

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В  
МАГИСТРАТУРУ  
по специальности  
1-36 80 02 ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**Профилизация:** Сварочные технологии

**РАЗДЕЛ 1 Теория сварочных процессов**

**Тема 1 Тепловые и термомеханические процессы при сварке**

Нагрев основного металла. Схемы нагреваемых тел и источников тепла. Теплопроводность. Общее дифференциальное уравнение теплопроводности. Конвекция. Лучистый теплообмен. Тепловые процессы при нагреве тел источниками теплоты. Неподвижные, движущиеся и движущиеся источники теплоты. Температурные поля в пластине и плоском слое. Нагрев быстродвижущимися источниками теплоты. Нагрев основного металла при сварке. Особенности нагрева при дуговой сварке. Нагрев металла при лучевой и контактной сварке. Характеристики термического цикла сварки. Регулирование термического воздействия на металл. Нагрев и плавление присадочного и основного металла при сварке. Термомеханические процессы при сварке. Понятие о сварочных деформациях и напряжениях. Термодеформационный цикл.

**Тема 2 Физико-химические процессы в сварочных источниках энергии**

Квантовые переходы при поглощении и выделении энергии. Излучение. Эмиссия заряженных частиц. Ионизация газов и паров. Воздействие электрических и магнитных полей на заряженные частицы. Управление потоками заряженных частиц и формирование пучков. Проводимость твердых тел, жидкостей и газов. Электрический разряд в газах. Вольтамперная характеристика. Возбуждение разрядов. Элементарные процессы в плазме дуги. Приэлектродные процессы в дугах. Баланс энергии. Магнитогидродинамика дуг. Перенос металла в дуге. Разновидность разрядов, используемых в сварочной технике. Плазменные дуги. Искровой и тлеющий разряды. Экологические характеристики процессов, основанных на электрических разрядах. Электронно-лучевые источники. Основные физические свойства. Взаимодействие электронного луча с веществом. Использование электронно-лучевых процессов. Охрана труда при эксплуатации электронно-лучевых установок. Ионные источники. Ионная имплантация и другие процессы. Фотонно-лучевые источники. Основные физические свойства. Механизм изучения твердотельных и газовых лазеров. Взаимодействие излучения с веществом. Использование фотонно-лучевых источников. Охрана труда при работе на лазерных установках. Электрический проводник с током как источник тепла для сварки.

### **Тема 3 Физико-химические и металлургические процессы при сварке**

Термодинамические основы металлургических процессов. Термодинамические потенциалы и их вычисление. Константы равновесия физико-химических систем. Вычисление констант равновесия. Металлургия сварки. Окисление металлов при сварке. Раскисление сварочной ванны. Взаимодействие металлов со сложными газами при сварке. Азот в стали и швах. Поведение водорода при сварке плавлением. Водород в стали и сварных швах. Взаимодействие металлов со шлаками. Физические и химические свойства шлаков. Металлургические процессы при сварке под флюсом. Металлургические процессы при сварке в защитных газах и вакууме. Экономия сварочных материалов. Металлургические процессы при сварке покрытыми электродами и порошковой проволокой. Вредные примеси в металлах при сварке. Рафинирование сварочной ванны. Испарение металлов при сварке. Вредные выделения и защита от них.

### **Тема 4 Термодеформационные процессы и превращения в металлах при сварке**

Образование неоднородности в сварных соединениях. Химическая неоднородность сварных соединений. Физическая неоднородность. Пористость и ее предупреждение. Образование первичной структуры сварных соединений. Процесс кристаллизации и управление структурообразованием. Механизм образования горячих трещин при сварке. Повышение технологической прочности при кристаллизации. Фазовые структурные превращения в металлах. Структурные превращения в зоне термического влияния и в шве. Механизм образования холодных трещин. Повышение технологической прочности в процессе остывания.

## **РАЗДЕЛ 2 Технология и оборудование сварки плавлением**

### **Тема 1 Классификация и технологические особенности способов сварки плавлением**

Классификация способов сварки плавлением по различным признакам: источнику нагрева металла, способу защиты от атмосферы, степени механизации. Классификация сварных швов и соединений, основные стандарты на сварные соединения, выполненные сваркой плавлением, Обозначение сварных соединений на чертежах.

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Сущность и схема процесса. Параметры режима сварки, правила их выбора. Техника сварки в различных пространственных положениях. Технологические коэффициенты - коэффициент наплавки, коэффициент расплавления, коэффициент потерь. Достоинства, и недостатки ручной сварки, области применения.

Сварка, под флюсом. Сущность процесса. Параметры режима сварки, расчет силы сварочного тока, напряжения, скорости сварки и скорости подачи сварочной проволоки. Влияние параметров режима на форму и размеры швов. Техника сварки, разновидности сварки под флюсом. Технико-экономические показатели, области применения.

Сварка в защитных газах. Сварка неплавящимся и плавящимся электродом. Сущность и особенности процессов. Особенности переноса металла, при сварке в защитных газах. Разбрызгивание электродного металла, способы его уменьшения. Правила выбора основных параметров режима сварки. Особенности использования различных газов и смесей для защиты расплавленного металла. Сварка в  $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ ;  $\text{Ar} + \text{CO}_2$ ;  $\text{Ar} + \text{O}_2$ ;  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ ;  $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$ . Технико-экономические показатели.

Плазменная сварка. Сущность и схема процесса. Способы получения плазменной дуги. Отличие плазменной дуги от обычной. Разновидности плазменной сварки, области применения. Технико-экономические показатели.

Электрошлаковая сварка. Сущность и схема процесса. Разновидности сварки - электродными проволоками, пластинами, плавящимся мунштуком. Технологические особенности электрошлаковой сварки, технико-экономические показатели. Электронно-лучевая сварка. Сущность процесса, способ получения электронного луча. Особенности формирования соединения при электронно-лучевой сварке. Техника, сварки, подготовка деталей, типы сварных соединений. Классификация и устройство установок для сварки. Сварка в глубоком, промежуточном вакууме. Техничко-экономические показатели. Области применения, особенности сварки в космосе.

Лазерная сварка. Особенности и технико-экономические показатели сварки твердотельными и газовыми лазерами. Формирование сварного соединения, форма проплавления. Основные технологические и эксплуатационные характеристики сварных соединений.

Газовая сварка. Сущность и техника процесса. Основные характеристики газового пламени, особенности использования ацетилена и газов заменителей для сварки. Горелки для газовой сварки. Достоинства и недостатки, области применения.

Особые способы сварки плавлением. Сварка электрозаклепками, дуговая приварка, шпилек, ванно-дуговая сварка. Сварка, с принудительным формированием - сущность процесса, области применения. Особенности дуговой сварки под водой. Требования к сварочным материалам, Оборудование, правила, безопасности.

## **Тема 2 Сварочные материалы**

Назначение и классификация сварочных материалов. Сварочная проволока: сплошного сечения, порошковая, архивированная. Химический состав проволоки, маркировка и обозначение. Области применения различных типов сварочных проволок, сварочные покрытые электроды. Общие требования, классификация веществ, входящих в покрытие. Принципы построения электродных покрытий - типы покрытия. Основные стандарты на тип электрода. Обозначение электродов, технология изготовления электродов. Основные дефекты электродов, контроль качества. Неплавящиеся электроды. Активирующие добавки для неплавящихся электродов.

Сварочные флюсы. Назначение и классификация флюсов. Химический состав и активность флюсов. Принципы построения флюсов и способы предотвращения металлургических дефектов при сварке плавлением. Флюсы для дуговой и электрошлаковой сварки - Технология изготовления флюсов.

Защитные газы. Инертные и активные газы. Способы получения, транспортировки, снабжения рабочих мест. Сушение и подогревание защитных газов. Способы получения газовых смесей. Газы для газопламенной обработки: ацетилен, пропан-бутан, кислород - свойства, получение, транспортировка, хранение. Техника безопасности.

## **Тема 3 Сварочное оборудование**

Технологические требования к оборудованию для сварки плавлением. Влияние характеристики источника питания на процесс дуговой сварки, выбор характеристики для различных: способов сварки. Принципы саморегулирования и автоматического регулирования длины дуги. Система маркировки сварочного оборудования.

Оборудование и принадлежности для сварки. Электродержатели, щитки, маски, сварочные кабели. Сварочные полуавтоматы, классификация, устройство, принцип работы. Устройство отдельных узлов полуавтомата. Работа электрических схем различных полуавтоматов. Сварочные автоматы. Классификация, устройство - сварочные тракторы, самоходные и подвесные головки, Флюсоаппараты. Автоматы для электрошлаковой сварки- принципы передвижения в процессе сварки. Схемы

регулирования уровня шлаковой ванны. Оборудование для сварки неплавящимся электродом. Устройство установок для сварки алюминия, титана, легированных сталей. Устройства зажигания дуги. Установки для плазменной сварки,

Оборудование для кислородной резки. Ручные и машинные резаки. Принципы копирования при резке. Механизированное оборудование для резки - стационарные, порталные и шарнирные машины, переносные машины. Вспомогательное оборудование для кислородной резки. Баллоны, редукторы, предохранительные затворы - устройство и принцип работы. Ацетиленовые генераторы. Классификация, принципы регулирования выхода ацетилена.

#### **Тема 4 Технология сварки**

Классификация сталей по содержанию углерода и легирующих элементов. Общая характеристика их свариваемости.

Технология сварки низкоуглеродистых сталей. Обеспечение равнопрочности и отсутствия дефектов. Выбор сварочных материалов. Особенности сварки различными способами сварки плавлением.

Технология сварки средне-, высокоуглеродистых сталей. Основные трудности сварки. Технологические приемы предотвращения образования трещин. Особенности сварки различными способами.

Технология сварки низколегированных конструкционных сталей. Выбор сварочных: материалов. Различные технологические примеры сварки. Особенности сварки различными способами. Сварка низколегированных теплоустойчивых сталей. Трудности сварки. Способы предотвращения образования трещин и разупрочнения в околошовной зоне. Сварочные электроды и проволока для сварки теплоустойчивых сталей. Особенности сварки различными способами.

Технология сварки высокопрочных среднелегированных сталей. Предотвращение холодных трещин. Влияние термического цикла сварки на свойства сварного соединения. Порядок разработки технологии сварки. Технологические приемы при сварке, правила и различные варианты выбора сварочных материалов.

Классификация и основные свойства высоколегированных сталей. Влияние основных легирующих элементов на свойства и структуру стали. Определение структуры стали на диаграмме Шеффлера.

Сварка высоколегированных сталей различных структурных классов. Сварка мартенситных и мартенситно-ферритных сталей. Правила выбора предварительного подогрева и сварочных материалов.

Сварка высокохромистых ферритных и аустенитно-ферритных сталей. Борьба с ростом верна и явлениями охрупчивания. Выбор сварочных материалов и параметров сварки.

Технология сварки аустенитных сталей. Предотвращение трещин и обеспечение коррозионной стойкости. Способы управления процессами кристаллизации. Выбор сварочных: материалов и технологических приемов сварки.

Технология сварки чугуна. Свойства и свариваемость чугуна. Предотвращение отбела. Различные способы построения структуры сварного шва. Особенности формирования шва на основе чугуна, стали, никеля, меди. ^\ Сварка чугуна различными способами.

Технология сварки алюминия и сплавов. Трудности сварки. Борьба с оксидной пленкой, пористостью, несплавлением. Основные способы сварки алюминия, оборудование.

Технология сварки титана и сплавов. Свойства и свариваемость титана. Влияние газов на свойства сварного соединения. Особенности сварки сплавов с различными структурами. Способы сварки, свойства сварных соединений.

Технология сварки меди и сплавов. Трудности при сварке. Сварочные материалы и оборудование.

В заключительной лекции освещаются перспективы развития различных способов сварки. Новые направления в конструировании сварочного оборудования и разработке сварочных материалов. Особенности использования сварки плавлением на предприятиях Беларуси.

### **РАЗДЕЛ 3 Технология и оборудование сварки давлением**

#### **Тема 1 Формирование соединений при сварке давлением**

Основные процессы формирования соединений контактной сваркой.

Схемы процессов контактной сварки. Основные источники тепла при сварке на переменном и постоянном токе. Структура поверхности металлов.

Электрическое сопротивление зоны нагрева. Электрическое сопротивление контактов и его влияние на нагрев. Особенности электрических и температурных полей, объемной пластической деформации.

Формирование соединений при контактной точечной сварке.

Циклограммы процессов точечной сварки. Этапы образования соединений. Основные и сопутствующие процессы при образовании соединений. Роль пластических деформаций в образовании соединений. Роль проковки в снижении остаточных напряжений и повышении прочности соединений.

#### **Тема 2 Технология контактной сварки давлением**

Основные параметры режима точечной сварки и их влияние на размеры и прочность соединений. Выбор рациональной конструкции соединений. Общая схема технологического процесса точечной сварки.

Свариваемость различных групп конструкционных металлов с учетом их свойств. Технология контактной стыковой сварки сопротивлением.

Технологические особенности процесса, области применения. Подготовка деталей к сварке. Циклограмма процесса сварки. Основные параметры режима сварки. Особенности технологии сварки проволоки, стержней, звеньев цепи и др.

Технология контактной стыковой сварки оплавлением.

Разновидности способов сварки оплавлением, области их применения. Физика процесса оплавления.

Технология контактной рельефной сварки.

Разновидности рельефной сварки. Технологические особенности процессов.

Циклограммы процессов. Основные параметры режима сварки. Рельефная сварка специальных конструкций.

Технология контактной шовной сварки.

Разновидности способов сварки, циклограммы процессов. Типы соединений. Основные параметры режимов сварки. Особенности формирования соединений. Шовно-стыковая сварка листов и труб.

Технология контактной конденсаторной сварки.

Разновидности конденсаторной сварки. Особенности образования соединений при

точечной, стыковой, шовной, рельефной и ударной конденсаторной сварке. Области применения.

Методика определения основных параметров режима контактной сварки.

Особенности нагрева при контактной сварке. Расчет параметров режима сварки с использованием ЭВМ. Применение теории подобия для расчетного определения основных параметров процессов

Технология дугоконтактной сварки.

Физика процесса сварки. Область применения и преимущества. Циклограмма процесса. Особенности технологии и оборудования

Технология холодной сварки.

Разновидности процессов сварки. Особенности образования соединений. Сварка однородных и разнородных материалов. Основные параметры режима сварки. Область применения.

Технология диффузионной сварки.

Разновидности процессов диффузионной сварки, их технологические особенности. Основные параметры режима сварки.

Особенности технологии диффузионной сварки однородных и разнородных металлов и их сплавов. Области применения.

### **Тема 3 Машины для сварки давлением**

Общая характеристика машин и их классификация. Конструктивные элементы машин. Особенности оборудования для сварки давлением

Эргономика машин. Требования охраны труда при проектировании машин. Стойкость

электродов и электродные материалы.

Электрическая часть машин для сварки давлением.

Назначение электрической части машин. Режим работы, основные энергетические параметры, нагрузочные и внешние характеристики машин.

Электрические силовые цепи основных типов контактных машин. Особенности устройства трансформаторов сварочных машин, регулирование их мощности. Требования ГОСТ 297-80. Экономные режимы работы машин.

Вторичный контур контактных машин. Сварочный контур машин. Электрический расчет вторичного контура машин по заданной конструкции свариваемого изделия и параметрам режима сварки.

Схема расчета силовых трансформаторов сварочных машин. Требования ГОСТ 297-80 при проектировании трансформаторов контактных машин.

Аппаратура управления машин для сварки давлением.

Назначение и структура аппаратуры управления. Включающая и программирующая аппаратура управления общим циклом сварки. Применение ЭВМ в системе управления процессами сварки давлением. Аппаратура, обеспечивающая безопасную эксплуатацию сварочных машин.

Механизация и автоматизация при сварке давлением.

Основные средства механизации и автоматизации вспомогательных операций. Машины-автоматы. Механизированные линии.

Применение робототехнических комплексов. Примеры эффективного применения автоматизированных линий сварки давлением.

### **Литература**

1 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич.- М.: Машиностроение, 1977.- 4320 с.

2 Березиенко, В.П. Основы технологии современных способов сварки давлением: учеб. пособие / В.П. Березиенко. - Могилев: ММИ, 1994.- 98 с.

3 Березиенко, В.П. Совершенствование технологии контактной точечной и рельефной сварки / В.П. Березиенко, В.А. Попковский, С.Ф. Мельников.- Мн.:Выш.школа,1990. - 145 с.

4 Ресурсосберегающие технологии в сварочном производстве: справ. пособие / С.К. Павлюк, В.Г. Лупачев, В.П. Березиенко и др.; Под ред. С.К. Павлюка.- Мн.: Выш. школа.- 1989.- 439 с.

5 Теория сварочных процессов: учебник для вузов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров, В.М. Неровный, Б.Ф. Якушин; под ред. В.М. Неровного. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. - 752 с.

6 Теория сварочных процессов: учеб. для вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства» / Под ред. В.В. Фролова.- М.: Высшая школа, 1988.- 559 с.

7 Технология и оборудование сварки плавлением / Под ред. Г.Д. Никифорова.- М.: Машиностроение, 1986.- 320 с.

8 Технология электрической сварки металлов и сплавов / Под ред. Б.Е.Патона.- М.: Машиностроение, 1978.- 760 с.

9 Технология и оборудование контактной сварки : учебник для машиностроительных вузов / Б.Д. Орлов, А.А. Чакалев, Ю.В. Дмитриев и др.; под общ. ред. Б.Д. Орлова. - М.: Машиностроение, 1988.-352 с.