

Министерство образования Республики Беларусь  
Министерство образования и науки Российской Федерации  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Председатель приемной комиссии  
доктор технических наук, профессор

\_\_\_\_\_ И.С. Сазонов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
по предмету «ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ»**

**Введение**

Понятие о сварке плавлением. История развития сварки. Новейшие достижения науки и техники в области сварки плавлением. Развитие сварки в Республике Беларусь. Создание роботизированных технологических комплексов с использованием микропроцессорной и вычислительной техники. Задачи дисциплины и ее связь с другими дисциплинами учебного плана.

**Классификация способов сварки.**

Понятие сварки как процесса. Общие сведения о сварке плавлением, сварке давлением. Классификация сварки металлов согласно ГОСТ 19521-74 по физическим, техническим и технологическим признакам.

**Сущность основных видов и способов сварки плавлением.**

Характеристика основных видов сварки плавлением: ручной дуговой сварки, дуговой сварки под флюсом, дуговой сварки в защитных газах, плазменной сварки, электрошлаковой сварки, электронно-лучевой сварки, сварки под водой, сварки в космосе. Специальные методы сварки плавлением: приварка шпилек к листу, сварки в узкий зазор, высокочастотная сварка плавлением. Технологические особенности проведения различных видов сварки, их назначение, область применения. Перспективы развития основных видов сварки плавлением.

**Классификация сварных швов.**

Определение основных понятий, характеризующих элементы сварного соединения и шва. Классификация сварных швов. Стыковые и угловые сварные швы. Основные размеры и характеристики.

**Классификация и обозначение сварных соединений.**

Классификация и обозначение сварных соединений. Типы сварных соединений - стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные. Подготовка кромок для различных типов сварных соединений. Обозначение сварных соединений на чертежах (ГОСТ 2.312-72, СТБ 1016-96). Основные стандарты на сварные соединения. Методика определения расхода сварочных материалов для различных типов швов и способов сварки.

**Сварочная дуга и сущность процессов, протекающих в ней.**

Сварочная дуга: основные термины и определения. Физические основы образования электрического разряда в газах. Характеристика частиц-носителей зарядов. Потенциал ионизации. Виды эмиссии электронов при сварке, их характеристика и особенности. Ионизация дугового промежутка в процессе сварки.

**Процессы, протекающие на отдельных участках сварочной дуги.**

Основные способы зажигания сварочной дуги, их достоинства и недостатки. Процессы, происходящие в момент зажигания дуги. Процессы в различных областях сварочной дуги. Температура анода, катода и столба дуги.

**Технологические особенности и условия устойчивого горения сварочной дуги.**

Статическая вольтамперная характеристика и ее влияние на условия горения дуги.

Влияние рода, полярности тока на дугу. Непрерывно горящая, пульсирующая, вращающаяся и импульсная дуга, характеристика и особенности каждого вида. Влияние состава газов, материалов электродных покрытий и флюсов на условия горения дуги.

#### **Действие магнитных полей и ферромагнитных масс на сварочную дугу.**

Причины возникновения магнитного дутья. Влияние собственного и постороннего магнитного поля на дугу. Действия ферромагнитных масс на дугу и меры по уменьшению магнитного дутья. Перенос металла через дугу. Виды переноса электродного металла: короткими замыканиями, крупнокапельный, мелкокапельный, струйный. Влияние ферромагнитных масс на перенос.

#### **Тепловые процессы, протекающие при сварке плавлением.**

Электрическая тепловая и эффективная тепловая мощность процесса сварки плавлением. Понятие о коэффициенте полезного действия сварочной дуги. Тепловой баланс процесса сварки. Нагрев электродов и электродной проволоки сварочной дугой, шлаковой ванной и током. Производительность процесса сварки плавлением. Основные показатели процесса: коэффициенты плавления, наплавки и потери металла. Погонная энергия сварки, ее значение и методика определения. Теория распространения тепла в металле при сварке. Длина сварочной ванны при дуговой сварке и время ее существования.

#### **Особенности металлургических процессов при сварке.**

Характерные особенности металлургии сварки. Окисление металла шва при сварке. Влияние кислорода, азота и водорода на свойства металла шва и качество сварного соединения. Мероприятия по защите сварного шва от попадания кислорода, азота, водорода.

#### **Металлургические процессы при сварке покрытыми электродами.**

Состав и свойства сварочных шлаков. Раскисление металла при ручной сварке. Влияние химического состава покрытия на характер процессов при сварке электродами с различными типами покрытий. Рафинирование металла шва.

#### **Металлургические процессы при механизированных способах сварки.**

Основные физико-химические процессы при сварке под кислыми и основными флюсами. Особенности прохождения металлургических процессов в инертных газах, активных газах и их смесях.

#### **Плавление и кристаллизация металла шва. Микроструктура шва и зоны термического влияния.**

Плавление, характер кристаллизации металла шва. Рост кристаллитов при охлаждении в процессе дуговой и электрошлаковой сварки. Ликвация в металле шва. Микроструктура зоны термического влияния (ЗТВ). Вторичная кристаллизация, образование фаз. Характеристика, свойства и протяженность различных участков ЗТВ. Влияние погонной энергии на структуру и свойства сварного соединения. Доля участия основного металла в металле шва при различных способах сварки.

#### **Трещины, поры и коррозия сварных соединений.**

Горячие трещины и причины их возникновения. Методика определения склонности металла шва к образованию горячих трещин, меры предупреждения их образования. Холодные трещины, причины их возникновения, меры предупреждения их образования. Поры в сварных швах, причины их возникновения и меры предупреждения их образования. Меры повышения общей коррозионной стойкости шва. Межкристаллитная коррозия, сущность, причины возникновения и способы предотвращения.

#### **Сварочная проволока и неплавящиеся электродные стержни.**

Сварочная и наплавочная проволока сплошного сечения (ГОСТ 2246-70, ГОСТ 10543-82): марки, обозначения, области применения. Порошковая проволока (ГОСТ 26101-84, ГОСТ 26271-84): типы (для сварки в  $\text{CO}_2$ , самозащитная), область применения. Активизированная проволока: особенности конструкций, назначение, достоинства и недостатки. Сварочная проволока из цветных металлов и их сплавов (ГОСТ 7871-75, ГОСТ 16130-90). Неплавящиеся электроды, их характеристика и маркировка.

#### **Металлические плавящиеся электроды для ручной дуговой сварки и наплавки сталей.**

Требования, предъявляемые к электродам для дуговой сварки и наплавки (ГОСТ 9466-

75, ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75, ГОСТ 10052-75). Классификация и маркировка покрытых электродов. Электроды для сварки конструкционных сталей, их характеристика и область применения. Электроды для сварки чугуна, их характеристика и область применения. Электроды для сварки высоколегированной стали, их характеристика и область применения. Электроды для сварки сплавов меди, алюминия, их характеристика и область применения.

#### **Технология изготовления покрытых электродов.**

Технологические схемы изготовления толстопокрытых электродов. Основные операции по подготовке стержней, шихты электродных покрытий и жидкого стекла, их назначение и содержание. Приготовление обмазочной массы, нанесение покрытий и сушка электродов. Контроль качества электродов. Изучение компонентов электродных покрытий и определение устойчивости горения дуги для разных электродов. Механизация и автоматизация изготовления покрытых электродов. Безопасность труда и пожарная безопасность при изготовлении электродов.

#### **Сварочные флюсы.**

Классификация сварочных флюсов и требования к ним (ГОСТ 9087-81Е). Характеристика и область применения флюсов. Технология производства плавящихся и неплавящихся флюсов. Контроль качества флюсов.

#### **Защитные газы.**

Свойства газов, применяемых при сварке плавлением. Классификация газов по их окисляющей способности. ГОСТ 8050-85 на газы при сварке плавлением. Способы получения газов, их транспортировка и хранение. Снабжение газом постов сварки и плазменной резки. Безопасность труда и пожарная безопасность при транспортировке, хранении и применении газов для дуговой и плазменной сварки и резки. Охрана окружающей среды при работе с газами.

#### **Классификация, причины возникновения сварочных напряжений и деформаций.**

Определение и классификация сварочных напряжений, возникающих при различных видах сварки плавлением. Температурные и структурные напряжения. Напряжения и деформации массивных стержней при различной степени закрепления деталей. Температура нагрева жестко закрепленного элемента, при которой напряжения в нем будут равны пределу текучести. Напряжения и деформации при неравномерном нагреве. Расчет сварочных деформаций.

#### **Деформация и напряжения при сварке стыковых и угловых соединений.**

Деформация и напряжения при сварке стыковых и угловых соединений, особенности их возникновения. Угловые деформации при сварке. Деформации при сварке листовых и профильных конструкций.

#### **Меры борьбы со сварочными деформациями и напряжениями.**

Методы предотвращения или уменьшения остаточных деформаций: рациональное заполнение швов по длине и сечению, жесткое закрепление, обратный выгиб, искусственное охлаждение, предварительный подогрев. Методы снятия внутренних напряжений. Способы исправления изделий, деформированных сваркой, их сущность, достоинства и недостатки.

#### **Технология ручной сварки металлическими электродами.**

Особенности ручной сварки в различных пространственных положениях. Способы выполнения сварных швов. Параметры режима ручной сварки, их расчет (ГОСТ 5264-80). Выбор рациональной подготовки кромок, направленный на сбережение энергоресурсов. Высокопроизводительные способы ручной дуговой сварки. Пути дальнейшего повышения производительности труда.

#### **Теоретические основы сварки под флюсом.**

Факторы, обеспечивающие технологические и экономические преимущества сварки под флюсом. Коэффициенты формы шва. Расчет и выбор режимов сварки под флюсом стыковых и угловых швов (ГОСТ 8713-79). Определение режимов сварки по номограммам. Расчет химического состава наплавленного металла.

#### **Особенности технологии различных способов выполнения сварных соединений под флюсом.**

Автоматическая сварка стыковых односторонних и двухсторонних швов, ее основные особенности, назначение и область применения. Методы предупреждения протекания жидкого металла

и шлака в зазоры шва. Автоматическая сварка под флюсом угловых швов. Многодуговая сварка под флюсом, ее основные особенности, назначение и область применения. Сварка под флюсом с применением дополнительного присадочного материала. Применение новых технологий сварки под флюсом, направленных на энергосбережение ресурсов.

#### **Технологии электрошлаковой сварки.**

Технологические особенности, назначение и область применения электрошлаковой сварки. Требования к материалам, применяемым при электрошлаковой сварке. Типы сварных соединений, подготовка кромок и сборка под сварку. Технология электрошлаковой сварки продольных и кольцевых швов. Параметры режима электрошлаковой сварки, их влияние на форму и размеры шва. Методика расчета параметров режима электрошлаковой сварки. Пути повышения производительности труда при электрошлаковой сварке.

#### **Технология сварки в защитных газах.**

Оборудование рабочего места для сварки в защитных газах. Классификация способов сварки в защитных газах (TIG — дуговая сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов; MIG — дуговая сварка плавящимся электродом в среде инертных газов; MAG — дуговая сварка плавящимся электродом в среде активных газов). Особенности технологии сварки в различных газах и смесях. Сварка плавящимся электродом непрерывно горящей, пульсирующей, импульсной и синхронизированной дугой: назначение, технология, достоинства и недостатки сварки швов в различных пространственных положениях. Особенности сварки поворотных и неповоротных стыков. Шагоимпульсная сварка, ее особенности и назначение. Сварка дугой, вращающейся в магнитном поле, ее особенности и назначение. Сварка с применением активирующих флюсов, особенности и назначение. Сварка в углекислом газе с принудительным формированием. Импульсно-дуговая сварка с использованием инверторных источников питания, управляемых микропроцессорными средствами. Сущность, назначение, область применения. Достоинства и недостатки каждого вида сварки. Параметры режима сварки в защитных газах, их расчет и выбор (ГОСТ 14771-78). Выбор оптимального состава смесей для отдельных свариваемых материалов, направленный на энергосбережение ресурсов.

#### **Плазменная, электронно-лучевая, лазерная сварка, сварка в космосе.**

Способы получения плазменной струи для сварки. Параметры режима. Сущность и технология, назначение и область применения. Электронно-лучевая сварка, ее назначение и область применения. Параметры режима, сущность и технология электронно-лучевой сварки. Область применения и технологические особенности лазерной сварки. Перспективы развития процессов сварки, применение роботов. Способы сварки, опробованные в космосе. Трудности сварки в космосе.

#### **Технология сварки низко- и среднелегированных сталей.**

Характеристика легированных сталей по свариваемости в зависимости от степени легирования. Эквивалент углерода. Особенности сварки различных групп сталей. Сварка сталей: конструкционных среднелегированных, высокопрочных, среднеуглеродистых, глубокозакаливающихся. Технологические особенности различных способов сварки, достоинства и недостатки.

#### **Технология сварки высоколегированных сталей и сплавов.**

Металлургические особенности сварки высоколегированных сталей и сплавов. Горячие и холодные трещины при сварке высоколегированных сталей и сплавов. Технология сварки хромистых сталей, ее основные этапы. Технология сварки хромоникелевых аустенитных сталей. Сварка высокомарганцовистых сталей. Особенности ручной и автоматизированной сварки высоколегированных сталей, преимущества автоматизированной сварки.

#### **Технология сварки разнородных и двухслойных сталей.**

Диффузионные процессы в соединениях из разнородных сталей и их вероятные последствия. Технологические варианты получения сварных соединений из разнородных сталей, их сущность и назначение. Технологические особенности сварки двухслойных сталей. Технология сварки типовых соединений двухслойных сталей.

#### **Сварка алюминия, его сплавов и сплавов на магниевой основе.**

Характеристика алюминиевых сплавов по свариваемости. Факторы, затрудняющие сварку алюминия. Характеристика основных способов сварки алюминиевых сплавов. Техно-

логия сварки алюминиевых сплавов различными способами. Автоматическая сварка алюминия, ее преимущества. Перспективные виды сварки алюминия. Особенности сварки сплавов на магниевой основе.

#### **Сварка титана и его сплавов.**

Взаимодействие титана с кислородом, азотом, углеродом и водородом. Факторы, затрудняющие сварку титановых сплавов. Защитные камеры и другие устройства, применяемые для сварки титана. Технология сварки титановых сплавов различными способами, их сущность, назначение и область применения. Автоматическая сварка титана, ее преимущества.

#### **Сварка меди, никеля и их сплавов.**

Свойства меди, затрудняющие ее сварку. Технология сварки меди и ее сплавов различными способами, их сущность, назначение и область применения. Сварка латуней и бронз. Особенности технологии сварки никеля и его сплавов.

#### **Наплавка твердых сплавов.**

Классификация и характеристика способов наплавки. Однослойная и многослойная наплавка, ее сущность и назначение. Наплавка порошковой проволокой и лентой. Механизированные способы наплавки и их преимущества. Автоматическая наплавка под флюсом и в среде защитных газов. Способы легирования наплавленного слоя. Наплавка порошкообразными, литыми и электродными твердыми сплавами.

#### **Сварка чугуна.**

Структурные превращения при сварке чугуна и особенности его сварки. Характеристика основных способов электрической сварки чугуна, их особенности, назначение и область применения. Технология сварки чугуна различными способами.

#### **Дуговая и воздушно-дуговая резка металлов.**

Сущность и разновидности дуговой резки металлов, ее назначение и область применения. Режим резки. Технология разделительной дуговой резки и поверхностной строжки. Плазменная резка: назначение, область применения. Лазерная резка: назначение, область применения. Автоматизация процессов резки. Пути повышения производительности при дуговой и воздушно-дуговой резке металлов.

#### **Дуговая и подводная резка металлов.**

Горение дуги под водой. Сущность и особенности сварки и резки под водой, ее назначение и область применения. Электроды, их покрытия. Технология процессов подводной сварки. Режимы сварки. Технология подводной резки. Режимы резки. Автоматизация режимов резки и сварки под водой.

### **Литература**

- 1 Верховенко, Л.В. Справочник сварщика / Л.В.Верховенко, А.К.Тукин.- Мн.: Выш. шк., 1990.- 479 с.
- 2 Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением / С.И. Думов.- М.: Машиностроение, 1987.-458 с.
- 3 Каракозов, Э.С, Мустафаев Р.И. Справочник молодого электросварщика / Э.С.Каракозов, Р.И.- М.: Выш. шк., 1992.-304 с.
- 4 Куликов, В.П. Технология и оборудование сварки плавлением /. - М.: ММИ, 1998.-256 с.
- 5 Куликов, В. П. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учеб. пособие / В.П.Куликов.- Минск: Экоперспектива, 2003.- 415 с.
- 6 Лупачев, В.Г. Дуговая сварка в вопросах и ответах: учеб. пособие / В.Г.Лупачёв.- Мн.: Дизайн-ПРО, 1999.- 240 с.
- 7 Лупачев, В.Г. Ручная дуговая сварка: учебник / В.Г.Лупачёв.- Мн.: Выш. шк., 2007.- 416 с
- 8 Лупачев, В.Г. Сварочные работы: учеб. пособие / В.Г.Лупачёв.- Мн.: Выш. шк., 1997. - 320 с.
- 9 Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г.Потапьевский. - М.: Машиностроение, 1974. - 238 с.

10 Степанов В.В. Справочник сварщика / В.В.Степанов.- М.: Машиностроение, 1983. - 559 с.

11 Технология электрической сварки металлов и сплавов давлением / Под. ред. Б.Е.Патона.- М.: Машиностроение, 1974. - 756 с.

12 Юрьев В.П. Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники. - М.: Машиностроение, 1972.- 150 с.

### **Стандарты**

ГОСТ 10051-75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. Типы.

ГОСТ 10052-75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Типы.

ГОСТ 10157-79. Аргон газообразный и жидкий. Технические условия.

ГОСТ 10543-82. Проволока стальная наплавочная. Технические условия.

ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

ГОСТ 16130-90. Проволока и прутки из меди и сплавов на медной основе сварочные. Технические условия.

ГОСТ 2.312-72. ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.

ГОСТ 20461-75. Гелий газообразный. Метод определения объемной доли примесей эмиссионным спектральным анализом.

ГОСТ 22366-93. Лента электродная наплавочная спеченная на основе железа. Технические условия.

ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная. Технические условия.

ГОСТ 23949-80. Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия.

ГОСТ 26101-84. Проволока порошковая наплавочная. Технические условия.

ГОСТ 26271-84. Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей. Общие технические условия.

ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

ГОСТ 7871-75. Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия.

ГОСТ 8050-85. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.

ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

ГОСТ 9087-81Е. Флюсы сварочные плавленые. Технические условия.

ГОСТ 9466-75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия.

ГОСТ 9467-75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы.

СТБ 1016-96. Соединения сварные. Общие технические условия.

Председатель предметной комиссии  
доктор технических наук, профессор

В.П. Куликов