МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

МОГИЛЕВСКИЙ ОБЛАСТНОЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии

Материалы международной
научно-технической конференции
Часть 2
Могилев, 16 – 17 апреля 2009 г.

Могилев
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
2009

УДК 621.7: 621.791: 69.002.5: 620.179«324»(043.2)
ББК 34.6: 30.61: 39.12: 34.9
М34

Редакционная коллегия : д-р техн. наук, проф. И. С. Сазонов (гл. редактор); канд. техн. наук, доц. М. Е. Лустенков (зам. гл. редактора); В. И. Кошелева (отв. секретарь); д-р техн. наук, проф. В. П. Куликов; д-р техн. наук, проф. М. Ф. Пашкевич; д-р техн. наук, проф. В. П. Тарасик; канд. экон. наук, доц. Н. С. Желток; д-р техн. наук, доц. С. Д. Семенюк

Рецензенты : канд. техн. наук, доц. Г. Ф. Ловшенко; д-р техн. наук, проф. В. П. Куликов; д-р техн. наук, проф. В. П. Тарасик; канд. техн. наук, доц. С. С. Сергеев

М34 **Материалы,** оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. : В 3 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Федеральное агентство по образованию, Могилев. обл. исполн. ком., Нац. акад. наук Респ. Беларусь, Бел.-Рос. ун-т ; редкол. : И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2009. – Ч. 2. – 298 с. : ил.
ISBN 978-985-492-063-4.

Рассмотрены вопросы способа получения и обработки новых материалов и покрытий, современных технологий и машин сварочного производства, информационно-измерительной техники для контроля и диагностики. Приведены результаты исследований в области проектирования, производства и эксплуатации транспортных средств.

Сборник предназначен для инженерно-технических и научных работников, аспирантов и студентов ВУЗов.

УДК 621.7: 621.791: 69.002.5: 620.179«324»(043.2)
ББК 34.6: 30.61: 39.12: 34.9

ISBN 978-985-492-063-4 (Ч.2)
ISBN 978-985-492-066-5

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2009

Научное издание

Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии

Материалы международной
научно-технической конференции
Часть 2
Могилев, 16 – 17 апреля 2009 г.

Технический редактор И.В.Брискина

Компьютерная верстка И.В.Брискина

Подписано в печать 15.05.2009г. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Усл.печ.л. 17,32 Уч.-изд.л. 18,91.
Тираж 80 экз. Заказ № 372.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»
Лицензия ЛВ 02330/375 от 29.06.2004г.
212005, г.Могилев, пр.Мира, 43.

УДК 001.815:338.45.621.7

КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О.В.АВДЕЙЧИК, В.И.КРАВЧЕНКО
Учреждение образования
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
УМЦ «ПРОМАГРОМАШ» ОАО «БЕЛКАРД»
Гродно, Беларусь

Практический опыт функционирования хозяйственных комплексов в России, Украине, Беларуси свидетельствует о сравнительно низком уровне инновационного компонента в совокупной промышленной продукции и наличии преимущественно локальных кластерных структур в многофункциональной и многоотраслевой структуре хозяйственных комплексов. При этом необходимо подчеркнуть традиционность методологических подходов воплощения кластерной политики в странах постсоюзного пространства, в большинстве своем осуществляющих копирование аналогов зарубежных структур типа технополисов, технопарков, бизнес-инкубаторов и т.п. Вместе с тем, характерным отличием кластерного подхода, развиваемого в России, является формирование системы так называемых «наукоградов» – уникальных комплексов, включающих научно-исследовательские подразделения, опытно-промышленные производства, систему жизнеобеспечения и социальной защиты всех участников научно-исследовательской и производственной деятельности.

При наметившемся прогрессе в создании кластерной инфраструктуры в странах с транзитивной экономикой следует подчеркнуть недостаточный вклад регионов в совокупное инновационное развитие государственного хозяйственного комплекса. Эта негативная особенность свойственна и регионам Беларуси, значительно различающимся по промышленному потенциалу, структуре ведущих отраслей, научному и образовательному уровню кадрового корпуса.

Особая роль в инновационном развитии регионов путем реализации кластерного подхода принадлежит научно-технической и образовательной инфраструктуре. Показательным примером в этом аспекте является Гродненская область, обладающая развитым производственным потенциалом в строительной индустрии, машиностроении, химической промышленности и с эффективно функционирующей инфраструктурой по производству и переработке сельскохозяйственной продукции. В этом регионе, занимающем ведущие позиции в республике по объему ВВП, доля инновационно активных предприятий не превышает 15 – 20 %, а инновационная продукция, соответствующая лучшим аналогам, составляет не более 10 %

Анализ практического опыта инновационного развития индустриально развитых государств и регионов свидетельствует о существенной, и, в ряде случаев, определяющей роли ВУЗовской и так называемой «фирменной» науки в формировании эффективной инфраструктуры, обеспечивающей прогрессивное развитие замкнутого цикла «исследование – разработка новаций – инновационное производство», составляющей ядро кластерного подхода. Свидетельством этому является факт возникновения первичных кластерных структур типа «силиконовой долины», DSR Valley, BioRegio Münich и др., которые сформировали предпосылки использования этого прогрессивного вида инновационной деятельности на базе ведущих региональных ВУЗов с высоким научным и организационным потенциалом.

Учитывая практический опыт инновационной деятельности ведущих промышленных предприятий региона в области машиностроения, строительной индустрии, химической и перерабатывающей промышленности (ОАО «Белкард», ОАО «Гродно Химволокно», ОАО «Гродно Азот», ОАО «Гродненский комбинат строительных материалов», ОАО «Белвторполимер», ОАО «Лакокраска» и др.), основанный на развитии заводского научно-технологического сектора (научно-технических центров, специализированных лабораторий), наиболее перспективным направлением реализации кластерного подхода представляется интеграционный, обеспечивающий формирование совокупного научно-исследовательского, административного и организационного потенциалов всех региональных субъектов хозяйственной деятельности. Организационным вариантом интеграционной структуры интеллектуального обеспечения региональной инновационной деятельности является научно-инновационный кластер, сформированный на базе ведущих ВУЗов – УО «Гродненский государственный аграрный университет» и УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» с привлечением профильных научно-исследовательских учреждений НАН Беларуси, Министерства образования и отраслевых министерств. Примером подобной инновационной структуры является УМЦ «Промагромаш», функционирующий в структуре ведущего машиностроительного предприятия региона – ОАО «Белкард».

Анализ опыта практической деятельности УМЦ «Промагромаш» в 2003-2008 г.г. свидетельствует о целесообразности создания совместных функциональных подразделений (филиалов научно-исследовательских институтов, технопарков, центров международного сотрудничества, центров трансфера технологий и т.п.) с учреждениями и организациями различной ведомственной подчиненности и формы собственности. Подобный подход позволит устранить препятствия для организации опытно-промышленного выпуска инновационных разработок, созданных в научно-исследовательских и учебных организациях региона.

СЕРГЕЕВ С.С., СЕРГЕЕВА О.С., ГЛЯКОВ Е.С. Акустооптический контроль состояния структуры листовых композиционных материалов…… 270

СЕРГЕЕВ С.С., ТАУШЕВ М.С. Компьютерное моделирование акустического тракта дефектоскопа для оптимизации параметров контроля…….. 272

СОТСКАЯ Л.И., СОТСКИЙ А.Б. Датчик давления на основе фотонно-кристаллического волокна…… 274

СТАРОВОЙТОВА Н.А. Экспериментальные исследования возможностей WEB-камеры для определения температуры нагретых тел…… 275

ЦУПРЕВ Н.И. Методика анализа нестационарных случайных процессов…… 276

ЦУПРЕВ Н.И. Способ анализа и метод описания сегментов речевых сигналов……... 278

ЧЕРНЫШЕВ А.В., ЗАГОРСКИЙ И.Е. Вихретоковый дефектоскоп для контроля гильз цилиндров дизельного двигателя……..... 280

ШАРАНДО В.И. Влияние площади основания при магнитной толщинометрии покрытий……..…. 282

ШАРАНДО В.И. Влияние толщины основания при магнитной толщинометрии покрытий…… 284

ШИЛОВА И.В. Многоэлементный волоконно-оптический датчик давления……..…….. 286

ЛУХВИЧ А.А., ПОЛОНЕВИЧ А.А., ШУКЕВИЧ А.К. Толщинометрия слабомагнитных шероховатых покрытий…….. 244
ЛЮБЕЦКИЙ Н.В., БАДЕЕВ В.А. Радиоволновой метод контроля засоленности воды…… 246
МАГИЛИНСКИЙ А.П. Сравнительный анализ методов и приборов, применяемых для контроля радиационной обстановки…. 248
МАРКОВ А.П., МАРУКОВИЧ Е.И., СТАРОВОЙТОВ А.Г. Структура комбинированного видеоскопирования в технологическом контроле……. 249
МАРКОВ А.П., ПОТАПКИН В.В., СТРОЦКИЙ И.М. Структура технологической информации и способов оперативного контроля…….. 250
МАТЮК В.Ф., БУРАК В.А. Новый способ импульсного магнитного контроля температуры отпуска изделий машиностроения…… 251
МАТЮК В.Ф., БУРАК В.А. Повышение достоверности импульсного магнитного контроля отпуска изделий машиностроения……. 253
НОВИКОВ В.А., СКРЯБИНА Г.И., КУШНЕР А.В. Запись полей дефектов средней и большой глубины при намагничивании объекта через магнитоноситель……..…… 255
НОВИКОВ В.А., СКРЯБИНА Г.И., ШИЛОВ А.В. Исследование характеристик магнитной ленты при ее двукратном намагничивании…….…….. 257
НОСКОВА М.С. Численное моделирование переноса излучения в случайно-неоднородной смеси…….…… 259
ПЕТРОВСКИЙ И.Е., ШИЛОВ А.В. Расчет магнитостатического поля обратного валика шва на поверхности сварного соединения……..…….. 261
ПОЗДНЯКОВ В.Ф., РУСЕЦКИЙ Д.С., МАКАРЕВИЧ С.Д. Определение амортизационной способности защитных пожарных шлемов…… 263
ПРИМАК И.У., СТАСЬКОВ Н.И., ИВАШКЕВИЧ И.В. Оценка погрешностей поляризационных углов в спектральном эллипсометре ES-2…… 264
ПРИМАК И.У., ЧУДАКОВСКИЙ П.Я., СОТСКИЙ А.Б. Расчет призменного устройства связи с продольной нерегулярностью…….. 265
САНДОМИРСКИЙ С.Г. Оптимальная напряженность намагничивающего поля при магнитном контроле структуры малогабаритных чугунных отливок……. 266
САНДОМИРСКИЙ С.Г. Современные возможности магнитного контроля структуры изделий из конструкционных ферромагнитных материалов…… 268

УДК 621.817:621.825.63

НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В.В.АНДРИКЕВИЧ, А.В.БАЛЕЙКО, П.И.ЗАЯШ
УМЦ «ПРОМАГРОМАШ» ОАО «БЕЛКАРД»
Учреждение образования
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Гродно, Беларусь

Особенностью применения смазочных материалов в автотракторной и сельскохозяйственной технике является необходимость предотвращения негативного воздействия эксплуатационных факторов на изменение их состава и структуры, приводящих к снижению или полной потере противоизностных и антифрикционных характеристик. Учитывая особую роль абразивного и коррозионного воздействия на узлы трения различных машин и механизмов сельскохозяйственного назначения, традиционные решения, связанные с применением уплотнительных и герметизирующих элементов и конструкций недостаточно эффективны, что приводит к повышенному износу трибосопряжений. При этом, в ряде случаев смазочные материалы, применяемые при сборке или обслуживании узлов трения, могут способствовать накоплению абразивных или коррозионноактивных частиц в зоне фрикционного контакта, резко снижая эффективность противоизносного действия функциональных присадок, введенных в состав базовых масел и пластичных смазок. В результате этого даже при наличии в смазочных материалах комплекса эффективных присадок, существенно повышающих их стоимость, их противоизносное действие не проявляется в полной мере.

Основным видом изнашивания узлов трения сельскохозяйственной техники является коррозионно-механический с различным соотношением коррозионного и механического (абразивного) компонентов в зависимости от конструкции узла трения, условий его эксплуатации и обслуживания. Поэтому при разработке (подборе) смазочных материалов для узлов трения тракторов и сельскохозяйственного оборудования (почвообрабатывающей и функциональной техники) необходим системный подход, учитывающий совокупное действие многочисленных факторов: конструкционных, технологических, материаловедческих, эксплуатационных, экономических.

К числу наиболее эффективных направлений повышения эксплуатационного ресурса автотракторного и сельскохозяйственного оборудования относится применение материалов, обеспечивающих формирование твердосмазочных покрытий в зоне фрикционного контакта на стадиях изготовления или практического применения.

Для узлов трения агрегатов, применяемых в автотракторной и сельскохозяйственной технике (карданных валов, амортизаторов, редукторов и

т.п.), разработаны составы твердосмазочных покрытий, включающих компоненты, способные к знакопеременному переносу и формированию устойчивых разделительных слоев на поверхностях трения. Покрытия разработаны на основе полимерных (ПА6, ПА11) или олигомерных (ФФС, ЭПФС) матриц и нанесены на поверхности трения с различным рельефом.

Для деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) автомобильных и тракторных двигателей разработано твердосмазочное противоизносное и противозадирное покрытие, которое наносят на гильзу или юбку поршня. Особый эффект повышения эксплуатационного ресурса узлов трения автотракторной и сельскохозяйственной техники обеспечивает применение в составе смазочных материалов низкоразмерных модификаторов на основе природных силикатов и полимер-олигомерных фторсодержащих продуктов, которые образуют на поверхностях трения устойчивые разделительные слои, предотвращающие явления схватывания и заедания, в т.ч.в условиях ограничения или предотвращения подачи смазочного материала в систему.

Для деталей шлицевого соединения карданного вала автотракторной и сельскохозяйственной техники разработаны композиционные покрытия на основе алифатических полиамидов, обеспечивающие снижение удельных контактных нагрузок в сопряжении и увеличение его износостойкости. Покрытия на металлических поверхностях формируют из порошкообразной композиции методом псевдоожиженного слоя или газотермическим методом с последующей механической обработкой для получения заданных размеров в сборе. Введение в состав полиамидной матрицы компонентов, обладающих свойствами сухих смазок, обеспечивает не только повышение износостойкости, но снижает усилия относительного перемещения деталей шлицевого соединения при изменении нагрузочно-скоростных параметров движения транспортного средства и сельскохозяйственной техники. Разработанные составы триботехнических покрытий на основе отечественного полиамида 6 существенно превосходят покрытия из импортного аналога («Rilsan») при более низкой стоимости.

Для тяжелонагруженных узлов трения автомобильных агрегатов разработаны нанокомпозиционные смазки на основе нефтяных масел и комплексных загустителей. Использование комплексного загустителя, состоящего из солей щелочных металлов органических жирных и неорганических кислот позволяет повысить коллоидную стабильность состава и нагрузочную способность при применении в узлах трения, эксплуатируемых при воздействии знакопеременных и ударных нагрузок, вибрации.

Разработанные составы нанокомпозиционных смазочных материалов по показателям триботехнических характеристик существенно превосходят отечественные и импортные аналоги – пластичные смазки серии Литол, Циатим и др.

ЭЙДЛИН Е.Л. Исследование процессов включения вращающихся фрикционов гидромеханической передачи БелАЗ-7555…….... 220

ЯСЮКОВИЧ Э.И., КАРТОШКИНА Т.Э., ЛЕЩОВА Е.Л. Разработка программного обеспечения анимации курсового движения автомобиля…… 221

ЯСЮКОВИЧ Э.И., КАШПАР А.И., ЛЕЩОВА Е.Л. Имитационное моделирование курсового движения автомобиля в среде программы MATLAB……... 223

Секция 7. Контроль и диагностика промышленных объектов и окружающей среды

АФАНАСЬЕВ А.А., ПИСАРИК В.В., ПАРАХНЕВИЧ А.В., АРТЕМЬЕВА Н.А. Переносной волоконно-оптический турбидиметр 225

БОРИСОВ В.И., ЖУРАВЛЕВ В.А. Разработка оптимальных масок для микроизгибных волоконно-оптических датчиков…… 226

БУСЕЛ Н.П., БУСЕЛ А.Н., ЛУСТО О.А. Погрешности двухотсчетного оптимизированного преобразователя углового положения……... 227

БУСЬКО В.Н. Установка для исследования износоусталостных явлений в плоских образцах…….. 229

БУСЬКО В.Н., ВЕНГРИНОВИЧ В.Н., ДОВГЯЛЛО А.Г. О возможности магнитошумового контроля усталостных трещин в ферромагнитном образце……... 231

ГОГОЛИНСКИЙ В.Ф., ГЛУШАКОВ Д.В., ЛЕВДИКОВ А.Е. Исследование влияния структуры волоконно-оптического преобразователя на погрешность его изготовления……... 233

ГРУНТОВИЧ Н.В., КОЛЕСНИКОВ П.М. Особенности технического диагностирования электрических машин…… 234

ГУЗОВСКИЙ В.Г. Влияние температурной модуляции на фотоиндуцированные изменения параметров тонкопленочных структур CdSe/ПЭТФ……. 236

КЛИНДУХОВ А.А., СЕРГЕЕВА О.С., СЕРГЕЕВ С.С. Экспериментальные исследования точностных характеристик дифракционно-временного метода контроля……..…... 238

КОВАЛЕНКО О.Е. Электронные транспортные свойства полимерной матрицы тонкопленочной композиционной наноструктуры……..…… 240

КОВАЛЕНКО О.Е., ГУЗОВСКИЙ В.Г., ШУЛЬГА А.В., ХОМЧЕНКО А.В. Применение метода фотоупругости для контроля качества автомобильных закаленных стекол…….. 241

КРЕМЕНЬКОВА Н.В. Выбор оптимальной геометрии дискретного элемента магнитной системы очистного поршня…… 242

ДВС, оборудованных системами впрыска топлива……..……..… 195
САЗОНОВ И.С., КИМ В.А., МОИСЕЕВ Е.А. Дисковые тормоза грузовых автомобилей с частичным и полным обхватом…….. 196
САЗОНОВ И.С., КИМ В.А., МОИСЕЕВ Е.А. Дисковые тормоза грузовых автомобилей……..…….. 197
САЗОНОВ И.С., КИМ В.А., ЯСЮКОВИЧ Э.И. Имитационное моделирование процесса торможения тракторного поезда……... 198
САФРАНКОВ Е.Н., КУКИШЕВ А.В., ГЕРАЩЕНКО В.В. Разработка устройства измерения угла опережения зажигания для микропроцессорных систем управления…… 200
СЕМЧЕН В.И. Управление процессом вибрационного уплотнения с непрерывным контролем параметров…….…….. 201
СИВАЧЕНКО Л.А., КУТЫНКО Е.И., БАРАЗНОВСКИЙ В.А. Результаты работ по созданию агрегата приготовления окрашенной смеси для силикатного производства…….……. 202
СИМАНОВИЧ В.А.. ДЕМИДОВ В.А., ГОЛЯКЕВИЧ С.А. Основные направления совершенствования колесной техники для заготовки древесины…….……. 203
СИМАНОВИЧ В.А., СМЕЯН А.И., БОБРОВИЧ В.А. Оценка тягово-динамических качеств колесных лесных тракторов…….. 204
СЛАВИНСКИЙ А.А. Встроенные системы диагностики неисправностей гидропривода…….……. 206
СМОЛЯР А.П. Повышение эффективности строительно-дорожных машин с дистанционным гидравлическим управлением… 207
СУДАКОВА В.А. Компьютерная диагностика механических трансмиссий машин……... 208
СУПРАНКОВ П.Н., ЯСКЕВИЧ М.Я. Разработка системы нагружения для диагностирования дизельного двигателя после ремонта……..…… 210
СУРИНОВ В.А., СИВАЧЕНКО Л.А., СИВАЧЕНКО Т.Л., ЦЕД С.С. Новый способ уплотнения бетонных смесей……. 211
ТАРАСИК В.П., ГОРБАТЕНКО Н.Н., ПЛЯКИН Р.В., РЕГИНЯ В.В., ТЕРЕШОНОК С.М. Результаты испытаний клапана пропорционального управления фрикционом гидромеханической передачи…….. 212
ТАРАСИК В.П., МРОЧЕК В.И., МРОЧЕК Т.В. Определение областей работоспособности гидроусилителей рулевого управления. 214
ТАРАСИК В.П., РЫНКЕВИЧ С.А., РЕГИНЯ В.В. Концепция поэлементного диагностирования гидромеханических передач…….. 215
ХАБУТДИНОВ Р.А. Методы ресурсо-синергического согласования проектов эксплуатации и создания автомобиля……. 217
ЦЕД С.С., СИВАЧЕНКО Т.Л. Методы экспериментальных исследований волоконного способа измельчения…….. 219

УДК 621.817:621.825.63

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В.В.АНДРИКЕВИЧ, А.В.БАЛЕЙКО, В.И.КРАВЧЕНКО
Учреждение образования
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
УМЦ «ПРОМАГРОМАШ» ОАО «БЕЛКАРД»
Гродно, Беларусь

В технике широкое распространение получили карданные валы - агрегаты, обеспечивающие передачу крутящего момента от силовой установки к исполнительному механизму или трансмиссии.

Карданные валы представляют собой динамические тяжелонагруженные системы, подвергающиеся комплексному воздействию неблагоприятных эксплуатационных факторов: ударных нагрузок, абразивных и коррозионных сред, нестабильному изменению крутящего момента. Особенно интенсивно воздействие сочетания негативных факторов при эксплуатации карданных валов в конструкциях почвообрабатывающей и др. функциональной техники в связи с периодичностью её применения и атмосферного воздействия - ультрафиолетового излучения, влаги, перепада температур окружающей среды.

Важнейшими элементами карданной передачи, определяющими её ресурс, являются универсальные шарниры и шлицевое соединение, обеспечивающие передачу крутящего момента в условиях изменения мощности силовой установки и межосевого расстояния между силовой установкой и трансмиссией.

К числу эффективных методов повышения износостойкости шлицевых соединений относится нанесение полимерных покрытий, предотвращающих износ контактных поверхностей в условиях комплексного воздействия неблагоприятных эксплуатационных факторов. Разработаны составы композиционных материалов на основе алифатических полиамидов (ПА6, ПА11) для покрытий шлицевых соединений карданных валов, применяемых в автотракторной и сельскохозяйственной технике с повышенным эксплуатационным ресурсом. Эффект достигается введением в состав базовых полиамидов низкоразмерных модификаторов различного состава и технологии получения - геосиликатов, ультрадисперсных кластеров, детонационного синтеза (УДАГ), продуктов термогазодинамического синтеза (ТГД-синтеза) политетрафторэтилена и др.

Разработана технология получения низкоразмерных частиц геосиликатов, основанная на термическом воздействии на дисперсный полуфабрикат. Повышенные температуры обработки приводят к процессам дегидратации и дегидроксилации, в результате которых разрушается слоистая

структура природных силикатных частиц и образуются низкоразмерные фрагменты с размером единичных частиц 10-50 нм. Наночастицы силикатов обладают высокой активностью в процессах взаимодействия с полимерной матрицей и обеспечивают эффект формирования нанокомпозиционного материала с повышенными адгезионными и деформационно-прочностными характеристиками.

Разработана технология формирования композиционных триботехнических покрытий на деталях трения автомобильных агрегатов и сельскохозяйственной техники путём осаждения порошкообразных компонентов на рабочие поверхности. При технологии осаждения покрытий из псевдоожиженого слоя возможно получение многослойных покрытий с различными показателями адгезионных, прочностных, триботехнических и защитных характеристик. На первой стадии процесса формируют адгезионно-активный подслой с оптимальной прочностью. Вторая стадия получение покрытия состоит в осаждении на подслой, находящийся в вязкотекучем состоянии, рабочего слоя, содержащего преимущественно противоизносные и антифрикционные модификаторы. Единая матрица, используемая для обоих слоев, обеспечивает их термодинамическую совместимость и создание градиентной структуры с управляемыми параметрами служебных характеристик по сечению. Важным аспектом разработки технологии является возможность использования в качестве модификаторов дисперсных частиц разного состава и строения, в том числе частиц материалов с низкой адгезией к металлическим подложкам (например, политетрафторэтилена, полиэтилена и др.).

Для ремонта и восстановления агрегатов автотракторной и сельскохозяйственной техники в полевых условиях разработана технология газопламенного нанесения покрытий на основе термопластичных матриц. Сущность технологии состоит во введении в высокотемпературную зону факела механической смеси дисперсных частиц полимерной матрицы и функционального модификатора. Высокотемпературное воздействие на дисперсные частицы в бескислородной среде вызывает плавление частиц полимерной матрицы и активацию частиц наполнителя вследствие разложения или деградации.

Композиционные триботехнические материалы на основе полиамида 6 («Гроднамид» ОАО «Гроднохимволокно») обладают высокой износостойкостью в сочетании с адгезионной прочностью и являются полноценной альтернативой для замены покрытий на основе импортного аналога «Rilsan». Композиционные материалы на основе алифатических полиамидов и технологии формирования функциональных покрытий различной структуры (в том числе многослойных и градиентных) защищены серией патентов на изобретение Беларуси, России, Украины.

МАКАЦАРИЯ Д.Ю. Применение комплектов машин для реализации современных технологий строительства и ремонта автомобильных дорог…… 166
МАКСИМЕНКО А.Н., МОРГАЛИК Б.М. Метрологическое обеспечение импульсного метода диагностирования механических трансмиссий…… 168
МАТВЕЕНКО В.И. Буксирное устройство……. 170
МАТВЕЕНКО В.И. Автоматические грузозахватные устройства для предприятий строительных материалов……... 171
МЕЛЬНИКОВ А.С., САЗОНОВ И.С., КИМ В.А. Антиблокировочные системы мотоциклов…….…… 173
МЕЛЬНИКОВ А.С., САЗОНОВ И.С., КИМ В.А. Механическая антиблокировочная система мотоцикла……... 174
МОХОВ С.П., СИМАНОВИЧ В.А., ГОЛЯКЕВИЧ С.А. Влияние колебаний на процесс погрузки прицепа-роспуска на шасси лесовозного тягача……. 175
МРОЧЕК Т.В. Улучшение функциональных свойств рулевого управления троллейбусов путем стабилизации характеристики регулятора расхода гидроусилителя…… 177
МРОЧЕК Т.В., МРОЧЕК В.И. Температурная стабилизация характеристик гидроусилителя рулевого управления……... 179
НАУМЕНКО А.Е. Система диагностирования технического состояния гидроаппаратов гидросистемы СДМ……. 180
ПАРТНОВ С.Б., НЕДВЕДСКИЙ Ю.В. Самоходный вибрационный каток с возбудителем комбинированного действия…. 181
ПАСТУХОВ И.Ф., МАКЕЕВ С.В., ПАСТУХОВ М.И. Оценка потери несущей способности кузовов пассажирских вагонов от срока службы……. 183
ПИЩОВ С.Н., ГОРОНОВСКИЙ А.Р. Улучшение тягово-скоростных свойств форвардеров 6К6……. 185
ПЛЯКИН Р.В., ГОРБАТЕНКО Н.Н. Мехатронная система пропорционального управления фрикционом гидромеханической передачи…….. 187
ПРОТАС П.А., ФЕДОРЕНЧИК А.С. Особенности взаимодействия системы машин «харвестер-форвардер» с опорной поверхностью движения…….. 189
ПУЗАНОВА О.В. Концепция построения характеристик адаптивного управления гидромеханической трансмиссией…… 191
РОГОЖИН В.Д., МЕТТО А.А., СЛЕПЕНКОВ Д.Н. К вопросу о диагностировании рабочей тормозной системы полноприводных автотранспортных средств…… 193
РОГОЖИН В.Д., МЕТТО А.А., КОСТРОМОВ М.Н. Определение причин повышения токсичности отработавших газов

Управление тяговыми усилиями ведущих колес для повышения тягово-скоростных свойств колесных машин……. 134
ВЫСОЦКИЙ М.С., ДУБОВИК Д.А., НИКОЛАЕВ Ю.И., БЕЛОУС М.М., МЫЛЬНИКОВ Е.В. Система автоматизированного управления дифференциалами привода ведущих колес четырехосных внедорожных машин МЗКТ…….…. 136
ДОВГЯЛО В.А., БОЧКАРЕВ Д.И. Создание многозвенных автопоездов на комбинированном ходу для межконтинентальных перевозок……. 138
ДОВГЯЛО В.А., БОЧКАРЕВ Д.И., ГОЛЕЦ А.В. Анализ погрузочно-разгрузочных систем и шасси транспортных средств для транспортировки и бескрановой погрузки понтонно-мостовых звеньев……. 140
ДЬЯКОВ И.Ф., СИМУКОВ С.В. Условия поиска оптимального режима эксплуатации автомобилей…….. 142
ЕРМАЛИЦКИЙ А.А., КЛОКОВ Д.В. Определение коэффициента использования грузоподъемности навесных гидроманипуляторов при погрузке хлыстов……... 144
ИВАНОВ В.И. Упруго-пластический изгиб балок кранов…..…... 146
КОНЦЕВИЧ П.С., КОВАЛЕНКО Н.А. Использование имитационного моделирования для анализа производственных процессов автотранспортных предприятий……..…….... 147
КУЗЬМИЧЕВ В.А., ЛЯХОВ С.В., БЕЛОУС М.М., ДУБОВИК Д.А. Информационно-управляющая система автобуса МАЗ…… 149
КУЛАБУХОВ А.В. О возможностях повышения сцепления движителей гусеничных машин с грунтом…….. 151
КУРГУЗИКОВ А.М., ВОЛКОВ Н.В. Измерение механических параметров колебаний пружинных рабочих органов……..… 152
КУРИЛОВ Е.В., ЩЕРБАКОВ А.С. Критерии эффективности косого резания грунта дисковым ножом……..…... 153
КУРСТАК В.И. Моделирование дифференциальных приводов самоходных машин…… 154
КУТУЗОВ В.В. Анализ показателей надежности погрузчиков Амкодор 332С……..……... 156
КУТЫНКО Р.И. Расчет резания ножом с двумя режущими кромками…….……... 158
ЛЕСКОВЕЦ И.В., ЧИЖИК Е.И. Методика определения усилий на рабочем оборудовании бульдозера…….…….. 159
ЛОБАХ В.П., РУБЛЕВСКИЙ Л.В. Устройство для определения экономичного режима движения автомобиля……... 161
ЛУКАШКОВ Н.Н., ЛЕСКОВЕЦ И.В. Имитационная модель пневмошины строительных машин…….. 163
ЛЯГУШЕВ Г.С. Авария крана башенного КБ – 308А……. 165

УДК 621.74.04

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМЕ

В.Ф.БЕВЗА, В.П.ГРУША
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

Тенденция развития литейного производства характеризуется требованием значительного повышения качественного уровня отливок, что в первую очередь, связано с разработкой новых и совершенствованием существенных способов литья и применением конструкционных материалов, обладающих более высокими эксплуатационными характеристиками.

Чугун с шаровидными включениями графита (ЧШГ), приближающийся по механическим свойствам к литой стали, а в некоторых случаях и превышающий их, является одним из самых перспективных литейных сплавов. Основной задачей при разработке технологии литья ЧШГ является поиск путей повышения технологичности этого сплава применительно к каждому конкретному способу получения отливок. Наряду с такими проблемами как устранение усадочных дефектов и отбела понятие технологичности ЧШГ включает также вопросы, связанные с подготовкой расплава к модифицированию и самой операцией модифицирования. На конечный результат значительное влияние оказывает технология предварительной подготовки расплава, сфероидизирующей и вторичной послесфероидизирующей обработки чугуна.

Предсфероидизирующее инокулирование используется с целью создания в расплаве повышенного числа эффективных зародышей графита, что позволяет подавить вредное первичное влияние переохлаждения и облегчить последующую сфероидизацию графита. Установлено, что при литье в металлическую водоохлаждаемую форму низколегированного чугуна с ШГ при содержании углерода 2,8-3,0 %, кремния 2,4-3,0 %, марганца около 0,7 %, никеля 0,15-0,25 %, хрома 0,05-0,1 %, меди 0,35-0,55 % обработка расплава в электропечи графитом марки ГЛС-3 фракции 70-200 мкм оказывает на структуру чугуна более эффективное инокулирующее воздействие по сравнению с ферросилицием и другими присадками.

Наиболее экономичными и доступными сфероидизаторами в производстве ЧШГ являются магний и его сплавы. В процессе исследований было установлено, что при содержании серы в исходном чугуне на уровне 0,05 % и литье в металлическую водоохлаждаемую форму, остаточное содержание магния необходимо выдерживать в пределах 0,04-0,08 %. При меньшем содержании магния графит в отливках получается вермикулярным либо пластинчатым, при большем – может иметь место отбел.

Для устранения отбела и структурной неоднородности в отливках, а также для улучшения формы графита необходимо проводить графитизирующее (вторичное) модифицирование. Была выбрана технология, совмещающая обработку чугуна сфероидизирующими и графитизирующими присадками: предварительно подогретые добавки загружают на дно разогретого ковша и заливают расплавом. После окончания пироэффекта и снятия шлака ковш подают к месту заливки. При выдержке модифицированного ЧШГ в ковше эффект модифицирования постепенно угасает и через 10-15 минут, практически, исчезает. В связи с этим при литье заготовок из ЧШГ методом направленного затвердевания в непрерывно-циклическом режиме в разливочный ковш набирают объем расплава, который разливают в течение не более 10 минут. В процессе литья в этот ковш периодически подают новые порции модифицированного перегретого жидкого чугуна и таким образом разливка осуществляется до окончания расплава в печи.

В результате проведенных исследований определены основные технологические параметры приготовления расплава и литья полых заготовок из ЧШГ наружным диаметром 70-120 мм с толщиной стенки 12-25 мм методом направленного затвердевания без применения стержня:

1) предсфероидизирующая обработка расплава проводится в электропечи графитом ГЛС-3 в количестве 0,01-0,15 % за 3-5 минут до ввода сплава – сфероидизатора;

2) сфероидизирующая обработка осуществляется одновременно с вторичным графитизирующим инокулированием:

– сфероидизация – модификатор в количестве 1,6 % от массы расплава с содержанием магния около 6 %, РЗМ 0,8-1,2 %; Са 0,8-1,2 %, (например Elmaq 5800, Норвегия);

– графитизирующая обработка - комплексный модификатор, включающий 0,35-0,45 % 75-процентного ферросилиция и около 0,1 % графита ГЛС-3;

3) разливка металла проводится из разливочного ковша с периодическим доливом в него порций перегретого модифицированного расплава.

Эта технология обеспечивает получение отливок с перлитной либо перлито-ферритной металлической матрицей в литом состоянии и равномерно распределенным графитом правильной шаровидной формы.

Аналогичные результаты получены и при использовании модификатора «Сферомаг 900» производства РФ, г. Челябинск.

свинцовых припоев…… 110
ФУРМАНОВ С.М., БЕНДИК Т.И. Термодеформационные условия формирования Т-образных соединений при рельефной сварке…… 111
ЦУМАРЕВ Ю.А. Неразъемные соединения гибридного типа и их работоспособность…… 112
ЦУМАРЕВ Ю.А., ЛАТУН Т.С. Термические напряжения в паяных соединениях труб…… 113
ЧЁРНЫЙ А.Н., КУЛИКОВ В.П., ЛУПАЧЕВ А.Г. Комплексная оценка механических свойств металла сварных швов методами коэрцитиметрии и измерения твердости…… 114
ЯКУБОВИЧ Д.И. Наплавка металла дугой малой мощности…... 116

Секция 5. Проектирование, производство и эксплуатация транспортных и строительно-дорожных машин

АЛЕКСЕЕВА О.В., БЕЛОУСОВ Л.И. Снижение металлоемкости несущих конструкций тяжелых СД и ПТМ…… 117
АРИКО С.Е., МОХОВ С.П. Оценка параметров технологического оборудования валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины…… 118
АРИКО С.Е., МОХОВ С.П., АСМОЛОВСКИЙ М.К., ХАЙНОВСКИЙ В.В. Результаты эксплуатационно-технологических испытаний автопоездов щеповозов…… 120
АНТИПЕНКО Г.Л., ШАМБАЛОВА М.Г. Локализация единичных дефектов зубьев элементов трансмиссий машин…… 122
БОЧКАРЕВ Д.И., КОСТЮКОВ В.А., ЖИГУНОВ В.А. Разработка транспортного средства на комбинированном ходу для технической разведки железнодорожных коммуникаций и искусственных сооружений…… 124
БОЧКАРЕВ Д.И., САВЕЛЬЕВ Ю.В., ТРУХАНОВИЧ Д.В. Разработка автопоезда-понтоновоза с устройством для самопогрузки звеньев наплавленного моста…… 126
БОЧКОВ Г.В., СИВАЧЕНКО Л.А., ЦЕД С.С., ЛОМАЕВ Д.О. Опыт промышленной эксплуатации линии по производству шифера с полимерным покрытием…… 128
ВЕПРИНЦЕВ Н.В. Совершенствование конструкции фильтра грубой очистки топлива…… 129
ВЫСОЦКИЙ М.С., АМЕЛЬЧЕНКО П.А., ДУБОВИК Д.А. Управление дифференциальным механизмом привода ведущих колес 130
ВЫСОЦКИЙ М.С., АМЕЛЬЧЕНКО П.А., ДУБОВИК Д.А. Рулевое колесо с улучшенными эргономическими и эстетическими свойствами…… 132
ВЫСОЦКИЙ М.С., ДУБОВИК Д.А., ЛИСИЧИК А.С.

скорости перемещения подвижного электрода при рельефной сварке Т-образных соединений……..……... 91
БОГДАНОВ С.В., КУЗМЕНКО И.М. Использование композитных несущих элементов для быстровозводимых сварных конструкций……..…… 92
ГАЛЮЖИН С.Д., ПУСКОВА В.М., РУЦКИЙ М.И. Экспертиза безопасного выполнения сварочных работ……. 93
ДЕСЯТНИК В.В., ЛУПАЧЕВ А.Г. Об одном из способов предотвращения остаточных сварочных деформаций……... 95
ДЕСЯТНИК В.В., РОТАЧ А.П. Об одном из путей снижения массы наплавленного металла…….. 96
ЕМЕЛЬЯНОВ С.Н. О влиянии параметров режима точечной сварки на величину контактных сопротивлений…… 97
КУЛИКОВ В.П., БОЛОТОВ С.В., БЕЛЯГОВ А.М. Оценка работоспособности металлоконструкций на основе магнитоупругих явлений…… 99
КУЛИКОВ В.П., ХЛЫСТУНОВ Р.С. Влияние наводораживания сварных швов на коэрцитивную силу металла…… 100
ЛУПАЧЕВ А.Г., КУЛИКОВ В.П., БЕЛЯГОВ А.М. Исследование напряженно-деформированного состояния технологических трубопроводов при присоединении отводов…… 101
ЛУПАЧЕВ В.Г., СЧИСЛЕНОК Д.А. Модель управления организационными системами сварочного производства в инновационных процессах…… 102
ЛУПАЧЕВ А.Г., ХАРЧЕВНИКОВА Е.А., ВОЛОВИЧ И.В. Ремонт сваркой арматуры технологических трубопроводов установки алкилирования……..……..... 103
ПАВЛЮК С.К., ЛУПАЧЕВ А.В. Влияние степени повреждения цинкового покрытия при дуговой сварке на коррозионную стойкость соединений из оцинкованных сталей……... 105
САСИН А.В., ЧЕРКАСОВА И.А., ВОРОБЬЕВ А.О. Алгоритм контроля качества контактной точечной сварки и программное обеспечение для его реализации…….. 106
СИНИЦА А.Н., ВОЛОВИЧ И.В., КУЛИКОВСКИЙ Д.А. Многоканальная система TS-2000 для неразрушающего контроля трубопроводов…… 107
СИНИЦА А.Н., СИНИЦА М.А., КУЛИКОВСКИЙ Д.А. Неразрушающий контроль труб теплообменных аппаратов методом удаленного электромагнитного поля……... 108
СТАРОВОЙТОВ А.М., ФЕДОСЕНКО А.С. Плазмотрон с воздушно-водяным охлаждением сопла для напыления покрытий с пульсирующей подачей порошка……. 109
ТАРАСЕНКО И.В. Повышение теплопрочности оловянно-

УДК 669.45

ОСОБЕННОСТИ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СВИНЦА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ

О.Н.БЕЛАЯ, В.Г.ШЕПЕЛЕВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.Танка»
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Материалы, полученные методами высокоскоростного затвердевания, обладают рядом свойств, которые обуславливают возможность их широкого применения в науке и технике. Сплавы свинца, используемые при изготовления прокладок, для нанесения защитных покрытий, в качестве припоев и пластин аккумуляторов, нашли широкое применение в различных областях промышленности, в первую очередь в машиностроении, электронике и электротехнике. При введении легирующих добавок в чистый свинец происходят структурные изменения, которые определяют его свойства. Поэтому представляет интерес исследовать влияние легирования на свойства и структуру свинца в условиях высокоскоростного затвердевания. Объектами исследования являлись фольги Pb–X ат. % Cd (X=2÷50); Pb–X ат. % Sn (X=1÷60); Pb–X ат. % Sb (X=2÷50).

Фольги используемых материалов получены при затвердевании капли расплава (~ 0,2 г), инжектированной на внутреннюю поверхности вращающегося медного цилиндра. Линейная скорость поверхности цилиндра 15 м/с. Толщина используемых фольг составляла 30…80 мкм. Скорость охлаждения расплава была не менее 10^6 град/с.

При исследовании поверхности фольг сплавов систем Pb–Cd, Pb–Sn, Pb–Sb растровой электронной микроскопией, было установлено, что данные фольги при определенной концентрации легирующих элементов характеризуются присутствием выделений второй фазы. С помощью метода секущих были определены средние размеры выделившихся фаз и построены гистограммы распределения частиц второй фазы по размерным группам. Анализ полученных данных показал, что сплавы с различными концентрациями легирующих элементов характеризуются отличными по размерам выделениями вторых фаз, а также различными распределениями по размерным группам. Исходя из этого, можно предположить, что механизм их образования различен. В связи с этим была усовершенствована модель образования частиц второй фазы применительно к условиям высокоскоростного затвердевания.

На основании построенной модели, образование частиц второй фазы при высокоскоростном затвердевании, в зависимости от состава сплава

происходит двумя путями. При концентрациях легирующего элемента близких к предельной растворимости происходит кристаллизация с «захватом», в результате которой происходит выделение вторичных дисперсных частиц второй фазы, при распаде пересыщенного твердого раствора. В фольгах сплавов с концентрацией легирующего элемента близкой к эвтектической происходит выделение первичных частиц второй фазы непосредственно из жидкой фазы в результате квазиэвтектичекого превращения.

Зарождение частиц второй фазы при концентрациях легирующих элементов близких к их предельной растворимости в свинце, является гетерогенным. Гетерогенное зарождение связано с образованием зародышей новой фазы, преимущественно на определенных местах, таких как границы зерен, дислокации, дефекты упаковки, скопления вакансий и др. Фольги сплавов систем Pb–Cd, Pb–Sn и Pb–Sb имеют микрокристаллическую структуру. Как показали металлографические исследования, около 70 % зерен в данных фольгах приходятся на три соседние размерные группы, то есть можно говорить об однородном распределении зерен по размерам. В данных условиях кристаллизации также происходит однородное распределение дислокаций, дефектов упаковки и скоплений вакансий. В связи с вышесказанным, распределение частиц второй фазы в условиях высокоскоростного затвердевания является однородным.

Зарождение частиц второй фазы происходит следующим образом. В случае возникновения флуктуации по основному элементу (образования твердого раствора на основе свинца), наблюдается обеднение соседних областей свинцом и соответственно обогащение их легирующим элементом. В обогащенных легирующим элементом областях образуются твердые растворы на основе легирующего элемента, то есть происходит зарождение первичных фаз непосредственно из расплава. В свою очередь выделения первичных фаз легирующего элемента окружаются обогащенными свинцом областями, в которых происходит выделение твердого раствора на основе свинца и так далее. Происходит однородное распределение фаз в сплавах при концентрациях легирующих элементов близких к эвтектическим.

Таким образом, предложена модель высокоскоростной кристаллизации бинарных эвтектических сплавов свинца, учитывающая сверхвысокие скорости охлаждения и значительное переохлаждение расплавов, приводящие к «захвату» легирующих элементов кристаллизующейся фазой с последующим распадом пересыщенного твердого раствора или квазиэвтектическому превращению, объясняющая формирование однородного распределения дисперсных вторичных или первичных выделений второй фазы, соответственно, в объеме фольги.

свойства и структуру твердых сплавов……... 62
ОВЧИННИКОВ Е.В., РЫСКУЛОВ А.А., СТРУК В.А. Фторсодержащие ингибиторы изнашивания металлополимерных трибосистем……..… 64
ОРЕХОВА С.Е., РАДЧЕНКО С.Л., РАДЧЕНКО Ю.С. Стекловидные материалы на основе ванадийсодержащих отходов….. 66
ПИЩ И.В., БИРЮК В.А., МАКЕЙЧИК Е.А. Использование золоотходов от сжигания биотоплива в производстве керамического кирпича…….. 68
ПИЩ И.В., ГВОЗДЕВА Н.А., РАДЕЦКАЯ С.С. Синтез керамических пигментов диопсидоподобной структуры…….. 70
ПРУДНИК А.М., КОЛБУН Н.В., ЛЫНЬКОВ Л.М. Технология изготовления комбинированных материалов электромагнитно-акустической защиты……. 72
РАЧКОВСКАЯ Г.Е., ЗАХАРЕВИЧ Г.Б. Синтез и исследование композиционных стекломатериалов с квантовыми точками сульфида свинца…….. 74
СУРГУНТ Я.М., КОРОТУН Н.В., НИКИТИН С.В. Прогрессивные технологии нанесения износостойких покрытий методом АМДО…….. 76
ТЕРЕЩЕНКО И.М., КРАВЧУК А.П., ПОПОВ Р.Ю. Кордиеритовые массы для производства керамических излучателей ИК-горелок…….. 78
ТРУСОВА Е.Е., БОБКОВА Н.М. Получение новых функциональных стекол светотехнического назначения…….. 80
ХЛОПКОВ Ю.В., РАЗДРОБЕНКО Д.В. Особенности формирования восстанавливающих покрытий автотракторной техники…… 82
ШЕМЕНКОВ В.М. Структурные превращения в приповерхностных слоях твердых сплавов при их обработке в плазме тлеющего разряда…….. 84

Секция 4. Ресурсосберегающие технологии в сварочном производстве

АНДРУШЕВИЧ А.А., ВАЛАДЬКО А.Е. Использование термитной сварки для исправления дефектов массивного чугунного литья…… 85
БЕЛОКОНЬ В.М. Основные недостатки сварки в среде защитных газов…….…….. 87
БЕНДИК Т.И., БЕРЕЗИЕНКО В.П. Методика определения величины сварочного тока при рельефной сварке Т-образных соединений……. 89
БЕРЕЗИЕНКО В.П., ФУРМАНОВ С.М., БОЛОТОВ С.В. О

Ресурсосберегающий способ переработки дезактивированных ванадиевых катализаторов……..… 31
КЛИМОШ Ю.А., ИГНАТОВИЧ И.Н. Фасадная керамика на основе глинистого и петургического сырья Беларуси…… 33
КУЛАЖЕНКО Е.Л., ЧУКАСОВА-ИЛЬЮШКИНА Е.В. Способ и устройство для формирования многослойных материалов…….. 35
КУПРЕЕВ М.П., ЛЕОНОВИЧ Е.Н., ТИТЕНКОВ В.П. Разработка и исследование керамической связки для шлифовальных кругов из кубического нитрида бора……... 37
ЛЕВИЦКИЙ И.А., БАРАНЦЕВА С.Е., МАЗУРА Н.В. Высокоизносоустойчивые цирконийсодержащие полуфриттованные покрытия плиток для полов…….……... 39
ЛОВШЕНКО З.М., ЛОВШЕНКО Ф.Г. Влияние пластической деформации на фазовый состав и структуру комплекснолегированных материалов……..…….. 41
ЛОВШЕНКО З.М., ЛОВШЕНКО Г.Ф. Механизмы разрушения наноструктурных дисперсно-упрочненных механически легированных материалов…….…… 43
ЛОВШЕНКО Ф.Г., ЛОВШЕНКО Г.Ф., ЛОЗИКОВ И.А. Оптимизация состава и технологии получения механически легированных лигатур для литых бронз электротехнического назначения…….. 45
ЛОВШЕНКО Ф.Г., ЛОВШЕНКО Г.Ф., ХАБИБУЛЛИН А.И., ПАЦЕЙ В.Ф. Технологические свойства дисперсно-упрочненной меди……. 46
ЛОВШЕНКО Г.Ф., ФЕДОСЕНКО А.С. Механически легированные порошки для плазменного напыления высокостойких покрытий……..….. 48
ЛОЖЕЧНИКОВ Е.Б., ГАВРИЛЕНЯ А.К. Механика измельчения твердых порошковых материалов в валковых мельницах……. 49
ЛЯПИН А.И., МАКСИМЕНКО П.П., НАЗАРОВ Д.В. Влияние энергетической зависимости сечения перезарядки на энергию частиц бомбардирующих катод тлеющего разряда……. 52
МАЗЬКО В.С., БЕВЗА В.Ф. Графитизация отливок из серого чугуна при непрерывно-циклическом литье……... 54
МАЗЬКО В.С., ГРУША В.П. Литье намораживанием белого высокохромистого чугуна……. 56
МИХАЙЛОВ М.И. Использование сетчатых каркасов при моделировании кинематических поверхностей…….…. 58
МИХАЙЛОВ М.И., СКОБА В.Н., НИКИТЕНКО В.Д. Исследование влияния абразивосодержащих наполнителей адгезионных покрытий на их прочность на сдвиг…….. 60
МОНТИК С.В. Влияние механотермического формирования на

УДК 621.892:621.793.3

ПОВЫШЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗЕРКАЛА ГИЛЬЗЫ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЯ Д-243 ПУТЕМ ФРИКЦИОНО-МЕХАНИЧЕСКОГО МЕДНЕНИЯ

В.А.БЕЛОУСОВ, Г.В.БРЕЗГУНОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»
Горки, Беларусь

Известно, что до 15 % мощности двигателя теряется на трение в его деталях, половина которой приходится на трение между зеркалом цилиндра и поршневыми кольцами. Если снизить коэффициент трения в два раза, то мощность двигателя возрастет на 5 % без увеличения расхода топлива.

Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) деталей, способствующая улучшению трибологических параметров поверхности (увеличение микротвердости и износостойкости, уменьшение коэффициента трения и времени прирабатываемости) поверхности, заключающаяся в том, что поверхность трения покрывают тонким слоем твердосмазочного состава путем использования явления переноса металла при трении. Толщина образуемого покрытия – 1…5 мкм. Одним из способов нанесения которого является фрикционно-механическое меднение прутковым инструментом.

Проведенные исследования показали, что при фрикционном меднении чугунной поверхности в среде раствора глицерина и соляной кислоты на поверхности образуется многослойное твердосмазочное покрытие (ТСП), содержащее осажденную медь и полимеры трения.

Цель исследования - улучшение трибологических характеристик деталей цилиндро-поршневой группы двигателя Д-243.

Поставленная цель достигается фрикционно-механическим меднением зеркала гильзы цилиндра двигателя, наносимого прутком меди при помощи специально изготовленного приспособления, устанавливаемого в резцедержатель токарно-винторезного станка.

Исследования проводились в два этапа: 1 - изучение трибологических параметров на образцах деталей ЦПГ; 2 - стендовая обкатка двигателя.

Микротвердость поверхностного слоя зеркала цилиндра определяли на микротведомере ПМТ-3, при нагрузке 2 Н. Взаимодействия образцов гильз цилиндров и поршневых колец проводили на модернизированной машине трения возвратно-поступательного действия 77 МТ-1, имеющей термопару, с частотой вращения 90 двойных ходов в минуту на длине хода ползуна 52 мм и подаче в зону трения моторного масла М $10Г_2$. Контактное давление в паре составляло 6,0 МПа при нагрузке 1800 Н. Сначала изучали прирабатываемость образцов, а потом оценивали способность длительно работать при отключении подачи смазки. Продолжительность опыта 120 мин. Износ образцов определяли весовым методом на весах ВЛА-200г-М.

Лабораторные исследования проводили на обкаточно-тормозном стенде КИ 2118 с обкаткой двигателя Д-240.

На рабочем двигателе производились мощностные испытания. Затем с двигателя снимались детали ЦПГ и производилась их дефектация. В результате чего установлено, что гильзы цилиндров имеют износ в пределах допуска на изготовление новых деталей, остальные детали отвечают техническим требованиям, позволяющим их эксплуатацию.

С поверхности зеркала гильз цилиндров снимался приработанный поверхностный слой наждачной бумагой № 0, до 0,001 мм и производилась обкатка двигателя по имеющимся рекомендациям. Затем зеркало гильз цилиндров обрабатывали ФАБО и производилась повторная обкатка.

Исследования показали, что отпечаток диагонали алмазной пирамиды имеет длину 24 деления – для гильзы обработанной ФАБО и 38 делений – для серийных, что соответствует 49,5 и 31,2 кПа.

Установлено, что образцы с покрытием имеют лучшие показатели: меньшее время прирабатываемости, меньшую температуру в установившемся режиме, а после прекращения подачи масла в зону трения способны более длительно противостоять износу.

Износ образцов трущегося сопряжения для обычной пары трения составил: гильз – 0,418 г, колец 0,094 г; имеющих покрытие – 0,276 г и 0,061 г соответственно.

Исследования показали, что время приработки деталей для гильз с покрытием уменьшилось на каждом режиме от 2 до 3 мин, общее время обкатки сократилось на 15 мин. Мощность развиваемая двигателем 52 кВт (для рабочего двигателя), 49 кВТ (после снятия приработочного слоя) и 56 кВТ (для гильз с покрытием). Расход топлива соответственно 262, 270 и 258 г/кВт-ч.

Таким образом фрикционно-механическое меднении зеркала гильзы цилиндра ведет к улучшению трибологических показателей и способствует прирабатываемости деталей.

Выводы.

1. Фрикционно-механическое меднение внутренней поверхности гильзы увеличивает микротвердость поверхностного слоя зеркала цилиндра на 63 %.

2. Наличие ТСП на образцах гильз цилиндров способствует уменьшению времени прирабатываемости в 1,6 раза, а температура в зоне трения в установившемся режиме ниже на пять градусов.

3. Износостойкость образцов, обработанных ФАБО при отключении подачи масла, увеличивается в 1,8 раза.

4. Наличие фрикционного слоя позволяет сократить время приработки деталей ЦПГ двигателя на 15 мин, при этом происходит увеличение его мощности на 7,4 % и уменьшение расхода топлива на 1,5 %.

5. Фрикционно-механическое меднение гильз цилиндров бывших в работе ведет к увеличению мощности двигателя на 12,5 % и сокращению расхода топлива на 4,6 %.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 3. Технология получения и обработки новых материалов и покрытий.

АВДЕЙЧИК О.В., КРАВЧЕНКО В.И. Кластерный подход в инновационном развитии региональной промышленности…….. 3

АНДРИКЕВИЧ В.В., БАЛЕЙКО А.В., ЗАЯШ П.И. Нанокомпозиционные смазочные материалы для автотракторной и сельскохозяйственной техники…….. 5

АНДРИКЕВИЧ В.В., БАЛЕЙКО А.В., КРАВЧЕНКО В.И. Композиционные материалы для ремонта и восстановления сельскохозяйственного оборудования……. 7

БЕВЗА В.Ф., ГРУША В.П. Определение параметров технологии получения чугуна с шаровидным графитом в металлической форме 9

БЕЛАЯ О.Н., ШЕПЕЛЕВИЧ В.Г. Особенности фазообразования сплавов на основе свинца в условиях высокоскоростного затвердевания……. 11

БЕЛОУСОВ В.А., БРЕЗГУНОВ Г.В. Повышение трибологических параметров зеркала гильзы цилиндров дизеля Д-243 путем фрикционо-механического меднения……. 13

БОБАРИКИН Ю.Л., ИНОЗЕМЦЕВА Н.В. Определение температуры зоны деформации при плакировании металлов горячей прокаткой……..… 15

ВЫСОЦКИЙ Т.В., ВЫСОЦКИЙ В.Т. Влияние режима отпуска на свойства пористых цементованных механически легированных порошковых сталей……..... 17

ВЫСОЦКИЙ Т.В., ВЫСОЦКИЙ В.Т. Оптимизация процесса получения порошковых механически легированных цементуемых сталей……..……. 20

ГОЛОЗУБОВ А.Л. Исследование адгезионных свойств жаростойких тонкопленочных кремнийсодержащих покрытий после высокотемпературных испытаний……..…… 22

ГОЛОЗУБОВ А.Л., ГОЛОЗУБОВА А.А. Влияние высоких температур на эксплуатационные свойства жаростойких тонкопленочных кремнийсодержащих покрытий…….. 23

ГРАЧЁВ А.И., ЛОЗЕНКО В.В., ШЕПЕЛЕВИЧ В.Г. Влияние отжига на структуру и микротвердость быстрозатвердевших сплавов системы Zn-Pb…… 25

ГУСАКОВА О.В. Распад пересыщенных твердых растворов быстрозатвердевших фольг сплавов системы Sn-Cd……. 27

ДЯТЛОВА Е.М., ПЛЫШЕВСКИЙ С.В., КАКОШКО Е.С., ПАРФИМОВИЧ Н.Л. Получение термостойких керамических материалов для кладки бытовых печей……..…..… 29

ЖАРСКИЙ И.М., ОРЕХОВА С.Е., КУРИЛО И.И.

УДК 681.7.068

МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ

И.В.ШИЛОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Создание материалов и изделий высокого качества во многом зависит от разработки новых способов и технических средств неразрушающего контроля. Важную роль в разработке новых технических средств неразрушающего контроля играют первичные преобразователи, качественные характеристики которых, в первую очередь, определяют характеристики прибора неразрушающего контроля в целом.

Особое место среди оптических датчиков занимают волоконно-оптические датчики различных физических полей. Наиболее перспективным представляется использование волоконных световодов не для передачи излучения, а в качестве первичных преобразователей, когда измеряемое физическое поле непосредственно воздействует на отрезок волоконного световода, являющийся чувствительным элементом датчика.

При использовании волоконных световодов в датчиках перемещения возникает задача ввода излучения в световод. Этих недостатков лишен разработанный датчик давления, содержащий волоконно-оптическую светопередающую часть в виде волоконно-оптического жгута, состоящую из нескольких волоконных световодов, круглую на концах и плоскую в середине. Применение светопередающей части в виде волоконно-оптического жгута значительно упрощает конструкцию датчика, так как в этом случае исчезает задача ввода излучения в световоды. Это позволяет использовать в качестве источника излучения светодиоды, причем без применения юстирующего устройства.

Предложена конструкция волоконно-оптического датчика давления, которая содержит корпус, прикрепляемый с помощью штуцера к объекту, давление жидкости или газа в котором измеряется. В корпусе закреплена мембрана, которая при увеличении давления изгибается и смещает шток, который в свою очередь с помощью поворотного механизма растягивает кольца волоконных световодов светопередающей части. При этом в волоконном световоде радиус витков изменяется, что приводит к уменьшению выходного сигнала вследствие выхода энергии мод высших порядков в защитную полимерную оболочку с поглощением излучения в ней. Электрическая схема датчика реализована в виде дифференциального усилителя. Приведен анализ работы волоконно-оптического датчика давления, обсуждаются результаты исследований его работы.

УДК 621.762

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗОНЫ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПЛАКИРОВАНИИ МЕТАЛЛОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКОЙ

Ю.Л.БОБАРИКИН, Н.В.ИНОЗЕМЦЕВА
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П.О.Сухого»
Гомель, Беларусь

Плакирование металлов горячей прокаткой электроконтактным нагревом позволяет получать слоистые металлы различного назначения. Для достижения высокой прочности схватывания слоев металлов необходимо определять и регулировать температуру горячей прокатки.

Для оценки температуры в зоне деформации от внешнего источника нагрева необходимо определить энергию, выделяющуюся на контакте при пропускании через него электротока.

Джоулева энергия, выделенная в контакте проходящим сварочным током определяется по зависимости [1]:

$$qt = I^2 (R_{kc} + R_м)t \,, \qquad (1)$$

где I – сварочный ток, А; R_{kc} – электрическое сопротивление контакта, Ом; t – текущая координата времени, с; $R_м$ – электрическое сопротивление металла, Ом.

С другой стороны эта энергия определяется по зависимости [1]:

$$qt = T_k\, 4m\gamma cS\sqrt{at} \,, \qquad (2)$$

где γc - энтальпия металла, Дж/см^2; S - площадь контакта; T_k - значение температуры металла контакта ^{0}С; a - коэффициент температуропроводности, см^2/с; m - коэффициент, который для прямолинейного падения температуры равен 1/2; при выпуклости и вогнутости кривых значения m практически не выходит за пределы 1/3 - 2/3 [1].

Согласно опытным данным в процессе нагрева и сваривания полное сопротивление стыкового контакта падает приблизительно линейно от начального значения в холодном состоянии до нуля в момент сдавливания и сваривания контактов. Кривые, полученные путем обработки осциллограмм процесса нагрева контакта, показывают, что при неизменном давлении полное сопротивление стыкового контакта меняется по следующей зависимости:

$$R_{кс} = R_{ксо}\left(1 - \sqrt{\frac{t}{\tau}}\right) , \qquad (3)$$

где $R_{кco}$ - полное сопротивление стыкового контакта при комнатной температуре; t - текущая координата времени, с; τ - длительность включения сварочного тока, с.

Электрическое сопротивление металла

$$R_м = 2\rho_{ср} l / S, \qquad (4)$$

где l – высота очага деформации; $\rho_{ср}$ - среднее значение удельного сопротивления биметаллического слоя.

Приравнивая формулы (1) и (2) получим

$$I^2 (R_{kc} + R_м) t = T_k \, 4m\gamma cS\sqrt{at} \;;$$

или с учетом (3)-(4) получаем

$$I^2 \left(R_{кco} \left[1 - \sqrt{\frac{t}{\tau}} \right] + 2\rho_{ср} \frac{l}{S} \right) t = T_k \, 4m\gamma cS\sqrt{at} \,.$$

Тогда температура в плоскости контакта при контактной сварке с пропусканием электрического тока:

$$T_k = \frac{I^2 t \left(R_{кco} \left[1 - \sqrt{\frac{t}{\tau}} \right] + 2\rho_{ср} \frac{l}{S} \right)}{4m\gamma cS\sqrt{at}}. \qquad (5)$$

Полученная зависимость (5) позволяет определить температуру в контакте и регулировать ее величину посредством изменения величин сварочного тока, длительности включения сварочного тока, давления контакта, размеров очага деформации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кочергин, К. А.** Контактная сварка / К. А. Кочергин. – Л.: Машиностроение, 1987. – 240 с.

В левой части приведены показания толщиномера после настройки нуля на непокрытом основании толщиной 1,0 мм, в правой – после настройки нуля на используемом непокрытом основании.

Из левой части табл. 1 видно, что для оснований толщиной в одну-две сотни микрометров погрешность измерения толщины покрытия может составить сотни процентов; тонкое изделие с полностью отсутствующим покрытием также показывает его мнимое наличие. С утолщением основания погрешность резко уменьшается, и при толщинах выше 0,7 мм обеспечивается её нормированное значение вообще без каких-либо (кроме установления нулевого значения на каждой новой марке материала) настроек толщиномера. Правая часть табл. 1 показывает, что устранение погрешностей на основаниях с толщинами 0,3 мм и выше легко обеспечивается настройкой нулевого значения непосредственно на непокрытой контролируемой поверхности. При толщине 0,2 мм погрешность значительно возрастает, а при 0,1 мм прибор выходит за установленные, для предотвращения ошибок контроля, пределы настройки нуля. На основаниях 0,2 мм может быть успешно применён толщиномер модификации МТЦ-3-1.

Для принципиальной оценки корректности моделирования сплошных образцов наборами из пластинок собраны стопки этих пластинок с заведомым созданием между ними немагнитных зазоров – прокладыванием после каждой пластинки плёнки толщиной 10мкм. В табл. 2 приведены показания толщиномера на таких слоёных основаниях без покрытий в зависимости от количества магнитных слоёв. Настройка нуля осуществлена на непокрытой стопке из 10 пластинок без прокладок.

Табл. 2. Показания толщиномера на слоеных основаниях без покрытий

Суммарная толщина металла основания, мм	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Показание толщиномера, мкм	15	15	15	16	17	18	22	27	66	284

Из сравнения табл. 2 с двумя крайними левыми столбцами табл. 1следует, что размещение между всеми пластинками немагнитных прокладок не приводит к сильному изменению зависимости. Происходит лишь повышение показаний толщиномера для стопки в количестве 10 пластинок на величину, ненамного превышающую толщину единичной прокладки, а для случая только двух пластинок прокладка 10 мкм между ними практически вообще не чувствуется. При накладывании на поверхность такого слоёного основания немагнитных покрытий также наблюдается небольшое по сравнению с плотной стопкой завышение показаний. Погрешности устраняются, как и при измерениях на плотных стопках пластинок, если настройка нуля производится на используемом непокрытом слоёном основании. Отсюда следует ожидать, что зависимости на сплошных основаниях и методы их корректировки не будут отличаться от рассмотренных выше.

УДК 620.179.14

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ОСНОВАНИЯ ПРИ МАГНИТНОЙ ТОЛЩИНОМЕТРИИ ПОКРЫТИЙ

В.И.ШАРАНДО
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Работа посвящена оценке и устранению погрешностей при расширении области использования магнитных толщиномеров покрытий на изделиях с малой толщиной магнитного основания под покрытием.

Исследования выполнены с помощью сертифицированного в Республике Беларусь и Российской Федерации магнитодинамического толщиномера МТЦ-3, обеспечивающего измерение толщины немагнитных покрытий на ферромагнитных основаниях в диапазоне 0÷5 мм (модификация МТЦ-3-2) с нормированной погрешностью ±(1,5 +2% измеряемой величины) мкм и установленной, согласно ТУ РБ 100289280.011-2004, минимальной толщиной изделия 1мм. В качестве магнитных оснований при исследованиях использованы пластинки из не подвергавшейся термообработке стали 13Х толщиной 0,1 мм и размерами 23×35 мм (лента для бритвенных лезвий), из которых набирались толщины от 0,1 до 1,0 мм. Пластинки имели высокую степень плоскостности и прилегали друг к другу без зазоров, при измерениях стопка сжималась. В качестве образцов покрытий использованы полимерные плёнки различной толщины. Перед измерениями производилась настройка нуля толщиномера на непокрытом основании толщиной 1,0мм (полный комплект из 10 стальных пластинок).

В табл. 1 представлены зависимости показаний толщиномера от толщины основания для толщин покрытия 0, 28, 76, 197 и 988 мкм.

Табл. 1. Зависимость показаний толщиномера от толщины основания

Толщина основания, мм	Толщина покрытия, мкм									
	0	28	76	197	988	0	28	76	197	988
	Показание толщиномера, мкм без настройки нуля на основании					Показание толщиномера, мкм с настройкой нуля на основании				
1,0	0	28	76	197	988	0	28	76	197	988
0,9	0	28	76	197	988	0	28	76	197	988
0,8	0	28	76	197	993	0	28	76	197	988
0,7	1	29	77	198	994	0	28	76	197	989
0,6	2	30	79	203	1000	0	28	76	198	988
0,5	5	33	81	207	1007	0	28	76	199	989
0,4	7	37	83	211	1015	0	27	76	199	988
0,3	16	41	88	216	1057	0	24	73	192	987
0,2	64	76	114	236	1080	0	15	47	144	905
0,1	284	302	330	404	1195	-	-	-	-	-

УДК 621.785.5

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ОТПУСКА НА СВОЙСТВА ПОРИСТЫХ ЦЕМЕНТОВАННЫХ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ

Т.В. ВЫСОЦКИЙ, В.Т. ВЫСОЦКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Целью работы являлось исследование влияния температуры отпуска на свойства цементованных пористых механически легированных материалов на основе железного порошка, содержащих 0,7 % молибдена и 2 % никеля (сталь 05МН2); 1 % хрома и 2 % никеля (сталь 06ХН2).

Проведение данного исследования обусловлено тем, что в литературе нет единого мнения о необходимости операции отпуска при производстве пористых цементуемых материалов. Одни исследователи утверждают, что наличие пор в структуре материалов сводит к минимуму напряжения, возникающие при закалке, поэтому нет необходимости проводить отпуск, за исключением тех случаев, когда основным требованием является высокая ударная вязкость. Другие исследователи указывают, что проведение отпуска для пористых материалов обязательно.

Образцы для испытаний получали из шихт, состоящих из 70 % железного порошка ПЖРВ с размером частиц от 0,16 до 0,31 мм и 30 % специально приготовленных концентрированных лигатур, включающих порошок железа ПЖРВ, порошок молибдена и порошок никеля ПНЭ-1 (для стали 05МН2); порошок железа ПЖРВ, порошок железохромистого сплава ПХ30-1 и порошок никеля ПНЭ-1 (для стали 06ХН2). Порошки ПХ30-1 имели размер частиц 0,05 мм, порошок молибдена - 0,005 мм. Применяли порошки легирующих элементов марки "Ч".

Лигатуры получали размолом смеси порошка железа с размером частиц 0,16-0,31 мм и легирующих элементов в высокоэнергетическом вибрационном смесителе в течение 6 ч. Шихты для изготовления образцов – смешиванием железного порошка и лигатур в смесителе со смещенной осью в течение 2 ч.

Формование образцов производили в съемных стальных пресс-формах методом двустороннего прессования по упорам. В качестве оборудования применяли гидравлический пресс мод. ДБ2634 с усилием прессования 1 МН. Дозировку шихты производили взвешиванием навесок на аналитических весах ВЛА-200М с точностью до 0,01 г. Плотность образцов после прессования составляла 85 % от теоретической.

Спекание образцов совмещали с цементацией в твердом древесноугольном карбюризаторе с соотношением свежего и отработанного 1:3 при

температуре 1000 ºС в течение 6 ч. Для ограничения доступа воздуха применяли плавкий затвор из борного ангидрида.

Закалку образцов проводили с температуры 800 ºС в масле ИС-20, отпуск образцов во всех случаях проводили в течение 2 ч. Нагрев под закалку и отпуск при температурах 200-600 ºС проводили с использованием в качестве защитной среды отработанного древесноугольного карбюризатора.

Прочность при растяжении определяли на плоских образцах с поперечными размерами шейки 5×10 мм и расчетной длиной 40 мм. В качестве оборудования для определения прочности использовали испытательную машину МР-100 при скорости перемещения захватов 0,3 мм/с.

Ударную вязкость определяли на образцах без надреза с размерами 10×10×60 мм. Испытания проводили на маятниковом копре МК-30А.

Твердость образцов после цементации определяли на прессе Бриннеля ТШ-2 вдавливанием шарика диаметром 5 мм при нагрузке 7350 Н и выдержке 10 с; после закалки, закалки и отпуска - на приборе Роквелла ТК-2 (шкала С). Результаты исследований приведены в табл. 1.

Табл. 1. Влияние температуры отпуска на свойства цементованных пористых механически легированных сталей

Температура отпуска,ºС	Прочность при растяжении, МПа	Ударная вязкость, кДж/м^2	Твердость, HRC
Сталь 05МН2			
Исходные, после цементации	520	128,4	170*
0, после закалки	450	73,1	44
180	605	93,5	40
200	620	94,5	38
300	635	87,5	30
400	525	90,0	15
600	400	94,0	7
Сталь 06ХН2			
Исходные, после цементации	417	77,5	184*
0, после закалки	354	54,0	45
180	460	58,6	40
200	475	67,5	39
300	540	65,0	30
400	525	70,0	22
600	450	76,0	11
* Твердость по НВ			

Характерной особенностью термической обработки пористых сталей является то, что непосредственно после закалки они имеют прочность ниже полученной после цементации. С увеличением температуры отпуска

Перед измерениями производилась настройка нуля толщиномера на непокрытом основании площадью 2540 мм^2.

В табл. представлена зависимость показаний толщиномера в микрометрах от площади основания для толщин покрытия 0, 28, 76, 197 и 988 мкм. При этом в левой части приведены показания толщиномера лишь после первичной настройки нуля на непокрытом основании площадью 2540 мм^2. Результаты, представленные в правой части, получены по измерениям после настройки нуля на непосредственно используемом непокрытом основании. Здесь отсутствие данных в последних двух строках связано с установленными пределами настройки нуля (они определяются диапазоном изменения магнитных свойств в контролируемых материалах и не позволяют выйти из области разумных погрешностей).

Табл. Зависимость показаний толщиномера от площади основания

Площадь основания, мм^2	Толщина покрытия, мкм									
	0	28	76	197	988	0	28	76	197	988
	Показание толщиномера, мкм без настройки нуля на основании					Показание толщиномера, мкм с настройкой нуля на основании				
2540	0	28	76	197	988	0	28	76	197	988
490	9	40	89	220	1047	0	28	76	200	1009
280	22	53	105	241	1128	0	28	78	205	1053
124	57	83	149	320	1377	0	31	82	219	1209
55	130	182	270	479	1737	-	-	-	-	-
38	202	265	370	610	2170	-	-	-	-	-

Из приведенных данных вытекает, что уменьшение размеров основания приводит к завышению показываемых прибором толщин. Это происходит как на образцах с покрытиями, так и при измерениях на непокрытых основаниях – в последнем случае появляется эффект ложного покрытия увеличивающейся толщины. Переход к очень малым основаниям резко повышает ошибки, которые могут быть оценены и в определённой степени учтены с помощью таблицы. При этом из её правой части следует, что достижение нормированных погрешностей может быть обеспечено (и даже при достаточно малой величине контролируемых оснований), если производится настройка нулевого значения непосредственно на непокрытой поверхности. При технической возможности осуществления такая операция должна проводиться во всех случаях работы с достаточно малыми изделиями, а также с изделиями, имеющими сложную конфигурацию поверхности. Однако, как следует из правой части таблицы, и в этом случае уменьшение размеров изделия не может быть беспредельным. Выходом является уменьшение информативной зоны прибора, что для толщиномера МТЦ-3 означает применение его модификации МТЦ-3-1 (диапазон толщин покрытий 0÷1мм) либо создание градуировки под конкретную задачу.

УДК 620.179.14

ВЛИЯНИЕ ПЛОЩАДИ ОСНОВАНИЯ ПРИ МАГНИТНОЙ ТОЛЩИНОМЕТРИИ ПОКРЫТИЙ

В.И.ШАРАНДО
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Производственный контроль толщины немагнитных покрытий на магнитных основаниях осуществляется, как правило, приборами, использующими принцип намагничивания изделия и измерения вторичных полей. Информативный сигнал при этом зависит от факторов, связанных с геометрией изделия. Минимальные размеры основания, при которых основная погрешность не выходит за пределы допускаемой, оговариваются в Технических условиях и для сертифицированных средств контроля, предназначенных для решения одинаковых задач, примерно одинаковы. Однако на практике в ряде случаев возникает необходимость контроля изделий, по геометрии выходящих за указанные пределы. Возникает вопрос о величине появляющихся погрешностей и возможностях их уменьшения.

В данной работе показана возможность расширения области использования магнитных толщиномеров покрытий на изделия уменьшенных размеров с обеспечением достаточно хороших параметров по погрешностям. Рассмотрено влияние на результат измерений площади основания.

Исследования выполнены с помощью сертифицированного в Республике Беларусь и Российской Федерации магнитодинамического толщиномера МТЦ-3, обеспечивающего измерение толщины немагнитных покрытий на ферромагнитных основаниях в диапазоне 0÷5 мм (модификация МТЦ-3-2). Согласно ТУ РБ 100289280.011-2004, для толщиномеров такого типа допускаемая погрешность нормирована и составляет ±(1,5 +2 % измеряемой величины) мкм при минимальном диаметре контролируемой площадки 40 мм и минимальной толщине изделия 1мм. При указанных условиях толщиномер не требует каких-либо настроек и регулировок и готов к работе с обеспечением погрешностей, не выходящих за нормированные, сразу после включения. Возникает лишь необходимость подстройки нуля на образце материала без покрытия в случае перехода к контролю изделий из стали другой марки.

В качестве магнитных оснований использован комплект пластинок из не подвергавшейся термообработке стали 20 толщиной 1,2мм и размерами 54×47, 24,5×20, 20×14, 13×9,5, 8,5×6,5, 5×7,5 мм (соответственно, площадь 2540, 490, 280, 124, 55, 38 мм^2). Образцами покрытий являлись накладываемые на поверхность полимерные плёнки различной толщины.

прочность возрастает и достигает своего максимума при 300 ºС. При этом по сравнению с исходной она увеличивается примерно в 1,2-1,3 раза, а с прочностью после закалки - в 1,4-1,5 раза.

Известно, что у беспористых сталей максимальная прочность наблюдается после отпуска при температуре примерно 200 ºС, при этом, по сравнению с закаленной сталью, она возрастает незначительно. С дальнейшим увеличением температуры отпуска прочность беспористых сталей снижается. Относительное увеличение прочности у компактных сталей значительно ниже, чем у пористых. Полученные данные по пористым сталям объясняются их высокой хрупкостью после закалки, которая связана с наличием большого количества концентраторов напряжений в виде пор. При испытаниях на прочность с использованием обычного оборудования трудно создать условия "чистого" растяжения и всегда имеет место изгибающий момент, который и оказывает влияние на прочность хрупких материалов с наличием большого количества концентраторов напряжений.

Существование максимума при 300 ºС можно объяснить действием по меньшей мере двух причин. С одной стороны превращения, протекающие при отпуске, должны приводить к снижению прочности при растяжении, которое особенно заметно при отпуске при температурах 250-300 ºС, а с другой - снятие термических напряжений, а также напряжений, вызванных фазовым превращением аустенита в мартенсит, приводит к увеличению пластичности материалов, что снижает их чувствительность к наличию концентраторов напряжений и оказывает положительное влияние на прочность. При температурах отпуска до 300 ºС большее влияние оказывает второй фактор, выше 300 ºС - первый.

Влияние отпуска до температуры 500 ºС на ударную вязкость пористых сталей примерно такое же, как и для компактных. При температуре отпуска, примерно равной 300 ºС, также отмечается наличие отпускной хрупкости первого рода, однако относительное снижение ударной вязкости пористых сталей, по сравнению с таковым у компактных сталей, ниже и практически им можно пренебречь. Механические характеристики нечувствительные к наличию концентраторов напряжений: предел прочности при сжатии и твердость с увеличением температуры отпуска монотонно снижаются.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о необходимости и важности проведения отпуска как технологической операции, влияющей на свойства механически легированных цементуемых пористых порошковых сталей. Отпуск следует рассматривать как один из эффективных методов повышения надежности изделий из данных материалов, причем значение его в этом случае значительно выше, чем для изделий из компактных материалов. Оптимальная температура отпуска 200-300 ºС. Отпуск можно не проводить только в том случае, если единственным требованием, предъявляемым к изделиям, является высокая твердость.

УДК 681.725

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТУЕМЫХ СТАЛЕЙ

Т.В.ВЫСОЦКИЙ, В.Т.ВЫСОЦКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Целью работы являлось изучение процесса цементации и термической обработки порошковых механически легированных цементуемых сталей и оптимизация процесса их получения.

Максимальная величина той или иной характеристики порошковой легированной стали (прочность, твердость, ударная вязкость, износостойкость и пр.) может быть достигнута только при вполне определенных значениях технологических факторов. Решение этой задачи традиционным методом требует постановки большого количества опытов и не надежно. Экстремальные задачи часто с успехом могут быть решены с помощью методов математического планирования эксперимента. Наиболее простым, полно изученным и достаточно эффективным является метод Бокса-Уилсона. Применение этого метода целесообразно, в первую очередь, в связи с тем, что он позволяет резко сократить количество опытов при поиске оптимальных условий.

В работе с применением метода планирования изучено влияние условий получения и состава на свойства механически легированных порошковых цементуемых сталей плотностью 85 % от теоретической. В качестве независимых переменных (факторов), влияющих на механические свойства сталей, выбраны:

X_1 - температура цементации в пределах 920-1000 ºС;

X_2 - содержание в стали никеля в пределах 0,6-2,6 %;

X_3 - содержание в стали хрома в пределах 0-1,2 %;

X_4 - продолжительность цементации в пределах 3-9 ч.

Параметрами оптимизации являлись предел прочности при растяжении и ударная вязкость стали после закалки от температуры 800 ºС в масле и отпуска при температуре 180 ºС в течение 2 ч.

Основным материалом для изготовления образцов служил железный порошок ПЖРВ. Легирующие элементы вводили в виде механически легированных лигатур, полученных в высокоэнергетическом смесителе и содержащих порошки железа ПЖРВ, хромистой стали ПХ30-1 и порошка электролитического никеля ПНЭ-1. Шихту для изготовления образцов получали смешиванием порошка железа с порошками механически легированных лигатур в смесителе со смещенной осью в течение 2 ч., при этом во всех случаях содержание механически легированной лигатуры в шихте составляло 30 процентов от объема шихты.

и преобразователями дефектоскопа. При этом возникают две основные проблемы (относительно случая, когда преобразователи прижимаются к контролируемой поверхности), которые необходимо решить. Во-первых, по мере увеличения зазора между преобразователями и контролируемым изделием падает чувствительность дефектоскопа к дефектам. Во-вторых, случайные изменения величины зазора, которые практически всегда наблюдаются в процессе вращения гильзы цилиндра при ее контроле, приводят к изменениям амплитуды вторичной ЭДС преобразователя, которые могут вызвать появление сигналов, сходными с сигналом от дефекта сплошности. Применение стандартного способа отстройки от вариаций зазора за счет измерения дополнительно к амплитуде и фазы вторичной ЭДС преобразователя относительно определенного опорного сигнала значительно усложняет электронную схему дефектоскопа и алгоритм обработки сигнала. Для решения поставленной задачи применен другой способ. Для уменьшения влияния вариаций зазора контроль проводится при относительно большой величине этого зазора – примерно 3 – 5 мм, в результате чего небольшие его изменения, порядка нескольких десятых долей миллиметра, практически не сказываются на значении амплитуды. Необходимая чувствительность к дефектам при этом достигается за счет повышения амплитудного значения тока возбуждения в преобразователях, а также за счет улучшения характеристик (улучшение отношения сигнал/шум за счет применения более современных электронных компонентов) электронного блока обработки вторичных сигналов преобразователей и более совершенного способа микропроцессорной обработки этих сигналов.

В результате наличия значительного зазора между преобразователями и контролируемой гильзой исключается их износ или поломка на случайных крупных дефектах (раковинах, выступающих над поверхностью гильзы острых краях сквозных трещин) накладных преобразователей в процессе работы, что повысило надежность работы дефектоскопа. Это позволило также увеличить скорость вращения гильзы (за те же 15 с она совершает теперь три оборота) и осуществлять перемещение преобразователей вдоль продольной оси гильзы в процессе такого вращения. В результате достигается полный контроль обеих поверхностей (внутренней и наружной) гильзы цилиндров, что повысило достоверность выявления дефектов сплошности ее материала.

УДК 620.179.14

ВИХРЕТОКОВЫЙ ДЕФЕКТОСКОП ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.В.ЧЕРНЫШЕВ, И.Е.ЗАГОРСКИЙ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В ИПФ ранее был разработан вихретоковый дефектоскоп, предназначенный для обнаружения дефектов в чугунных гильзах цилиндров дизельных двигателей. С октября 2006 года с его помощью осуществляется 100 % контроль гильз, изготавливаемых на Минском моторном заводе. Дефектоскоп обнаруживает трещины, так называемые раковины, поры, рыхлоты в материале гильзы. Для обеспечения необходимой производительности время контроля одной детали не должно превышать 15 сек. Контролю подвергаются обе поверхности гильзы – внутренняя и наружная. Для обеспечения таких требований в дефектоскопе применено девять накладных преобразователей. Перед проведением контроля они прижимаются в определенных местах к контролируемым участкам гильзы, после чего она совершает один оборот вокруг продольной оси, в процессе которого проводится анализ амплитуды вторичной ЭДС каждого преобразователя. При обнаружении дефекта сплошности материала гильзы формируется световой индикаторный сигнал, показывающий оператору, под каким преобразователем обнаружен дефект. Применение дефектоскопа позволило существенно повысить надежность двигателей, выпускаемых ММЗ.

Однако не все проблемы контроля были решены. Контроль не проводится на значительной части как внутренней, так и наружной поверхностей гильзы цилиндров, так как накладные преобразователи в процессе ее вращения остаются неподвижными. Обеспечить их дополнительное перемещение в процессе вращения не удалось, так как при этом существенно уменьшается долговечность преобразователей ввиду того, что они в процессе контроля прижимаются к поверхности контролируемой гильзы цилиндра (изготавливаемых из высокопрочного чугуна) и при этом истираются, несмотря на то, что рабочие поверхности преобразователей имеют износостойкие защитные керамические накладки. Особенно это существенно при контроле наружной поверхности гильзы, которая имеет большую шероховатость. Кроме этого, на внутренней поверхности гильз встречаются раковины (впадины) с острыми краями, попадание в которые преобразователей приводит к интенсивному износу их рабочей поверхности.

В настоящее время разработана новая модель дефектоскопа, основное отличие которого от предыдущей модели состоит в том, что контроль проводится при наличии зазора между контролируемой поверхностью гильзы

Формование образцов производили в съемных стальных пресс-формах методом однократного двухстороннего прессования по упорам.

Спекание образцов совмещали с науглероживанием в бондюжском карбюризаторе состава: 25 % свежего и 75 % отработанного.

Цементацию производили в тиглях в шахтных электрических печах сопротивления с карбидокремниевыми нагревателями. Для защиты образцов от окисления использовали плавкие затворы из борного ангидрида B_2O_3.

Прочность при растяжении определяли на плоских образцах с поперечным сечением шейки 5×10 мм и расчетной длиной 40 мм.

Испытания производили на испытательной машине МР-100. Ударную вязкость исследовали на образцах без надреза с размерами 10×10×60 мм. В качестве оборудования использовали маятниковый копер МК-30А.

Методика выбора планов, их реализация, статистическая обработка результатов экспериментов и поиск области экстремума подробно описаны в специальной литературе.

При исследовании влияния состава и условий получения на механические свойства порошковой механически легированной цементуемой стали выбрана и реализована полуреплика 2^{4-1} от полного факторного эксперимента 2^4. Основной уровень и интервалы варьирования факторов выбраны на основании предварительных исследований.

В результате статистической обработки экспериментальных данных были определены:

– коэффициенты регрессии при каждом факторе;
– дисперсии опытов;
– дисперсии коэффициентов регрессии;
– доверительные интервалы коэффициентов регрессии;
– статистическая значимость коэффициентов регрессии;
– дисперсии адекватности;
– проверены гипотезы об адекватности полученных уравнений регрессии по критериям Фишера;
– получены математические модели зависимости механических свойств от состава и условий получения механически легированных порошковых цементуемых пористых сталей.

Проведено также крутое восхождение по градиентам полученных математических моделей, при этом найдены области, позволившие определить оптимальные условия получения сталей.

Для стали, имеющей максимальное значение прочности:
– состав: 2,0-2,2 % никеля; 0,95-1,05 % хрома; остальное - железо.

Для стали, имеющей максимальное значение ударной вязкости:
– состав: 2,6-2,8 % никеля; 0,6-0,7 % хрома; остальное - железо.

Цементацию сталей следует проводить в твердом карбюризаторе состава 25 % свежего и 75 % отработанного при температуре 960 ºС в течение 6 ч. Режим термообработки: закалка от температуры 800 ºС в масле, отпуск при температуре 180 ºС в течение 2 ч.

УДК 621.7

ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ЖАРОСТОЙКИХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ ПОСЛЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

А.Л.ГОЛОЗУБОВ
Учреждение образования
«МОЗЫРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.П.Шамякина»
Мозырь, Беларусь

Исследование адгезионных свойств тонких пленок после высокотемпературных испытаний производилось на образцах из стали 40Х и твердого сплава ВК17. Величина нагрузки при которой происходит отслаивание покрытия (появление хрупких сколов вдоль границ канавки, возникающей при движении индентора) является относительной характеристикой адгезионных свойств тонкопленочного покрытия. Критическая нагрузка определяется оптическим способом. Такой метод может быть использован для сравнительного анализа адгезионных свойств покрытий одинакового состава после различных испытаний.

Нагрузка, при которой наблюдалось образование хрупкого скола по длине канавки для образцов после испытаний при температуре до 200 ºС практически не изменилась и составила 35-30 Н. Для образцов, после испытаний при температуре (Т ≈ 400 ºС; τ = 8 ч), нагрузка увеличилась на 10-15 % и составила 39-43 Н. Исследовались покрытия оптимальной толщины 0,7-1,0 мкм.

Таким образом, сравнительные испытания адгезионных свойств до и после выдержки при высоких температурах в контакте с кислородсодержащими средами показали незначительное увеличение адгезии при повышении температуры, что, связано с увеличением количества связей и расширением единого фронта реакции между тонкой оксидной пленкой на поверхности металла и оксидами кремния, содержащимися в жаростойком тонком покрытии. Взаимодействие материала покрытия и подложки с нестехиометрическим кислородом идет с выделением соответствующей энергии окисления на границе раздела, что способствует кристаллографической подстройке в ряду металл — его оксид — оксид кремния, и установлению связей Me-O-Si, приводя этим самым к увеличению адгезионной прочности системы.

Исследования показали, что предварительная плазменная обработка поверхности подложки сопровождается образованием на ее поверхности низшего оксида Fe. Наличие этого слоя обеспечивает постепенность перестройки химических связей и кристаллических решеток в переходной зоне и позволяет получить соединения более высокой прочности.

– структурный метод - анализ составляющих сигнала в динамике изменения параметров и их взаимодействии.

При этом используются как детерминированные, так и вероятностные характеристики анализируемых сигналов.

Однако ни один из методов анализа речевых сигналов не предлагает способа однозначного и конечного кодового описания таких элементов речи как, например, фонема.

Сигнал по определению - это процесс, отслеживающий изменение некоторого параметра (в других источниках, характеристики) явления реального мира во времени.

Так как явления реального мира, как правило, многофакторные, то сигнал в общем случае может обладать достаточно сложной структурой, которую нельзя описать аналитически. Следовательно, для анализа сигналов используются методы преобразования пространства существования. Например, пространство «значение-время» преобразуется в пространство «значение-аргумент базисной функции».

До настоящего времени, выделенные характеристики использовались в качестве признаковых и сравнивались с заранее сформированным «усредненным » описанием.

Предлагается СПОСОБ АНАЛИЗА И МЕТОД ОПИСАНИЯ сигнала путем сравнения его характеристик до и после некоторого преобразования (метод анализа путем оценки реакции характеристик сигнала на воздействие).

Для этого, оценивается воздействие различных аналитических преобразований на сигнал с известными свойствами.

Анализ представленных результатов по оценке реакции на аналитическое воздействие (дифференцирование и усреднение по изменяемому интервалу) позволяет сделать следующие выводы:

– щелевые не реагируют на дифференцирование при частоте дискретизации 22050 Гц.

– на усреднение по минимальному интервалу (два отсчета) – не реагируют гласные и сонанты.

Таким образом, в зависимости от характера генерируемый сигнал реагирует на преобразования строго определенным образом.

УДК 621.865

СПОСОБ АНАЛИЗА И МЕТОД ОПИСАНИЯ СЕГМЕНТОВ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

Н.И.ЦУПРЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Проблема анализа и распознавания речи как часть общей задачи ввода информации в ЭВМ на естественном языке, является одной из приоритетных проблем, связанных с созданием систем с искусственным интеллектом. Достаточно отметить, что задача создания систем данного класса на ближайшее десятилетие является одной из основных для таких разработчиков и производителей вычислительных средств и информационных технологий как IBM и Microsoft.

Основными направлениями исследований в области речевого общения являются:

– распознавание речевых образов и их интерпретация;
– идентификация и верификация диктора;
– синтез речевых сообщений.

В настоящее время наиболее качественное распознавание речи обеспечивают устройства, работающие с ограниченным словарем, ориентированные на одного диктора.

Основными производителями систем распознавания речи являются фирмы IBM, Centigram Corp., Interstate Electronics, Threshold Technology, Verbex Corp., Votan Inc.(США), NEC (Япония), Marconi, Secure Radio Systems (Великобритания).

Исследования в области синтеза и распознавания речи ведутся в 12 университетах Западной Европы и на них ассигновано более 570 млн долларов США ежегодно.

В большинстве систем речевого общения анализ речевых сигналов с целью их описания осуществляется с помощью оценки фактических характеристик сегментов текущей реализации, расчет которых производится либо с помощью интегральных преобразований (Фурье, Лапласа, Гилберта), либо итерационными методами, либо на основе корреляционных функций. Для устранения временной вариативности речевой реализации применяются методы динамического программирования.

Для анализа и распознавания речевого сигнала в настоящее время используют два основных метода:

– дескрипторный метод - метод сравнения с эталоном, причем эталон строится на основе статистической обработки большого числа реализаций;

УДК 621.7

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЖАРОСТОЙКИХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ

А.Л.ГОЛОЗУБОВ, А.А.ГОЛОЗУБОВА
Учреждение образования
«МОЗЫРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.П.Шамякина»
Мозырь, Беларусь

Благодаря особенностям процесса нанесения – осаждение из газовой фазы, допустимая температура нагрева обрабатываемой поверхности не более 200 °С, позволяющая избежать разупрочнения термообработанных подложек – жаростойкие тонкопленочные покрытия эффективно используются для защиты от высокотемпературной коррозии, являясь при этом единственным методом улучшения эксплуатационных характеристик различных узлов и деталей. Использование тонкопленочных кремнийсодержащих покрытий позволяет обеспечить коррозионную защиту металлических подложек без снижения их механических свойств.

Жаростойкие тонкопленочные покрытия обладают рядом уникальных свойств, выгодно отличающих их от других типов защитных покрытий, получаемых наплавкой, газотермическим нанесением, плакированием– малой толщиной (до 1,5 мкм), возможностью достижения требуемых свойств путем получения покрытий заданного состава. Наиболее перспективным направлением использования жаростойких тонкопленочных покрытий является нанесение барьерных покрытий, необходимых для создания на металлических поверхностях защитных пленок с заданными свойствами – твердостью, износостойкостью, стойкостью в агрессивных средах. Область применения – упрочнение и защита технологической оснастки (пресс-форм, штампов и т.д.), работающих при высоких температурах в условиях контактирования с кислородсодержащими средами; а также прецизионных узлов: плунжерных пар топливных насосов высокого давления, посадочных мест, узлов трения, где точность обработки должна соответствовать самым высоким квалитетам точности.

Наиболее информативным и достоверным методом испытаний является проведение натурных испытаний в условиях реального производства. Производственные испытания лишены целого ряда недостатков, присущих лабораторным исследованиям: неадекватность принятых моделей и условий испытаний, трудности в воссоздании параметров реальных процессов, отсутствие возможности учета всего разнообразия различных факторов реальных процессов и их взаимовлияния и т.д., и позволяют получить реаль-

ные данные о защитных свойствах покрытий, являясь по сути единственным объективным критерием их эксплуатационных свойств.

Требования, предъявляемые к жаростойким тонкопленочным покрытиям для защиты металлических пресс-форм подразумевают не только стойкость в условиях высокотемпературной газовой коррозии, но и надежную защиту рабочих поверхностей, контактирующих с воздухом производственного помещения в процессе их длительного хранения.

Анализ состояния рабочих поверхностей пресс-форм для изготовления резинотехнических изделий на ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод» показал: рабочие поверхности пресс-форм после длительной эксплуатации и хранения (пресс-формы установлены для работы с 12.02.2004 г.) не имеют повреждений рабочих поверхностей (следов окисления под жаростойкими тонкопленочными покрытиями, ржавчины, задиров, нарушений сплошности жаростойкого тонкопленочного покрытия в виде адгезионных и когезионных разрушений) и находятся в рабочем состоянии.

Использование недефицитных и недорогостоящих компонентов для осуществления процесса нанесения жаростойкого тонкопленочного кремнийсодержащего покрытия, позволяет добиться незначительного повышения себестоимости упрочненных деталей и узлов. Разработанное оборудование и технологии могут быть использованы на финишной стадии обработки деталей в условиях машиностроительных предприятий Республики Беларусь.

Естественно предположить, что анализ нестационарных сигналов необходимо проводить на интервале переменной длительности, т.е. размер выборки должен варьироваться.

Вычисленные на разных интервалах анализа значения перечисленных выше характеристик, сравниваются между собой и по характеру соотношения между ними определяются параметры для оценки.

Основная идея метода состоит в том, что характеристики процесса оцениваются на различных интервалах анализа и сравниваются между собой.

По характеру отношений между ними определяются признаки и составляется описание процесса.

При этом решаются несколько проблем:

1) сегментация сигнала на интервалы анализа;

2) исключение временной нормализации - для процессов, где в качестве случайного параметра выступает время реализации;

3) фиксация быстро протекающих процессов.

УДК 681.3

МЕТОДИКА АНАЛИЗА НЕСТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Н.И.ЦУПРЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Основные физические процессы, для исследования которых используются методы обработки сигналов, могут быть детерминированными и случайными.

Детерминированные процессы, для которых зависимость наблюдаемых величин от внешних условий устанавливается с помощью легко обнаруживаемых законов, являются частным случаем случайных процессов. Для них наблюдаемые величины не могут быть выражены через начальные условия.

Физическое явление при рассмотрении с позиций теории случайных процессов можно описать в любой момент времени путем усреднения величин по множеству выборочных функций, представляющих данный случайный процесс (сигнал).

К основным характеристикам случайных процессов относятся среднее значение, дисперсия, среднеквадратичное отклонение, усредненная энергия, автокорреляционная функция.

Среднее значение определяет статическую составляющую процесса.

Динамическая составляющая определяется дисперсией процесса.

В большинстве случаев для оценки и анализа сигналов, используют момент второго порядка – среднее значение квадрата (усредненную энергию).

Автокорреляционная функция позволяет качественно установить влияние предыстории процесса на его дальнейшее развитие.

Для стационарных случайных процессов (сигналов) эти моменты практически не изменяются во времени. При этом следует учесть, что интегрирование в общем виде должно проводиться на бесконечном интервале для абстрактных процессов, или на интервале реализации – для реальных процессов.

Существует большой класс физических явлений, относящихся к разряду нестационарных процессов, где принципы постоянства характеристик нарушаются. При этом следует отметить, что ряд случайных процессов является нестационарным по времени, т.е., при одинаковой информационной сущности они различны по длительности.

УДК 537.312.6:669.5

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА СТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Zn–Pb

А.И.ГРАЧЕВ, В.В.ЛОЗЕНКО, В.Г.ШЕПЕЛЕВИЧ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Высокоскоростная кристаллизация приводит к улучшению стандартных цинковых сплавов благодаря более однородному распределению легирующих элементов, повышению их растворимости в твердом растворе, уменьшению или устранению микросегрегаций, уменьшению размера зерна и образованию новых метастабильных фаз. Однако следует отметить, что создаваемые таким образом структуры в металлах, как правило, являются термодинамически неравновесными. Поэтому важно не только уметь создавать требуемую структуру в металле, но и иметь четкие представления о ее стабильности. Вследствие широкого промышленного применения сплавов на основе цинка важным представляется изучение особенностей формирования структуры в сплавах цинка при высокоскоростной кристаллизации и её изменения при термическом воздействии.

Фольги используемых сплавов Zn–Pb, содержащих до 5 ат.% свинца, получены кристаллизацией капли расплава на внутренней поверхности вращающегося медного цилиндра. Скорость охлаждения расплава была порядка 10^6 К/с. Толщина используемых фольг составляла 30–80 мкм. Поверхностная структура образцов изучалась с помощью растрового электронного микроскопа LEO 1455 VP. Для металлографических исследований поверхность фольг подготавливалась травлением в растворе 10 г хромового ангидрида и 1 мл соляной кислоты на 100 мл воды. Структура поверхности изучалась с помощью инверсионного микроскопа OLYMPUS IX70. Рентгеноструктурные исследования выполнялись на дифрактометре ДРОН-3 в медном излучении. Текстура фольг исследована методом обратных полюсных фигур. Микротвердость измерялась с помощью прибора ПМТ-3 с относительной погрешностью измерения не более 5 %.

Проведенные исследования показали, что быстрозатвердевшие фольги цинка и его сплавов со свинцом имеют микрокристаллическую структуру и четко выраженную текстуру (0001). Средний размер зерна в них при повышении концентрации свинца уменьшается с 11 мкм для фольг чистого цинка до 4 мкм в фольгах сплава Zn–2,5 ат.% Pb. Для исследования стабильности исследуемых фольг, они были подвержены изохронному и изотермическому отжигам. Быстрозатвердевшие фольги сплавов системы цинк–свинец в исходном состоянии, содержащие более 1 ат.% Pb, состоят из пересыщенного твердого раствора на основе цинка и мелкодисперсных частиц свинца. Все вышеприведенные факторы указывают на формирова-

ние в них метастабильной структуры, которая должна изменяться в процессе термической обработки. Для исследования стабильности фольг, они были подвержены изохронному и изотермическому отжигам.

Кривые изменения микротвердости H_μ при изохронном отжиге для фольг сплавов цинка с медью подобны. Так, отжиг фольг до температуры 60 °С не оказывает влияния на микротвёрдость. При нагреве выше указанной температуры уменьшение H_μ происходит в два этапа. На первом этапе в интервале температур 60–100 °С происходит распад пересыщенного твердого раствора и последующая коалесценция частиц выделившихся фаз. Изотермический отжиг фольг сплавов увеличивает средний размер частиц второй фазы, образовавшихся при распаде пересыщенного твердого раствора, и уменьшает их количество в единице объема. Проведенные исследования зависимости среднего размера частиц $\overline{d}$ в фольгах сплава Zn–0,5 ат.% Pb от времени отжига t показали, что $\overline{d} \sim t^{\frac{1}{2}}$. Это означает, что фактором, контролирующим процесс коалесценции в фольгах цинка со свинцом, является переход атомов через межфазную границу раздела.

На втором этапе в интервале температур 140–160 °С уменьшение H_μ обусловлено протеканием собирательной рекристаллизации. Металлографические исследования показали, что отжиг фольг сплавов цинка со свинцом при температуре 170 °С в течение 1 часа вызывает укрупнение зёренной структуры в 4 раза.

При температурах отжига выше 160 °С значения микротвердости достигают насыщения для фольг всех исследуемых сплавов.

Расчеты полюсных плотностей дифракционных линий быстрозатвердевших фольг цинка и его сплавов со свинцом, подверженных изохронному отжигу, показали, что их изменение не превышает 5 %. Этот факт указывает на сохранение текстуры (0001), несмотря на то, что при собирательной рекристаллизации происходит миграция межзёренных границ.

Таким образом, термическая обработка фольг сплавов системы Zn–Pb приводит к распаду пересыщенного твердого раствора, температура начала которого составляет 60 °С. Укрупнение частиц вторичной фазы в фольгах происходит в результате коалесценции, которая в сплавах цинка со свинцом контролируется переходом атомов через межфазную границу. При температуре отжига 140 °С начинается процесс рекристаллизации. Преимущественная ориентировка зерен (0001) при этом сохраняется. Данные процессы приводят к снижению микротвердости фольг.

УДК 621. 9

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ WEB-КАМЕРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕТЫХ ТЕЛ

Н.А.СТАРОВОЙТОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Применение веб-камеры для регистрации теплового состояния деталей в процессе плазменного напыления покрытий на их поверхность показало, что ПЗС-матрица камеры имеет высокий порог чувствительности. В результате предварительных экспериментов было установлено, что матрица веб-камеры может регистрировать тепловое излучение от деталей, нагретых выше допустимой температуры, которая составляет 250 °С. На хрупких керамических покрытиях, напыленных на детали из материалов с высоким коэффициентом термического расширения могут образовываться трещины при перегреве выше указанной температуры.

Поэтому были проведены экспериментальные исследования для определения минимального порога чувствительности матрицы камеры к тепловому излучению. Была собрана экспериментальная установка, состоящая из регулируемого трансформатора и присоединенного к нему источника теплового излучения в виде нихромовой спирали. В ходе эксперимента изменялась температура нагрева спирали, посредством изменения напряжения трансформатора. Веб-камерой фиксировалось изображение спирали в инфракрасном свете, а цифровым измерительным прибором измерялась температура нагрева спирали. Для получения инфракрасного изображения спирали фильтр инфракрасного излучения из объектива веб-камеры был заменен фильтром ИКС-5, отсекающим весь диапазон частот с длиной волны менее 1000 мкм.

В результате эксперимента было установлено, что нижняя граница температуры, которую фиксирует веб-камера с фильтром ИКС-5 без дополнительной программной обработки, составляет 300 °С. Хорошо различимый нагрев составляет 360 °С. Применение специального программного обеспечения для обработки сигнала веб-камеры позволило снизить порог температурной чувствительности до 260 °С.

Дальнейшее снижение порога чувствительности можно осуществлять различными путями, такими как применение веб-камер, матрицы которых обладают более высокой разрешающей способностью, совершенствование программной обработки, охлаждение матрицы веб-камеры, использование фильтров, отсекающих только видимую (частично или полностью) и ультрафиолетовую части спектра (фильтры КС-17, КС-19).

УДК 535.31

ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

*Л.И.СОТСКАЯ, А.Б.СОТСКИЙ
*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
Государственное учреждение высшего образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.А. Кулешова»
Могилев, Беларусь

В известных волоконно-оптических датчиках давления используется эффект фотоупругости. Он проявляется в зависимости фазы излучения на выходе волокна от давления в окружающей среде. Но для детектирования этой зависимости требуются сложные интерференционные схемы.

Предлагается более эффективный датчик, в котором давление напрямую связано с интенсивностью света на выходе волокна. Чувствительным элементом датчика служит полимерное покрытие, нанесенное на боковую поверхность фотонно-кристаллического волокна (ФКВ). Принцип действия устройства основан на обнаруженном недавно эффекте резонансного взаимодействия основной вытекающей моды ФКВ с вытекающими модами покрытия. Вариации внешнего давления вызывают изменение толщины покрытия, что приводит к нарушению фазового синхронизма указанных мод, и, как следствие – к модуляции интенсивности света на выходе ФКВ.

Для исследования характеристик датчика разработан строгий метод расчета ФКВ, основанный на теореме Грина и теореме сложения цилиндрических функций Графа. Путем совместного решения уравнений теории упругости и уравнений Максвелла исследована чувствительность датчика к вариациям давления в газовых и жидких средах. Установлено, что чувствительность может перестраиваться в широких пределах за счет выбора внешнего диаметра волокна, толщины покрытия, модуля Юнга покрытия и числа воздушных каналов, окружающих волноведущую область. Последний параметр определяет эффект вытекания излучения из сердцевины ФКВ и оптимальную длину рабочего отрезка волокна. Исследованы спектральные характеристики датчика. Показано, что для эффективной работы устройства толщина покрытия ФКВ должна выдерживаться постоянной вдоль волокна с точностью не хуже 10 нм. При стохастических колебаниях толщины покрытия со среднеквадратичным отклонением более 100 нм сенсорный эффект исчезает.

УДК 548.735:669.6

РАСПАД ПЕРЕСЫЩЕННЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Sn-Cd

О.В.ГУСАКОВА
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Исследование сплавов на основе олова актуально в связи с тем, что в настоящее время перед промышленными предприятиями стоит задача перехода на бессвинцовые технологии, что вызвано запретом использования свинца в связи с его экологической вредностью. В частности, в электронной промышленности активно осуществляется переход на бессвинцовую пайку. Изготовление материалов в виде тонких фольг методом сверхбыстрой закалки из расплава является одним из современных методов промышленного производства материалов для высокотемпературной пайки, поскольку мелкодисперсность получаемых фольг обеспечивает существенно большую однородность микроструктуры сварного шва. С другой стороны, было показано, что микротвердость сплавов Sn-Cd растет с увеличением скорости кристаллизации. В связи с этим задачей настоящего исследования явилось исследование микроструктуры сплавов системы Sn-Cd и установление механизмов её формирования.

Фольги сплавов Sn-Cd, содержащие 4 и 8 ат. % Cd, получались при кристаллизации расплава на внутренней полированной поверхности вращающегося медного цилиндра диаметром 20 см. Средняя скорость охлаждения расплава составляла порядка 10^5 К/с. Толщина фольг находилась в пределах 50-60 мкм. Для исследования микроструктуры фольг использовался растровый электронный микроскоп LEO 1455 VP с энергодисперсионным рентгеновским микроанализатором.

Поскольку при сверхбыстрой закалке из расплава может наблюдаться образование пересыщенных твердых растворов и микроструктура материала формируется в результате последующего его распада были проведены исследования фольг сплавов олова, содержащих 4 и 8 ат. % Cd, сразу после их изготовления и осуществлены наблюдения in-situ за микроструктурой стороны фольги прилегающей к кристаллизатору.

Первоначальные наблюдения, производящиеся через 5-10 минут после приготовления фольги, показали, что на стороне фольги, прилегающей к кристаллизатору (сторона А), выделения отсутствуют, что свидетельствует об образовании пересыщенного твердого раствора кадмия в олове. Установлено, что распад твердого раствора начинается с образования пластинчатых выделений на определенном участке (границе зерна) и их последующем одновременном росте. Такой процесс типичен для прерыви-

стого механизма распада характерного для закаленных массивных образцов сплавов Sn-Cd.

Как показали исследования, в быстрозатвердевщих фольгах механизм распада твердого раствора кадмия в олове имеет отличие от распада в закаленных массивных образцах. Оно состоит в том, что наряду с прерывистым распадом имеет место непрерывной, продуктом которого являются мелкие пластинчатые включения в объеме зерна. Обнаружено, что выделения имеют упорядоченное расположение в пределах одного зерна, состоящее в том, что они или параллельны между собой или расположены под углом, близким к 90 градусам. Начальная длина пластинок составляет 50…100 нм при толщине порядка 20 нм. Время, прошедшее от момента изготовления фольги до начала распада (появления заметных пластинок у границы зерна) составляет около 4 часов для фольг, содержащих 4 ат. % Cd и около 1 часа для фольг сплава Sn-8 ат. % Cd. На последующих стадиях распада наблюдается рост пластинок, образовавшихся в результате непрерывного распада и сфероидизация пластинок прерывистого распада, а также увеличение размера выделений по границам зерен.

Скорость удлинения пластинок, образовавшихся в процессе непрерывного распада составляет величину порядка $1x10^{-12}$ см· $с^{-1}$, увеличение среднего радиуса включения на границе зерна $4x10^{-10}$ см· $с^{-1}$.

Анализ тракта проводят расчетным или экспериментальным путем. Влияние всех факторов на результирующий сигнал можно учесть только при экспериментальном анализе, так как в расчетах указываются только основные факторы.

При теоретическом анализе используют модели дефектов в виде отражателей правильной геометрической формы (сфера, диск, цилиндр и др.). В экспериментах точно воспроизвести расчетные модели в натуральном образце удается далеко не всегда. Поэтому при измерениях используют искусственные дефекты в виде полостей правильной формы с выходом на поверхность образца.

Для практической реализации задач курсового проекта разработан программный продукт «Моделирование акустического тракта при контроле объектов прямыми и наклонными преобразователями», позволяющий формировать схему акустического тракта различных по конфигурации и свойствам объектов с разными моделями дефектов, оценивать уровень эхосигналов от этих дефектов, строить размерные АРД – диаграммы, оптимизировать параметры преобразователей и определять их основные характеристики.

Рассмотрены алгоритмы реализации моделирования акустических трактов, проведена оценка возможностей программы для оптимизации параметров контроля, показаны результаты экспериментальной проверки адекватности компьютерных моделей реальным условиям контроля.

УДК 620.179

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ТРАКТА ДЕФЕКТОСКОПА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОНТРОЛЯ

С.С.СЕРГЕЕВ, М.С.ТАУШЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Учебными планами подготовки дипломированных специалистов в области методов и приборов контроля качества и диагностики в нашем университете предусмотрено выполнение студентами курсового проекта по дисциплине «Приборы и методы акустического контроля». Тематика курсовых проектов связана с вопросами выбора метода контроля, расчета и разработки первичных преобразователей, структурных схем установок, разработки вспомогательных средств сканирования объектов, разработки методик контроля.

По сравнению с другими видами ультразвуковой контроль по объемам применения занимает ведущее положение, так как обладает рядом важных преимуществ: высокой чувствительностью к наиболее опасным дефектам типа трещин, возможностью обнаружения дефектов в объектах большой толщины, большой производительностью, хорошей возможностью автоматизации процесса контроля. Поэтому данному виду контроля в образовательной программе уделено особое внимание

При разработке методики контроля требуется тщательный анализ акустического тракта для конкретного объекта с учетом всех влияющих факторов. Основная задача моделирования акустического тракта — оценка степени ослабления излучающего (зондирующего) сигнала, пришедшего на приемник. Наиболее существенно на амплитуду результирующего сигнала влияют: акустические свойства контролируемого материала (скорость ультразвука, дисперсия скорости, затухание), определяющие его прозрачность для ультразвука; геометрические параметры изделия (кривизна, шероховатость поверхности), влияющие на изменение прозрачности контактного слоя, а также габаритные размеры в зоне прозвучивания; свойства и геометрические параметры акустической задержки, определяющие степень акустического согласования пары преобразователь — изделие; электроакустические параметры излучателя и приемника (частота колебаний, длительность импульсов, материалы пьезоэлемента и переходных слоев); ориентация пьезоэлемента, его геометрические параметры, размеры, ориентация, конфигурация, параметры шероховатости и материал объекта, взаимное расположение излучателя, дефекта и приемника, траектория сканирования.

УДК 666.3.022

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕРМОСТОЙКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КЛАДКИ БЫТОВЫХ ПЕЧЕЙ

Е.М.ДЯТЛОВА, С.В.ПЛЫШЕВСКИЙ, Е.С.КАКОШКО, Н.Л.ПАРФИМОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В настоящее время актуальность проведения исследований заключается в необходимости создания новых кладочных термостойких материалов для бытовых печей на основе отечественного сырья, которые ранее в Республике Беларусь не выпускались.

Цель работы – разработка на основе природного и техногенного алюмосиликатного сырья составов кладочных материалов (керамический кирпич и мертель) с гармонизированными термическими свойствами.

В качестве объектов исследования выбраны тугоплавкие глины месторождений «Городное» и «Туровское» (Брестская обл.), легкоплавкие глины месторождений «Осетки» и «Лукомль» (Витебская обл.) и «Гайдуковка» (Минская обл.), а также огнеупорное сырье – каолин месторождения «Ситница». Выбор глин из разных областей сделан преднамеренно, так как доступные кладочные материалы для печей должны производиться в каждой области. На основе анализа термических свойств и структурных особенностей природного алюмосиликатного и техногенного сырья определены пределы содержания компонентов шихтовых композиций. Синтез образцов проводился на основе различных сочетаний огнеупорной глины месторождения «Городное», каолина месторождения «Ситница» и ряда легкоплавких глин месторождений «Лукомль», «Осетки» и «Гайдуковка». Вид отощителей ограничивался алюмосиликатным шамотом (лом огнеупорных изделий, используемых на металлургических и машиностроительных предприятиях РБ) и дегидратированными при 700 ºС глинами указанных месторождений. Опытные образцы были изготовлены по традиционной пластической технологии. Физико-химические свойства образцов испытывались по стандартным методикам. Установлены закономерности влияния соотношения глин различного химико-минералогического состава на водопоглощение, плотность, пористость и механическую прочность синтезированных материалов.

В процессе эксплуатации в печах бытового и другого назначения кирпич подвергается нагреву и охлаждению, которые сопровождаются неравномерным изменением объема, что вызывает возникновение термических напряжений, приводящих в конечном итоге к разрушению кладки печи. В связи с этим было проведено исследование термического расширения и поведения материалов в процессе резкого термоциклирования более жесткого, чем условия эксплуатации в печи (нагрев до

800 °С и резкое охлаждение в воде). Все опытные образцы выдержали 20 циклов термоциклирования без разрушения с небольшими структурными изменениями.

На основании результатов проведенных исследований выбраны оптимальные составы материалов для получения кирпича с повышенными термомеханическими характеристиками. Свойства образцов оптимальных составов приведены в табл.

Табл. Свойства образцов оптимальных составов

Наименование показателя	Шихтовой состав и значения показателя			
Шихтовые композиции	Глины месторождений «Лукомль» и «Городное», шамот алюмосиликатный	Глины месторождений «Гайдуковка» и «Городное», шамот алюмосиликатный	Глины месторождений «Осетки» и «Городное», шамот алюмосиликатный	Глина месторождения «Лукомль», аглопорит, гранитные отсевы (состав МЗСМ)
Температура обжига, ºС	1100	1100	1100	1050
Термостойкость, циклов	более 20	более 20	более 20	менее 5
ТКЛР·10^6, $К^{-1}$	6,3	4,46	4,73	7,4
Водопоглощение, %	12,7	11,46	6,95	15
Кажущаяся плотность, $кг/м^3$	1956	2199	2276	1951
Открытая пористость, %	24,82	25,20	15,82	27
Предел прочности при сжатии, МПа	20,2	40,44	57,57	18,6

Установлено, что лучшими показателями термостойкости обладают материалы на основе сочетания тугоплавкой глины месторождения «Городное» с легкоплавкими глинами месторождений «Гайдуковка», «Осетки» и «Лукомль» и шамота алюмосиликатного.

Разработан состав мертеля, согласующийся по свойствам с печным кирпичом, содержащий глину месторождения «Лукомль», теннисит и водоудерживающую добавку (продукт переработки отхода Могилевского ОАО «Химволокно»). Разработанный мертель характеризуется равномерным повышением показателей предела прочности при сжатии и при сдвиге в процессе нагревания при кладке и эксплуатации печи. Причем предел прочности при сдвиге не уступает аналогичному показателю огнеупорных мертелей, кладочные растворы из которых на химических связках, имеют значение 2-4 МПа.

Перо. Сигнальное плечо интерферометра фиксируется по определенной траектории на поверхности изучаемого объекта. Распространяющиеся в образце волны Лэмба, возбуждаемые пьезоэлектрическим излучателем, вызывают модуляцию фазы излучения в сигнальном плече интерферометра, что приводит к модуляции интенсивности света на его выходе. Волоконный световод сигнального плеча протягивается вдоль всей ширины образца или по криволинейной траектории (например, по окружности) таким образом, что находится между излучателем и дефектной областью в композиционном материале.

В этом случае, волоконно-оптический интерференционный датчик зарегистрирует акустические сигналы, отраженные от области дефекта и от кромки образца. Для получения полной картины распределения дефектов в образце пьезопреобразователь перемещается с фиксированным шагом в поперечном направлении (или поворачивается вокруг своей оси), а сигналы с выхода волоконно-оптического датчика запоминаются и обрабатываются. Положение дефекта в образце определяется, исходя из задержки времени прихода отраженного сигнала.

Результаты проведенных исследований позволили сформулировать ряд требований, предъявляемых к источнику акустических волн и к волоконно-оптическому преобразователю. Исходя из условия получения максимального разрешения системы, центральная частота источника излучения акустической волны должна выбираться таким образом, чтобы при заданной толщине объекта из композиционного материала в последнем могла возбуждаться только основная мода волны Лзмба. Например, при толщине образца ~ 0,03 м ультразвуковой излучатель должен возбуждаться на центральной частоте ~ 250 кГц. При этом, длительность импульса излучения акустической волны должна обеспечивать максимальное пространственное разрешение дефектов структуры. Вследствие сказанного, волоконно-оптический датчик должен удовлетворять следующим требованиям:

– рабочая полоса частот для датчика должна находиться в пределах от 100 Гц до нескольких МГц;

– волоконно-оптический датчик должен представлять собой распределенную интегрирующую измерительную систему, характеристики которой можно изменять подбором геометрии и длин сигнального и опорного плеч, а также топологией укладки;

– механические характеристики волоконного световода должны сопрягаться с характеристиками исследуемого композиционного материала.

Накопление и совместная обработка результатов измерений отраженных сигналов, получаемых в результате перемещения источника ультразвукового излучения по поверхности объекта, позволяет восстановить структуру дефектов в контролируемом материале и построить контурную карту распределения дефектов.

УДК 535

АКУСТООПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ СТРУКТУРЫ ЛИСТОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.С.СЕРГЕЕВ, О.С.СЕРГЕЕВА, Е.С.ГЛЯКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Изделия из композиционных материалов играют все возрастающую роль в машиностроении как одни из перспективных конструкционных материалов, поскольку обладают лучшими, в сравнении со стальными конструкциями, отношениями напряжение/вес и жесткость/вес, а также прекрасной устойчивостью к коррозии и усталостным явлениям. Кроме того, применение композиционных материалов в ряде случаев оказывается предпочтительнее, поскольку удешевляет стоимость изделия. Все это делает необходимым разработку и усовершенствование измерительных средств, позволяющих более точно и детально изучать свойства и поведение композиционных материалов в различных условиях.

Основными дефектами, возникающими при изготовлении и эксплуатации композиционных материалов, являются нарушения их сплошности (пузыри или трещины) и расслоения структуры. Наличие таких дефектов сильно сказывается на прочностных, а значит, и на эксплуатационных характеристиках материалов.

В современных методах и средствах технологического контроля и дефектоскопии широкое распространение находят акустооптические эффекты. На их основе реализуются комбинированные устройства, расширяющие ограниченные эксплуатационные возможности акустических методов. В акустооптике более эффективно используются информационные преимущества оптических сред для регистрации акустических волн.

Световодные акустические датчики с модуляцией интенсивности строятся по схеме с разрывом оптического тракта, когда модулируется амплитуда световой волны в рабочем пространстве датчика вне световода. Ввиду своей технологической простоты такие датчики более распространены. В непрерывных (безразрывных) световодных датчиках модуляция света происходит за счет воздействия внешнего акустического поля на среду распространения света в самих волокнах.

Для исследования конструкций композиционных материалов предложено использовать комбинацию волоконно-оптических измерительных систем, расположенных на поверхности конструкции, и импульсного ультразвукового акустического излучателя, возбуждающего в конструкции бегущую упругую волну (волну Лэмба). В качестве детектора акустических сигналов используется волоконно-оптический интерферометр Фабри-

УДК 541.13: 621.357

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ДЕЗАКТИВИРОВАННЫХ ВАНАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

И.М.ЖАРСКИЙ, С.Е.ОРЕХОВА, И.И.КУРИЛО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Более 70 % всех химических превращений веществ, а среди новых производств более 90 % осуществляется с помощью катализаторов. Объём мирового производства катализаторов составляет 500–800 тыс. т в год. При производстве серной кислоты контактным способом используют ванадиевые катализаторы (ВК). Ванадиевая контактная масса содержит в среднем 7 % V_2O_5. Срок службы катализаторов составляет от 1 до 5 лет. Только на ОАО «Гродно Азот», где для загрузки используется порядка 100 т ВК, ежегодно около 20 т катализатора теряет свою активность и подлежит замене. В настоящее время в Республике Беларусь нет производств, занимающихся переработкой дезактивированных ванадиевых катализаторов (ДВК), и их вывозят на переработку в РФ за счет собственных средств предприятий. Высокая стоимость и токсичность ванадия и его соединений обуславливают необходимость разработки высокоэффективной ресурсосберегающей экологически безопасной технологии переработки и утилизации ДВК.

Состав ДВК зависит от многих факторов: типа использованного катализатора; состава перерабатываемого сырья; качества газоочистки; места и длительности пребывания в контактном аппарате; длительности и условий хранения после выгрузки из контактного аппарата.

Методом электронной сканирующей микроскопии установлено, что в пересчете на оксиды усредненный химический состав ДВК, используемый на ОАО «Гродно Азот», выражается следующим образом, %: SiO_2 – 40,43; SO_3 – 25,47; K_2O – 10,95; V_2O_5 – 7,49; Na_2O – 2,71; FeO – 0,74; ZnO – 0,68; Al_2O_3 – 0,64; CuO – 0,41; CaO – 0,17; остальное – С. Рентгенофазовый анализ показал, что в состав ДВК входят: α-кварц, а также сульфаты, полисульфататы и ванадаты вышеперечисленных металлов. Частично восстановленный ванадий находится в виде сульфата ванадила $VOSO_4$.

Наличие в составе ДВК ряда соединений, сильно различающихся по своей растворимости в воде, позволило предложить гидрометаллургический метод переработки ДВК, включающий в себя две стадии:

1) выщелачивание соединений ванадия и других водорастворимых компонентов из ДВК;

2) регенерация V_2O_5 из растворов выщелачивания. Применение гидрометаллургического метода позволяет предотвратить образование ток-

сичных газообразных веществ, использовать доступные, экологически безопасные рабочие растворы, организовать практически безотходный рецикл «регенерация – изготовление ВК».

Для оптимизации стадии выщелачивания были изучены особенности процесса растворения V_2O_5 и ДВК в кислых, щелочных и восстановительных водных растворах. Проведенные исследования позволили предложить схему двухэтапного выщелачивания ДВК, которая включает:

– стадию выщелачивания водой всех водорастворимых компонентов ДВК. Для оптимизации водопотребления процесс целесообразно проводить при соотношениях твердой и жидкой фаз (Т : Ж) от 1 : 5 до 1 : 6. При этом в раствор переходит до 85 % ванадийсодержащих соединений. Повышение температуры до 50 °С приводит к образованию новых гидратированных в различной степени форм ванадия (V) и увеличению скорости его извлечения;

– стадию восстановительного выщелачивания. Использование восстановителей (SO_3^{2-}, $S_2O_3^{2-}$, $N_2H_5^+$ и другие) позволяет получать соединения V^{3+} и VO^{2+}, более растворимые в водных растворах. Степень извлечения соединений ванадия при этом повышается в 2–3 раза.

Как показали проведенные исследования, отработанные растворы выщелачивания (pH = 1,1–2,8) содержат сульфаты и ванадаты Al^{3+}, Na^+, K^+, Fe^{2+}, сульфаты ванадия в различных степенях окисления, а также непрореагировавшие восстановители и продукты их окисления. Как с точки зрения экономики, так и с точки зрения экологии наиболее целесообразным представляется извлечение ванадия из кислых растворов термогидролитическим методом.

С целью получения предгидролизных растворов, отработанные растворы выщелачивания обрабатывали окислителями (персульфатом аммония, H_2O_2, кислородом воздуха), либо подвергали анодной обработке. В результате этого соединения V(III) и V(IV) окисляются до соединений V(V), которые в кислых растворах легко гидролизуются. Установлено, что скорость гидролитического осаждения соединений V(V) значительно увеличивается при повышении температуры.

Методом СЭМ установлено, что состав осадков, полученных методом термогидролитического осаждения, зависит от способа получения предгидролизных растворов и температуры осаждения и содержит от 84 до 95 % V_2O_5.

Таким образом, проведенные исследования позволили предложить экологически безопасную ресурсосберегающую схему переработки ДВК, включающую:

– измельчение ДВК;

– поэтапное выщелачивание ДВК;

– переработку твердых остатков после выщелачивания;

– переработку растворов выщелачивания и выделение ванадийсодержащих компонентов.

ные петли гистерезиса конструкционных сталей и чугунов и изделий из них, остаточную намагниченность M_d изделий.

3. Наибольшее распространение для решения различных задач магнитной структуроскопии промышленных изделий из конструкционных ферромагнитных материалов получили коэрцитивно чувствительные методы и приборы, основанные на контроле структурного состояния изделий по току размагничивания приставных магнитных устройств, по полю от остаточной намагниченности после намагничивания изделий по методу «точечного полюса» и по остаточному магнитному потоку в изделии после намагничивания в разомкнутой магнитной цепи. Последние наиболее эффективны при контроле изделий массового производства.

4. При намагничивании изделий с большим размагничивающим фактором из конструкционных ферромагнитных материалов в разомкнутой магнитной цепи в магнитных полях, не доводящих изделия до технического насыщения, остаточная намагниченность M_d изделий обладает более высокой, чем коэрцитивная сила H_C, чувствительностью к структуре и качеству термообработки. Такой режим контроля эффективен при контроле предварительно не намагниченных изделий – после затвердевания из жидкого состояния, отжига, закалки или высокотемпературного отпуска.

5. Для контроля качества высокотемпературного отпуска изделий из среднеуглеродистых легированных сталей эффективно намагничивать изделие в процессе движения полем 40 – 50 кА/м, измерить остаточный магнитный поток в изделии после выхода изделия из области с намагничивающим полем, создать на пути движения изделия локальную область с постоянным размагничивающим полем напряженностью около 2 кА/м, измерить второе значение остаточного магнитного потока в изделии после его выхода из области с размагничивающим полем и о свойствах изделия судить по отношению результата этого измерения к разности результатов первого и второго измерений.

Заключение. Разработанные принципы магнитной технологии контроля механических свойств и структуры изделий из ферромагнитных сталей и чугунов, использующие последовательно-поступательное и движение контролируемых изделий и реализованные в приборах МАКСИ, позволяют обеспечивать заданные механические свойства массовых партий ответственных деталей машиностроительных и металлургических заводов.

УДК 620.179.14

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ СТРУКТУРЫ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.Г.САНДОМИРСКИЙ
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

На металлургических и машиностроительных предприятиях выпускаются массовые партии изделий из сталей и чугунов заданной структуры. Возможные отклонения в химическом составе материала изделий, режимов их охлаждения и термообработки от заданных приводят к недопустимым отклонениям свойств изделий, требуют контроля всей продукции. Прямые методы определения механических свойств и структуры являются разрушающими и не могут быть использованы для контроля качества изделий, предназначенных для эксплуатации. Современный уровень развития науки позволяет прогнозировать возможность использования магнитного метода для неразрушающего контроля режимов термообработки, химического, структурного и фазового состава изделий из ферромагнитных материалов, а современный уровень приборной реализации метода позволяет осуществлять такой контроль в автоматическом режиме непосредственно в цехах и заводских лабораториях.

Целью работы является систематизация и обобщение основных принципов магнитного контроля структуры изделий из сталей и чугунов для расширения применения метода в промышленности.

Проведенный анализ современного состояния теоретических и экспериментальных исследований и приборной реализации магнитного контроля структуры изделий из ферромагнитных сталей и чугунов позволил сделать следующие выводы.

1. Физической основой магнитного структурного анализа является чувствительность механических и магнитных свойств сталей и чугунов к структурным превращениям металла. К настоящему времени исследованы и систематизированы зависимости магнитных и механических свойств от структурного состояния, температуры нагрева при закалке и отпуске для большинства сталей и чугунов. Наиболее структурочувствительным магнитным параметром конструкционных материалов является коэрцитивная сила H_C.

2. Разработанные аппроксимация изменения намагниченности материалов в магнитном поле и методика расчета позволяют с достаточной для практики точностью по H_C, M_S, M_R материала изделий, их размерам и напряженности H_e намагничивающего поля рассчитать предельную и част-

УДК 666.715.2

ФАСАДНАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ ГЛИНИСТОГО И ПЕТРУРГИЧЕСКОГО СЫРЬЯ БЕЛАРУСИ

Ю.А.КЛИМОШ, И.Н.ИГНАТОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Для архитектурной отделки и реставрации фасадов зданий, необходимы долговечные экономичные облицовочные материалы, исключающие дорогостоящие и трудоемкие отделочные работы и частые ремонты. Учитывая сложные климатические условия эксплуатации облицовочных материалов (многократные циклы замораживания и оттаивания в течение года), в Республике Беларусь наиболее целесообразно применять объемно окрашенную архитектурно-строительную керамику, а не двухслойный керамический лицевой кирпич. Изготовление последнего предусматривает наличие большого количества дополнительного оборудования для приготовления и нанесения декоративного слоя, необходимость применения дополнительных сырьевых материалов, окрашивающих добавок, что значительно усложняет технологический процесс и делает более высокой себестоимость готовой продукции. Кроме того, поверхностно-декорированные изделия характеризуются невысокой долговечностью за счет отколов, растрескивания и отслаивания лицевого покрытия.

Целью работы являлась разработка составов керамических масс, позволяющих получать керамику архитектурно-строительного назначения с высокими эксплуатационными свойствами (морозостойкостью более 50 циклов, высокой прочностью и устойчивостью к воздействию метеорологических факторов) на основе минерального сырья Беларуси.

Для получения фасадной керамики применяли комбинации полиминеральных глин Беларуси и огнеупорных глин Украины. В качестве глинистого сырья в работе использованы глины месторождений «Гайдуковка» (Минская обл.), «Лукомль» (Витебская обл.) и «Городное» (Брестская обл.). Для расширения интервала спекания применялась добавка огнеупорной глины Веселовского и Никифоровского месторождений (Украина).

В качестве отощителя в составы масс вводили алюмосиликатный шамот, а также горные породы кристаллического фундамента юга Республики Беларусь – метадиабазы и гранитоиды (Брестская обл.), мафит-ультрамафитовые породы (Минская обл.). Отощитель вводился в количестве 20–40 % в различном сочетании и широкого зернового состава.

Изготовление керамических материалов осуществлялось методом пластического формования, влажность формовочной массы составляла 18 %.

Образцы высушивались до влажности менее 1 %, после чего обжигались при температурах 1000-1100 ^{0}С с выдержкой при конечной температуре 1 ч.

В результате экспериментальных исследований разработаны составы масс и технологические параметры, позволяющие получать на основе глинистого и петургического сырья Республики Беларусь архитектурно-строительную керамику с широким диапазоном свойств: водопоглощение – 6-13 %, предел прочности при изгибе – до 15 МПа, морозостойкость – более 100 циклов, коэффициент теплопроводности – 0,55–0,71 Вт/м·К, температурный коэффициент линейного расширения – $60–70\cdot10^{-7}$ $К^{-1}$.

Анализ зависимостей «состав–свойство» показал, что степень спекания опытных образцов различна и зависит как от условий обжига, так и от содержания и соотношения компонентов массы. Установлено, что наиболее высокими эксплуатационными характеристиками обладают материалы, полученные из масс, содержащих мафит-ультрамафические породы, что обусловлено повышенным содержанием в их составе оксидов щелочноземельных (более 25 %) и щелочных (до 10 %) металлов, оксидов железа (более 10 %), которые интенсифицируют процесс спекания.

Установлено, что для достижения высокой морозостойкости и прочности архитектурно-строительной керамики определяющим фактором является химический состав массы, а также соотношения оксидов типа RO/R_2O и Al_2O_3/SiO_2. Так максимальная прочность материалов достигалась при соотношении RO/R_2O в пределах 2,68–3,42, а также Al_2O_3/SiO_2 в пределах 0,24–0,29.

Фазовый состав синтезированных материалов представлен кварцем (α-SiO_2), анортитом ($CaAl_2Si_2O_8$), гематитом (α-Fe_2O_3), муллитом ($3Al_2O_3\cdot2SiO_2$) и волластонитом ($CaSiO_3$).

Изготовленные экспериментальные образцы архитектурно-строительной керамики прошли испытания морозостойкости с положительным результатом в сертифицированном центре УП «Научно-исследовательский институт строительных материалов». Образцы выдержали 143 цикла попеременного замораживания и оттаивания (объемный метод) без признаков разрушения.

Проведенные исследования подтвердили перспективность и экономическую целесообразность использования мафит-ультрамафитовых пород, гранитоидных отсевов в составах керамических масс для изготовления фасадной керамики.

структурой остается большой. Это создает предпосылки для использования параметра M_d после намагничивания в разомкнутой магнитной цепи для контроля структуры ниппелей.

Проведенный анализ изменения отношения F_1 и F_2 остаточной намагниченности M_d отливок ниппелей со структурой белого чугуна к M_d отливок ниппелей со структурой соответственно ковкого и серого чугунов с изменением H_e показал, что с уменьшением H_e от 250 до 150 кА/м параметр F_1 возрастает примерно на 20 % (по сравнению с его значением при намагничивании отливок до насыщения) и остается практически постоянным вплоть до намагничивающих полей 20 кА/м. Параметр F_2 при уменьшении H_e от 250 до 50 кА/м также возрастает (примерно на 40 % по сравнению с его значением при намагничивании отливок до насыщения) и остается практически постоянным вплоть до намагничивающих полей 30 кА/м. Следовательно, контроль качества отжига и наличия «отсера» в отливках из белого чугуна по параметру M_d не целесообразно проводить в полях, превышающих 50 кА/м, так как после охлаждения из жидкого состояния и после отжига отливки не имеют магнитной предыстории.

Учитывая, что в области изменения намагничивающего поля, далекой до намагничивания анализируемых изделий до технического насыщения, зависимости $M_d(H_e)$ практически линейны, изменения намагничивающего поля оказывают гораздо большее, чем при намагничивании изделий до насыщения, влияние на результаты контроля. Для обеспечения достоверного контроля должна быть обеспечена стабильность действующего на каждую отливку намагничивающего поля.

Результаты экспериментальных исследований качественно подтвердили полученные теоретические закономерности.

Заключение. Результаты проведенного анализа намагничивания в разомкнутой магнитной цепи отливок изделий «ниппель 1¼» из белого, серого и ковкого чугунов заключаются в следующем.

Теоретически показано и экспериментально подтверждено, что в полях, не доводящих отливки до технического насыщения, наблюдается более высокая (на 20 – 30 %) чувствительность остаточной намагниченности M_d (и остаточного магнитного потока Φ_d) в отливках к структуре материала отливок, чем при намагничивании до насыщения.

Оптимальной для магнитного структурного анализа этих отливок, не подвергнутых неконтролируемому предварительному намагничиванию (непосредственно после затвердевания или отжига), является напряженность намагничивающего поля $H_e \approx 30 – 50$ кА/м. При использовании таких полей может быть обеспечена уверенная отбраковка отливок со структурой серого чугуна от отливок со структурой белого чугуна (до отжига) и отливок со структурой белого чугуна, а так же отливок с повышенным содержанием перлита в металлической матрице, от отливок со структурой ферритного ковкого чугуна (после отжига).

УДК 620.179.14

ОПТИМАЛЬНАЯ НАПРЯЖЕННОСТЬ НАМАГНИЧИВАЮЩЕГО ПОЛЯ ПРИ МАГНИТНОМ КОНТРОЛЕ СТРУКТУРЫ МАЛОГАБАРИТНЫХ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК

С.Г.САНДОМИРСКИЙ
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Минский завод отопительного оборудования – крупнейший в СНГ производитель отопительных радиаторов, предназначенных для установки в жилых и производственных помещениях. Важной деталью радиатора, соединяющей его секции между собой, является «ниппель 1¼», отливка которого представляет собой литую чугунную трубку длиной 25, средним диаметром 43 и толщиной стенки 5 мм. Требования к обрабатываемости и прочности детали обусловливают необходимость изготовления ее из ферритного ковкого чугуна КЧ 30-6, получение которого включает отжиг отливок из белого чугуна. Нарушения химического состава и режима отжига отливок приводят к появлению отбеленных участков в отливках или повышенное содержание перлита в их структуре. Это вызывает повышение твердости отливки, ломку обрабатывающего инструмента, нарушения размеров резьбы. Нарушения режима охлаждения отливок из жидкого состояния приводят к появлению отливок со структурой серого, а не белого чугуна. Отжиг таких отливок не приводит к образованию структуры ковкого чугуна – чугун остается серым, хорошо обрабатывается и устанавливается в готовое изделие. Но из-за хрупкости таких изделий при монтаже или эксплуатации оборудования происходит их разрушение, вызывающее течь радиатора, приводящую к материальным потерям.

Проведен анализ намагничивания ниппелей из белого, серого и ковкого чугунов с целью выбора оптимального режима магнитного контроля их структуры. Разработанная методика позволяет рассчитать остаточную намагниченность M_d изделия с коэффициентом размагничивания N после намагничивания в разомкнутой магнитной цепи полем напряженностью H_e по коэрцитивной силе H_{CS} , намагниченности насыщения M_S и остаточной намагниченности M_R материала.

Для N отливок изделий «ниппель 1¼» при расчете по разработанным формулам получено значение 0.196. В расчете использованы средние значения магнитных параметров чугунов с различной структурой, полученные из литературных данных. Анализ результатов расчета показал, что M_d отливок ниппелей со структурой белого, серого и ковкого чугунов изменяется с увеличением H_e практически линейно до $H_e \approx 150$ кА/м. При любом намагничивающем поле разница между M_d отливок ниппелей с различной

УДК 677.024.072

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.Л.КУЛАЖЕНКО, Е.В. ЧУКАСОВА-ИЛЬЮШКИНА
Учреждение образования
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Витебск, Беларусь

На основе изучения структуры отходов текстильных материалов, возникающих на швейных и текстильных предприятиях Республики Беларусь, в качестве объекта исследования интерес представляют отходы по длине настила, маломерные концевые остатки на швейных предприятиях, а также мерный и весовой лоскут на текстильных предприятиях.

Вопросы использования этих отходов для выпуска изделий решаются индивидуально на каждом предприятии, но их переработка является не эффективной для швейных и текстильных предприятий по ряду причин. В частности ими являются большие затраты времени на раскрой материалов и на соединение частей изделий. В основном изготавливают изделия так называемого ширпотреба.

На кафедре “ПНХВ” УО ВГТУ ведутся работы по проектированию многослойных материалов с применением различных видов текстильных отходов, в частности для производства настенных покрытий. Они представляют собой плотный слой бумаги на который нанесен волокнистый материал. От размеров продукта зависит структура обоев: крупная или мелкая. Благодаря своей толщине, рельефности и необычному цветовому решению такие обои способны скрыть мелкие дефекты стен.

Процесс получения настенного покрытия состоит из нескольких этапов:

1) подготовка продукта – измельчение текстильных отходов;

2) формирование настенного покрытия. Процесс осуществляется на линии по производству обоев, состоит из нанесения клеящего состава на бумажную основу, нанесения покрытия. В качестве клея используется состав на основе поливинилацетатной дисперсии;

3) процесс сушки, состоящий в прохождении готового бумажного полотна через сушильную камеру с инфракрасным излучением. Результатом процесса сушки является окончательно сформированное полотно.

На кафедре разработано устройство для нанесения продукта на основу, которое обеспечивает непрерывное и равномерное распределение волокнистого материала, а также устройство для измельчения различного вида текстильных отходов на заданную величину.

Подготовка текстильных отходов заключается в измельчении и смешивании продукта с целью получения однородной по составу массы определенных свойств.

Для подготовки волокнистой массы выбран метод измельчения способом резания. Нарезка осуществляется с помощью разработанного устройства пластинчатыми ножами.

Для осуществления непрерывной подачи волокнистого материала на основу разработано устройство, которое обеспечивает равномерное распределение материала на поверхности основы. Устройство состоит из накопительного бункера, питающей шахты и распределительных валиков. Валики имеют рельефную поверхность в виде иголок, которые разрыхляют и распределяют материал на поверхности основы. В устройстве предусмотрено регулирование расстояния между валиками, что обеспечивает возможность дозирования подачи материала при производстве настенных покрытий. Производительность устройства зависит от площади щели между валиками, скорости валиков, плотности продукта, зажимаемого выпускными валиками.

Для накопления и объемного дозирования полученного сыпучего материала предлагается использовать роторный дозатор. Он состоит из корпуса и приемной воронки. В корпусе закреплен на валу ротор с лопастями. Из воронки материал поступает в пространство между лопастями и торцовыми стенками ротора. При вращении ротора материал поочередно, из каждого отделения между лопастями высыпается через воронку в питающую шахту. Ротор поворачивается и приводится в движение электродвигателем, соединенным с валом. Частота вращения ротора и соответственно производительность дозатора зависит от частоты вращения электродвигателя. Количество подаваемого материала, в зависимости от сырьевого состава, можно регулировать величиной выступа лопастей.

Устройство мобильно и предназначено для получения нетканых покрытий. Оно может быть использовано при производстве дуплексных текстильных материалов и настенных покрытий.

Благодаря использованию в качестве слоя настенного покрытия вторичных материальных ресурсов, расширяется ассортимент вырабатываемых декоративных материалов, снижается себестоимость данного вида продукции. Возможность производства таких настенных покрытий на существующем оборудовании для выпуска обоев, с незначительной их модернизацией, даст возможность предприятиям «гибко» сменять ассортимент.

УДК 535.31

РАСЧЕТ ПРИЗМЕННОГО УСТРОЙСТВА СВЯЗИ С ПРОДОЛЬНОЙ НЕРЕГУЛЯРНОСТЬЮ

*И.У.ПРИМАК, П.Я.ЧУДАКОВСКИЙ, А.Б.СОТСКИЙ
*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.А Кулешова»
Могилев, Беларусь

Волноводная спектроскопия, основанная на туннельном возбуждении волноводных мод посредством призменного устройства связи, является одним из наиболее чувствительных методов исследования характеристик тонких пленок. Однако используемые в этом методе алгоритмы обработки угловых спектров интенсивности зондирующего светового пучка основаны на модели плоскослоистой среды, которая может быть не адекватна экспериментам. В частности, при исследовании пленок с малым поглощением известное решение обратной оптической задачи приводит к существенно завышенным оценкам поглощения. Вероятным источником подобных расхождений может быть непостоянство толщины зазора между волноводом и приводимой с ним в механический контакт призмой связи. Исследование дифракционных эффектов, связанных с названной продольной нерегулярностью в призменном устройстве связи, является предметом настоящего сообщения.

Разработан строгий метод расчета дифракционных полей в призменном устройстве связи, основанный на их представлении в виде разложения по полному набору мод планарного металлического волновода с неоднородным заполнением. Данный набор включает только моды дискретного спектра, при этом моделирование открытого пространства достигается за счет использования полностью согласованных анизотропных слоев, примыкающих к стенкам металлического волновода и поглощающих отраженное от них излучение. Получена система обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающая преобразование амплитуд мод на нерегулярных участках структуры. Путем численного решения системы рассчитаны диаграммы интенсивности темных m- линий при наличии продольной нерегулярности в системе. Полученные результаты позволили объяснить расхождение теории и эксперимента при исследовании волноводных пленок с малыми потерями. Предложен и протестирован способ решения обратной задачи волноводной спектроскопии с учетом дифракции светового пучка на нерегулярных участках призменного устройства связи.

УДК 535.51. 541.1

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ УГЛОВ В СПЕКТРАЛЬНОМ ЭЛЛИПСОМЕТРЕ ES-2

*И.У.ПРИМАК, Н.И.СТАСЬКОВ, И.В.ИВАШКЕВИЧ
*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.А. Кулешова»
Могилев, Беларусь

Универсальный двухканальный спектральный эллипсометр ES-2 используется для определения оптических параметров материалов электронной техники, толщины оптически прозрачных слоев в многослойных структурах. Принцип действия спектрального эллипсометра ES-2 основан на переключении состояния поляризации, при этом на исследуемый образец попеременно направляется пучок монохроматического света, преобразующийся в последовательность ортогонально поляризованных пучков с азимутами линейной поляризации P и P+90 градусов. Отраженное от образца излучение с двумя состояниями поляризации затем попадает на фотоприемники и анализируется электронной системой регистрации эллипсометрических параметров (углов ψ и Δ).

Выполнен анализ погрешностей $\delta\psi$ и $\delta\Delta$ определения эллипсометрических углов. Представлена методика минимизации этих погрешностей за счет оптимального выбора азимутов поляризатора и анализатора. Для демонстрации эффективности минимизации и тестирования имеющегося в распоряжении эллипсометра проведена эллипсометрия воздуха, для которого априори известно, что $\psi=45^o$ и $\Delta=0^o$. В результате найдены оптимальные значения азимутов поляризатора и анализатора и подтверждена принципиальная возможность существенного снижения погрешностей определения элипсометрических углов.

Практический интерес представляет применение рассматриваемой методики при измерении спектров поляризационных углов материалов. В докладе представлены, полученные с ее помощью дисперсионные таблицы кремния и титана, использованные затем при решении обратных задач спектральной эллипсометрии структур, включающих металлические и полупроводниковые пленки.

УДК 621.92

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ СВЯЗКИ ДЛЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ ИЗ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА

М.П.КУПРЕЕВ, Е.Н.ЛЕОНОВИЧ, В.П.ТИТЕНКОВ
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.Ф.Скорины»
Гомель, Беларусь

Режущие свойства шлифовального инструмента, в том числе и из порошков кубического нитрида бора (эльбора), напрямую зависят от связки, применяемой для закрепления зерен в рабочем слое. Исследования по разработке и совершенствованию керамических связок для шлифовальных кругов из кубического нитрида бора актуальны и в настоящее время.

Шлифовальное зерно, получаемое при синтезе эльбора, представляет собой плотные агрегаты, где мелкие кристаллы связаны гексагональным нитридом бора. При обжиге выше 1000 ºС гексагональный нитрид бора разлагается и прочность зерен ослабляется. Поэтому при изготовлении шлифовальных кругов из эльбора применяют легкоплавкие керамические связки. Снижение температуры керамических стекловидных связок достигается введением в их состав оксидов лития, свинца, циркония, а также соединений фтора. Однако указанные в литературных источниках пределы варьирования концентрации компонентов и элементного состава довольно широки и не позволяют выявить оптимальные составы связок и технологические режимы изготовления на их основе инструмента из порошков кубического нитрида бора. В связи с этим целью исследований являлось изучение свойств легкоплавких керамических связок, содержащих оксиды лития, свинца и циркония, а также прочности изготовленных на их основе абразивных композиций.

В процессе исследований подобран и рассчитан состав шихты низкотемпературной керамической связки. Ее основными компонентами являются (по массе): оксид кремния (57 ...64 %), оксид алюминия (4 ...6 %), оксид свинца (1,2 ...3,7 %), оксид циркония (1,2 ...3,7 %), борная кислота (15 ... 20 %), а также соли натрия, калия, лития - в количестве 3 ... 8 % каждой. Борная кислота и соли натрия, калия, лития вводились в состав связок как в порошкообразном виде, так и в виде водных растворов. В качестве окиси кремния использовался бой кварцевого стекла, являющийся отходами завода кварцевого стекла.

Температура плавления связки определялась с помощью керамических перископов, а прочность – твердостью и прочностью на изгиб цилиндрических образцов абразивной композиции по общепринятым методикам.

Установлено, что совместное введение в состав связки оксида свинца, оксида лития и высокодисперсного оксида циркония, снижает температуру

начала ее плавления до 720 °С. Связки указанного состава характеризуются интенсивным нарастанием текучести с повышением температуры в печи. При температуре обжига 770 °С текучесть исследованных связок достигла 60 %, при температуре 870 °С – 140 %, а при температуре 1000 °С их текучесть превысила 250 %. Это предполагает повышенные требования к однородности температурного поля и точности поддержания температуры при обжиге изделий.

Прочность (прочность на изгиб и твердость) абразивных композиций, изготовленных на связках, содержащих оксид свинца и оксид лития и обожженных при температурах 800 – 870 °С низкая и не обеспечивает требуемых характеристик шлифовальных кругов из кубического нитрида бора (табл.). При повышении температуры обжига до 1000 °С прочность таких композиций приближается к прочности композиций, изготовленных на фторсодержащих связках.

Табл. 1. Влияние температуры обжига на прочностные свойства композиций, изготовленных из абразивного зерна М50 на связках, содержащих оксиды лития и свинца

Температура обжига,° С	Связка содержит (масс. %): PbO - 1,0 %, Li2O - 7,5 %			Связка одержит (масс. %): PbO - 3,0 %, Li2O - 4,5 %		
	Прочность на изгиб б, МПа	Твердость Н, МПа	Степень твердости	Прочность на изгиб б, МПа	Твердость Н, МПа	Степень твердости
800	10	150	М1	20	151	М1
850	9	171	М2	22	170	М2
925	32	178	М2	32	215	М3
1000	42	192	М2	42	215	М3

Оптимизированы пределы содержания оксидов свинца и лития в керамической связке из нанодисперсных компонентов для изготовления шлифовальных кругов повышенной стойкости из кубического нитрида бора.

УДК 621.002.56

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМОРТИЗАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОЖАРНЫХ ШЛЕМОВ

В.Ф.ПОЗДНЯКОВ, Д.С.РУСЕЦКИЙ, *С.Д.МАКАРЕВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Научно-практический центр пожарной безопасности МОУ МЧС РБ
Могилев, Беларусь

Общие технические требования и методы испытаний защитных пожарных шлемов изложены в Нормах пожарной безопасности Республики Беларусь НПБ 4 – 2006. Одним из элементов испытаний являются испытания пожарных шлемов на амортизационную способность.

Для определения амортизационной способности защитного шлема необходимо измерение таких параметров как максимальное мгновенное приложенное усилие устройства воздействия и его скорости. С этой целью был разработан ударный стенд, соответствующий требованиям НПБ 4 – 2006. Конструкция стенда позволяет проводить комплексные испытания шлемов пожарного.

Для измерения максимальной мгновенной приложенной силы ударного воздействия предложено использовать однокоординатный пьезоэлектрический ICP-акселерометр. Данный преобразователь имеет малые габариты, простую конструкцию, надежен в работе, обладает достаточно высокой точностью преобразования механических усилий. Акселерометр имеет встроенный усилитель и не требует дополнительных согласующих и нормирующих устройств. Он может быть подключен непосредственно на вход регистрирующего устройства, что значительно упрощает процесс восприятия и преобразования измерительной информации.

Для измерения скорости предложено использовать волоконно-оптический преобразователь, обладающий рядом преимуществ перед другими типами преобразователей. Проведены исследования преобразователей с различной формой приемных и передающих волоконных жгутов, определены оптимальные размеры.

Измерительная информация с преобразователей поступает на входы цифрового осциллографа, который выполнен в виде отдельной платы подключаемой к компьютеру через USB порт. Дальнейшая обработка информации происходит в персональном компьютере по соответствующему программному обеспечению.

Расчет поля обратного валика шва производили для следующих случаев: ширина наружного валика 20 мм, высота – 2 мм; ширина обратного валика $в_2$ – 5 и 10 мм, высота c – 1; 2; 3 мм. Толщина свариваемых пластин составляла 10, 8, 6, 4 мм. Из полученных результатов расчета следует, что тангенциальная составляющая поля, обратного валика шва изменяется на поверхности сварного соединения аналогично $H^{(1)}_{\tau\Delta}$ наружного валика, однако формирование тангенциальной составляющей' поля обратного валика $H^{(2)}_{\tau\Delta}$ на наружной поверхности соединения имеет отличия. Так, если расстояние между максимумами $H^{(1)}_{\tau\Delta}$ на той же поверхности, где расположен валик шва, равно ширине шва, т.е. максимумы совпадают с краями валика шва, то на противоположной поверхности свариваемых деталей это расстояние значительно больше. Например, при $в_2$ =10 мм и толщине свариваемых пластин s=6 мм это расстояние составляет 15-16 мм, а при s =2 мм – около 10 мм. Кроме того, при увеличении ширины обратного валика в исследуемом диапазоне его размагничивающее действие на противоположной поверхности образца, согласно расчету, возрастает, а дальнейшее увеличение ширины обратного валика приводит вначале к увеличению, а затем к уменьшению его размагничивающего поля. Чем больше высота обратного валика шва, тем больше его размагничивающее действие. Размагничивающее действие поля обратного валика на наружной поверхности соединения уменьшается по мере увеличения толщины основного металла, что обусловлено увеличением расстояния до исследуемых точек. Значения наружного $H^{(1)}_{\tau\Delta}$ и обратного $H^{(2)}_{\tau\Delta}$ валиков швов отличаются приблизительно на порядок при толщине основного металла 4... 10 мм. Сравнение расчетных значений $H^{(2)}_{\tau\Delta}$ на плоской наружной поверхности, а также на криволинейной поверхности наружного валика шва показывает, что они отличаются по модулю незначительно. Отличие обусловлено некоторым увеличением расстояния до исследуемых точек и кривизной поверхности наружного валика шва. На топографии тангенциальных составляющей суперпозиции полей, обусловленных наружным и обратным валиками шва отчетливо обнаруживается появление изломов, соответствующих краям обратного валика шва, что должно сказаться и на топографии результирующего поля на поверхности сварного соединения и привести к помехам при контроле реальных объектов.

Таким образом, расчетным путем показано, что при поперечном намагничивании сварного соединения обратный валик шва, как и наружный, создает поле, направленное навстречу внешнему полю, однако его размагничивающее действие на поверхности наружного валика значительно меньше размагничивающего действия наружного валика шва. Наличие обратного валика может привести к появлению помех на сигналограмме при магнитографическом контроле сварных соединений.

УДК 666.11.01:666.123.2/3 (476)

ВЫСОКОИЗНОСОУСТОЙЧИВЫЕ ЦИРКОНИЙСОДЕРЖАЩИЕ ПОЛУФРИТТОВАННЫЕ ПОКРЫТИЯ ПЛИТОК ДЛЯ ПОЛОВ

И.А.ЛЕВИЦКИЙ, С.Е.БАРАНЦЕВА, Н.В.МАЗУРА
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Целью настоящей работы являлось получение цирконийсодержащих износостойких полуфриттованных матовых покрытий плиток для полов, которые могут использоваться в местах с интенсивным движением людского потока и, соответственно, работать в условиях повышенного абразивного воздействия. В этом плане стеклокристаллические матовые глушенные покрытия представляются наиболее перспективными.

Помимо этого, ставилась задача введения минимального количества фритты, получение которой является энергоемким процессом из-за высокой температуры варки стеклогранулята (1450±20 °С), и создания конкурентоспособной с зарубежными аналогами керамической плитки.

Синтезировано два состава фритты: состав Р в системе $SiO_2 – Al_2O_3 – RO – R_2O$ + (ZrO_2, B_2O_3) и состав П5 в системе $SiO_2 – ZrO_2 – RO$ +(R_2O, Al_2O_3, B_2O_3), определены технологические и физико-химические свойства, что позволило рекомендовать их к использованию в качестве компонента сырьевой композиции полуфриттованных износостойких покрытий, состоящих из доломита, пегматита, фритты, кварцевого песка, каолина, глинозема, циркобита, цинковых белил, волластонита, глины огнеупорной. Определено их оптимальное количество в составе глазурной шихты, составляющее 20,0–22,5 %, что меньше, чем в производственных составах на 5–7 % и позволит сократить топливно-энергетические затраты на синтез фритты.

Установлена специфика процессов фазообразования для каждой фритты при ее термической обработке, заключающаяся в том, что составляющими глазури Р, обработанной при температуре (1160±10)°С, являются матрицеобразователь (стекловидная фаза) и циркон, а глазури П5 – матрицеобразователь (стекловидная фаза), циркон, диопсид, $Ca_2ZrSi_4O_{12}$, что обусловливает и различие показателей ТКЛР, который у первой составляет $61{,}8\cdot10^{-7}$ $К^{-1}$, а у второй – $90{,}6\cdot10^{-7}$ $К^{-1}$.

Полученные полуфриттованные покрытия Р4 и НП8 обладают комплексом технологических, физико-химических и декоративно-эстетических характеристик, которые приведены в табл. В процессе изучения критериального показателя – износостойкости выявлено, что сырьевые компоненты должны иметь, по возможности, постоянный состав, в частности по Al_2O_3 (глинозем), а весьма позитивной оказалась замена глинозема

электрокорундом, что позволило повысить степень износостойкости покрытий.

Табл. Характеристики синтезированных полуфриттованных покрытий

Характеристики покрытия	Индекс покрытия	
	Р4	НП8
Температура обжига, °С	1160±10	1160±10
Фактура поверхности	Матовая шелковистая	Матовая шелковистая
Блеск, %	28	25
Белизна, %	92	84
Твердость по Моосу	9	5,5
Микротвердость, МПа	9080	6100
ТКЛР, $\alpha \cdot 10^{7}$, $К^{-1}$	63,2	76,6
Степень износостойкости	4	3
Термостойкость, °С	125	125
Химическая стойкость	Химически стойкое	Химически стойкое

Установлено, что при температуре обжига (1160±5) °С фазовый состав покрытия Р4 представлен основными кристаллическими фазами – цирконом и диопсидом, а сопутствующими являются анортит, акерманит и корунд, присутствующие в небольших количествах.

Фазовый состав покрытия НП8 представлен в основном цирконом, сопутствующими фазами являются анортит, корунд и диопсид в сравнительно небольших, практически идентичных количествах.

Рациональное сочетание стекловидной (матричной) фазы, образование которой интенсифицируется введением фритты, и сформировавшихся в процессе обжига кристаллических фаз, обеспечивают высокую степень глушения обоих покрытий за счет равномерного распределения кристаллов циркона и требуемые показатели физико-химических и декоративно-эстетических свойств.

Покрытия характеризуются матовой шелковистой фактурой поверхности. Высокая прочность сцепления в системе «глазурь – керамика» достигнута за счет соответствия термического расширения глазурного покрытия и керамической основы. Последний составляет $(67–69)\cdot10^{-7}$ $К^{-1}$. Термостойкость и химическая устойчивость глазурных покрытий также удовлетворяют требованиям нормативно-технической документации. Достоинством синтезированных полуфриттованных покрытий Р4 и НП8 является высокая износостойкость, отнесенная к степени 3–4, что позволило рекомендовать их для более масштабных испытаний с целью внедрения в производство.

Предварительные расчеты подтвердили возможность снижения себестоимости готовой продукции за счет уменьшения количества фритты и, соответственно, топливно-энергетических затрат.

УДК 620.179.14

РАСЧЕТ МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОБРАТНОГО ВАЛИКА ШВА НА ПОВЕРХНОСТИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

И.Е.ПЕТРОВСКИЙ, А.В.ШИЛОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При плотном соприкосновении свариваемых кромок деталей, неправильно выбранном режиме сварки, недостаточно точном направлении конца электрода по месту сопряжения кромок, а также по некоторым другим причинам в одностороннем сварном соединении может образоваться непровар в корне шва. В этом случае также отсутствует обратный валик шва. Примерами односторонних соединений при отсутствии подхода к обратной стороне шва могут быть сварные соединения труб ТЭЦ, тонкостенных труб нефте- и газопроводов, коммуникационные трубы и т.д.

Существуют объекты, сварные швы которых выполнены на охлаждаемой водой медной подкладке, содержащей канавку, формирующую обратный валик шва. В этом случае сварку производят при повышенной погонной энергии дуги, что обеспечивает гарантированное проплавление свариваемых кромок. Примером таких конструкций могут являться обечайки, сваренные в установках типа СПО.

При намагничивании объектов в процессе магнитографического контроля таких соединений в контролируемой зоне образуется не только поле наружного, но и поле обратного валика шва. Для учета влияния обратного валика сварного шва на формирование магнитного поля в контролируемой зоне произведем расчет напряженности поля обратного валика шва на поверхности сварного соединения. Примем следующие допущения. Наружный и обратный валики имеют общую плоскость симметрии. Магнитные проницаемости металла шва и основного металла одинаковые. Объект окружен воздухом и намагничивается постоянным однородным полем, направленным перпендикулярно плоскости симметрии шва. Необходимо произвести расчет топографии тангенциальной составляющей магнитостатического поля, обусловленного обратным валиком шва, на поверхности сварного соединения для случая, когда размеры наружного валика шва больше, чем обратного.

Расчет выполнен по известной методике. Получены математические выражения, описывающие распределение тангенциальной составляющей поля обратного валика шва на поверхности сварного соединения. В них присутствуют, кроме параметров наружного валика, толщина свариваемых пластин и параметры обратного валика шва.

стикой распределения) получить аналитическое описание переноса излучения в случайно-неоднородной среде невозможно, поэтому наиболее приемлемым способом решения подобной задачи является численное моделирование.

В данной работе представлен алгоритм имитационного моделирования переноса излучения в двухкомпонентной стохастической неоднородной смеси, разработанный на основе метода Монте-Карло. Расчеты производятся для следующих статистик распределения компонент: экспоненциального распределения, распределения Гаусса и равномерного распределения.

Значение толщины слоя, занимаемого данной компонентой, генерируется методом распределения. Порядок чередования компонент и толщина слоев, занимаемых первой и второй компонентами смеси, разыгрывался для каждого фотона отдельно, по мере его прохождения сквозь слой среды, что повышает степень усреднения результатов.

Малоугловые индикатрисы рассеяния моделируются аппроксимациями Хеньи-Гринстейна.

Чтобы оценить влияние стохастичности среды на перенос излучения, в работе производится также расчет коэффициента пропускания эквивалентной однородной смеси. Эквивалентная однородная смесь — среда, в которой компоненты, составляющие СНС, перемешаны равномерно.

Данный алгоритм может быть легко адаптирован для расчета коэффициентов пропускания стохастических сред с произвольным числом компонент.

Результаты расчетов показывают, что:

– коэффициенты пропускания СНС с различными статистиками распределения значительно различаются между собой, и могут в несколько раз превосходить коэффициент пропускания эквивалентной однородной смеси;

– наибольший коэффициент пропускания имеют СНС с распределением Гаусса и однородным распределением;

– при расчетах коэффициента пропускания СНС с распределением Гаусса, для ускорения расчетов распределение Гаусса можно аппроксимировать равномерным распределением с теми же значениями средних хорд компонент и дисперсией.

Результаты исследований могут быть использованы при формулировке и решении задач дистанционного зондирования, разработке алгоритмов восстановления изображений, облучении биологических объектов оптическим излучением, оптической томографии, создании и тестировании радиационных моделей переноса излучения в атмосфере.

УДК 669.017

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРУ КОМПЛЕКСНОЛЕГИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

З.М.ЛОВШЕНКО, Ф.Г.ЛОВШЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Изучено влияние пластической деформации на фазовый состав и структуру материала «Cu – Al (0,8 %) – CuO (3,56 %)». Степень пластической деформации составляла 3, 11, 23, 47 %.

Основные изменения в строении материала, подвергнутого пластической деформации, связаны с превращениями по границам зерен, которые окаймляются прослойками, возникающими в результате распада твердого раствора алюминия в меди. При этом образуется двухфазная структура, состоящая из зерен меди с ультрадисперсными включениями фазы Cu_9Al_4. С ростом степени пластической деформации доля двухфазных прослоек по границам зерен увеличивается. Если в исходном состоянии прослойки окаймляют лишь группы зерен меди, то при степени пластической деформации $\varepsilon = 47$ % практически каждое зерно меди окружено зернами, имеющими двухфазное строение. При этом толщина зерен деформационного происхождения меньше, чем у исходных двухфазных зерен. Наряду с образованием двухфазных прослоек по границам, наблюдается выделение фазы Cu_9Al_4 и внутри зерен. При степени пластической деформации $\varepsilon = 47$ % объемная доля двухфазных зерен достигает 0,7 от общего объема.

Выделение фазы Cu_9Al_4 при пластической деформации материала свидетельствует:

1) о неоднородном характере распределения алюминия в материале;

2) об однородном скольжении дислокаций по всему объему зерна;

3) о значительной генерации вакансий и дислокаций при пластической деформации, ускоряющей диффузионные процессы в материале.

Кроме фазовых превращений, пластическая деформация приводит к изменению дефектной субструктуры материала. С увеличением степени пластической деформации дефектная субструктура эволюционирует путем уплотнения дислокационной сетчатой структуры, наблюдаемой в зернах меди размером $\geq 0{,}2$ мкм. Плотность дислокаций при этом возрастает с 10^8 см$^{-2}$ в исходном материале до $7 \cdot 10^{10}$ см$^{-2}$ после деформации со степенью 47 %. Превращений дислокационной структуры с ростом плотности дислокаций не наблюдается. Во всем интервале деформирования внутри микрозерен меди сохраняется сетчатая дислокационная структура. Это одно из отличий исследуемого материала от традиционных медных материалов, в которых отмечается широкая гамма субструктурных превращений.

Сетчатая структура теряет свою устойчивость уже в районе $\langle\rho\rangle \approx 1 \cdot 10^{10}$ см$^{-2}$. Образование и сохранение сетчатой субструктуры при столь высоких плотностях дислокаций объясняется интенсивным взаимодействием дислокаций в теле зерна с границами зерен. Несомненно, что при среднем размере зерен ≈ 0,2 мкм влияние границ субзерен на формирование дислокационной субструктуры велико. Другая причина сохранения сетчатой субструктуры обусловлена вышерассмотренным распадом твердого раствора.

Исследование показало, что независимо от степени деформации дислокационная структура наблюдается лишь в зернах с размером ≥ 0,2 мкм. Именно в этом случае отмечается непрерывное возрастание плотности дислокаций с ростом степени пластической деформации. Учет объемной доли зерен с размером зерен < 0,2 мкм, дающий истинную плотность дислокаций в материале, приводит к другой зависимости. Плотность дислокаций увеличивается на начальных стадиях деформации, и в дальнейшем плавно уменьшается с ростом степени пластической деформации. Однако, во всех случаях ее величина примерно на два порядка превосходит исходную. Некоторое снижение плотности дислокаций в материалах с увеличением степени пластической деформации обусловлено процессами измельчения зерен меди при деформировании за счет протекания процессов динамической рекристаллизации. Это подтверждают данные зависимости среднего размера зерна меди от степени деформации. Одновременно с уменьшением размера зерен увеличивается степень азимутальной разориентировки субзеренной структуры материала. Измельчение зерен в процессе пластической деформации сказывается и на строении микродифракционных картин. С увеличением степени пластической деформации количество рефлексов, принадлежащих медной фазе так же, как и количество рефлексов фазы Cu_9Al_4, возрастает.

Зависимость объемной доли зерен с двойникаит от степени пластической деформации аналогична изменению плотности дислокаций от этого фактора. На начальной стадии деформации отмечается рост двойников в зернах меди и количество зерен меди с двойниками. В дальнейшем наблюдаемое визуально количество двойников заметно снижается.

Таким образом, проведенное исследование показывает, что пластическая деформация оказывает заметное влияние на фазовый состав и структуру материала. Она приводит к частичному распаду твердого раствора алюминия в меди и выделению ультрадисперсных частиц Cu_9Al_4, увеличению количества двойников и дислокаций и уменьшению размера зерна. Представленные закономерности влияния пластической деформации на фазовый состав и структуру медных материалов, получаемых с применением механического легирования, имеют универсальный характер – они выполняются и на других материалах, например, алюминиевых, железных, никелевых.

УДК 535.361:535.317.1

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В СЛУЧАЙНО-НЕОДНОРОДНОЙ СМЕСИ

М.С.НОСКОВА
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им.А.А. Кулешова»
Могилев, Беларусь

В работе представлен алгоритм численного моделирования переноса излучения в стохастических неоднородных смесях с малоугловым рассеянием.

Стохастическая неоднородная смесь (СНС) — среда, состоящая в общем случае из нескольких несмешивающихся компонент, каждая из которых имеет свои оптические характеристики: индикатрису рассеяния, показатели рассеяния и ослабления. Линейные размеры участков пространства, занимаемые компонентами смеси (хорды компонент), являются случайными величинами.

Случайно-неоднородное распределение оптических параметров по объему характерно для многих природных и искусственных сред. Типичным примером двухкомпонентной СНС является разорванная облачность: пересекающий ее фотон проходит сквозь чередующиеся участки облаков (компонента 1) и межоблачного пространства (компонента 2). Внутренняя структура каждой из компонент считается однородной.

Стохастичность задачи проявляется только в статистике распределения облачного поля, т.е. в вероятности присутствия в данной точке облака или ясного неба.

В качестве других примеров СНС можно рассматривать: мелкие кровеносные сосуды и окружающую их ткань; легочную ткань, состоящую из большого количества альвеол, заполненных воздухом; защиту ядерных реакторов (бетонные конструкции с гравием); ядерные реакторы с кипящей водой (турбулентная смесь жидкости и пара), и т.д.

Применение в данной работе малоуглового приближения вызвано тем, что многие природные среды содержат в своем составе значительный процент частиц, индикатрисы рассеяния которых сильно вытянуты в направлении распространения излучения. Кроме того, именно в средах с малоугловым рассеянием влияние стохастичности на перенос излучения проявляется сильнее всего.

Если случайные значения хорд компонент СНС описываются экспоненциальным распределением (марковская статистика), некоторые передаточные характеристики среды можно получить в аналитическом виде. В общем случае (для произвольного числа компонент с произвольной стати-

перемагничивании достаточно точные результаты дает использование известных зависимостей на основе функции арктангенса, применяемых для ферромагнитных материалов.

Так как наибольшая величина контраста магнитной записи полей рассеяния, обусловленных дефектами, наблюдается, если магнитографический контроль осуществляется на линейном участке характеристики магнитной ленты, то в этом диапазоне для аналитической аппроксимации восходящих и нисходящих ветвей несимметричных петель магнитного гистерезиса возможно применение этих же зависимостей. На их основе с введением дополнительных корректирующих функций, обеспечивающих замкнутость несимметричных петель, получены выражения для расчета несимметричных частных циклов гистерезиса магнитной ленты при намагничивании в пределах линейного участка ее характеристики полями с различными значениями максимальной положительной и отрицательной величин напряженности.

В докладе приведены результаты расчета кривых перемагничивания магнитной ленты типа И4701-35, находящейся на контролируемой поверхности на следе перемещаемого магнита, обращенного к объекту гранью с двумя полюсами, при отсутствии и при наличии дефектов различной величины в объекте контроля в диапазонах изменения напряженности первичного поля от 0 до $H_{01} = -3{,}5 \cdot 10^3$ А/см, затем от $H_{01} = -3{,}5 \cdot 10^3$ А/см до $H_{02} = 7 \cdot 10^3$ А/см и от $H_{02} = 7 \cdot 10^3$ А/см до $H_{03} = -3{,}5 \cdot 10^3$ А/см.

Расчет кривых возврата и, следовательно, величин остаточной намагниченности ленты при отсутствии и наличии дефектов в объекте контроля выполнялся на основании полученных авторами эмпирической формулы для кривых возврата любого частного цикла гистерезиса магнитной ленты И4701-35.

Расчеты показывают, что при наличии дефекта в исследуемом объекте остаточная намагниченность участков ленты, на которые действуют одновременно и поле магнита, и поле дефекта, в зависимости от величины суммарных намагничивающего и размагничивающего полей может быть больше или меньше остаточной намагниченности участков, находящихся вне действия поля дефекта, то есть с увеличением глубины дефекта может измениться знак контраста магнитной записи. Это приводит к смене полярности сигнала на экране дефектоскопа. Результаты теоретических подтверждают полученные экспериментальным путем закономерности формирования сигнала, обусловленного дефектом, при намагничивании объекта через уложенный на его поверхность магнитоноситель перемещаемым постоянным магнитом, обращенным к объекту контроля гранью с двумя полюсами.

УДК 669.017

МЕХАНИЗМЫ РАЗРУШЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

З.М.ЛОВШЕНКО, Г.Ф.ЛОВШЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В условиях рыночного производства актуальным является вопрос создания высокостойких материалов, способных повысить надежность и долговечность деталей машин и оборудования и расширить их области применения. Решение проблемы традиционными металлургическими методами не представляется возможным и решение проблемы лежит на пути применения новых технологий и методов упрочнения материалов, в частности, наноструктурных дисперсно-упрочненных механически легированных материалов, теория и технология производства которой разработаны и освоены в Белорусско-Российском университете.

Материалы по комплексу физико-механических свойств, включая характеристики жаропрочности, не уступают классическим сплавам. Кроме того важными преимуществами технологии, основанной на реакционном механическом легировании, являются ее универсальность и относительная простота, невысокие энергозатраты при достаточной производительности процесса.

Широкое использование созданных материалов сдерживается нерешенностью ряда задач, одной из которых является оптимизация технологий переработки их в изделия, для решения которой требуется установить механизмы разрушения этих материалов.

Технология получения полуфабрикатов из механически легированных дисперсно-упрочненных материалов включала следующие этапы: реакционное механическое легирование, холодное прессование брикетов, термическая обработка брикетов, горячая экструзия брикетов.

Типы (механизмы) разрушения определялись электронной фрактографией поверхности излома материалов, выполненной с применением сканирующего электронного микроскопа «Nanolab-7». Разрушение образцов с надрезом проводилось в среде жидкого азота. При этом исходили из известного факта, что металлы с решеткой гранецентрированного куба (аустенитные стали, медь, алюминий, никель) не склонны к хладноломкости. Влияние легирующих элементов на эту характеристику противоположно – кислород повышает, а алюминий понижает склонность медных сплавов к хладноломкости.

При реализации технологии получения материалов, основанной на реакционном механическом легировании, протекают механически и терми-

чески активируемые структурные и фазовые превращения, формирующие структуры наноразмерного типа, характеризующиеся следующими параметрами: размер зерен – 0,3-0,5 мкм, субзерен – менее 0,1 мкм. Высокоразвитая поверхность границ зерен и субзерен стабилизирована наноразмерными включениями термодинамически стабильной и имеющей высокое значение модуля сдвига фазы Al_2O_3 величиной менее 20 нм. Кроме того структура механически легированных материалов в ряде случаев характеризуется негомогенностью, одним из очевидных проявлений которой является наличие областей с высоким содержанием легирующих элементов, сформировавшихся на основе «нерастворившихся» включений исходных компонентов шихты, что объясняется закономерностями формирования механически легированной композиции.

Согласно фрактограмме можно выделить следующие зоны разрушения: поперечный излом, переходная зона, продольный излом и долом, отличающиеся соотношением продольной и поперечной составляющими поверхности разрушения. Микромеханизмы разрушения в поперечном и продольном направлениях различаются.

В первом случае излом имеет ярко выраженный чашечный (луночный) характер. Чашечный характер поверхности излома однозначно указывает на наличие вязкого механизма разрушения.

Фрактограммы продольного излома показывают, что, как и у большинства экструдированных материалов, разрушение происходит по границам волокон, которые одновременно являются границами деформированных в продольном направлении гранул. При этом поверхность разрушения однородна, поры и несплошности не выявляются. Наличие микролунок на поверхности продольного излома указывает, что разрушению в этом направлении предшествует некоторая пластическая деформация.

Проблема достижения равнопрочности в поперечном и продольном сечениях наноструктурных дисперсно-упрочненных механически легированных материалов решается известным способом – всесторонней ковкой.

На участке долома, примыкающем к поверхности прутка, разрушению предшествует большая пластическая деформация, на что указывают структурные элементы, условно названные, «микрозакручиванием» материала, характерным для вязкого механизма разрушения.

Отличием продольного разрушения материалов без ПАВ является присутствие в изломе вытянутых пор, расположенных под центральной частью негомогенных областей.

Исследования, выполненные на медных, алюминиевых, железных и никелевых сплавах, показывают также, что вышеприведенные механизмы являются типичными для всех высокопрочных наноструктурных дисперсно-упрочненных механически легированных материалов на основе металлов, имеющих относительное удлинение 3-6 %.

УДК 620.179.14

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТНОЙ ЛЕНТЫ ПРИ ЕЕ ДВУКРАТНОМ НАМАГНИЧИВАНИИ

В.А.НОВИКОВ, Г.И.СКРЯБИНА, А.В.ШИЛОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При использовании для магнитографического контроля постоянного малогабаритного магнита в форме параллелепипеда один из вариантов предусматривает намагничивание контролируемого объекта, на поверхности которого уложена магнитная лента, магнитом, обращенным к объекту гранью с двумя полюсами. При этом, как показали экспериментальные исследования, тангенциальная составляющая магнитного поля постоянного магнита у грани с двумя полюсами дважды меняет знак.

Так как магнитографический метод контроля основан на записи магнитных полей объекта контроля на магнитный носитель с последующим воспроизведением сигналограммы на экране дефектоскопа, то свойства и характеристики применяемых при контроле магнитных лент наряду с величинами намагничивающего и размагничивающего внешних полей оказывают определяющее влияние на вид сигналограмм от дефектов различной глубины. Для исследования происходящих при этом процессов необходимо иметь аналитические выражения магнитных характеристик лент для магнитографического контроля.

В отличие от намагничивания объекта перемещаемым магнитом, обращенным к объекту гранью с одним полюсом, когда лента намагничивается сначала в одном, а затем в противоположном направлении, т.е. перемагничивается однократно, в рассматриваемом случае происходит ее двукратное перемагничивание.

При двукратном перемагничивании на магнитный носитель вначале воздействует отрицательное магнитное поле напряженностью – H_{01}, затем положительное – H_{02} и снова отрицательное – $H_{03} = H_{01}$, причем $|H_{02}| > |H_{01}|$. Вследствие различных величин воздействующих на ленту отрицательного и положительного магнитных полей ее перемагничивание осуществляется по несимметричным частным циклам, вершины которых не совпадают с основной кривой намагничивания. Это обстоятельство должно учитываться при теоретическом анализе магнитных характеристик лент и исследовании характера изменения величины контраста записи магнитных полей дефектов в зависимости от величины напряженностей намагничивающего и размагничивающего полей.

Как показали ранее проведенные авторами исследования для аналитической аппроксимации магнитных характеристик лент при однократном

дефекта $-H'_{d2}$ будет $M'_{rd2\ max}$, т.е. станет меньше, чем остаточная намагниченность ленты в месте действия поля дефекта малой глубины ($M'_{rd2\ max} < M_{rd2\ max}$). Это происходит вследствие резкого увеличения крутизны характеристики магнитной ленты на ее частном цикле перемагничивания при увеличении модуля напряженности воздействующего на нее поля $-H_{02} - H'_{d2}$. При этом $M'_{rd2\ max}$ больше, чем M_{r02}. Так как по мере удаления от плоскости симметрии дефекта поле несплошности монотонно убывает, то на ленту в окрестностях дефекта будет воздействовать слабое поле, которое вызовет, как указано выше, большую остаточную намагниченность, чем $M'_{rd2\ max}$. При этом сигнал, обусловленный дефектом, приобретает трансформированный вид.

Если дефект имеет большую глубину, то остаточная намагниченность ленты в месте действия максимального поля дефекта после изменения направления намагничивания приобретет остаточную намагниченность $M''_{rd2\ max}$, которая меньше, чем M_{r02}. При этом $M''_{rd2\ min}$ меньше M_{r02}, причем $M_{r02} - M''_{rd2\ min}$ значительно больше по модулю, чем $\Delta M''_{rd2\ max}$. Сигнал, обусловленный дефектом, меняет полярность полуволн по сравнению со случаем обнаружения дефекта малой глубины.

Таким образом, объяснен механизм записи магнитных полей дефектов средней и большой глубины на ленту и трансформации сигнала, обусловленного протяженной несплошностью, с увеличением ее глубины при тангенциальном намагничивании объекта с уложенной на его поверхность магнитной лентой сначала в одном, а затем в противоположном направлении. Показано, что вследствие колоколообразного вида тангенциальной составляющей поля дефекта остаточная намагниченность ленты в зоне несплошности приобретает седлообразную форму, а сигналограмма – трансформированный или двуполярный вид с двумя дополнительными импульсами небольшой амплитуды. Это объясняется тем, что под действием тангенциальной составляющей напряженности поля дефекта участки магнитной ленты, находившиеся в зоне максимальных значений напряженности поля дефекта, приобретают меньшую остаточную намагниченность, чем ее участки, находившиеся под действием малых значений поля дефекта, что происходит вследствие резкого увеличения крутизны ниспадающей ветви магнитной характеристики ленты на ее частном цикле гистерезиса при увеличении напряженности действующего на нее поля, противоположного первоначальному.

УДК 621.762

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ ЛИГАТУР ДЛЯ ЛИТЫХ БРОНЗ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ф.Г.ЛОВШЕНКО, Г.Ф.ЛОВШЕНКО, И.А.ЛОЗИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Плавка бронз электротехнического назначения, применяемых для производства электродов контактной точечной сварки, роликов шовных машин, контактных губок стыковых машин и т. п., имеет свои особенности. Это связано с необходимостью введения в медную основу таких легирующих элементов, как хром, цирконий, бериллий, титан и др., которые, во-первых, имеют температуру плавления более чем в 1,5 раза, превышающую температуру плавления основы; во-вторых, активно взаимодействуют с кислородом, что ограничивает время выдержки жидкой ванны для их растворения. Это затрудняет введение элементов в чистом виде и требует предварительной достаточно дорогостоящей подготовки лигатуры, производимой в вакуумных индукционных высокочастотных печах.

Целью данной работы являлась оптимизация процесса получения лигатур для выплавки хромистых, циркониевых и хромисто-циркониевых бронз с применением метода механического легирования. В качестве основы использовался порошок меди ПМС-1, в который вводились стандартные порошки хрома и циркония. Содержание последних в лигатуре изменялось в пределах 5-20 % по массе. Механическое легирование проводилось в механореакторе вибрационного типа – вибромельнице, в герметичной камере с контролируемой атмосферой. Время обработки варьировалось в пределах 2-16 часов. Получаемый продукт (механически легированная композиция) подвергался ситовому анализу, брикетировался холодным прессованием и перерабатывался в полуфабрикат горячей экструзией со степенью обжатия не менее 1:10 в температурном интервале 650-850 ºС.

Проведенные исследования позволили установить следующее:

– оптимальным является состав с содержанием одного или нескольких легирующих элементов в количестве, не превышающем 15 %;

– время механического легирования составляет 7-8 часов;

– оптимальная температура экструзии составляет 810-830 ºС.

УДК 621.791.753.0

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОЙ МЕДИ

Ф.Г.ЛОВШЕНКО, Г.Ф.ЛОВШЕНКО, А.И.ХАБИБУЛЛИН, В.Ф.ПАЦЕЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Широкое использование электротехнических изделий, изготовленных из дисперсно-упрочненной меди, сдерживается нерешенностью ряда задач, обусловленных новизной и сложностью проблемы: не изучены технологические особенности данных материалов при горячей обработке давлением и резанием, имеющих место при переработке полуфабрикатов в изделия; не разработаны принципы проектирования штампового инструмента и оборудования, учитывающие особенности формообразования данного типа материалов.

Целью настоящей работы являлось определение основных технологических свойств, характеризующих обрабатываемость давлением и резанием, механически легированной дисперсно-упрочненной меди. В работе приводятся результаты исследований процессов прокатки, ковки, горячей объемной штамповки, а также точения и сверления.

Дисперсно-упрочненные композиционные материалы на основе меди отличаются следующими технологическими особенностями: меньшей допустимой скоростью нагрева, ограниченными степенями деформаций, узкими температурными интервалами обработки давлением, большим сопротивлением деформации, выраженной анизотропией физико-механических свойств, повышенной абразивностью и твердостью. Эти особенности физико-механических свойств, разработанных композиционных материалов, обусловлены их структурой, замедленной диффузией и рекристаллизацией.

В результате исследований был создан комплект технологической оснастки для обработки давлением и резанием, установлены оптимальные режимы обработки заготовок при изготовлении токоподводящих наконечников и сделаны следующие выводы.

1. Деформируемость дисперсно-упрочненных наноструктурных механически легированных медных материалов для изделий электротехнического назначения в горячем состоянии характеризуется следующими параметрами: допускаемая степень деформации при свободной осадке вдоль оси до 50–56 %; угол гиба до 22–27 % (при радиусе гиба равном диаметру прутка); угол закрутки до 42–48° (на длине 100 мм при диаметре прутка 16 мм).

УДК 620.179.14

ЗАПИСЬ ПОЛЕЙ ДЕФЕКТОВ СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ ГЛУБИНЫ ПРИ НАМАГНИЧИВАНИИ ОБЪЕКТА ЧЕРЕЗ МАГНИТОНОСИТЕЛЬ

В.А.НОВИКОВ, Г.И.СКРЯБИНА, А.В.КУШНЕР
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Известно, что при намагничивании контролируемого изделия перемещаемым постоянным магнитом, обращенным к объекту контроля гранью с одним полюсом, через уложенный на его поверхность магнитоноситель тангенциальная составляющая внешнего поля направлена сначала в одну, а затем в противоположную сторону. Если при этом магнит наклонен к поверхности контролируемого объекта, то напряженности этих полей отличаются по модулю. Проанализируем характер записи поля дефекта на магнитоноситель. Пусть протяженный дефект сплошности находится на наружной поверхности пластины и имеет монотонно изменяющуюся глубину. Рассмотрим три случая: дефект имеет малую, среднюю и большую глубину.

Под действием создаваемого постоянным магнитом поля H_{01} магнитная лента приобретет остаточную намагниченность M_{r01}, а в месте действия максимального поля H_{d1} дефекта малой глубины – намагниченность $M_{rd1\,max}$, которая выше намагниченности ленты M_{r01}. Так как топография тангенциальной составляющей поля дефекта малого раскрытия имеет колоколообразный вид и убывает по мере удаления от плоскости его симметрии, то остаточная намагниченность участков ленты у краев дефекта будет меньше $M_{rd1\,max}$. Если не учитывать отрицательные экстремумы поля дефекта, то $M_{rd1\,max}$ всегда больше M_{r01}. Если пренебречь искажением сигнала из-за нелинейности характеристики магнитной ленты, считая, что запись полей дефектов происходит на линейном участке ее характеристики, а также искажением в тракте воспроизведения дефектоскопа, то сигнал, обусловленный дефектом, на экране дефектоскопа приближенно пропорционален остаточной намагниченности ленты в зоне несплошности $A \approx dM_{rd1}(x)/dx$.

После изменения направления намагничивания на противоположное под действием поля $-H_{02}$ постоянного магнита остаточная намагниченность ленты понижается до уровня M_{r02}, а ее участки, находящихся под действием поля дефекта $-H_{d2}$,– до уровня $M_{rd2\,max}$. При этом полярность полуволн сигнала, обусловленного дефектом, не меняется.

Если дефект имеет условно принятую среднюю глубину, то в результате изменения направления намагничивающего поля на противоположное остаточная намагниченность ленты в месте действия максимального поля

двух соосных с ним измерительных катушек. Одна из катушек располагалась на торце соленоида, которым преобразователь устанавливается на изделие, а вторая – на противоположном торце. Текущие величины намагничивающего и вторичного магнитных полей определялись посредством интегрирования и вычитания сигналов, снимаемых с измерительных катушек. Для этого была создана установка, обеспечивающая такое преобразование измеренных сигналов и их дальнейшую обработку на ПЭВМ.

В качестве информационных параметров динамической петли магнитного гистерезиса были выбраны нормальная составляющая напряженности магнитного поля от изделия при максимальной величине намагничивающего поля и ее максимальное значение в процесс действия импульса.

На основе проведенных исследований разработан комбинированный импульсный магнитный метод контроля температуры отпуска изделий машиностроения из среднеуглеродистых конструкционных сталей. Сущность его состоит в том, что в процессе действия намагничивающего импульса измеряют в центре намагничиваемого участка нормальную составляющую напряженности магнитного поля от изделия при максимальной величине намагничивающего поля и ее максимальное значение в процессе действия импульса. После окончания намагничивающего импульса измеряют градиент нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности в центре намагничиваемого участка. Температуру, при которой проводилась термообработка изделия, определяют по заранее установленному уравнению линейной трехпараметровой корреляционной модели.

Результаты исследований показали, что контроль температуры отпуска исследуемых образцов по градиенту напряженности поля остаточной намагниченности обеспечивает коэффициент корреляции 0,85 при дисперсии 126. При контроле по индукции магнитного поля от изделия при максимальной величине намагничивающего поля коэффициент корреляции составил 0,92, а дисперсия – 90. Коэффициент корреляции при контроле по максимальной величине индукции в процесс действия импульса имел величину 0,94, а дисперсия – 80. При измерении одновременно трех вышеупомянутых магнитных параметров и применении множественного корреляционного анализа коэффициент корреляции повышается до 0,975, а дисперсия уменьшается до 68, что доказывает существенное повышение достоверности контроля качества термообработки изделий из этой марки стали.

Комбинированный импульсный магнитный метод позволяет расширить область применения магнитных видов неразрушающего контроля механических свойств на изделия машиностроения из улучшаемых марок сталей, и является достойной альтернативой стандартным методам контроля качества термообработки по твердости с использованием инденторов.

2. Прошивка отверстия в заготовке с раздачей материала в стороны вызывает образование продольных трещин из-за пониженной пластичности материала поперек волокон. Вследствие этого, разность диаметров исходной заготовки и канала матрицы при комнатной температуре должна составлять (0,8 - 2,5) %. Конусность канала матрицы должна быть в пределах 0°40′–1°20′.

3. Для получения тонкостенных поковок с глубоким отверстием, без выраженной разностенности, необходимо изготавливать центровочное отверстие на торце заготовки.

4. При прошивке электродов точечной сварки с наружными диаметрами до 25 мм и внутренними каналами диаметрами до 16 мм оптимальные значения углов при вершине конической части прошивня составляют (140–160) °, а диаметры площадок составляют 0,4–0,5 от диаметра рабочей части прошивня.

5. Давление осадки для заполнения рабочей полости штампа должно быть не менее 500 МПа, при температурах нагрева оснастки и заготовки 450 °С и 800 °С соответственно.

6. В процессе гибки на угол свыше (22–27) ° необходимо создавать сжимающие напряжения вдоль оси заготовки.

7. За основной критерий обрабатываемости резанием следует принять шероховатость поверхности при чистовой обработке. Оптимальным режимом резания при точении резцами, оснащенными пластинками из ВК8 для достижения значений шероховатости поверхности Ra1,6 является скорость резания 90 м/мин, подача 0,1 мм/об при глубине резания 0,6 мм.

8. Для сверления глубоких отверстий малого диаметра в заготовках, изготовленных из дисперсно-упрочненной меди, необходимо применять вибрации, накладываемые на подачу инструмента. Оптимальный режим обработки отверстий диаметром (0,9 – 1,1) мм: n = 2800 об/мин; S_0 = 0,020 мм/об; частота колебаний – 140 Гц; амплитуда колебаний – (0,03–0,04) мм. Применение сверления с рекомендуемым режимом существенно повышает производительность процесса, а стойкость инструмента из быстрорежущей стали, значительно сокращает брак из-за увода и поломки инструмента, что невозможно при обычном сверлении.

В целом, обрабатываемость резанием разработанного материала может быть приравнена к обрабатываемости деформируемых жаропрочных бронз типа БрАЖН10–4–4, БрАЖ9–4. В качестве технологических сред при обработке рекомендуется использовать жидкости на водной основе Аквол–12, СОЖ МР–29, НГЛ–205 или масла В–31, МР–8, ИС–12, Mobil 10W–30.

УДК 621.9

МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫЕ ПОРОШКИ ДЛЯ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ВЫСОКОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

Г.Ф.ЛОВШЕНКО, А.С.ФЕДОСЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одним из наиболее перспективных направлений повышения ресурса работы быстроизнашивающихся деталей машин является упрочнение их рабочих участков путем формирования защитных слоев методами газотермического напыления. Среди способов нанесения покрытий плазменное напыление выделяется рядом технологических достоинств, заключающихся в универсальности, легкости управления процессом, возможностью нанесения покрытий на изделия любых размеров и форм и др.

Для получения покрытий, характеризующихся уникальным комплексом физико-механических свойств, необходимо применение композиционных материалов. Существующие способы их получения в ряде случаев являются сложными, экологически небезопасными, плохо воспроизводимыми.

Перспективной для производства порошков и, прежде всего для получения жаропрочных покрытий, является технология, основанная на методе реакционного механического легирования, позволяющая получать материалы без ограничения по составу.

Порошки характеризуются высокой степенью гомогенности структуры, которая имеет следующие параметры: размер зерен – менее 1 мкм, размер блоков – менее 0,1 мкм. Высокоразвитая поверхность границ зерен и субзерен стабилизирована наноразмерными (10-20 нм) включениями термодинамически стабильных упрочняющих фаз (оксидов, карбидов, боридов).

Нанокристаллический тип структуры порошков наследуется покрытием, получаемым плазменным напылением, что обеспечивает наряду с основными свойствами его высокую ***жаропрочность***.

Себестоимость разработанных материалов в 1,2 раза ниже, а твердость, износостойкость и жаропрочность покрытий, полученных из них, в 1,2-1,5 раза выше, чем покрытий напыленных с использованием традиционных материалов.

Результаты разработки нашли промышленное внедрение при выполнении с предприятиями Республики Беларусь и России (например ОАО «КуйбышевАзот») договоров на восстановление и упрочнение поверхностей деталей.

УДК 620.179.14

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ ОТПУСКА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В.Ф.МАТЮК, В.А.БУРАК
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Основной проблемой при контроле качества отпуска изделий машиностроения из сталей с содержанием углерода более 0,3 % магнитными методами является неоднозначность связи между стандартными магнитными характеристиками и температурой отпуска.

Для ее решения используют релаксационные магнитные характеристики. Однако процесс их измерения довольно сложный. Более перспективно измерять остаточную индукцию или напряженность поля остаточной намагниченности после частичного размагничивания предварительно намагниченного изделия постоянным, переменным или импульсным магнитным полем.

В докладе сообщается о результатах исследований по использованию параметров динамической петли магнитного гистерезиса в процессе локального импульсного намагничивания изделий в комбинации с градиентом нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности после окончания намагничивающего импульса для контроля температуры отпуска изделий машиностроения из среднеуглеродистых конструкционных сталей.

Исследования проводили на образцах из стали 45 в форме дисков диаметром 59 мм и толщиной 9 мм, закаленных при температуре 850 °С и отпущенных при 100, 200, 300, 400, 500, 600 и 700 °С.

Импульсное магнитное поле, воздействию которого подвергались исследуемые образцы, формировалось посредством разряда батареи конденсаторов емкостью 2200 мкФ на соленоид с внутренним радиусом 5 мм, внешним радиусом 25 мм и длиной 30 мм, число витков составляло 865. Исследования проводили при намагничивании образцов импульсами магнитного поля, имеющими форму апериодического разряда конденсатора. Амплитуда импульсов магнитного поля составляла $2{,}4 \cdot 10^5$ А/м, а их длительность по уровню 0,1 – 17 мс. При намагничивании оси образца и соленоида совпадали. Измерение градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности осуществлялось вдоль этих же осей феррозондом-градиентометром длиной 28 мм.

Параметры динамической петли магнитного гистерезиса в процессе импульсного намагничивания измерялись дифференциальным индукционным методом с помощью преобразователя, состоящего из соленоида и

амплитуды, первая из которых привязана к закаленному изделию (изделию с максимальной коэрцитивной силой), а вторая – к изделию, отпущенному при максимальной для испытуемого типа изделий температуре (изделию с минимальной коэрцитивной силой). При этом средняя чувствительность во всем диапазоне изменения температуры отпуска составляет 68 А/(м^2·°С), а в диапазоне от 200 до 700 °С – 110 А/(м^2·°С).

Повышение чувствительности к изменению температуры связана с разным ходом зависимостей от температуры измеряемого градиента при низкотемпературном, среднетемпературном и высокотемпературном отпуске после намагничивающего и после размагничивающих импульсов. Так градиент, измеренный после намагничивающего импульса, более чувствителен к изменению температуры при низкотемпературном и среднетемпературном отпуске и очень слабо (причем неоднозначно) зависит от температуры при высокотемпературном отпуске. В то же время градиент, измеренный после размагничивающего импульса с привязкой его амплитуды к закаленному изделию, более чувствителен к изменению температуры отпуска от 200 до 600 °С, а после размагничивающего импульса с привязкой его амплитуды к отпущенному при максимальной для данного типа изделий температуре – от 200 до 300 °С и от 600 до 700 °С.

При реализации последнего варианта повышения чувствительности импульсного магнитного метода изделие намагничивают импульсным магнитным полем одного направления с амплитудой, доводящей его до локального технического насыщения. Затем изделие размагничивают импульсным магнитным полем противоположного направления с амплитудой, выбранной заранее из условия, что после размагничивания этим полем изделий, подвергнутых отпуску при максимальной для данного типа изделий температуре, величина измеряемого градиента равна нулю. После окончания размагничивания измеряют величину градиента от контролируемого изделия и повторно намагничивают его импульсным магнитным полем до локального технического насыщения в первом направлении, а затем размагничивают импульсом, амплитуда которого выбирается из условия, что после размагничивания им закаленных изделий без отпуска, величина измеряемого градиента равна нулю. После окончания второго размагничивания измеряют величину градиента от контролируемого изделия, а о температуре отпуска судят по сумме измеренных градиентов.

Привязка амплитуды размагничивающих импульсов к магнитному состоянию закаленных или отпущенных при максимально возможной температуре изделий и измерение суммы градиентов, измеренных после окончания намагничивающего и размагничивающего импульсов или после окончания двух разных по амплитуде размагничивающих импульсов, обеспечивают надежный контроль режима термообработки изделий машиностроения из среднеуглеродистых марок сталей.

УДК 621.762

МЕХАНИКА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВАЛКОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ

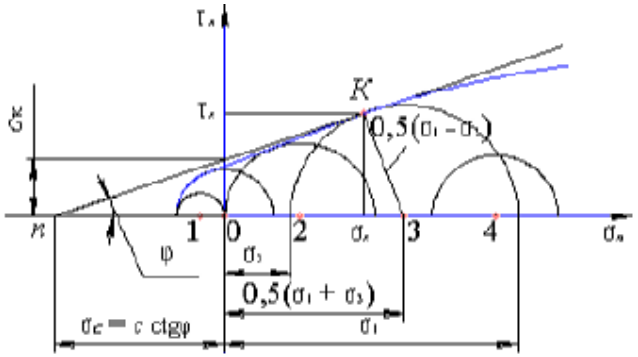
Е.Б.ЛОЖЕЧНИКОВ, А.К.ГАВРИЛЕНЯ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Учреждение образования
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Барановичи, Беларусь

Находящийся между встречно вращающимися валками материал испытывает с ними силовое взаимодействие, определяемое граничными условиями и его физическими свойствами и состоянием.

Различие свойств твердых компактных и порошковых связносыпучих материалов предопределяет отличия условий и механизмов их деформации. Частицы твердых компактных материалов, представляющие в массе порошок, находятся в контактном взаимодействии, определяемом критерием прочности Мора−Кулона – математическим описанием криволинейной огибающей кругов напряжения (рис. 1):

$$\tau_n = \sigma_n \mathrm{tg}\varphi + c = (\sigma_n + \sigma_c)\mathrm{tg}\varphi, \qquad (1)$$

где τ_n и σ_n – касательное и нормальное напряжения к поверхностям сдвига; φ – угол межчастичного трения; c – сцепление частиц; $\sigma_c = c \cdot \mathrm{ctg}\varphi$ [1, 2].



0 – чистый сдвиг, $\tau_n = c$; 1 – одноосное растяжение, $\sigma_n = -\sigma_1$;
2 – одноосное сжатие, $\sigma_n = \sigma_1$; 3 – двухосное сжатие;
4 – двухосное сжатие без сдвига
Рис. 1. Диаграмма кругов предельного состояния Мора

Увеличение внешней нагрузки сопровождается ростом контактных между частицами напряжений, деформацией частиц и увеличением плотности твердого порошкового материала, описываемая выражением, [3, 4]

$$\rho_\sigma = \rho_н + kp^m, \quad (2)$$

где ρ_σ, $\rho_н$ – плотности твердого порошкового материала соответственно под давлением и насыпная; k и m – определяемые экспериментально параметры.

Пластическая деформация частиц, представляющих твердые компактные материалы, определяется условием пластичности Сен-Венана−Треска [5]:

$$\sigma_{ч1} - \sigma_{ч3} = \beta\sigma_S, \quad (3)$$

где $\sigma_{ч1}$ и $\sigma_{ч3}$ – большее и меньшее главные напряжения; $\beta = 1…1{,}15$ – коэффициент напряженного состояния; σ_S – предел текучести материала.

Условие структурной (межзерной) деформации твердых порошковых материалов в виде разности главных напряжений, значение которой вытекает из рис. 1, имеет вид

$$\sigma_1 - \sigma_3 = (\sigma_1 + \sigma_3)\sin\varphi + 2c\cos\varphi. \quad (4)$$

Из этого следует, что условие деформации твердых порошковых материалов определяется не только их свойствами, но и величиной меньшего, а следовательно, и среднего $\sigma = 0{,}5(\sigma_1+\sigma_3)$ напряжений. Это, как и изменение объема (плотности) обрабатываемого давлением твердого порошкового материала, представляет собой отличие условий его деформации от твердых компактных материалов, уменьшающееся с увеличением давления прессования. В пределе по достижении компактного состояния вследствие $\varphi\to0$, а $2c\to\sigma_S$ выражение (4) преобразуется в (3).

Поскольку сцепление частиц уплотненного твердого порошкового материала меньше прочности его частиц ($2c \le \sigma_S$), условие (4) свидетельствует о возможности межзерной деформации ранее уплотненного твердого порошкового материала внешним нагружением, меньшим предшествующей обработке при условии уменьшения среднего и меньшего главного напряжений. В этом случае деформация вызывает разрыв ранее образовавшихся и образование новых контактов между частицами, площадь и прочность сцепления которых определяются действующими между ними напряжениями с возможностью разрушения уплотненного твердого порошкового материала на частицы, размер которых меньше исходного.

Условие деформации и разрушения частиц обрабатываемого давлением твердого порошкового материала определили совместным решением выражений (3) и (4): $\sigma_S = (\sigma_1 + \sigma_3)\sin\varphi + 2c\cos\varphi$, преобразованием которого получена величина среднего напряжения, вызывающего деформацию и измельчение твердого порошкового материала:

УДК 620.179.14

НОВЫЙ СПОСОБ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТПУСКА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В.Ф.МАТЮК, В.А.БУРАК
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Весьма актуальным в практике магнитного контроля качества изделий машиностроения из среднеуглеродистых сталей после закалки и последующего отпуска является поиск нестандартных режимов намагничивания и перемагничивания этих изделий и установление информационных параметров, однозначно характеризующих температуру их термообработки.

Однопараметровый импульсный магнитный метод контроля этого класса сталей состоит в том, что объект контроля намагничивают локально импульсным магнитным полем определенной полярности, затем воздействуют на него размагничивающим импульсным полем противоположной полярности заранее заданной амплитуды и измеряют градиент нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности после окончания размагничивающего импульса. При этом методе область однозначной связи между измеряемым градиентом и температурой отпуска и чувствительность информационного параметра к ее изменению существенно зависят от амплитуды размагничивающего импульса.

Исследования, проведенные на изделиях из сталей 35 и 45, показали, что при амплитуде размагничивающего импульса, обеспечивающей равенство нулю измеряемого градиента на закаленных изделиях, зависимость между ним и температурой отпуска однозначна вплоть до температур порядка 600 °С. Средняя чувствительность к изменению температуры отпуска в этом диапазоне составляет примерно 27 А/(м^2·°С), а в диапазоне от 200 до 600 °С – 37 А/(м^2·°С). Привязка амплитуды размагничивающего импульса к изделию, подвергнутому отпуску при максимальной температуре, снимает вопрос однозначности в областях высокого и среднего отпуска при средней чувствительности во всем диапазоне изменения температуры отпуска 48 А/(м^2·°С), а в диапазоне от 200 до 700 °С – 60 А/(м^2·°С).

Контроль по сумме градиентов, измеренных после намагничивающего и размагничивающего импульсов, с привязкой амплитуды последнего к закаленным изделиям позволяет увеличить в 1,5–2 раза чувствительность этого параметра к температуре отпуска во всем интервале ее изменения при практически линейной связью между ними. Средняя чувствительность в этом диапазоне изменения температуры отпуска составляет 86 А/(м^2·°С), а в диапазоне от 200 до 700 °С – 107 А/(м^2·°С).

Хорошие результаты получаются и при контроле по сумме градиентов, измеренных после локального размагничивания импульсами разной

УДК 681.7.068:681.335.2

СТРУКТУРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И СПОСОБОВ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ

А.П.МАРКОВ, В.В.ПОТАПКИН, И.М.СТРОЦКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Технологическая информация, как отображение изменяющихся свойств объекта, проявляется в положении случайно формирующегося признакового пространства относительно нормативно обозначенных границ. Их экстремальное соотношение обуславливает критические ситуации, граничащие с нарушением работоспособности или аварийным состоянием.

Нормально функционирующий объект «не информируется», а информативные источники формируются при наличии ненормированных технологических отклонений. В такой структурной взаимосвязи материально-физическому состоянию объекта соответствует информационно-оптическое абстрактное отображение.

В операционно-преобразовательных технологиях отображаются все причинно-следственные связи технологических неоднородностей и информативных излучений. Для достоверного оперативного контроля необходимы методы и средства, которые воспринимают, трансформируют и формируют первичное сообщение о зарождающихся неоднородностях во всей системе и непосредственно в месте сосредоточения их признаков.

Функциональная минимизация информационно-преобразовательных средств оперативного контроля повышает его эффективность, достоверность и мобильность. Совокупность энергофизических воздействий и причинно-следственных взаимосвязей обеспечивает максимальную выявляемость источников информации о проявляемых неоднородностях, обуславливающих качество продукции.

Структурно-алгоритмическая реализация различных способов оперативного контроля связана с обеспечением системной совместимости всех звеньев цепи преобразований.

Наряду с алгоритмами рационального поиска информативных излучений и максимального обобщения их унифицированных сигналов перспективны способы распознавания и адаптации. Комбинирование методов обработки и неразрушающего контроля позволяет более рационально организовать оперативный контроль.

Спектрально-окрашенное информативное излучение расширяет возможности оптической дефектоскопии. Спектрально-энергетические технологии, при некоторых материальных затратах в создании специальных излучателей, обеспечивают повышенную чувствительность и выявляемость низкоэнергетических источников информации в пространственно-распределенных неоднородностях.

$$\sigma = \left(k_\sigma \sigma_S - 2c\cos\varphi\right)\upsilon_\sigma / 2\sin\varphi, \qquad (5)$$

где $k_\sigma=\sigma_в/\sigma_S$ − коэффициент, учитывающий деформационную способность материала частиц; относительная плотность материала υ_σ учитывает реальную площадь его сечения.

При этом большее главное напряжение определяется из известного соотношения напряжений в твердом порошковом материале:

$$\sigma_1 = \sigma\left(1+\sin\varphi\right) - \sigma_c. \qquad (6)$$

Затем по известным формулам [3] рассчитывают усилие на валки, крутящий момент и мощность привода валков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Соколовский, В. В.** Статика сыпучей среды / В. В. Соколовский. – М.: Физматгиз, 1966. – 243 с.

2. **Харр, М. Е.** Основы теоретической механики грунтов / М. Е. Харр. – М.: Стройиздат, 1971. – 320 с.

3. **Ложечников, Е. Б.** Прокатка в порошковой металлургии / Е. Б. Ложечников. – М.: Металлургия, 1987. – 185 с.

4. **Жданович, Г. М.** Теория прессования металлических порошков / Г. М. Жданович. – М.: Металлургия, 1968. – 268 с.

5. **Целиков, А. И.** Теория продольной прокатки / А. И. Целиков, Г.С. Никитин, С.Е. Рокотян. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.

УДК 539.234:539.12.04

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ СЕЧЕНИЯ ПЕРЕЗАРЯДКИ НА ЭНЕРГИЮ ЧАСТИЦ БОМБАРДИРУЮЩИХ КАТОД ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

А.И.ЛЯПИН, П.П.МАКСИМЕНКО, Д.В.НАЗАРОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Модификация свойств материалов в тлеющем разряде происходит в результате бомбардировки поверхности быстрыми частицами разряда. Эта бомбардировка сопровождается совокупностью процессов, протекающих в прикатодной области разряда и в самом катоде. При значениях напряжения на катоде, больших 100 эВ наиболее существенными процессами, определяющими свойства обрабатываемой поверхности, являются распыление атомов катода и ионная имплантация. Интенсивность протекания указанных процессов зависит от энергии частиц, бомбардирующих катод. Поэтому исследование энергетического распределения таких частиц является актуальным.

Известно, что энергия частиц, достигающих катода, определяется процессами, происходящими в темном катодном пространстве. Одним из таких процессов является резонансная перезарядка, при которой ускоренный положительный ион «отнимает» электрон от нейтрального атома, превращая его в тепловой ион, а сам нейтрализуется, но сохраняет свою энергию. Это приводит к возникновению в разряде быстрых нейтральных атомов. В известных работах по моделированию рассматриваемого процесса предполагается, что значение эффективного сечения резонансной перезарядки $\sigma_{пер}$ сохраняется постоянным на всем пути движения иона в темном катодном пространстве, т.е. $\sigma_{пер}$ не зависит от энергии иона. Однако литературные данные по значениям $\sigma_{пер}$ показывают, что в интервале энергий 50–1000 эВ значение $\sigma_{пер}$ может изменяться в 2–3 раза.

В данной работе делается попытка учесть в модели энергетическую зависимость сечения резонансной перезарядки. В основу модели положены следующие предпосылки: источником ионов является тлеющее свечение; ионизацией рабочего газа в катодном темном пространстве можно пренебречь; резонансная перезарядка превалирует над упругими столкновениями ионов с нейтральными атомами.

В случае плоского катода с размерами, намного превышающими размеры разрядного промежутка, в рамках приведенных допущений получаются следующие функции распределений частиц по энергиям при линейном распределении электрического потенциала в катодном темном пространстве*:*

УДК 681.7.068 : 681.335.2

СТРУКТУРА КОМБИНИРОВАННОГО ВИДЕОСКОПИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ

А.П.МАРКОВ, Е.И.МАРУКОВИЧ, А.Г.СТАРОВОЙТОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Специфика пространственно-распределенной технологической информации определяется случайным сосредоточением некоторых характерных признаков технологических отклонений. В пространственно-временной изменчивости элементов поверхности проявляются ее неоднородности, как потенциально зарождающиеся дефекты. Зональное проявление таких неоднородностей связано с характерными поверхностными явлениями, в которых отражаются внешние и внутренние свойства конструкционных материалов.

Оценка поверхностной неоднородности по множеству точек, составляющих пространственно-структурную совокупность признаков, обусловлена проявлением этих признаков и их выявлением через потоки энергии. В активных и пассивных методах контроля, посредством обратных связей формируются информационные излучения, в которых селективно и направленно локализуются энергетические потоки. В информативном излучении формируются новые сведения об изменяющихся свойствах поверхности, что составляет основу видеоскопирования.

Спектрально-энергетические эффекты преобразования пространственно-распределенных информативных излучений функционально связаны с природой технологической информации. В ней отражается единство физико-технических и физико-оптических информационных процессов перехода от материальных свойств к их формализованному отображению.

В структуре комбинированного скопирования реализуется определенная система базовой автоматизации. Для обеспечения контролируемости и управляемости технологического объекта очень важна своевременно получаемая оперативная информация. В такой стратегии технологического контроля определяющее значение имеет взаимосвязь воздействующих излучений, технологической изменчивости свойств и уровней формирования носителей качественной достоверной информации. Особую значимость приобретают системные факторы технологической проявляемости неоднородностей и их корреляционных зависимостей с информативными изменениями.

Структура комбинированной видеоскопии объединяет каналы прямых и обратных связей с источниками питания информационных излучений, включая каналы фотометрирования и трансформации лучистых потоков и оптических изображений.

УДК 614.876

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

А.П.МАГИЛИНСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Основные источники ионизирующего излучения, воздействующие на человека, можно разделить на природные и техногенные. К внешним природным источникам относятся космические лучи, радиоактивные вещества, находящиеся в земной коре, воздухе и строительных материалах, к внутренним – радионуклиды, поступающие в организм человека. Ограничение облучения населения естественными источниками ведется через формирование содержания этих источников в стройматериалах и в воде, мощности дозы гамма-излучения в помещениях и на участках застройки, объемной активности радона – 222 в воздухе помещений, потока радона из грунта на участках застройки. В строительных материалах нормируется удельная эффективная активность $А_{эфф}$ (Бк/кг). Для материалов, используемых во вновь строящихся жилых и общественных зданиях - не более 370 Бк/кг. Для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений, не более 740 Бк/кг. Для материалов, используемых в дорожном строительстве, вне населенных пунктов, не более 2800 Бк/кг. При $А_{эфф}$ более 2800 Бк/кг вопрос об использовании материалов решается в каждом случае отдельно. Объектами радиационного контроля являются предприятия и учреждения, в результате деятельности которых возможно радиоактивные загрязнения окружающей среды и среды обитания человека. Радиационный контроль за объектами природной среды (почвы, атмосферного воздуха и поверхностных вод) ведется путем измерения мощности дозы гамма-излучения, отбора проб и измерением суммарной бета-активности атмосферных выпадений и воды в основных водоемах, измерением концентрации радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы.

В последние годы произошла почти полная смена приборов радиационного контроля, благодаря появлению новых микропроцессоров.

Приведен сравнительный анализ дозиметрических и радиометрических приборов для измерения доз фотонного излучения, энергии ионизирующего излучения, активности радионуклидов, плотности потока и т.д., которые разработаны в России, за рубежом и в Республике Беларусь.

– для ионов

$$\frac{dJ(d_{ктп},U)}{J_o \cdot dU} = \frac{d_{ктп}}{U_{A-K} \cdot \lambda_{пер}} \cdot \left(\exp\left(-\frac{d_{ктп} \cdot U}{\lambda_{пер} \cdot U_{A-K}} \right) + \exp\left(-\frac{d_{ктп}}{\lambda_{пер}} \right) \cdot \delta(U - U_{A-K}) \right); \quad (1)$$

– для нейтральных атомов

$$\frac{dA(d_{ктп},U)}{J_0 \cdot dU} = \frac{d_{ктп}}{U_{A-K} \cdot \lambda_{пер}} \left[\frac{\lambda_A}{\lambda_{пер}} + \left(1 - \frac{\lambda_A}{\lambda_{пер}} \right) \cdot \exp\left[-\frac{d_{ктп}}{\lambda_A} \cdot \left(1 - \frac{U}{U_{A-K}} \right) \right] \right] \cdot \exp\left(-\frac{U \cdot d_{ктп}}{U_{A-K} \cdot \lambda_{пер}} \right); (2)$$

где $d_{ктп}$ – длина темного катодного пространства; $U_{A\text{-}K}$ – катодное падение потенциала; $\lambda_{пер}$ – длина свободного пробега, соответствующая перезарядке; λ_A – средняя длина свободного пробега; U – значение энергии частицы; $\delta(U - U_{A\text{-}K})$ – дельта-функция Дирака.

Чтобы учесть зависимость значения сечения перезарядки $\sigma_{пер}$ от энергии E иона в точке перезарядки, каждой координате указанной точки присваивается известное из литературы значение $\sigma_{пер}$. На рис.1 и 2 показан пример расчетов по формуле (2) для атомов при $\sigma_{пер} = \text{const}$ и $\sigma_{пер} = f(\text{E})$.

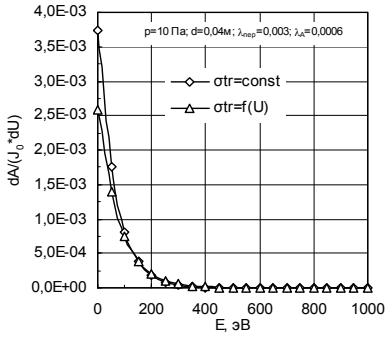


Рис. 1. Расчеты при p = 10 Па

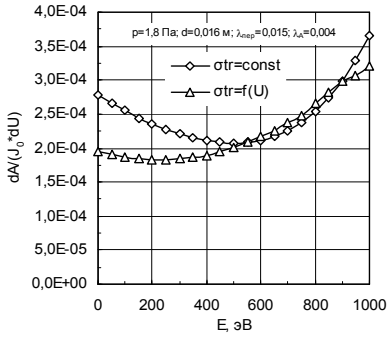


Рис 2. Расчеты при p = 1,8 Па

Из рисунков видно, что при относительно высоком давлении различия между графиками распределений при $\sigma = \text{const}$ и $\sigma = f(\text{E})$ практически отсутствуют. При переходе к более низким давлениям наблюдается их заметное различие.

Таким образом, при расчетах энергетических распределений частиц, бомбардирующих катод тлеющего высоковольтного разряда при низких давлениях, следует учитывать энергетическую зависимость $\sigma_{пер} = f(\text{E})$.

УДК 621. 74. 047

ГРАФИТИЗАЦИЯ ОТЛИВОК ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА ПРИ НЕПРЕРЫВНО-ЦИКЛИЧЕСКОМ ЛИТЬЕ

В.С.МАЗЬКО, В.Ф.БЕВЗА
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

При непрерывно-циклическом литье намораживанием (НЦЛН) полых цилиндрических заготовок затвердевает только периферийная часть объема жидкого металла, залитого в кристаллизатор и участвующего в формировании отливки. Наружная поверхность отливки формируется кристаллизатором, а внутренняя непосредственно из расплава. Температура ее наружной поверхности зависит от времени формирования и диаметра кристаллизатора, а в момент извлечения из последнего составляет 900-950 ^{0}C. Температура внутренней поверхности всегда остается постоянной во время формирования и равна температуре солидуса (около 1150 ^{0}C). После извлечения отливки из кристаллизатора происходит перераспределение температуры по толщине стенки заготовки и ее наружная поверхность разогревается до температуры порядка 1000-1050 ^{0}C. В дальнейшем, для получения необходимой микроструктуры металлической матрицы, отливку вне кристаллизатора охлаждают до комнатной температуры по определенному режиму.

Интенсивный радиальный теплоотвод от затвердевающей отливки иногда может приводить к образованию цементита в ее наружных слоях, что является браковочным признаком. Для выявления причин образования такого вида дефекта проведен анализ условий формирования отливки и графитизации чугуна.

Установлено, что в начальный момент кристаллизации при непосредственном контакте рабочей поверхности кристаллизатора с жидким металлом вследствие большой интенсивности теплоотвода затвердевание происходит с образованием цементита. По мере нарастания твердой корки, скорость затвердевания падает, так как увеличивается термическое сопротивление корки и образующегося газового зазора. Дальнейшие слои отливки затвердевает с образованием аустенито-графитной эвтектики. Кристаллизация в условиях большого переохлаждения способствует образованию мелкодисперсной первичной структуры, что приводит к возникновению большого количества центров графитизации и сокращению путей диффузии углерода.

Увеличение удельной поверхности раздела аустенита и цементита и высокая плотность несовершенств кристаллической решетки отбеленной

При анализе этих данных было установлено, что количество резонансных зависимостей, значения их амплитуд и частот в значительной степени зависят от количества соли в воде и ее температуры. Также было установлено, что в полученных характеристиках существуют несколько наиболее информационных резонансных зависимостей, по которым можно разработать радиоволновой экспресс-метод контроля качества воды. Это обстоятельство позволило значительно упростить схему и конструкцию разработанного малогабаритного переносного устройства для контроля качества воды. Конструктивно переносной прибор состоит из резонансного датчика (металлического стакана), в который заливается контролируемый раствор, и измерительного блока, соединенных между собой коаксиальным кабелем. Измерительный блок состоит из перестраиваемого по частоте генератора, направленного ответвителя, детектора, микропроцессора и индикатора. При проведении экспериментальных исследований было установлено, что для расширения диапазона контроля и повышения точности измерений по сравнению с известными радиоволновыми методами необходимо производить градуировку прибора по двум параметрам: величине амплитуды и значению частоты для одной наиболее информативной резонансной зависимости. Полученные градуировочные зависимости заносятся в память микропроцессора. Работа прибора в небольшой полосе частот позволяет применить недорогие покупные узлы, а именно, перестраиваемый в узкой полосе частот генератор и направленный ответвитель, например, фирмы “Mini-Circuits”. Для работы в частотном диапазоне покупного перестраиваемого генератора можно скорректировать длину отрезка длинной линии, используемого в резонаторном датчике. Работа прибора осуществляется следующим образом: микроконтроллер формирует управляющие напряжения для перестройки частоты генератора от F мин. до F макс. Этот сигнал с переменной частотой проходит через направленный ответвитель и поступает в резонансный датчик с контролируемым раствором. Отраженная волна с резонансного датчика через второй выход направленного ответвителя оступает на детектор, который детектирует сигнал и направляет его на первый вход микропроцессора, на второй вход которого поступает сигнал с датчика температуры, установленного в стенке резонансного датчика. Аналого-цифровой преобразователь микропроцессора преобразует продетектированный сигнал в цифровой. С помощью этих данных и градуировочных зависимостей микропроцессор определяет величину концентрации и корректирует ее по значению температуры воды, измеренной с помощью датчика температуры.

Экспериментальные исследования показали высокую чувствительность разработанного метода и широкий диапазон контроля, способного измерять концентрацию соли в воде от 1 мг/л до 10000 мг/л. При этом на точность измерений не оказывает влияние состояние электродов, соприкасающихся с контролируемой жидкостью и ее температура.

УДК 621.317

РАДИОВОЛНОВОЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ЗАСОЛЕННОСТИ ВОДЫ

Н.В.ЛЮБЕЦКИЙ, В.А.БАДЕЕВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Повышение качества жизни, широкое использование населением фильтров очистки питьевой воды, бутилированной питьевой воды требует создания и развития новых методов и систем экспресс-контроля с недостижимыми ранее технико-экономическими показателями. В настоящее время широко используются кондуктометры для определения засоленности воды, принцип действия которых основан на определении ее электропроводимости. При этом на точность измерений оказывает влияние состояние измерительных электродов и температура воды.

Также находят применение микроволновые измерители качества воды, принцип действия которых основан на эффекте автодинного детектирования в полупроводниковых сверхвысокочастотных генераторах. Данные устройства достаточно компактны и просты при эксплуатации, что позволяет использовать их в качестве экспресс-анализаторов для проведения экологических и санитарно-гигиенических исследований воды, однако точность и диапазон измерений их ограничен при наличии большого количества соединений.

При исследовании амплитудно-частотных зависимостей резонансных датчиков, заполненных дистиллированной водой и водными растворами с различными концентрациями солей, в широком частотном диапазоне (например, от 0,3 до 8500 МГц) были установлены закономерности, позволившие разработать радиоволновой экспресс-метод контроля качества (засоленности) воды и портативное устройство для его осуществления. При проведении экспериментальных исследований использовался векторный анализатор цепей E5071B фирмы Agilent Technologies. В качестве первичного преобразователя использовался резонатор, состоящий из цилиндрической металлической емкости, внутри которой был установлен отрезок длинной линии с U-образным проводником, покрытым диэлектрической оболочкой. Этот отрезок длинной линии через коаксиальный кабель подключался к входу векторного анализатора цепей E5071B. Исследуемые жидкости заливались в цилиндрическую металлическую емкость резонатора, в боковой стенке которого был установлен датчик температуры. Для дистиллированной воды и водных растворов с известными значениями количества растворенной соли (поваренной) были получены амплитудно-частотные характеристики при различных температурах, впоследствии занесенные в память компьютера векторного анализатора цепей E5071B.

наружной зоны облегчает образование и рост центров графитизации по границам зерен.

Повышение концентрации углерода приводит к увеличению времени графитизации за счет роста в структуре количества эвтектических карбидов. С увеличением содержания углерода растет количество центров графитизации и железокремнистого карбида, которые оказывают существенное влияние на формирование структуры отливок, содержащих 3,2 – 3,4 % углерода и 1,9-2,3 % кремния.

Концентрация углерода свыше 3,4 % и кремния свыше 2,3 % приводит к торможению процесса графитизации отливок диаметром 50–100 мм. Количество грубого сотового ледебурита, а также размеры всех структурных составляющих приводит к уменьшению поверхности раздела аустенита и цементита и количества центров графитизации, увеличению путей диффузии углерода и падению скорости растворения карбидов.

С увеличением толщины стенки отливки и ее диаметра графитизация облегчается. Распад эвтектического цементита происходит в более широких пределах по содержанию кремния и углерода. Это связано с тем, что с ростом диаметра и толщины стенки увеличивается время контакта корки с перегретой жидкой ванной и объем последней на единицу поверхности отливки. С увеличением диаметра кристаллизатора и уменьшением отношения толщины твердой корки к радиусу отливки растет зазор между отливкой и формой и повышается температура наружной поверхности отливки в момент ее извлечения из кристаллизатора, что также способствует распаду эвтектического цементита.

С уменьшением диаметра и толщины стенки отливки уменьшаются пределы по содержанию углерода и кремния для получения заготовок из серого чугуна без структурно-свободного цементита. Если графитизация в отливках диаметром 50–100 мм происходит при концентрации кремния 1,9 – 2,3 %, то полный распад эвтектического цементита в толстостенных (15 – 25 мм) отливках такого же диаметра наблюдается при содержании кремния 1,6 – 2,4 %. С увеличение диаметра заготовки пределы по концентрации углерода и кремния в чугуне расширяются. Для отливок диаметром 100 – 200 мм, независимо от толщины стенки, эти пределы составляют 2,9 – 3,5 % углерода и 1,5 – 2,4 % кремния.

Таким образом, в результате теоретических и экспериментальных исследований определены пределы содержания углерода и кремния в чугуне, в рамках которых, отливки диаметром 50-200 мм с толщиной стенки 10-25 мм при литье методом НЦЛН получаются без структурно свободного цементита.

УДК 621.74.047

ЛИТЬЕ НАМОРАЖИВАНИЕМ БЕЛОГО ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА

В.С.МАЗЬКО, В.П.ГРУША
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»
Могилев, Беларусь

Непрерывно-циклическое литье намораживанием (НЦЛН) является одним из перспективных методов получения высококачественных полых цилиндрических отливок без применения стержня. Интенсивный радиальный теплоотвод от наружной поверхности отливки, однонаправленное движение и обильное питание фронта кристаллизации расплавом на протяжении всего времени формирования предотвращает образование в ней большинства литейных дефектов присущих традиционным способам литья. При этом обеспечивается получение высоких физико-механических и эксплуатационных свойств материала. Толщина стенки отливки при литье намораживанием определяется металлургическими, технологическими и режимными параметрами. Для реализации метода создано специальное оборудование и технологическая оснастка, а проведенные исследования позволили освоить производство широкой номенклатуры высококачественных заготовок из чугунов различного типа.

Задача заключалась в выборе материала и разработке технологии получения методом НЦЛН заготовок детали «Диск тормозной», для повышения ресурса ее работы в условиях сухого трения.

Известно, что в условиях сухого трения высокую износостойкость имеет белый высокохромистый чугун (БВХЧ) с карбидами тригонального типа. Отсутствие стержня при литье намораживанием обеспечивает свободную усадку, предотвращая трещинообразование, в отливках из белого чугуна склонного к образованию горячих и холодных трещин. Однако относительно низкая теплопроводность, и усадка соизмеримая с усадкой стали, значительно усложняют получение заготовок из высокохромистого чугуна этим методом. Эти отличительные особенности свойств приводят к снижению интенсивности теплоотвода от затвердевающей отливки и снижают средний темп намораживания БВХЧ по сравнению с серым в 1,9-2,5 раза.

Удельный темп намораживания чугуна эвтектического состава (с содержанием Cr ≈ 18 %) находится в пределах 2,0-2,2 кг/м2с, что на 15-20 % ниже, чем удельный темп намораживания высокохромистого чугуна степень эвтектичности которого составляет 0,86. Кроме того, высокая степень эвтектичности способствует полигональности внутренней поверхности от-

стоянная величина, и толщина покрытия мала по сравнению с глубиной информативной зоны, то информативный сигнал является линейной функцией объема покрытия в информативной зоне. Поэтому показания толщиномера должны уменьшиться на величину R_a. Расчеты показывают, что это утверждение справедливо. Например, при исходной толщине покрытия 200 мкм и шероховатости R_a= 25 мкм толщиномер покажет толщину 173 мкм. Если толщина покрытия 100 мкм, то при шероховатости 10 и 5 мкм, показания толщиномера будут, соответственно, 88,3 и 94,4 мкм. Следовательно, при измерении толщины металлокерамических покрытий по немагнитному основанию толщиномером, градуировка которого проведена на гладких эталонах, его показания соответствуют не исходной толщине (от основания до вершины выступа), а расстоянию от основания до положения нейтрали. Сказанное справедливо для любой поверхности покрытия и с любым видом регулярной шероховатости. Если имеются шероховатости с двух сторон, то их влияние будет аддитивно складываться.

Рассмотрим покрытие по ферромагнитному основанию. Ясно, что в этом случае информативный сигнал формируется как за счет покрытия, так и за счет основания, т.е. состоит из суммы двух слагаемых. Очевидно, что увеличение толщины покрытия должно, с одной стороны привести к возрастанию сигнала от покрытия, а с другой стороны, увеличение толщины покрытия - это удаление преобразователя от поверхности основания, что неизбежно приведет к уменьшению соответствующей составляющей сигнала. При уменьшении толщины покрытия, изменения составляющих сигнала будут обратными по знаку. Так как в этом случае глубина информативной зоны во много раз больше толщины покрытия и шероховатости, а магнитные свойства покрытия выражены слабо, то информативный сигнал от основания во много раз больше сигнала от покрытия и должен слабо изменяться за счет шероховатости. Действительно, изменение объема основания в информативной зоне за счет шероховатости составит $25{:}3000 \approx 0{,}83$ %. Расчеты показывают, что действительно для преобразователя с магнитом 10 мм как шероховатость ферромагнитного основания, так металлокерамического покрытия на этом основании практически не влияют на показания магнитодинамического толщиномера, градуировка которого проводилась по гладким эталонам.

Таким образом, приведенные результаты показывают, что шероховатость металлокерамического покрытия на немагнитном основании приводит к уменьшению показаний, в то время как шероховатость в случае ферромагнитного основания не влияет на результаты показаний.

УДК 620.179.14

ТОЛЩИНОМЕТРИЯ СЛАБОМАГНИТНЫХ ШЕРОХОВАТЫХ ПОКРЫТИЙ

А.А.ЛУХВИЧ, А.А.ПОЛОНЕВИЧ, А.К.ШУКЕВИЧ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

При неразрушающих методах измерения толщины обычно рассматривают плоскую и гладкую поверхность в пределах информативной зоны преобразователя. Это относится как к покрытию, так и к основанию. В действительности эти требования часто не выполняются и поэтому поверхности реальных объектов контроля характеризуются собственными как микро- так и макрогеометрическими параметрами.

К слабомагнитным покрытиям относится, в частности, смесь керамики и частиц никеля. В весовом отношении керамика и никель находятся в пределах от 3:7 до 1:1. Частицы никеля имеют размер ~ 7 мкм. Оказывается, что такие покрытия - линейный магнетик, проницаемость которого близка к 2. При измерении толщины таких покрытий хорошо зарекомендовал себя магнитодинамический метод, при этом, для получения приемлемого по величине информативного сигнала необходим преобразователь с диаметром магнита 10 мм (глубина информативной зоны такого преобразователя для ферромагнитных объектов составляет 3 мм, а для слабомагнитных - 10). Покрытия такого типа используются в качестве теплозащитных и наносятся как на ферромагнитные, так и немагнитные основания. При этом следует иметь в виду, что перед нанесением покрытия поверхности основания обрабатываются дробеструйкой. Таким образом, покрытия всегда имеют шероховатость по крайней мере с одной стороны.

Так как толщиномеры градуируются по условно гладким эталонам, то необходимо выяснить, как изменится показание толщиномера при переходе на шероховатую поверхность. Ответ на этот вопрос можно получить, если гладкое покрытие заданной толщины искусственно превратить в шероховатое, например, фрезерованием. Очевидно, что при этом произойдет уменьшение объема покрытия в информативной зоне и сигнал от покрытия должен уменьшиться. При моделировании шероховатость выбиралась в виде регулярного чередования впадин и выступов одинаковой высоты. максимальное значение которой составляло 50 мкм (соответствует $R_a = 25$ мкм при дробеструйной обработке). Рассмотрены два крайних случая - немагнитное и ферромагнитное основание.

Покрытие по немагнитному основанию. В этом случае весь информативный сигнал формируется только за счет покрытия, толщина которого на практике не превышает 300 мкм. Так как проницаемость покрытия – по-

ливок, что увеличивает припуск на механическую обработку и усложняет процесс получения заготовки с требуемой толщиной стенки.

Поэтому для получения заготовок и изготовления деталей был выбран чугун с содержанием хрома 12-14 % легированный Mo и V в десятых долях процента. Такое содержание хрома способствует преобладанию в структуре карбидов тригонального типа (M7C3), а легирование Mo и V повышает микротвердость металлической матрицы.

При литье намораживанием высокая интенсивность теплоотвода от расплава, находящегося в кристаллизаторе, способствует высокой скорости затвердевания. Особенно это характерно в начальный период формирования и обуславливает наличие в структуре наружной поверхности заготовки большого количества высокодисперсных изолированно расположенных карбидов. Образование твердой корки и воздушного зазора между ней и стенкой рабочей втулки кристаллизатора вызывает резкое снижение теплового потока и, следовательно, скорости затвердевания.

Время формирования заготовок диаметром 114 мм из БВХЧ со средней толщиной стенки свыше 22 мм составляет около 50 с. Скорость затвердевания при таком времени выдержки - около 0,1 мм/с, что в 6-7раз меньше чем в начальный период на 15-20 с формирования отливки. Однако, оставаясь достаточно высокой, по сравнению с традиционными способами литья, она способствует формированию в средней и внутренней зоне отливки структуры с разветвленной форой карбидов, ориентированных в направлении теплоотвода.

Кроме того, время выдержки при литье БВХЧ более чем в 1,5 раза превышает время формирования аналогичных заготовок из СЧ, что при работе с использованием традиционной технологии и оснастки зачастую приводило к перемерзанию каналов литниковой системы и прекращению процесса литья. Разработанный комплекс решений, по поддержанию в заданном интервале температуры расплава, подаваемого в зону формирования отливки, позволил стабильно осуществлять процесс получения заготовок с большим временем формирования.

Установлено, что при литье намораживанием варьируя интенсивностью теплоотвода от затвердевающей корки, за счет изменения толщины стенки рабочей втулки кристаллизатора можно получать отливки с различной степенью дисперсности и направленности структурных составляющих. При литье в стальную втулку с толщиной стенки 12-14 мм структура рабочей зоны заготовки характеризуется столбчатым расположением карбидов перпендикулярно поверхности теплоотвода.

Таким образом, проведенные исследования позволили разработать технологию литья намораживанием полых цилиндрических заготовок из белого высокохромистого чугуна для детали «Диск тормозной».

УДК 621.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЧАТЫХ КАРКАСОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

М.И.МИХАЙЛОВ
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им.П.О. Сухого»
Гомель, Беларусь

В общем случае параметры характеристического образа отличны от параметров режущих элементов инструмента, поскольку последние назначают исходя из условий как формообразования, так и резания. В результате одному характеристическому образу может соответствовать множество режущих инструментов. Например, характеристический образ в виде окружности присущ фасонному резцу для обработки торовых поверхностей, концевой сферической фрезе, дисковой торовой фрезе и разным модификациям этих инструментов для обработки пазов, винтовых и других сложных поверхностей, спрофилированных по окружности. В характеристическом образе отражаются геометрические свойства возможных инструментов, существенные для представления процесса формообразования поверхности. Задание характеристического образа инструмента, его положения и перемещения в системе отсчета, связанной с заготовкой, определяет общую схему формообразования. Следует отметить, что форма характеристического образа может в процессе движения становиться другой вследствие соответствующего изменения положения режущего инструмента и его геометрии с целью, например, приближения к форме образующей номинальной поверхности изделия. В результате при синтезе общих схем обработки возникают задачи выбора рациональной формы характеристического образа инструмента. Для сложной поверхности существует множество решений данной задачи. Например, выпуклая поверхность может быть образована инструментом с выпуклым, прямым или вогнутым характеристическим образом при разных направлениях и других параметрах его движения. Поэтому практический интерес представляет установление влияния общей схемы формообразования на эффективность способа обработки. Решение обратной задачи формообразования позволяет определить необходимые движения инструмента относительно детали, а также рассчитать минимальное количество и рациональное размещение многогранных пластин в корпусе сборного инструмента. Исходными условиями для решения этой задачи является вид действительной кинематической поверхности и допустимый размер остаточного гребешка кинематической погрешности.

чения магнитного пояса; 2 – над краем магнитного пояса. Получено, что наибольшее значение силы создаёт магнитная система с размерами магнитного блока: h =15, 3 см, l =21,96 см, d=8 см.

Табл. 1. Соотношение сторон поперечного сечения магнитного блока

h,см	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,533	0,605	0,662	0,702	0,725	0,735	0,734	0,725	0,709	0,690
2	0,466	0,526	0,572	0,604	0,622	0,629	0,627	0,618	0,604	0,587

В табл. 2 представлена величина силового действия магнитной системы в зависимости от величины азимутального угла φ при $r = 58{,}5$ см для разной геометрии поперечного сечения магнитного блока кольцевого магнита: 1- l =35 см, h =9,6 см; 2- l =28 см, h =12 см; 3- l =20 см, h =16,8 см. Для зависимостей со звездочками l и h меняются местами: 1*- h=35 см, l =9,6 см; 2*- h=28 см, l =12 см; 3*- h =20 см, l =16,8 см. При этом площадь сечения, радиус описанного цилиндра R_K и ребро магнитного блока d, параллельное оси z, сохранялись постоянными.

Табл. 2. Величина силового действия магнитной системы в зависимости от величины азимутального угла φ

φ,°	0	5	10	15	20	25	30
1	5,8450	5,8825	5,8731	5,4144	4,0104	2,0250	1,0442
2	10,106	9,8528	8,8125	6,4900	3,3206	0,8872	0,0548
3	13,987	12,432	8,4408	4,1609	1,4520	0,2805	-0,0237
1*	8,4136	6,8708	3,8387	1,5846	0,5018	0,0883	-0,0167
2*	11,062	9,2984	5,5205	2,3908	0,7746	0,1399	-0,0216
3*	14,020	12,873	9,5549	5,2465	1,9773	0,4002	-0,0257

Из анализа результатов, приведенных в таблице, следует, что чем сильнее отличаются размеры сторон и поперечного сечения дискретного элемента магнитной системы (зависимости 1 и 1*), тем меньше силовое действие и неоднородность его распределения по азимутальному углу. При этом для одной и той же геометрии поперечного сечения силовое действие и неоднородность распределения по азимутальному углу будут меньше, когда сторона l (перпендикулярная направлению намагниченности) больше стороны h (параллельная направлению намагниченности). В табл. 2 такие зависимости обозначены цифрами без звездочек, противоположному случаю соответствуют те же цифры, но со звездочками.

Из изложенного следует, что одновременно с увеличением силового действия возрастает неоднородность его распределения по углу. Таким образом, проведенные исследования показали, что гармонический состав поля можно в некоторых пределах регулировать изменением формы сечения дискретного элемента.

УДК 620.179.14

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ДИСКРЕТНОГО ЭЛЕМЕНТА МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТНОГО ПОРШНЯ

Н.В.КРЕМЕНЬКОВА
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Создание источников магнитных полей, обеспечивающих заданное пространственное распределение и силовые характеристики применительно к множеству технических приложений, сопряжено со значительным объёмом работ при моделировании, проведении численных расчётов и экспериментальных исследований. В данном сообщении приводятся результаты численных расчётов по влиянию геометрической формы дискретного элемента (магнитного блока), используемого при конструировании магнитной системы очистного поршня применительно к магистральным газопроводам, на его силовые характеристики.

Предположим, что магнитная система этих устройств состоит из дискретных блоков, изготовленных из магнитожёсткого материала и имеет вид кольцевого пояса, состоящего из $2n$ идентичных по геометрии постоянных магнитов (n – порядок осевой симметрии), расположенных на одинаковых расстояниях от оси симметрии системы (оси z). Каждый из магнитов системы имеет форму параллелепипеда со сторонами l, h и d. Намагниченность магнита параллельна его ребру h, а ребро d параллельно оси z. В этом случае сечение магнитной системы плоскостью $z = 0$ представляет собой $2n$ прямоугольников со сторонами h и l, вписанных в окружность радиуса R_K таким образом, что они касаются её двумя крайними точками сторон, имеющих длину l, а сторона h параллельна вектору намагниченности постоянного магнита.

Очевидно, что при одной и той же площади сечения магнитный блок может иметь различную геометрическую форму. Проведены расчёты с целью определения соотношения сторон поперечного сечения магнитного блока, при котором магнитная система третьего порядка производит наибольшее силовое действие. Силовое действие магнитной системы оценивалось величиной произведения модуля поля H на его градиент и усреднялось по азимутальному углу φ. При расчётах радиус описанного цилиндра R_K и ребро магнитного блока d, параллельное оси симметрии z, сохранялись постоянными. Размер стороны h варьировался от 9 до 30 см с шагом 0,5 см. При этом размер стороны l изменялся таким образом, чтобы площадь поперечного сечения магнитного блока сохранялась постоянной и равнялась 336 см^2. Часть полученных результатов представлена в табл. 1, где 1- силовое действие магнитной системы в центральной плоскости се-

Для решения обратной задачи формообразования достаточно заменить образующую каждого отсека поверхности детали линиями моделирующими режущие кромки инструмента. В рассматриваемой работе использовались сетчатые каркасы из плоских алгебраических линий с прямой сеткой в плане.

В системе OXYZ вводили плоскости параллельные оси Y, в каждой плоскости задавали кривую, определяемую многочленом от X степени m.

Таких кривых будет n+1 и все они образуют дискретный простой каркас.

Вводили m+1 плоскости параллельные оси X, при этом произвольная плоскость X=Ci пересекает кривые, причем каждую только в одной точке. Получили (n+1) точек, которые определяют многочлен от У степени n, т.о. в каждой плоскости X=Ci имеется своя кривая, таких кривых m+1 и все они образуют второй дискретный простой каркас. Оба эти каркаса образуют дискретный сетчатый каркас $\overline{R}(m,n)$. Это означает, что в одном направлении будут кривые m-ой степени, а в другом n-ой. Полученный дискретный каркас $\overline{R}(m,n)$ был интерполирован в непрерывный сетчатый каркас. Предварительно рассматривали поверхность $Z = F(X,Y)$, где $F(X,Y)$- многочлен от (X,Y) содержащий каркас $\overline{R}(m,n)$.

Искомая поверхность должна удовлетворять требованиям:

1) в сечениях плоскостями X=const располагаются кривые n-го порядка;

2) в сечениях плоскостями Y=const – кривые m-го порядка.

Кроме того, структура многочленов, определяющих кривые сечения искомой поверхности должна быть той же, что и структура многочленов, определяющих кривые каркаса $\overline{R}(m,n)$. Выполнение требований позволяет выявить функцию F(X,Y). Степень многочлена определяет порядок поверхности и должен быть ≤ m+n.

Установлено, что если таких отрезков кривых имеется дискретное конечное множество, образующее дискретный простой каркас, то уравнение такого каркаса можно записать в виде произведения выражения отрезков.

Аналогично можно записать уравнение второго дискретного простого каркаса, состоящего из отрезков линий во втором направлении.

Если указанные дискретные простые каркасы образуют сетчатый каркас, то его уравнение можно записать в виде произведения выражений образующих и направляющих поверхности.

Таким образом, получили уравнение, являющееся аналитическим заданием отсека дискретного сетчатого каркаса, состоящего из отдельных отрезков линий.

В работе рассмотрены примеры использования разработанной методики моделирования локальных отсеков кинематических поверхностей деталей и сложных поверхностей сменных многогранных пластин.

УДК 621.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АБРАЗИВОСОДЕРЖАЩИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ АДГЕЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИХ ПРОЧНОСТЬ НА СДВИГ

М.И.МИХАЙЛОВ, В.Н.СКОБА, В.Д.НИКИТЕНКО
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. П.О. Сухого»
Гомель, Беларусь

Требования к экономии ресурсов ставят проблемы по созданию новых материалов и по совершенствованию технологий получения рабочих поверхностей. Для экономии дефицитных материалов используются составные конструкции с использованием разнородных материалов. Рост требований к эксплуатационным характеристикам адгезионного соединения разнородных материалов, расширение области их применения, необходимость снижения производственных расходов и энергетических затрат на их получение и переработку, улучшение качества продукции и исключения загрязнения окружающей среды, выдвигает на первый план изыскание эффективных путей создания композиционных покрытий из материалов с заданным комплексом свойств и параметров.

Параметры композиции определяются составом, структурой компонентов и технологией их получения.

Значительное расширение ассортимента композиционных материалов, получаемых на основе латуней и повышение эксплуатационных характеристик готовых изделий приводят, соответственно, и к расширению областей их применения.

Осуществление направленной модификации композиций с целью придания им более ценных технических качеств рассматривается как одно из наиболее перспективных направлений создания новых материалов с заданным комплексом свойств.

Целью данного исследования является изучение влияния количественного состава компонентов композиционного материала на свойства этого материала.

В качестве основного материала была выбрана латунь в порошковом состоянии. В качестве наполнителей использовались абразивный материал и отработки после шлифования разных материалов различным абразивным инструментом. Такой выбор наполнителей продиктован следующими требованиями: фрикционной способностью, максимальным рециклингом инструментального производства и требуемой адгезионной прочностью соединения. При использовании отходов абразивной обработки их дополнительно прокаливали в печах. Предварительно, по пробным экспериментам,

УДК 621.658.011

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФОТОУПРУГОСТИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ЗАКАЛЕННЫХ СТЕКОЛ

О.Е.КОВАЛЕНКО, В.Г.ГУЗОВСКИЙ, А.В.ШУЛЬГА, А.В.ХОМЧЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Остаточные напряжения играют важную роль в обеспечении термической и механической прочности закаленного стекла и приводят к тому, что оно разрушается на более мелкие фрагменты без острых углов, нежели обычное стекло, под воздействием разрушающих факторов. Эти свойства обуславливают безопасность использования закаленного стекла в автомобильной промышленности.

Контроль качества автомобильных закаленных стекол, согласно ГОСТ 5727, осуществляется путем разрушения стекла и анализа размера и веса полученных осколков. Такой метод не позволяет контролировать всю выпускаемую продукцию, что приводит иногда к снижению её безопасности.

Использование метода фотоупругости для контроля качества закаленных стекол в процессе их производства дает возможность постоянного анализа распределения напряжений по поверхности стекла. Однако такой качественный анализ напряжений субъективен и недостаточен для выпуска безопасной продукции. Необходима объективная количественная оценка напряжений.

Возможности современной цифровой фототехники позволяют решить эту задачу. Для количественной оценки напряжений в закаленном стекле необходимо измерение интенсивности поляризованного света прошедшего через стекло, четвертьволновую пластину и скрещенный анализатор. Использование цифровой камеры в качестве матрицы фотоприемников позволяет моментально получить снимок значений напряжений по всей поверхности стекла. Параллельная обработка полученной информации с помощью ЭВМ позволит в процессе производства продукции сразу выявлять брак и корректировать технологический процесс.

Настоящая работа посвящена разработке принципов создания и схемы установки для контроля распределения и величины механических напряжений в плоскости закаленного стекла. Изготовлен действующий макет установки для контроля механических напряжений в закаленном стекле.

УДК 621.315.592

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ КОМПОЗИЦИОННОЙ НАНОСТРУКТУРЫ

О.Е.КОВАЛЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Электрические и фотоэлектрические свойства тонкопленочных композиционных наноструктур сильно зависят от электронных транспортных свойств полимерной матрицы, в которой размещены наночастицы полупроводника.

В связи с этим, настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию электронных транспортных свойств матрицы полиэтилентерефталата в тонкопленочной наноструктуре полупроводник – полимер.

Обнаруженная зависимость проводимости тонкопленочных структур CdSe/ПЭТФ и CdTe/ПЭТФ от толщины слоя полимера между наночастицами и нелинейность вольтамперных характеристик при подаче на них импульсного напряжения свидетельствует об отсутствии непосредственного электрического контакта между частицами полупроводника и перенос носителей заряда осуществляется посредством туннельного эффекта.

При помещении исследуемых образцов в среду, насыщенную парами воды, обнаружено повышение, как темновой проводимости, так и фотопроводимости структуры. Причем изменений в форме спектра фотопроводимости не наблюдалось. При этом вольтамперные характеристики при подаче импульсного напряжения оставались нелинейными.

Кроме этого, изменение электронных транспортных свойств полимерной матрицы проявлялось в ходе эксперимента с объемной генерацией носителей импульсами света и последующем разделением противоположно заряженных носителей электрическим полем. Помещение исследуемого образца в среду, насыщенную парами воды, отражалось на амплитуде релаксационной кривой, тогда как при освещении положительного электрода (через образец двигались преимущественно дырки) в данных условиях релаксационная кривая не изменялась.

На основании этих опытов, был сделан вывод об отличии электронных и дырочных транспортных свойств полимерной матрицы, помещенной в среду, насыщенную парами воды.

установлено процентное соотношение каждого из элементов композиционного материала.

Исследованию на сдвиг подвергались образцы, состоящие из конструкционной стали 08 кп и твердого сплава Т15К6. Были изготовлены и подвергались нагружению по четыре образца с каждым наполнителем. Нагружение производилось от 0 до определённой нагрузки, которую выдерживал образец до окончательного разрушения. По результатам испытаний каждой серии образцов определялось среднее значение предельной нагрузки каждой композиции. Как показали эксперименты, использование в качестве наполнителей абразивосодержащего шлама со стружкой из конструкционной стали, приводит при нагревании его на установках ТВЧ к резкому окислению состава и снижению текучести композиционного материала по сравнению с чистой латунью. Кроме того, на адгезионную прочность соединения влияет строгое соблюдение условий нагрева и охлаждения соединения.

Для обеспечения качества соединения использовалась обезвоженная бура и флюс.

Прочность соединения составляла около 40 кН. При этом разрушение происходило не только по толщине композиционного материала, но и по твердому сплаву, что характеризовало высокую адгезионную прочность соединения. Такой вид разрушения соответствовал росту нормальных и касательных напряжений в нагружаемых материалах. Превышение предела прочности твердого сплава вызывает изменение текстуры материала в тонких слоях, что приводит к росту нормальных напряжений и разрушению как твердого сплава, так и композиционного материала.

В результате проведенных экспериментов установлено также, что увеличение содержания наполнителя с 5 % до 15 % приводит к снижению предела прочности в 1,2 раза.

Проведенные исследования позволяют заключить, что в составных конструкциях, в которых касательные напряжения не превышают 190 МПа, можно использовать в качестве наполнителей абразивосодержащие смеси в количестве не более 15 %.

УДК 622.24.051

ВЛИЯНИЕ МЕХАНОТЕРМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

С.В.МОНТИК
Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Брест, Беларусь

Твердосплавное вооружение шарошечных буровых долот подвергается действию абразивного, ударно-абразивного и ударно-усталостного изнашивания. Для экономии дорогостоящего твердого сплава возможно применение метода электроконтактного механотермического формирования (МТФ) биметаллических изделий, который позволяет изготавливать биметаллические зубки, состоящие из твердосплавной рабочей головки и стального основания, выполняющего роль державки.

Биметаллические (твердый сплав – сталь) изделия, изготовленные МТФ, могут эксплуатироваться в различных условиях, поэтому возникает задача исследовать влияние технологии МТФ на микроструктуру и физико-механические свойства твердого сплава с целью определения параметров технологии МТФ для конкретных условий работы.

Для проведения исследований были изготовлены биметаллические изделия в виде зубков формы Г26 по ГОСТ 880-75 для шарошек буровых долот. Использовались твердые сплавы ВК8-В, ВК10-КС по ГОСТ 3882-74. Основание биметаллического зубка изготавливалось из стали 45. Для изготовления биметаллических изделий применялась одно- и двухстадийная технология механотермического формирования.

Двухстадийная технология механотермического формирования заключается в спекании под давлением в керамической пресс-форме порошка твердого сплава. Это происходит при одновременном соединении его со стальным основанием за счет теплоты, выделяемой при пропускании электрического тока, с использованием медного, а затем графитового электрода-пуансона. Длительность процесса составляет 5 - 7 с для каждой стадии.

При одностадийной технологии механотермического формирования, спекание осуществляется под давлением в графитовой пресс-форме за счет прохождения электрического тока через порошок твердого сплава, стальное основание и пресс-форму. Длительность процесса может меняться от 10 до 600 с.

Комбинированные зубки изготавливались на экспериментальной установке в Государственной академии нефти и газа (ГАНГ) имени И. М. Губкина (г. Москва).

характеристик тракта на уровень принимаемого сигнала и позволяет оптимизировать основные параметры контроля: углы ввода, расстояние между преобразователями и др.

Получены расчетные зависимости амплитуды сигналов на приемнике от углов ввода, приема, а также от положения дифрагирующей грани дефекта в виде вертикальной трещины, расположенной внутри объекта и выходящей на поверхность.

Целью экспериментов было сравнение возможности обнаружения и определения размеров дефектов в сравнении с традиционным ультразвуковым эхо-импульсным методом. Исследования проводились на контрольных образцах с искусственными отражателями в виде паза и бокового отверстия, которые хорошо имитируют плоскостные и объемные дефекты. Боковые отверстия диаметром 1, 2 и 3 мм располагались на глубине h=18, 14, 12, 9 и 5 мм в образце из углеродистой стали толщиной 20 мм. Контроль проводили поперечными волнами на частоте 2.5 МГц при угле ввода 40°. Раздвижка преобразователей подбиралась экспериментальным путем.

По полученным сигналограммам были рассчитаны глубина залегания и размеры дефектов. Параллельно эти же дефекты определялись и измерялись традиционным эхо-импульсным методом. Для ультразвукового контроля эхо-методом использовался преобразователь с углом ввода 40° и частотой 2,5 МГц. Использовалась схема контроля прямым лучом. Оценка высоты дефектов производилась по правилу «-6дБ».

Данные об ошибках измерения высоты дефектов эхо-методом показывают, что их использование неприемлемо для прочностных методов расчета, кроме того, при контроле на реальных объектах ошибки измерения высоты могут достигать значительно больших величин. Ошибки в измерении высоты дефектов амплитудными методами могут достигать сотни процентов. Точность измерений зависит не только от характера и особенностей несплошности, но и от критериев самой процедуры оценки высоты.

Анализ результатов экспериментов позволяет сделать вывод о том, что ДВМ эффективен для выявления и определения размеров внутренних или поверхностных дефектов на основе измерения дифрагированного на краях дефекта ультразвукового сигнала.

В докладе показана эффективность применения метода волн дифракции для измерения высоты дефектов, что дает возможность использовать эти данные для расчетов на прочность и прогнозирования остаточного ресурса. Таким образом, появляется возможность объективно определить риск дальнейшей эксплуатации объекта с дефектами и обоснованно разработать программу ремонтных работ.

УДК 620.179

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИФРАКЦИОННО-ВРЕМЕННОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ

А.А.КЛИНДУХОВ, О.С.СЕРГЕЕВА, С.С.СЕРГЕЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Методы ультразвуковой дефектоскопии широко применяются в различных отраслях промышленности для неразрушающего контроля оборудования. Основные недостатки традиционных методов ультразвуковой дефектоскопии - низкая достоверность и точность определения размеров дефектов, проблема их классификации. Кроме того, традиционный контроль не гарантирует правильное определение параметров наиболее опасных дефектов вида трещин вследствие сложной природы распространения ультразвука. Результатом этого являются неоправданно жесткие нормы контроля, действующие в различных отраслях. Между тем, правильно определенный тип дефекта, его истинные размеры и местоположение дают возможность уверенно определить возможность эксплуатации и ресурс работы контролируемого объекта.

Появление современных методов дефектоскопии дает возможность реализовать логичный подход к анализу контролируемого объекта и обоснованной оценке ресурса работы конструкции, который состоит из нескольких этапов. Первый этап совпадает с традиционным, при котором ручным или автоматическим способом осуществляется выявление и регистрация эхосигналов от дефектов. На втором этапе осуществляется экспертный контроль с получением достоверной информации для определения типа, действительных размеров и ориентации дефектов. На третьем этапе производится расчет прочности сварного шва с учетом параметров выявленных дефектов и определяется ресурс работы всей конструкции. К настоящему моменту первый и третий этапы достаточно хорошо проработаны.

В данной работе исследованы пути и возможности повышения метрологических характеристик ультразвукового контроля на основе применения схем дифракционно-временного метода (ДВМ) для выявления и оценки размеров дефектов при проведении неразрушающего контроля сложных объектов.

Предварительно была получена математическая модель акустического тракта для дифракционно-временного метода, реализующегося посредством двух наклонных преобразователей с использованием объемных продольных и сдвиговых волн. Данная модель учитывает влияние различных

Технология МТФ оказывает существенное влияние на микроструктуру твердого сплава. Анализ стереологических параметров твердого сплава, изготовленного двухстадийным МТФ, показывает, что средний размер карбидных зерен, средняя величина кобальтовой прослойки меньше, а относительная доля контактной поверхности (смежность) карбидных зерен больше, чем у сплава той же марки, изготовленного одностадийного МТФ или свободным спеканием.

Одностадийное МТФ позволяет изменять структуру получаемого твердого сплава. Увеличение длительности процесса, при меньшей плотности тока, ведет к росту зерен WC. При этом средний размер карбидных зерен линейно возрастает, а их смежность - линейно снижается. Получаемая структура твердого сплава (крупнозернистый сплав с низкой смежностью карбидных зерен) обеспечивает высокую пластичность сплава, что должно повысить его долговечность при ударном нагружении. Однако при длительности процесса более 600 секунд содержание графита в сплаве превышает допустимые пределы.

В результате исследования физико-механических характеристик твердого сплава было установлено, что твердый сплав, полученный двухстадийным механотермическим формированием, имеет более высокую твердость (на 2 - 2,5 единицы HRA), плотность и коэрцитивную силу, чем сплав, изготовленный одностадийным МТФ. Повышение твердости можно объяснить меньшим размером карбидных зерен и наличием кобальтовой прослойки между зернами, а также уменьшением массовой доли кобальта в поверхностном слое вследствие его диффузии в графитовый электрод-пуансон на второй стадии МТФ. Физико-механические свойства твердого сплава, изготовленного одностадийным механотермическим формированием, практически не отличается от параметров сплава, полученного свободным спеканием.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что для обеспечения требуемых в соответствии со стандартами микроструктуры и физико-механических свойств твердого сплава, необходимо использовать одностадийную технологию МТФ в графитовой пресс-форме с длительностью процесса от 50 до 200 секунд. Изготовленные по данной технологии твердые сплавы обладают способностью воспринимать большие ударные нагрузки не разрушаясь, а также имеют необходимую твердость. Для обеспечения высокой износостойкости при абразивном изнашивании необходимо использовать твердые сплавы, изготовленные двухстадийным МТФ, который обеспечивает мелкозернистую структуру сплава, малую величину среднего размера кобальтовой фазы и более высокую твердость поверхностного слоя.

УДК 678.027.3:678.046

ФТОРСОДЕРЖАЩИЕ ИНГИБИТОРЫ ИЗНАШИВАНИЯ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ТРИБОСИСТЕМ

Е.В.ОВЧИННИКОВ, А.А.РЫСКУЛОВ, В.А.СТРУК
УМЦ «ПРОМАГРОМАШ» ОАО «БЕЛКАРД»
Учреждение образования
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
«ТАШКЕНТСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ»
Гродно, Беларусь; Ташкент, Узбекистан

Наибольшее распространение в триботехнике получили полимерные фторсодержащие материалы, используемые для изготовления деталей узлов трения, а также олигомерные продукты с молекулярной массой до 6 тыс. ед., используемые для обработки компонентов триботехнических материалов, нанесение тонкопленочных противоизносных, антифрикционных, приработочных и антикоррозионных слоев на рабочие поверхности элементов трибосистемы.

Несмотря на общность химического строения механизм ингибирующего действия фторсодержащих компонентов существенно зависит от молекулярной массы и технологии введения в зону фрикционного контакта. Трибосистемы, в которых использован компонент, изготовленный из политетрафторэтилена (ПТФЭ), обладает стабильными параметрами служебных характеристик при невысоких нагрузочно-скоростных режимах эксплуатации, в т.ч. при реверсивном характере перемещения элементов пары трения. ПТФЭ и его аналогам свойственны сравнительно низкая износостойкость и хладотекучесть, что сужает диапазон его практического применения. Характерной особенностью механизма ингибирующего действия ПТФЭ является снижение интенсивности термоокислительных и термодеструкционных механизмов коррозионно-механического изнашивания вследствие их локализации в тонких приповерхностных слоях полимерного изделия или в механически закрепленном в микронеровностях металлического контртела слое, сформированном из частиц, введенных в состав смазочного материала. Вместе с тем, низкая способность продуктов изнашивания ПТФЭ к взаимодействию с металлическим контртелом (адсорбционному, хемосорбционному, адгезионному) не позволяет сформировать устойчивый разделительный слой в зоне фрикционного контакта, выполняющий функции ингибитора изнашивания. Модифицирование ПТФЭ компонентами различного состава, природы, дисперсности обуславливает существенное увеличение износостойкости (до 600 и более раз) изделий, при значительном увеличении коэффициента трения сопряжения и активизации абразивного изнашивания контртела твердофазными частицами. Как правило, формирующийся в зоне фрикционного контакта разделительный

подводе к нему тепла через тонкий плоский круг. Полученные решения этой задачи при различных частотах модуляции Ω позволили сделать вывод о зависимости температурной составляющей модуляционного сигнала как $\Omega^{1/2}$.

Проведенные исследования фотомодуляционных спектров поглощения наночастиц CdSe позволили установить ряд важных закономерностей. Более высокие уровни размерного квантования в спектрах фотомодуляции не проявлялись. В коротковолновой области спектра на расстоянии 0,41 эВ от положения пика, соответствующего E_g (для наночастиц радиусом ~ 5 нм), независимо от частоты модуляции, интенсивности и длины волны возбуждающего излучения, располагался другой модуляционный пик, соответствующий спин-орбитальному расщеплению Δ_{so} валентной зоны CdSe. Амплитуда этих пиков ($h\nu = E_g$) при λ_p = 488 нм и λ_p = 633 нм растет пропорционально световой мощности и уменьшается почти пропорционально корню квадратному из длительности импульса τ. Коэффициенты наклона m в зависимостях $ln(\Delta T/T)$ от τ равен *0,47* и *0,53* соответственно. Это говорит в пользу преимущественно теплового механизма модуляционного отклика при воздействии сильно поглощаемого пленкой и не проникающего на всю ее глубину коротковолнового излучения.

В фотомодуляционных спектрах пропускания пленок в области слабого поглощения полупроводника ($h\nu < E_g$) видно, что с увеличением частоты модуляции фотоиндуцированные изменения коэффициента поглощения распространяются на длинноволновую область спектра. И при λ_p = 633 нм и больших τ заметных различий в спектрах фотоотклика по сравнению с λ_p = 488 нм не наблюдалось. Однако, с повышением частоты модуляции величина «спин-орбитального» пика резко уменьшалась (m = 0,75). Вдали за краем поглощения, наоборот, величина $\Delta T/T$ почти не зависела от τ и f_m. (коэффициент m равен 0,15). В итоге частотная зависимость спектров фотоотклика проявлялась гораздо сильнее, чем при λ_p = 488 нм ($h\nu_p$=2,54 эВ). Следовательно, фотоиндуцированные изменения на урбаховском крае поглощения имеют преимущественно нетепловую природу.

Таким образом, варьируя частоту модуляции, можно в фотомодуляционном спектре полупроводниковых наноструктур выделять области, имеющие различные механизмы фотоотклика и оценивать температурную составляющую фотомодуляционного сигнала.

УДК 535.32

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ МОДУЛЯЦИИ НА ФОТОИНДУЦИРОВАННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР CdSe/ПЭТФ

В.Г.ГУЗОВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Большой интерес к исследованию полупроводниковых наноразмерных структур на основе CdSe связан с их уникальными свойствами, определяемыми эффектом размерного ограничения носителей заряда. Известно, что такие структуры являются перспективным материалом для создания флуоресцентных меток и сенсоров, способных конкурировать с традиционными органическими красителями. Контроль параметров наноструктур является актуальной задачей и потенциальными возможностями для исследования их свойств обладают методы фотомодуляционной спектроскопии. В фотомодуляционной методике используется периодически изменяющее с определенной частотой излучение накачки, интенсивность которого в несколько раз больше интенсивности зондирующего пучка. Действие излучения накачки на образец выражается в температурной модуляции оптических параметров и модуляции заполнения уровней электронных состояний полупроводника. Для учета влияния периодического изменения температуры пленки решалась задача нагрева тонкопленочной структуры световым излучением, при следующих допущениях:

– вся поглощенная световая энергия идет на нагревание тонкопленочной структуры;

– теплопередача в пленке из области нагрева в соседнюю область считалась пренебрежимо малой. Так как толщина пленки $d \sim 1$ *мкм* и диаметр пятна, облучаемого лазерным излучением $r_0 \sim 1$ *мм*, а количество тепла рассеиваемого в пленку $Q_{пленка}$ и подложку $Q_{подложка}$ пропорционально площади, то отношение $Q_{пленка}/Q_{подложка} = 2d/r_0 \sim 10^{-3}$;

– так как толщина пленки в ~5000 раз меньше толщины подложки (~5 мм), то при нагреве пленки тепло рассеивается в полуограниченное тело – подложку;

– пренебрегается теплообменом между поверхностью пленки и окружающим средой.

Таким образом, в рамках данной модели вычисления позволяют оценить верхний предел изменения температуры тонкопленочной структуры при модулирующем воздействии лазерного пучка. Исходя, из выше приведенных предположений и допущений была сформулирована двумерная нестационарная задача теплопроводности для полуограниченного тела при

слой и в этом случае характеризуется нестабильной структурой и недостаточной эффективностью ингибирующего действия.

Применение фторсодержащих олигомеров с молекулярной массой до 6000 ед. позволяет расширить диапазон использования ингибиторов этого класса в системах «металл-полимер» и «металл-металл». Наличие в составе олигомерной макромолекулы («Эпилам», «Фолеокс») различных полярных и неполярных функциональных групп (-OH, -COOH, $-NH_2$, $-CF_3$, -COOMe, и др.) интенсифицирует процессы адсорбционного и хемосорбционного взаимодействия в зоне контакта. Это повышает устойчивость разделительного слоя и обуславливает возможность управления параметрами фрикционного взаимодействия компонентов трибосистем.

Особенностью механизма ингибирующего действия фторсодержащих олигомеров (ФСО) является их адсорбция на ювенильных поверхностях фрикционного контакта микронеровностей. Это способствует снижению их адгезионного взаимодействия с образованием мостиков сварки. Фрагменты олигомерной пленки обладают свойствами многофункционального ингибитора изнашивания трибосистемы благодаря способности к хемосорбции, знакопеременному массопереносу в процессе трения и хемосорбционному взаимодействию с участками пятен фактического контакта. Благодаря наличию полярных групп ФСО эффективны для трибосистем различного состава, в т.ч. металлополимерных и прецизионных. Вместе с тем полярное строение макромолекул ФСО увеличивает силу межмолекулярного взаимодействия, что существенно повышает усилия тангенциального сдвига в тонких слоях ингибитора изнашивания. Кроме того, тонкопленочные ингибиторы изнашивания, сформированные из ФСО по растворной или ротапринтной технологиям, обладают низким эксплуатационным ресурсом вследствие толщины, не превышающей величины зазора в трибосопряжении (1 – 10 мкм) и используются как приработочные.

Разработаны материалы и методы повышения износостойкости трибосистем, применяемых в машиностроении. Разработана гамма триботехнических и герметизирующих материалов на основе политетрафторэтилена и алифатических полиамидов («Герметум», «Герметэкс», САМ и т.п.), составы композиционных покрытий для элементов трибосистем и способы их нанесения, смазочные и амортизирующие среды для высоконагруженных узлов трения и динамических устройств. Новые материалы и технологии их формирования и переработки защищены более чем 40 патентами на изобретения РБ, РФ и Украины и использованы при промышленном выпуске автомобильных амортизаторов, карданных валов, запорной арматуры. Разработана нормативная документация, регламентирующая применение новых материалов на основе фторсодержащих компонентов в машиностроении.

УДК 666.295.4

СТЕКОЛОВИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

С.Е.ОРЕХОВА, С.Л.РАДЧЕНКО, Ю.С.РАДЧЕНКО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСТЕТ»
Минск, Беларусь

Для получения окрашенных глазурей, пигментов, стекол применяют оксиды различных d-элементов, в том числе и ванадия. В соединениях с кислородом (оксидах) ванадий проявляет степени окисления от +2 до +5, причем все оксиды интенсивно окрашены: V_2O_5 – оранжевый; VO_2 – темно-синий; V_2O_3 –черный; VO – серый. Соединения ванадия более сложного химического состава имеют окраску от зеленого до фиолетового цветов, а пигменты и глазури – от зеленого до синего.

Предприятиями ОАО «Гродно Азот», ОАО «Гомельский химический завод» и др. при получении серной кислоты применяются ванадиевые катализаторы. Ежегодно 20 % используемых катализаторов теряют свою активность и подлежат замене. В настоящее время в нашей стране переработка отработанных ванадиевых катализаторов (ОВК) не производится.

Проведенные ранее исследования позволили установить возможные пути утилизации ОВК:

1) их непосредственное использование для изготовления окрашенных стекол и цветных глазурей;

2) выделение ванадийсодержащих соединений в процессе гидрометаллургической переработки (выщелачивание водой и другими реагентами всех водорастворимых компонентов ОВК).

Целью данной работы является получение цветных стекол и глазурей на основе твердых остатков после выщелачивания водорастворимых компонентов ОВК.

В пересчете на оксиды химический состав твердых остатков (ТО) представлен следующими компонентами, % (здесь и далее по тексту масс.%): SiO_2 – 88,68; SO_3 – 4,93; K_2O – 2,13; V_2O_5 – 3,65; Al_2O_3 – 0,61. Согласно данным рентгенофазового анализа оксид кремния в ТО находится в рентгеноаморфном состоянии. Данное обстоятельство положительно влияет на процессы стеклообразования: понижается температура синтеза стекловидных материалов и вязкость силикатных расплавов, изменяется их кристаллизационная способность. Наличие соединений ванадия (3,84 % в пересчете на V_2O_5) в составе ТО обусловливает возможность синтеза окрашенных стекол и стекловидных покрытий (глазурей).

Синтез стекол осуществляли в боросиликатной системе: $R_2O–RO–V_2O_5–Al_2O_3–B_2O_3– SiO_2$ (где $R_2O = Na_2O+K_2O$, $RO = MgO+CaO$).

ля и рабочего механизма, ослабление жесткости крепления подшипниковых опор; овальность ротора и бочки статора.

Для повышения надежности работы электрических машин большое значение имеет выполнение входного контроля подшипников качения перед установкой на механизм, а также диагностирования в процессе эксплуатации.

Рассмотрим типовые дефекты подшипников качения. Дефекты различают заводские и эксплуатационные.

К заводским дефектам подшипников качения следует отнести:

– некруглость тел качения;

– овальность внутреннего кольца;

– трехвыпуклость внутреннего кольца;

– неравномерность зазоров между телами качения и кольцами (разные диаметры тел качения);

– повышенная волнистость колец;

– раковины на кольцах и телах качения;

К эксплуатационным дефектам подшипников качения относятся:

– заводские дефекты, которые приводят к интенсивному износу узлов подшипников качения;

– перекос внутреннего кольца;

– перекос наружного кольца;

– трещины на внутреннем кольце;

– износ сепаратора;

– неоднородный радиальный натяг;

– износ тел качения;

– загрязнение смазки.

При проведении входного контроля подшипников качения на одном из предприятий было выявлено более 50 % новых подшипников качения низкого качества, которые не следовало бы ставить на механизм при проведении ремонтных работ.

ВЫВОДЫ.

1. При техническом диагностировании от специалистов требуется как глубокое знание физических основ диагностируемых объектов, так и теории измерения и обработки диагностических сигналов.

2. Специалисты промышленных предприятий должны владеть методологическими принципами управления износом и старением оборудования.

УДК 621.311

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Н.В.ГРУНТОВИЧ, П.М.КОЛЕСНИКОВ
Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им.П.О.Сухого»
Гомель, Беларусь

При техническом диагностировании электрических машин выявлены методические и организационно-технические ошибки, которые допускаются специалистами при измерении и обработке диагностических сигналов. К методическим ошибкам относятся:

– плохое знание физических основ объекта диагностирования;

– неумение определить неисправность прибора и достоверность измерений;

– неправильный выбор частотного диапазона;

– неправильный выбор режима работы при диагностировании;

– неумение учитывать помехи и проводить комплексное диагностирование;

– неправильный выбор реперных точек.

При техническом диагностировании очень важно свести к минимуму организационно-технические ошибки: отсутствие банка диагностической информации и дефектов по отрасли однотипных механизмов; неправильное оформление заявки на подшипники качения; отсутствие входного контроля качества подшипников качения перед установкой на механизм; плохая подготовка посадочных мест для подшипников качения; нарушение технологии при съеме и посадке подшипников качения; неумение выбрать порогового значения при оформлении заключения; отсутствие методологических принципов управления износом и старением оборудования.

Современные методы технической диагностики позволяют выявить следующие дефекты асинхронных двигателей: неисправности подшипников скольжения и качения; нарушение соосности магнитного поля статора и ротора; ослабление расклиновки обмотки статора; ослабление жесткости крепления статорной обмотки в лобовой части; нарушение изоляции стяжных болтов активного железа статора; ослабление прессовки крайних пакетов электротехнической стали статора; магнитную несимметрию двигателя; омическую несимметрию фаз обмотки статора; магнитные потери обусловленные работой тиристорных преобразователей; старение и высыхание изоляции статорной обмотки; неравномерность зазора между ротором и статором; дефекты в обмотке ротора; нарушение соосности двигате-

Количество вводимого ТО составляло 60-65 %.

Шихты сплавляли в фарфоровых тиглях в пламенной газовой печи при температуре 1400 ± 20 °С. Синтезированные стекла характеризовались прозрачностью, имели черную окраску и блестящую поверхность.

Вследствие присутствия в составах стекол единственного красящего компонента – ионов ванадия, полученную черную окраску стекол можно связать только с окрашиванием ионами ванадия. При этом черный цвет характерен для соединений ванадия в степени окисления +3 (V_2O_3), что позволяет считать возможным присутствие в составе стекол ионов V^{+3}.

В структуре стекла типичным координационным числом по кислороду для ионов V^{+5} является 4. Таким образом, V^{+5} образует с кислородом ванадий-кислородные тетраэдры [VO_4], которые могут встраиваться в стеклообразную сетку с образованием общей ванадатноборосиликатной структурной сетки. Для присутствующих ионов V^{+3} , вероятнее всего, координационное число равно 6, поэтому в структуре стекла ионы V^{+3} находятся в его катионной части.

Высокая декоративность полученных цветных стекол определяет возможность изготовления на основе экспериментальных составов декоративных окрашенных стеклоизделий (стекла для витражей, вазы, пепельницы и др.).

Кристаллизующих и опалесцирующих стекол при выработке не обнаружено, что свидетельствует о возможности получения на их основе качественных окрашенных глазурных покрытий.

Приготовление исследуемых глазурей осуществляли методом мокрого помола с последующим нанесением шликера на обожженную на утиль керамическую подложку. Обжиг опытных образцов с глазурным покрытием проводили в электрических лабораторных печах типа СНОЛ. Температурный интервал обжига – 950-1000 °С.

Глазурные покрытия, полученные на основе опытных стекол, характеризовались хорошей кроющей способностью. Цветовая гамма глазурей представлена различными оттенками серого тона. Фактура покрытий – блестящая и полуматовая. Твердость по Моосу составила 5-6.

Проведенные исследования позволили:

1) установить реальную возможность использования твердых остатков после выщелачивания отработанных ванадиевых катализаторов в качестве основного и одновременно красящего компонента при получении цветных стекол (цвет – черный) и цветных глазурей (цвет – серый, фактура – блестящая и полуматовая);

2) определить режимы варки стекольных шихт и термообработки образцов с глазурными покрытиями;

3) рекомендовать экспериментальные составы стекол для получения декоративных окрашенных стеклоизделий (стекла для витражей, вазы, пепельницы), глазурных покрытий – для декорирования печных изразцов, майолики, изделий художественной керамики и т.д.

УДК 666. 3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛООТХОДОВ ОТ СЖИГАНИЯ БИОТОПЛИВА В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

И.В.ПИЩ, В.А.БИРЮК, Е.А.МАКЕЙЧИК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Одним из направлений реализации программы энергосбережения в Беларуси является использование топлива из биомассы (древесные опилки, щепа, кора, солома и т.д.), которое подвергается сжиганию в различного рода тепло- и парогенераторных установках. Однако при этом необходимо учитывать не только проблемы энергосбережения, но и вопросы экологии, так как накопление золоотходов оказывает негативное воздействие на окружающую среду, а их вывоз на захоронение требует дополнительных материальных затрат.

Целью настоящей работы явилось исследование возможности использования отходов, образующихся при сжигании биомассы, в качестве добавки в производстве керамического кирпича.

В качестве объектов исследования были выбраны составы масс на основе белорусских легкоплавких глин двух месторождений, имеющих промышленное значение в производстве керамического кирпича, а в качестве добавок использовали отходы литейного производства РУП МАЗ и МТЗ (т.н. отходы формовочных смесей) и золу, образующуюся при сжигании биомассы в котельных установках.

Отходы формовочных смесей представляют собой минеральную смесь, содержание глинистой составляющей в которой находится в пределах 11 – 13 %. Химический состав представлен наличием следующих оксидов, % : SiO_2 – 87,9; Fe_2O_3 – 1,4; Al_2O_3 – 3,3; CaO+MgO – 0,5; S – 0,035. Фазовый состав данных отходов представлен α-кварцем, кальцитом, гематитом и каолинитом.

Минеральный состав золоотходов представлен кварцем, кальцитом, гематитом и фосфатом кальция. Это мелкодисперсная масса светло-серого цвета с включениями непрогоревших растительных и древесных остатков. Основным компонентом в золе, вследствие неполного сгорания топлива, является углерод. Химический состав используемых в работе золоотходов следующий, %: C – 63,0; SiO_2 – 4,8; Fe_2O_3 – 1,7; Al_2O_3 – 2,16; CaO – 16,65; MgO – 3,12.

Содержание в массах отходов формовочных смесей оставалось постоянным и составляло 30 %.

УДК 681.7.068

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ПОГРЕШНОСТЬ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

В.Ф.ГОГОЛИНСКИЙ, Д.В.ГЛУШАКОВ, А.Е.ЛЕВДИКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Метрологические преимущества волоконно-оптических преобразователей широко используются при разработке оптико-электронных измерительных систем. Основным элементом, выполняющим функцию преобразования измерительной информации, является волоконно-оптический световод, который располагается, как правило, между источником излучения и фотоприемником. В таких устройствах информационный сигнал преобразуется как под воздействием изменения физического параметра, так и конструкцией волоконно-оптического световода.

В измерительных устройствах размерного контроля формы и сечений мерой линейного размера является количество засвеченных (затемненных) торцов элементарных волоконных элементов волоконно-измерительной линейки (ВИЛ). Конструктивно ВИЛ состоит из ряда элементарных волоконных элементов прямоугольной формы, вплотную уложенных друг к другу по линии перемещения оптического луча.

Одним из факторов, определяющим метрологические свойства ВИЛ, является точность организации её структуры, которая зависит от погрешности изготовления отдельных элементов (дискретов). В связи с этим возникает задача попадания погрешности изготовления ВИЛ в заданную область. Эту задачу можно сформулировать следующим образом: считая заданным количество элементов (дискретов) n, требуется определить вероятность попадания суммарной погрешности в заданное поле допуска при фиксированном значении длины линейки L. В качестве исходных данных приняты следующие величины: число элементов – n, определяемых разрешающей способностью преобразователя; плотность распределения погрешности изготовления – $f(\delta_{из})$; нижнюю $\delta_{из}^{н}$ верхнюю $\delta_{из}^{в}$ границы поля допуска погрешности изготовления $\delta_{из}$, заданные в функции L.

Исходя из условий технологического разброса элементов ВИЛ по толщине и учитывая результат одновременного влияния при изготовлении большого числа случайных факторов, принято распределение случайной погрешности одного элемента по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием.

Результатом данной работы явилось получение математической зависимости, определяющей вероятность попадания погрешности в поле допусков и минимальный размер ВИЛ, а также доверительные границы поля допусков погрешности изготовления по заданной вероятности.

прибора Интромат: f = 125 Гц, амплитуда тока перемагничивания i = 200 мА, частота селекции F = 20, 50, 100, 150 кГц. По данным экспериментальных исследований строились графические зависимости уровня МШ от количества циклов нагружения (N) и координаты перемещения ПБ по образцу. Измерения уровня МШ проводились в диапазоне от N =0 до N = 7290 циклов, тем самым определялось влияние малоцикловой усталости на уровень магнитного шума в зависимости от N. Процесс развития трещин в образце в зависимости от N, наряду с измерениями уровня МШ, сопровождался оптическим методом определения глубины и ширины трещин с применением измерительного микроскопа.

Анализ полученных данных показал, что кривая изменения F=F (N), где F-уровень МШ (мВ), имеет неоднозначный вид. Зависимость F=F (N) можно условно разделить на три стадии. Для первой стадии, соответствующей 0 ≤ N ≤ 1800-2000, уровнь МШ значительно возрастает, что связано с процессами разупрочнения металла, сопровождающими усталость. После N ≥ 2300 до N = 3500, уровень МШ резко снижается, диапазон этот может характеризовать стадию упрочнения металла. Особенно ярко это проявляется для зоны, соответствующей трещине. После N = 3500 и выше уровень МШ несколько возрастает, вплоть, до состояния предразрушения. На этой стадии сталь находится на стадии вторичного разупрочнения металла перед разрушением. Установлено, что абсолютный минимум уровня МШ находится не непосредственно в зоне трещины, а соответствует зоне, находящейся сразу после трещины в направлении от шейки образца на расстоянии 1,5-2 мм, что является результатом косого направления трещины, развивающейся вглубь по толщине образца. При этом, несмотря на общий для обеих сторон характер зависимости F=F (N), соотношения уровня МШ между различными точками на обеих поверхностях образца различны, что может свидетельствовать о влиянии фактора предыстории состояния исследуемой зоны.

В докладе представлены схема установки для проведения усталостных испытаний, калибровочная кривая для образца стали 40Х, экспериментальные результаты исследования процесса развития усталостных трещин для обеих сторон образца при различных режимах перемагничивания и анализа магнитного шума, а также режимах циклирования, результаты контроля процесса развития усталостных трещин оптическим методом.

Золоотходы от сжигания топлива вводились в колличестве от 1 до 5 %.

Опытные образцы были изготовлены по традиционной пластической технологии. Физико-химические свойства образцов испытывались по стандартным методикам. Установлены закономерности влияния количества используемых в работе золоотходов на водопоглощение, плотность, пористость и механическую прочность синтезированных материалов.

Оценка качества полученных образцов позволила установить существенное влияние золоотходов на окраску материалов. Визуальное определение данного оптического свойства проводилось по криминалистическому атласу цветов, путем сопоставления цвета образца с эталонной карточкой. Так при температуре обжига 1000 °С, образцам с минимальным содержанием золоотходов соответствовала красно-кремово-оранжевая окраска, а с максимальным содержанием золы – розово-желтая.

Отмечено также положительное влияние золоотходов на основные эксплуатационные характеристики керамических материалов, которые предопределяют их использование в качестве стеновых изделий. Свойства образцов оптимальных составов приведены в табл.

Табл. Свойства образцов оптимальных составов

Наименование показателя	Значение показателя для образцов	
	без использования золоотходов	с использованием золоотходов
Температура обжига, ºС	1000	1000
Визуальная окраска	Серо-оранжевая	Розово-желтая
Водопоглощение, %	16,4	13,2
Кажущаяся плотность, кг/м^3	1750	1780
Открытая пористость, %	25,8	23,1
Предел прочности при сжатии, МПа	15,4	17,8

Определение опытных образцов на морозостойкость показало, что они могут выдерживать около 40 циклов попеременного замораживания и оттаивания, что соответствует марке морозостойкости F 35.

Основными кристаллическими фазами, присутствующими в образцах оптимального состава является α-кварц, гематит и анортит. Именно формирование анортита придает образцам с золоотходами светлую окраску.

На основании результатов проведенных исследований выбраны оптимальные составы материалов для получения керамического кирпича с улучшенными эксплуатационными свойствами и хорошими цветовыми характеристиками.

УДК 666.215

СИНТЕЗ КЕРАМИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ ДИОПСИДОПОДОБНОЙ СТРУКТУРЫ

И.В.ПИЩ, Н.А.ГВОЗДЕВА, С.С.РАДЕЦКАЯ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В настоящее время синтез пигментов направлен на более полное внедрение в кристаллическую структуру муллита, корунда, шпинелей красящих ионов и получение твердых растворов. Достигается это путем изоморфного замещения ионов, входящих в кристаллическую решетку, на ионы переходных металлов.

Условием полного замещения является близость значений ионных радиусов и их зарядов. Известно, что формирование структуры шпинелей, муллита, корунда, диопсида протекает при температуре выше 1200-1300 °С.

Снизить температуру синтеза можно за счет введения минерализующих добавок. Минерализаторы оказывают существенное влияние, как на кристаллическую решетку спекаемого материала, так и цвет синтезируемых пигментов.

Действие минерализаторов направлено на формирование жидкой фазы, которая расшатывает кристаллическую структуру, приводя ее в активное состояние. Жидкая фаза способствует увеличению площади соприкосновения между реагентами, скорости диффузии всего процесса.

Для интенсификации процесса протекания многих реакций в твердой фазе содержание добавки минерализатора не должна превышать 1-3 % от общей смеси. В качестве минерализаторов используются бораты, фториды, оксиды щелочных металлов.

Цель работы – проведение синтеза пигментов на основе оксидов CaO, MgO, обогащенногокварцевого песка Гомельского ГОКа, кремнегеля, с применением минерализаторов H_3BO_3, NaF, Na_2CO_3 и оксидов-хромофоров (Cr_2O_3, NiO, CoO, Fe_2O_3), изучение влияния температурно-временных факторов на структуру синтезированных пигментов и их цветовые характеристики.

Применение такого сырья позволило синтезировать пигменты пироксеноподобной структуры широкой цветовой гаммы.

В результате проведенных исследований изучены особенности формирования диопсида в керамических пигментах. Установлена взаимосвязь температурно-временных параметров синтеза, содержания вводимых добавок оксидов-хромофоров и минерализаторов (H_3BO_3, Na_2CO_3, NaF) с ти-

УДК 620.179.14/15

О ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТОШУМОВОГО КОНТРОЛЯ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН В ФЕРРОМАГНИТНОМ ОБРАЗЦЕ

В.Н.БУСЬКО, В.Н.ВЕНГРИНОВИЧ, А.Г.ДОВГЯЛЛО
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В работе исследуется возможность использования метода эффекта Баркгаузена (МЭБ) и реализующей его аппаратуры для изучения влияния мало- и многоцикловой усталости на процессы накопления усталостной повреждаемости при трещинообразовании в образцах стали 40Х.

В используемой изгибной установке для исследования образцов на усталость реализуется принцип преобразования вращения вала электродвигателя в вертикальное колебательное движение незащемленной части консольно закрепленного исследуемого плоского образца с возможностью регулирования амплитуды изменения знакопеременных изгибных напряжений. Испытывался плоский ферромагнитный образец из стали 40Х в виде балки размером 80 х 6 х 1 мм. Для исследования усталости использовался образец со специально созданными с помощью УЗК-колебаний резонансной частотой 17,6 кГц усталостными трещинами с известными шириной и глубиной раскрытия, видимые визуально. Образованные таким способом в зоне шейки образца с одной его стороны поверхностные усталостные трещины состояли из двух, а с другой – трех микротрещин. Глубина трещин достигала 0,4 мм раскрытием в диапазоне 0,025-0,125 мм. Один конец образца жестко закреплялся в специальных зажимах установки. Второй свободный конец образца подвергался изгибным знакопеременным циклическим напряжениям, в результате чего в зоне шейки образца с обоих его сторон происходил рост усталостных трещин. Магнитошумовой преобразователь Баркгаузена (ПБ) накладного типа располагался в зоне развития усталостных трещин с обеих его сторон. Измерения уровня магнитного шума (МШ) производились после каждого циклирования образца. При известных толщине, ширине, модуле упругости и величине прогиба образца расчетным и экспериментальным путями (с применением грузиков) рассчитывалась амплитуда напряжений в зоне усталостной трещины, которая составляла $\sigma = 96$ МПа. Образец циклировался вплоть до его разрушения в зоне трещины, которое произошло при 7290 циклов. Измерения уровня МШ выполнялись с помощью приборов Интромат и ИМШ путем сканирования ПБ по всей длине образца с обеих его сторон, начиная от шейки образца в зоне его защемления и до его противоположного края. Измерения уровня МШ на приборе ИМШ выполнялись при частоте перемагничивания = 128 Гц и амплитуде тока перемагничивания i = 10,5 мА, режимы работы

жены под определенным углом, который зависит от количества оборотов электродвигателя в минуту, размеров образца, диска и диаметров подшипников. Стальной диск с расположенными на нем подшипниками качения относительно плоскости испытуемого образца расположен перпендикулярно. Испытуемый ферромагнитный образец плоской формы жестко закреплен одним концом в специальных зажимах. Второй свободный конец образца колеблется относительно своего нейтрального положения в результате последовательного воздействия на него внешних колец стальных подшипников качения, установленных на диске. При вращении вала электродвигателя, стальной диск с распложенными на нем подшипниками качения, в момент соприкосновения наружного кольца подшипников с верхней и нижней плоскостями образца, заставляет колебаться его свободный конец, создавая в нем изгибные напряжения растяжения-сжатия. Меняя относительное месторасположение подшипников и их диаметры, можно изменять уровень (амплитуду) и форму изгибных напряжений в образце. Зная толщину, ширину, сечение образца, его модуль упругости и величину прогиба, определяемую индикатором перемещения, по известным формулам сопромата или с помощью грузиков, можно вычислить величину напряжений в любой точке поверхности образца. Задавая число оборотов электродвигателя и уровень напряжений, можно проводить мало- и многоцикловые испытания образца вплоть до его разрушения.

Таким образом, использование специально расположенных на вращающемся стальном диске подшипников качения, позволяет получать симметричные или асимметричные колебания образца с различными амплитудами и формами создаваемых в его сечении напряжений, выдерживая при этом коэффициент асимметрии. Решается основная техническая задача – повышаются точность и достоверность испытаний плоских образцов и значительно расширяются функциональные возможности установок и устройств подобного типа. Предлагаемая конструкция установки позволяет расширить функциональные возможности испытательных машин с использованием схемы консольного изгиба, отличается значительной простотой конструкции и удобством ее использования в сравнении с аналогичными. В результате появляется возможность значительно увеличить точность испытаний и достоверность неразрушающего контроля физико-механических свойств образца. С помощью такого устройства, в отличие от обычно использующихся в подобных устройствах кулачковый или эксцентриковый принцип, можно осуществлять испытания образцов на изгиб, моделирующих широкий диапазон встречающихся в реальных конструкциях и их элементах схемы напряжений.

В докладе представлены схема установки, три фазы алгоритма ее работы, схемы циклов напряжений и разновидности форм циклов симметричных и асимметричных напряжений, реализуемых в установке.

пом и количеством формирующихся цветонесущих фаз, обеспечивающих насыщенную окраску и широкую цветовую гамму пигментов.

В результате эксперимента были получены пигменты широкой цветовой гаммы: светло-зеленого, зеленого, коричневого, голубого и розового цвета. Керамические пигменты, синтезированные в указанных системах, характеризуются однородной, яркой и насыщенной окраской.

Рентгенографический анализ показал, что в результате термообработки пигментов формируется хорошо выраженная структура диопсида. В небольшом количестве присутствуют $MgSiO_3$, SiO_2, кроме того, происходит образование твердых растворов сложного состава, состоящего из различных кристаллических фаз. При частичном замещении оксида магния в структуре диопсида на оксиды-хромофоры на рентгенограммах наблюдается появление шпинели $MgFe_2O_4$, $MgCr_2O_4$, $MgCo_2O_4$, $MgNi_2O_4$.

Процесс замещения идет за счет иона Mg^{2+}, размеры которого близки к ионным радиусам красящих ионов. Реакции синтеза идут многоступенчато, продукты представлены также волластонитом, форстеритом. Кроме того установлено присутствие оксидов-хромофоров в свободном виде при частичной замене оксида магния.

Можно предположить, что структура диопсида обладает ограниченной емкостью, в результате чего оксиды-хромофоры полностью не встраиваются в ее структуру. Тем не менее, по мере повышения температуры синтеза количество свободных оксидов-хромофоров снижается.

Разработаны температурно-временные параметры синтеза и установлены количественные соотношения исходных компонентов шихт, обеспечивающих формирование цветонесущих фаз (шпинели, ортосиликатов), высокую термическую и химическую стойкость. Установлены оптимальные составы с чистотой тона 50-69 %, кислотостойкостью 99,1-99,2 %. Проведена апробация синтезированных пигментов в лабораторных условиях по объемному окрашиванию керамических масс плиток ГРЕС и фриттованных глазурей. Получены положительные результаты.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности синтеза пигментов на основе оксидов кальция, магния и обогащенного кварцевого песка и получить пигменты диопсидоподобной структуры по энергосберегающей технологии, тем самым частично решить вопрос импортозамещения аналогичной продукции.

УДК 537.86; 621.391.812.7

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

А.М.ПРУДНИК, Н.В.КОЛБУН, Л.М.ЛЫНЬКОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
Минск, Беларусь

Для обеспечения электромагнитно-акустической защиты помещений специального назначения предлагается использовать разработанные материалы и конструкции комбинированных панелей на их основе. Комбинированные панели электромагнитно-акустической защиты предназначены для защиты от утечки информации по техническим (электромагнитным и акустическим) каналам. Защита информации заключается в установке комбинированных панелей электромагнитно-акустической защиты в строительные элементы конструкций зданий (стены, перекрытия) и дверные тамбуры, что предотвращает возможность перехвата информационных электромагнитных полей и съема акустической информации с помощью технических устройств.

В разработанном материале используется многослойное сочетание материалов с различными электрическими и акустическими свойствами. Для изготовления многослойного материала создается многослойная структура, представляющая собой сочетание слоев стекломагнезита, битумно-каучуковой смеси и алюминиевого отражателя.

Стекломагнезитовый слой панели выполняет функции согласования между электромагнитными параметрами свободного пространства и комбинированной панели, обеспечивая низкий коэффициент отражения электромагнитного излучения от конструкции. Стекломагнезит обладает относительно невысокими значениями диэлектрических потерь и проводимости, что, с одной стороны, обеспечивает плавный переход от параметров свободного пространства к параметрам экранирующих материалов, составляющих комбинированную панель, а, с другой стороны, обеспечивает постепенное ослабление мощности электромагнитного излучения по мере проникновения вглубь материала. Диэлектрические потери второго слоя из битумно-каучуковой смеси выше, чем у первого, что приводит к увеличению величины поглощения электромагнитной энергии в материале. Третьим слоем является алюминиевый отражатель, разность волнового сопротивления которого со свободным пространством велика, и приводит к практически полному отражению достигших его электромагнитных волн. При распространении отраженных волн в обратном направлении эффект поглощения повторяется. Кроме того, многослойная структура панели приводит к взаимокомпенсации электромагнитных волн, отраженных

УДК 620.179.14/15

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОУСТАЛОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПЛОСКИХ ОБРАЗЦАХ

В.Н.БУСЬКО
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Установки данного назначения широко используются для исследования износоусталостных явлений, испытаний, контроля и диагностики с целью прогнозирования долговечности и усталостного разрушения как ферромагнитных так и неферромагнитных металлических образцов. Известны различные схемы и типы установок, устройств, стендов, машин и т.п. для решения данной задачи. Общими характерными особенностями установок подобного типа являются сложность регулирования уровня нагрузки из-за наличия кривошипно-шатунного механизма для передачи усилия силовозбудителя к образцу, громоздкость, ряд сложностей при изготовлении и неудобств при эксплуатации, иногда отсутствует возможность изменять частоту и усилие нагружения образца, часто требуется переналадка оснастки при изменении размеров образца или нагрузки, порой применение их ограничивается только чистым изгибом образцов и др. Это ограничивает возможность регулирования уровня и формы знакопеременных изгибных напряжений и сужает функциональные возможности установок такого рода, в итоге приводит к снижению достоверности, точности и производительности при мало- и многоцикловых знакопеременных испытаниях образцов прямоугольного сечения. В предлагаемой установке в значительной степени решаются задачи повышения точности и производительности испытаний, расширяются функциональные возможности установок подобного типа, позволяющих в лабораторных условиях производить испытания плоских образцов на усталость.

Сущность разработанной установки для испытания образцов на усталость заключается в том, что для создания изгибных напряжений плоских образцах применяется комбинированная схема, основанная на преобразовании вращательного движения вала электродвигателя в колебательное движение незащемленной части плоского образца в вертикальной плоскости с возможностью независимого регулирования амплитуды изменения знакопеременных изгибных напряжений. Это достигается тем, что она содержит два или более подшипника качения, нормально расположенных на стальном диске, соединенном с валом электродвигателя, с возможностью их перемещения в пазах диска. Подшипники качения выполняют роль толкателя для создания в образце изгибающего момента и одновременно обеспечивают постоянство заданной амплитуды циклических упругих знакопеременных напряжений «растяжение-сжатие» в образце. Подшипники качения относительно друг друга на плоскости стального диска располо-

товой поток будет приближаться к гармоническому с желаемой погрешностью.

Оптимизация растрового сопряжения точного отсчета включает отыскание геометрических параметров окна индикаторного лимба из условия обеспечения постоянства средней величины освещенности окна на границах окон измерительного лимба.

Предложенная методика оптимизации растрового сопряжения ориентирована, что важно с практической точки зрения, на использование относительно недорогих светодиодов с куполообразной диаграммой излучения, при этом без потери точности.

Подчеркнем также, что высокая точность гармонической формы сигналов обоих отсчетов позволяет в каждом из них сформировать константы, необходимые для стабилизации уровня этих сигналов. Это позволяет существенно расширить область применения преобразователей в условиях, когда температура окружающей среды может изменяться в широких пределах.

Следует также указать на перспективу построения прецизионных цифровых следящих систем, в которых управляющий сигнал представляет собой гармоническую последовательность цифровых ортогональных сигналов, а в качестве датчика обратной связи используется высокотехнологичный и относительно дешевый двухотсчетный оптоэлектронный преобразователь.

В заключение подчеркнем, что двухотсчетный оптимизированный по предлагаемой методике преобразователь, по точности сопоставим с лучшими образцами дорогостоящих высокоразрядных цифровых преобразователей, освоенных за рубежом.

Преобразование ортогональных гармонических сигналов предлагаемого преобразователя в цифровую форму представляет собой уже решенную инженерную задачу. Таким образом, преобразователь предлагаемой конструкции можно отнести к числу конкурентоспособных изделий, основанных на использовании приоритетных наукоемких технологий.

от границ раздела различных слоев, в некоторых частотных диапазонах, что приводит к дополнительному снижению коэффициента отражения электромагнитного излучения.

Речевая информация, передаваемая в защищаемом помещении, сопровождается возникновением акустических волн, которые попадают на границу раздела воздух-стекломагнезитовый слой, характеризующихся различными удельными плотностями. Вследствие этого большая часть падающей волны отражается. Оставшаяся часть энергии волны проникает в материал звукоизолирующей конструкции и распространяется в нем, теряя свою энергию в зависимости от длины пути и акустических свойств материалов конструкции. Под действием акустической волны звукоизолирующая поверхность совершает сложные колебания, вследствие которых происходит поглощение энергии падающей волны.

Согласно проведенным измерениям ослабление ЭМИ в диапазоне частот 8…11,5 ГГц стекломагнезитовым материалом составляет 1,05…2,35 дБ вследствие невысокого содержания материалов с диэлектрическими, резистивными и магнитными потерями. При увеличении влагосодержания до 20 % эффективность экранирования ЭМИ возрастает до 8,9…10,0 дБ. Многослойные конструкции экранирующих панелей, включающие стекломагнезитовые плиты, битумные или полимерные связующие и алюминиевую фольгу, обеспечивают эффективное подавление электромагнитного излучения в диапазоне частот 0,3…120 ГГц не менее 25,2 дБ. При этом коэффициент отражения ЭМИ зависит от вида используемых слоев и изменяется в пределах–1,78…–15,21 дБ.

Проведены измерения ослабления акустических волн экспериментальными образцами панелей комплексной электромагнитно-акустической защиты в диапазоне от 200 до 8 000 Гц на среднегеометрических частотах третьоктавных полос частот. Установлено, что индекс изоляции воздушного шума равен 29 дБ.

Облицовка стен интегральными панелями комплексной электромагнитно-акустической защиты осуществляется с помощью металлического каркаса или монтажного клея (шпаклевочной смеси). Основой каркаса является потолочный, направляющий или стоечный профиль, изготавливаемый из оцинкованной стали. Каркас обшивается панелями электромагнитно-акустической защиты.

Полученная поверхность облицовок пригодна для нанесения различных отделочных покрытий (краска, обои, керамическая плитка, структурированная гипсовая штукатурка и др.).

Срок службы комбинированной панели электромагнитно-акустической защиты определяется сроками службы составных частей, надежностью клеевого соединения отражателя, а также прочностью сцепления битумно-каучуковой смеси со стекломагнезитом и составляет не менее 5 лет.

УДК 666.112.9.28:666.112.7

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТЕКЛОМАТЕРИАЛОВ С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ СУЛЬФИДА СВИНЦА

Г.Е.РАЧКОВСКАЯ, Г.Б.ЗАХАРЕВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Композиционные стекломатериалы, полученные на основе стеклянных матриц и квантовых точек (наночастиц, нанокристаллов) полупроводниковой фазы сульфида свинца (PbS) перспективны в качестве насыщающихся поглотителей для реализации режимов синхронизации мод и модуляции добротности целого ряда твердотельных лазеров, излучающих в ближней ИК области спектра. Для создания таких наноструктурированных композиционных материалов использовано боросиликатное стекло, допированное оксидом свинца и элементарной серой. Стекло в такой композиции выступает в роли среды (матрицы), в которой диспергированы при определенных условиях термической обработки квантовые точки сульфида свинца.

Ранее получены наноструктурированные композиционные материалы на основе силикатной матрицы. Технология синтеза такой матрицы достаточно трудоемка, так как требует высокой температуры синтеза 1450 ± 50 °С, что вызывает улетучивание серы из стекольного расплава.

Введение в силикатную матрицу второго стеклообразователя – борного ангидрида, B_2O_3, приводит к ослаблению структурной сетки стекла и, как следствие, к снижению температуры его синтеза. Технология получения композиционного стекломатериала с квантовыми точками PbS включает два основных технологических процесса: синтез матричного стекла и его термическую обработку с целью формирования в стеклянной матрице квантовых точек сульфида свинца. Синтез боросиликатного матричного стекла осуществлялся при температуре 1350 °С в газовой пламенной печи с выдержкой при максимальной температуре варки в течение 2-х часов. Из стекломассы методом литья были изготовлены образцы, которые в дальнейшем подвергались термической обработке. В результате термической обработки происходит зарождение центров кристаллизации полупроводниковой фазы сульфида свинца и их рост. Температура термообработки стеклянной матрицы была выбрана на основании данных дифференциально-термического анализа и соответствовала температуре, близкой к температуре стеклования. Формирование в стекле квантовых точек PbS размером от 3,4 до 8,2 нм с распределением по размерам, близким к монодис-

УДК621.325

ПОГРЕШНОСТИ ДВУХОТСЧЕТНОГО ОПТИМИЗИРОВАННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ

Н.П.БУСЕЛ, А.Н.БУСЕЛ, О.А.ЛУСТО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Обеспечение допустимой погрешности абсолютных измерений углового положения на основе оптоэлектронных синусно–косинусных преобразователей достигается за счет точного отсчета при обязательном сохранении согласованности периода сигналов этого отсчета с погрешностью грубого отсчета. Противоречивость и сложность этой задачи заключается в том, что повышение точности преобразователя предполагает увеличение числа периодов сигналов точного отсчета, в то время как для согласованности отсчетов необходимый уровень погрешности грубого отсчета уменьшается обратно – пропорционально числу периодов сигналов точного отсчета.

Наиболее распространенные зарубежные двухотсчетные абсолютные оптоэлектронные преобразователи с гармонической формой выходных сигналов при стандартном диаметре корпуса 58 мм оказываются достаточно грубыми, так как обеспечивают угловую погрешность, превышающую 150 угл. с.

Альтернативная конструкция преобразователя аналогичных габаритов, основанная на оптимизации геометрии растрового сопряжения, позволяет уменьшить погрешность до 30 – 15 угл. с. Для этого измерительный лимб грубого отсчета выполняется в виде эксцентричного кольца ступенчатой формы. Сочетание такого лимба с радиальными окнами индикаторного лимба при выборе радиусов ступеней из условия достижения гармонической формы светового потока на выходе растра, позволяет уменьшить погрешность грубого отсчета до составляющей, зависящей от числа ступеней аппроксимации кольца измерительного лимба. Относительная погрешность гармонических сигналов такого грубого отсчета при упомянутых выше габаритах преобразователя не превышает 0,306 %, а допустимое число периодов точного отсчета $p_т$=513.

Если ограничится числом периодов точного отсчета $p_т$=64, то при оптимальной геометрии растрового сопряжения этого отсчета, для рассматриваемого преобразователя угловую погрешность действительно можно уменьшить до 30 – 15 угл. с, если окна индикаторного лимба выполнить по форме, близкой к гармонической и с шириной, равной ¼ периода. Кроме того, форма этих окон должна конструироваться также на основе метода кусочно – линейной аппроксимации из условия, что модулированный све-

УДК 681.7.068.4

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ МАСОК ДЛЯ МИКРОИЗГИБНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

В.И.БОРИСОВ, В.А.ЖУРАВЛЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Первичные преобразователи являются одним из основных элементов приборов неразрушающего контроля, которые во многом определяют чувствительность и другие метрологические характеристики таких приборов. Разработка новых конструкций первичных преобразователей и поиск новых физических явлений для их построения является актуальной задачей. Одним из вариантов решения такой задачи является разработка волоконно-оптических датчиков новых конструкций. На практике широкое распространение находят микроизгибные амплитудные волоконно-оптические датчики микроперемещений и давлений. Обычно их конструкция строится на основе многомодовых волоконных световодов, подверженных микроизгибам под воздействием измеряемой физической величины. При этом наблюдается вытекание из световедущей сердцевины световода излучения высокого порядка, что приводит к уменьшению пропускания световода при увеличении его величины микроизгиба. Но также известно, что интерференционные датчики обладают большей чувствительностью, по сравнению с амплитудными, к воздействиям на волоконный световод.

В настоящей работе предлагается использовать многомодовые волоконно-оптические световоды, подверженные микроизгибам, как чувствительные элементы интерференционных волоконно-оптических датчиков, использующих межмодовую интерференцию в виде спекл-картины на выходе волоконного световода. В отличие от обычных микроизгибных волоконно-оптических датчиков, предлагаемый предназначен для регистрации микроперемещений исполнительного элемента, образующего микрозгибы световода, когда не наблюдается вытекания излучения из световедущей сердцевины в оболочку, но наблюдается перестройка спекл-картины. Конструктивно такой датчик выполняется следующим образом. Когерентное излучение вводится в многомодовый волоконный световод и дальше выводится со световода в виде пятен спекл-картины, которая направляется на маску, представляющую собой набор пропускающих и непропускающих участков, через которые часть излучения проходит на фотоприемник, а часть задерживается маской. При перестройке спекл-картины под действием измеряемой физической величины наблюдается амплитудная модуляция сигнала фотоприемника. В докладе обсуждаются вопросы построения маски, позволяющей создать различный вид градуировочной характеристики датчика за счет компьютерной обработки сигнала.

персному, достигается в результате одноступенчатого режима термообработки образцов. Результаты рентгенофазового анализа подтвердили наличие в стеклянной матрице нанокристаллов PbS. Оптимизированы технологические режимы термообработки стеклянной матрицы, позволяющие направленно вести процесс формирования квантовых точек PbS заданного размера. Методом рентгеновского малоуглового рассеяния определены размеры квантовых точек PbS, формирующихся в процессе термической обработки стеклянной матрицы. Исследована кинетика выделения наноструктурированной полупроводниковой фазы PbS в объеме боросиликатной стеклянной матрицы. Установлена кинетическая зависимость роста квантовых точек от продолжительности термообработки, что позволило направленно изменять средний размер квантовых точек и управлять спектрально-оптическими характеристиками композиционного стекломатериала, используя эффект размерного квантования.

Спектры оптического поглощения термообработанных стекол, полученные в диапазоне длин волн 0,5–2,25 мкм при различной длительности прогревания, четко отражают квантоворазмерный эффект.

На спектрах оптического поглощения, по мере роста квантовых точек PbS, отмечено смещение первого экситонного пика поглощения в длинноволновую область от 0,8 до 1,86 мкм.

Насыщение (уменьшение) поглощения в спектральной области, соответствующей низшему по энергии оптическому переходу в системе уровней энергии размерного квантования, при интенсивном световом воздействии используется в пассивных затворах (насыщающих поглотителях) лазеров для генерации импульсов короткой и сверхкороткой длительности. Управляя размерами квантовых точек PbS, можно смещать пик полосы поглощения, соответствующий первому экситонному резонансу, в широком спектральном диапазоне, тем самым, смещая рабочую длину волны пассивного затвора лазера, используя для этой цели одно и то же стекло с PbS, но подвергнутое разной термической обработке. Пассивный затвор, выполненный из такого композиционного стекломатериала с квантовыми точками PbS, при малой интенсивности падающего светового излучения, имеет высокий коэффициент поглощения, т. е. затвор закрыт. При сильном резонансном возбуждении, когда интенсивность света сильно возрастает, коэффициент поглощения значительно снижается и наступает эффект просветления – затвор открыт и пропускает лазерный луч.

Созданные новые наноструктурированные композиционные стекломатериалы с квантовыми точками PbS найдут применение в качестве твердотельных пассивных затворов, с помощью которых можно осуществлять генерацию коротких и сверхкоротких импульсов на длинах волн 0,8 – 1,86 мкм в лазерах, применяемых для медицины, волоконно-оптических линий связи и дистанционного зондирования атмосферы.

УДК 621.794.61:669.715

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ АМДО

Я.М.СУРГУНТ, Н.В.КОРОТУН, С.В.НИКИТИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Исследование процессов формирования защитных покрытий с заданными физико-механическими свойствами, нанесенных методом анодно-микродугового оксидирования (АМДО) на изделия из алюминиевых и титановых сплавов, является важным для создания новых конкурентоспособных технологий, работающих по принципу безотходных с умеренным потреблением энергоресурсов.

Этот метод позволяет получать антикоррозионные, изоляционные, износостойкие и декоративные композиционные керамические покрытия на различных изделиях и деталях из алюминиевых и титановых сплавов, стойкие в агрессивных средах.

Исследования, выполненные в данной работе, определили получить модель формирования защитного покрытия с заданными свойствами, позволяющую установить взаимосвязь параметров процесса и покрытия в ограниченной области.

Выявлены существенно значимые параметры процесса АМДО, влияющие на основные свойства защитного покрытия, определена также многофакторная зависимость между параметрами процесса АМДО и свойствами защитного покрытия, в т.ч. и граничные значения параметров процесса, и свойств покрытия.

Процесс АМДО открывает возможность развития новых технологий нанесения защитных покрытий с заданными свойствами на детали из алюминиевых и титановых сплавов, обеспечивает возможность создания безотходных, экологически чистых технологий с умеренным потреблением энергоресурсов.

Микродуговые и дуговые методы делятся на анодные, катодные и анодно-катодные.

Суть методов заключается в том, что при определенных режимах электромеханического окисления металлов, при напряжении выше напряжения искрения электролита между поверхностью металла возникают микродуговые разряды, формирующие на металле слой покрытия.

Важной характеристикой процессов является вид формовочной кривой. Кривая подъема напряжения отражает изменение проводимости цепи. На кривой можно выделить стадии формовки: стадия анодирования, ста-

УДК 681.325

ПЕРЕНОСНОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ТУРБИДИМЕТР

А.А.АФАНАСЬЕВ, В.В.ПИСАРИК, А.В.ПАРАХНЕВИЧ, Н.А.АРТЕМЬЕВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При прохождении потока излучения через дисперсную систему наблюдается его ослабление, зависящее от ряда факторов: длины волны излучения, коэффициента поглощения излучения данной длины волны жидкой фазой, размера и формы частиц дисперсной фазы, а также их способности поглощать или рассеивать падающее на них излучение. Для измерений концентрации мелкодисперсных сред, содержание твердых частиц в которых составляет 100 мг/л и менее, наиболее эффективны и перспективны оптические концентратомеры турбидиметрического типа, в основе работы которых лежит измерение прошедшего через контролируемую среду излучения.

Успешно реализовать турбидиметрический метод контроля позволяет использование современных волоконно-оптических элементов, полупроводниковых лазеров и фотоприёмников, обеспечивающих уменьшение габаритов, веса, повышение надежности и улучшение метрологических и эксплуатационных характеристик приборов. При этом достоверность получаемой измерительной информации во многом зависит от устройства первичного оптико-электронного преобразователя (ОЭП) и методики выполнения измерений.

Сравнительный анализ структур турбидиметров показал, что в них используются как одноканальные оптические схемы, так и двухканальные. Первые имеют простое конструктивное исполнение, вторые обеспечивают большую точность при измерениях. С целью улучшения их параметров – автоматическому выбору оптимального по чувствительности диапазона измерений, повышению производительности и точности – разработана конструкция ОЭП с автоматической регулировкой оптической базы. Управляемое посредством шагового электропривода дискретное изменение толщины просвечиваемого слоя позволяет осуществлять многократное пошаговое сканирование объекта контроля, получать на каждом шаге дискретизации промежуточные результаты наблюдений, выполнять их статистическую обработку. Это обеспечивает исключение из результатов измерений мультипликативной составляющей систематической погрешности, вызванной воздействием на ОЭП различных дестабилизирующих факторов, а также уменьшение случайной составляющей погрешности.

вого движения автомобиля предлагается выполнить в среде программы Simulink. При этом методика решения предусматривает следующие основные этапы: приведение системы дифференциальных уравнений к удобному для решения виду, т. е. разрешение их относительно старших производных; составление модели в среде Simulink; определение исходных данных и начальных условий интегрирования; включение средств визуализации; тестирование и решение задачи.

Разрешение уравнений движения относительно старших производных возникает в связи с тем, что уравнения кинематических связей содержат в левых частях больше одной старшей производной обобщенных координат.

Процесс построения модели в системе Simulink представляет собой последовательность выбора необходимых блоков из соответствующих библиотек и соединение их соответствующими связями.

Построение модели начинается с блока "Сумматор", имеющего столько входов, сколько компонентов содержит правая часть уравнения. При этом входы сумматора могут иметь положительное и отрицательное значения. К выходу сумматора подключается линейный преобразователь, на выходе которого получается значение второй производной. Далее включаются последовательно интеграторы, на выходе которых формируются значения первых производных и самих переменных.

Используемые блоки желательно именовать для облегчения последующей проверки и анализа.

Следующим этапом решения задачи является установление связей между входами и выходами соответствующих блоков, применяя, где необходимо, дополнительные линейные преобразователи и сумматоры. После установки всех связей следует определить численные значения коэффициентов в используемых преобразователях и установить необходимые значения параметров использованных блоков.

При моделировании имеется возможность выбирать метод решения дифференциальных уравнений и способ изменения модельного времени – с фиксированным или переменным шагом, а также следить за процессами, происходящими в системе при ее моделировании с помощью специальных устройств наблюдения. Результаты моделирования могут быть представлены в виде графиков или таблиц.

Таким образом, в работе предложена методика построения имитационной математической модели курсового движения двухосного автомобиля с передними управляемыми колесами и технология ее решения в среде программы Simulink.

дия искрения, стадии существования микродугового и дугового разрядов, стадия разрушения покрытия.

Этот способ нанесения антикоррозионного покрытия прост, дешев, нетрудоемок. Покрытие, полученное методом микродугового оксидирования имеет хорошую коррозионную стойкость, износостойкость, а технология низкоэнергозатратная, экологически чистая, высокопроизводительная.

Выводы и предложения.

1. Для антикоррозионной защиты изделий из алюминиевых сплавов предложена схема получения покрытий путем микродугового оксидирования поверхности изделия в электролите до образования защитного керамического слоя.

Показано, что керамическое микродуговое покрытие обеспечивает надежное закрепление материала и улучшает антикоррозионную защиту металла.

2. Экспериментально определены энергозатраты микродугового оксидирования алюминия в силикатосодержащих электролитах. Установлено, что энергозатраты зависят от содержания силиката натрия в электролите и от толщины получаемых покрытий: с увеличением концентрации силиката натрия и уменьшением толщины получаемых покрытий энергозатраты уменьшаются. Например, для получения микродуговых покрытий толщиной 20-50 мкм в растворах, содержащих 30-100 мл/л жидкого натриевого стекла энергозатраты составляют 15-40 кВт.час/м^2 и сравнимы с энергозатратами на обычное анодирование алюминия; с увеличением толщины покрытий до 150 мкм энергозатраты увеличиваются до 70-130 кВт.час/м^2.

3. Необходимо дальнейшее изучение и совершенствование метода микродугового оксидирования металлов для создания теплостойких и износостойких керамических покрытий.

4. В связи со значительным повышением твердости поверхности слоя деталей из алюминиевых сплавов, с целью уменьшения массы выпускаемых изделий широко практиковать замену черных металлов на вентильные.

5. В целях дальнейшего снижения энергозатрат на формирование покрытий и повышения их качества использовать в ресурсосберегающих технологиях способы и устройства выполненные по авт. свид. №№1504292, 1624060, 1675400, 1767044, 178300.

УДК 666.651.2:549.632:[683.87:621.384.3]

КОРДИЕРИТОВЫЕ МАССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ИК-ГОРЕЛОК

И.М.ТЕРЕЩЕНКО, А.П.КРАВЧУК, Р.Ю.ПОПОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В последнее время за рубежом широкое применение находят ИК-горелки с керамической матрицей, используемые в различных системах лучистого отопления, теплоэнергетических установках: городских и дачных газовых плитах, обогревателях, сушилках, бойлерах, теплицах, на скотных дворах и птицефабриках. Преимуществами ИК-горелок являются эффективное использование теплоты сжигаемого газа и создание благоприятного микроклимата в отапливаемом помещении. ИК-горелки обеспечивают более полное сгорание газа, что приводит к снижению содержания CO и NO_x в продуктах сгорания на порядок в сравнении с обычной, а экономия газа составляет 20–50 % в зависимости от конструкции горелки.

В Республике Беларусь организовано производство ИК-горелок на Могилевском объединении «Техноприбор», однако, осуществляется это на основе импортных керамических матриц (Германия), что приводит к их высокой себестоимости. В этой связи возникла необходимость организации собственного производства керамических излучателей ИК-нагрева.

Накопленный опыт в области производства керамических матриц ИК-горелок указывает на возможность использования керамики на основе кордиерита $2MgO{\cdot}2Al_2O_3{\cdot}5SiO_2$, обладающей комплексом требуемых характеристик: высокой термостойкостью, т.е. малым коэффициентом термического расширения $\alpha<5{,}0{\cdot}10^{-6}$ K^{-1}; низкой теплопроводностью, обеспечиваемой высокой степенью пористости – не менее 40 %.

На кафедре технологии стекла и керамики разработаны составы кордиеритсодержащих керамических материалов, способных работать в условиях резких перепадов температуры, что имеет место при эксплуатации ИК–горелок. Однако необходимо было осуществить адаптацию указанных составов применительно к условиям эксплуатации керамических излучателей ИК-горелок.

В качестве пластифицирующих компонентов, обеспечивающих получение изделий сложной формы, и одновременно являющихся источником SiO_2 и Al_2O_3 в составе опытных масс, использовались каолин Глуховецкий и глина Керамик-Веско (Украина), кроме того для синтеза кордиерита дополнительно вводился тальк.

УДК 629.114.2

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КУРСОВОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ В СРЕДЕ ПРОГРАММЫ MATLAB

Э.И.ЯСЮКОВИЧ, А.И.КАШПАР, Е.Л.ЛЕЩОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одной их важнейших задач, возникающих при проектировании автомобилей, является обеспечение их курсовой устойчивости, которая в определенной мере определяет и безопасность движения. В связи с этим исследование курсового движения колесных машин является актуальной задачей. В данной работе рассматривается методика имитационного моделирования процесса курсового движения грузового двухосного автомобиля в среде программы Simulink программного пакета Matlab.

Предлагаемая методика включает следующие этапы: разработка расчетной схемы моделируемой системы и выбор обобщенных координат; разработка математической модели; формирование модели в интерактивной среде приложения Simulink; тестирование модели и расчетные исследования.

Расчетная схема представлена в виде плоской велосипедной модели с передним управляемым колесом и содержит следующие обобщенные координаты: xc, yc, φ – продольное, поперечные перемещения центра масс автомобиля и его курсовой угол; δ1, δ2 – углы увода переднего управляемого и заднего колес.

Математическая модель курсового движения автомобиля, представляющая собой уравнения движения, объединяет три динамических уравнения в виде обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка и два дифференциальных уравнения первого порядка кинематический связей. Динамические уравнения получены на основе математической схемы Лагранжа второго рода, а уравнения кинематических связей – из условия отсутствия бокового скольжения колес автомобиля.

Решение полученной системы уравнений движения может быть выполнено на алгоритмическом языке, выбор которого зависит от многих условий, например, таких как удобство программирования, наличие проверенных математических методов, легкость представления результатов моделирования и т.д. Такими свойствами обладает пакет Matlab, содержащий в своем составе инструмент визуального моделирования Simulink. Последний сочетает в себе наглядность аналоговых и точность цифровых вычислительных машин и обеспечивает доступ пользователю ко всем возможностям пакета Matlab, в том числе к библиотеке численных методов.

В связи с этим решение задачи имитационного моделирования курсо-

руемым микропрофилем. Результаты имитационного моделирования сохраняются на жестком диске в виде текстового файла с расширением .txt.

Для формирования анимационной картины курсового движения и вертикальной динамики автомобиля разработано специальное программное обеспечение на языке Max Script в среде программы 3D Studio Max, которое визуализирует процесс движения автомобиля по сценарию, построенному модулем имитационного моделирования и сохраненному на диске в виде названного выше txt-файла.

Процесс создания анимационной картины автомобиля состоит из следующих этапов:

– создание графического образа автомобиля, т. е. его детальная прорисовка и сохранение в файле с расширением .max;

– задание начального положения автомобиля на сцене в среде программы 3D Studio Max;

– считывание значений текущего времени и параметров нового положения автомобиля из файла результатов имитационного моделирования;

– синхронизация процесса анимации по времени и перемещение графического образа автомобиля в новое положение сцены в соответствии с полученными из фала параметрами, и так далее до окончания записей в файле результатов имитационного моделирования.

В работе рассматривается 3D-анимация автомобиля, представляющая собой его графический образ движения в пространстве. При этом положение автомобиля в пространстве определяется шестью координатами его остова и соответствующими координатами каждого подрессоренного колеса.

В качестве входных данных для визуализации анимационной картины автомобиля используются графические файлы с расширение .max образов автомобиля и его колес; текстовый файл с расширением .txt, содержащий параметры движения, полученный в результате имитационного моделирования движения автомобиля.

В качестве выходных данных выступает анимационная картина движения графического образа автомобиля на сцене программы 3D Studio Max.

Внутреннее информационное обеспечение представлено промежуточными результатами работы Max Script-программы анимации, выполняющей преобразование параметров движения автомобиля, прочитанных из файла результатов имитационного моделирования, в координаты, определяющие очередное положение его графического образа на сцене программы 3D Studio Max. Например, вычисление угловых скоростей вращения колес в зависимости от скорости движения автомобиля и геометрических параметров положения их на сцене.

Таким образом, разработана информационная технология анализа результатов проектирования автомобиля, включающая комплекс программных средств имитационного моделирования и формирования анимационной картины его курсового движения по различным категориям дорог.

Поскольку получаемые изделия должны характеризоваться высокими значениями пористости и пустотности, в связи с чем, обжиг осуществляется при относительно низкой температуре, то возможным представлялось использование таких порообразователей как, например, древесный уголь и доломит. В качестве армирующего компонента в составы опытных масс вводился волокнистый асбест для обеспечения достаточной механической прочности изделий. Для повышения излучательной способности керамических матриц в составах опытных масс использовался Fe_2O_3.

Обязательным условием для нормального формования массы является введение индустриального масла (до 1,5 мас.%) в качестве пластификатора.

Изучение показателей спекания (кажущейся плотности, открытой пористости, усадки) показало, что в области температур 950–1150 °С обжига наблюдается закономерное уплотнение структуры, причем весьма интенсивное в случае использования в качестве пластифицирующего компонента каолин-гидрослюдистой глины.

Установлено, что частичная замена глинистого сырья на каолин положительно влияет на процессы формования изделий, а также снижает показатели спекания опытных масс, кроме того, данная замена позволяет достичь более низких значений ТКЛР продуктов обжига.

Как показали экспериментальные результаты работ, проведенных на первой стадии, уголь и асбест являются малотехнологичными компонентами керамических масс, требуя дополнительной обработки (измельчение и распушка), что приводит к ухудшению условий труда вследствие выделения пыли в окружающую среду. В связи с указанными обстоятельствами было предпринято замещение указанных компонентов, а также, частично, талька доломитом.

В результате изучения свойств модифицированных составов после низкотемпературного обжига в области температур 840–1000 °С была выбрана оптимальная температура обжига – 920 °С, а также разработан оптимальный состав массы, характеризующийся требуемым уровнем свойств: открытая пористость – 42 %, усадка ≤9 %, ТКЛР – $4{,}7 \cdot 10^{-6}$ K^{-1} при хорошей формуемости масс методом штампования из пластических масс.

УДК 666.175.6

ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТЕКОЛ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Е.Е.ТРУСОВА, Н.М.БОБКОВА
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Актуальность и важность проблемы в стекольной промышленности связанна с разработкой новых функциональных материалов светотехнического назначения (светофильтров, отсекающих УФ излучения и ламп накаливания автомобильного транспорта) характеризующихся высокой стойкостью колориметрических характеристик. Основные красители, применяемые в таком производстве, содержат высокоопасные и летучие соединения (в частности CdS, CdSe. MoO_3+S и т.д.). Эти компоненты обеспечивают появление характерной окраски, но являются, наряду с токсичностью, дорогостоящими и дефицитными составляющими. Кроме того, они не обеспечивают стабильность колориметрических характеристик, как при синтезе стекол, так и при дальнейшей эксплуатации изделий. Для решения поставленных задач было выполнено исследование допированния стеклянных матриц оксидами церия и титана с целью получения требуемых регулируемых колориметрических характеристик.

В соответствии с поставленными целью и задачами исследований для изучения использована стеклянная матрица на основе алюмосиликатной барий-стронциевой стеклообразующей системы SiO_2–Al_2O_3–MgO–CaO–BaO–SrO–Na_2O–K_2O–Li_2O, допированная оксидами CeO_2 и TiO_2 в широком молярном соотношении (содержания CeO_2 и TiO_2 вводились сверх 100 % основных компонентов стеклообразующей системы). Изменение соотношений CeO_2/TiO_2 позволяет провести сравнительный анализ зависимости оптических характеристик от концентрации вводимых оксидов. Синтезированы серии стекол с малым содержанием CeO_2 (1,5 мас.%), при котором уже имеет место его заметный эффект на оптические и колориметрические свойства, и с высоким содержанием CeO_2 (10 мас.%), оказывающим еще более значительное влияние на изменение оптических характеристик. Введение TiO_2 ограничено 25 мас.% вследствие возможной кристаллизации стекла при выработке.

Синтез стекол осуществлялся в газовой печи при 1430–1450 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 2 часов. Все синтезированные стекла хорошо проварились, осветлились и равномерно окрашены по всему объему.

УДК 629.114.2

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АНИМАЦИИ КУРСОВОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Э.И.ЯСЮКОВИЧ, Т.Э.КАРТОШКИНА, Е.Л.ЛЕЩОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одним из наиболее дорогостоящих этапов проектирования средств автомобильной техники является этап экспериментальных исследований. В связи с этим в данной работе рассматривается разработанная информационная технология, позволяющая сократить объем экспериментальных исследований курсового движения, управляемости и вертикальной динамики автомобилей.

В работе рассматриваются три разработанные на основе соответствующих моделей программные средства: моделирования микропрофиля дороги; имитационного моделирования курсового движения и вертикальной динамики автомобиля; формирования и визуализации анимационной картины движения автомобиля по результатам имитационного моделирования. При этом создание образа автомобиля и его элементов, а также программирование его анимационной картины выполняется в среде программы 3D Studio Max. Выбор этой программы обосновывается рядом ее преимуществ по сравнению с аналогичными программными средствами, которые проявляются в возможности свободного и интерактивного просмотра результатов анимации как в пространстве, так и во времени. Кроме этого, наличие в программе ряда встроенных двухмерных и трехмерных объектов и функций их модификации упрощает процесс создания нового положения объекта анимации. В результате отпадает необходимость перерисовывания геометрического образа объекта при формировании нового положения его на сцене, достаточно лишь применить соответствующие команды с новыми координатами и параметрами.

Программный модуль моделирования микропрофиля дороги служит для формирования случайного процесса вертикальных возмущающих воздействий дороги с экспоненциально-косинусной корреляционной функцией или детерминированного процесса в виде единичных неровностей. Результатом работы этого модуля является файл на жестком диске ординат неровностей микропрофиля дороги для единичной скорости движения.

Программный модуль имитационного моделирования курсового движения и вертикальной динамики автомобиля построен на основе соответствующих имитационных математических моделей. Имитационная модель курсового движения содержит две системы обыкновенных дифференциальных уравнений: динамических и уравнений кинематических связей колес автомобиля с дорогой. Математическая модель вертикальной динамики формализует процессы вертикальных колебаний подрессоренных и неподрессоренных масс автомобиля при движении его по дороге с модели-

УДК 629.114

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВКЛЮЧЕНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ФРИКЦИОНОВ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ БЕЛАЗ–7555

Е.Л.ЭЙДЛИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В гидромеханических передачах (ГМП) БелАЗ–7555 все фрикционы переключения передач расположены на вращающихся валах. При включении вращающегося цилиндра на его поршень действует не только статическое давление жидкости, но и центробежное, которое значительно влияет на процесс включения.

Для анализа процесса включения вращающегося фрикциона составлена математическая модель, которая состоит из двух дифференциальных уравнений движения поршня. Для ее решения необходимо на каждом шаге интегрирования производить анализ статического состояния гидропривода, путем решения системы нелинейных алгебраических уравнений, составленной из уравнений баланса расходов в узлах, потерь давления в гидромагистралях, баланса сил, действующих на поршень, и уравнений равновесия элементов управления.

Проведя рад вычислительных экспериментов, были построены зависимости времени заполнения цилиндра фрикциона и относительного количества жидкости в большой полости гидроцилиндра при различных частотах вращения фрикциона и варьировании диаметра дросселя в поршне в пределах 4…8 мм и диаметра сливного отверстия в пределах 3…5 мм.

При анализе полученных зависимостей было установлено, что с увеличением диаметра дросселя относительный объем жидкости в большой полости гидроцилиндра возрастает, а при одинаковых значения диаметра увеличение частоты вращения гидроцилиндра сопровождается существенным снижением относительного объема. Увеличение диаметра отверстия слива приводит к сравнительно небольшому снижению относительного объема жидкости в большой полости. Для полного заполнения большой полости диаметр дросселя должен изменяться в зависимости от частоты вращения фрикциона в довольно широких пределах – от 5 до 7,5 мм.

Диаметр дросселя и частота вращения фрикциона оказывают также существенное влияние на время заполнения гидроцилиндра, влияние же диаметра отверстия слива на время заполнения небольшое. С увеличением диаметра дросселя при заданной частоте вращения фрикциона время заполнения гидроцилиндра возрастает, а увеличение частоты вращения приводит к уменьшению времени заполнения.

Для полученных стекол исследованы спектры оптического пропускания в УФ и ближней ИК областях (330–1100 нм). В общем случае, спектры пропускания имеют вид с четко выраженным ступенчатым подъемом, разной крутизной, что обусловлено наличием края поглощения (пропускания) спектральной кривой стекол без выраженных полос поглощения в исследуемой области спектра. При длинах волн менее 350 нм сильно поглощает матрица стекла, поэтому возможные полосы поглощения в более коротковолновой области наблюдать невозможно. Положение края поглощения регулируется молярным соотношением CeO_2/TiO_2. С увеличением соотношения CeO_2/TiO_2 наблюдается смещение края полосы поглощения в области от 330 до 450 нм. В длинноволновой части спектра пропускание достигает 90 %, но эта величина снижается до 80 % с введением TiO_2. Для ряда исследуемых стекол характерна высокая крутизна спектра от 3,5 $нм^{-1}$, также заметно снижающаяся до 0,58 $нм^{-1}$ при увеличении соотношения CeO_2/TiO_2.

Колориметрические характеристики исследуемых стекол использовались при установлении зависимости между концентрацией вводимых CeO_2 и TiO_2 и цветом, анализируемым с помощью координат цветности. Ce-Ti-содержащие стекла занимают область от светло-желтого цвета до оранжевого (длина волны излучения изменяется от 560 до 590 нм с увеличением соотношения CeO_2/TiO_2). Используя полученные данные возможно синтезировать стекла с заданными колориметрическими характеристиками, при введении необходимых количеств CeO_2 и TiO_2. По сравнению с другими известными способами создания окраски стекол в этой же спектральной области на основе сульфоселенидов кадмия, сульфидов молибдена, серебра и других металлов, разработанные стекла принципиально отличаются высокой термостабильностью колориметрических характеристик. Кроме того, разработанные стекла характеризуются высоким уровнем физико-технических свойств: температурный коэффициент линейного расширения − $(87–92)\cdot10^{7}$ $К^{-1}$; удельное электрическое сопротивление при 350 ^{o}C − более 10^{6} Ом·м; температура начала размягчения − 630−670 °C.

Наблюдаемые изменения оптических и колориметрических характеристик стекол можно отнести к формированию центров окраски переменного состава. Исследование методами фотолюминесценции, рентгенофотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), электронным парамагнитным резонансом (ЭПР) и рентгеном под малыми углами (РМУ) для состава хромофорных центров предлагаются связанные с кислородом состояния Ce(III/IV) и Ti(IV). Установление природы окрашивающего эффекта позволит контролировать и стабилизировать спектральные характеристики стекол, перспективных для использования их в качестве светофильтров в оптоэлектронном приборостроении и для изготовления сигнальных ламп транспортных средств.

УДК 621.793

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Ю.В.ХЛОПКОВ, Д.В.РАЗДРОБЕНКО
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ НАН Беларуси»
Витебск, Беларусь

В связи с наличием больших объемов автотракторной техники в республике остро стоит вопрос продления срока ее эксплуатации. Это, в первую очередь, касается наиболее нагруженных и сложных деталей, например, коленвалов. Использование технологий восстановления и улучшения свойств покрытий обеспечивает значительную экономию сырьевых, топливо-энергетических и трудовых ресурсов. Однако, как свидетельствует практика, в виду сложности технологических процессов, восстановленные покрытия имеют срок службы, не превышающий половины ресурса новых изделий. Поэтому оптимизация технологических процессов восстановления и повышение физико-механических свойств покрытий является актуальной научно-практической задачей.

В настоящей работе проведен сравнительный анализ физико-механических свойств восстанавливающих покрытий коленвалов двигателя ЯМЗ 240. Покрытия наносились модернизированными, эффективными установками. Первая – установка электродуговой наплавки (ЭДН) УПС-301 с подачей проволоки СВ15ГСТЮ и порошка НП-Н77Х17С4Р4 с содержанием 20-25 % проволоки и остальное порошок, рабочая среда – аргон; вторая – установка сверхзвукового электрогазотермического напыления (СГТН) АМД-10 с подачей порошка ПГСР-4, рабочий газ – пропан-бутан. Рабочие токи с целью оптимизации их параметров изменялись от 100 до 160 А. Перед восстановлением на опытные образцы наносились дефекты (царапины, окислы и органические загрязнения). Целью этой операции являлась определение их роли на технологический процесс. Методом холодного отрезания из восстановленных валов формировались образцы размером 3х3х1 см, которые затем поступали на исследования.

Металлографические исследования показали, что нанесенные покрытия, в целом, сохраняют структуру наносимого материала и имеют чешуйчатую форму. В слое имеются деформированные и сферические частицы. Заметны следы пленок окислов на поверхности отдельных частиц. Плавление основы не наблюдается. Соединение «основа – напыленный слой» имеет резкую границу. Пористость покрытий не превышает 10 %. При ЭДН она в несколько раз меньше. Напыление методом ЭДН по шлифам, что и подтверждается другими методами исследований, более отвечает свойствам основного металла. Вышеприведенные неоднородности прояв-

УДК 621.926

МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОЛОКОННОГО СПОСОБА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

С.С.ЦЕД, Т.Л.СИВАЧЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им.В.Г.Шухова»
Могилев, Беларусь; Белгород, Россия

Суть предложенного метода заключается в создании определенных условий разрушения, при которых размер мелющих тел предельно мал и эти тела создают максимальные контактные воздействия на измельчаемый материал. Следовательно, возможно получить частицы минимальных размеров. При этом количество воздействий на уже измельчённую частицу будет сведено к минимуму, а за счёт снижения трения, позволит значительно сократить энергозатраты на процесс помола.

Экспериментальные исследования были начаты с моделирования единичных актов стержневого разрушения при различных условиях: нагрузке, диаметрах стержней и способа их компоновки. В качестве критерия эффективности выступала крупность измельчённых частиц оставшихся на сите после просеивания. Результаты показали, что даже при однократном нагружении нагрузки, возможно получить частицы крупностью менее 0,08 мм в количестве до 25 %.

На данном этапе планируется в качестве рабочих органов использовать высокопрочные стальные волокна диаметром 150 мкм. При этом будет моделироваться многократное воздействие на измельчаемый материал, что легко осуществляется с помощью разработанной экспериментальной установки. Критерием будет выступать показатель удельной поверхности материала, измеренной на приборе ПСХ. Результаты испытаний покажут эффективность предложенного способа и перспективы его использования в областях тонкого и сверхтонкого помола.

Для моделирования волоконного способа измельчения разработаны кассетные приспособления, в которые устанавливаются или закладываются волоконные элементы. Предусмотрены два основных варианта укладки волокон – упорядоченный и хаотический.

Приводятся результаты по проведенным исследованиям волоконного измельчения. Даётся анализ энергетических и технологических возможностей нового механизма измельчения и предлагаются конструкции аппаратов для его реализации.

сурсосберегающих автотранспортных технологий (РАТ) применительно к структурно-параметрической организации АТС обобщённого типа. Эти модели базируются на теории технологической энергоресурсной эффективности АТС (ТЭРЕА), которая обеспечивает формирование проектов П1, П3 и П4, а также межпроектных интерфейсов. В теории РАТ рассматривается проявление комплекса свойств АТС как носителя технических ресурсов транспорта (сложная машина, объект управления сложным движением, ресурсозатратное перевозочное средство) и интерфейсного технического средства для технологического транспортирования грузов и пассажиров. Под технологическим транспортированием понимается формирование траекторных импульсов количества движения АТС в результате ситуативно-адекватного проявления процедур и процессов транспортных технологий.

Для сопоставимой в рамках типоразмерных рядов АТС оценки влияния технической новизны АТС разработана математическая модель структурно-параметрической организации его конструкции (СПОКА) обобщённого типа. Модель СПОКА формируется как совокупность восьми конструктивных модулей, которые обеспечивают три технологические функции АТС: грузонесущую, энергопреобразующую и темпорегулирующую. Такая модель вводится в математические модели РАТ. Это позволяет обеспечить сопряжённость расчётных схем теории автомобиля и технологического транспортирования.

На основе проведенных исследований был сделан вывод о том, что математические модели ТЭРЕА можно использовать как интерфейсные механизмы для согласования проектов ЖЦА. Каждый проект представляется в виде проектного информационного агрегата $\mathbf{I_{ni}}$ (i = 1,4), задаваемого входными и выходными сигналами, а также функциями преобразования сигналов. Между парами проектов $\mathbf{I_{ni}}$ вводяться интерфейсные информационные агрегаты $\mathbf{I_{nj}}$ (j = 1,5). В цепочке всех информационных агрегатов должно обеспечиваться условие необходимого и достаточного приращения целевой функции ТЭРЕА. При этом предполагается, что специалисты разных отраслей (автостроения, автотранспорта, маркетинга) могут принимать проектные решения в рамках своих информационных и общих интерфейсных агрегатов.

С точки зрения собственной конкурентоспособности покупатели АТС вынуждены реализовывать схемы ТИРВАТУ в ТС. Эти схемы обусловливают формирование на автотранспорте механизмов ресурсосинергического спроса на техническую новизну АТС. Явление ресурсосинергии (кумулятивный эффект экономии энергии и ресурсов транспорта) формируется путём согласования всех проектов ЖЦА. Данная методология направлена на реализацию механизма перспективного маркетингового взаимодействия автозаводов с потребителями их продукции. Механизм обеспечивает формирование потребительски- ориентированных методов проектирования АТС, а также реализацию ресурсосберегающих автотранспортных технологий в ТС.

лены меньше, чем при СГТН. Нанесенные поверхностные дефекты в виде царапин сохраняют свою форму и, по-видимому, не влияют на адгезию нанесенного покрытия.

При изменении тока (температуры) нанесения наблюдается изменение структуры восстановленного слоя. Изменение структуры основы коленвала при этом незначительное. При меньших токах ЭДН имеется выраженная дендритность. При больших токах структура становится более мелкой. Однако наблюдаются отдельные трещины на внешней поверхности нанесенного слоя. Повышение тока при СГТУ ведет к более равномерному слиянию наносимых частиц при одновременном увеличении пористости.

Металлографические исследования нанесенных дефектов в виде окисных соединений не выявляются. При органических загрязнениях адгезия сильно уменьшается вплоть до срыва восстановления и выраженной эрозии основы.

Измерение микротвердости для всех режимов проводилось на микротвердомере ПМТ-3 с шагом 0,1 мм. Восстановленное покрытие методом СГТН имеет примерно в 2 раза большую твердость по сравнению с ЭДН. Это связано, вероятно, с более сложным составом наносимого материала и более неравновесными параметрами напыления. Твердость основного металла коленвала по сечению примерно одинакова, но уступает материалу наносимого покрытия. Это является следствие отпуска материала вала при его нагреве перед восстановлением и требует учета при эксплуатации вала.

Распределение элементов по сечению восстановленного слоя исследовалось на установке растрового микрорентгеновского спектрального анализа LEO-1453VP. Размер пятна разрешения электронного пучка возбуждения составлял 2 мкм. Микрораспределения легирующих элементов и самой основы носит крайне неравномерный характер. Распределения даже в малых объемах могут отличаться на порядки. Проведенные исследования показали сложную зависимость структуры и других физико-механических свойств восстановленных изделий от технологических параметров.

Оба метода восстановления являются конкурирующими и дополняют друг друга. Процесс требует оптимизации.

УДК 621.914.2:669

СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ПРИ ИХ ОБРАБОТКЕ В ПЛАЗМЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

В.М.ШЕМЕНКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Модифицирующая обработка твердых сплавов в плазме тлеющего разряда, возбуждаемого в вакууме разряжением 10^{-1} – 10^{-2}, напряжением горения 1-5 кВ, обеспечивает формирование уникальных структурно-фазовых состояний в их приповерхностных слоях, а также широкий масштаб модификации структуры. Это приводит к изменению макросвойств материалов и определяет эксплуатационное поведение модифицируемых изделий в условиях трибомеханического нагружения.

Исследованию подвергалась партия пластин из твердого сплава ВК8 до и после модифицирующей обработки в плазме тлеющего разряда.

Так удалось отметить, что с ростом напряжения горения тлеющего разряда (от 1 до 5 кВ) растет глубина модифицированного слоя (от 20 до 250 мкм). Данное изменение можно объяснить возрастающей энергией налетающих ионов, преимущественно кислорода, что способствует более глубокому их проникновению и формированию более длинного каскада смещений в кристаллических решетках фазовых составляющих сплава.

При помощи электронно-микроскопического исследования, обработанных твердосплавных пластин, были выявлены следующие изменения в структуре по отношению к их исходному состоянию. Изменения были связанны с уменьшение размеров зерен как WC, так и Co, наличие границ деления зерен, особенно зерен WC, а также размытость межфазных границ WC – Co (практически с полным их исчезновением в случае тонких межзеренных прослоек), образованием зеренных конгломератов.

Атомно-силовой анализ позволил выявить изменение трибомеханических свойств обработанных поверхностей пластин по отношению к их исходному состоянию.

Проведенные исследования твердости поверхности пластин позволили проследить увеличение ее по отношению к твердости пластин в исходном состоянии на 10 – 15 %.

Для получения информации о тонкой структуре сплава ВК8 проводился рентгеноструктурный анализ. Детальное исследование отражения (100) и (111) Co и (112) WC позволило выявить, что с ростом напряжения тлеющего разряда происходит снижение искажений и изменение параметра кристаллических решеток Co и WC.

УДК 656.13.072: 629.114.4.4

МЕТОДЫ РЕСУРСО-СИНЕРГИЧЕСКОГО СОГЛАСОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ И СОЗДАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Р.А.ХАБУТДИНОВ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Киев, Украина

В транспортной системе (ТС) и в её подсистеме (на автотранспорте) актуальна концепция технологического энерго- и ресурсосбережения. Реализация концепции предполагает:

а) разработку ресурсо-синергических методов проектирования, сбыта и технологической эксплуатации автомобиля;

б) координацию выходных параметров проектов жизненного цикла автомобиля (ЖЦА).

При этом должны быть реализованы следующие принципы: системного подхода, совершенствования интерфейсов системы и ЖЦА, эксплуатационной рациональности научно-технического прогресса, ресурсной интенсификации транспортных технологий, ресурсоэффективной эволюции параметров автомобилей, ресурсосберегающего воспроизводства транспортных услуг.

В потребительски ориентированной цепочке проектов ЖЦА концептуально-задающую роль играет проект **П1**-технологически интенсивного ресурсосберегающего воспроизводства транспортных услуг (ТИРВАТУ). Кроме него в цепочку входят три проекта: создания (модернизации) автомобиля (АТС)- **П2**, формирования концептуального потребительского качества АТС как научно-технического товара-**П3**, технологической эксплуатации АТС –**П4**. Для координации выходных параметров этих проектов с учётом указанных принципов разработана системно-концептуальная методология их согласования в ЖЦА. К ней предъявлялись четыре требования:

а) соответствия выходных параметров проектов вышеназванной концепции развития;

б) уменьшения адаптационных потерь производственных (технических, энергетических, трудовых) ресурсов автотранспорта в интерфейсе транспортной системы (ТС);

в) отображения влияния технической новизны АТС на энергетическую результативность процедур и процессов транспортных технологий;

г) отображения ресурсо-синергического эффекта от комплекса новаций в ЖЦА в показателе ресурсоотдачи проекта перевозки.

Под автотранспортными технологиями понимается совокупность: способов, ресурсных средств (автомобиль, топливо, водитель), трудомашинных процедур и ресурсо-преобразовательных процессов создания качественного продукта транспорта, а также их научное описание. В соответствии с таким определением разработаны математические модели ре-

правления данной науки являются взаимосвязанными и взаимопроникающими.

Теория работоспособности на основе анализа диагностической информации разрабатывает условия работоспособности объекта и методы контроля технического состояния системы. При этом возникает проблема формирования условий работоспособности, разделения элементов объекта на множества работоспособных и неработоспособных состояний, выбора совокупности диагностических параметров и назначения их предельных значений.

В теории распознавания разрабатывают методы и правила принятия решений в условиях ограниченной информации, осуществляется синтез алгоритмов распознавания с привлечением методов теории распознавания образов и новых интеллектуальных технологий, позволяющих решать задачи классификации и идентификации. Широко используются статистические методы. Отличительной особенностью теории распознавания является оперирования с неопределенностями различного рода, поскольку в процессе функционирования объекта диагностирования (ГМП) информация о поведении его элементов является неоднозначной, неполной, неточной и нечеткой. Это обстоятельство диктует необходимость привлечения специфических методов исследования и соответствующего математического аппарата.

Теория прогнозирования занимается созданием и совершенствованием методов прогнозирования (предсказания) будущего технического состояния АТС и оценки остаточного ресурса механизмов, отдельной машины или семейства (парка) машин. Определяется возможность объекта находиться в исправном состоянии, а также степени пригодности отдельных механизмов и деталей к последующей эксплуатации.

Отдельно или в рамках той или иной теории изучаются физические свойства объекта диагностирования, особенности его функционирования, оценивается его эксплуатационная надежность.

Все рассмотренные теории так или иначе связаны с основной задачей диагностирования – поиском текущих неисправностей системы и парированием будущих отказов с точной постановкой технического диагноза.

В процессе оценки технического состояния ГМП определяются перспективы ее дальнейшей эксплуатации.

Концепция поэлементного диагностирования ГМП предполагает использование трех вышеотмеченных теорий с широким привлечением теоретического и экспериментального уровня исследований, в том числе средств имитационного моделирования физических свойств элементов, стендовых заводских и полевых испытаний, направленных на получение необходимой информации, на основе которой разрабатываются алгоритмы для их последующей реализации в электронной системе.

УДК 621.791.65

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМИТНОЙ СВАРКИ ДЛЯ ИСПРАВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ МАССИВНОГО ЧУГУННОГО ЛИТЬЯ

А.А.АНДРУШЕВИЧ, А.Е.ВАЛАДЬКО
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В металлургии при производстве крупногабаритных чугунных заготовок часто возникают литейные дефекты в виде трещин, недоливов, усадочных раковин, газовой пористости и так далее. Данные обстоятельства уменьшают выход годного литья и увеличивают себестоимость продукции.

В промышленности такие дефекты, по мере возможности исправляют с помощью дуговой сварки холодным способом. Такой метод малопроизводителен, для заделки одного дефекта сварщик затрачивает до 1-3 часов. При этом расходуется большое количество электроэнергии, электродов, требуются высококвалифицированные специалисты.

Одним из недостатков чугунов является то, что они обладают плохой свариваемостью. При сварке-наплавке чугуна происходит отбеливание, появление участков с выделением избыточного цементита, а также образование трещин в околошовной зоне. Из-за низкой температуры плавления, по сравнению со сталью, сварочная присадка быстро переходит из жидкого состояния в твердое, приводя к образованию пор в шве, поскольку интенсивное выделение газов из сварочной ванны продолжается и на стадии кристаллизации. В результате высокой жидкотекучести чугуна расплавленный металл вытекает из шва и окисляет кремний, что приводит к образованию тугоплавких оксидов и непроварам.

В последнее время в заготовительном производстве все чаще внедряется термитная сварка. Термитная сварка не требует источника тока, что позволяет использовать данный способ ремонта в полевых и дорожных условиях, в строительстве. Возможности термитной сварки позволяют производить соединение профилей любых типов и ремонт изделий с большим поперечным сечением. Температура термитной сварки 2000–2400 ^{o}C. Высокая температура продуктов горения, в процессе наплавки позволяет получить достаточно прочный спай основного металла отливки с наплавляемым материалом. Посредством термитной сварки можно присоединять отломанные части стальных или чугунных деталей, наплавлять изношенные валы, отверстия, трущие поверхности деталей.

Важной областью использования термитной сварки, кроме применения по прямому назначению, является восстановление изношенных поверхностей деталей, исправление дефектов отливок. Характеристика тер-

митной сварки подтверждает, что термитная сварка вполне может быть использована в качестве наплавки, при исправлении дефектов чугунных отливок определенных размеров и форм.

Исправление литейного брака с экономической точки выгоднее, чем подвергать дефектные отливки переработке, поскольку на них затрачены топливо, шихтовые материалы, заработная плата. Чтобы переработать крупногабаритное изделие требуются дополнительные затраты на бой отливок, их транспортировку.

Проведенный анализ показал, что из общего числа дефектных отливок 4-6 % составляют так называемые «проблемные», исправление которых нецелесообразно. 12-18 % составляют дефекты литья для исправления которых требуется незначительное количество (от 0,01 до 0,05 кг) наплавляемого материала. Данную группу дефектов без больших затруднений можно исправить с помощью дуговой сварки. 75-85 % представляют отливки, для заделки которых требуется наплавить от 0,05 до 2 кг металла и восстанавливать такие крупногабаритные отливки с помощью сварки не всегда возможно или трудоемко.

Такие дефекты можно восстанавливать с помощью метода гравитационной заливки жидкого металла. При этом отливку предварительно необходимо прогреть до температуры 700-900 ^{o}C, в противном случае температура расплавленного чугуна недостаточна для заливки. В случае использования термитной наплавки подогрев отливки не требуется, поскольку теплота расплавленного металла обеспечивает прогрев массы отливки и хорошую свариваемость наплавляемого сплава с основным металлом.

С точки зрения экономики, получить порцию расплавленного металла с помощью термита гораздо дешевле и быстрее, чем расплавить в плавильном агрегате. Сырьем для термитной наплавки могут служить отходы промышленного производства: железная окалина, алюминиевая стружка. Процесс изготовления термитного заряда не требует наличия сложной технологии и специального оборудования. Дополнительное легирование термитных зарядов даёт возможность исключить негативные явления, вызываемые в процессе сварки чугуна и придать отливке дополнительные свойства.

Совершенствование процесса термитной наплавки для исправления дефектов крупногабаритных чугунных отливок позволит шире использовать данную ресурсосберегающую технологию в различных отраслях промышленности.

УДК 658.512

КОНЦЕПЦИЯ ПОЭЛЕМЕНТНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

В.П.ТАРАСИК, С.А.РЫНКЕВИЧ, В.В.РЕГИНЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Необходимость повышения производительности функционирования технических объектов, использование на автотранспортных средствах (АТС) бортовых электронных комплексов, развитие средств и методов определения технического состояния предъявляют к качеству процессов диагностирования повышенные требования. Основные задачи диагностирования – проверка работоспособности механизмов и автомобиля в целом, определение потребности выполнения контрольно-регулировочных и ремонтных операций при техническом обслуживании, поиск неисправностей, сбор и обработка информации для прогнозирования остаточного ресурса.

Оценку технического состояния механизмов автотранспорта традиционно принято осуществлять в системе планово-предупредительных работ, предусматривающей разборку механизмов и деталей после отработки АТС определенного срока эксплуатации или прохождения заданного пробега. Такие работы являются достаточно трудоемкими. Существует еще одно обстоятельство, порождающее серьезную проблему в этой сфере. При создании автомобилей, тракторов и другой техники с очень сложными конструкциями и системами стараются обеспечить равнопрочные элементы механизмов и деталей. Однако условия эксплуатации этих машин настолько разнообразны, переменчивы и неоднозначны, что значения многих параметров изменяются в очень широких диапазонах, нередко достигают предельных уровней и даже превосходят их.

В результате система планово-предупредительных работ неэффективна, поскольку не позволяет своевременно выявить опасные отклонения параметров, обнаружить отказы и скрытые дефекты, предотвратить появление неисправностей и спрогнозировать остаточный ресурс.

В современных рыночных условиях необходим новый подход к такому научному направлению, как «техническая диагностика».

Такой подход разработан на кафедре «Автомобили» и апробирован применительно к диагностированию гидромеханических передач (ГМП) большегрузных автомобилей-самосвалов на предприятии «БелАЗ».

Разработана концепция поэлементного диагностирования ГМП, которая базируется на значительном совершенствовании теории диагностирования как науки и развитии составляющих ее разделов.

Техническое диагностирование включает три основополагающих теории: работоспособности, распознавания и прогнозирования. Все три на-

УДК 629.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИДРОУСИЛИТЕЛЕЙ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

В.П.ТАРАСИК, В.И.МРОЧЕК, Т.В.МРОЧЕК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Рулевые управления троллейбусов, эксплуатируемых в настоящее время в РБ, содержат гидроусилители двух типов: нейтрального (МАЗ-5335) и полуинтегрального (МАЗ-6422). При эксплуатации гидроусилителей важной задачей является оценка их технического состояния.

Для решения данной задачи была разработана математическая модель гидроусилителя, представляющая собой систему дифференциальных уравнений и позволяющая определять области работоспособности гидроусилителя.

При выполнении исследований было предложено дополнить действующий стандарт СЭВ 1629-79, регламентирующий проведение стендовых испытаний гидроусилителей, определением нагрузочных характеристик. Нагрузочные характеристики гидроусилителя представляют собой зависимость скорости v выходного звена от сопротивления повороту управляемых колес, которое на стенде имитируется путем создания нагрузки $F_{\text{наг}}$ на штоке цилиндра гидроусилителя.

В результате исследований были построены нагрузочные характеристики, на поле которых определены области работоспособности гидроусилителей МАЗ-5335 и МАЗ-6422. Области работоспособности расположены между номинальными нагрузочными характеристиками (полученными при номинальных значениях параметров гидроусилителей) и предельными нагрузочными характеристиками (полученными при предельном износе компонентов гидроусилителя с учетом требований стандарта СЭВ 1629-79). В соответствии с требованиями стандарта СЭВ 1629-79 объемные потери в гидроусилителях грузовых автомобилей и автобусов не должны превышать 15 % от номинального расхода. Это означает, что при максимальной нагрузке на штоке цилиндра уменьшение скорости штока по отношению к номинальному значению не должно превышать 15 %.

Установлено, что при проведении общего диагностирования гидроусилителя необходимо контролировать два параметра. В качестве таких параметров могут быть приняты усилие на штоке цилиндра $F_{\text{наг}}$ и скорость штока v либо усилие на штоке $F_{\text{наг}}$ и время регулирования $t_{\text{р}}$. Для исследуемых гидроусилителей условия работоспособности следующие: гидроусилитель МАЗ-5335: при $F_{\text{наг.max}} = 20{,}93$ кН $0{,}034 \le v \le 0{,}039$ м/с или $6{,}33 \le t_{\text{р}} \le 7{,}24$ с; гидроусилитель МАЗ-6422: при $F_{\text{наг.max}} = 42{,}98$ кН $0{,}09 \le v \le 0{,}105$ м/с или $1{,}71 \le t_{\text{р}} \le 1{,}99$ с.

УДК 621. 791

ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ СВАРКИ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

В.М.БЕЛОКОНЬ
Государственного учреждение высшего профессионального образования
«БЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Масштабы применения сварки в смесях защитных газов и особенно в углекислом газе делают особенно чувствительными их недостатки: не всегда удовлетворительный внешний вид швов, в некоторых случаях недостаточная производительность процесса, повышенное разбрызгивание электродного металла. При сварке в углекислом газе теряется в среднем 10 % , в аргоне-до 3 %, в смеси аргона с кислородом или углекислом газом до 5 % электродного металла. Капли расплавленного металла прилипают или сплавляются со свариваемой деталью, солом и мундштуком горелки. Попадание крупных капель в разделку кромок увеличивает возможность появления непроваров и шлаковых включений в металл шва. Возникает необходимость введения дополнительной, трудоёмкой операции-зачистки.

Горение дуги при сварке в углекислом газе имеет особенности. Основная причина этого явления – сжатие столба дуги и активных пятен, вызванное расходом на диссоциацию углекислого газа. Расход тепла на диссоциацию, высокая плотность тока в анодном пятне, перемещение катодного пятна, меньшая степень перегрева капель электродного металла по сравнению со сваркой в инертных газах и в целом весь комплекс процессов определяют нестабильность сил, действующих на каплю и сварочную ванну. При сварке в среде аргона эти явления не наблюдаются.

Установлено, что при сварке с короткими замыканиями дугового промежутка, основной причиной разбрызгивания металла являются электрические взрывы, сопровождающиеся появлением ударной волны, образуемой продуктами взрыва, газодинамического удара и возникновением дугового разряда. Характер и мощность электрического взрыва зависит от скорости нарастания и величины тока короткого замыкания.

Режим сварки количественно и качественно определяет характер процесса сварки. Увеличение силы тока дуги вызывает изменение теплосодержания капель электродного металла. При этом уменьшаются силы поверхностного натяжения, растут электродинамические силы пинч-эффекта, измельчаются капли электродного металла. При определенных значениях сварочного тока процесс сварки с короткими замыканиями переходит в процесс без них.

При низких напряжениях дуга постепенно заглубляется в основной металл, увеличивается глубина проплавления, высота усиления шва, ухудшается формирование шва. Для более высоких напряжений дуги рост

тока до определенной величины приводит к улучшению стабильности горения дуги, заметному уменьшению разбрызгивания.

Получение удовлетворительной формы провара металла изделий, относительно небольших потерь на разбрызгивание, а также высокой производительности достигается оптимальными соотношениями тока и напряжения дуги.

При данных режимах сварки и конкретной защитной атмосфере размер капель электродного металла зависит от вылета электрода, его диаметра.

Потери электродного металла снижаются при рациональном использовании тепла, выделяющегося в вылете электрода. Предварительный подогрев электрода способствует увеличению объема капли и более легкому отрыву ее от торца электрода, уменьшению перегрева металла капель. Так как повышенное количество электродного металла может наплавляться на недостаточно прогретую поверхность свариваемых деталей, возможны наплывы, ухудшение формы шва.

Одним из показателей, влияющих на качество сварных швов, является скорость сварки, наклон электрода относительно горизонтальной плоскости.

Скорость сварки оказывает сложный характер на глубину проплавления. При малых скоростях глубина провара минимальна. Это обусловлено уменьшением вытеснения сварочной ванны из-под основания дуги. У основания дуги образуется слой жидкого металла, который препятствует плавлению основного металла.

Повышение скорости сварки приводит к увеличению глубины проплавления. Чрезмерное увеличение скорости сварки вызывает снижение провара за счет уменьшения погонной энергии.

Ширина шва связана со скоростью сварки обратной зависимостью. Увеличение скорости сварки приводит к уменьшению ширины швов.

Сварку можно вести наклонным электродом вдоль шва углом вперед и углом назад. При сварке углом назад металл шва вытесняется из-под дуги. Глубина провара увеличивается, ширина шва уменьшается.

При сварке углом вперед дуга большей своей частью находится под поверхностью основного металла. Заметно уменьшается глубина провара, увеличивается ширина шва.

Существенно уменьшение потерь электродного металла и других характеристик может быть достигнуто правильным выбором наклона электрода, применением сварки в среде аргона или смесях аргона с активными газами. Какие наиболее рациональные составы защитных газов, величины наклона электрода следует применять, как правило, зависит от требований к качеству изделий и экономических показателей.

В состав КПУФ входит датчик давления, установленный на выходе основной ступени. Он необходим для определения контроллером момента времени, соответствующего завершению первого этапа включения фрикциона – заполнению цилиндра рабочей жидкостью и переходу ко второму этапу – плавному подъёму давления в цилиндре фрикциона. Сигнал этого датчика также используется при диагностировании контролером технического состояния КПУФ и при реализации защиты гидромеханической передачи от поломок, вызванных одновременным включением двух передач.

Испытания КПУФ проводились на стенде, включающем в себя электрическую приводную машину, гидротрансформатор, двухступенчатый редуктор, двухполостную фрикционную муфту и насосную станцию. Во время испытаний регистрировались следующие параметры: давления на входе и выходе КПУФ; давления в первой и второй полостях фрикциона; частота вращения дисков фрикциона; сила тока в обмотке электромагнита и момент на валу стенда.

Цель испытаний заключалась в определении работоспособности КПУФ и в оценке эффективности его функционирования при двух вариантах формирования сигнала управления клапаном – на основе принципа программного управления и на основе принципа замкнутого управления.

Показателями качества включения фрикциона принимались следующие параметры: время буксования фрикциона, коэффициент динамичности момента на валу стенда, длительность включения фрикциона.

Результаты испытаний показывают, что опытный образец ПКУФ является работоспособным. На всех скоростных режимах работы стенда и при разных температурах рабочей жидкости давление в полости цилиндра фрикциона меняется пропорционально изменению электрического сигнала, формируемого контроллером ГМП. Время буксования фрикциона составляет 0,4–0,6 с, что вполне допустимо для надежной работы фрикционных дисков. Коэффициент динамичности момента находится в пределах 1,3–1,8. Меньшие значения относятся к управлению КПУФ на основе принципа замкнутого управления.

Сравнение результатов, полученных при двух исследуемых принципах управления нарастанием давления, показывает, что применение принципа с замкнутым контуром управления имеет значительные преимущества по сравнению с программным управлением.

Применение обратной связи по относительной скорости скольжения дисков в системе с замкнутым контуром управления позволяет получить заданный процесс буксования фрикциона. Это обеспечивает плавное включение фрикциона и вместе с тем гарантирует завершение его буксования в заданное время. В результате достигается предотвращение чрезмерного нагрева фрикционных дисков и их износа.

УДК 621.114

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КЛАПАНА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ФРИКЦИОНОМ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

В.П.ТАРАСИК, Н.Н.ГОРБАТЕНКО, Р.В.ПЛЯКИН,
*В.В. РЕГИНЯ, *С.М. ТЕРЕШОНОК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Республиканское унитарное предприятие
«БЕЛОРУССКИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ ЗАВОД»
Могилев, Беларусь; Жодино, Беларусь

Во время переключения ступеней в гидромеханической передаче (ГМП) на валах трансмиссии автомобиля формируются значительные динамические нагрузки. Для их снижения в последние годы все большее применение находят гидроклапаны с пропорциональным электрическим управлением. Клапаны устанавливаются в каналах включения фрикционов, работают совместно с контроллером ГМП и обеспечивают плавное замыкание фрикционов за счет регулирования давления по характеристике, формируемой контроллером.

В рамках ГНТП «Белавтотракторостроение» сотрудниками кафедры «Автомобили» Белорусско-Российского университета совместно со специалистами научно–технического центра Белорусского автомобильного завода создана оригинальная конструкция клапана пропорционального управления фрикционами (КПУФ), предназначенная для использования на ГМП карьерных самосвалов грузоподъемностью 45 – 60 тонн.

Конструкция КПУФ имеет двухкаскадный принцип построения и состоит из двух ступеней: пилотной и основной. В качестве пилотной ступени применен малогабаритный быстродействующий редукционный клапан с пропорциональным управлением. Основная ступень клапана выполнена в виде регулятора–распределителя золотникового типа с обратной связью по давлению. Она усиливает маломощный сигнал пилотного клапана и сочетает в себе свойства регулирующего и направляющего гидроаппаратов.

Контроллер ГМП подает электрические сигналы управления на пропорциональный электромагнит пилота. В пропорциональном магните сила тяги, развиваемая якорем, регулируется путем изменения силы тока в обмотке магнита. Поскольку золотник пилота механически связан с якорем электромагнита, то изменение силы тока в обмотке вызывает перемещение золотника пилота, пропорциональное току. В результате на выходе пилота создается маломощный гидравлический поток, пропорциональный сигналу управления. После воздействия этого потока на золотник регулятора–распределителя на его выходе формируется поток рабочей жидкости с большим расходом и давлением, пропорциональным электрическому сигналу, действующему на магните пилота.

УДК 621.791.763.2

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ СВАРОЧНОГО ТОКА ПРИ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ Т–ОБРАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Т.И.БЕНДИК, В.П.БЕРЕЗИЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Существующие методы расчета количества теплоты, необходимой для получения сварных соединений с требуемыми прочностными и геометрическими параметрами, не позволяют учитывать особенности протекания процесса рельефной сварки Т-образных соединений. Поэтому авторами предложена методика, которая позволяет определить форму и величину сварочного тока с учетом динамического изменения размеров контактной поверхности в процессе осадки рельефа.

Для расчета сварочного тока составляли уравнение теплового баланса для участка электрод-электрод, включавшее количество теплоты, расходуемое на повышение теплосодержания участка зоны образования сварного соединения, количество теплоты, отводимой из зоны соединения в более холодные слои металла и количество теплоты, отводимой в электроды. Анализ кинетики образования сварного соединения показал, что распределение температурного поля в свариваемых деталях имеет несимметричный характер. Поэтому расчет составляющих теплового баланса мы производили отдельно для стержня и листа.

Для определения теплового баланса листовой детали использовали расчетную схему, представленную на рис. 1,а.

а) б)

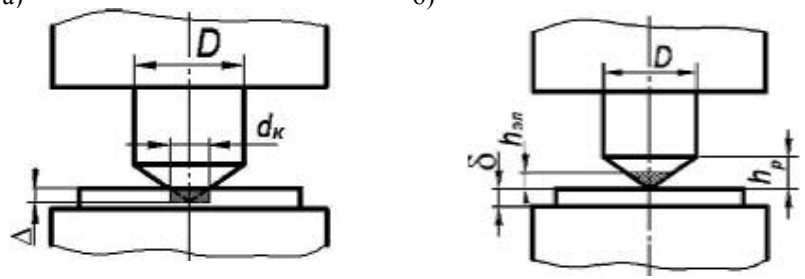


Рис. 1. Расчетная схема сварного соединения: а – схема расчета теплового баланса листа; б – схема расчета теплового баланса стержня; D– диаметр стержня, $h_Р$ – высота рельефа; д – толщина листовой детали; $d_К$ – диаметр контакта деталь-деталь; $h_{ЭЛ}$ – перемещение верхнего электрода; Δ – высота столбика металла листа, нагретого до температуры $T_{СВ}$

Количество теплоты, необходимое для нагрева до температуры T_{CB} столбика металла диаметром d_K и высотой Δ, вычисляли исходя из текущего значения диаметра контакта деталь-деталь, определявшегося по формуле: $d_K = 2 \cdot tg\frac{\alpha}{2} \cdot h_{ЭЛ}$.

Проведенное изучение кинетики образования сварного соединения и металлографические исследования показали, что при сварке стержней диаметром D > 15 мм с листом толщиной δ > 2 мм температура, при которой происходит образование сварного соединения, достигает температуры плавления металла. В расчете теплового баланса $T_{СВ}$ (температура, при которой происходит образование сварного соединения) принимаем равной температуре плавления металла $T_{СВ} = T_{ПЛ}$. При диаметре привариваемого стержня D < 15 мм $T_{СВ}$ принимаем равной температуре образования сварных соединений в твердой фазе $T_{СВ} = 0{,}85 \cdot T_{ПЛ}$.

Для определения количества теплоты в стержне использовали расчетную схему, представленную на рисунке 1, б.

Рассчитав общее количество теплоты, необходимое для образования соединения, определяли действующее значение сварочного тока $I_Д$ и закон его изменения в зависимости от величины осадки рельефа:

$$I_Д = \frac{Q_{ЭЭ} \cdot V_{ЭЛ}}{U_{дд} \cdot h_P},$$

где $U_{дд}$ – падение напряжения на участке деталь-деталь; $V_{ЭЛ}$ - скорость перемещения электрода.

Для нахождения величин $h_{ЭЛ}$, $V_{ЭЛ}$ и $U_{дд}$ использовались результаты математического моделирования и экспериментальные данные, полученные в ходе осциллографирования параметров режима сварки.

Закон изменения сварочного тока в зависимости от величины осадки рельефа учитывался при расчете длительности модуляции импульсов сварочного тока (при реализации технологического процесса рельефной сварки на машинах переменного тока модуляция импульсов тока осуществляется в течение времени 0,04 – 0,08 с).

При сварке низкоуглеродистых сталей зависимость действующего значения сварочного тока от диаметра стержня D (в мм) и толщины пластины δ (в мм) можно представить в виде следующей зависимости: $I_{св} = (10{,}8\sqrt{D} - 19{,}5) \cdot 1000 \cdot \delta^{0{,}1\delta}$ (А), где $\delta^{0{,}1\delta}$ – коэффициент учета изменения толщины листа. При этом длительность протекания сварочного тока следует выбирать прямопропорционально диаметру привариваемого стержня, исходя из следующей формулы: $\tau_{св} = (0{,}06 + 0{,}02D) \cdot \delta^{0{,}1\delta}$ (с).

Т.о., предложена методика расчета величины сварочного тока и его формы в зависимости от диаметра привариваемого стержня и толщины листа, даны практические рекомендации по выбору параметров режима для рельефной сварки стержней с листовыми деталями из низкоуглеродистых сталей.

УДК 623.926

НОВЫЙ СПОСОБ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

*В.А.СУРИНОВ, Л.А.СИВАЧЕНКО, *Т.Л.СИВАЧЕНКО, С.С.ЦЕД
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. Шухова»
Могилев, Беларусь; Белгород, Россия

Современные способы уплотнения смесей глубинными вибраторами связаны с проблемами ввода энергии виброинерционного механизма в вибронаконечник, излучающая поверхность которого незначительна. Это обусловлено невозможностью реализации интенсивных колебаний с его одновременным перемещением без штыкования.

Традиционные конструкции глубинных вибраторов во многом исчерпали свои возможности и функционально ограничены в развитии. Дальнейшее развития данного класса оборудования сводится к реализации волнового ввода колебаний посредствам выполнения оболочки виброизлучателя в виде упругого элемента путем приложения вдоль его продольной оси поличастотных колебаний.

С этой целью виброизлучатель изготавливается в виде упругого элемента, например, пружины, связанной с приводом возвратно – поступательного перемещения. Новый рабочий орган имеет повышенную поверхность излучения, имеет большую амплитуду колебаний и дополнительно производит механоактивацию компонентов смеси, что делает его особенно перспективным.

Разработка охватывает глубинные вибраторы для индивидуальных пользователей промышленного применения на базе модернизированных перфораторов, а также навесные вибраторы с кассетным исполнением излучателей.

Собственно виброизлучатель может быть выполнен в виде пружин, стержней, пластин и других упругодеформируемых элементов. Конструкция нового оборудования проще, а стоимость ниже в сравнении с известными.

Разработаны основные положения нового способа уплотнения, конструктивные решения уплотнителей и методы расчета рабочего оборудования уплотнителя. Разрабатываемое оборудование предполагается использовать при строительстве Белорусской АЗС.

УДК 629.113.004.5

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАГРУЖЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСЛЕ РЕМОНТА

П.Н.СУПРАНКОВ, М.Я.ЯСКЕВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Затраты на эксплуатацию машин растут. Объясняется это многими причинами, в том числе и тем, что качество проведенного ремонта не оценивается на стендах, поэтому неисправности полностью не выявляются и исключаются, имеется вероятность отказа агрегатов на линии.

На основе анализа работы дизельных двигателей в исправном и отрегулированном состоянии, а также при наличии неисправностей и разрегулировок было установлено, что их статическая характеристика, представляющая собой зависимость часового расхода топлива от момента на валу, претерпевает изменения у неисправных двигателей по сравнению с исправными. Это дало основание предложить новый метод диагностирования дизельных двигателей на стенде. Метод заключается в том, что после ремонта двигатель устанавливают на стенд, на котором обеспечивается воспроизведение переменных синусоидальных режимов нагружения с заданным средним значением, амплитудой и частотой переменной составляющей момента на валу диагностируемого двигателя. Измерение среднего значения и амплитуды этого вида нагружения, измерение частоты вращения вала двигателя и часового расхода топлива при заданных скоростном и нагрузочном режимах его работы, и, сравнивая измеренное значение часового расхода топлива с нормативом для воспроизведенного режима эксплуатации двигателя принимают решение о техническом состоянии данного диагностируемого дизельного двигателя.

На основе этого метода диагностирования был разработан стенд для диагностирования дизельных двигателей, содержащий следующие агрегаты и узлы: электрический тормоз, кинематически соединенный упругим валом с валом диагностируемого двигателя, системы питания и нагружения, измерительную систему расхода топлива; датчики момента и частоты вращения, установленные на упругом валу; устройства для измерения среднего значения момента, амплитуды переменной составляющей момента. Система нагружения включает в себя автотрансформатор, трансформатор, выпрямитель, сглаживающий конденсатор, генератор синусоидальных сигналов, усилитель мощности. Датчик момента имеет металлические диски с прорезями и выступами, расположенные на валу, и преобразователи, установленные вблизи вала. С помощью дифференцирующих цепей производится выделение среднего значения момента и его переменной составляющей.

УДК 621.791.763.2

О СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ЭЛЕКТРОДА ПРИ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ Т-ОБРАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В.П.БЕРЕЗИЕНКО, С.М.ФУРМАНОВ, С.В.БОЛОТОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При разработке и внедрении в производство технологии рельефной сварки Т-образных соединений возникает проблема, обусловленная выходом пластифицированного металла на лицевые поверхности изделий, неполной осадкой рельефа, ухудшением стабильности прочностных показателей соединений и т. д. Для решения данной проблемы и оценки результативности процесса рельефной сварки использовались такие параметры, как величина и скорость перемещения подвижного электрода. Изменение данных величин при различных режимах сварки и геометрических размерах рельефов может использоваться в качестве информативного параметра при создании системы управления процессом сварки. Это позволит стабилизировать геометрические параметры сварных соединений, а также обеспечить автоматическое изменение длительности протекания сварочного тока в зависимости от величины осадки рельефа.

Особенностью осциллограмм скорости перемещения подвижного электрода в процессе сварки является значительное колебание этой скорости, обусловленное сложными условиями деформирования металла рельефа при его вытеснении в радиальном направлении.

Как показали проведенные теоретические и экспериментальные исследования, значительное увеличение скорости перемещения происходит на этапе высокоскоростной деформации рельефа из-за нагрева и перехода металла рельефа в пластическое состояние. Если в процессе сварки скорость осадки рельефа превысит максимально возможную скорость перемещения подвижного электрода машины, может возникнуть выплеск расплавленного металла. Если же скорость не достигает требуемого значения, возникает вероятность возникновения непровара.

На основании обработки результатов математического моделирования и осциллограмм процесса сварки различных типоразмеров деталей нами определены зоны выплеска, непровара и качественной сварки. По номограммам процесса, соответствующим заданным условиям сварки, возможно прогнозирование качества получаемого сварного соединения.

Разработанный технологический процесс позволил также обеспечить стабильность прочностных показателей сварных соединений за счет отсутствия зазоров между свариваемыми деталями и полной осадки рельефа.

УДК 621.791

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

С.В.БОГДАНОВ, И.М.КУЗМЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При проектировании и возведении мостов, путепроводов, высотных зданий и сооружений различного назначения широко используются собираемые и монтируемые посредством сварки железобетонные композитные материалы, которые представляют собой систему объединенных для совместной работы металлической компоненты и бетонного заполнителя. Широкое применение композитных материалов является следствием их преимуществ над другими материалами и способами, используемыми в строительстве: высокая несущая способность, большое разнообразие конструктивных форм, простота монтажа и масштабируемости, возможность изготовления конструкций с высоким уровнем заводской готовности, позволяющих обеспечить требуемые специфические эксплуатационные свойства. Высокий уровень заводской готовности или быстровозводимость подразумевает: простоту монтажа, быстрый срок введения в эксплуатацию после монтажа, низкую себестоимость монтажа, отсутствие необходимости в высокой квалификации персонала, задействованного на монтажных работах, возможность обеспечения монтажа в сложных и опасных условиях.

Объектами применения КНЭСК при проектировании быстровозводимых сооружений являются: резервуары объемом более 30 тыс. $м^3$ для хранения нефтепродуктов, либо других агрессивных или легковоспламеняющихся жидкостей, укрытия радиоактивных отходов, либо мест экологической катастрофы, обеспечивающие максимально быстрый и безопасный для персонала монтаж и эксплуатацию. Каждый из объектов имеет свои технологические особенности производства металлической составляющей на основе сварки.

Использование монтажных блоков из КНЭСК для быстровозводимых конструкций позволит, решать как производственные вопросы достижения максимальной индустриализации производства и монтажа, так и обеспечения гарантированного качества конструкций, изготовленных и собранных в заводских условиях, кроме того возможно еще использовать более качественные стали, без увеличения стоимости возводимой конструкции.

датчик меток, а метки располагать на торце фланца карданного вала. Он представляет собой лазерный излучатель, направляемый на ленту с метками, от которой отраженный сигнал регистрируется приемником, находящимся в этом же корпусе. Данный датчик может работать как в горизонтальном, так и в вертикальном положении, считывает до 10000 меток в секунду и располагается на расстоянии до 40 мм, что вполне достаточно для определения углового положения карданного вала на выходе коробки передач. Датчик оптических меток будет находиться под машиной, непосредственно под карданным валом, дистанционно считывая метки, которые будут нанесены на ленте, закрепленной вокруг фланца кардана.

Точность определения суммарного углового зазора будет зависеть от правильно подобранных частот входного и выходного сигналов, приходящихся на один оборот вала исследуемой сборочной единицы. Расчет показал, что требуемая разрешающая способность метода, обеспечивающая необходимую точность, требует расстояния между штрихами меток на ленте не более 0,3 мм, а лазер может считывать штрих-код с разрешением от 0,1 мм.

Для определения суммарного углового зазора на стенде необходимо подать на трансмиссию тестовое воздействие. В данном случае тестовым воздействием будет реверсирование стенда. Это значит, что к ведущим колесам подводится вращающий момент от барабанов стенда сначала в одну сторону, а затем в другую, т.е. стенд реверсируется. После реверсирования движения входной сигнал (с носка коленчатого вала) будет отсутствовать некоторое время, из-за наличия угловых зазоров в зубчатых зацеплениях, а на выходе (с ведущего колеса) будут подсчитываться импульсы за промежуток времени, пока не появятся импульсы входного сигнала. По количеству выходных импульсов и времени появления входных, можно судить о величине суммарного углового зазора трансмиссии. Этот подсчет и определение зазоров, а также расчет номинальных и предельных зазоров, реализуется с помощью компьютерных программ с выдачей протокола диагностирования.

При его превышении необходимо локализовать неисправность, так как в коробке передач суммарный угловой зазор характеризует боковой износ зубьев, а в главной передаче на его величину влияет регулировка конической или гипоидной передач. Поэтому в таких случаях необходимо разделить трансмиссию как минимум на две части, коробку передач и главную передачу и определить их суммарные угловые зазоры раздельно.

Такой подход позволит использовать внешние компьютерные средства с соответствующим программным обеспечением и существующие стенды при минимальном дооснащении трансмиссии. Это существенно облегчает оценку технического состояния зубчатых элементов трансмиссии, как элементов определяющих ее ресурс.

УДК 629.114.2

КОМПЬЮТЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ МАШИН

В.А.СУДАКОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При проведении государственного технического осмотра, а также для определения состояния машин при приемке их на техническое обслуживание и ремонт и при выдаче машин с предприятия автосервиса применяются тормозные роликовые стенды. Эти же стенды можно использовать и для диагностики трансмиссии.

Диагностирование механических трансмиссий осуществляется по суммарному угловому зазору, характеризующему состояние зубчатых зацеплений. Определение его в настоящее время осуществляется инструментальными методами, что отражается на трудоемкости получения результатов и точности диагностирования. Поэтому встает задача автоматизации диагностики трансмиссии по суммарному угловому зазору. Для этих целей можно использовать роликовые стенды, способные реверсировать приводные барабаны, а на трансмиссии установить соответствующие датчики связанные с компьютером.

Для диагностирования трансмиссии на роликовом стенде необходимо разместить датчики таким образом, чтобы снимать показания по относительным угловым перемещениям входного и выходного валов трансмиссии, непосредственно с первичного вала и с ведущего колеса.

При диагностировании трансмиссии по суммарному угловому зазору на точность измерения будет влиять частота сканирования показаний с первичного преобразователя угла поворота вала, установленного в том или ином месте трансмиссии при невысокой угловой скорости ведущих колес на барабанном стенде. Индукционные датчики требуют большой частоты вращения и, следовательно, при малых оборотах вала не выдают сигнал требуемого уровня, достаточного для регистрации принимающей аппаратурой. Фотоэлектрические энкодеры могут применяться для диагностики трансмиссии по суммарному угловому зазору, но возникают трудности установки датчиков на входном и выходном валах коробки передач и ведущих колесах машины. Поэтому наиболее целесообразно использование оптических датчиков скорости, работающих по принципу отражения, которые предназначены для считывания штрих-кодов и дистанционного измерения скорости. Такие датчики удобны для генерирования сигнала углового положения входного вала коробки передач (от носка коленчатого вала) и сигнала углового положения ведущего колеса. Для получения сигнала с выхода коробки передач машины целесообразно применять оптический

УДК 331.46

ЭКСПЕРТИЗА БЕЗОПАСНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

С.Д.ГАЛЮЖИН, В.М.ПУСКОВА, М.И.РУЦКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Анализ ряда несчастных случаев, произошедших при выполнении сварочных работ на предприятиях Могилевской области, показывает, что не всегда персонал, осуществляющий эти работы, выполняет требования безопасности, изложенные в «Правилах пожарной безопасности и техники безопасности при проведении огневых работ на предприятиях Республики Беларусь (ППБ РБ 1.03-92)» и другой нормативной документации. Изложим некоторые из них.

1. Группа рабочих ОАО «Белэнергоналадка» (БЭРН) филиала «Могилевэнергоремонт» выполняла ремонтные (электросварочные и газорезные) работы внутри пароотделительного барабана котла ДЕ16/14 в помещении котельной ПРУТ «Днепровское», расположенного в п. Годылево Быховского района Могилевской области. Для вентилирования во внутрь пароотделительного барабана через правый люк подавался воздух от вентиляционной установки. При выполнении электросварочных работ внутри барабана произошел взрыв газоторфяной смеси, находящейся в барабане, в результате которого трое работников ОАО «БЭРН» получили травмы. Двое из них, находящихся снаружи барабана, у люков (справа и слева), получили травмы со смертельным исходом.

При проведении экспертизы установлено:

– перед выполнением электросварочных работ внутри пароотделителя барабана котла выполнялись газорезные работы пропаново-кислородной смесью из баллона с помощью универсального ручного резака инжекторного типа Р3Г по ГОСТ 5191-79;

– используемый резак был технически неисправен, так как имел утечки газов в сопло резака из-за негерметичности в запорных вентилях резака, причем утечки через вентиль подачи кислорода на резку были значительными;

– на внутренних поверхностях пароотделительного барабана имелись отложения торфяной пыли;

– во время выполнения сварочных работ резак находился возле правого люка пароотделительного барабана.

Причинами несчастного случая явились:

– наличие внутри пароотделительного барабана взрывоопасной концентрации пропана из-за неисправности резака;

– не выполнение исполнителями п.4.4. Правил пожарной безопасности ППБ РБ 1.03-92 «Перед началом работ в закрытых емкостях производится анализ воздушной среды».

2. Группа рабочих в составе трех человек ОАО «Глусский райагропромтехснаб» выполняла ремонтные (в том числе и газосварочные) работы системы внутреннего водоснабжения молочно-товарной фермы (МТФ) в д. Мыслотино колхоза «Правда» Глусского района Могилевской области. Работы выполнялись в здании для содержания крупнорогатого скота, там же и располагался сварочный ацетиленовый генератор. Произошел взрыв сварочного генератора, во время которого травму со смертельным получил работник МТФ колхоза «Правда», находящийся рядом со сварочным генератором. Во время взрыва сварочного генератора рабочие ОАО «Глусский агропромтехснаб» сварочные работы не проводили и находились вне здания.

При проведении экспертизы установлено:

– обследуемый сварочный генератор соответствует генератору ацетиленовому АСП-10 модели ИЮЖН 364563 2306 (предприятие-изготовитель ОАО «Автоген» г. Воронеж, Россия);

– для крепления защитного устройства к корпусу генератора на корпусе защитного устройства имеются два штыря, с помощью которых оно навешивается на планку, приваренную к корпусу генератора;

– у обследуемого генератора для крепления защитного устройства планка и штыри не использовались;

– защитное устройство соединялось с корпусом только с помощью выходного ниппеля;

– в зоне крепления выходного ниппеля к корпусу обследуемого генератора имелись вмятины и следы сквозной ржавчины, которые могли возникнуть только при наличии там трещины, через которую возможны утечки ацетилена с корпуса генератора.

Таким образом, наиболее вероятной причиной взрыва явилась утечка ацетилена в зоне крепления ниппеля с вентилем и защитным устройством к корпусу газосборника и образование в этой зоне ацетиленового облака. Источником воспламенения ацетилена могло быть пользование открытым огнем находившегося в зоне работы генератора работника МТФ колхоза «Правда» (курение, пользование спичками, зажигалкой и т.п.).

Причиной несчастного случая явился взрыв ацетиленового генератора АСП-10, произошедший из-за детонационного разложения (горения) ацетилена внутри его корпуса. Наиболее вероятно, что детонационное разложение (горение) внутри корпуса генератора произошло из-за наличия утечек ацетилена между выходным ниппелем и корпусом ацетиленового генератора, образования в этой зоне ацетиленового облака и попадания в это облако внешнего источника воспламенения от пострадавшего работника МТФ колхоза «Правда».

УДК 621.879

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН С ДИСТАНЦИОННЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

А.П.СМОЛЯР
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одним из направлений совершенствования гидравлических систем мобильных строительно-дорожных машин является использование дистанционного гидравлического управления рабочим оборудованием машины.

Основными преимуществами реализации дистанционного управления являются: упрощение монтажа на машине из-за отсутствия рычажных систем, соединяющих золотники рабочего распределителя с рукоятками управления; возможность управления скоростью гидродвигателя; снижение усилий на рукоятках управления; возможность управления одной рукояткой двумя гидродвигателями.

Как правило, на строительно-дорожных машинах в качестве устройствпа питания для блока дистанционного гидравлического управления используется гидропневмоаккумулятор (ГПА), заряжающийся от основного контура через редукционный клапан и поддерживающий заданное давление в системе управления.

Однако опыт эксплуатации машин с таким блоком питания выявил ряд недостатков. Так, например, давление в линии управления достаточно нестабильное. Установка ГПА в схему с разгруженным насосом может привести к невозможности включения гидродвигателей в начальный момент работы, когда ГПА разряжен. Для его зарядки необходимо создать давление в гидросистеме, на что требуются определенные затраты времени. Основным же недостатком является их низкий срок службы, который зачастую не превышает шести месяцев.

Устранить указанные недостатки можно, отказавшись от блоков питания с ГПА, применив схему с дополнительным насосом подпитки. В качестве подпитывающего насоса рекомендуется использовать шестеренный насос с рабочим объемом, составляющим 6 или 10 $см^3$. Данная схема позволяет обеспечить стабилизацию давления в линии управления, сглаживание пульсаций давления при переходных режимах работы. Затраты мощности на привод шестеренного насоса не превышают 2-3 кВт, а их современный технический уровень позволяет служить практически весь срок эксплуатации машины.

Если на базовой машине имеется два контура, в одном из которых поддерживается постоянное давление, например, контур рулевого управления, то питание блока управления рабочим оборудованием целесообразнее производить от данного контура.

Использование блоков питания, не имеющих гидропневмоаккумуляторов, позволяет, сохранив все преимущества дистанционного гидравлического управления, устранить недостатки связанные с низкими эксплуатационными показателями.

УДК 658.512

ВСТРОЕННЫЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ГИДРОПРИВОДА

А.А.СЛАВИНСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

К гидроприводу навесного оборудования автомобильного крана предъявляются повышенные требования безотказности, надежности и долговечности. От этих показателей напрямую зависит безопасность его эксплуатации. Кроме того, гидропривод – это сложная и дорогостоящая система, поэтому оценка его технического состояния – важная и необходимая составляющая технического контроля автокрана.

Технический контроль по наработке не гарантирует эксплуатацию в пределах установленных технических требований к гидросистеме. Не исключаются преждевременные выходы из строя составных элементов гидропривода, поскольку не учитываются индивидуальные особенности каждого автомобиля и текущие условия эксплуатации, что зачастую приводит к серьезным аварийным ситуациям.

Частью концепции развития, как и ведущих мировых производителей автомобильных кранов (наиболее яркий пример Liebherr), должно стать надежное и быстрое распознавание и устранение неисправностей с помощью встроенных систем диагностики неисправности.

Реализация концепции позволит полнее использовать ресурс узлов, агрегатов и привода в целом; устранить необоснованную разборку узлов; уменьшить простои из-за неисправностей гидроприводов путем прогнозирования и предупреждения отказов; снизить трудоемкость ремонта и технического обслуживания за счет сокращения разборочно-сборочных работ; повысить экономические показатели работы автокрана.

Для реализации этой концепции поставлены следующие задачи исследований:

– выполнить анализ экспериментальных и теоретических исследований состояния гидропривода автокрана при: выполнении рабочих операций и в режиме неисправности;

– выполнить синтез структуры бортовой системы диагностирования навесного оборудования автокрана (БСДГ НОА);

– разработать методику построения диагностической модели и синтеза алгоритмов поиска неисправности БСДГ НОА;

– разработать диагностические модели и алгоритмы поиска неисправности БСДГ НОА;

– разработать методику и провести испытания БСДГ НОА.

УДК 621.791

ОБ ОДНОМ ИЗ СПОСОБОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ СВАРОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

В.В.ДЕСЯТНИК, А.Г.ЛУПАЧЕВ
Государственно учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Существует способ устранения остаточных деформаций путем проковки или прокатки роликами зоны пластических деформаций укорочения, которые всегда расположены рядом со сварным швом.

Способ основан на том, что необходимо зонам пластических деформаций укорочения, придать деформации удлинения, которые были бы равны деформациям укорочения, приобретенных ими на стадии нагрева.

Т.е., деформируя металл в направлении его толщины, мы тем самым заставляем его деформироваться в двух других направлениях, что и позволяет устранить сварочные деформации укорочения вдоль и поперек сварного шва.

Этот же метод можно использовать, как метод предотвращения деформаций, используя его следующим образом. До сварки листовых конструкций кромки листов в холодном состоянии предварительно пластически деформируются в направлении толщины на ширине, равной ширине зоны пластических деформаций, которые в последствии возникнут от сварки.

Последующий сварочный нагрев приведет к тому, что укорочение, возникшее в указанных зонах сложится с предварительно созданным удлинением, и его компенсирует. Однако при наведении предварительных деформаций по кромке листов неизбежно возникновение его серповидности, что может сильно затруднить сборку полотнища.

Отсюда следует вывод о том, что наведенное заранее поперечное перемещение кромки не должно превышать послесварочное.

Таким образом, размер деформирования в направлении толщины листа должен соответствовать деформированию в направлении ширины листа, равной последующей поперечной усадке.

Расчет величины поперечного перемещения, в направлении толщины, а следовательно, и усилий деформирования не представляет сложности и производится инженерными методами, принятыми в практике расчета остаточных деформаций сварных конструкций.

УДК 621.791

ОБ ОДНОМ ИЗ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ МАССЫ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

В.В.ДЕСЯТНИК, А.П.РОТАЧ
Государственно учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Испытания сварных соединений с угловыми швами показывают результаты значительно не совпадающие с их прочностью, определенной расчетными методами, принятыми в практике инженерных расчетов.

Как правило экспериментально определенная прочность превышает расчетную. В зависимости от ориентации шва по отношению к направлению приложенной нагрузки разница в результатах может доходить до 1,8.

Зависимость коэффициента повышения прочности от ориентации шва по отношению к направлению нагрузки в свое время была установлена в работах В.А.Винокурова и А.С.Куркина. Однако ее использование в большинстве случаев, особенно в машиностроительных конструкциях, представляет определенную трудность из-за сложности точного определения ориентации сварных швов по отношению к направлению нагрузки.

Предлагается следующий путь преодоления указанной трудности.

Известно, что напряженно-деформированное состояние описывается тензорами и девиаторами напряжений и деформаций. Тензор свидетельствует об уровне величины, а девиатор о ее направлении.

Таким образом, если определить девиатор напряжений в сварном шве, продифференцировать его по различным направлениям, то направление нагрузки по отношению к шву можно определить по одной из производных, т.е. по ее максимуму. Выполнить указанную процедуру можно, если воспользоваться такими вычислительными инструментами, как программные комплексы «COSMOS» или «ANSIS». Эти программные комплексы представляют картину напряженно-деформированного состояния в виде цветной схемы распределения интенсивности напряжений, в которой каждый из цветов соответствует определенной интенсивности напряжений.

Таким образом, если вдоль шва в его объемном представлении в определенном направлении картина меняется медленно, это и есть превалирующее напряжение нагрузки.

методики энергетической оценки тягово-динамических качеств был положен вероятностно-статистический подход определения основных величин, характеризующих сцепные свойства машин.

В процессе исследования варьировались такие показатели как объем транспортируемой пачки деревьев и скорость ее перемещения. Объем пачки хлыстов принимался равным 1; 1,4; 1,8 м^3, а скорости передвижения изменялись в приделах 1,25 – 2,0 м/с. Было установлено, что изменение эффективной мощности на перемещение трактора и транспортируемого груза не носят линейный характер. Показатели мощности при движении трактора с пачкой деревьев объемом 1м^3 на трелевочном волоке не имеющем препятствий для скоростей 1,25-2,0 м/с составляют 4,9-12,1кВт, а для пачки 1,4 м^3 при тех же скоростях передвижения и дорожных условиях величины мощности составляют 6,1-18,0 кВт. Работа трелевочного трактора ТТР-401 при аналогичных эксплуатационных условиях с опущенным трелевочным щитом позволяла снизить затраты мощности на перемещение трактора и пачки деревьев на 5-11 %. Наиболее характерно преимущество новой конструкции наблюдалось при преодолении труднопроходимых участков местности. Показатели мощности на задних колесах для объемов пачек деревьев 1,4 и 1,8 м^3 при скоростях 1,25-2,0 м^3 для серийной конструкции оборудования составляли 5,1-11,8 кВт и 7,6-14,2 кВт соответственно. Применение дополнительной колесной опоры позволяло снижать показатели мощности на колесах заднего моста в среднем на 5,5-12,4 %. Необходимо отметить и тот факт, что технологические составляющие затрат времени процесса трелевки также снижаются при применении дополнительной колесной опоры, что в конечном итоге приводит к повышению производительности работ на 8-15 %.

Повышение тягово-динамических качеств лесных колесных машин при работе на грунтах с низкой несущей способностью может быть достигнуто совершенствованием ходовой части, что приведет к перераспределению нагрузок на несущую систему в процессе движения. Введение в конструкцию технологического оборудования дополнительного колеса (опоры) позволяет снизить показатели энергетического процесса трелевки на 5-10 % при работе на грунтах с низкой несущей способностью. При установившихся режимах движения колесного трелевочного трактора ТТР-401 показатели мощности на ведущих органах на 5,5-12,4 % ниже, чем при работе машины с колесной опорой на трелевочном щите.

УДК 634.377*

ОЦЕНКА ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ КОЛЕСНЫХ ЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

В.А.СИМАНОВИЧ, А.И.СМЕЯН, В.А.БОБРОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Механизация трудоемких операций лесозаготовительного процесса связана с лесными агрегатными машинами различного конструктивного назначения. В большинстве своем они представляются сложными и их совершенствование идет по различным направлениям в зависимости от их технологической принадлежности. Трудоемкость лесозаготовительного процесса на стадии трелевки-вывозки древесины самая высокая и механизации этой операции в лесной отрасли отводится первостепенное внимание. Применение колесных трелевочных тракторов ТТР-401, а также сельскохозяйственных машин МТЗ-80/82 с некоторыми конструктивными изменениями в навеске прицепных орудий позволили максимально снизить долю ручного труда на трелевке хлыстов. Предприятия лесной отрасли перешли на эксплуатацию лесных колесных машин. Колесные трелевочные тракторы, оборудованные тросочокерной оснасткой в процессе работы не в полной мере реализуют свои тягово-сцепные свойства ввиду перераспределения груза транспортируемой пачки деревьев преимущественно на задний мост. При этом передний мост разгружается, что приводит к ухудшению таких эксплуатационных показателей как маневренность, устойчивость и проходимость. В конечном итоге, это приводит к снижению производительности на трелевке.

В 2006-2008 гг. образец трактора ТТР-401 был усовершенствован с целью повышения тягово-сцепных качеств на трелевке древесины. Конструкция технологического оборудования была изменена. Вводилась дополнительная ось, на которой закреплялись колеса, имеющие связь с трелевочным щитом. При работе трактора ТТР-401 в благоприятных условиях транспортировка хлыстов осуществлялась в полуподвешенном состоянии. В случае преодоления трактором участков местности с низкой несущей способностью грунтов или отдельных препятствий использовалась предлагаемая конструкция. В этом случае трелевочный щит опускался на колеса, что позволяло перераспределить вес от пачки хлыстов, что способствовало реализации тяговых усилий трелевочной машиной.

Улучшение тягово-сцепных свойств было подтверждено экспериментальными исследованиями при выполнении работ по трелевке деревьев на различных скоростных режимах в одном из лесхозов республики. В основу

УДК 621.791.763.1

О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ НА ВЕЛИЧИНУ КОНТАКТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

С.Н.ЕМЕЛЬЯНОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При контактной точечной сварки сталей с цинковым покрытием недостатком является разрушение покрытия в местах постановки точек и снижение коррозионной стойкости соединения.

Эксплуатационные показатели сварного соединения в значительной степени зависит от характера изменения сопротивления в процессе сварки. При чем важную роль в этом процессе играют контактные сопротивления в зоне электрод-деталь, величина которых определяет тепловыделение в указанной области и оказывает влияние на общий тепловой баланс и, как следствие, на процесс деформирования защитного покрытия.

Проведены сравнительные исследования процесса контактной точечной сварки сталей толщиной от 0,8 до 1,5 мм из низкоуглеродистой стали 08 кп без нанесения покрытия и с защитным цинковым покрытием толщиной 25 мкм. Задачей таких исследований являлось выявление причин, по которым цинковое покрытие в местах контактов электрод-деталь разрушается.

Для определения влияния параметров режима сварки на изменение контактных сопротивлений в процессе сварки использована экспериментальная установка, содержащая устройство для измерения падения напряжения на участке электрод-деталь, датчики сварочного тока и перемещения. Важной частью экспериментальной установки являлось устройство сбора и обработки информации, позволяющее осуществлять запись и обработку параметров быстропротекающих процессов.

На рис. 1. представлены графики изменения контактного сопротивления в зоне электрод-деталь (Rэд) при сварке сталей без покрытия (кривая 1) и с цинковым покрытием (кривая 2). Показано, что к концу процесса сварки на жестких режимах ($\tau_{св}$=0,2 с) контактные сопротивления Rэд составляют для стали без покрытия 80-95 мкОм, а для стали с цинковым покрытием – 48-53 мкОм. При сварке на мягких режимах контактные сопротивления Rэд для сталей без покрытия к концу процесса сварки составили 78-92 мкОм.

Наличие на поверхности свариваемых деталей цинкового покрытия, имеющего низкий коэффициент сопротивления деформации и низкую температуру плавления, приводит к формированию значительно большей площади контактов деталь-деталь и электрод-деталь по сравнению со сваркой сталей без покрытия. Следствием этого является снижение на-

чального сопротивления участка электрод-электрод на 30-40 % по сравнению с начальным сопротивлением у аналогичных сталей без покрытия, уменьшение суммарного тепловыделения в данной зоне на 20 % и необходимость повышения величины сварочного тока для обеспечения требуемых параметров точечного соединения.

Проведенные исследования характера изменения сопротивлений в зоне электрод-деталь для сталей без покрытия и с цинковым покрытием в зависимости от режима сварки свидетельствуют о том, что жесткие режимы сварки сталей с цинковыми покрытиями (с малым временем протекания сварочного тока) приводят к меньшим на 20-25 % значениям контактного сопротивления в зоне электрод-деталь к концу процесса протекания тока.

Причиной более низких сопротивлений участка электрод-деталь при сварке оцинкованных сталей на жестких режимах является наличие тонкой прослойки цинка в зоне этого контакта. При сварке на мягких режимах, когда все цинковое покрытие удаляется из зоны контакта, величины сопротивлений Rэд повышаются и составляют 73-78 мкОм

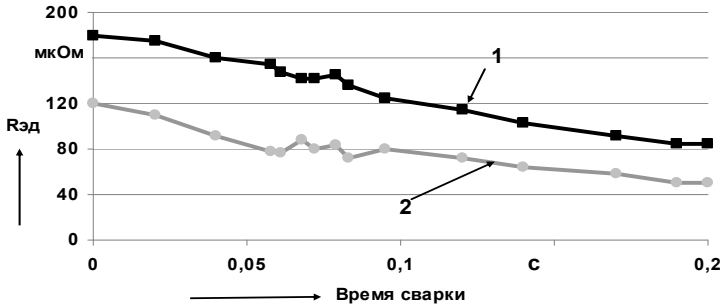


Рис. 1. Изменение сопротивления Rэд в процессе сварки: 1 – сталь без покрытия; 2 – сталь с цинковым покрытием

Анализ результатов измерений и проведенных металлографических исследований показал, что при контактной точечной сварке сталей с цинковым покрытием на жестких режимах в контакте электрод-деталь сохраняется прослойка цинка, которая оказывает влияние как на величину сопротивлений участка электрод-деталь, так и благоприятно сказывается на коррозионной стойкости соединения. Увеличение времени протекания сварочного тока приводит к полному вытеснению цинкового покрытия из зон контактов электрод-деталь. По этой причине получение соединений, обладающих коррозионной стойкостью, является довольно сложной задачей. Для ее решения необходимо искать пути снижения сопротивлений участка электрод-деталь не только в начале процесса протекания сварочного тока, но и в ходе нагрева зоны сварки, а также методы снижения деформационной способности материала защитного покрытия.

УДК 634.377*

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОЛЕСНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ

В.А.СИМАНОВИЧ, В.А.ДЕМИДОВ, С.А.ГОЛЯКЕВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Республика Беларусь

Процессы переместительного характера в лесозаготовительном производстве являются энергоемкими ввиду специфики предмета труда, каким является хлыст или сортимент. Совершенствование операций по сортиментной заготовке древесины должно быть направлено на создание многооперационных машин многоцелевого назначения (харвестеров). Технологическое оборудование этих машин выполняет такие операции как валка деревьев, обрезка сучьев, раскряжевка их на сортименты. Многооперационные машины создаются на базе модулей адаптируемых к работе базовой машины. Такие узлы машины как стойка, стрела, рукоять параметрически соответствуют устанавливаемым на их навеску механизмам захватных приспособлений или захватно-срезающих устройств. Параметры базовой машины определяются из условий работы машины с деревом на максимальном вылете стрелы. Машины многооперационного действия должны создаваться на шасси, предпочтительно с колесной формулой 6К6.

Также погрузочно-транспортные машины должны быть на колесном шасси, обладать высокой маневренностью и проходимостью, оборудованы манипулятором с большим грузовым моментом. При работе машин на грунтах с низкой несущей способностью возможна установка на колесах балансирных тележек легкосъемных металлических гусениц. Наиболее перспективными будут машины 6К6 и 8К8. Технологическое оборудование машин должно быть комбинированным. На раме транспортного средства возможна установка дополнительной лебедки, посредством которой могут выполняться дополнительные технологические операции. На лесовозные автопоезда для перевозки хлыстов и сортиментов устанавливают манипулятор с повышенными эксплуатационными качествами. Это прежде всего касается установки манипуляторов с моментом, позволяющим осуществлять погрузку хлыстов объемом 0,4 – 0,7 м^3.

Приведенные предложения по совершенствованию колесной техники для заготовки древесины необходимо рассматривать как перспективные предложения конструкторской направленности.

УДК 626.926

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ АГРЕГАТА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОКРАШЕННОЙ СМЕСИ ДЛЯ СИЛИКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Л.А.СИВАЧЕНКО, Е.И.КУТЫНКО, В.А.БАРАЗНОВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одним из основных строительных материалов ввиду его небольшой стоимости и продолжительного срока службы является силикатный кирпич.

Сегодня, когда эстетическая сторона проектов выходит на передний план, выпуск цветного силикатного кирпича стал актуальным как никогда.

Для придания цвета в силикатную смесь добавляются атмосферостойкие и щелочестойкие пигменты.

На Могилевском комбинате силикатных изделий производство окрашенного силикатного кирпича осваивается впервые. Метод введения сухого пигмента в силикатную массу, дающий возможность получать силикатный объемно окрашенный полнотелый кирпич, был выбран совместно с технологической службой на основании опыта российских и зарубежных партнеров.

Для окрашивания использовалась стандартная силикатная масса и железоокисный пигмент керамического цвета в объеме 1,5 % от общей массы. Предварительные результаты, полученные с применением лопастных смесителей не дали желаемого результата: кирпич, несмотря на тщательное перемешивание, оказался неравномерно окрашенным. Из-за наличия небольшой влажности, мелкие частицы красителя и массы скомковались, оставив на кирпиче яркие пятна.

Для осуществления более равномерного и качественного смешивания в подготовке силикатной массы, в качестве основного смесительного агрегата была предложена дробилка ударного действия с вертикальным ротором. Дробилка имеет две опоры и три ряда бил по четыре на ряду. Диаметр рабочей камеры 800 мм, окружная скорость бил около 50 м/с. Материал, прошедший дозированное смешивание попадал в камеру дробилки. Под действие бил комки материала разбиваются, происходит тщательное смешивание и дополнительное небольшое доизмельчение смеси. Продукт, полученный на выходе процесса имеет рассыпчатую мелкую однородную структуру.

Полученный таким образом кирпич однороден по структуре и цвету.

Производительность дробилки на силикатной окрашенной массе составило 30 т/ч, энергопотребление – 20 кВт/ч. Затраты на изготовление и эксплуатацию такого смешивающего агрегата в 2-3 раза меньше, чем у аналогичных смесителей зарубежного производства.

УДК 621.791

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ МАГНИТОУПРУГИХ ЯВЛЕНИЙ

В.П.КУЛИКОВ, С.В.БОЛОТОВ, А.М.БЕЛЯГОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Металлоконструкции нефтехимического производства испытывают во времени целый ряд трудно предсказуемых воздействий, приводящих к изменению их напряженного состояния вследствие действующих нагрузок, контактирующих сред, колебаний температуры. Действия этих напряжений совместно с внутренними и рабочими напряжениями создают предпосылки для разрушения конструкций и возникновения аварий. Учесть эти факторы расчетными методами не всегда удается. Вместе с тем имеется возможность контроля напряженного состояния металла методами неразрушающего контроля.

Известно, что под действием механических напряжений (внешних и внутренних) изменяются параметры кривой намагничивания и петли гистерезиса, в частности, величины остаточной намагниченности, коэрцитивной силы.

В Белорусско-Российском университете разработаны методы и средства контроля механических напряжений на основе магнитоупругих явлений в остаточно-намагниченном материале, созданы опытные образцы силовых преобразователей для осуществления контроля.

Установлено, что применение в качестве информативного параметра относительной анизотропии коэрцитивной силы на поверхности металлоконструкции из различных сталей позволяет сузить разброс градуировочных характеристик для оценки степени нагружения.

Предложены методы отстройки от влияния на результаты измерений магнитной предистории образцов, зазора между преобразователем и контролируемой поверхностью до 5 мм, что позволяет производить измерения без снятия изоляции. Погрешность в измерении механических напряжений для трубных образцов не превышает ±12 %.

Установлено, что при накоплении усталостных повреждений максимальное значение степени изменения напряжённости магнитного поля достигается в зоне разрушения и составляет (3÷4)±0,5. Непрерывный мониторинг указанного параметра с помощью автономных магнитоупругих преобразователей, устанавливаемых на поверхности оборудования, позволяет отслеживать динамику развития повреждений, приводящих к разрушению конструкции.

УДК 620.791

ВЛИЯНИЕ НАВОДОРАЖИВАНИЯ СВАРНЫХ ШВОВ НА КОЭРЦИТИВНУЮ СИЛУ МЕТАЛЛА

В.П.КУЛИКОВ, Р.С.ХЛЫСТУНОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Отрицательное влияние водорода на механические и эксплуатационные свойства сварных соединений является хорошо изученным и доказанным фактом. Водород увеличивает внутренние трение металла, приводит к водородной усталости, снижает коррозионную стойкость, повышает хрупкость металла, способствует возникновению и развитию дефектов в стали и ее дальнейшему разрушению.

Однако, взаимосвязь водорода с магнитными характеристиками металла является намного менее изученным вопросом. Распространено представление, что наводороживание стали вызывает повышение коэрцитивной силы и снижение магнитной проницаемости, Однако эти представления относительны, так как наблюдавшиеся явления изменений магнитных свойств зависят не только, а иногда не столько от водорода, поглощенного металлом, но и от изменений, произошедших с металлом под влиянием водорода, — от появления остаточных напряжений решетки и нарушений ее сплошности, обезуглероживания. Кроме того, указанное явление практически не изучено для сталей, используемых для изготовления трубопроводов, предназначенных для транспортировки водородосодержащих веществ в нефтехимической промышленности

Проведенные экскременты по катодному наводораживанию образцов из стали 20 подтвердил представление о том, что насыщение металла водородом увеличивает коэрцитивную силу. Установленная зависимость между коэрцитивной силой и временем наводораживания показывает плавное увеличение магнитной характеристики от 4 до 24 А/дм. Причем для графика характерно уменьшение угла наклона кривой с течением времени.

Таким образом, воздействие водорода на магнитные свойства стали связано, по-видимому, с двумя процессами, сопровождающими наводораживание: обезуглероживанием и созданием напряженного состояния в объеме металла.

Указанные зависимости могут быть использованы для целей диагностики состояния металла сварных трубопроводов нефтеперерабатывающего оборудования по коэрцитивной силе.

УДК 625.08

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВИБРАЦИОННОГО УПЛОТНЕНИЯ С НЕПРЕРЫВНЫМ КОНТРОЛЕМ ПАРАМЕТРОВ

В.И.СЁМЧЕН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Отечественная и зарубежная практика показывает, что эффективность уплотняющей техники зависит от режима ее работы. Обеспечение оптимального режима работы уплотняющих машин достигается с помощью автоматических систем.

В вибрационных катках с изменяемыми параметрами силового воздействия на материал автоматизация режима работы может осуществляться за счет регулирования скорости движения катка и изменения параметров вибровозбудителя. При этом должен осуществляться непрерывный контроль состояния уплотняемой среды и производиться соответствующие изменения параметров воздействия.

Для управления автоматизированной системой управления необходим соответствующий гибкий алгоритм или набор жестких алгоритмов для различных условий уплотнения.

В основу предлагаемого гибкого алгоритма было положено исследование модели функционирования системы «виброкаток-асфальтобетон». Система управления рассматривалась как две подсистемы: для контроля параметров вибровозбудителя и для оценки степени уплотнения материала.

Подсистемы контроля параметров и контроля степени уплотнения могут получать данные как от датчиков, так и при обмене информацией между предыдущим и следующим катком в группе. Для этого в алгоритм включен модуль, позволяющий использовать информацию о состоянии материала, необходимых параметрах вибровозбудителя и скорости движения при последующем проходе.

Для предотвращения аварийных ситуаций оператору предоставляется возможность отключения автоматики и переход в любой момент времени на ручное управление.

Предлагаемая система управления параметрами вибрационного уплотнения обеспечивает возможность постоянного контроля степени уплотнения и быстрой корректировки характеристик вибрационного воздействия на асфальтобетонную смесь. Эта система позволяет достигнуть оптимальной степени уплотнения в широком интервале температур, характеристик смеси и толщины слоя, что повышает производительность и качество получаемого покрытия.

УДК 629.113.004.5

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Е.Н.САФРАНКОВ, А.В.КУКИШЕВ, В.В.ГЕРАЩЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Затраты на эксплуатацию машин растут, объясняется это многими причинами, в том числе и тем, что техническое обслуживание и ремонт остаются на низком уровне, вследствие чего, машины эксплуатируются с неисправностями и разрегулировками. Для устранения этого недостатка необходимо совершенствовать существующее и создавать новое оборудование.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований было разработано устройство для измерения угла опережения зажигания, которое содержит датчик момента зажигания, подключенный к низковольтной клемме прерывателя-распределителя и выполненный на импульсном диоде и последовательно соединенной с ним дифференцирующей цепи. На выходе последней формируется электрический импульс от дифференцирования тока, протекающего в первичной цепи катушки зажигания. Второй управляющий импульс формируется в момент прихода поршня в верхнюю мертвую точку. Для формирования второго импульса разработан датчик верхней мертвой точки, выполненный в виде диска, имеющий радиальные по внешней окружности выступы и прорези, и преобразователя импульсного щелевого, установленного на кронштейне с обеспечением возможности свободного прохождения диска в щели преобразователя. Питание преобразователя осуществляется от аккумуляторной батареи.

Импульсы датчика момента зажигания и датчика верхней мертвой точки последовательно подаются на входы триггера, выполненного на двух биполярных транзисторах и четырех резисторах. При этом импульсы, сформированные датчиком момента зажигания, устанавливают триггер из нулевого состояния в состояние единицы, а импульсы, сформированные датчиком верхней мертвой тоски, переустанавливают триггер в первоначальное состояние. Вследствие этого на выходе триггера при работе двигателя внутреннего сгорания формируется последовательность прямоугольных импульсов, длительность каждого из которых в данный момент времени пропорциональна углу опережения зажигания. Устройство отличается простотой и малой стоимостью, может быть установлено не только на стенде для диагностирования двигателей, но и на автотранспортных средствах для тех же целей.

УДК 621.791

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ПРИСОЕДИНЕНИИ ОТВОДОВ

А.Г.ЛУПАЧЕВ, В.П.КУЛИКОВ, А.М.БЕЛЯГОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время при присоединении отводов к трубопроводам под давлением широко применяется дуговая сварка. Монтаж отводов производится при помощи накладных тройников, состоящих из двух полуцилиндрических элементов с заранее приваренным к одному из них патрубком. При этом возможно возникновение ситуаций, связанных с потерей несущей способности, вызывающей разрушение трубопроводов. Проводились экспериментальные исследования по определению безопасных режимов сварки, однако они недостаточны по причине большой трудоемкости. Поэтому данная работа продолжена с использованием расчетных методов по определению напряженно-деформированного состояния трубы при присоединении отводов.

Была разработана конечно-элементная модель выполнения процесса сварки, что позволило провести совмещенный термомеханический его анализ в статическом, квазистационарном и переходном режимах. Расчет реализован с использованием программного комплекса MSC. Marc, включающего набор инструментов для моделирования процесса сварки: тепловой поток объемного источника в основном и металле шва, температура плавления присадочного материала, траектория движения источника тепла, режимы сварки.

Для задания теплового потока в трех измерениях использован эллипсоидальный источник нагрева. Его размеры задаются относительно осей, задаваемых траекторией источника нагрева. Значение ширины, глубины, длины передней и хвостовой части задаются для объемного источника при исследовании параметров, изменяющихся во времени. Тепловое вложение от сварочной дуги смоделировано в виде распределенных источников, действующих в основном и наплавленном металле. Температура задается динамически, путем изменения граничных условий на элементах модели по мере их активации.

Анализ расчетов позволил определить распределение напряжений в процессе сварки, режимы, при которых они достигают предела текучести, а, следовательно, предотвратить нарушение сплошности трубы путем их оптимизации.

УДК 621.791:338.45

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ

В.Г.ЛУПАЧЁВ, Д.А.СЧИСЛЁНОК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Постановка задач инновационного развития сварочного производства связана с созданием организационных, экономических и правовых условий, способствующих вовлечению в хозяйственный оборот результатов научно-технической деятельности и развития на их базе производства конкурентоспособной наукоемкой продукции (услуг).

В работе инновационные процессы в сварочном производстве рассмотрены с трех позиций: средство стратегического преимущества организаций, для которых собственно инновации не являются основным видом деятельности; вид деятельности, результатом которого являются конкретные научные, научно-технические, профессионально-педагогические и иные результаты; расширение доли рынка усовершенствованных технологий.

В работе использована гипотеза о влиянии инновационных процессов на компоненты, свойственные любой деятельности: потребности—мотив—цель—задача—технология—действие—результат в целом. Это воздействие направлено на расширение доли рынка усовершенствованных технологий.

В построении модели управления инновационными процессами использован «процессно-целевой подход», что позволяет определить и решить управленческие задачи при осуществлении инвестиционно-инновационной политики; определить внешние и внутренние направления инновационных программ; разработать целевые показатели, характеризующие степень и уровень выполнения поставленных задач; классифицировать инновационные программы по типам взаимодействия хозяйствующих субъектов, необходимых для определения способов привлечения финансовых ресурсов и осуществления контроля над их использованием.

«Процессно-целевой подход» заключается в систематическом выполнении этапов инновационного развития, обеспечении непрерывности управления, осуществляемого на стыке отдельных процессов в рамках системы отрасли разработчиков и производителей сварочной продукции.

«Процессно-целевой подход» к управлению инновационной деятельностью в сварочном производстве решает задачу выбора оптимальных вариантов в принятии решения на основе изменения инвестиционно-инновационной политики, корректировки целевых и плановых показателей; определения и уточнения ограничений в деятельности предприятия.

был введен угол увода δi между проекцией продольной диаметральной линии обода i-го колеса на опорную поверхность и направлением его скорости в центре пятна контакта шины на опорной поверхности. Этот угол имеет направление, противоположное углу поворота обода колеса относительно его вертикальной оси и используется для вычисления боковых реакций дороги на колеса тракторного поезда.

Для моделирования криволинейного движения тракторного поезда без бокового проскальзывания шин, необходимым условием является равенство нулю суммы проекций продольной и поперечной составляющих скоростей каждого колеса на направление нормали к вектору скорости геометрических центров его обода.

В результате получена математическая модель, содержащая 11 дифференциальных уравнений второго порядка и шесть первого.

Для решения задачи разработано программное обеспечение на языке VBA в среде программы Excel, которое кроме процедуры интегрирования дифференциальных уравнений содержит модуль моделирования микропрофиля дороги, формирующий ее случайные вертикальные воздействия в соответствии с экспоненциально-косинусной корреляционной функции. Интегрирование уравнений модели выполнялось численным методом Булирша-Штера, использующего рациональную экстраполяцию с переменным шагом.

В результате обработки вариантов имитационного моделирования были построены зависимости изменения пути торможения, нагрузки на передний мост и угла складывания звеньев тракторного поезда от массы прицепа, коэффициентов сцеплений колес с опорной поверхностью в зависимости от начальных скоростей торможения тракторного поезда.

Анализ результатов моделирования позволил сделать следующие выводы.

1. Увеличение массы прицепа до значений, превышающих половину массы трактора, приводит к недопустимому увеличению тормозного пути.

2. При движении трактора Беларус – 1523 с прицепом массой 9000 кг и начальной скоростью 20 км/ч разгрузка переднего моста может составить более чем 1,5 тонны, что приводит к полной потере управляемости.

3. При торможении тракторного поезда в составе ведущего звена и необорудованного тормозами одноосного прицепа на скоростях, превышающих 20 км/ч, возрастает вероятность возникновения потери устойчивости из-за существенной разгрузки переднего моста трактора и нарушения стабильности контакта управляемых колес с опорной поверхностью.

4. Одной из основных причин существенного увеличения тормозного пути и потери устойчивости торможения тракторного поезда в составе ведущего звена и необорудованного тормозами прицепа является ударный импульс на трактор со стороны прицепа, величина которого с увеличением массы прицепа возрастает по параболическому закону и зависит от начальной скорости торможения.

УДК 629.114.2

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА

И.С.САЗОНОВ, В.А.КИМ, Э.И.ЯСЮКОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Выход колесных тракторных поездов на автомобильные дороги общего назначения требует обеспечение их устойчивости на различных режимах движения, наиболее опасным из которых является режим экстренного торможения, который часто сопровождается таким нежелательным явлением как складывание его звеньев, что может привести к возникновению аварийной ситуации. В связи с этим настоящая работа посвящена исследованию режимов торможения тракторного поезда в составе колесного трактора и одноосного прицепа при самых экстремальных условиях, например, таких как торможение только трактором, т.е. при отсутствии тормозов прицепа.

Оценку устойчивости движения тракторного поезда в режиме торможения предлагается провести методом имитационного моделирования с помощью программного обеспечения, разработанного на основе соответствующей математической модели. При этом в основе расчета критерия оценки устойчивости использовался такой показатель, как стабильность контакта колес ведущего звена тракторного поезда с опорной поверхностью.

Имитационная математическая модель разработана на основе расчетной схемы, в которую были введены следующие обобщенные координаты: xт, zт, продольное и вертикальное перемещения центра масс ведущего звена; z1, z2 – вертикальные перемещения центров колес трактора; z5, z6 – вертикальные перемещения центров колес полуприцепа; φт, φп, – продольно-угловые перемещения трактора и полуприцепа; φк1, φк2, φк3 – угловые координаты поворота колес вокруг собственных осей вращения, соответственно, передних, задних ведущего звена и полуприцепа.

Математическая модель содержит динамические уравнения курсового движения тракторного поезда, динамические уравнения его вертикальной динамики и уравнения кинематических связей.

Для вывода динамических уравнений использовалась математическая схема Лагранжа второго рода. Уравнения кинематических связей колес тракторного поезда с опорной поверхностью получены из условия отсутствия бокового проскальзывания шин, т. е. равенство нулю суммы проекций продольной и поперечной составляющих скоростей каждого колеса на направление нормали к вектору скорости геометрических центров обода колеса.

Для составления уравнений кинематических связей в рассмотрение

УДК 621.791.92

РЕМОНТ СВАРКОЙ АРМАТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ УСТАНОВКИ АЛКИЛИРОВАНИЯ

А.Г.ЛУПАЧЕВ, Е.А.ХАРЧЕВНИКОВА, И.В.ВОЛОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ОАО «Мозырский НПЗ»
Могилев, Мозырь, Беларусь

При производстве светлых нефтепродуктов на установке алкилирования используется фтористый водород и плавиковая кислота.

Арматуру технологических трубопроводов для транспортировки фтористого водорода и плавиковой кислоты изготавливают из монель-металла. Химический состав приведен в табл. 1.

Табл. 1. Химический состав элементов запорной арматуры

Сплав	UNS No	C	Fe	Cu	Ni	Другие
Alloy 400	N04400	0,3	2,5	Осн.	67,0	
AlloyK-500	NO5500	0,25	2,0	Осн.	67,0	Al 2,7; Ti 0,6

Монель-металл по структуре относится к сплавам типа твердых растворов. Медь и небольшие присадки железа и кремния находятся в твердом растворе и самостоятельных фаз не образуют. Трудности сварки монель-металла обусловлены следующими факторами.

Большая склонность к образованию пор связана с резким изменением растворимости кислорода, азота и водорода при переходе металла из твердого состояния в жидкое. В твердом никеле растворимость водорода плавно возрастает от 1,73 $см^3$/100г при температуре 210 ^{0}C до 17,09 $см^3$/100г при температуре 1400 ^{0}C. При переходе из твердого состояния в жидкое растворимость водорода скачкообразно возрастает и вблизи температуры плавления (1465 ^{0}C) достигает 38,85 $см^3$/100г. При дальнейшем повышении температуры растворимость водорода продолжает возрастать.

Азот практически не растворим в твердом никеле вплоть до температуры плавления. В жидком никеле, особенно в условиях дугового разряда, растворимость азота может достигать больших значений. Уменьшение растворимости водорода и азота может приводить к образованию пор в результате выделения этих газов при охлаждении сварного соединения.

По указанной причине технология сварки должна обеспечивать надежную защиту зоны сварки от атмосферного воздуха, хорошее раскисление и дегазацию сварочной ванны. Эффективна мера предотвращения по-

ристости – сварка короткой дугой (до 1,5 мм) и подача присадочной проволоки непосредственно в высокотемпературную зону сварочной ванны.

Высокая склонность металла к образованию кристаллизационных трещин связана с образованием по границам крупных зерен, имеющих транскристаллитное строение, легкоплавких эвтектик типа $Ni_3S + Ni$ ($T_{пл} = 645\ ^0C$), $Ni_3P + Ni$ ($T_{пл} = 880\ ^0C$). Для предотвращения возникновения таких трещин в основном металле и сварочных материалах ограничивают содержание вредных примесей и вводят элементы, связывающие серу в более тугоплавкие соединения: до 5% Mn и до 0,1% Mg.

Для ограничения роста зерна сварку ведут на ограниченной погонной энергии и вводят в небольшом количестве в металл шва модификаторы (титан, алюминий, молибден), измельчающие его структуру.

При сварке никеля и его сплавов металл в сварочной ванне менее жидкотекуч, чем при сварке стали, и проплавляется на меньшую глубину, поэтому необходимо несколько увеличивать угол разделки кромок.

В случае наплавки элементов запорной арматуры химический состав наплавленного слоя не должен отличаться от состава основного металла. С этой целью рекомендуются следующие сварочные материалы (табл. 2).

Табл. 2. Химический состав рекомендуемых сварочных материалов

Марка	C	Si	Mn	Cu	Ni	Fe	Ti	Другие
UTP A 80 M	0,02	0,3	3,2	29,0-	Основа	1,0	2,4	-
UTP 80 M	0,05	0,7	3,0	29,0	Основа	1,0	0,7	Al = 0,3
OKTigrod 19.93	0,04	0,1	3,5	30,0	Основа	1,0	2,0	-
OK 92.86	0,05	0,6	4,5	Основа	60,0	1,0	0,3	Nb = 2,0

При сварке температура наплавляемой детали должна находиться в диапазоне: минимум 20 ^0C, максимум 177 ^0C. Наплавку последующего слоя выполнять после остывания предыдущего слоя. Температуру контролировать бесконтактным термометром CMSS2000. После сварки выполняют высокий отпуск – нагрев до температуры 621 – 677 ^0C, выдержка 1 час. В процессе нагрева скорость нагрева 150-200 ^0C. После термообработки скорость охлаждения 150-200 ^0C /час под слоем изоляции до 300 ^0C, далее на воздухе. Термообработку желательно выполнять в камере с нейтральной атмосферой. Твердость после высокого отпуска не должна превышать 200 НВ.

УДК 629.113

ДИСКОВЫЕ ТОРМОЗА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

И.С.САЗОНОВ, В.А.КИМ, Е.А.МОИСЕЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Уже с середины 1960-х годов около 50 % всех тяжелых тягачей, выпускавшихся в США, снабжались дисковыми тормозами с вращающимися дисками, серводействием и с полным обхватом.

Увеличение допустимой нагрузки на передний мост грузовых автомобилей с 6-6,5 до 7-7,5 т., а на задний - до 13-14 т., повышение динамических нагрузок на передний мост при торможении, снижение центра тяжести транспортных средств и уменьшение погрузочной высоты, приведших к уменьшению объема внутри колеса в среднем на 25 % вследствие замены 22,5-дюймовых шин на 19,5 дюймовые шины, практически свело на нет применение барабанных тормозов на грузовых автомобилях, оснащенных 19,5-дюймовыми колесами.

Поначалу дисковые тормоза предлагали в качестве опции, в настоящее время на множестве моделей грузовиков с различной допустимой полной массой они стали стандартным оборудованием.

Характерной особенностью применения дисковых тормозов на грузовых автомобилях является использование дисковых тормозных механизмов с полным обхватом. У дисковых тормозов такого типа поверхность трения на 40 – 50 % больше, чем у барабанных, имеющих такой же объем и близкую массу. Вследствие этого у дисковых тормозов износ, температура поверхности трения и материалоемкость оказались значительно меньше, чем у барабанных тормозных механизмов.

Сравнительные испытания дисковых и барабанных тормозов были проведены на грузовике полной массой 14,0 т. при торможении со скорости 30 км/ч в течение 12 минут. Они показали, что барабанный тормоз массой 80 кг способен развивать мощность 18,5 л.с., дисковый тормоз с частичным обхватом и массой 110 кг развивает 23,8 л.с., а дисковый тормоз с полным обхватом и массой 85 кг - 27,5 л.с.

Уменьшение тормозного момента у барабанного тормоза в начальный период объясняется более сильным нагревом барабана по сравнению с колодками.

На основании проведенного анализа можно констатировать, что использование дисковых тормозов с полным обхватом является актуальной задачей, решение которой позволит повысить эффективность и снизить материалоемкость тормозной системы.

УДК 629.113

ДИСКОВЫЕ ТОРМОЗА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С ЧАСТИЧНЫМ И ПОЛНЫМ ОБХВАТОМ

И.С.САЗОНОВ, В.А.КИМ, Е.А.МОИСЕЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Использование дисковых тормозных механизмов на грузовых автомобилях обусловлено ужесточением норм ЕЭК ООН к эффективности тормозных систем, а также конструктивными изменениями колесных узлов и возросшими динамическими нагрузками.

В настоящие время существует два типа дисковых механизмо, используемых на грузовых автомобилях.

Несмотря на существующие преимущества первого типа, имеющего частичный обхват диска тормозными колодками, они обладают достаточно серьезными недостатками, которые наиболее ярко проявляются при использовании на большегрузных автомобилях. Главными среди них являются: высокая теплонагруженность; повышенный износ как самих фрикционных элементов, так и тормозного диска; меньший тормозной момент в сравнении с дисковыми тормозами с полным обхватом.

Имеющиеся преимущества дисковых тормозов с полным обхватом позволяют успешно решить задачу по повышению эффективности тормозной системы большегрузного автомобиля. Например, дисковый тормоз с частичным охватом и массой 110 кг развивает 23,8 л.с., а дисковый тормоз с полным охватом и массой 85 кг - 27,5 л.с.

В настоящее время дисковые тормоза с полным обхватом существуют как с гидравлическим, так и с пневматическим приводом. Характерными недостатками дисковых тормозов с полным обхватом, имеющими гидравлический привод, являются необходимость применения специальной тормозной жидкости, специальных фрикционных пар, обеспечивающих высокий ресурс тормоза, а также возможное заклинивание тормозной скобы из-за перегрева.

В связи с этим была разработана конструкция дискового тормоза для большегрузного автомобиля. Этот тормозной механизм имеет полный обхват тормозного диска и пневматический привод. Преимуществами его являются: меньшая теплонагруженность, увеличенный ресурс трущихся пар, а также использование в качестве рабочего тела атмосферного воздуха. Применение разработанного дискового тормоза позволит повысить активную безопасность грузового автомобиля, снизить затраты на производство и эксплуатацию тормозной системы.

УДК 621.791.3

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЦИНКОВОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЕЙ

С.К.ПАВЛЮК, А.В.ЛУПАЧЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Благодаря способности цинка сопротивляться разрушающему действию воды и воздуха цинк используется для производства оцинкованной стали с целью получения антикоррозионного покрытия, предохраняющего поверхность металла от образования ржавчины. Цинковые покрытия являются анодными, поскольку они обладают более отрицательным электродным потенциалом, чем защищаемый металл. Срок службы таких покрытий определяется, главным образом, их толщиной и скоростью коррозии в данных условиях.

Экспериментально установлено, что участки оцинкованной стали, имеющие нарушения целостности либо следы разрушения покрытия вследствие высокотемпературного воздействия термического цикла сварки отдельно или в совокупности с механическими повреждениями, обладают пониженной коррозионной стойкостью, которая существенно зависит не только от ширины участка повреждения покрытия, но и от его глубины.

Степень повреждения цинкового покрытия и толщина остаточного слоя при сварке в значительной степени зависят от применяемого сварочного оборудования, материалов, режимов сварки, квалификации сварщика.

Определены зависимости времени полного растворения цинкового покрытия на поверхности сварных соединений из оцинкованных сталей от концентрации слабокислой среды.

Выявлено, что при сохранении в зоне термического влияния сварного соединения защитного цинкового покрытия толщиной не менее 4 мкм возможно обеспечение коррозионной стойкости оцинкованной стали. На поверхности изделия при этом не образуется ржавчины, что обеспечивает увеличение срока эксплуатации изделия и уменьшение затрат на его ремонт или замену.

В результате исследований установлено, что при разрушении цинкового покрытия шириной не более 1 мм реализуется действие протекторной защиты стали в местах поврежденного цинкового покрытия. Однако, начиная с ширины зоны повреждения 1,5-2 мм и более по обе стороны от разрушенного цинкового покрытия, заметно появление участков ржавчины, что свидетельствует о коррозионном повреждении стали.

УДК 621.791

АЛГОРИТМ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

А.В.САСИН, И.А.ЧЕРКАСОВА, А.О. ВОРОБЬЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Для реализации метода контроля качества контактной точечной сварки с помощью вихретокового преобразователя использовался программно-аппаратный комплекс сбора данных National Instruments USB-6009 с частотой оцифровки 48 кГц. Сигнал на выходе вихретокового преобразователя, получающего питание от генератора с частотой 1-5 кГц, поступает на аналоговый вход данных NI USB-6009 для последующей программной обработки. В частности, на базе пакета LabView процесс активного контроля сварочного процесса сводится к следующим операциям:

– информационный сигнал преобразователя с выхода блока DAQ Assistant поступает в блок цифровой фильтрации ФВЧ для устранения гармоник сварочного тока;

– отфильтрованный сигнал поступает в блок программного выделения действующего значения напряжения преобразователя как информативного параметра;

– сравнение величины отклонения напряжения вихретокового преобразователя от его начального значения U_0 с нормированной величиной, соответствующей толщине свариваемых изделий и заданному диаметру литого ядра;

– при превышении порога срабатывания выдача управляющего сигнала на вход регулятора цикла сварки для отключения сварочного тока либо при достижении максимально допустимого времени для данных условий сварки и выдачи оповещения о нарушении процесса сварки.

Следует отметить, что использование интегрированного программно-аппаратного комплекса применительно к процессу контроля и управления сварочным процессом имеет очевидные преимущества, заключающиеся, в частности, в следующем:

– удобство настройки и задания параметров обработки выходного сигнала вихретокового преобразователя при его работе в линейном режиме и с настройкой в резонанс (величины отклонений, частота среза фильтра и др.);

– широкий выбор математических инструментов обработки сигналов, трудно реализуемых аппаратно;

– простота и гибкость экспериментального исследования и программирования технологических режимов, документирования.

УДК 621.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН ПОВЫШЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС, ОБОРУДОВАННЫХ СИСТЕМАМИ ВПРЫСКА ТОПЛИВА

В.Д.РОГОЖИН, А.А.МЕТТО, М.Н.КОСТРОМОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Вследствие серьезного ужесточения предельно допустимых нормативов по выбросам токсичных веществ в атмосферу, предъявляемых к двигателям внутреннего сгорания (ДВС), устанавливаемым на магистральные автотранспортные средства, их конструкция значительно усложнилась за счет активного внедрения электронных систем, обеспечивающих стехиометрический состав горючей смеси и оптимальные условия для полного сгорания топлива.

В настоящее время в гамме выпускаемых для нужд автомобильной промышленности двигателей внутреннего сгорания более 90 % оборудованы системами впрыска топлива (бензина, дизельного или газообразного топлива). Мировым лидером в данном направлении является немецкая фирма Robert Bosch Gmbh, которая разработала и внедрила такие системы, как L-Jetronic, ME-Motronic, Common Rail, системы многослойного смесеобразования и многие другие.

Однако, несмотря на значительные усовершенствования в конструкции двигателей внутреннего сгорания, методах и средствах их диагностирования до настоящего момента времени не создано эффективной методики для установления однозначной причины повышения токсичности отработавших газов ДВС.

Более того, проблема усугубилась. Следуя предписаниям нормативно-правовых актов, ориентированных на защиту окружающей среды, в конструкцию всех современных автотранспортных средств были добавлены высокоэффективные нейтрализаторы отработавших газов, снижающие содержание CO и CnHm – основных компонентов, на которых базировалась методика диагностирования карбюраторных ДВС.

Взамен сложившейся практики предложено использовать косвенные показатели – CO2 и O2, а в некоторых случаях – NOx. Однако, как уже упоминалось ранее, рекомендаций по поводу того, как использовать новые показатели для постановки однозначного диагноза при диагностировании ДВС производители не предоставляют.

Для создания методики поиска причин повышения токсичности отработавших газов ДВС на основании анализа конструкции ДВС автотранспортных средств Audi с помощью методов теории информации разработана логическая модель, алгоритм и технологическая карта поиска отказов.

Примером решения вышеуказанной проблемы является комплект, принцип действия которого заключается в следующем. В процессе диагностирования колеса диагностируемой оси АТС вращаются в противоположные стороны. Одновременно под постоянным контролем микропрограммы и измеряющей электроники находятся зазоры в приводе роликового агрегата и разница частот вращения колес проверяемой оси АТС, вызванная неравномерностью тормозных сил. В процессе измерения оценке подвергаются тормозные характеристики колеса, вращающегося только в прямом направлении. Это требует, соответственно, проведения двух замеров для каждой оси АТС. Медленное вращение карданного вала не влияет на результаты измерений, угловое синхронное вращение колес не требуется.

В случае диагностирования полноприводных АТС военного или строительного назначения, в которых реализован жесткий полный привод, во время первого тестирования работает привод только одного из роликов тормозного стенда (обычно, правого колеса), который вращает колесо вперед. В это время левое колесо из-за особенностей работы жесткого полного привода принудительно вращается в противоположную сторону. При этом следящий ролик при помощи светового барьера измеряет люфт в зубчатых зацеплениях дифференциала. Эта опция комплекта работает с двумя световыми барьерами в роликовом агрегате, которые оптически измеряют угловую скорость вращения колес диагностируемой оси АТС. При вторичной проверке этой же оси, происходящей сразу же вслед за первой, включается другой приводной электродвигатель. Это нужно для того, чтобы поддерживать в левом колесе такую скорость, при которой прекращается «зацепление зубцов» в дифференциале, а, следовательно, никакой из моментов не передается с одного колеса на другое, что в конечном итоге обеспечивает наиболее точное измерение эффективности тормозной системы диагностируемой оси АТС. Разница в оборотах, вызванная различием в давлении воздуха в шинах или неравномерным износом шин, также компенсируется.

Необходимо отметить, что рабочие тормозные системы полноприводных АТС, оснащенных сложными электронными системами, контролирующими динамику движения АТС, могут быть проверены только на специализированных двухосевых силовых стендах тормозных качеств с подвижным в продольном направлении роликовым агрегатом. Во время диагностирования все колеса такого АТС вращаются в прямом направлении, а блок управления стенда поддерживает постоянными угловые скорости вращения всех колес. Разница в оборотах левого и правого колеса вызывает блокировку дифференциала такого АТС и образует, по мере увеличения разницы в частоте вращения колес на оси, жесткую связь между колесами. Вследствие этого тестирование на одноосевом тормозном стенде с использованием вращения колес в противоположные стороны невозможно.

УДК 621.791

МНОГОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА TS-2000 ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ

А.Н.СИНИЦА, И.В.ВОЛОВИЧ, *Д.А.КУЛИКОВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ОАО «Мозырский НПЗ»
Могилев, Мозырь, Беларусь

Неразрушающий контроль технологических трубопроводов в процессе их эксплуатации проводится с целью выявления следующих дефектов: предельно допустимой толщины стенки, вызванной коррозией, и усталостных трещин. При этом используется визуальный осмотр, ультразвуковая толщинометрия и капиллярная дефектоскопия.

Каждый из указанных методов позволяет выявить дефекты только одного типа и требует значительных временных затрат. В производственных условиях целесообразно применять один метод контроля, позволяющий выявлять сразу все перечисленные выше дефекты.

Таким методом является вихретоковый метод, работающий в широком диапазоне частот электромагнитного поля. Варьирование частот позволяет контролировать трубы как из ферромагнитных так и из аустенитных сталей.

Реализован метод в многоканальной системе электромагнитного контроля TS-2000.

TS-2000 позволяет находить и количественно оценивать дефекты при сканировании трубопроводов различного назначения с внешней стороны. Она выявляет и измеряет коррозионные дефекты типа утонения стенки, точечной коррозии, трещин.

В ходе работы в стенке трубы наводится низкочастотное магнитное поле, а для измерения переменного магнитного поля используется сканер с установленными на нём приёмными катушками. С помощью 8 каналов, образующих на сканере антенную решётку, можно получить 3-х мерное изображение собранных данных и по нему определить форму и глубину дефекта. С помощью соответствующих калибровочных таблиц можно провести точное измерение толщины стенки.

В докладе излагаются особенности подготовки и проведения контроля технологических трубопроводов приором TS-2000. Приводятся чертежи стандартных образцов для настройки выявления дефектов сплошности и коррозионного износа.

УДК 621.791

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ТРУБ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ МЕТОДОМ УДАЛЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

А.Н.СИНИЦА, М.А.СИНИЦА, *Д.А.КУЛИКОВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
*ОАО «Мозырский НПЗ»
Могилев, Мозырь, Беларусь

Трубы теплообменных аппаратов контролируют во время капитального ремонта. При этом обычно используют оптические эндоскопы с помощью которых проводится осмотр внутренних поверхностей труб. Связано это с тем, что эти трубы оребренные и диаметр их составляет 32 – 45 мм. На достоверность оптического контроля огромное влияние оказывает чистота контролируемой поверхности. Исходя из этого перед контролем требуется тщательная очистка внутренних поверхностей труб.

Избежать больших временных затрат при подготовке труб к контролю можно заменив оптический контроль на электромагнитный методом удаленного магнитного поля.

Сущность указанного метода заключается в следующем. В электропроводной цилиндрической трубе располагаются две цилиндрических катушки, расположенные друг от друга на расстоянии, равном нескольким диаметрам трубы. На одну из катушек, которая является возбуждающей катушкой, или излучающей катушкой, подаётся низкочастотный сигнал переменного тока. Другая катушка, которая является измерительной катушкой, принимает сигнал, который является векторной суммой прямого сигнала с возбуждающей катушки и сигнала удалённого электромагнитного поля от стенки трубы.

Так как эти катушки разделены, то сигнал удалённого поля уменьшается намного медленнее, чем прямой сигнал. Начиная с некоторого расстояния между катушками сигнал удалённого поля будет доминировать.

Реализован метод в системе внутритрубного контроля EAGLE 2000.

EAGLE 2000 позволяет находить и количественно оценивать дефекты при сканировании внутренней поверхности трубы. При этом выявляются дефекты типа утонения стенки, точечной коррозии, трещины.

В докладе излагаются особенности подготовки и проведения контроля приором EAGLE 2000. Приводятся чертежи стандартных образцов для настройки выявления дефектов сплошности и коррозионного износа.

УДК 629.113

К ВОПРОСУ О ДИАГНОСТИРОВАНИИ РАБОЧЕЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ПОЛНОПРИВОДНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В.Д.РОГОЖИН, А.А.МЕТТО, Д.Н.СЛЕПЕНКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Как известно, в рамках государственного технического осмотра эксплуатируемых в Республике Беларусь автотранспортных средств (АТС) обязательно выполняется проверка эффективности рабочей тормозной системы АТС. Для этих целей на диагностических станциях используются роликовые силовые стенды тормозных качеств российского (НовГАРО) или немецкого (МАНА, Hofmann, Sherpa) производства, позволяющие одновременно проверять эффективность тормозов только одной из осей АТС. То есть ролики стенда раскручивают колеса только одной оси АТС, остальные оси которого при этом остаются неподвижными.

Однако, как показала практика, с использованием таких стендов невозможно выполнить корректную диагностику рабочей тормозной системы полноприводных АТС. Сущность проблемы поясним на примере автотранспортных средств категории M_1.

При установке полноприводного АТС на стенд, например, передними колесами и включении режима «Проверка тормозной системы АТС» электродвигатели стенда через редукторы начинают вращать ролики, которые передают крутящий момент на колеса передней оси АТС. Момент на приводном валу трансмиссии разделится между всеми колесами АТС, то есть на каждое колесо будет воздействовать одна четвертая часть суммарного крутящего момента – в этом особенность дифференциала. То есть крутящий момент будет передан с передней оси на заднюю, что после приведения в действие рабочей тормозной системы АТС неизбежно приведет к выбросу АТС со стенда.

Попытка исключить негативные последствия посредством вывешивания недиагностируемой оси АТС с помощью подъемно-транспортного оборудования некорректна по ряду причин, главная из которых – полученный результат будет содержать ошибку, которая обусловлена особенностями конструкции дифференциала. Следовательно, при измерении тормозной силы на колесе, на которое передана тормозная сила с другого колеса, результаты измерений тормозных сил на стенде не будут адекватны реальным условиям эксплуатации АТС.

Очевидно, что достоверное диагностирование рабочей тормозной системы АТС, оборудованных вискомуфтами или дифференциалами типа Torsen, можно осуществить только на стендах, снабженных специальными приспособлениями.

нительно использовать информацию об изменении нагрузки и продольного уклона дороги. Эти факторы рекомендовано использовать в качестве основных информационных переменных адаптивного алгоритма управления. На основе результатов математического моделирования разработаны регрессионные модели многомерных характеристик управления для гусеничной машины ГМ-352 и автобуса ЛиАЗ-5256. Характеристики адаптированы к реальным условиям и реализованы в электронном блоке управления.

Создана электронная система адаптивного управления гидромеханической передачей для машины ГМ-352, представляющая собой управляющий комплекс, в который входит электронный блок управления и исполнительные электрогидравлические механизмы включения фрикционов с пропорциональными клапанами. Для проверки работоспособности управляющий комплекс установлен на серийной гидромеханической передаче машины ГМ–352 вместо штатной системы управления. Гидромеханическая передача оборудована системой датчиков для измерения информационных переменных. Проведены испытания на специальном стендовом оборудовании в опытном цехе ОЦ–2 особого конструкторского бюро РУП «Минский тракторный завод». Стенд выполнен по прямой схеме нагружения и включает в себя: гидромеханическую передачу машины ГМ-352; две электрические балансирные машины; индукторные тормозные динамометры для задания необходимого нагрузочного режима. Управление балансирными машинами – реостатное. Управление работой стенда производится из пультовой кабины дистанционной системой управления. Визуализация полученной информации осуществлялась на компьютере. Электронный блок управления гидромеханической трансмиссией находился в пультовой кабине и при проведении испытаний обеспечивал сбор информации с датчиков о текущих значениях информационных переменных, обрабатывал полученную информацию и формировал команды на управление переключением передач и блокированием ГДТ.

Оценка эффективности разработанного алгоритма для гусеничной машины ГМ-352 проведена на основе полунатурного эксперимента, при котором электронный блок управления функционировал в режиме реального времени, а движение машины по маршруту моделировалось на ЭВМ. Оценка эффективности адаптивного управления автобусом ЛиАЗ-5256 произведена путем математического моделирования движения автобуса по разработанному типовому маршруту. Установлено, что адаптивное управление позволяет повысить среднюю скорость движения машины на 5-7 % и снизить путевой расход топлива на 3-5 % в сравнении с программным автоматическим управлением. При сравнении с командным управлением эти показатели возрастают до 12-20 % и 10-15 % соответственно.

УДК 621. 791

ПЛАЗМОТРОН С ВОЗДУШНО-ВОДЯНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ СОПЛА ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ С ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ПОДАЧЕЙ ПОРОШКА

А.М.СТАРОВОЙТОВ, А.С.ФЕДОСЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Напыление плазменных покрытий с пульсирующей подачей порошкового материала является перспективной технологией, поскольку одновременно позволяет существенно сократить время напыления и расход порошка по сравнению с обычным напылением, при котором порошок подается равномерно. Напыление с пульсирующей подачей порошка дает возможность напылять мелкодисперсные и плохотекучие порошковые материалы, полученные методами диффузионного механического легирования.

Увеличенный и неравномерный расход порошка при его пульсирующей подаче на срез сопла плазмотрона приводит к повышенной турбулизации запыленного плазменного потока в зоне выходного торца сопла, где порошок налипает и спекается, образуя так называемые настыли. Периодически крупные частицы спекшегося порошка из настылей попадают в плазменную струю и на напыляемое покрытие, образуя в нем участки с дефектной структурой.

С целью снижения вероятности налипания порошка на сопло и улучшения рабочих характеристик технологии напыления в режиме с пульсирующей подачей порошка, были проведены работы по созданию плазмотрона специальной конструкции.

Создан плазмотрон линейной схемы, в котором сопловой узел имеет двойное воздушно-водяное охлаждение. Соплом в нем служит медная цилиндрическая вставка с переменным наружным диаметром от 18 до 22 миллиметров и диаметром внутреннего отверстия 5,5…9 миллиметров.

Часть сопловой вставки со стороны торца плазмотрона охлаждается воздухом через специальную насадку. Теплоотвод от остальной вставки и токоподвод к ней в процессе работы плазмотрона осуществляется через медную водоохлаждаемую часть соплового узла.

Воздух, после охлаждения передней части вставки выдувается наружу через прорези на ее торце в направлении движения потока плазмы и сдувает частицы порошка, которые находятся возле среза сопла, тем самым предотвращает возможность налипания и образования настылей.

Применение раздельного воздушно-водяного охлаждения позволило также подавать порошок внутрь сопла, улучшая тем самым эффективность его нагрева в плазме, а также уменьшить размеры соплового узла.

УДК 621.791.3

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОПРОЧНОСТИ ОЛОВЯННО-СВИНЦОВЫХ ПРИПОЕВ

И.В.ТАРАСЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Одной из проблем различных отраслей промышленности является повышение надежности паяных узлов различного назначения, в том числе и работающих при повышенных температурах. Некоторые узлы эксплуатируются при температуре до 120 ^{0} С, что соответствует диапазону гомологической температуры оловянно-свинцовых припоев порядка 0,85.

Очевидно, что в таких условиях одним из основных факторов определяющих работоспособность паяных соединений, является теплопрочность припоя.

Известно, что для повышения прочности и жаропрочности используется легирование, которое в сочетании с термической обработкой позволяет повысить указанные характеристики за счет улучшения свойств матрицы сплавов (твердого раствора) и так называемого дисперсионного упрочнения. Повышение жаропрочности можно получить также и за счет применения дисперсно-упрочненных композиционных материалов, которые сохраняют устойчивую структуру до высоких температур, близких к температуре плавления

При выборе материала упрочняющих частиц необходимо учитывать характер его взаимодействия с компонентами матрицы: он не должен растворяться в жидкой матрице при температуре пайки, определяемом технологическим процессом (190…210 ^{0}C), а при растворимости его количество не должно превышать предельной растворимости при этой температуре.

По литературным данным в качестве материала упрочняющих частиц рекомендуют использование систем Ni – Sn и Cu – Sn, Ag – Sn, Cu – P, а также тугоплавкие металлы V, Mo, Ta, Ni, Cr, Ge.

Анализ литературных источников показал, что наиболее приемлемым является получение дисперсно-упрочненного композиционного припоя на основе припоя ПОС 61. В качестве перспективных легирующих компонентов были выбраны Ni и Ge.

Анализ результатов механических испытаний при различных температурах припоев легированных микродобавками Ge и Ni показал, что наиболее высокой прочностью обладает припой оловянно-свинцовый, содержащий 0, 15 % Ge и 0,15 % Ni.

УДК 629.3

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

О.В.ПУЗАНОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Эффективное автоматическое управление гидромеханической трансмиссией мобильной машины возможно лишь при использовании характеристик управления, учитывающих изменение внутренних параметров и внешней среды. Основной задачей такого адаптивного управления гидромеханической трансмиссией является своевременное переключение передач и блокирование гидротрансформатора (ГДТ). Характеристики управления должны однозначно определять момент поступления сигнала управления с учетом текущих условий движения.

Предложено формировать характеристики управления в виде регрессионных зависимостей скоростей мобильной машины, при которых необходимо производить переключения передач или блокирование ГДТ, от определенного ряда информационных переменных. При этом скорости машины, при которых необходимо производить переключения, определяются путем максимизации показателей эффективности при моделировании движения машины в реальных условиях эксплуатации, варьируя соответствующие факторы объекта управления, внешней среды, управляющие воздействия. Состав информационных переменных определяется путем корреляционного анализа множества факторов, влияющих на характеристики управления. В случае высокой корреляции факторов в качестве информационной переменной выбирается тот, который имеет меньшую корреляцию со значением скорости, при которой необходимо производить переключение или блокирование. Оценка качества адаптивного управления осуществляется на основе сравнения показателей эффективности выполнения транспортной работы при движении машины по маршруту с адаптивным, командным и автоматическим программным управлением.

Предложенная концепция построения характеристик адаптивного управления универсальна и использована для гидромеханических трансмиссий гусеничной машины ГМ-352 и городского автобуса ЛиАЗ-5256. Она позволила установить, что для машины с постоянной эксплуатационной массой (машина ГМ-352) влияние внешней среды достаточно полно отображается скоростью и ускорением машины, а управление скоростным режимом – координатой положения педали акселератора и ее производной по времени. Для машины с переменной массой (городской автобус ЛиАЗ-5256) при отображении влияния внешней среды необходимо допол-

– машины на лесосеке работают в комплексе и оказываю суммарное влияние на почвогрунты, при этом необходимо учитывать технологические особенности работы харвестера и форвардера (харвестер оказывает однократное воздействие на почву, а при сплошных рубках главного пользования форвардер с объемом трелюемой пачки 7–9 м^3 совершает 3–7 проходов по пасечному волоку, тогда как на рубках ухода, при которых с 1 га лесосеки заготавливается 20–50 м^3 древесины – от 1 до 3 проходов;

– лесная почва имеет высокую влажность, дисперсность и пористость в природном состоянии, значительное изменение механических свойств при искусственном нарушении структуры и во многих случаях может быть пронизана корнями деревьев, плотность которых меньше плотности почвы, а твердость и жесткость значительно больше. Следовательно, эти особенности должны учитываться при разработке движителей лесных машин и их эксплуатации;

– с переходом лесозаготовительного производства Республики Беларусь на сортиментную технологию и увеличением доли несплошных рубок вопрос совместимости лесных многооперационных машин со средой приобретает еще большую актуальность, так как при уплотнении и деформации почвогрунтов повреждаются корни растущих деревьев, замедляется их рост, что снижает эффективность несплошных рубок. Лесозаготовительная техника в зоне воздействия существенно влияет на условия корнеобитания, что весьма актуально при проведении несплошных рубок главного пользования, а также прореживаний и рубок ухода.

Для оценки соответствия нормативным показателям отечественных лесных машин выполнен расчет максимального давления на опорную поверхность харвестера МЛХ-434 и форвардера МПТ-461.1. В расчетах принимались следующие данные:

– для харвестера: вес машины – 156 кН; нагрузка на колеса переднего моста – 36 кН, тандемной тележки – 21 кН; параметры шин (высота и ширина профиля, норма слойности, диаметр, статический прогиб) принимались для серийно выпускаемых и установленных на машине шин переднего и заднего мостов соответственно 30,5L32LS и 600/55-26,5;

– для форвардера: вес машины в порожнем состоянии – 89,5 кН; нагрузка на передние и задние колеса трактора соответственно 8,4 кН и 15,6 кН, на колеса полуприцепа 10,4 кН. Для расчета давления колес на почву в груженом состоянии принималась загрузка ПТМ в пределах от 5 до 10 м^3 сосновых сортиментов длиной 4 м с соответствующим распределением нагрузок.

Выполненные расчеты показали, что среднее давление передних колес харвестера составило 63 кПа, колес тандемной тележки – 67 кПа.

Принятый в данной системе машин форвардер МПТ-461.1 имеет максимальное давление колес на почву до 110 кПа, что соответствует нормативным показателям при эксплуатации машины на грунтах I – III типов местности.

УДК 621.791.763.2

ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ Т–ОБРАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКЕ

С.М.ФУРМАНОВ, Т.И.БЕНДИК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При разработке технологии рельефной сварки Т-образных соединений, как правило, требуется обеспечить выполнение технологических требований:

1) полная осадка рельефа на всю его высоту для обеспечения номинальной площади соединения и стабильности прочностных показателей;

2) отсутствие выходов пластифицированного металла рельефа в процессе сварки на лицевые поверхности изделия (хороший внешний вид изделий);

3) при наличии резьбы на одной из деталей сохранение ее после выполнения сварочной операции.

Решение поставленной задачи традиционными методами с помощью стандартной формы рельефов приводит зачастую к противоречию с приведенными требованиями.

Анализ особенностей образования Т-образных соединений «острой гранью» на основе разработанной математической модели показал, что процесс упругопластического деформирования металла листовой детали имеет радиально направленный характер, при этом металл рельефа бобышки практически не претерпевает деформаций. На основе анализа предложена новая форма рельефа с выполненной канавкой тороидальной формы радиуса R и наличием плоской площадки среза длиной l. При этом геометрические параметры формы рельефа следует выбирать из соотношений: толщина стенки бобышки $t \geq 0{,}8 + 0{,}2d_o$; радиус выточки $R = 0{,}085 \cdot d_o^{\,0{,}94}$; длина площадки $l = R$ (величины d_o, t, R и l в мм) в зависимости от диаметра резьбового отверстия d_o. Наличие площадки длиной l обеспечивает точную центровку верхней детали в отверстии пластины и гарантирует наличие первоначального контакта деталь-деталь, стабилизируя контактное сопротивление в зоне сварки. Радиус канавки R зависит от d_o привариваемой бобышки и обеспечивает направленную деформацию требуемого объема металла нижней детали. В результате происходит стабилизация прочностных показателей из-за увеличения фактической площади сварки путем создания направленной деформации металла, а также повышается точность изделия (путем уменьшения зазора между бобышкой и листом, т.к. часть пластифицированного рельефа металла уходит в пространство выточки радиуса R).

Механические испытания соединений показали, что использование рекомендуемых геометрических параметров позволяет исключить вероятность повреждения резьбы после выполнения сварочной операции.

УДК 621.791.35

НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ГИБРИДНОГО ТИПА И ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

Ю.А.ЦУМАРЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В современной технике широко применяют неразъемные соединения различных типов: сварные, паяные, механические, клеевые. Каждый из этих видов соединений имеет свои преимущества и недостатки, а в производственных процессах изготовления изделий либо их проектирования они чаще всего рассматриваются как альтернативные. Такие разновидности соединений конкурируют друг с другом, при этом, расширение сферы применения неразъемных соединений одной группы происходит за счет сокращения применения других их разновидностей. Безусловно, такая конкуренция стимулирует развитие и совершенствование всех этих типов соединений. Однако она не создает возможностей для разработки принципиально новых технических решений.

Значительными потенциальными возможностями в вопросе повышения эффективности применения неразъемных соединений имеет совместное использование соединений различных типов в одном изделии. Широкие перспективы в современной технике имеет разработка новых разновидностей неразъемных соединений за счет комбинирования (гибридизации) сварных, паяных, механических, клеевых соединений. Это позволит разрабатывать соединения гибридного типа, например, паяно-сварные, паяно-механические и т. д. Такой подход в ряде случаев может способствовать устранению недостатков одних типов соединений за счет удачного их применения в сочетании с другими. Примером такого подхода является совместное использование контактной точечной сварки с клеями, которое позволило значительно повысить циклическую прочность и коррозионную стойкость сварных соединений алюминиевых сплавов. К сожалению, этот опыт не получил своего дальнейшего развития и не был распространен даже на создание аналогичных соединений из других конструкционных материалов.

В связи с расширением объема применения высокопрочных материалов, обладающих пониженной свариваемостью и повышенной чувствительностью концентрации напряжений, а также материалов с защитными покрытиями будет возрастить роль таких соединений гибридного типа, как паяно-сварные и паяно-механические. Значительно более широкое применение может получить и комбинация сварных соединений с механическими.

УДК 630*221.0.+630*52

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ МАШИН «ХАРВЕСТЕР–ФОРВАРДЕР» С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

П.А.ПРОТАС, А.С.ФЕДОРЕНЧИК
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Эффективность лесозаготовительного производства во многом зависит от уровня механизации и автоматизации работ. В мировой практике наблюдается увеличение объемов заготовки сортиментов на лесосеке с использованием высокопроизводительных машинных комплексов в составе харвестера (валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины) и форвардера (погрузочно-транспортной машины). Например, в общем объеме заготовки древесины на долю данной системы машин в 2008 г. приходилось в скандинавских странах и Великобритании 80–95%, Германии – 30%, Австрии – 20%. При этом на заготовке древесины в Финляндии эксплуатировалось более 1800 харвестеров, в Германии и Великобритании соответственно 900 и 500 машин, в России – более 200.

В Республике Беларусь в последнее время также сформировались определенные условия для увеличения доли машинной заготовки древесины: рост запасов древесины и ежегодных объемов ее заготовки; увеличение доли сортиментной технологии рубок; повышение эффективности заготовки древесины с учетом экологических требований; развитие отечественного лесного машиностроения; повышение требований безопасности труда и другие. В стране сейчас работают более 30 харвестеров. В 2008 г. только организациями Минлесхоза Республики Беларусь было закуплено 8 специализированных комплексов «харвестер–форвардер», 97 прицепных погрузочно-транспортных машин МПТ-461.1, а также 12 полуприцепов тракторных с гидроманипулятором.

Однако, наряду с очевидными преимуществами использования системы машин «харвестер-форвардер», ее эффективность в республике остается на достаточно низком уровне. Эксплуатация рассматриваемого комплекса машин требует детального учета различных факторов, в том числе планирования и организации лесопользования научно-обоснованным методом на почвенно-типологической основе.

В настоящее время, сбалансированное сочетание экономической эффективности с экологической безопасностью является одним из определяющих факторов проведения лесозаготовительных работ. Поэтому вопрос взаимодействия системы машин «харвестер–форвардер» с опорной поверхностью движения имеет свои специфические особенности:

Опытный образец мехатронной системы пропорционального управления фрикционом ГМП был испытан в испытательной лаборатории РУПП «БелАЗ» на стенде, имитирующем работу фрикционной муфты в коробке передач. Испытания проводились для двух режимов управления фрикционом: режима программного управления и режима управления по обратной связи. При программном управлении, сигнал управления электромагнитом клапана на этапе регулирования давления имеет заранее заданную форму. При втором способе управления сигнал на электромагнит формируется в зависимости от относительной скорости скольжения фрикционных дисков. Для формирования сигнала управления электромагнитным клапаном использовался ПИД-регулятор. В процессе замыкания пакета фрикционных дисков ПИД-регулятор управляет током на электромагните клапана таким образом, чтобы изменение скорости скольжения дисков как можно точнее повторяло заданную эталонную характеристику.

Для точного определения момента окончания заполнения гидроцилиндра фрикциона в разработанной системе управления используются несколько способов обнаружения, дублирующих друг друга: обнаружение по относительной скорости скольжения дисков, по давлению на выходе исполнительного механизма и по производной от этого давления, а также по времени. Дублирование нескольких способов позволяет точно определить момент окончания заполнения гидроцилиндра фрикциона и исключить удар пакета фрикционных дисков при его замыкании, тем самым значительно снижая коэффициент динамичности нагрузки на фрикционе.

В процессе проведения испытаний системы управления фрикционом ГМП фиксировались характеристики переходных процессов в гидроприводе системы управления фрикционом, и характеристики изменения относительной угловой скорости фрикционных дисков и вращающего момента, передаваемого фрикционом, при различных значениях угловой скорости фрикциона.

В результате проведения испытаний была проверена работоспособность разработанной мехатронной системы управления фрикционом ГМП. Из полученных графиков видно, что система управления фрикционом позволяет осуществлять пропорциональное управление процессом включения и выключения фрикциона, что является главным требованием при создании автоматической системы управления ГМП. Также важными достоинствами системы являются ее быстродействие и точность управления. Данная система позволяет реализовывать оптимальные алгоритмы фрикционом, и, в частности, дает возможность управлять фрикционом по обратной связи. Управление фрикционом по обратной связи позволило существенно улучшить плавность включения фрикциона, снизив коэффициент динамичности до 1,25 – 1,3.

УДК 621.791.35

ТЕРМИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ТРУБ

Ю.А.ЦУМАРЕВ, Т.С.ЛАТУН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Вопросу образования остаточных напряжений и их влиянию на работоспособность изделий в технике уделяется большое внимание. Значителен интерес к ним и в пайке, особенно при получении соединений разнородных металлов. В последнем случае остаточные напряжения образуются из-за разницы в коэффициентах термического напряжения материалов соединяемых элементов. Наиболее полно здесь изучено образование термических напряжений в паяных телескопических соединениях цилиндрических деталей. Для этого случая предложены аналитические выражения, позволяющие рассчитывать величину остаточных термических напряжений, а также имеются данные по результатам экспериментального их определения.

При использовании легкоплавких припоев, которые обеспечивают узкий температурный диапазон образования остаточных напряжений, в паяных соединениях разнородных материалов термические напряжения могут достигать значительной величины и оказывать существенное влияние. Однако в практике пайки труб кроме телескопических соединений широко применяются стыковые, косостыковые, ступенчатые и стыковые соединения с накладками, которые не создают резких изменений проходных сечений в трубах. Для соединений таких типов информация об уровнях термических напряжений и характере их распределения отсутствует.

В связи с этим в данной работе предпринята попытка частично устранить имеющиеся пробелы и рассчитать напряженное состояние в трубах из разнородных материалов, соединенных пайкой. Для этого был использован метод конечных элементов и программный комплекс «COSMOS». Были рассчитаны термические напряжения, возникающие при пайке соединений типа медь-сталь в стыковых, косостыковых, ступенчатых и муфтовых соединениях труб. Для получения сравнительных данных о влиянии конструкции соединения на напряженное состояние, обусловленное различием в коэффициентах термического расширения, все расчеты были произведены для одного и того же припоя с температурой плавления 266 ^{o}C и при одинаковых геометрических размерах соединяемых труб. Физико-механические свойства материалов были также одинаковыми. Было установлено, что тип соединения оказывает значительное влияние на распределение термических напряжений.

УДК 621.791

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА СВАРНЫХ ШВОВ МЕТОДАМИ КОЭРЦИТИМЕТРИИ И ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ

А.Н.ЧЕРНЫЙ, В.П.КУЛИКОВ, А.Г.ЛУПАЧЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Ранее нами была установлена возможность определения величины напряжений в металле по продольным и поперечным измерениям коэрцитивной силы и получена численные зависимости коэрцитивной силы, предшествующей появлению остаточных деформаций в металле.

Однако данная методика построена на корреляционной связи магнитных и механических свойств металла, а для полноценной диагностики и прогнозирования ресурса конструкции необходимо применить контрольный метод, позволяющий определять механические свойства металла.

Среди неразрушающих методов определения механических свойств материала наиболее широкое распространение получили методы, основанные на измерении твердости.

Определение твердости материала стационарными приборами в условиях производства затруднительно и чаще всего нецелесообразно, поэтому особая роль в расширении возможностей определения твердости принадлежит переносным твердомерам.

В настоящее время созданы различные конструкции этих приборов, установлены закономерности изменения твердости в зависимости от различных факторов, обосновано использование твердости для оценки механических свойств.

Существует несколько вариантов проведения измерения твердости:

– вдавливанием, характеризует сопротивлением материала пластическому деформированию;

– по отскоку - характеризует упругие свойства материала;

– царапанием свидетельствует о сопротивление материала разрушению.

Наиболее удобными с практической точки зрения и широко применяемыми оказались методы Бринелля, Роквелла и Виккерса.

При измерении твердости по Бринеллю шар вдавливается в поверхность изделия (образца) испытательной нагрузкой, приложенной в течение определенного времени. После снятия нагрузки производится измерение диаметра отпечатка. Диаметр отпечатка должен измеряться в двух взаимно перпендикулярных направлениях и определяться как среднее

УДК 629.3

МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ФРИКЦИОНОМ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

Р.В.ПЛЯКИН, Н.Н.ГОРБАТЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

На кафедре «Автомобили» Белорусско-Российского университета совместно с НТЦ РУПП «БелАЗ» ведется разработка системы автоматического управления гидромеханической передачей (ГМП) для карьерных самосвалов грузоподъемностью 45–60 тонн. Одним из главных этапов этой разработки является создание и испытание мехатронной системы пропорционального управления фрикционом ГМП.

Разработанная мехатронная система пропорционального управления фрикционом ГМП включает в себя исполнительный механизм управления фрикционом, электронный блок управления (ЭБУ) и комплект датчиков.

Исполнительный механизм управления фрикционом ГМП представляет собой двухкаскадный регулятор-распределитель с пропорциональным управлением. Первый каскад регулятора-распределителя составляет пилотную ступень управления давлением, а второй каскад обеспечивает усиление сигнала управления, формируемого пилотной ступенью. В качестве пилотной ступени используется пропорциональный электромагнитный редукционный клапан фирмы *Rexroth Bosch Group*. За счет малой пропускной способности (2 л/мин) он имеет малые габариты и довольно высокое быстродействие, что значительно сказывается на точности управления и быстродействии всей системы в целом. Данный электромагнитный пропорциональный клапан имеет линейную статическую характеристику (зависимость выходного давления от силы тока в обмотке электромагнита) во всем рабочем диапазоне изменения давлений (от 0,3 до 1,8 МПа).

Второй каскад регулятора-распределителя, непосредственно управляющий давлением в питающей магистрали гидроцилиндра фрикциона, представляет собой многопозиционный гидроаппарат золотникового типа, отрабатывающий управляющие сигналы пилотной ступени.

Управление пилотным пропорциональным электромагнитным редукционным клапаном осуществляет ЭБУ, в качестве которого используется микроконтроллер *RC*8-8/22 фирмы *Rexroth Bosch Group*. ЭБУ подает на электромагнит пилотного клапана ток, величина которого задается алгоритмом управления. Алгоритм управления электромагнитным пилотным клапаном использует сигналы, полученные с датчика давления на выходе исполнительного механизма и датчика частоты вращения *DSM*, которыми оснащена система управления.

С помощью номограмм определены диапазоны передач, на которых возможно движение существующих погрузочно-транспортных машин с механической и гидромеханической трансмиссиями, а также с учетом типа движителя. Проведено сравнение форвардеров 6К6 Минского тракторного завода с механической (МЛ-131) и гидромеханической (МЛПТ-364) трансмиссиями. Установлено, что при освоении лесосечного фонда на почвогрунтах с несущей способностью 90–110 кПа вполне эффективно можно применять колесные погрузочно-транспортные машины МЛ-131 с механической трансмиссией, которые могут работать на 1, 2, 3 диапазонах коробки передач. Форвардер МЛПТ-364 с гидромеханической трансмиссией может эксплуатироваться на 1–3 передачах при передаточном отношении гидротрансформатора 0,5–0,9. Форвардер МЛ-131 с комбинированным типом движителя в данных почвенно-грунтовых условиях может работать на передачах 1-го и 2-го диапазонов, т.к. движение на более высоких передачах невозможно из-за значительного усилия сопротивления движению и ограниченного крутящего момента двигателя. Аналогичная ситуация наблюдается при движении машины МЛПТ-364, движение которой возможно на 1 и 2 передачах, что в сравнении с колесным вариантом снижает производительность и повышает расход топлива.

Со снижением несущей способности почвогрунтов до 50–80 кПа наблюдается сужение области возможного движения машины. Независимо от типа установленной трансмиссии форвардер вынужден работать в узком диапазоне касательных сил тяги по причине повышения сил сопротивления движению и снижения сил сцепления (для колесных машин данный диапазон составляет 5–10 кН). В результате уменьшается количество передач механической трансмиссии, на которых возможно эксплуатировать машину. В связи с этим предпочтение при движении в данных условиях следует отдать машинам с гидромеханической трансмиссией и комбинированным типом движителя. Для эффективного освоения труднодоступного лесосечного фонда на колесных погрузочно-транспортных машинах необходимо использовать легкосъемные металлические гусеницы, которые позволяют повысить касательную силу тяги при снижении буксования и повышении скорости движения, что в результате приводит к увеличению производительности работ на транспортировке сортиментов.

Результаты опытно-промышленной проверки погрузочно-транспортной машины 6К6 при освоении труднодоступного лесосечного фонда показали, что применение гусениц на колесах балансирной тележки обеспечивает повышение сменной производительности на 5,5 %, себестоимость заготовки древесины при этом снижается в 1,1 раза в сравнении с колесным форвардером.

арифметическое этих измерений. Твердость по Бринеллю определяется как среднее арифметическое результатов трех вдавливаний.

Твердость по Бринеллю (НВ) и МПа (кгс/мм^2) определяют по таблице твердости при вдавливании шара диаметром 2,5 и 1 мм, или вычисляют по формуле:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

где Р – испытательная нагрузка, кгс; D – диаметр шара, мм; d – диаметр отпечатка.

В соответствии с ГОСТ 22761-77 по значениям твердости по Бринеллю НВ можно определить временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$ в месте испытания. Причем погрешность определения по НВ составляет ±5 %.

При определении твердости на пределе текучести шар вдавливают в поверхность испытуемого образца изделия нагрузкой Р1 таким образом, чтобы измеренный диаметр отпечатка был меньше 0,09D не более чем на 5 %, с выдержкой под нагрузкой 1 с.

После снятия нагрузки Р1 измеряют диаметр отпечатка, который должен измеряться в двух взаимно перпендикулярных направлениях и определяться как среднее арифметическое результатов двух измерений.

Далее производят последующее вдавливание нагрузкой Р2 таким образом, чтобы измеренный диаметр отпечатка d был больше 0,09D не более чем на 5 %.

По значениям Р1 и Р2 методом интерполяции определяют нагрузку на пределе текучести $P_{0,2}$.

Твердость на пределе текучести ($H_{0,2}$) в МПа (кгс/мм^2) определяют по таблицам, либо вычисляют по формуле

$$H_{0,2} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = 156{,}9\frac{P_{0,2}}{D^2},$$

где Р – нагрузка в Н, соответствующая диаметру отпечатка d = 0,9D; D – диаметр шара, мм; d – диаметр отпечатка.

В соответствии с ГОСТ 22762-77 по значениям твердости на пределе текучести $H_{0,2}$ можно определить предел текучести при растяжении $\sigma_{0,2}$ в месте испытания, причем погрешность определения составляет ±7 %.

Применение метода измерения твердости по Бринеллю для косвенной оценки временного сопротивления и предела текучести при растяжении в комплексе с коэрцитиметрией может позволить определять текущее состояние материала длительно эксплуатируемого оборудования и прогнозировать его предельное состояние, обеспечивая при этом экономию материальных и трудовых ресурсов.

УДК 621.791

НАПЛАВКА МЕТАЛЛА ДУГОЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Д.И.ЯКУБОВИЧ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Развитие промышленности всегда приводит к повышению требований к прочности, износостойкости и кислотостойкости изделий с одновременным снижением себестоимости их изготовления. Соответствовать данным требованиям можно, используя относительно дешевые стали с наплавленным специальным тонким слоем. Уменьшение затрат может быть достигнуто за счет минимизации режимов наплавки и объемов расплавляемого металла.

При разработке технологии тонкослойной дуговой наплавки придется столкнуться со сложностями стабилизации процесса горения дуги, а так же, структурообразования в шве и зоне термического влияния. Процесс нанесения тонкого слоя на поверхность массивного тела или плоского слоя неизбежно будет происходить с более интенсивными процессами распространения тепла в изделии. Скорость охлаждения жидкого металла ванны, закристаллизовавшегося слоя и зоны термического металла возрастет, что приведет к увеличению вероятности образования закалочных структур. При таких условиях наплавки, возможны случаи вырастания кристаллов до больших размеров. Их уменьшение может быть достигнуто за счет применения циклических колебаний электрода, приводящие к нарушению схемы кристаллизации и измельчению зерна.

Получение наплавленного слоя толщиной 03…0,5 мм неизбежно вызовет уменьшение длины дуги, снижение силы сварочного тока, время существования жидкой фазы. Изменение этих параметров приведет к нестабильности процесса наплавки. Добиться одновременного процесса устойчивого горения дуги, и формирования качественного слоя малой толщины на сварочном оборудовании теристорного типа не представлялось возможным.

Современное развитие сварочной техники позволяет качественно выполнять процесс сварки и наплавки при значениях силы сварочного тока в несколько ампер. Оборудование инверторного типа обеспечивает устойчивое горение дуги в широком диапазоне режимов сварки. Программное обеспечение источников питания позволяет управлять процессом переноса электродного металла в сварочную ванну и влиять на процессы формирования сварного шва. Следовательно, получение наплавленного тонкого слоя дуговым способом становится вполне возможным.

Достижения в развитии сварочной техники позволяют ставить более сложные и важные задачи перед исследователями.

УДК 634.377

УЛУЧШЕНИЕ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ ФОРВАРДЕРОВ 6К6

С.Н.ПИЩОВ, А.Р.ГОРОНОВСКИЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В настоящее время на лесозаготовительных предприятиях Республики Беларусь наблюдается увеличение доли древесины, заготавливаемой по сортиментной технологии. Одной из наиболее энергоемких операций данного технологического процесса является первичная транспортировка сортиментов от места валки на погрузочный пункт, которая выполняется с помощью колесных погрузочно-транспортных машин (форвардеров). Разнообразные условия эксплуатации лесных машин требуют повышения их тягово-сцепных свойств и проходимости. По этой причине актуальной является проблема создания погрузочно-транспортных машин повышенной проходимости, которые могли бы эффективно эксплуатироваться как на лесосеках с высокими физико-механическими свойствами почвогрунтов, так и при освоении труднодоступного лесосечного фонда.

Одним из перспективных способов повышения тягово-сцепных свойств является применение погрузочно-транспортных машин с движителями в виде балансирных тележек, на колеса которых осуществляется монтаж легкосъемных металлических гусениц (комбинированный движитель). Это позволяет повысить тягово-сцепные свойства машины, однако, приводит к увеличению сопротивления движению, снижению рабочих скоростей, повышению расхода топлива. Существующие проблемы, связанные с определением целесообразности применения колесного или комбинированного типа движителя погрузочно-транспортных машин, в зависимости от конкретных почвенно-грунтовых условий движения и обоснования параметров двигателя и трансмиссии для эффективной эксплуатации, являются актуальными и требуют проведения комплекса теоретических и экспериментальных исследований.

Построенные зависимости, которые представлены в виде номограмм, позволяют определить характер взаимовлияния показателей тягово-сцепных и технико-эксплуатационных свойств погрузочно-транспортных машин (силы сопротивления движению, касательные силы тяги, тяговая мощность, буксование движителя, скорость движения, коэффициент загрузки двигателя по мощности, часовой расход топлива) друг на друга. На основе полученных номограмм можно выбрать предпочтительный тип движителя, оценить режимы эксплуатации существующих или проектируемых лесных погрузочно-транспортных машин.

3) t = 28 лет, с коррозионными повреждениями по раме – равномерно до 10 % по всем элементам и локально на фигурных листах в зоне фановых труб до 50 % их толщины на площади до 500 см^2, а по нижним поясам боковых стен и настила пола (вдоль стен) – до 30 % номинальных толщин.

Расчетные нагрузки для всех вариантов едины и составляют: статическая – 406,134 кН, вертикальная динамическая – 89,271 кН, продольная сжимающая – минус 1000 кН. Допускаемые напряжения для хребтовой и шкворневой балок рамы – 155 МПа, а для всех остальных элементов кузова – 165 МПа.

Расчет выполнен методом конечных элементов с использованием программного пакета Nastran for Windows. Расчетная модель представлена пластинчатыми конечными элементами (КЭ), кроме стоек боковых и торцовых стен, их верхних обвязок и дуг крыши, которые приняты стержневыми.

Расчеты на прочность показали, что у нового вагона (t = 0) при номинальных размерах несущих элементов рамы и кузова запас прочности достаточно высок. Средний коэффициент перегрузки их составляет $K_п$ = 0,287 (отношение фактических эквивалентных напряжений к допускаемым). Наибольшие напряжения возникают в шкворневой балке рамы 137 МПа ($K_п$ = 0,88). По кузову вагона, наиболее подверженному коррозионному износу и изменению несущей способности, максимальные эквивалентные напряжения возникают по поперечным балкам, поддерживающим настил пола ($K_п$ = 0,363), по нижним зонам стоек боковых стен ($K_п$ = 0,272) и их обшивке ($K_п$ = 0,278). В остальных зонах кузова $K_п$ не превышает 0,12.

Через 20 лет эксплуатации несущая способность рамы и кузова меняется несущественно. В шкворневой балке рамы напряжения возрастают со 137 до 144 МПа (5 %), а в остальных элементах кузова их рост находится в пределах 4-9 % от исходных величин. Однако нижние пояса стен имеют значительную сквозную коррозию и поэтому стоит вопрос о том, каким видом ремонта (КР-2 или КВР) восстановить утраченную несущую способность кузова, товарный вид вагона и его уровень комфорта.

Третий вариант расчета (t = 28 лет) показал, что рамы и кузова имеют запас прочности. Даже в самых нагруженных их элементах напряжения не превышают допускаемых значений 155-165 МПа. Не приводит к потере несущей способности рамы и наличие локальных коррозионных повреждений фигурных листов на площади до 500 см^2, и утонении их номинальной толщины до 50 %. В тонкостенных элементах кузова (стойках, обшивке стен) напряжения возрастают к исходному значению не более чем на 12 %. То есть вагоны типа 47Д и 47К, изготовленные в ГДР, по несущей способности рам и кузовов могут работать сверх назначенного срока службы (28 лет) до 41 года, при соблюдении существующих плановых видов ремонта.

УДК 621.9

СНИЖЕНИЕ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ СД и ПТМ

О.В.АЛЕКСЕЕВА, Л.И.БЕЛОУСОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Масса металлоконструкции составляет до 80 % общей массы машины и существенно влияет на технико-экономические показатели.

Расчет показал, что распределение напряжений в консольных и двухопорных балках, например, в стрелах кранов, стрелах и рукоятях экскаваторов распределяются неравномерно по длине и поперечным сечениям. При этом часть сечений практически не нагружена. Расчеты конструкций современными методами дают результирующую нагрузку по каждому элементу, не учитывая распределение нагрузок по сечению.

Авторы предлагают оптимизировать металлоконструкции по массе путем учета влияния различных конструктивных и технологических факторов, в том числе и путем применения балок равного сопротивления. Рассматривается возможность использования конструкций переменных сечений путем изменения ширины и высоты геометрического профиля или вырезанием профильных отверстий. Выбор способа снижения металлоемкости определяется назначением и особенностями конструкции.

Например, при проектировании грузовой тележки с базой большой длины и направляющих в виде двух швеллеров возникла проблема с изменением под нагрузкой величины колеи. При базе 3 м изменение колеи под нагрузкой составило около 60 мм, что не соответствует технологическим требованиям. Увеличение жесткости за счет применения закрытых профилей направляющих позволило снизить изменение колеи на 10-15 %, что также не соответствует технологическим требованиям.

Применение стяжек направляющих в верхней и нижней частях позволило увеличить жесткость конструкции, однако привело к значительному увеличению веса рамы. Применение стяжек с профильными отверстиями, как показали расчеты, позволило обеспечить необходимую жесткость конструкции при одновременном незначительном росте ее веса. Изменение колеи в предлагаемой конструкции под действием нагрузок на раму от веса оборудования составил не более 4 мм, что соответствует технологическим требованиям.

Расчет простейших двухопорных и консольных балок, нагруженных сосредоточенной или распределенной нагрузками показал, что применение балок с профильными отверстиями позволяет снизить вес конструкции до 50 %.

УДК 630*36

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВАЛОЧНО-СУЧКОРЕЗНО-РАСКРЯЖЕВОЧНОЙ МАШИНЫ

С.Е.АРИКО, С.П.МОХОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Для реализации принципов устойчивого лесопользования государства инвестируют значительные материальные ресурсы в области, связанной с созданием и внедрением высокоэффективных технологических процессов заготовки древесины.

В настоящий момент РУП «МТЗ» разрабатывает валочно-сучкорезно-раскряжевочную машину для рубок промежуточного пользования. Для оценки параметров создаваемой машины возникла необходимость рассмотрения процессов нагружения элементов технологического оборудования и базового шасси. Это связано с тем, что современные отечественные лесные машины создаются на базе серийно выпускаемого базового шасси, которое требует конструктивных изменений ввиду специфики предмета труда и возникающих в процессе выполнения технологических операций динамических нагрузок.

При исследовании конструктивных и технологических особенностей лесной машины основное внимание уделяется выбору параметров базового шасси, манипулятора и харвестерной головки.

В результате проведенных исследований харвестерных головок, получены зависимости массы харвестерной головки, тягового усилия, реализуемое механизмом подачи головки в процессе обработки дерева, минимальной мощности и массы базового шасси от максимально возможного диаметра дерева. Установлено, что для проведения рубок промежуточного пользования наиболее приспособленными являются харвестерные головки с параметрами максимального диаметра спила деревьев при валке 520 мм; максимального диаметра ствола в зоне обрезки сучьев 450 мм и максимальным весом без ротатора 600 кг, которые обеспечивают возможность обработки древесины на всех видах рубок и имеют небольшие массово-габаритные параметры.

Основные параметры гидроманипуляторов были получены методом корреляционного анализа его работы объемом хлыста различной величины. В результате исследований установлено, что масса манипуляторов при вылете стрелы 10 м колеблется в пределах 1500…2700 кг (масса манипуляторов Foresteri находится в пределах 1500…2000 кг, а фирмы Cranab – 2500…2700 кг).

УДК 629.45:539.4

ОЦЕНКА ПОТЕРИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ОТ СРОКА СЛУЖБЫ

И.Ф.ПАСТУХОВ, С.В.МАКЕЕВ, М.И.ПАСТУХОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

В настоящей работе представлен материал о результатах исследований несущей способности купейных пассажирских вагонов, изготовленных в ГДР.

Задача исследований включала в себя сбор статистического материала о техническом состоянии металлоконструкций кузовов, количественную оценку их коррозионного износа, выявление закономерностей этого износа от срока службы вагонов, а также моделирование потери геометрических характеристик элементов кузовов при прочностных расчетах на эксплуатационные нагрузки в соответствии с требованиями «Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)».

В выборке обследованных вагонов находились вагоны со сроком службы от 25 до 52 лет, средний срок службы которых составлял 33,4 года. В то же время средний срок службы списанных вагонов составил 38,5 лет. То есть вагоны до списания перерабатывали назначенный срок службы в среднем на 10,5 лет и не дорабатывали до предельно допустимого срока (41 год) – 2,5 года. Вместе с тем в партии списанных вагонов были также и вагоны, переработавшие назначенный срок службы на 17-21 год. Таких вагонов в партии исключенных оказалось 34 %. Это вагоны, которые после 28 лет работы на пассажирских перевозках были переведены на работу служебно-технического назначения. Следовательно, эти вагоны и после 41 года могут эксплуатироваться во вспомогательном назначении, обеспечивая полную свою отдачу.

Для оценки влияния коррозионных повреждений рам и кузовов пассажирских вагонов на несущую способность выполнены расчеты статической прочности кузовов на III режим нагружения трех вариантов их физического состояния:

1) $t = 0$, без коррозионных повреждений металлоконструкций рамы и кузова, с номинальными линейными размерами рассчитываемых элементов;

2) $t = 20$ лет, с коррозионными повреждениями, охватывающими равномерно все элементы рамы до 5 % их номинальной толщины и до 20 % нижних поясов кузова (стоек боковых стен на высоте до 500 мм от уровня пола, а обшивки – от пола до нижних кромок окон);

позволит адаптироваться к уплотняемому материалу в ходе процесса уплотнения, и будет менять свои рабочие параметры с целью достижения максимального эффекта уплотнения.

Сегодня уже большинство специалистов пришло к осознанию того, что уплотнение является ключевой технологической операцией. Она влияет на качество, надежность и долговечность всего дорожного сооружения. Наиболее эффективными, с точки зрения уплотнения, являются вибрационные катки, которые позволяют при меньшей массе получить наибольший уплотняющий эффект. Однако имеются также объекты, в непосредственной близи которых уплотнения виброкатками нежелательно (фундаменты зданий, электрокабели, трубопроводы и мосты). Поэтому, в настоящее время актуальным является создание таких конструкций вибрационных катков, которые позволяют изменять параметры вибрации на всех этапах уплотнения в зависимости от технологии производства работ.

В докладе приводится конструкция вибрационного катка, которая позволяет менять динамические импульсы в зависимости от физико-механических свойств материала и условий эксплуатации. Конструкция предложенного катка позволяет использовать процесс осциляторного воздействия, заключающегося в том, что осцилляторное уплотнение отличается от традиционного виброуплотнения характером действия динамических сил. При традиционном виброуплотнении динамические импульсы действую в направлении, перпендикулярном к уплотняемой поверхности. Осцилляторные импульсы действуют, главным образом, в горизонтальной плоскости. В предложенной конструкции вальца катка предусмотрен механизм, позволяющий расположить центробежные силы, развиваемые дебалансами, в горизонтальной плоскости, при этом они уравновешиваются, и их действие на валец нейтрализуется. При расположении центробежных сил в вертикальной плоскости под действием силы возникают динамические моменты, которые сообщают вальцу в зоне контакта с уплотняемой средой возвратно-поступательные движения в горизонтальном направлении.

При уплотнении асфальтобетонных смесей осцилляция существенно снижает разрушение фрагментов щебеночных включений. Осцилляторные системы позволяют снизить вибрационное воздействие на машину и увеличить срок службы техники.

Показателем, определяющим энергонасыщенность харвестера, является мощность устанавливаемого двигателя, которая находится в пределах 160…240 кВт. С увеличением вылета гидроманипулятора от 9 до 11,5 м, мощность устанавливаемых двигателей повышается в 1,4…1,5 раза.

Определяющим показателем, влияющим на продольную и поперечную устойчивость харвестера, является его масса. В зависимости от максимального вылета гидроманипулятора современные харвестеры зарубежного производства имеют массу в пределах 12000…25000 кг. У некоторых производителей харвестерной техники, в связи с максимальной унификацией, наблюдается тенденция по сохранению постоянства массы базового шасси независимо от того, какой гидроманипулятор на нем устанавливается (Ponsse).

Полученные в результате исследований зависимости, отражают взаимовлияние основных параметров харвестерных головок и гидроманипуляторов, позволяют провести корреляционный анализ показателей вновь создаваемых либо выбранных для установки на соответствующее шасси манипуляторов, а также сравнить степень технического совершенства харвестерного технологического оборудования различных производителей.

Согласно разработанной методике производилась оценка динамического взаимодействия харвестера и дерева при валке для расчетного варианта специальной лесной машины. При расчетах учитывалось, что масса машины составляет 12 т, на ней установлен гидроманипулятор параллельного типа Foresteri 1395 с вылетом 9,5 м и харвестерная головка Foresteri 20RH.

Результаты расчетных исследований динамической нагруженности базового шасси и технологического оборудования показывают, что динамические нагрузки, преодолеваемые звеньями манипулятора в процессе работы, и технологическое время цикла зависят от совершенства кинематической и гидравлической схем, конструкционного исполнения элементов манипулятора, наличия упругих связей в его конструкции, элементов гидроуправления, а также возможности совмещения движений звеньев. Проведенный анализ усилий, возникающих при валке деревьев, показывает, что с увеличением объема пачки на 0,1 $м^3$ – усилие возрастает в 1,3 раза и при объеме дерева 0,5 $м^3$ (диаметр около 24 см) составляет 52,6 кН. Исследованиями установлено, что время цикла при совместном движении стрелы и рукояти манипулятора сокращается в 1,47 раза. Снижение пиковых усилий может быть достигнуто путем подтаскивания комлевой части дерева во время его падения в сторону, противоположную направлению валки. Такой технологический прием может быть реализован путем применения рычажного манипулятора параллельного типа.

УДК 360*37

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ АВТОПОЕЗДОВ ЩЕПОВОЗОВ

С.Е.АРИКО, С.П.МОХОВ, М.К.АСМОЛОВСКИЙ, В.В.ХАЙНОВСКИЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Исследовательские испытания опытных образцов автопоездов для транспортировки щепы проводились в условиях Республики Беларусь на базе двух лесозаготовительных предприятий. В производственных условиях Червеньского ЛПХ выполнялась оценка основных эксплуатационных показателей автощеповозов по технологии вывозки щепы с лесного склада предприятия. В ГЛХУ «Вилейский лесхоз» проведены лабораторно-исследовательские измерения основных технико-эксплуатационных показателей опытных образцов автощеповозов с учетом особенностей заготовки щепы на лесосеке и на резервном складе Вилейской мини-ТЭЦ.

При проведении испытаний были определены нагрузки на оси автощеповозов МАЗ-6501А3 и МАЗ-6501А5+857102 в груженом и порожнем состоянии при выполнении технологических операций, а также проведены исследования нагрузок автопоездов МАЗ-551608 + МАЗ-856102 и МАЗ-5433+САТ–105, хронометраж выполнения отдельных технологических операций автомобиля, которые также применяются для транспортировки щепы.

При исследовании распределения нагрузок между осями контейнерного автощеповоза в осенне-зимний период установлено, что под второй и третьей осью нагрузки, соответственно, составляют 104,5 и 103,4 кН, а на переднюю ось – 76,20 кН, что примерно на 27 % меньше, чем на оси тележки.

Учитывая, что при эксплуатации в летний период нагрузки составили 76,32 кН для передней оси, 77,67 – для второй и 77,11 – для третьей, при объеме щепы в контейнере 34,53 м^3, можно сделать заключение, что при работе автопоезда в осенне-зимний период из-за различной плотности щепы (в результате хранения происходит ее естественное уплотнение и накопление влаги), имеет факт увеличения массы перевозимого груза при неизменном объеме, и, соответственно, неравномерное распределение нагрузки по осям автопоезда. Суммарная нагрузка на оси автомобиля составила в зимний период 284,1 кН, в летний период – 231,1 кН.

При рассмотрении распределения нагрузок на оси автопоезда МАЗ-6501А5+857102 в осенне-зимний период масса перевозимой щепы составляла 22,45 т, что примерно на 13 кН больше, чем при летней эксплуатации, при этом усредненное значение влажности щепы составила 77,68 %, а плотность – 0,324 т/м^3. Вертикальные нагрузки на 1, 2 и 3 оси

УДК 625.08.079

САМОХОДНЫЙ ВИБРАЦИОННЫЙ КАТОК С ВОЗБУДИТЕЛЕМ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ

С.Б.ПАРТНОВ, Ю.В.НЕДВЕДСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время одним из важнейших условий строительства дорог является долговечность покрытия и сохранение его несущих свойств на протяжении длительного срока. Уплотнение является завершающей операцией строительства дорожного покрытия, и качество ее проведения определяет безубыточность строительства. Современная техника по уплотнению становится не только дороже из года в год, но и больше по массе и габаритам, что крайне невыгодно строительным организациям, так как происходит увеличение финансовых затрат на транспортирование такой техники, на ее содержание и эксплуатацию.

Исследование процесса уплотнения с самого начала его развития идет в трех основных направлениях. Это возможность плавного регулирования величины контактного давления в зоне контакта с материалом от прохода к проходу для приведения его к величине предела прочности уплотняемого материала, что приведет к сокращению типоразмеров катков. Вторым направлением совершенствования процесса уплотнения является использование сочетания двух методов уплотнения – в частности укатка и трамбование, что позволит увеличить глубину проработки материала и сохранить предполагаемое качество уплотнения, при этом сократив число проходов катка, необходимых для доведения материала до заданной плотности. Третьим вариантом совершенствования процесса уплотнения является создание активного рабочего органа с циклическим ударно-укатывающим действием, который многократным воздействием на материал позволяет достичь в уплотняемой среде заданного коэффициента уплотнения.

Актуальным является вопрос создания такого оборудования, которое позволило бы решить данные проблемы, сохранив при этом качество уплотняемого покрытия. Разработка перспективных моделей процесса уплотнения позволит реально оценить степень уплотнения и его качество, описать данный процесс на каждой его стадии и, тем самым, конструктивно упростить существующие технологии в данной области. Ведь проблема уплотнения весьма разносторонняя и связана с решением комплекса важных вопросов: эксплуатационная надежность и долговечность покрытий; совершенствование существующих и разработка перспективных конструкций уплотняющего оборудования, позволяющих не только минимизировать затраты на создание техники, но и сохранить, и даже повысить качество проводимых работ. Необходимо создать такое оборудование, которое

УДК 621.878.6

СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОАППАРАТОВ ГИДРОСИСТЕМЫ СДМ

А.Е.НАУМЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В связи с сезонными колебаниями температуры окружающей среды время нагрева рабочей жидкости до рабочих температур, которые находятся в диапазоне от 50 до 60 ºС, различно и примерно составляет от 15 до 20 минут в тёплое время года и от 1,5 до 2 часов в холодное. Потери давления на преодоление внутренних сопротивлений гидросистемы, а, следовательно, и соответствующие потери мощности в период нагрева рабочей жидкости, имеют на порядок большие значения, чем при рабочих температурах, и с повышением температуры рабочей жидкости они уменьшаются. В свою очередь, при увеличении температуры рабочей жидкости в период нагрева величина утечек через зазоры между плунжерами и корпусом в аксиально-плунжерных насосах и между золотником и корпусом в гидрораспределителях, а, следовательно, и потери мощности за счёт этих утечек увеличиваются. Суммарные потери мощности, учитывающие потери мощности на преодоление внутренних сопротивлений и потери мощности за счёт утечек от температуры рабочей жидкости, при определённой температуре, будут минимальны. Эта температура будет зависеть, прежде всего, от конфигурации гидросистемы (количества и параметров трубопроводов, местных сопротивлений и гидроаппаратов), а также от степени износа прецизионных пар гидроаппаратов.

В процессе постепенного износа прецизионных пар увеличиваются зазоры между плунжерами и корпусом в аксиально-плунжерных насосах и между золотником и корпусом в гидрораспределителях, что ведёт к увеличению потерь мощности за счёт утечек.

Разработанная система диагностирования СДМ и методика оценки технического состояния вышеназванных гидроаппаратов, состоящая из датчиков давления, подключённых в напорную и сливную гидромагистрали гидросистемы, и датчиков расхода, подключённых в напорную и сливную гидромагистрали гидрораспределителя, а также температурного реле и устройств подогрева и охлаждения рабочей жидкости позволяет, при прохождении машиной очередного ТО, определить температуру рабочей жидкости при которой суммарные потери мощности будут минимальны. Это позволяет минимизировать потери мощности в процессе работы машины и дать оценку о целесообразности замены или дальнейшего использования гидрораспределителя и насоса гидросистемы.

автомобиля, а также 1 и 2 оси автопоезда МАЗ–6501А5+857102 составили в зимний период 71,65; 93,33; 92,30; 82,20 и 79,37 кН, в летний период 67,41; 93,4; 85,77; 82,49 и 77,04 кН, соответственно.

Суммарная нагрузка на оси автощеповоза составила: в зимний период 406,11 кН, в летний период – 418,85 кН.

Значения коэффициента использования грузоподъемности указывают на то, что наиболее рациональными можно считать конструкции обоих опытных автощеповозов, поскольку данный показатель превышает аналогичные конструкции на 24-75 % и 31-78 % для МАЗ–6501А5+857102 и МАЗ–6501А3, соответственно, по сравнению с существующей техникой.

По результатам исследований определены осевые нагрузки автощеповозов, установлена рейсовая нагрузка и полученные данные сравнивались с разрешенными для автомобилей, предназначенных для эксплуатации по автомобильным дорогам общего пользования и улицам населенных пунктов в соответствии с Государственным стандартом Республики Беларусь. Полученные на испытаниях параметры нагрузки автощеповоза МАЗ–6501А5+857102 полностью удовлетворяют требованиям СТБ 1878-2008. Что касается МАЗ–6501А3, то его эксплуатация в осенне-зимний период возможна по дорогам при условии уменьшения рейсовой нагрузки на 5-7 % (1,2…1,5 м^3).

При проведении хронометрических измерений определено время загрузки бортового автощеповоза погрузчиком АМКОДОР 332С (объем ковша 1,9 м^3), которое составило в среднем 45 мин. 40 с, а для контейнерного автощеповоза – 22 мин. 17 с.

При загрузке автощеповозов лесопогрузчиком АМКОДОР 352Л (352Л1) (объем ковша 4 м^3, высота разгрузки ковша для щепы 4750 (4900) мм при угле 30^o и 4630 (4780) мм при угле 45^o. Время загрузки бортового щеповоза МАЗ–6501А5+857102 составило 13 мин. 20 с; время загрузки автощеповоза МАЗ–6501А3 – 6 мин. 35 с.

Для достижения высокой эффективности использования древесных отходов в качестве энергоносителей, необходимо обеспечение ритмичной и бесперебойной их поставки к местам хранения и потребления. Эксплуатационные испытания опытных образцов контейнерного (МАЗ–6501А3) и бортового (МАЗ–6501А5+857102) автощеповозов, в сравнении с существующей техникой при работе в летний и зимний период, позволили установить, что применение рассматриваемых автомобилей целесообразно на предприятиях, занимающихся производством топливной щепы в промышленных объемах (не менее 20 тыс. плотных м^3). При этом применение автомобиля МАЗ–6501А3 целесообразно при работе с 3…5 съемными контейнерами, расположенными в местах накопления топливной щепы (например, верхний склад лесосеки), когда преобладающими затратами времени в продолжительности смены является время на погрузочно-разгрузочные операции. Величина удельных капитальных вложений для опытных образцов автощеповозов МАЗ–6501А3 и МАЗ–6501А5+857102 является самой низкой среди сравниваемых вариантов.

УДК 621.9

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЕДИНИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ ЗУБЬЕВ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСМИССИЙ МАШИН

Г.Л.АНТИПЕНКО, М.Г.ШАМБАЛОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Единичные дефекты зубьев – это сколы, выкрашивания рабочих поверхностей зубчатых колес коробок передач, главной передачи, колесной передачи, а также раздаточных коробок, коробок отбора мощности. Образование таких дефектов является признаком скорого разрушения сборочной единицы, поскольку они вызывают появление дополнительных динамических нагрузок, превосходящих рабочие в 2…3 раза. Поэтому выявление единичных дефектов зубьев является актуальной задачей.

Диагностическими параметрами, характеризующими наличие единичных дефектов, являются: кинематическая неравномерность вращения выходного вала; виброакустические – шум, удары, возрастание амплитуды напряжений. Замерять и контролировать эти параметры достаточно сложно. По виброакустическим параметрам судить о состоянии зубчатых зацеплений сложно из-за большого числа виброактивных элементов, создающих помехи, влияющие на диагностический параметр. При этом кинематическая неравномерность вращения выходного вала может быть связана с цикличностью работы самого двигателя.

Кинематическая неравномерность вращения является наиболее информативным диагностическим параметром, характеризующим наличие единичного дефекта. Измерение этого параметра целесообразно проводить на неработающей машине, чтобы исключить влияние двигателя и других элементов на точность показаний.

Такие исследования можно проводить на приводном барабанном стенде. Эти стенды широко распространены и используются для определения тягово-скоростных свойств и топливной экономичности машины, а также для оценки технического состояния тормозных систем. Но при этом трансмиссия должна быть подготовлена к такого рода испытаниям, т.е. оснащена необходимыми датчиками, связанными с компьютером.

Для определения кинематической неравномерности вращения ведомого вала относительно ведущего целесообразно воспользоваться импульсным методом, разработанным на кафедре «СДПТМ и О» и запатентованным в патентном ведомстве РБ. Он предполагает отслеживание относительных угловых перемещений ведущего и ведомого валов. Для этого с одним из валов связан задатчик опорного высокочастотного сигнала, а с другим – низкочастотного. Оценка кинематической неравномерности вра-

УДК 629.3

ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Т.В.МРОЧЕК, В.И.МРОЧЕК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Гидроусилитель рулевого управления включает насос, регулятор расхода, распределитель, гидроцилиндр и бак. Трехлинейный регулятор расхода предназначен для поддержания заданного значения расхода вне зависимости от значения перепада давлений в подводимом и отводимом потоках рабочей жидкости. Регулятор расхода гидроусилителя МАЗ-6422 состоит из установленных в корпус клапана разности давлений и предохранительного клапана. Клапан разности давлений содержит золотник (в который встроен предохранительный клапан), пружину и нерегулируемый основной дроссель. Полость пружины через дроссель соединена с каналом, в котором установлен основной дроссель (с выходом регулятора).

Основным достоинством такого регулятора является то, что дозирование расхода жидкости, направляемого с выхода регулятора на вход распределителя, осуществляется при минимальных затратах энергии. Это достигается за счет того, что давление на входе больше давления на выходе на незначительную величину (примерно на 0,22 МПа). Недостатком же является довольно высокая зависимость расхода Q на выходе регулятора, идущего к распределителю, от температуры рабочей жидкости.

Температурная погрешность регулирования расхода Q может быть минимизирована путем уменьшения потерь на трение по длине в гидролинии, в которой установлен основной дроссель, что достигается двумя способами: увеличением диаметра; уменьшением длины гидролинии. Наиболее просто реализовать первый способ. В результате увеличения диаметра с 8,7 до 14 мм установлено, что при изменении кинематической вязкости от 10 до 110 сСт при номинальных параметрах регулятора изменение расхода Q составляет лишь 0,2 %. При диаметре 8,7 мм эта величина составляла 3,2 %.

Целесообразно предусмотреть в конструкции регулятора расхода возможность регулировки диаметра основного дросселя. При этом предложено выполнить отверстие регулируемого дросселя треугольной формы, что позволяет получать стабильную характеристику регулятора расхода и высокую точность регулирования расхода в широком диапазоне температур рабочей жидкости. Кроме того, регулируемый регулятор расхода в процессе эксплуатации позволит восстанавливать характеристики не только регулятора, но и компенсировать возросшие утечки рабочей жидкости в распределителе и гидроцилиндре.

приняты: средняя скорость перемещения поршня гидроцилиндра при повороте управляемых колес на максимальные углы вправо и влево из нейтрального положения; максимальное усилие развиваемое гидроцилиндром; суммарные утечки рабочей жидкости в распределителе и регуляторе расхода; среднее значение КПД гидроусилителя за время выполнения нормативного маневра.

В результате выполненных исследований установлено, что на показатели управляемости машины и эффективности работы гидроусилителя наибольшее влияние оказывает величина зазора в сопряжении золотник – корпус регулятора расхода, определяющая величину утечек из полости обратной связи. Увеличение утечек приводит к снижению сигнала обратной связи из-за увеличения потерь на дросселе линии обратной связи и к нарушению баланса сил, действующих на золотник. В результате происходит перенастройка режима дозирования в сторону уменьшения расхода на выходе регулятора.

Показано, что восстановить расчетное значение расхода на выходе регулятора можно путем регулирования площади сечения основного дросселя. С увеличением утечек из полости обратной связи необходимо увеличивать площадь основного дросселя, снижая на нем потери давления.

При увеличении утечек в распределителе предложено выполнять настройку регулятора расхода на большую величину подачи рабочей жидкости в гидроцилиндр.

Получена величина предельного значения утечек из регулятора расхода, при превышении которой необходимо осуществлять регулирование основного дросселя. Величина утечек не должна превышать значения $Q_{ут1max} = 0{,}25$ л/мин при давлении насоса $p_н = 7$ МПа, что соответствует зазору $a0 = 18$ мкм. Параметр $Q_{ут1max}$ можно использовать для диагностирования технического состояния регулятора расхода без его разборки на разработанном с участием автора в Белорусско-Российском университете стенде.

Установлено, что выходная характеристика регулятора расхода $Q_{р.р} = f(p_{р.р})$ существенно зависит от вязкости рабочей жидкости. Возрастание вязкости при снижении температуры приводит к снижению расхода $Q_{р.р}$. Показано, что причиной является увеличение линейных потерь давления в гидромагистрали регулятора расхода, что снижает сигнал обратной связи и изменяет настройку регулятора расхода. Предложено увеличить диаметр $d_{р.р}$ гидромагистрали для регулятора расхода гидроусилителя МАЗ–5335 с 6 до 10 мм, а для регулятора гидроусилителя МАЗ–6422 с 8,7 до 14 мм.

Реализация полученных результатов исследований позволяет повысить показатели функциональных свойств системы рулевого управления троллейбусов и эффективность работы гидроусилителей.

щения осуществляется посредством подсчета количества опорных сигналов в каждом выходном. Если их количество одинаково – дефектов нет. Если один из импульсов имеет меньшее число опорных, а последующий большее – имеется дефект, величина которого будет зависеть от этой разницы.

По периоду повторного появления дефекта можно установить, какому зубчатому колесу принадлежит дефект. Для этого на ведомом валу необходимо контролировать его перемещение, соответствующее повороту на один зуб каждого зубчатого колеса в отдельности. Это возможно в том случае, если с ведомым валом связать высокочастотный датчик углового положения, а относительные угловые перемещения входного и выходного вала контролировать не на одном выходном, а на нескольких, соответствующих повороту конкретного зубчатого колеса на один зуб. В этом случае более важна не аппаратная, а программная обработка результатов диагностирования, позволяющая локализовать дефект, т.е. установить принадлежность его тому или иному зубчатому колесу. Зная расположение дефекта в кинематической цепи трансмиссии, по значению диагностического параметра, можно определить величину дефекта и его опасность для конструкции.

Испытания трансмиссии на тормозном роликовом стенде импульсным методом удобны тем, что находившаяся в эксплуатации машина не требует доработки узлов с установкой датчиков. Для диагностирования трансмиссии на роликовом стенде необходимо разместить датчики таким образом, чтобы снимать показания по относительным угловым перемещениям входного и выходного валов трансмиссии, т.е. с первичного вала и с ведущего колеса.

В качестве датчиков углового положения валов при малых угловых скоростях стенда наиболее приемлемы фотоэлектрические энкодеры, непосредственно встроенные в конструкцию трансмиссии. Использовать внешние средства измерения для этих целей достаточно сложно. Поэтому наиболее целесообразно использовать оптические датчики скорости, работающие по принципу отражения. Эти датчики предназначены для считывания штрих-кодов и дистанционного измерения скорости и удобны для генерирования сигнала углового положения входного вала коробки передач (от носка коленчатого вала), а также сигнала углового положения ведущего колеса.

Применение импульсной системы диагностирования зубчатых зацеплений трансмиссии позволит установить наличие и локализовать дефекты зубьев, предотвращая выход из строя всей сборочной единицы.

УДК 656.223

РАЗРАБОТКА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА КОМБИНИРОВАННОМ ХОДУ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Д.И.БОЧКАРЕВ, В.А.КОСТЮКОВ, В.А.ЖИГУНОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Содержание, восстановление и диагностика железнодорожных путей и искусственных сооружений требуют проведения технической разведки, для эффективного выполнения которой необходима специальная техника, способная обеспечить мобильность передвижения специалистов, размещение различного оборудования, а также быть недорогой в эксплуатации. Для данных целей на железной дороге применяются различные дрезины типа ТД-5М, СМ-4 или АС-1. В то же время их конструкции не в полной мере отвечают современным требованиям к мобильности. В частности, машины АС-1 требуют закрытия движения поездов по перегону, т.к. не могут освобождать путь для их пропуска. Дрезины ТД-5М и СМ-4 вследствие малой массы являются съемными и могут убираться с пути с помощью бригады специалистов, однако имеют малую скорость и грузоподъемность.

Одним из вариантов транспортного средства для технической разведки, лишенного указанных недостатков, является автомобиль повышенной проходимости на комбинированном рельсо-пневмоколесном ходу, который может двигаться с высокими скоростями по железнодорожным путям, автодорогам и бездорожью. При этом возможен его заезд и съезд с железнодорожного пути на переездах и в нулевых местах непосредственно на перегоне.

Конструкция комбинированного хода может представлять собой дополнительные колесные пары на пружинной подвеске, служащие для удержания машины на рельсах и восприятия части нагрузки от ее массы. Тяговое и тормозное усилия при этом реализуются за счет сцепления ведущих пневматических колес с рельсами. При этом необходимо, чтобы колея колес базового шасси совпадала с рельсовой колеей, равной 1520 мм. В случае их неравенства требуется доработка ходовой части машины, в частности установка уширительных шайб между ступицами и колесными дисками или установка дисков измененной конфигурации для увеличения колеи колес. Для уменьшения колеи требуется установка других мостов с укороченными полуосями, что технически более сложно. В таком случае возможно применение конструкции комбинированного хода, исключающей контакт пневмоколес шасси с рельсами. В данной схеме колеса при-

УДК 629.3

УЛУЧШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРОЛЛЕЙБУСОВ ПУТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ

Т.В.МРОЧЕК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В докладе изложены результаты выполненных исследований характеристик системы рулевого управления троллейбусов и предлагаемые технические решения, направленные на улучшение показателей управляемости троллейбусов и повышение эффективности работы гидроусилителя рулевого управления. Для решения поставленной задачи разработана методика системного анализа процессов функционирования рулевого управления с гидроусилителем, основанная на математическом моделировании движения колесной машины при совершении маневров «переход на круговую траекторию с минимальным радиусом» и «поворот на 90º», в процессе которых определяются показатели управляемости колесной машины, предусмотренные Правилами ЕЭК ООН и существующими стандартами.

Разработана математическая модель, позволяющая определять траекторию движения машины, курсовой угол и радиус поворота с учетом увода колес, исследовать влияние параметров и характеристик всех механизмов рулевого управления на показатели управляемости. Учтены физические свойства основных компонентов рулевого управления: инерционные, упругие и диссипативные свойства гидравлических и механических элементов рулевого управления, сжимаемость и вязкостные свойства рабочей жидкости гидроусилителя, зависимость вязкости от температуры, инерционные свойства управляемых колес при их повороте относительно осей шкворней, зависимость момента сопротивления от углов поворота колес.

Новизна разработанной математической модели состоит в том, что в отличие от известных моделей дается описание физических свойств регулятора расхода, рассматривая его как автоматическое устройство стабилизации подачи рабочей жидкости в гидроцилиндр при повороте машины. Модель представляет собой систему обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений 19-го порядка, описывающую управляемое движение машины и динамические процессы во всех механизмах рулевого управления.

Для оценки качества и эффективности функционирования рулевого управления обоснован выбор показателей. В качестве показателей управляемости колесной машины приняты: время регулирования (выполнения нормативного маневра); минимальный радиус поворота; внешний габаритный радиус поворота. Критериями эффективности работы гидроусилителя

та, а также характер микропрофиля поверхности, по которой происходит передвижение прицепа-роспуска.

Допущения, взятые при разработке математической модели, позволили рассматривать расчетную модель, как взаимосвязанную динамическую с четырьмя степенями свободы. В процессе исследований были получены такие динамические показатели, как тяговое усилие в канате лебедки, вертикальные ускорения неподрессоренных масс и центра тяжести тандемной тележки.

Варьируемыми исходными данными были: частота вращения коленчатого вала двигателя; статистические величины микропрофиля пути, по которому передвигались колеса прицепа-роспуска; угол наклона каната лебедки к дышлу; соотношение длин составных частей дышла, а также жесткости и демпфирующие свойства элементов системы. Частота вращения коленчатого вала двигателя изменялась в пределах от 1300 до 1900 об/мин., что соответствовало изменению усилия в тросе от 1,18 до 1,57 кН. Угол наклона каната к дышлу изменялся в промежутке $10 – 25^0$. Полученные результаты показали, что оптимальным, с точки зрения изменения усилий в канате, является угол в 14^0. Процесс перемещения прицепа по поверхности пути оценивался параметрами статистического происхождения. Микропрофиль пути задавался синусоидальным законом с амплитудой от 0,1 до 0,25 м и частотой изменения, зависящей от скорости сматывания каната. Коэффициент сопротивления качению принимался постоянным на всей протяженности пути до отрыва колес роспуска от поверхности дорожного полотна. Анализ показывает, что изменение коэффициента сопротивления качению на 0,01 соответствует увеличению усилия в тросе лебедки в среднем на 400 Н. Жесткость рессор тандемной тележки варьировалась в диапазоне $2{,}4 \cdot 10^5 – 3{,}8 \cdot 10^5$ Н/м.

Предложенная методика расчета динамической нагруженности элементов технологического оборудования лесовозного автомобиля при погрузке прицепа-роспуска на его шасси позволяет учитывать одновременное влияние факторов случайного происхождения, изменяющихся во времени. Разработанная методика была реализована в виде математических моделей автопоездов с различной компоновкой технологического оборудования. Полученные расчетным путем динамические показатели могут быть взяты в качестве расчетных величин при проектировании новых образцов лесовозных автомобилей.

водятся во вращение через зубчатые передачи от опорно-приводных барабанов, которые при взаимодействии с пневматическими колесами обеспечивают передачу им крутящего момента трансмиссии базового шасси и привод транспортного средства в движение по рельсовой колее. Комбинированный ход такого типа получил название приводного и имеет ряд преимуществ перед направляющим, заключающимся в возможности реализации большего тягового усилия, меньшем износе протектора пневмоколес и возможностью установки на шасси, колея которого не совпадает с колеей железнодорожного пути.

Изучение конструкций и технических характеристик отечественных полноприводных шасси при использовании их в качестве транспортного средства на комбинированном ходу, наиболее эффективным является использование шасси автомобиля УАЗ-31512 (УАЗ-31519). Данная машина соответствует требованиям по комфортному размещению бригады специалистов и различного оборудования, имеет высокую проходимость и скоростные качества, а также низкую стоимость и затраты на эксплуатацию. При этом возможно ее оснащение как направляющим комбинированным ходом, вследствие совпадения ширины колеи колес с колеей железнодорожного пути, так и приводным, так как данное шасси имеет все ведущие колеса.

Дополнительное оснащение этой машины средствами мониторинга, хранения и передачи информации в стационарный пункт управления движением или производством работ позволяет использовать ее также для ликвидации аварий и инцидентов техногенного или природного характера на транспортных коммуникациях.

УДК 656.223

РАЗРАБОТКА АВТОПОЕЗДА-ПОНТОНОВОЗА С УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ САМОПОГРУЗКИ ЗВЕНЬЕВ НАПЛАВНОГО МОСТА

Д.И.БОЧКАРЕВ, Ю.В.САВЕЛЬЕВ, Д.В.ТРУХАНОВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

На вооружении транспортных войск Республики Беларусь имеются различные технические средства для возведения мостовых переходов через водные преграды, из которых наиболее современным является мост-лента железнодорожный МЛЖ. Для транспортировки, выгрузки и самопогрузки понтонных звеньев данного моста, имеющих значительные габаритные размеры и массу, необходимы специальные автопоезда, к которым предъявляются требования по высокой грузоподъемности и повышенной проходимости, а также минимизации времени на разгрузку и погрузку звеньев. Этим требованиям удовлетворяет автопоезд-понтоновоз в составе седельного тягача МАЗ-543403 и полуприцепа МАЗ-9316. Однако для обеспечения оперативной погрузки звеньев моста непосредственно из воды необходимо дополнительно оборудовать полуприцеп специальным канатно-лебедочным устройством. Анализ конструкций данных устройств показывает, что наиболее эффективным является устройство с двухбарабанной лебедкой, кабельные секции которой кинематически соединены между собой с помощью зубчатого дифференциала, а платформа полуприцепа должна быть оборудована роликовым транспортером для перемещения понтонного звена.

Технологический процесс выгрузки и последующей погрузки звена моста-ленты включает в себя следующие операции. Тягач с понтонным звеном на полуприцепе в транспортном положении прибывает в район сборки моста. После заезда в воду задними колесами полуприцепа на глубину 0,5–0,7 м специальное оборудование транспортного средства приводится в рабочее положение путем сброса откидной аппарели в воду на грунт дна. Под действием силы тяжести и естественного уклона берега понтонное звено по роликам скатывается в воду. В случае если уклон в сторону воды недостаточен или сбрасывание неосуществимо по другим причинам, применяется принудительная разгрузка. Для этого разматываются тросы лебедки, пропускаются снизу через обводные блоки на задней части рамы полуприцепа, проводятся обратно под рымными пуговицами понтона и соединяются концами в промежутке между транцем понтона и кабиной автомобиля. Включением лебедки производится сталкивание секции понтона с полуприцепа.

Для погрузки понтонного звена из воды на транспортное средство

УДК 634.377

ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ НА ПРОЦЕСС ПОГРУЗКИ ПРИЦЕПА-РОСПУСКА НА ШАССИ ЛЕСОВОЗНОГО ТЯГАЧА

С.П.МОХОВ, В.А.СИМАНОВИЧ, С.А.ГОЛЯКЕВИЧ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Лесозаготовительные предприятия концерна «Беллесбумпром» производят заготовку древесины преимущественно по хлыстовой технологии. При таком способе вывозки древесины в состав транспортного средства входит базовый автомобиль-тягач и прицеп-роспуск. При движении лесовозного автопоезда на лесосеку прицеп-роспуск может перевозиться на шасси автомобиля, а при применении неразрезного дышла следует за ним. В последнем варианте перемещения прицепа, выход из строя основных его узлов, а также износ балансирной тележки с колесами возрастает, что в конечном итоге сказывается на надежности устройства. Перевозка прицепа-роспуска на шасси базового автомобиля позволяет увеличить скорость движения на 15–22 %, что в конечном счете приводит к увеличению производительности работ.

Для погрузки роспуска на шасси лесовозного автопоезда применяется лебедка. Лебедка установлена на тягаче и приводится в движение посредством карданной передачи от вала отбора мощности, установленного в раздаточной коробке. Время погрузки роспуска на лесовозный автомобиль составляет 10-15 минут и зависит от профессиональных навыков водителя.

Производительность лесовозных машин во многом обуславливается возможными скоростями их движения в заданных природно-эксплуатационных условиях, объемом перевозимого древесного сырья, а также расстоянием, на которое производится вывозка древесины.

Процесс погрузки прицепа на шасси тягача происходит следующим образом. После закрепления троса на дышле и начала наматывания его на барабан лебедки происходит складывание дышла и подтягивание тандемной тележки роспуска к задним колесам автомобиля.

Динамические явления при погрузке роспуска на шасси автомобиля изучены недостаточно, а природа их возникновения зависит от различных факторов. Исследование динамической нагруженности элементов автомобиля и прицепа при этой операции может быть произведено при системном анализе взаимодействия звеньев автопоезда на основании разработанной математической модели, учитывающей жесткости и демпфирующие способности шин и рессор тандемной тележки, жесткость сматываемого кана-

УДК 629.113

МЕХАНИЧЕСКАЯ АНТИБЛОКИРОВОЧНАЯ СИСТЕМА МОТОЦИКЛА

А.С.МЕЛЬНИКОВ, И.С.САЗОНОВ, В.А.КИМ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев. Беларусь

Результаты исследований по созданию новых систем регулирования торможением, которые проводились кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей» в период с 1992 г. и по настоящее время, позволили отыскать новые нетрадиционные подходы к проектированию дисковых тормозов с механическим приводом для мотоциклов.

Созданы дисковые тормоза с механическим приводом нового типа, разработаны методы функционального и прочностного расчетов дисковых тормозов нового типа. Методы расчета дисковых тормозов с механическим приводом, а также конструкции дисковых тормозов нового типа используются на ОАО «МОТОВЕЛО».

Следующим этапом повышения безопасности движения мотоциклов, выпускаемых Минским мотовелозаводом, является оснащение их антиблокировочными системами, так как без использования антиблокировочных систем невозможно обеспечить требуемую эффективность торможения мотоцикла и безопасность на дорогах с резко меняющимися свойствами дорожного полотна. При этом антиблокировочная система должна быть адаптивной к дисковым тормозам с механическим приводом и иметь невысокую стоимость.

В настоящее время отсутствуют антиблокировочные системы адаптивные к дисковым тормозам с механическим приводом, так как существующие антиблокировочные системы являются электронно-гидравлическими системами, использование которых совместно с дисковыми тормозами, имеющими механический привод, не представляется возможным.

Стоимость электронно-гидравлических антиблокировочных систем составляет, как правило, 800 долл. США и выше, в то время как стоимость Минских мотоциклов находится в пределах 900-1000 долл. США.

Разработанные методы расчета тормозных систем позволили создать механическую антиблокировочную систему для мотоцикла. Антиблокировочная система способна работать совместно с дисковыми тормозами, имеющими механический привод. Стоимость её не превышает 15 – 20 % от стоимости мотоцикла Минского мотовелозавода, т.е. 130 - 180 долл. США.

производится строповка плавающего понтонного звена. После этого с помощью лебедки понтонное звено закатывается по роликовому транспортеру на платформу полуприцепа. Для обеспечения автоматического выравнивания неравномерности движения и перекоса понтонного звена при погрузке служит двухбарабанная лебедка, которая состоит из правого и левого барабанов, кинематически соединенных между собой с помощью дифференциала. Дифференциальный механизм посредством подшипников насажен на полуоси. Солнечные колеса дифференциала соединены с полуосями с помощью шлицевого соединения. Фиксация колес на валу производится с помощью корончатой гайки и шплинта. Кинематическое соединение колес между собой осуществляется сателлитами, которые в виде вала-шестерни запрессованы вместе с подшипниками во втулку на внутренней стенке корпуса дифференциала. Полуось через упругую втулочно-пальцевую муфту с тормозным шкивом соединена с трехступенчатым вертикальным редуктором, который, в свою очередь, соединен через муфту с гидромотором, приводимым в действие от гидросистемы базового тягача. При выборке канатов секции барабана лебедки получают вращение от гидромотора через редуктор и зубчатый дифференциал. В случае увеличения скорости выборки правой или левой ветви каната образуется неравенство в длине намотки, т.е. появляется перекос затяжки понтона. Это приводит к неравномерному натяжению ветвей каната. В той ветви, в которой скорость выборки увеличивается, увеличивается и натяжение, а в противоположной происходит провисание, что служит причиной увеличения скорости вращения барабана, на котором натяжение ветви меньше. После уравнивания в длине ветвей скорости вращения барабанов становятся одинаковыми. Применение данной лебедки позволяет снизить время, необходимое для погрузки звена и повысить безопасность данной операции, обеспечивая автоматическое выравнивание неравномерности движения и перекоса звена понтона.

Таким образом, применение разрабатываемого транспортного средства позволит повысить мобильность перевозки звеньев МЛЖ, сократить сроки наведения мостовых переходов, а также исключить необходимость дополнительного использования грузоподъемных средств.

УДК 666.9.01

ОПЫТ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ШИФЕРА С ПОЛИМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Г.В.БОЧКОВ, Л.А.СИВАЧЕНКО, С.С.ЦЕД, Д.О.ЛОМАЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПРУП «КРИЧЕВЦЕМЕНТОШИФЕР»
Могилев, Кричев, Беларусь

С 2002 г. ПРУП «Кричевцементошифер» производит выпуск шифера с полимерным покрытием. При этом основную его часть составляют 8-мм волновые листы 40-150-8 СТБ 1118-98 с двусторонним покрытием. Объём выпуска составляет 240 листов в сутки. Цвета покрытий – красный, зелёный и синий. За истекший период произведено около 500 тысяч листов и можно оценивать это производство по различным критериям.

Впервые в мировой практике реализована новая технология получения полимерного защитно-декоративного покрытия на асбестоцементных изделиях. Она охватывает подготовку поверхности, нанесение электростатическим способом полимерного покрытия на поверхность, выдерживание в камере для нагрева и отверждения состава, охлаждение изделия.

Отработка технологии была связана с решением целого ряда сложных проблем, в частности, с короблением листов, разрушением и отшелушиванием покрытия, изменением цвета и так далее. Оказалось, что технология нанесения такого покрытия коренным образом отличается от технологии нанесения полимеров на металлические изделия. Выполнен большой комплекс технологических исследований и сертификационных испытаний. Новое изделие по всем требованиям соответствует условиям эксплуатации.

Важно отметить решение экологических проблем – устранение выдувания и вымывания частиц асбеста из сцементированной массы. Дополнительно устраняется нарастание на поверхности кровли органических наслоений, и снижается количество снежной массы, способной оседать на поверхности шифера, что объясняется уменьшением коэффициента трения с 0,6-0,7 до 0,2-0,3.

Освоение выпуска изделий с защитно-декоративным полимерным покрытием позволяет также создать на его основе эффективные технологические пакеты, которые являются принципиально новыми изделиями для нашего рынка.

УДК 629.113

АНТИБЛОКИРОВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ МОТОЦИКЛОВ

А.С.МЕЛЬНИКОВ, И.С.САЗОНОВ, В.А.КИМ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев. Беларусь

Торможение — один из самых спорных моментов в управлении мотоциклом. Для мотоцикла, являющегося двухколесным транспортным средством, боковое скольжение колес при торможении представляет, несомненно, большую опасность, чем для автомобиля. Важность работ в области повышения эффективности торможения с сохранением курсовой устойчивости при торможении мотоцикла трудно переоценить.

Вместе с тем оснащение мотоциклов антиблокировочными системами началось не так давно. Например, впервые в 1988 г. фирма BMW-Motorrad задумалась об антиблокировочной системе тормозов как о средстве повышения безопасности движения, выпустив мотоциклы, оснащенные АБС, первым стал очень популярный К 100. Несомненно, усовершенствованные электронно-гидравлические антиблокировочные системы позволили существенно повысить безопасность мотоциклов в процессе торможения.

Однако электронно-гидравлические антиблокировочные системы имеют значительную стоимость и доступны лишь для дорогостоящих моделей мотоциклов, что значительно сдерживает их широкое распространение.

В связи с этим актуальным направлением представляется разработка и усовершенствование механических антиблокировочных систем. В ходе работ по анализу антиблокировочных систем мотоциклов и разработке методов проектирования тормозных систем были сформулированы принципы формирования сигналов управления антиблокировочной системы мотоцикла. В основу принципа положены закономерности изменения силовых факторов в контакте колес с опорной поверхностью. В соответствии с принятым принципом формирования сигналов управления антиблокировочной системой разработана механическая антиблокировочная система (патент BY № 4778 МПК B 60 T 8/00). Разработанная антиблокировочная система не содержит гидравлического привода, датчиков угловой скорости колес, модулятора давления тормозной жидкости и электронного блока управления. Экономический эффект при использовании разработанной антиблокировочной системы достигается за счет снижения ее стоимости в сравнении с электронно-гидравлической антиблокировочной системой в 5 раз.

клещевых ГЗУ из-за большой неравномерности сжатия рядов, крайние блоки раздавливались, что приводило к вываливанию целого ряда и повышенному проценту брака. Совершенствование конструкции этого ГЗУ заключилось в оборудовании прижимных балок подпружиненными башмаками, что обеспечило более равномерное сжатие всех рядов блоков, повышение надежности в работе ГЗУ и уменьшение процента брака.

При отгрузке пакетов силикатного кирпича «навалом» клещевыми ГЗУ «Меламеда» не обеспечивалась надежность и удобство освобождения пакета в кузове транспортного средства. Этот обуславливалось тем, что из-за жесткой кинематической связи траверсы с захватными рычагами не обеспечивалось ее полное опускание при задевании прижимными балками за неровности пола или упора о борт кузова. Это вызывало необходимость выполнения неудобных дополнительных операций по разваливанию пакета, подъеме порожнего ГЗУ со сведенными захватными рычагами, его установку и опирание о специальную подставку для обеспечения полного опускания траверсы и срабатывания механизма фиксации. Усовершенствование конструкции этого ГЗУ заключилось в том, что в серьгах, соединяющих приводные рычаги с захватными, предусмотрены продольные пазы, обеспечивающие свободное опускание траверсы при неподвижных захватных рычагах. Разведение захватных рычагов для захвата очередного пакета обеспечивается пружиной растяжения, установленной сверху.

При пуске в эксплуатацию импортного (из Германии) оборудования по производству силикатного кирпича стала проблема разработки нового ГЗУ для снятия пакетов этого кирпича с автоклавных вагонеток. Суть проблемы заключается в том, что в странах СНГ основной упор по механизации ПРТС работ ставится на грузоподъемные краны. В эксплуатируемых отечественных технологических линиях кирпич укладывается на автоклавные вагонетки на «ребро». Это обеспечивает съем пакета с вагонетки клещевыми ГЗУ за счет сжатия нижнего ряда. В западной Европе основой упор по механизации ПРТС работ ставится на использование вилочных погрузчиков. Поэтому для повышения устойчивости транспортного пакета кирпич укладывается на вагонетки «плашмя». Для захвата такого пакета за счет сжатия нижнего ряда существующими ГЗУ невозможно, т.к. не обеспечивается достаточное усилие сжатия. В этих целях разработано автоматическое ГЗУ принципиально новой конструкции. Оно обеспечивает повышенное усилие сжатия и возможность регулировать это усилие в широких пределах.

С целью сокращения трудозатрат формовщиков разработан централизованный привод откидных упоров автоматического ГЗУ для технологической оснастки на линии производства газосиликатных блоков.

На описанные ГЗУ и предложения по их совершенствованию получено А.с. СССР и три патента Республики Беларусь. С 1988 г. они поэтапно внедрены на ЗАО «Могилевский комбинат силикатных изделий».

УДК 629.114.4.004.67

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ФИЛЬТРА ГРУБОЙ ОЧИСТКИ ТОПЛИВА

Н.В.ВЕПРИНЦЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

От чистоты бензина, поступающего в двигатель внутреннего сгорания, в значительной степени зависит долговечность цилиндропоршневой группы. Максимальный износ этих деталей вызывают частицы размером от 10 до 20 мкм. С целью снижения износа этих деталей на легковых автомобилях повсеместно стали использовать фильтры тонкой очистки бензина с картонной фильтрационной перегородкой с тонкостью отсева до 20 мкм.

На грузовых автомобилях, работающих в условиях, где в воздухе содержится большее количество пыли и, кроме того, потребляющих относительно большое количество топлива, на линии разряжения устанавливаются фильтры отстойники с фильтрующим элементом щелевого типа с тонкостью отсева 100 мкм. Такая тонкость отсева не обеспечивает достаточный ресурс между техническим обслуживанием для фильтров тонкой очистки с тонкостью отсева до 20 мкм.

Стандартные фильтрующие элементы щелевого типа собираются из тонких алюминиевых пластин, на которых выдавливаются выступы высотой 100 мкм. Топливо проходит между пластинами, огибая выступы и попадая во внутреннюю полость фильтрующего элемента, выходит из фильтра, поступая в топливопровод. Механические частицы размером более 100 мкм задерживаются между выступами фильтрующего элемента. Частицы большего размера поступают в фильтр тонкой очистки, забивая его, снижают ресурс работы.

С целью повышения тонкости отсева фильтра грубой очистки в фильтре отстойнике предлагается ступенчатое по размерам выдавливание выступов на алюминиевых пластинах. При этом первоначально по ходу топлива выдавливаются выступы размером 100 мкм. Затем выдавливаются выступы размером 80 мкм, затем 60 мкм и т. д. Последние выступы по ходу топлива должны иметь размеры не более 30 мкм. Такая размерность по высоте создаст конусность фильтрующему элементу и обеспечит некоторую самоочистку элемента при движении топлива. Таким образом, предлагаемое совершенствование фильтра грубой очистки позволит в меньшей степени забивать поры фильтра тонкой очистки. В результате этого станет возможным фильтры с тонкостью отсева до 20 мкм использовать на грузовых автомобилях.

УДК 629.3.027.2

УПРАВЛЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ ПРИВОДА ВЕДУЩИХ КОЛЕС

М.С.ВЫСОЦКИЙ, П.А.АМЕЛЬЧЕНКО, Д.А.ДУБОВИК
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В последнее время в научно-технической литературе появились сообщения о разработках дифференциальных механизмов с управляемым распределением мощности силовой установки между ведущими колесами в процессе движения колесных машин. Расчетные исследования показывают, что максимальные значения показателей эксплуатационных свойств колесных машин достигаются регулированием распределения мощности силовой установки между ведущими колесами при движении колесных машин и в зависимости от складывающихся условий их эксплуатации.

Целью настоящей работы явилась разработка устройства рулевого управления с управлением дифференциальным механизмом привода ведущих колес, позволяющего осуществлять управление распределением мощности силовой установки между ведущими колесами для повышения эксплуатационных свойств внедорожных колесных машин.

Решение поставленной задачи достигнуто разработанным устройством рулевого управления внедорожной колесной машины, содержащем межколесный дифференциальный механизм привода ведущих колес, рулевой вал, силовой цилиндр, насос-дозатор. Насос-дозатор кинематически связан с рулевым валом. Гидравлически насос-дозатор через гидрораспределитель связан с питающим насосом и полостями силового цилиндра. Шток силового цилиндра соединен с рулевой трапецией. Согласно разработанному техническому решению, рулевое управление дополнительно содержит механизм управления межколесным дифференциалом, состоящий из распределителя золотникового типа и гидромотора. Причем торцевые полости распределителя золотникового типа гидравлически соединены с полостями силового цилиндра. Управляющие полости распределителя золотникового типа соединены с гидромотором. Один вал гидромотора кинематически связан с полуосевой шестерней межколесного дифференциала и полуосью привода соответствующего ведущего колеса. Второй вал гидромотора кинематически связан со второй полуосевой шестерней межколесного дифференциала и с полуосью привода противоположного ведущего колеса. Кроме того, устройство содержит дроссельный регулятор. Дроссельный регулятор кинематически связан с рулевой трапецией. Гидравлически дроссельный регулятор связан с гидромотором механизма управления межколесным дифференциалом через упомянутый распреде-

УДК 621.874

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ГРУЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.И.МАТВЕЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При отгрузке готовой продукции (строительные блоки, силикатный кирпич) и выполнении технологических подъемно-транспортных операций на предприятиях строительных материалов в основном используются мостовые краны. Массовыми и трудоемкими операциями, выполняемыми при этом вручную, являются строповочные операции. Следует отметить сложность и не безопасность выполнения этих операций, особенно в стесненных условиях кузова транспортных средств и при работе на открытых площадках. В целях сокращения затрат ручного труда, улучшения его условий, повышения производительности подъемно-транспортного оборудования, обеспечения более полной сохранности качества и количества груза широко применяются автоматические и полуавтоматические грузозахватные устройства (ГЗУ). Только на ЗАО «Могилевский комбинат силикатных изделий» на отгрузке готовой продукции и на технологических линиях используется более десятка конструкций таких ГЗУ с общим их количеством около полусотни. Совершенствование технологии, освоение производства новых строительных материалов, внедрение контейнерных и пакетных перевозок требует совершенствования эксплуатируемых ГЗУ и разработки новых. Кафедрой СДПТМиО университета на протяжении двух десятков лет ведутся работы в этом направлении.

Для отгрузки контейнеров с блоками разработано ГЗУ, обеспечивающее повышение удобства строповки и автоматическую отстроповку контейнера в кузове транспортного средства. Особенностью этого ГЗУ является то, что каждый чалочный крюк при строповке предварительно нагружается пружиной растяжения, расположенной параллельно грузовой ветви и присоединенной к ней своими концами. При установке ГЗУ на контейнер для строповки, чалочные крюки располагаются выше на 200-300 мм от захватных проушин. При строповке крюки вручную подтягиваются вниз с преодолением сопротивления пружины (20-30Н), что обеспечивает надежность и удобство строповки за счет исключения возможности самопроизвольного выпадения крюка с захватной проушины. После автоматической отстроповки контейнера крюки под воздействием растянутых пружин подтягиваются вверх, что исключает возможность самопроизвольного их зацепления за элементы металлоконструкции контейнера и его обвязки при последующем подъеме порожнего ГЗУ.

При отгрузке перегородочных строительных блоков с использованием

УДК 629.3

БУКСИРНОЕ УСТРОЙСТВО

В.И.МАТВЕЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В условиях постоянно возрастающей интенсивности движения автотранспортных средств, особенно личного транспорта, все острее стоит проблема обеспечения безопасности дорожного движения. Немаловажное значение в этом плане занимает вынужденная буксировка автотранспортных средств с использованием гибкого буксирного устройства длиной 4-6 м. Жесткие буксирные устройства для буксировки легковых автомобилей не используются из-за их громоздкости, конструктивного исполнения и расположения буксирных скоб или кронштейнов на самих автомобилях.

Использование гибкого буксирного устройства не в полной мере обеспечивает удобство и безопасность буксировки из-за возможного чрезмерного провисания тягового элемента при уменьшении дистанции между автомобилями. Это приводит к повышенной утомляемости обоих водителей, особенно на дорогах с интенсивным движением. При этом не исключена возможность переезда передними колесами тягового элемента, обхвата им поперечной рулевой тяги, и, как следствие, ее деформация с последующей потерей управляемости буксируемого автомобиля.

Для устранения указанных недостатков предложено: в средней части натянутого гибкого тягового элемента обычного буксирного устройства расположить параллельно растянутый на максимально возможную величину, в пределах упругой деформации, гибкий растягивающийся элемент (например, резиновый жгут) и прикрепить его к последнему своими концами, а в нескольких промежуточных точках с помощью хомутов или скруток. Причем расстояние между этими точками немногим меньше удвоенной высоты расположения буксировочных кронштейнов над поверхностью дороги.

При буксировке автомобиля растягивающийся элемент постоянно находится в натянутом состоянии с усилием натяжения от 20-30 Н до 100-150 Н в зависимости о дистанции между автомобилями. Тяговое усилие для буксировки передается тяговым элементом. При уменьшении дистанции между автомобилями тяговый элемент свисает полукольцами с растягивающегося элемента, не касаясь поверхности дороги, чем и обеспечивается повышение удобства буксировки и исключение возможности наезда на буксирное устройство передними колесами буксируемого автомобиля.

На предлагаемое буксирное устройство получен патент Республики Беларусь. Практическое опробование буксирного устройства подтвердило повышение удобства и более полное обеспечение безопасности буксировки.

литель.

Разработанное устройство рулевого управления с управлением дифференциальным механизмом привода ведущих колес работает следующим образом.

При нейтральном положении рулевого колеса рулевой вал удерживает насос-дозатор в положении, при котором рабочая жидкость не поступает в полости силового цилиндра. Рулевая трапеция удерживает ведущие колеса управляемого моста в нейтральном положении. Вращение полуосевых шестерен дифференциального механизма осуществляется с равной скоростью в одном направлении. В результате реализуется прямолинейное движение внедорожной колесной машины.

При повороте рулевого колеса рулевой вал воздействует на насос-дозатор. В результате рабочая жидкость поступает в ту или иную полость силового цилиндра. Силовой цилиндр перемещает рулевую трапецию и поворачивает соответствующим образом ведущие колеса управляемого моста. Одновременно рабочая жидкость поступает к торцам распределителя и вызывает осевое смещение его золотника. При этом распределитель открывает доступ рабочей жидкости к гидромотору, который начинает вращать привод и увеличивает скорость вращения внешнего ведущего колеса. Скорость вращения внутреннего ведущего колеса уменьшается на такую же величину. С увеличением угла поворота рулевого колеса и ведущих колес управляемого моста дроссельный регулятор, кинематически связанный с рулевой трапецией, регулирует соответствующим образом в сторону увеличения давление и расход рабочей жидкости.

При движении внедорожной колесной машины со смещенной тяговой нагрузкой, например, колесного трактора с плугом на пахоте, или на склоне для обеспечения курсовой устойчивости движения золотник распределителя с помощью органа управления принудительно устанавливается и фиксируется в левом или правом положении. Положение для установки органа управления определяется в зависимости от направления действия отклоняющего момента, который необходимо воспринять и компенсировать. Величина стабилизирующего момента рыскания внедорожной колесной машины регулируется с помощью органа управления дроссельного регулятора.

Таким образом, для использования в конструкции внедорожных колесных машин разработано устройство рулевого управления с управлением дифференциальным механизмом силового привода ведущих колес, обеспечивающее осуществление управления распределением мощности силовой установки между ведущими колесами управляемого моста за счет регулирования их скоростей вращения.

УДК 629.3.027.415

РУЛЕВОЕ КОЛЕСО С УЛУЧШЕННЫМИ ЭРГОНОМИЧЕСКИМИ И ЭСТЕТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

М.С.ВЫСОЦКИЙ, П.А.АМЕЛЬЧЕНКО, Д.А.ДУБОВИК
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Мировые тенденции в оснащении внедорожных колесных машин рулевыми колесами определяются, прежде всего, их функциональной направленностью, в частности высокими эргономическими требованиями, соподчиненностью современным стилевым решениям интерьера кабины внедорожной колесной машины в целом, универсальностью устройства и его художественно-конструкторского решения.

Вместе с тем, внедорожные колесные машины, выпускаемые машиностроительными предприятиями Республики Беларусь, комплектуются, как правило, рулевыми колесами, характеризующимися наличием таких основных формообразующих элементов, как торообразный обод с тремя равномерно расположенными спицами ступицами с головкой винта регулирования положения рулевого колеса по высоте, выполненной в виде усеченного конуса. Основными недостатками решения внешнего вида используемых рулевых колес является несоответствие стилевого решения современным тенденциям, так как решение основных формообразующих деталей не согласованы между собой. Решение пространственной структуры центральной части рулевого колеса в виде треугольника и выступающей за пределы верхней и нижней плоскостей основного объема ступицы, обусловлено функциональными особенностями рулевого колеса, но не согласуется с художественно-конструкторским решением основного объема. Угловатые формы основного объема спиц рулевого колеса, имеющих одинаковое поперечное сечение по всей длине и выраженные места их сопряжения с другими деталями, образующие грань с основным объемом спиц, не согласуются с круглым ободом. Это дробит композицию рулевого колеса и не способствует созданию единого запоминающегося образа.

В ходе НИОКР, выполняемых в рамках задания 2.05 ГКПНИ "Механика", для использования в конструкции отечественных современных внедорожных колесных машин разработано рулевое колесо с улучшенными эргономическими и эстетическими свойствами.

В основу разработки художественно-конструкторского решения была положена идея создания гармоничного цельного образа рулевого колеса, обеспечение удобства эксплуатации и обслуживания внедорожных колесных машин и в частности колесных тракторов, выпускаемых МТЗ.

Основными формообразующими композиционными элементами раз-

пульсов на один выходной по k-й исследуемой передаче составит n_{nj} и будет иметь отклонение на 2 единицы от расчетного числа импульсов в стационарном режиме.

При преобразовании аналогового сигнала в цифровой дробная часть импульса отбрасывается, поскольку количество “опорных” импульсов, снимаемых с маховика, приходящееся на один импульс выходной шестерни изменяется в том случае, когда фронт выходного импульса запускает счетчик опорных импульсов не по фронту опорного, а в периоде опорного и дробит опорный импульс на две части. Таким образом, для фиксирования номинальных значений зазоров в алгоритме поиска должно быть отведено более 2 “опорных” импульсов.

Формирование метрологических критериев диагностических параметров предусматривает оценку параметра $(n_{nj} + n_{n\Delta j}) - n_{nj} \geq 4$ в том случае, если расчетная величина находится в диапазоне от 2 до 4 “опорных” импульсов. Данная ситуация является “граничной” для точности заявленного метода оценки. В этом случае корректировке подвергается параметр $n_{n\Delta j}$ из расчета 25 % износа боковой поверхности зуба – 1 “опорный” импульс. Таким образом, параметр n_{nj} заменяется на фиксированную величину (const), а расчетное значение источника опорного сигнала $Z_{махрасч}$ определяет количество датчиков опорного сигнала для моноблочной схемы компоновки трансмиссий строительно-дорожных машин.

Следует отметить, что формирование метрологических критериев для раздельной схемы компоновки трансмиссии происходит аналогичным образом с той лишь разницей, что расчет диагностических параметров проводится для каждой сборочной единицы в отдельности. Регистрация диагностических параметров осуществляется отдельно для каждой сборочной единицы. Источником выходного сигнала $I_{выход}$ является выходная шестерня исследуемой сборочной единицы. Подготовка и расчет метрологических критериев, должны быть дополнены алгоритмами систематизации диагностических параметров и системой представления информации. Система с разрабатываемыми алгоритмами может быть обеспечена интерфейсом отображения информации в табличном виде. По горизонтали таблицы расположены режимы диагностирования, а по вертикали сборочные единицы и зубчатые зацепления. На пересечении располагается систематизированная информация по диагностическим параметрам и информация об использовании зубчатого элемента на данном режиме. Таким образом, эффективное функционирование предложенной системы диагностики возможно на основе обеспеченности информативными метрологическими критериями, алгоритмами систематизации диагностических параметров, которые являются инструментом обеспечения процесса диагностирования непосредственно с применением разработанных инструментальных средств.

УДК 629.114.2

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ

А.Н.МАКСИМЕНКО, Б.М.МОРГАЛИК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Диагностирование трансмиссий строительных и дорожных машин импульсным методом предполагает в первую очередь обеспечение необходимых метрологических критериев точности приведенного метода. Основой для формирования критериев является идентификация диагностических параметров и определение их количественных величин, в состав которых входит суммарный боковой зазор, как главный диагностический параметр.

Поскольку суммарный боковой зазор формируется из номинальной величины зазора и текущей величины износа зубчатых зацеплений, достоверность применяемого метода может быть достигнута в том случае, когда общий предельный износ пары самых “труднодоступных” сопрягаемых зубчатых колес будет соответствовать 4 и более опорным импульсам. Таким образом, основной метрологический критерий будет определяться кинематической схемой, геометрическими характеристиками диагностируемой трансмиссии, передаточными числами трансмиссии, количеством зубьев источника опорного сигнала, количеством зубьев источника выходного сигнала, а также количеством и местами позиционирования источников выходного сигнала.

Необходимо отметить, что согласно нормативной документации по выбраковке зубчатых колес износ зуба шестерни или шлицевого участка не должен превышать 1/4 окружной толщины зуба по делительной окружности. Это учитывается в расчетах геометрии зубчатых зацеплений, суммарного углового зазора механической трансмиссии и износа зубчатых зацеплений как диагностических параметров.

Начальным этапом формирования метрологических критериев является определение пары “труднодоступных” зубчатых колес и шлицевых участков на основе параметров, характеризующих количество “опорных” импульсов, приходящих на нормированную величину зазора $j_{nз.к.}$, $j_{nшл.}$ эквивалентную значению n_{nj}, а также величину износа $\Delta j_{nз.к.}$, $\Delta j_{nшл.}$ эквивалентную значению $n_{n\Delta j}$.

В ходе формирования метрологических критериев надо отметить необходимость формирования условия, лимитирующего количество “опорных” импульсов на номинальный зазор с нулевой наработкой. На точность метода и формирование критериев также оказывает влияние и “плавающая фаза”. При установке одного датчика на входе, количество “опорных” им-

работанного рулевого колеса являются торообразный обод, ступица с головкой винта регулировки по высоте в виде усеченного конуса, образующие со спицами единую объемную деталь в форме трехконечной звезды, в которой три спицы расположены через 120° относительно ступицы. Такое расположение спиц позволяет свести к минимуму влияние «скольжения» рулевого управления на восприятие положения рулевого колеса.

Плавное сопряжение поверхности перехода спиц в обод с уменьшенным в их центральной части поперечным сечением и плавно расширяющимся к местам сопряжения с ободом и к центральной части со ступицей, образующее на виде сверху три равномерно расположенных симметричных овала. Такое сопряжение позволяет улучшить обзор щитка прибора и создать гармоничный запоминающийся образ рулевого колеса в целом.

Выполнение спиц в виде единой объемной детали с центральной уменьшенной частью и плавным симметричным переходом спиц в ступицу и обод придает рулевому колесу законченную форму и связывает все элементы в единое целое. Формообразование наружной поверхности обода по хордам в виде граненого многоугольника создает для пальцев рук водителя дополнительную опору, исключая их скольжение.

Ступица уменьшенных размеров выполнена таким образом, что ее верхняя и нижняя плоскости не выступают за пределы соответствующих плоскостей основного объема и согласуется с количеством спиц. Головка винта вертикальной регулировки выполнена непосредственно над ступицей в виде усеченного конуса с крупными выборками, грани которых гармонично сочетаются с гранями на наружной поверхности обода. Такое пластическое решение является формообразующим и заменяет декоративную крышку.

Разработанное решение предусматривает применение пенополиуретана в качестве материала для изготовления рулевых колес. Использование мягкого виброзащитного пенополиуретана вместо твердого полипропилена позволяет улучшить восприятие физического взаимодействия и значительно снизить уровень вибраций, передаваемых на руки водителя, что также улучшает эргономичность и управляемость колесных машин.

Таким образом, разработанное решение внешнего вида рулевого колеса отличается художественно-информационной выразительностью, рациональностью формы, цельностью композиции, эстетической проработкой, создающей впечатление гармоничного единства основных формообразующих элементов композиции, конструктивной логичности. Оно отличается также универсальностью формы, что позволяет расширить область применения разработанного рулевого колеса до конструкций колесных машин различного назначения.

УДК 629.3.017

УПРАВЛЕНИЕ ТЯГОВЫМИ УСИЛИЯМИ ВЕДУЩИХ КОЛЕС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ КОЛЕСНЫХ МАШИН

М.С.ВЫСОЦКИЙ, Д.А.ДУБОВИК, А.С.ЛИСИЧИК
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Тягово-скоростные свойства (ТСС) и опорная проходимость (ОП) колесных машин зависят не только и не столько от общего тягового усилия, сколько от распределения этого усилия между ведущими колесами. Это делает актуальным разработку методов оптимального распределения тяговых усилий между ведущими колесами и способов управления тяговыми усилиями ведущих колес.

Вместе с тем, анализ научно-технической литературы свидетельствует о том, что разработанные способы управления тяговыми усилиями ориентированы на решение конкретных научно-исследовательских задач, стоявших перед исследователями, и об отсутствии способа управления тяговыми усилиями ведущих колес для общего случая криволинейного движения колесных машин.

В настоящей работе приводятся результаты разработки способа управления тяговыми усилиями ведущих колес для общего случая криволинейного движения колесных машин, оценки его правомерности и эффективности.

В ходе проведенной НИР разработан способ управления тяговыми усилиями ведущих колес, заключающийся в обеспечении в ходе неустановившегося криволинейного движения колесных машин реализации ведущими колесами в каждый момент времени оптимальных значений тяговых усилий, соответствующих максимальным значениям КПД ходовой системы, определяемого отношением энергии, использованной ходовой системой на передвижение колесной машины в задаваемом водителем направлении, к суммарному количеству энергии, переданной ходовой системе.

Оценка правомерности и эффективности разработанного способа проводилась компьютерным моделированием криволинейного движения колесной машины, близкой по своим массовым, геометрическим и другим параметрам к параметрам внедорожной машины МЗКТ-79091 с колесной формулой 8х8 полной массой 43,5 т с шинами 1500х600-635 и распределением тяговых усилий между ведущими колесами в соответствии с разработанным способом. Моделирование движения осуществлялось на характерной для эксплуатации внедорожных колесных машин разбитой грунтовой дороге с различными значениями коэффициентов сцепления ведущих ко-

граммы «Дороги Беларуси» и отчетным данным по Департаменту «Белавтодор» количество автомобильных дорог общего пользования, на которых превышены межремонтные сроки по капитальному ремонту составило 42535 км, что более 50 % общей протяженности дорог в республике Беларусь.

Устранение дефектов асфальтобетонного покрытия и выполнение объемов работ по строительству и ремонту автомобильных дорог может быть обеспечено использованием современных комплектов машин, реализующих современные технологии строительства и ремонта.

В настоящее время в странах западной Европы уже апробированы и широко используются комплекты машин для проведения горячей регенерации. Ведущей машиной такого комплекта является ремиксер. Конструкция этой машины позволяет за один рабочий проход произвести разогрев и снятие материала дорожного покрытия, приготовление на его основе (с добавлением в соответствии с рецептурой каменного материала и вяжущих) нового материала, после чего осуществить распределение, укладку и предварительное уплотнение регенерированного материала дорожного покрытия. При этом поддерживается оптимальный температурный режим асфальтобетонной смеси за счет проведения всех операций непосредственно на ремонтируемом участке автомобильной дороги, что влияет на качество.

Экономия материалов при использовании регенерации дорожного покрытия достигается за счет экономии: асфальтобетонной смеси, необходимой для выравнивающего слоя; повторного использования регенерированного материала дорожного покрытия. Применение способа «горячий на горячий» за один рабочий проход ведущей машины позволяет уменьшить толщину слоя износа. Уменьшение толщины слоя износа полностью компенсирует высокую себестоимость машино-часа эксплуатации ремиксера, а также значительно снижает транспортные затраты.

Сравнивая рассматриваемые комплекты, себестоимость единицы продукции производимой комплектом ремиксер ниже практически в 3 раза за счет повторного использования материалов и их экономии.

Существующие методики оценки эффективности использования различных комплектов машин не учитывают затраты на материал и его экономию, а значит и результаты получаются не в пользу современных дорогостоящих комплектов машин, работающих с экономией материала. Для этого нужно разработать методику оценки эффективности использования различных комплектов машин, нахождения граничных условий и рациональной области их использования с учетом экономии материалов при производстве работ.

УДК 625.8

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКТОВ МАШИН ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Д.Ю.МАКАЦАРИЯ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При строительстве автомобильной дороги 80-95 % ее стоимости составляет стоимость дорожного покрытия, а при ее ремонте она может достигать 100 %. Это связано с расходованием большого количества строительных материалов, стоимость которых постоянно растет.

Ремонт дорожного покрытия автомобильной дороги в настоящее время производится комплектом машин, предназначенным для строительства дорожного покрытия, работающим традиционным способом. Ведущей машиной комплекта является асфальтоукладчик, который предназначен для распределения и укладки асфальтобетонной смеси слоем заданной толщины с ее предварительным уплотнением. Комплектующей техникой в данном комплекте будет автотранспорт для транспортировки асфальтобетонной смеси и катки, предназначенные для уплотнения уложенной асфальтобетонной смеси.

Себестоимость машино-часа эксплуатации машин включает в себя затраты на приобретение машины через амортизационные отчисления, эксплуатационные затраты, включающие в себя затраты на проведение технических обслуживаний (ТО) и ремонтов, затраты на запасные части, затраты на энергоносители, смазочные материалы и гидравлическую жидкость, а также заработную плату операторов, сменную оснастку и перебазирование техники. Себестоимость механизированных работ учитывает затраты на эксплуатацию всей техники на единицу выполненной полезной работы.

При переходе к себестоимости единицы выполненной работы необходимо кроме механизированных работ включать еще и затраты на материал и его транспортировку от места производства или складирования до ремонтируемого участка автомобильной дороги. Рассматривая себестоимость единицы продукции при ремонте дорожного покрытия традиционным способом необходимо подчеркнуть, что затраты на проведение механизированных работ малы по сравнению с затратами на материалы, которые составляют до 88 % от ее общей себестоимости.

Постоянный рост затрат на материалы в условиях ограниченного финансирования ведет к неполному выполнению запланированных годовых объемов работ по ремонту автомобильных дорог. Этот остаток переносится на следующий год как недоремонт. По данным Государственной про-

лес с опорной поверхностью под колесами разных бортов при выполнении маневра "переставка".

Для сопоставительной оценки проводилось моделирование движения еще двух колесных машин с такими же массовыми, геометрическими и другими параметрами и входными управляющими сигналами, но с распределением тяговых усилий между ведущими колесами простым симметричным дифференциальным приводом и распределением тяговых усилий между ведущими колесами, обеспечивающим равенство буксований ведущих колес.

В ходе проведенных исследований получены закономерности оптимального распределения тяговых усилий между ведущими колесами, зависимости изменений коэффициентов буксований и тяговых усилий ведущих колес с простым симметричным дифференциальным приводом и приводом, обеспечивающим равенство буксований ведущих колес, эффективности ходовой системы колесных машин от времени выполнения маневра.

Установлено, что в общем случае криволинейного движения колесных машин наибольшая эффективность их ходовых систем достигается при реализации ведущими колесами различных по величине коэффициентов буксований. Значения коэффициентов буксований, соответствующие оптимальным распределениям тяговых усилий между ведущими колесами, определяются как массо-геометрическими параметрами самих колесных машин, характеристиками системы "подвеска-колесо-грунт", так и эксплуатационными факторами. Оптимальные значения коэффициентов буксований ведущих колес зависят от таких эксплуатационных факторов, как управляющие действия водителя, кинематические параметры криволинейного движения.

Анализ характера изменений оптимальных тяговых усилий свидетельствует о том, что максимальные значения КПД ходовой системы достигаются при регулировании их величин на каждом из ведущих колес в отдельности в широком диапазоне значений. Данная закономерность обосновывает актуальность создания принципиально новых ходовых систем с индивидуальным приводом ведущих колес, управляемым в зависимости от складывающихся условий эксплуатации колесных машин.

Выполненные исследования показали, что разработанный способ управления тяговыми усилиями ведущих колес позволяет повысить ТСС и ОП по сравнению с распределением тяговых усилий между ведущими колесами простым симметричным дифференциальным приводом на 0,06…1,42 % и по сравнению с распределением тяговых усилий, обеспечивающим равенство буксований ведущих колес, до 0,009 % при совершении внедорожной колесной машиной криволинейного движения на разбитой грунтовой дороге.

УДК 629.3.05

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛАМИ ПРИВОДА ВЕДУЩИХ КОЛЕС ЧЕТЫРЕХОСНЫХ ВНЕДОРОЖНЫХ МАШИН МЗКТ

М.С.ВЫСОЦКИЙ, Д.А.ДУБОВИК, Ю.И.НИКОЛАЕВ,
М.М.БЕЛОУС, Е.В.МЫЛЬНИКОВ
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Производственное республиканское унитарное предприятие
«МИНСКИЙ ЗАВОД КОЛЕСНЫХ ТЯГАЧЕЙ»
Минск, Беларусь

Для повышения тягово-скоростных свойств в конструкции внедорожных колесных машин широко применяются электронные системы управления приводом ведущих колес.

В рамках задания 2.05 ГКПНИ "Механика" Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси совместно с Минским заводом колесных тягачей разработана электронная система автоматизированного управления дифференциалами привода ведущих колес (АСБД) для четырехосных внедорожных машин МЗКТ и изготовлен ее экспериментальный образец.

При разработке АСБД учитывались конструктивные особенности четырехосных внедорожных машин МЗКТ и их силового привода ведущих мостов и колес. Принимался во внимание опыт эксплуатации внедорожных машин МЗКТ, свидетельствующий о том, что несвоевременное блокирование дифференциалов привода ведущих колес ведет к существенному снижению тягово-скоростных свойств и может явиться причиной потери мобильности внедорожной колесной машины. Несвоевременное разблокирование дифференциалов приводит к возникновению чрезмерных нагрузок в приводе ведущих колес и во многих случаях к его поломкам. Кроме того, принудительное блокирование дифференциалов привода ведущих колес в ручном режиме нагружает водителя выполнением дополнительной функции по слежению за текущим состоянием дорожно-сцепных условий и буксованиями ведущих колес.

В ходе проведенных НИОКР обоснована принципиальная схема и состав АСБД четырехосных внедорожных машин МЗКТ. Для алгоритмизации работы и программирования электронного блока управления (ЭБУ) АСБД разработаны способы управления, предусматривающие превентивное управление дифференциалами привода ведущих колес внедорожных колесных машин, а также предотвращения разблокирования управляемых дифференциалов при движении внедорожных колесных машин по участкам опорной поверхности с ухудшенными дорожно-сцепными условиями.

УДК 621.874.2

АВАРИЯ КРАНА БАШЕННОГО КБ – 308А

Г.С.ЛЯГУШЕВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Кран башенный КБ-308А, заводской №1549, грузоподъемностью 8 т, изготовленный ЗАО «Никопольский краностроительный завод» в марте 2008 года приобретен ЗАО «ТИС - МАГМЕТ» ПО «Белпромметал», г. Могилев.

Кран с двумя секциями башни был смонтирован 27. 08. 2008 г. на строительном объекте многоквартирного жилого дома со встроенными помещениями по ул. Лазаренко в г. Могилеве.

15. 10. 2008 г. кран выведен из эксплуатации филиалом УМ – 81 ОАО «Лавсанстрой» г. Могилева для наращивания двух дополнительных секций башни. Бригадой монтажников были смонтированы и выдвинуты третья и четвертая секции башни. При этом стрела крана была опущена и наклонена под углом к башне. Включением с выносного пульта электродвигателя стреловой лебедки, подняли стрелу в горизонтальное положение, а включением электродвигателя грузовой лебедки уложили свободную часть грузового каната на барабан грузовой лебедки. В этот момент грузовая тележка на канатной тяге находилась на конце стрелы. При наращивании секций башни было предусмотрено изменение кратности грузового полиспаста с 4-х до 2-х. С этой целью монтажники включили грузовую лебедку и начали подъем крюковой подвески вместе с освободившимся (после изменения кратности полиспаста) промежуточным блоком полиспаста для установки его на посадочное место грузовой тележки. При подъеме блока с крюковой подвеской произошло защемление грузового каната между блоками грузовой тележки. Было решено опустить стрелу вниз под наклоном к башне и освободить защемленный канат. После опускания стрелы стреловым полиспастом грузовой лебедкой приподняли стрелу. Стрела оказалась подвешенной на зажатом грузовом канате, а после его высвобождения произошло мгновенное снятие нагрузки с грузового каната. Стрела под действием собственного веса падает вниз и зависает на ранее ослабленном стреловом канате. Динамический импульс от упругости растянутых стреловых канатов подбрасывает стрелу вверх. Башня начинает раскачиваться. Срываются болты в стыках секций башни. Башня падает вниз оголовком вместе с кабиной и находящимися в ней двумя монтажниками и крановщиком. По счастливой случайности все трое рабочих остались живы без каких-либо серьезных травм.

ходит методика объектно-ориентированного программирования с использованием технологии классов. В этом случае применяются классы, отвечающие физическим элементам, обладающие требуемыми свойствами, которые соответствуют параметрам реальных физических элементов.

Ставится задача не только определения характеристик пневмоколеса во время движения, но и визуализации движения во время расчета. Это необходимо в связи с тем, что представление информации в графической и численной форме требует от специалистов глубоких знаний сути процессов, происходящих во время движения машины, следовательно, приводит к необходимости в специалистах высокой квалификации.

Кроме того анализ графической информации в больших объемах требует значительных затрат временных ресурсов. Визуализация движения движителя во время расчета должна помочь специалистам, по крайней мере, на начальном этапе проектирования выявить неточности в моделях, в задании исходных значений, а также существенные недостатки проектируемого движителя.

Поставленная задача вполне разрешима с помощью применения алгоритмов, позволяющих привести в соответствие оси координат и масштабные изображения реальности и экрана. Для проведения расчетов, кроме приведенных выше элементов пневмошины, необходимо использовать характеристики микропрофиля дороги, увязать решение данной системы с уравнениями, описывающими работу подвески машины, учесть возможность изменения давления воздуха в шине.

После создания программного продукта, обеспечивающего реализацию поставленной задачи, возможно его использование в системе автоматизированного проектирования пневмошин. После подтверждения адекватности решений, полученных с использованием пакета программ, возможно проведение оптимизации основных параметров колесного движителя с использованием теории планирования эксперимента. Такой подход позволит на стадии проектирования пневмоколесного движителя получить в качестве результатов расчетов значения усилий, возникающие в колесе, их изменения по направлению, амплитуде и частоте, что позволит на стадии разработки пневмоколесного движителя определить его основные параметры, оказывающие существенное влияние на характеристики машины в целом.

Объединение полученной модели с моделями двигателя, гидротрансформатора (сцепления), трансмиссии, микропрофиля опорной поверхности, рабочего оборудования сделает возможным проведение выбора основных параметров машины с использованием критериев скоростей, ускорений, плавности хода и т.д.

Для проверки правомерности разработанных теоретических положений проведены стендовые испытания экспериментального образца электронного блока управления и дорожные испытания внедорожного колесного шасси МЗКТ-6527 с колесной формулой 8х8 в составе самосвала, укомплектованного разработанной АСБД.

Анализ результатов стендовых испытаний показал высокие быстродействие и надежность работы АСБД по блокированию управляемых дифференциалов при достижении кинематического рассогласования параметров ведущих колес задаваемой в программном обеспечении ЭБУ пороговой величины. Установлено также приемлемое время разблокирования управляемых дифференциалов, обусловленное конструктивными особенностями механизмов блокировки, при испытаниях с различными режимами нагружения. Время блокировки и изменение величины давления сжатого воздуха в ресивере не оказывают заметного влияния на быстродействие и надежность срабатывания механизма блокировки управляемых дифференциалов.

Анализ результатов дорожных испытаний показал, что разработанная АСБД в реальных условиях эксплуатации не вмешивается в работу привода ведущих колес и не блокирует управляемые дифференциалы при движении внедорожного колесного шасси МЗКТ-6527 по дорогам с асфальтовым покрытием. АСБД осуществляет блокирование и разблокирование управляемых дифференциалов при движении внедорожного колесного шасси по грунтовым дорогам с песчаным покрытием и покрытыми льдом лужами глубиной от 0,05 до 0,2 м и по пересеченной местности (бездорожью) в случаях достижения рассогласований кинематических параметров ведущих колес заданных значений пороговой величины. Блокирование управляемых дифференциалов осуществляется на разные промежутки времени, величина которых зависит от размеров участков опорной поверхности с ухудшенными дорожно-сцепными условиями.

Испытания разработанной АСБД проводились также в режиме нештатной работы, который моделировался отключением (отказом) датчика скорости вращения одного из ведущих колес. Результаты испытаний показали, что разработанная АСБД при этом сохраняет способность по блокированию и разблокированию управляемых дифференциалов.

Потери подвижности внедорожного колесного шасси МЗКТ-6527 при проведении дорожных испытаний не наблюдалось.

Разработка и осмотр центрального редуктора ведущего моста с управляемым дифференциалом после проведенных испытаний не выявили изменений состояния деталей механизма блокировки.

УДК 656.223

СОЗДАНИЕ МНОГОЗВЕННЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА КОМБИНИРОВАННОМ ХОДУ ДЛЯ МЕЖКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

В.А.ДОВГЯЛО, Д.И.БОЧКАРЕВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Важная роль транспортного комплекса в социально-экономическом развитии Республики Беларусь обусловлена рядом факторов, связанных с особенностями географического положения и экономического уровня нашей страны, а также современными тенденциями развития мировой экономики. К этим факторам можно отнести увеличение товарооборота между Европой и Азией, перевод промышленных предприятий из Европы в Азию, энергетическую зависимость стран Восточной и Западной Европы от энергоносителей России, функционирование отечественной промышленности преимущественно на импортном сырье, значительная доля экспорта (около 60 %) национального ВВП, а также географическое расположение республики на пересечении трансъевропейских железнодорожных и автомобильных магистралей, нефте-, газо- и продуктопроводов.

На основании вышеизложенного становится актуальным создание отечественных перспективных конструкций магистральных автопоездов для межконтинентальных перевозок по маршруту Европа – Азия. Работы в данном направлении успешно реализуются специалистами Объединенного института машиностроения НАН Беларуси. Предложенный ими автопоезд представляет собой многозвенное транспортное средство, в которое входят один тяговый и три грузовых модуля, соединенные друг с другом с помощью тяговых тележек со сцепными устройствами. Полная масса автопоезда составляет около 130 т при длине 45 м, что требует введения специальных алгоритмов управления движением, также предложенных разработчиками. В то же время для эффективной конкуренции с другими видами транспорта необходимо создание и развитие автодорожной сети, соответствующей массогабаритным параметрам автопоездов, и транспортно-логистической инфраструктуры на предполагаемом направлении, которые в настоящее время находятся в стадии развития и требуют значительных капиталовложений. При этом на пути из Европы в Азию существует ряд железнодорожных линий, в частности Байкало-Амурская магистраль и т.д., которые можно использовать в качестве транспортных коридоров для межконтинентальных автоперевозок посредством оснащения многозвенного автомобильного подвижного состава комбинированным рельсо-колесным ходом. Это позволит двигаться по железнодорожным путям на

УДК 621.87

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПНЕВМОШИНЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Н.Н.ЛУКАШКОВ, И.В.ЛЕСКОВЕЦ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В области проектирования и расчета характеристик колесных движителей, с целью оптимизации их основных параметров, в настоящее время назрела необходимость разработки имитационной модели пневмошины. Имитационную модель предлагается разработать в виде программного обеспечения, которое необходимо спроектировать на основе математической модели, отражающей основные свойства и позволяющей получать характеристики движителя, необходимые для оптимизации его параметров. Для разработки такого программного обеспечения наиболее предпочтительным является метод функциональных элементов (МФЭ). При применении этого метода предполагается использовать структуру классов, доступную практически в любом из известных языков программирования высокого уровня.

Анализируя структуру колеса, предположим, что каждый из его элементов является отдельным классом, который, в свою очередь, может входить в другой элемент. Так, элемент боковой поверхности пневмошины колеса входит в состав класса шины, а тот, в свою очередь в класс колеса.

В соответствии с такой структурной схемой каждый элемент пневмошины разбивается на множество недеформируемых элементов, обладающих физическими свойствами характерными для твердого тела. На каждый элемент пневмошины действуют силы со стороны окружающих его элементов. Эти силы направлены по нормальным и касательным направлениям. Связь между всеми элементами упругая и задается из условия неразрывности связей.

Чтобы отобразить положение каждого элемента в пространстве традиционная декартовая система координат заменяется на полярную, причем для каждого из структурных элементов шины применяется локальная система координат. Это позволяет упростить системы дифференциальных уравнений и однозначно определять положение каждого элемента в пространстве.

Таким образом, необходимо разработать структуру пневмошины, которая состоит из элементов, имеющих численные параметры, отражающие физические свойства каждого элемента и имеющие возможность взаимодействия с соседними элементами. В области применения ЭВМ и языков программирования высокого уровня для этой цели наиболее хорошо под-

теме питания с двумя топливопроводами: сливным и напорным. Во втором случае необходимо применять два датчика расхода – по одному на каждый топливопровод. Разность электрических сигналов датчиков, полученная в микропроцессоре, и будет действительным часовым расходом топлива.

Помимо датчика часового расхода топлива для реализации измерения удельного эффективного расхода топлива необходим датчик мощности. Как известно мощность определяется по выражению:

$$N_e = M_e \cdot n, \qquad (2)$$

где M_e - момент на валу двигателя, Нм; n - угловая скорость коленчатого вала двигателя, 1/с.

Из выражения (2) видно, что для изготовления датчика мощности необходимо на уровне электрических сигналов перемножить импульсы датчика крутящего момента на импульсы датчика частоты вращения.

Предложена схема прибора для выбора экономичного режима движения автомобиля. Прибор состоит из датчиков мощности, часового расхода топлива, соответствующей передачи и панели управления.

Прибор работает следующим образом. Водитель включает первую передачу и начинает движение, при этом стрелка прибора остается неподвижной (на отметке «0»). Контрольные лампы, расположенные возле дисплея, не горят. Это объясняется тем, что прибором не предусмотрен контроль расхода топлива на первой передаче, поскольку она используется редко. В коробке передач отсутствует контактный датчик, реагирующий на включение первой передачи, следовательно, никакой сигнал на микропроцессор и измерительный прибор не поступает. При переходе на вторую передачу загорается контрольная лампа «2», стрелка прибора должна переместиться на шкалу «2». Пределы шкалы «2» фиксируют допустимое значение расхода топлива на второй передаче, середина шкалы «2» указывает минимальный расход на второй передаче. В процессе движения на второй передаче водитель должен установить стрелку прибора на шкалу «2» (желательно на середину шкалы). Это будет означать, что на данной передаче автомобиль двигается на экономичном режиме с минимальным расходом топлива. Далее водитель переходит на другие передачи, срабатывает контактный датчик соответствующей передачи и загорается контрольная лампа этой передачи, информируя водителя о том, что стрелка прибора должна установиться в пределах соответствующих шкал. По окончании движения водитель переходит на нейтральную передачу, отсоединяя двигатель от коробки передач. Прибор отключается, стрелка прибора устанавливается на отметку «0».

Таким образом, в процессе движения водитель, используя установленный прибор, имеет возможность выбрать экономичный режим движения автомобиля на любой передаче, добиваясь экономии топлива на маршруте в целом.

участках с неразвитой автодорожной сетью и повысит мобильность перспективных транспортных средств.

Конструктивное решение данного предложения возможно посредством оснащения пневмоколесных транспортных средств навесным оборудованием комбинированного хода, обеспечивающего возможность их передвижения по железнодорожным путям. Оно представляет собой дополнительные железнодорожные колеса на пружинной подвеске, служащие для удержания машины на рельсах и восприятия части нагрузки от ее массы. Тяговое и тормозное усилия при этом реализуются за счет сцепления ведущих пневматических колес с рельсами и зависят от сцепной силы тяжести, состояния рельсов (влажность, загрязненность) и типа протектора пневмоколес, определяемых коэффициентом сцепления, который для пары «пневматическое колесо – рельс» составляет 0,68 – 0,85 для сухих и 0,35 – 0,45 для мокрых рельсов. При движении по автомобильным дорогам дополнительные железнодорожные колесные пары поднимаются до положения, при котором в контакте с дорогой находятся только пневматические колеса.

Специалистами кафедры «Детали машин, путевые и строительные машины» Белорусского государственного университета транспорта осуществлен ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке и изготовлению транспортного средства на комбинированном ходу на одиночном шасси МАЗ-630308. Испытания опытного образца данного транспортного средства показали, что при движении по рельсам оно способно буксировать железнодорожный состав массой до 1000 т, развивать скорость движения до 40 км/ч, а также выполнять различные технологические операции при оснащении в частности гидравлическим манипулятором, имеющим сменные адаптеры.

Развитие данного направления для многозвенных автопоездов в сочетании с исследованиями в областях логистики, безопасности движения, управления процессами перевозок с использованием систем автоматической навигации GPS и ГЛОНАСС позволит повысить эффективность перевозок на трансконтинентальных маршрутах и способствовать развитию на них транспортной инфраструктуры.

УДК 656.223

АНАЛИЗ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ СИСТЕМ И ШАССИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И БЕСКРАНОВОЙ ПОГРУЗКИ ПОНТОННО-МОСТОВЫХ ЗВЕНЬЕВ

В.А.ДОВГЯЛО, Д.И.БОЧКАРЕВ, А.В.ГОЛЕЦ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
Гомель, Беларусь

Для устройства мостовых переходов через водные преграды транспортные войска Республики Беларусь и подразделения МЧС используют наплавные мосты (в частности СМП-86 и ПМП), состоящие из соединяемых на воде звеньев, представляющих собой понтоны, которые имеют значительные габаритные размеры и массу. Поэтому их транспортировка к месту наводки моста, сброс на воду и последующий подъем требуют наличия специальных машин, подготовленные места погрузки и выгрузки, а также удобные подъезды к воде.

В настоящее время для транспортировки, наводки и демонтажа элементов понтонно-мостовых систем применяются транспортные средства, обеспечивающие самовыгрузку и самопогрузку их звеньев. Данные транспортные средства представляют собой шасси грузового автомобиля со специальной погрузочно-разгрузочной системой – КАМАЗ-5320 для сваебойно-монтажного парома СМП-86 и КрАЗ-255Б для понтонно-мостового парка ПМП. Однако для погрузки звена СМП-86 необходимо дополнительно привлечение стрелового крана грузоподъемностью не менее 10 т. На раме шасси данных машин также смонтирован надрамник, оснащенный роликовым транспортером для движения звена, что позволяет сбрасывать звено на воду за счет его инерции при торможении движущегося задним ходом к воде шасси. Автомобиль КРАЗ-255Б дополнительно имеет систему блоков и стрелу для складывания звена на воде. Погрузка звена в этом случае производится его затягиванием на роликовый транспортер надрамника посредством тросового захвата и двухбарабанной лебедки, приводимой от гидромотора или коробки отбора мощности трансмиссии. В то же время для погрузки звена необходимо запасовывать трос в канифас-блоки, а также дополнительно закреплять звено на раме, что требует привлечения обслуживающего персонала. Кроме того, при погрузке возможны перехлесты каната, а при транспортировании не развивается высокая транспортная скорость.

Для снижения времени загрузки звена, исключения операций по его запасовке и креплению возможно использование погрузочно-разгрузочной системы «Мультилифт», которая представляет собой Г-образную стрелу, шарнирно установленную на надрамнике машины, имеющую возможность

УДК 629.113.004

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

В.П.ЛОБАХ, Л.В.РУБЛЕВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Один из путей экономии топлива – правильное нормирование его на стадии планирования перевозок. При нормировании расхода топлива необходимо учесть как можно больше конструктивных и эксплуатационных факторов. В ряде работ исследователей приводятся уравнения, которые учитывают эти факторы. Предложенные ими методики расчета расхода топлива с учетом большого количества факторов дают различный результат, требуют громоздких вычислений и подготовки большого количества исходных данных как конструктивного, так и эксплуатационного характера, что не представляется возможным на практике. Таким образом, проблема выбора и разработки методик расчета норм расхода топлива не решена и является весьма актуальной.

Ввиду того, что методику сложно и зачастую нецелесообразно использовать на практике, необходимо разработать такое устройство, которое в любой момент времени могло бы предоставить водителю визуальную информацию об экономичном режиме движения, способствуя тем самым выдерживанию расчетных норм расхода топлива.

Принцип действия данного устройства основан на фиксировании удельного эффективного расхода топлива при движении автомобиля в определенных условиях на конкретной передаче.

Удельный эффективный расход топлива при движении автомобиля будет постоянно изменяться в зависимости от скорости движения, дорожных условий, массы автомобиля, сопротивления воздуха и др. В свою очередь удельный эффективный расход и мощность двигателя связаны выражением:

$$g_e = \frac{G_T}{N_e}, \qquad (1)$$

где g_e - удельный эффективный расход топлива, г/кВтч; G_T - часовой расход топлива, кг/ч; N_e - эффективная мощность, кВт.

Поскольку в основу прибора положено определение (1) удельного эффективного расхода топлива, то в его конструкцию необходимо включить датчик часового расхода топлива и датчик мощности.

В рамках исследований разработана схема такого прибора.

Следует отметить, что датчик часового расхода топлива может использоваться как в системе питания с одним топливопроводом, так и в сис-

должны быть пригодны для использования в методах расчетов на прочность и долговечность проектируемых изделий.

На основе выше изложенного, приходим к необходимости определения динамических нагрузок на рабочее оборудование машин, в том числе и бульдозеров, т.к. методы, упомянутые выше, приводят к статическим величинам, а многие исследователи отмечают динамическую картину, возникающую при резании грунта. В процессе разработки грунтов усилие, действующее на рабочее оборудование, носит периодически изменяющийся характер, причем максимумы усилий возрастают на каждом периоде, пока не достигнут предельных значений. В следующем периоде картина повторяется. Минимумы усилий так же повторяются. При традиционных подходах к проектированию рабочего оборудования бульдозеров возможно получение такой картины только при проведении экспериментальных исследований, что в свою очередь можно выполнить только после создания опытного образца машины. Получение такой картины теоретическим путем, возможно при использовании современных теоретических методов расчета. Значения усилий, период их изменения, амплитуду колебаний, их зависимость от различных параметров рабочего оборудования и бульдозера можно использовать при проведении прочностных расчетов, расчетов на надежность и долговечность с использованием современных программных продуктов. Методика определения усилий основана на анализе процессов, происходящих во время копания грунта. В процессе перемещения заглубленной части отвала, грунт сжимается до тех пор, пока напряжения, возникающие в нем, не превысят предельных. В этот момент происходит сдвиг части грунта. Этот фрагмент формирует стружку, которая, перемещаясь вверх по отвалу, под действием сил тяжести и сцепления ссыпается в призму волочения.

Предлагаемая методика и созданный на ее основании программный продукт могут быть использованы при проектировании рабочего оборудования бульдозера с целью предварительного выбора его основных параметров. Значения усилий на рабочем оборудовании, их статистические характеристики, определяемые на стадии проектирования, дают информацию для проведения оптимизационных работ с целью выбора наилучших параметров рабочего оборудования и бульдозера зависимости от ее назначения.

Значения усилий, полученные в результате предварительных расчетов, на стадии проектирования машины могут быть использованы при проведении расчетов методом конечных элементов с целью определения наиболее нагруженных пространственных элементов конструкций.

поворота на угол до 50º посредством двух гидроцилиндров. На стреле установлен специальный крюковой захват для подъема звена, а в заднем свесе надрамника – пара роликов для его затягивания. Применение системы «Мультилифт» позволяет сократить время погрузки звена на шасси до 40 с против 2–4 мин у системы с тросовым захватом. При этом не требуется привлечения дополнительного персонала и фиксации звена на шасси.

Исследования в данной области, выполненные специалистами кафедры «Детали машин, путевые и строительные машины» БелГУТ, базирующиеся на моделировании процесса складывания и погрузки звена сваебойно-монтажного парома СМП-86, расчетах элементов конструкции и грузоподъемных механизмов, а также анализе конструктивных особенностей и технических характеристик отечественных шасси показывает, что в качестве альтернативы устаревшим моделям КАМАЗ и КрАЗ для использования в качестве транспортного средства для транспортировки и бескрановой погрузки звеньев понтонно-мостовых систем наиболее эффективным является применение шасси МАЗ-6317, имеющего колесную формулу 6х6 и возможность установки дополнительного оборудования, использующего как лебедочный принцип загрузки, так и систему «Мультилифт», что обеспечивается высокой энергонасыщенностью и грузоподъемностью, а также возможностью дополнительного отбора мощности.

УДК 625.7.002

УСЛОВИЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

И.Ф.ДЬЯКОВ, С.В.СИМУКОВ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Ульяновск, Россия

Повышение вероятности безотказной работы автомобиля возможно при использовании оптимальной периодичности обслуживания и режимов эксплуатации, когда трудоемкость текущего ремонта на отказ минимальна.

Поиск оптимальных режимов эксплуатации можно осуществить при рассмотрении множества значений эксплуатационных условий, состоящих из n − мерных величин, входящих в экономико-математическую модель задачи. Универсальным способом решения задач линейной формы является симплексный метод, гарантирующий достижение оптимума. Алгоритм поиска оптимального решения задачи заключается в следующем.

Шаг 1. В системе ограничений (уравнений или неравенств) переносят свободные члены в правую часть.

Шаг 2. Если система ограничений задана системой неравенства, то вводятся добавочные неотрицательные переменные и тем самым сводят систему неравенств к эквивалентной канонической системе уравнений.

Шаг 3. В данной или полученной после выполнения шага 2 системе (n) уравнений с (m) переменными, (m) переменных принимают за основные. В качестве основных можно взять добавочные переменные (в этом случае отпадает необходимость вычислять определитель, который заведомо отличен от нуля, так как каждая добавочная переменная входит только в одно из уравнений системы ограничений). После этого выражают основные переменные через неосновные и находят соответствующее базисное решение.

Шаг 4. От полученного недопустимого базисного решения переходят к допустимому базисному решению или устанавливают, что система ограничений данной задачи противоречива.

Шаг 5. Получив допустимое базисное решение, выражают его через неосновные переменные. Если отыскивается минимум линейной формы и нет не основных переменных с отрицательными коэффициентами, то критерий оптимальности обеспечен, и полученное базисное решение является оптимальным, то есть решение окончено.

Шаг 6. Из основных переменных переводят в неосновные, находят абсолютные величины отношений свободных членов уравнений к коэффи-

УДК 621.87:658.512.011.56

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ НА РАБОЧЕМ ОБРУДОВАНИИ БУЛЬДОЗЕРА

И.В.ЛЕСКОВЕЦ, Е.И.ЧИЖИК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Мощные компьютеры и современное программное обеспечение позволяют работникам проектных организаций производить расчеты металлоконструкций с высокой точностью. Развитый математический аппарат, глубокие теоретические основы обеспечивают создание имитационных моделей машин и механизмов, представляющие собой виртуальные пространственные системы, обладающие наборами характеристик, соответствующих реальным техническим объектам. Применение современных методов оптимизации существенно сокращает время и средства, затрачиваемые на проведение конструкторских работ.

Тем не менее, в области проектирования техники, работа которой связана с определением параметров взаимодействия с грунтом, недостаточная развитость и распространенность соответствующего программного обеспечения обуславливает применение в настоящее время методов расчета, предложенных учеными более 30 лет назад. Так, при проектировании рабочего оборудования бульдозера применяется методика определения сил сопротивления копанию, как суммы составляющих сопротивления резанию грунта, сопротивления перемещению грунта по отвалу и перемещению призмы волочения. Статический характер имеют так же зависимости, по которым определяются значения остальных составляющих сопротивления резанию. Неравномерность изменения величин сил сопротивления копанию учитывается использованием коэффициента динамичности, значение которого может достигать четырех. Таким образом, при проведении проектировочных расчетов, заведомо принимается металлоемкость, увеличенная более чем в четыре раза, так как используется также коэффициент запаса. Однако такой подход не обеспечивает изготовления деталей и узлов равной прочности, доказательством тому служит с одной стороны преждевременный выход из строя одних деталей, наличие мощнейших металлоконструкций на складах металлолома с другой.

Таким образом, при проектировании машин, в том числе бульдозеров необходимо учитывать реальные динамические процессы, что предлагается современными теоретическими подходами. А для широкого внедрения таких методов, в связи с высокими требованиями, предъявляемыми к квалификации специалистов, которые их используют необходимо разрабатывать специализированное программное обеспечение. Результаты расчетов

УДК 629.114.2:621.828.6

РАСЧЕТ РЕЗАНИЯ НОЖОМ С ДВУМЯ РЕЖУЩИМИ КРОМКАМИ

Р.И.КУТЫНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Резание грунта рассматривалось многими отечественными и зарубежными учеными. Большинство расчетных схем рассматривают резание плоским режущим элементом прямоугольной формы с одной режущей гранью, у которого ширина ножа много больше толщины срезаемой ножом стружки. Однако у многих землеройных машин режущие элементы имеют треугольную форму (зубья) либо представляют собой плоские ножи, но с шириной сопоставимой со срезаемой этим режущим элементом стружкой. К таким машинам можно отнести экскаваторы, рыхлители, скребковые цепные экскаваторы и другие землеройные машины. Для расчета резания грунта режущими элементами данных машин существующие методики расчета не подходят.

Особенностью резания грунта режущими элементами треугольной формы является появление в процессе резания двух площадок сдвига. Это существенно усложняет расчет за счет того, что необходимо определить значения двух углов сдвига. Значения данных углов сдвига можно определить методом последовательных приближений. Следует учитывать, что на каждой итерации изменение значения одного из углов сдвига приводит к изменению значения другого угла. Также для определения значений углов сдвига итерационным способом удобно перейти от перебора значений углов сдвига к перебору координаты точки, лежащей на пересечении обеих плоскостей сдвига и дневной поверхности грунта. Эта точка полностью определяет положение площадок сдвига, а значит и значения углов сдвига.

В связи с этим был разработан алгоритм определения значений углов сдвига и остальных геометрических и силовых параметров процесса резания грунта режущим элементом треугольной формы для заданных условий работы и геометрических размеров режущего элемента.

циентам при переменной, переводимой в неосновные, причем только из тех уравнений, в которых эти коэффициенты отрицательны. Из найденных отношений выбирают наименьшее и тем самым решают, какая из основных переменных перейдет в неосновные.

Шаг 7. Выражают новые основные переменные через неосновные переменные (это начинают делать с выделенного уравнения).

Шаг 8. Повторяют шаги 6-8 до тех пор, пока не будет достигнут минимум функционала. После этого выводят на печать компоненты оптимального решения.

Шаг 9. Если допустимое базисное решение дает оптимум линейной формы (критерий оптимальности выполнен), а в выражении линейной формы через неосновные переменные отсутствует хотя бы одна из них, то полученное решение не единственное.

Шаг 10. Если в выражении линейной формы имеется неосновная переменная с положительным коэффициентом в случае ее максимизации (с отрицательным - в случае минимизации), то во все уравнения системы ограничений этого шага указанная переменная входит с положительными коэффициентами или отсутствует, то линейная форма не ограничена при данной системе ограничений. В этом случае ее минимальное (максимальное) значение имеется.

При применении симплексного метода оптимизации задача распадается на два этапа:

1) нахождение допустимого базисного решения системы ограничений;

2) нахождение оптимального решения. При этом число базисных решений и число шагов всегда ограничено. По вышеизложенному алгоритму находим для данных условий периодичность обслуживания, обеспечив минимум удельных простоев на текущем ремонте автомобиля.

Если выделить автомобили с эквивалентными значениями по грузообороту, количеству проведенных обслуживаний и по количеству отказов, приходящихся на одно обслуживание, то можно составить математическую модель с исходными данными по затратам на текущий ремонт и техническое обслуживание автомобилей. Теснота связи между машино-днями в ремонте и затратами энергии на выполнение транспортной работы составляет 0,763, а с километрами пробега 0,604.

Результаты при этом получаются более точными и достоверными. При одинаковом объеме перевозок грузов или наработке и среднем количестве отказов на 1000 кВт.ч, функция плотности распределения трудоемкости текущего ремонта имеет вид нормального закона распределения.

С увеличением количества проведенных обслуживаний больше 16 раз в год число отказов не уменьшается. При количестве обслуживаний меньше 10 распределение числа отказов подчиняется параболическому закону.

УДК 630*377.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ НАВЕСНЫХ ГИДРОМАНИПУЛЯТОРОВ ПРИ ПОГРУЗКЕ ХЛЫСТОВ

А.А.ЕРМАЛИЦКИЙ, Д.В.КЛОКОВ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

С применением гидроманипуляторов при погрузке хлыстов возникает ряд особенностей в выполнении рабочих операций. Погрузка длинномерных грузов может осуществляться как с полным вывешиванием предмета труда (т. н. методы «балансировки» и «упора»), так и способами, предусматривающими перемещение хлыстов через стойки автопоезда при опоре вершин на грунт (т. н. методы «вершина – комель» и «рычага»). Указанные приемы погрузки хлыстов могут меняться по мере формирования воза.

В связи с необходимостью оценки эффективности работы различных лесопогрузочных средств был проведен пассивный эксперимент посредством хронометражных наблюдений и измерения параметров предмета труда при апробировании различных технологических схем погрузки древесины. Выбором мест проведения исследований послужило наличие определенных производственных условий: осуществление хлыстовой технологии заготовки древесины в лесных массивах с различными таксационными показателями; наличие лесопогрузочной техники с временем эксплуатации, равным примерно половине срока полного износа под управлением опытных операторов (стаж работы 7-10 лет).

Объектом исследований являлись гидроманипуляторные лесопогрузчики ПЛ-70, ЛВ-185-10, Loglift F 130 S80, Liv L 24.81, установленные на лесовозных автомобилях Урал-375, Маз-5434, КрАЗ-255Л.

Замеры осуществлялись при работе машин в режимах погрузки и самопогрузки хлыстов.

Одной из наблюдаемых величин, являлся объем погружаемой пачки, который определялся путем суммирования объемов хлыстов в захвате лесопогрузчика, найденных с помощью существующей справочной информации по результатам замера их длины и диаметра. Ввиду невозможности растаскивания уложенной в штабеля древесины диаметр хлыстов измерялся в их комлевом срезе. Для снижения соответствующей ошибки при определении объемов хлыстов по диаметрам на высоте 1,3 м от их основания до ±3 % использовалась методика Н.П. Анучина. Все обрабатываемые погрузчиками хлысты в количестве не менее 50 шт. разграничивались по группам закомелистости на закомелистые, средней закомелистости и незакомелистые.

охлаждения масла в нем; по двигателю – преимущественно выходы из строя форсунки и топливного насоса; по электрооборудованию – датчики давления, стартер и др.; по гидросистеме рабочего оборудования – рукава высокого давления, гидроцилиндры и распределитель.

Низкие значения наработки до отказа, а также небольшие значения вероятности безотказной работы можно охарактеризовать низким качеством производства машин и недостаточным контролем качества комплектующих. Анализ выходов из строя элементов погрузчиков Амкодор 332С в гарантийный период показал, что более 95 % всех отказов – из-за низкокачественной сборки. Переводя данные высказывания в разряд экономической плоскости, можно сказать, что не учитывая показатели надежности в период гарантийной эксплуатации и не совершенствуя конструкцию машины, отечественные производители и эксплуатирующие организации несут значительные потери при эксплуатации СДМ.

Зная подробную информацию о надежности машины и ее элементов на уровне предприятия можно совершенствовать конструкции машин, а на уровне эксплуатирующей организации, корректируя процессы технической эксплуатации, значительно повысить работоспособность и эффективность эксплуатации СДМ.

Закладывая в основу планирования и организации поддержания и восстановления работоспособности СДМ, контроль остаточного ресурса и интенсивность его изменения всех машин и их агрегатов позволит заранее выявить элементы, лимитирующие наработку на отказ. Данный контроль можно реализовать посредством использования технической диагностики и информационных технологий в процессе поддержания и восстановления работоспособности СДМ.

Таким образом, полный учет всех показателей работы машины, а, в частности, более подробно показателей надежности позволит установить интенсивность изменения контролируемых параметров в зависимости от наработки, что позволит заранее с высокой точностью определять время выхода из строя машины и ее агрегатов. Тем самым, определяя время выхода из строя на основании фактических данных, значительно повышается точность планирования, появляется возможность производить индивидуально планирование потребности в запасных частях, материальных и трудовых ресурсах, а также исключить простои на объекте и обеспечить наибольшую работоспособность СДМ.

УДК 625.7.08

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПОГРУЗЧИКОВ АМКОДОР 332С

В.В.КУТУЗОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Эффективное использование строительно-дорожных машин (СДМ) во многом зависит от уровня надежности, заложенной при их производстве, а также от работы и качества технической эксплуатации. Поддержание и восстановление работоспособности с учетом усредненных данных, приведенных в нормативно-технической литературе, не позволяют обеспечить требуемый уровень безотказной работы СДМ. Существующая нормативная база, основанная на системе планово-предупредительных ремонтов, не учитывает изменения технико-экономических показателей работы каждой конкретной машины. Планирование и организация ремонтных работ по усредненным данным периодичности, продолжительности и трудоемкости ремонтно-восстановительных работ приводит к значительным ошибкам, а также недоиспользует ресурс машины или приводит к внезапным отказам на объекте. Использование системы поддержания и восстановления работоспособности по фактическому состоянию, на основании результатов диагностирования позволяет обеспечить экономически выгодную безотказную работу машины на объекте, исключая внезапные отказы. Переходя к данной системе необходимо в полной мере учитывать заложенные при производстве показатели надежности машин.

Проведенные исследования показателей надежности 200 погрузчиков Амкодор 332С выявили, что наработка до отказа составляет 245 моточасов. Данное низкое значение наработки до отказа отражает низким уровнем безотказной их эксплуатации. Так, вероятность безотказной работы к наработке 1000 моточасов подконтрольных погрузчиков Амкодор 332С составляла всего 0,5 для отдельных агрегатов.

Вероятность безотказной работы погрузчика в целом определяет безотказная работа его агрегатов, а их, в свою очередь, составные элементы – детали, сопряжения. В качестве основных агрегатов лимитирующих наработку до отказа можно представить трансмиссию – 26 % отказов от общего числа, электрооборудование – 25 %, гидросистему рабочего оборудования – 14 %, а также двигатель – 12 % и пневмосистему – 12 %. Рассматривая агрегаты в отдельности можно выделить в них элементы, в значительной степени, влияющие на общие показатели надежности. Например, наибольшее число выходов из строя погрузчиков Амкодор 332С: по элементам трансмиссии относились к гидромеханической передаче и радиатору

комелистые. Для каждого комлевого диаметра хвойных и лиственных пород устанавливался диаметр «на высоте груди». Соответственно этим диаметрам и обмеру длин 20-30 хлыстов с однородных в таксационном отношении участков разрабатываемых делянок устанавливался разряд таблиц для определения объемов хлыстов.

Обработка полученных эмпирических данных осуществлялась методами математической статистики, корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов в соответствии с принятой классической процедурой. По установленным графическим зависимостям и гистограммам проводилась интерпретация результатов натурного эксперимента.

По результатам обработки натурных данных получены средние арифметические значения объемов погружаемых пачек: ПЛ-70 –0,41/0,52 м^3; ЛВ-185-10 – 0,69/0,82 м^3; Loglift F 130 S80 – 0,92/1,1 м^3; Liv L 24.81 – 1,35/1,74 м^3 (в числителе – при погрузке неагрегатированного транспортного средства, в знаменателе – при самопогрузке хлыстов).

Одной из целей экспериментальных исследований являлось установление коэффициента использования грузоподъемности навесных гидроманипуляторов ($k_г$) – одного из ключевых параметров при расчете технико-эксплуатационных показателей лесопогрузочных средств.

Как известно, $k_г$ представляет собой отношение средней массы перемещаемых лесоматериалов к номинальной грузоподъемности гидроманипулятора для заданного его вылета.

Номинальная грузоподъемность определялась исходя из технических характеристик объектов исследования, и для среднего рабочего вылета без учета веса ротатора и грейферного захвата составила: ПЛ-70 – 1365 кг, ЛВ-185-10 – 1631 кг, Loglift F 130 S80 – 2656 кг, Liv L 24.81 – 4380 кг.

За средний рабочий вылет принималось расстояние от оси поворота колонны до середины участка нормали к оси транспортного средства, ограниченного крайним положением аутригеров при максимальном их выдвижении и точкой на горизонтальной плоскости, соответствующей максимальному вылету гидроманипулятора.

В результате проведенных расчетов с учетом плотности заготовленной древесины (850 кг/м^3) получены значения коэффициентов использования рассматриваемого оборудования: ПЛ-70 –0,26/0,32 м^3; ЛВ-185-10 – 0,36/0,43 м^3; Loglift F 130 S80 – 0,29/0,35 м^3; Liv L 24.81 –0,26/0,34 м^3.

Приведенные данные свидетельствуют о крайне низкой загрузке бортовых гидроманипуляторов вне зависимости от величины грузового момента, что можно объяснить спецификой их работы с длинномерными грузами. При этом в сравнении с загрузкой бригадных лесовозных автопоездов без манипулятора $k_г$ при самопогрузке в среднем на 19 % больше.

Следует отметить, что данная методика оценки технико-эксплуатационной эффективности гидроманипуляторных лесопогрузчиков может быть использована и на погрузке сортиментов.

УДК 621.87. 004.2

УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИЙ ИЗГИБ БАЛОК КРАНОВ

В.И.ИВАНОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В результате диагностики грузоподъемных кранов определены режимы нагружения, сроки эксплуатации, прогибы металлоконструкций и пр.

Установлено, в частности, что у большинства обследованных кранов сохранился строительный подъем главных балок, однако, отдельные краны при меньшей нагруженности и сроке эксплуатации имеют отрицательный остаточный прогиб главных балок. Измерения остаточного прогиба на одних и тех же кранах через 2…3 года работы показали, что прогиб не увеличивался.

Было сделано предположение, что с помощью некоторых из этих кранов осуществлялись единичные подъемы груза, превышающего номинальную грузоподъемность крана.

Для проверки этого предположения разработана методика и выполнен расчет двутавровой балки крана с учетом упруго-пластического изгиба. При этом учитывалось следующее: главные балки мостовых кранов на участке между колесами тележки испытывают чистый изгиб; при чистом изгибе ось балки принимает форму дуги окружности; образование деформаций при чистом изгибе может рассматриваться как результат поворота плоских поперечных сечений друг относительно друга.

По мере увеличения изгибающего момента и, соответственно, кривизны, упругая зона сокращается, а в предельном случае все сечение охватывается пластической деформацией. Несущая способность балки при этом исчерпывается и большая нагрузка ей воспринята быть не может.

Анализ полученных результатов расчета двутавровой балки крана с пролетом 10 м показал:

– необратимые пластические деформации могут возникать при увеличении действующего момента в 1,7-1,8 раза;

– при увеличении нагрузки кривизна балки растет, а радиус кривизны уменьшается;

– пластические деформации не распространяются на весь пролет, а локализуются на относительно небольшом участке;

– в отдельных случаях по форме кривой остаточного прогиба можно определить подвергался кран значительным перегрузкам в течение срока эксплуатации;

– методика применима для мостовых кранов и кран-балок.

ференциала. Фрикционные элементы соответствуют сцеплению трансмиссии автомобиля, а также отображают сцепление ведущих колес с дорогой. Внешние воздействия: вращающий момент двигателя, моменты сопротивления качению, приведенный момент сопротивления движению машины, обусловленный продольным уклоном дороги и воздушной средой.

В процессе моделирования была учтена особенность трансмиссии с дифференциальным приводом колес, которая заключается в том, что два фрикционных элемента одновременно связывают между собой три сосредоточенных массы в различных комбинациях. В результате полученная модель позволяет исследовать процессы, происходящие в трансмиссии автомобиля в тех случаях, когда ведущие колеса находятся в различных дорожных условиях и могут проскальзывать относительно дороги.

В ходе работы были смоделированы несколько случаев движения автомобиля: процесс трогания с места, движение по гармоническим неровностям дороги и при входе в поворот. При моделировании движения в повороте учитывалось различие между угловыми скоростями вращения колес при прямолинейном и криволинейном движениях автомобиля. Для забегающего колеса угловая скорость возрастает, а для отстающего – уменьшается. В случае движения автомобиля по неровностям для каждого ведущего колеса использовалась функция изменения скорости вертикального перемещения опорной точки, что позволило учесть влияние микропрофиля поверхности дороги на сопротивление качению.

В результате моделирования были получены графики зависимостей угловых скоростей сосредоточенных масс, их ускорений, моментов в упругих элементах, а также работы и мощности буксования сцеплений трансмиссии и ведущих колес от времени. При движении автомобиля по гармоническим неровностям моменты от упругих элементов шин передаются через дифференциал и нагружают трансмиссию. Причем нагрузки максимальны, если неровности совпадают по фазе для обоих колес. Если же неровности находятся в противофазе, моменты упругих элементов нагружают полуоси, и компенсируются в дифференциале, влияние моментов на двигатель, коробку передач и карданный вал при этом отсутствует.

При трогании автомобиля с места буксование ведущих колес, помимо величины коэффициента сцепления, зависит также от плавности нарастания момента трения сцепления в трансмиссии. Причем, чем быстрее происходит процесс нарастания момента трения, тем большие динамические нагрузки передаются в трансмиссию. В том и другом случае величины моментов в упругих элементах превышают максимальные статические значения, что необходимо учитывать при расчетах элементов трансмиссии. Например, при определении нагрузочных режимов при расчетах трансмиссии на низших передачах используют меньший из моментов по двигателю либо по сцеплению, что не соответствует действительным нагрузкам, возникающим при трогании автомобиля.

УДК 629.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПРИВОДОВ САМОХОДНЫХ МАШИН

В.И.КУРСТАК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

На всех самоходных колесных машинах применяют дифференциальные приводы ведущих колес. Различают межколесные и межосевые дифференциалы. Межколесный дифференциал обеспечивает привод колес одного ведущего моста машины, а межосевой предназначен для дифференциального распределения энергии двигателя между двумя (или более) ведущими мостами. Применение дифференциальных приводов вызвано необходимостью обеспечения качения колес без скольжения на закруглениях дороги и при проезде через неровности опорной поверхности, при различии радиусов качения шин и, соответственно, предотвращением появления в трансмиссии циркуляции мощности. Это повышает устойчивость и управляемость автомобиля, а также уменьшает износ шин и ходовой части.

Различают симметричные дифференциалы, распределяющие подводимый вращающий момент примерно поровну на левое и правое колеса (или же между двумя ведущими мостами), и несимметричные дифференциалы, обладающие свойством неравномерного распределения вращающих моментов в приводе ведущих мостов (например для трехосного автомобиля). При этом ведущим звеном как межколесного, так и межосевого дифференциала принимают водило, центральные зубчатые колеса – ведомые звенья. В межколесном приводе обычно применяют симметричный дифференциал с коническими шестернями.

Для исследования и оценки процессов, происходящих в трансмиссии с симметричным межколесным дифференциалом, была построена динамическая модель трансмиссии автомобиля. Моделирование осуществлялось на основе структурно-матричного метода.

Динамическая модель трансмиссии включает инерционные, упругие, диссипативные, трансформаторные и фрикционные элементы. В модели учтены инерционные свойства двигателя, коробки передач, ведущих и ведомых колес, дифференциала, поступательно движущейся массы автомобиля. Упругие элементы учитывают жесткость валов коробки передач, карданной передачи, суммарную жесткость обеих полуосей, упругие свойства шин ведущих колес при их окружной деформации. Трансформаторные элементы отображают преобразование механизмами трансмиссии параметров потока энергии двигателя при ее передаче ведущим колесам, осуществляемое коробкой передач, главной передачей и механизмом диф-

УДК 62.529

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

П.С.КОНЦЕВИЧ, Н.А.КОВАЛЕНКО
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Переход к рыночным отношениям ставит перед работниками автомобильного транспорта ряд новых задач. Сегодня уже мало просто выполнить какую-нибудь работу, например, перевезти грузы определенного объема и номенклатуры. Важно выполнить ее с наибольшей эффективностью. В свою очередь, повышение эффективности возможно только на основе глубоких знаний о тех процессах, которые происходят во всех сферах деятельности автотранспортных предприятий: при перевозках, при поддержании и восстановлении работоспособности автомобилей, при материально-техническом обеспечении и т.д.

Чтобы правильно представлять эти процессы, целесообразно иметь их математические модели, корректно описывающие свойства, структуру и возможности. В настоящее время на автомобильном транспорте разработано и применяется большое количество разнообразных математических моделей. Однако они обладают одним общим недостатком: рассматривают определенные задачи (например, оптимизацию числа рабочих постов обслуживания или ремонта, оптимизацию параметров перевозочного процесса и т.д.) обособленно, не увязывая процесс перевозок с процессами поддержания и восстановления работоспособности автомобилей, с процессами их старения, материально-технического обеспечения и т.п. Это обуславливается тем, что любой из этих процессов сам по себе является достаточно сложным, а в совокупности они и, вообще, делают практически невозможным их описание существующими математическими схемами.

Авторами сделана попытка провести комплексный анализ производственных процессов автотранспортных предприятий на основе имитационного моделирования, под которым понимается математическое исследование сложных стохастических процессов. При этом эксперимент ставится не на реальной системе, что, как правило, слишком дорого, требует значительного времени и, кроме всего, не всегда возможно, а на компьютерной программе. Оптимальный вариант решения задачи определяется не строгими детерминированными зависимостями, а путем последовательных итераций, перебирая те или иные структуры и численные значения факторов.

Для оценки возможности использования имитационного моделирова-

ния при анализе производственных процессов АТП была разработана имитационная модель в среде GPSS World, позволяющая имитировать функционирование зон технического обслуживания (ТО) АТП. GPSS World является мощной универсальной средой моделирования как дискретных, так и непрерывных процессов, предназначенная для профессионального моделирования самых разнообразных процессов и систем.

Разработанная имитационная модель состоит из следующих основных блоков. Блок исходных данные используется для задания количества подвижного состава (ПС), периодичности ТО-1 и ТО-2, количества постов ТО-1 и ТО-2, время моделирования и т.п. В блоке моделирования начального пробега каждой единице ПС присваивается начальный пробег и проверяется необходимость проведения ТО-1 или ТО-2. В случае необходимости проведения ПС направляется в соответствующую зону, в противном случае он отправляется на линию. В третьем блоке моделируется работа ПС на линии. Здесь для каждого автомобиля случайным образом по заданному закону моделируется среднесуточный пробег и осуществляется учет его общего пробега с начала моделирования. В четвертом блоке моделируется постановка ПС на обслуживание и моделирование процесса ТО-1. В пятом блоке моделируется работы зоны ТО-2.

После завершения моделирования выдаются следующие основные показатели работы группы автомобилей за моделируемый период времени (день, месяц, год и т.д.): число обслуживаний за период моделирования; максимальная длина очереди; число автомобилей, находящихся на линии, в обслуживании и очереди на конец моделирования; среднее время нахождения в очереди, количество не используемых постов на конец моделирования; коэффициент использования зоны; средневзвешенное содержимое очереди и зоны за период моделирования и др.

Программа позволяет варьировать такими параметрами как количество автомобилей, число постов и их производительность в зонах ТО-1 и ТО-2, периодичность ТО-1 и ТО-2, среднесуточный пробег и др.

Получаемые результаты моделирования можно использовать для решения различных производственно-технических задач:

– планировать объемы перевозок парка автомобилей на планируемый период времени;

– оптимизировать размеры и структуру зон ТО-1 и ТО-2 любого АТП;

– планировать объемы работ по техническому обслуживанию на любой прогнозируемый период времени;

– определять оптимальные периодичности технических обслуживаний и решать другие прикладные задачи.

УДК 621.878:629.114.2

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОСОГО РЕЗАНИЯ ГРУНТА ДИСКОВЫМ НОЖОМ

Е.В.КУРИЛОВ, А.С.ЩЕРБАКОВ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ЯРОСЛАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Ярославль, Россия

Оценка целесообразности использования дисковых ножей, реализующих принцип косого резания грунта, в качестве рабочих органов землеройных машин невозможна без учёта научно обоснованных критериев эффективности.

Используя основные положения теории резания грунта косым клином предложена методика расчёта составляющих сопротивления резанию свободно вращающимся сферическим дисковым ножом. При этом направление действия результирующей сил трения на боковую поверхность ножа выполнено с учётом его режима движения (качения), геометрических характеристик и условий резания.

Предложенная математическая модель процесса позволила разработать критерии (коэффициенты) эффективности для косого резания грунта в зависимости от режима движения дискового ножа (свободно вращающийся, жестко закреплённый) в сравнении с лобовым резанием. По результатам аппроксимации расчётных значений критериев получены уравнения регрессии от значимых факторов, что упрощает определение составляющих сопротивлений резанию.

Адекватность математической модели подтверждается результатами экспериментальных исследований, проведённых в лаборатории землеройных машин ЯГТУ и данными полученными И.А. Недорезовым в ЦНИИС. В месте с тем было установлено, что: эффективность косого резания грунта возрастает в диапазоне углов захвата дискового ножа от 30° до 40°, а снижение удельных сопротивлений 30-40 % в сравнении с лобовым резанием; режим движения дискового ножа без скольжения (проскальзывания) является наиболее предпочтительным – снижение удельных сопротивлений достигает 20-30 % в сравнении с резанием жестко закреплённым дисковым ножом.

Таким образом, выявлены особенности процесса косого резания грунта дисковым ножом, предложена методика расчёта сопротивлений резанию и критериев эффективности. Это даёт возможность в более полном объёме использовать результаты ранее проведённых исследований других авторов в области резания грунтов для решения вопросов проектирования рабочих органов землеройных машин, реализующих принцип косого резания свободно вращающимся дисковым ножом.

УДК 621.926-27

ИЗМЕРЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ ПРУЖИННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

А.М.КУРГУЗИКОВ, Н.В.ВОЛКОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Во время работы пружинной мельницы, вращающийся пружинный рабочий орган совершает колебания, величина амплитуды которого зависит не только от частоты вращения рабочего органа, его жесткостных характеристик, но и от непосредственного влияния обрабатываемого материала и подчиняется определенным математическим законам, которые повторяются или могут повторяться во времени. В последнее время появилось ошибочное мнение в необходимости использовать резонансные явления в аппаратах похожей конструкции для интенсификации проводимых процессов, т.к. все процессы при этих явлениях становятся неуправляемыми, что резко снижает срок службы не только пружин, но и других важных элементов мельниц.

Механические параметры колебаний пружинных рабочих органов, а именно, виброперемещение, виброскорость и виброускорение очень важны уже на стадии проектирования, т.к. их величина напрямую связана с размерами рабочей камеры аппаратов. Любой из этих параметров колебаний может быть измерен при помощи бесконтактных датчиков - преобразователей относительного перемещения. В данных устройствах полное сопротивление измерительных катушек зависит от расстояния между ними и объектом измерения. При их установке не требуется какого-либо механического соединения с объектом измерения, т.к. датчики почти полностью работают без обратного воздействия.

Такие возможности датчиков - преобразователей позволяют измерять колебания объекта в разных плоскостях (поперечной, продольной), при этом сам объект измерения должен быть, насколько это возможно, выполнен из магнитного материала или иметь на измерительной поверхности покрытие из такого материала.

Для относительных измерений колебаний рабочего органа применяются бесконтактные измерительные потенциометры и емкостные преобразователи. С их помощью измеряются зазоры между объектами, в частности, колебания не только пружинного рабочего органа в целом, но и отдельных его витков. Это очень важно для описания теоретического и практического применения изучаемых явлений при проектировании аппаратов с пружинными рабочими органами.

УДК 629.113.585

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА АВТОБУСА МАЗ

В.А.КУЗЬМИЧЕВ, С.В.ЛЯХОВ, М.М.БЕЛОУС, Д.А.ДУБОВИК
Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Применение локальных сетей позволяет дать абсолютно новые потребительские и технические свойства автомобилю. Замена обычных жгутов, проложенных от панели управления к исполнительным устройствам, особенно актуальна для автобусов, поскольку данные элементы расположены на значительном расстоянии друг от друга, и общая протяженность электрических проводов достигает нескольких километров. С такой проблемой столкнулся и Минский автомобильный завод, выпускающий автобусы различных модификаций. Наибольшую проблему в конструкции электрооборудования которых составляет обеспечение управления и работы многочисленными светотехническими устройствами и дверьми, расположенными по периметру автобуса. Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси больше 10 лет работает над созданием систем дистанционного управления электрооборудованием автотранспортных средств.

Результатом проводимых работ в рамках Государственной научно-технической программы “Машиностроение” явилось создание информационно-управляющей системы автобуса МАЗ. Система строится на использовании сети CAN и включает:

– блок управления панели приборов (БУПП);

– четыре блока управления наружными светотехническими устройствами (БУНСУ), расположенными у соответственно скомпонованных спереди-сзади и справа-слева осветительных приборов;

– три блока управления приводами дверей (БУПД), соответственно, для передней, средней и задней двери автобуса.

Блок управления панели приборов является головным в данной системе. Он опрашивает состояние органов управления, производит фильтрацию поступающих сигналов, определяет необходимость включения/выключения исполнительных устройств и передает эту информацию другим блокам по каналу CAN. Блок получает ответные сообщения, дешифрирует их и, при необходимости, включает/выключает контрольные лампы и зуммеры, и после этого выдает контрольные сигналы на электронный щиток приборов, принимает диагностическую информацию от других блоков системы. БУПП имеет возможность связи с другими системами по второму каналу CAN, а также с внешним диагностическим оборудованием по каналу ISO 9141. БУПП работает не только с элементами коммутации электрооборудования панели приборов, но и непосредственно

связан с контроллером электронного щитка приборов, одной из задач которого является вывод необходимой информации о работе электрооборудования и параметров работы агрегатов автобуса на панель приборов.

Блок управления наружными светотехническими устройствами получает от БУПП по каналу CAN сообщения о состоянии органов управления, выделяет из них информацию, относящуюся к данному блоку, в соответствии с ее содержимым включает/выключает исполнительные устройства, получает информацию о состоянии датчика износа тормозных накладок, производит ее фильтрацию и передает ответные сообщения, содержащие также диагностическую информацию.

Блок управления приводами дверей получает от БУПП по каналу CAN сообщения о состоянии органов управления, выделяет из них информацию, относящуюся к данному блоку, в соответствии с ее содержимым управляет приводом двери, включает/выключает фонарь подсвета выхода, получает информацию о состоянии датчиков двери и кнопок требования остановки, производит ее фильтрацию и передает ответные сообщения, содержащие также диагностическую информацию.

С целью унификации периферийные блоки БУНСУ схемотехнически аналогичны вне зависимости от их расположения в системе (на автобусе). Для этого блоки имеют количество входов и выходов максимально необходимое, а также программирующие входы, внешней коммутацией которых задается местоположение блока. Аналогичным образом унифицированы блоки БУПД.

С целью обеспечения высокой надежности и отказоустойчивости система постоянно диагностирует собственные электронные блоки, исполнительные устройства и канал связи. При этом каждый электронный блок сам диагностирует собственные компоненты (память программ, ОЗУ, выходные ключи, исполнительные устройства) и при помощи контрольной суммы (CRC) проверяет целостность поступающих по каналу CAN сообщений. Блоки управления наружными светотехническими устройствами и блоки управления приводами дверей периодически формируют диагностические сообщения и передают их блоку управления панели приборов. Блок управления панели приборов принимает окончательное решение об исправности тех или иных элементов системы, запоминает обнаруженные неисправности в ЭППЗУ и включает соответствующие контрольные лампы. В дальнейшем данные о неисправностях могут быть считаны внешним диагностическим оборудованием.

Ранняя версия системы, включающая управление светотехническими приборами, прошла апробацию на аэродромном автобусе МАЗ-171, где показала положительные результаты в части надежности работы и выполнения заданных функций. В настоящее время, проводится разработка пакета конструкторской документации на Минском автомобильном заводе по установке полного комплекта системы на новый автобус МАЗ-205.

УДК 629.114.2:621.828.6

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПОВЫШЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ ДВИЖИТЕЛЕЙ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН С ГРУНТОМ

А.В.КУЛАБУХОВ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Тягово-сцепные качества гусеничной машины являются одними из важнейших эксплуатационных показателей.

Гусеничный трактор или тягач конструируют для определенных условий работы, как, например, для сельскохозяйственных, строительных, мелиоративных работ, так и для работ в условиях болотистой местности. Основным требованием, предъявляемым к этим машинам, является развитие больших тяговых усилий.

Проблема повышения тяговых усилий гусеничных машин заключается в увеличении силы тяги по сцеплению, которую обычно повышают путем увеличения сцепного веса машины.

Использование такого подхода приводит к дополнительным затратам на передвижение машин при их эксплуатации. Это особенно актуально в настоящее время при дороговизне топлива. Такие машины становятся менее конкурентоспособными.

Анализ влияния сцепного веса гусеничной машины на коэффициент сцепления ее с грунтом хотя и влечет за собой повышение, реализуемой максимально возможной силы тяги по сцеплению, однако при этом коэффициент сцепления такой машины даже не остается на прежнем уровне, а уменьшается. Это обуславливается тем, что при увеличении сцепного веса тяговое усилие, реализуемое грунтозацепами, играет все меньшую роль в общем балансе тягово-сцепных сил движителя по сравнению с силами трения гусеничной цепи о грунт.

Таким образом, исследования показали, что справедлив вывод о том, что для увеличения коэффициента сцепления движителя с грунтом необходимо стремиться к полному использованию тягово-сцепных возможностей грунтозацепов движителей гусеничных машин.

Такой подход позволит не только сэкономить на материальных затратах при производстве гусеничных машин и на топливно-энергетических затратах при их эксплуатации, но и повысить тягово-сцепные качества движителей гусеничных тягачей.