

## **1. Пояснительная записка**

1.1. Целью программы подготовки аспирантов, научная специальность: 2.5.8. «Сварка, родственные процессы и технологии» является повышение профессионального уровня специалистов в соответствующей области за счет углубленной фундаментальной и профессиональной подготовки, а также формирование и компетенций в области научно-исследовательской деятельности и развитие навыков профессиональной коммуникации.

1.2. Программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями.

1.3. Программа содержит перечень модулей и тем для вступительных испытаний по дисциплинам «Технология сварки плавлением», «Источники питания для сварки», «Теория сварочных процессов», а также списка рекомендуемой для подготовки к испытаниям литературы, описание формы вступительных испытаний и критериев оценки.

1.4. Вступительные испытания предназначены для определения теоретической подготовленности абитуриента, поступающего в аспирантуру по соответствующей научной специальности.

1.5. Поступающий должен знать:

- номенклатуру современных основных и вспомогательных сварочных материалов, оборудования и оснастки;
- типовые технологические процессы сварки и принципы составления карт технологического процесса сварки и наплавки изделий;
- способы, устройства и режимы сварки для производства сварных конструкций;
- работу энергетической системы «источник питания - дуга» при возмущениях по току, длине дуги и напряжению;
- основные методики, необходимые для определения эксплуатационных свойств источников питания для сварки;
- функциональные схемы источников питания;
- правила эксплуатации ИП для сварки;
- область применения математических и физических законов из естественнонаучных дисциплин для сварочных процессов;
- основные виды энергии, применяемой для получения небражьемных соединений;
- основные положения теории технологической прочности сварных соединений
- физические и химические процессы, протекающие в сварочной ванне;
- термические и термомодеформационные процессы в сварном соединении.

## **2. Порядок проведения вступительного испытания**

2.1. Вступительное испытание (экзамен) проводится в устной форме по билетам

2.2. Билет включает в себя 3 вопроса, по одному из каждой профильной дисциплины

2.3. Вопросы соответствуют содержанию вступительного испытания.

### 3. Содержание вступительного испытания

#### 3.1. Разделы и темы по дисциплине «Технология сварки плавлением»

Раздел, модуль	Подраздел, тема
Модуль 1. История развития сварочной техники. Сварочные материалы	Введение
	Тема 1.1. История развития и классификация способов сварки плавлением
	Тема 1.2. Сварочные материалы для производства сварных конструкций
Модуль 2. Способы электродуговой и электрошлаковой сварки материалов	Тема 2.1. Ручная дуговая сварка и наплавка.
	Тема 2.2. Автоматическая и механизированная сварка, и наплавка под слоем флюса.
	Тема 2.3. Сварка в защитных газах.
	Тема 2.4. Электрошлаковая сварка
Модуль 3. Газопламенные методы обработки металлов	Тема 3.1. Газокислородная сварка стали
	Тема 3.2. Кислородная разделительная резка металлов
	Тема 3.3. Кислородно-флюсовая резка
Модуль 4. Технология и оборудование для сварки конструкционных материалов.	Тема 4.1. Технология сварки углеродистой стали
	Тема 4.2. Основные затруднения при сварке стали различного класса легирования
	Тема 4.3. Ремонтная сварка и наплавка чугуна
	Тема 4.4. Сварка и наплавка сплавов на основе алюминия и магния
	Тема 4.5. Сварка цветных металлов и сплавов

#### 3.1.1 Вопросы по дисциплине «Технология сварки плавлением»

№	Вопросы
1	Основные способы сварки металлов. Классификация способов сварки плавлением.
2	Флюсы для сварки. Классификация флюсов. Неплавящиеся электроды. Маркировка, назначение. Защитные газы для сварки
3	Техника ручной дуговой сварки стальных конструкций. Высокопроизводительные способы ручной сварки.
4	Стальные цельнометаллические и порошковые сварочные проволоки. Маркировка, назначение. Качественные электроды. Структура условного обозначения электродов
5	Особенности технологии сварки конструкций из среднеуглеродистой и малоуглеродистой жаропрочной стали
6	Особенности сварки высоколегированной стали. Основные затруднения. Диаграмма Шеффлера
7	Сущность, преимущества, разновидности автоматической сварки под флюсом. Техника автоматической сварки под слоем флюса односторонних швов.
8	Особенности сварки титановых сплавов. Сварка латуни. Сварка бронзы.
9	Техника и технология газовой сварки и резки металлов.

10	Ремонтная сварка и наплавка изделий из магниевых сплавов.
11	Обеспечение коррозионной стойкости металла сварного соединения при сварке, высоколегированной стали.
12	Электродуговая сварка в защитных газах. Преимущества и недостатки способов.
13	Электрошлаковая сварка. Сущность способа, преимущества и недостатки.
14	Особенности сварки чугуна. Затруднения при сварке. Способы «горячей» и «холодной» сварки чугунных изделий
15	Сварка трехфазной дугой неплавящимися электродами в среде аргона. Сущность способа, назначение. Преимущества и недостатки.
16	Сварка плавлением магниевых сплавов. Основные затруднения.
17	Методы сварки и наплавки изделий из алюминиевых сплавов. Основные затруднения при сварке
18	Параметры режима электродуговой сварки. Основные и дополнительные параметры. Влияние параметров режима электродуговой сварки на форму и размеры шва.

### 3.2. Разделы и темы по дисциплине «Источники питания для сварки»

Раздел, модуль	Подраздел, тема
Модуль 1. Свойства дуги и устойчивость системы «источник - дуга»	Введение Тема 1. 1. Свойства дуги Тема 1. 2. Статическая устойчивость системы «источник - дуга» при возмущениях
Модуль 2. Источники питания переменного тока для сварки: сварочные трансформаторы и установки	Тема 2.1. Основы теории сварочных трансформаторов
	Тема 2..2. Основные типы сварочных трансформаторов
	Тема 2..3. Установки для сварки алюминиевых сплавов
Модуль 3. Источники питания постоянного тока: сварочные выпрямители, генераторы	Тема 3..1. Основы теории св выпрямителей однопостовых и многопостовых
	Тема 3.2. Основные типы сварочных выпрямителей
	Тема 3.3. Основы теории сварочных генераторов однопостовых и многопостовых
	Тема 3.4. Современные конструкции сварочных генераторов
Модуль 4. Инверторы в сварочной технике	Тема 4.1. Инверторы для сварки на постоянном токе
	Тема 4.2. Техника безопасности и правила эксплуатации источников питания для сварки

### 3.2.1 Вопросы по дисциплине «Источники питания для сварки»

№	Вопросы
1	Условия устойчивости системы «источник питания - дуга» при возмущении по длине дуги, по напряжению и по току
2	Сварочный трансформатор с увеличенными потоками рассеяния (с подвижными обмотками). Конструкция. Уравнение внешней вольтамперной характеристики сварочного трансформатора. Режимы работы трансформатора
3	Сварочный трансформатор с увеличенными потоками рассеяния (с магнитными и электромагнитными шунтами). Конструкция. Уравнение внешней вольтамперной характеристики сварочного трансформатора
4	Способы формирования внешних вольтамперных характеристик. Статические вольтамперные характеристики дуг при сварке плавящимся и неплавящимся электродом
5	Сварочные выпрямители с жесткими и падающими внешними вольтамперными характеристиками. Основные уравнения. Режимы работы.
6	Универсальные сварочные выпрямители. Упрощенная схема замещения сварочного выпрямителя. Основные уравнения. Режимы работы.
7	Функциональная схема сварочного выпрямителя с жесткими и падающими внешними вольтамперными характеристиками.
8	Роль дросселя в цепи постоянного тока сварочного выпрямителя. Условия выбора сечения сварочного кабеля
9	Способы начального возбуждения сварочной дуги.
10	Сварочный генератор с жесткой и падающей внешней вольтамперной характеристикой. Основные уравнения. Схема генератора.
11	Инверторы постоянного тока. Функциональная схема. Принцип работы.
12	Определение к.п.д. источника питания переменного тока, коэффициента трансформации сварочного трансформатора, кратность регулирования тока.
13	Определение коэффициента пульсации сварочного выпрямителя. Влияние пульсации сварочного тока на процесс формирования шва.
14	Особенность источников питания для сварки алюминиевых сплавов. Источники питания для сварки 3-х фазной дугой неплавящимся электродом. Основные уравнения. Схема.
15	Особенность источников питания для сварки сжатой дугой на постоянном и переменном токе. Схемы.
16	Безопасная эксплуатация источников питания сварочной дуги.
17	Организация сварочного поста для РДС. Для каких сплавов рекомендуется использовать дугу постоянного тока?
18	Источники питания для сварки импульсной дугой неплавящимся электродом. Основные уравнения. Схема.

### 3.3. Разделы и темы по дисциплине «Теория сварочных процессов»

Раздел, модуль	Подраздел, тема
1. Введение	1.1. Место теории и практики в изучении сварочных процессов
2. Физические основы и классификация процессов сварки	2.1. Монолитность соединения.
	2.2. Введение и преобразование энергии в зоне сварки. 2.2. Введение и преобразование вещества в зоне сварки.
3. Источники энергии при сварке	3.1. Виды энергии, преобразуемой при сварке в тепловую.
	3.2. Оценка энергетической эффективности при сварке.
	3.3. Физико-химические процессы в дуговом разряде.
	3.4. Разновидности дуговых разрядов, применяемых в сварочной технике.
	3.5. Строение сварочной дуги и ее технологические свойства.
4. Тепловые процессы при сварке	4.1. Основные понятия и законы в тепловых расчетах в сварке.
	4.2. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
	4.3. Тепловые процессы при нагреве тел источниками теплоты.
	4.4. Применение ЭВМ для расчета температурных полей и экспериментальное определение температур при сварке.
	4.5. Нагрев и плавление металла при сварке.
5. Физико-химические процессы при сварке	5.1. Термодинамические, электрохимические и кинетические основы металлургических процессов сварки.
6. Металлургические процессы при сварке	6.1. Особенности протекания металлургических процессов при различных видах сварки.
	6.2. Взаимодействие металлов с газами.
	6.3. Взаимодействие металлов и шлаков при сварке.
7. Процессы кристаллизации при сварке	7.1. Плавление и затвердевание металла при сварке.
	7.2. Сварочная ванна, ее образование, основные характеристики.
	7.3. Особенности затвердевания металла шва.
	7.4. Формирование первичной структуры металла шва.
	7.5. Влияние первичной структуры на механические свойства металла шва.
8. Образование вторичной структуры и ее влияние на свойства металла сварных соединений.	8.1. Неоднородность сварного соединения.
9. Технологическая прочность сварных соединений	9.1. Термдеформационные процессы при сварке.
	9.2. Природа образования горячих трещин при сварке.
	9.3. Холодные трещины в сварных соединениях.
	9.4. Ламелярные трещины и трещины повторного нагрева.
	9.5. Явления охрупчивания и хрупкое разрушение металла сварных соединений.
10. Свариваемость	10.1. Факторы определяющие свариваемость.
	10.2. Методы оценки свариваемости.
11. Заключение	Общие принципы выбора способа сварки, сварочных материалов для изготовления сварных конструкций.

### 3.3.1 Вопросы по дисциплине «Теория сварочных процессов»

№	Вопросы
1	В чем состоит физическая сущность сварки? Как классифицировать способы сварки по видам энергии активации и агрегатному состоянию вещества?
2	Что такое электрическая дуга и как её применить для сварки? Как определить эффективную мощность сварочной дуги? Какие источники тепла используют при сварке плавлением?
3	Какие способы сварки основаны на использовании механической энергии? В чем состоит сущность сварки в твердом и жидком состояниях с использованием механической и тепловой энергии?
4	Какие методы расчета температур при сварке применяют? Что понимают под краевыми и граничными условиями в теплофизических расчетах при сварке?
5	В чем состоит значение процессов теплопроводности, конвекции и излучения при сварке? Из каких трех стадий состоит процесс распространения тепла при сварке?
6	Как схематизируются источники тепла и нагреваемые тела при расчете температур при сварке?
7	Как охарактеризовать понятия: термический цикл, изотерма, градиент температур, температурное поле, квазистационарное температурное поле? В чем состоит разница между движущимся и быстродвижущимся источником тепла?
8	Как зависит температурное поле от параметров режима сварки и теплофизических свойств свариваемого материала? Что представляет собой сварочная ванна и факторы, от которых зависят её размеры и форма?
9	Из каких этапов состоит затвердевание металла в сварочной ванне? Как образуются центры кристаллизации в сварочной ванне? Как Вы представляете механизм роста первичных кристаллитов и факторы его обуславливающие?
10	Что такое кристаллизационные слои в металле шва и причины их образования? Что представляет собой зона термического влияния и чем она может отличаться при сварке различных металлов ?
11	В чем состоит механизм образования горячих трещин при сварке? Как объяснить влияние формы и размеров сварочной ванны, направленности первичных кристаллитов на склонность металла шва к образованию горячих трещин?
12	Что такое холодные трещины при сварке? Какие причины вызывают образование холодных трещин при сварке? Какими путями можно уменьшить склонность сварных соединений к образованию холодных трещин?
13	Что такое свариваемость металла? В чем разница между свариваемостью и технологической прочностью? Какими методами оценивают свариваемость?
14	В чем особенности протекания химических реакций при сварке? Какие основные химико-физические процессы оказывают влияние на качество сварных соединений?
15	Какие основные реакционные зоны можно выделить при дуговой сварке плавящимся электродом? Как происходит окисление и диссоциация окислов при сварке?
16	Какие причины вызывают возникновение пор при сварке? Как бороться с пористостью при сварке?
17	Что представляют собой сварочные флюсы и шлаки? Как протекает процесс раскисления при сварке сталей? Как очистить металл шва от серы в ходе сварки?
18	В чем состоит модифицирование металла шва при сварке? Что такое легирование при сварке и с какой целью его проводят? Как осуществить легирование ме-

талла шва посредством обменных реакций?
-----------------------------------------

#### 4. Критерии и нормы оценки

4.1. Вступительное испытание оценивается по **5-балльной шкале**.

4.2. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительных испытаний при приеме – **3**.

В конце экзамена комиссия подводит итоги, и выставляется итоговая оценка каждому поступающему в соответствии с критериями и нормами оценки.

Форма проведения экзамена	Критерии и нормы оценки	
Устно	«отлично»	Правильный и полный ответ на три вопроса билета в соответствии с программой дисциплины.
Устно	«хорошо»	Правильные, но не полные ответы на три вопроса билета в соответствии с программой дисциплины.
Устно	«удовлетворительно»	Правильный ответ на два из трех вопросов билета.
Устно	«неудовлетворительно»	Ответ не представлен не по одному вопросу билета.

#### 5. Рекомендуемая литература

1. Ельцов В.В. Технология сварки плавлением. [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. В. Ельцов; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти: ТГУ – 2019 – 195 с.
2. Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. В. Ельцов; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". Тольятти: ТГУ, 2015. - 335 с.: ил. - Библиогр.: с. 321-323.
3. Ельцов В.В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов. [Текст]; учеб. пособие/В.В. Ельцов. –Тольятти: ТГУ – 2012 – 176 с.
4. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич, – М.: Машиностроение - 2003 – 476 с.
5. Теория сварочных процессов: Учеб. для спец. «Оборудование и технология свароч. пр-ва»/ В.Н.Волченко [и др.]; под ред. В.В.Фролова. - М.: Высшая шк.; 1988. - 559с.: ил.- Библиогр.: с. 550 – 551. Пред. указ.: с. 552-556.:21.791. т.338
6. Ковтунов А. И. Аргодуговая наплавка сплавами на основе системы железо-алюминий: монография / А. И. Ковтунов; ТГУ; Ин-т машиностроения

ния; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2014. - 139 с.: ил. - Библиогр.: с. 130-137. - ISBN 978-5-8259-0810-6.

7. Сидоров В.П. Математическое моделирование энергетических процессов сварки: лаб. практикум / В. П. Сидоров; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2014. - 193 с.: ил. - Библиогр.: с. 175-177. - Прил.: с. 178-188.

8. Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением [Электронный ресурс]: учеб. пособие / под ред. Г. Г. Чернышова и Д. М. Шашина. - Санкт-Петербург: Лань, 2013. - 464 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1342-3.

9. Семистенов Д. А Микропроцессорное управление сварочными системами: учеб. пособие / Д. А. Семистенов; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы». - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2013.

10. Милютин, В. С. Источники питания для сварки: учеб. для вузов / В. С. Милютин, М. П. Шалимов, С. М. Шанчуров.- Гриф УМО – М. : АЙРИС-ПРЕСС, 2007. - 379с.: ил.- (Высшее образование).- Библиогр.: с.378-379. - ISBN978-5-8112-2741-9.

11. Короткова, Г.М. Сварочные трансформаторы: лабораторный практикум / Г. М. Короткова, К. В. Моторин; науч. ред. Д.А. Семистенов. - Тольятти: ФГБОУ «Тольяттинский государственный университет», 2018. - 1оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1199-1