

Автономная некоммерческая организация высшего образования
«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



**Рабочая программа дисциплины
«ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ»**

Направление подготовки: **15.03.01 -Машиностроение**

Профиль подготовки: **15.03.01.01 -Оборудование и технология сварочного производства**

Квалификация (степень): **бакалавр**

Форма обучения: **заочная**

Санкт-Петербург
2016

Рабочая программа дисциплины «Теория сварочных процессов» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 15.03.01 Машиностроение.

Основным документом для разработки рабочей программы является рабочий учебный план направления 15.03.01 Машиностроение. Профиль подготовки «Оборудование и технология сварочного производства»

Учебные и методические материалы по учебной дисциплине размещены в электронной информационно-образовательной среде университета.

Разработчики:

С.А. Ермолин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Машиностроение»,
Л.В. Боброва, канд. техн. наук, зав. кафедрой математических и естественнонаучных дисциплин

Рецензент:

С.А. Тарасов, канд. тех. наук, доцент, зав. кафедрой машиностроения

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры машиностроения от «07» сентября 2016 года, протокол № 1.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ | 4 |
| 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ | 5 |
| 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ | 6 |
| 4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ | 7 |
| 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ | 11 |
| 5.1. Темы контрольной работы | 11 |
| 5.2. Темы курсовой работы | 12 |
| 5.3. Перечень методических рекомендаций | 13 |
| 5.4. Перечень вопросов для подготовки к зачету | 13 |
| 5.5. Перечень вопросов для подготовки к экзамену | 15 |
| 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ | 16 |
| 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ | 16 |
| 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 17 |
| 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ | 17 |
| 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ | 18 |
| 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ | 18 |
| 12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ..... | 19 |
| Приложение | 21 |

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Цель изучения дисциплины

- изучение широкого круга вопросов, относящихся к теории процессов, происходящих при сварке, обобщение их в стройную систему теоретических знаний, базирующихся на последних достижениях сварочной науки и производства, привитие студентам навыков качественного и количественного анализа изучаемых процессов.

1.2. Задачи дисциплины

- создание теоретической базы для изучения:
- физических явлений в дуговом разряде;
- тепловых процессов при сварке;
- металлургических процессов в сварочной ванне;
- превращений в металлах и сплавах в термометформационном цикле
- сварки.

1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Общепрофессиональные (ОПК)

| <i>Код компетенции</i> | <i>Наименование и (или) описание компетенции</i> |
|------------------------|---|
| ОПК-1 | умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |
| ОПК-5 | способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности |

Профессиональные (ПК)

| <i>Код компетенции</i> | <i>Наименование и (или) описание компетенции</i> |
|------------------------|---|
| ПК-1 | способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки |
| ПК-3 | способностью принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения |

1.4. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- физические явления, используемые в источниках сварочного нагрева;
- особенности тепловых процессов при сварке;
- физико-химические и металлургические процессы в цикле сварки;
- характер изменения структуры и свойств металла под влиянием термомодеформационных циклов сварки;
- характеристики технологической прочности сварных соединений.

Уметь:

- использовать полученные знания при выборе и расчетах для определения рациональных технических решений по изготовлению сварных конструкций;
- производить выбор сварочного оборудования и материалов с учетом требуемой производительности, свойств материалов и условий эксплуатации.

Владеть:

- навыками анализа свариваемости разных металлов друг с другом с использованием диаграмм состояния;
- навыками выбора способа и режимов сварки пластмасс.

Иметь представление:

о физико-химических и металлургических процессах в цикле сварки.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Теория сварочных процессов» относится к вариативной части обязательных дисциплин блока 1 (Б1).

Дисциплина основывается на знаниях, полученных в предшествующих дисциплинах: «Информационные технологии», «Физика», «Материаловедение».

Знания, полученные при изучении дисциплины «Теория сварочных процессов», являются базой для всех последующих профилирующих дисциплин «Технология и оборудование сварки плавлением», «Специальные методы сварки», «Сварочные деформации и напряжения», «Физические и технологические основы наплавки и напыления металлов».

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

| № п/п | Наименование модуля и темы учебной дисциплины | Грудоемкость по учебному плану (час/з.е.) | Виды занятий | | | | Виды контроля | | |
|-------|--|---|--------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|
| | | | Лекции | Практическое занятие | Лабораторное занятие | Самостоятельная работа | Контрольная работа | Курсовая работа (проект) | Зачёт (экзамен) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | Модуль 1. Физические основы сварки | 36/1 | 2 | 1 | | 33 | | | |
| 2 | Тема 1.1. Процесс образования сварного соединения | 18/0,5 | 1 | | | 17 | | | |
| 3 | Тема 1.2. Физическая и технологическая свариваемость металлов | 18/0,5 | 1 | 1 | | 16 | | | |
| 4 | Модуль 2. Источники энергии, применяемые при сварке | 36/1 | 2 | 1 | | 33 | | | |
| 5 | Тема 2.1. Химические источники энергии. Источники, основанные на использовании электрического тока | 18/0,5 | 1 | | | 17 | | | |
| 6 | Тема 2.2. Механические, лучевые, комбинированные источники | 18/0,5 | 1 | 1 | | 16 | | | |
| 7 | Модуль 3. Тепловые процессы при сварке | 36/1 | 2 | 2 | 2 | 30 | | | |
| 8 | Тема 3.1. Основные теплофизические свойства металлов. Процессы распространения теплоты. | 18/0,5 | 1 | 1 | 1 | 15 | | | |
| 9 | Тема 3.2. Дуговая сварка | 18/0,5 | 1 | 1 | 1 | 15 | | | |
| | Итого | 108/3 | 6 | 4 | 2 | 96 | 1 | | Зач. |
| 10 | Модуль 4. Металлургические процессы при сварке плавлением | 48/1,33 | 2 | 3 | | 43 | | | |
| 11 | Тема 4.1. Условия плавления металла и существования его в жидком состоянии | 16/0,44 | 1 | 1 | | 14 | | | |
| 12 | Тема 4.2. Окисление металлов при сварке | 16/0,44 | 1 | 1 | | 14 | | | |
| 13 | Тема 4.3. Легирование наплавляемого металла | 16/0,45 | | 1 | | 15 | | | |
| 14 | Модуль 5. Кристаллизация металла при сварке и структура сварных соединений | 48/1,33 | 2 | 2 | | 44 | | | |
| 15 | Тема 5.1. Процессы кристаллизации металла при сварке | 36/1 | 1 | 1 | | 34 | | | |
| 16 | Тема 5.2. Процессы вторичной кристаллизации | 12/0,33 | 1 | 1 | | 10 | | | |
| 17 | Модуль 6. Технологическая прочность сварных соединений | 48/1,33 | 2 | 3 | | 43 | | | |

| | | | | | | | | | |
|---------------|--|--------------|-----------|-----------|----------|------------|----------|----------|-------------------|
| 18 | Тема 6.1. Термодеформационные явления в металлах при сварке | 24/0,66 | 1 | 1 | | 22 | | | |
| 19 | Тема 6.2. Особенности изменения структуры и свойств металла в зоне термического влияния при сварке | 24/0,67 | 1 | 2 | | 21 | | | |
| | Итого | 144/4 | 6 | 8 | | 130 | | 1 | Экз. |
| Всего: | | 252/7 | 12 | 12 | 2 | 226 | 1 | 1 | Зач., экз. |

4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Модуль 1. Физические основы сварки. (36 часов)

Тема 1.1. Процесс образования сварного соединения (18 часов)

Процесс образования неразъемного (сварного) соединения. Природа межатомных и межмолекулярных связей и условия их образования.

Строение и свойства металлов. Пластическое деформирование и нагрев как основные факторы в процессе образования сварного соединения. Возникновение сил сцепления при сварке в твердой и жидкой фазах.

Общая характеристика процесса плавления основного и присадочного металла, взаимодействие с окружающей средой.

Виды учебных занятий:

| | | |
|---------|---|-------|
| Лекция: | Процесс образования сварного соединения | 1 час |
|---------|---|-------|

Тема 1.2. Физическая и технологическая свариваемость металлов (18 часов)

Физическая и технологическая свариваемость металлов. Требования к сварным соединениям.

Классификация способов сварки по состоянию металла в зоне сварки, виду используемой энергии, технологическим признакам.

Виды учебных занятий:

| | | |
|-----------------------|---|-------|
| Лекция: | Физическая и технологическая свариваемость металлов | 1 час |
| Практическое занятие: | Физическая и технологическая свариваемость металлов | 1 час |

Модуль 2. Источники энергии, применяемые при сварке (36 часов)

Тема 2.1. Химические источники энергии. Источники, основанные на использовании электрического тока (18 часов)

Общие требования к сварочным источникам, предназначенным для сварки плавлением. Температура, концентрация и распределение теплоты источника.

Химические источники энергии – использование экзотермических реакций. Сжигание газов, жидкостей или твердых горючих веществ в смеси с кислородом воздуха; сжигание основного металла в кислороде; термитные

реакции; обменные реакции различных химических соединений. Строение, мощность и тепловой баланс источника нагрева.

Источники, основанные на превращениях в теплоту энергии электрического тока. Электрический дуговой разряд. Физические основы разряда. Условия возникновения плазмы, применяемой для сварки и резки. Мощность и тепловой баланс электрической дуги и плазмы. Влияние материалов электродов, состава покрытий и флюсов на стабильность дугового разряда. Нагрев металла электрическим током. Омическое сопротивление зоны сварки при контактном нагреве. Особенности выделения теплоты при электрошлаковой сварке. Особенности нагрева металла токами высокой частоты.

Виды учебных занятий:

| | | |
|---------|--|-------|
| Лекция: | Химические источники энергии. Источники, основанные на использовании электрического тока | 1 час |
|---------|--|-------|

Тема 2.2. Механические, лучевые, комбинированные источники (18 часов)

Механические источники энергии. Прессовомеханический контакт и холодная сварка. Энергия, выделяющаяся при внешнем трении свариваемых металлов – сварка трением. Энергия, выделяющаяся при знакопеременных колебаниях свариваемых металлов, внешнего и внутреннего трения с ультразвуковой частотой, – сварка ультразвуком. Ударный контакт и сварка взрывом.

Лучевые источники энергии. Поток электронов как источник нагрева свариваемых металлов. Плотность энергии при электронно-лучевой сварке.

Поток фотонов как источник нагрева свариваемых металлов. Лазерная сварка.

Комбинированное воздействие нагрева, сварочного давления в условиях вакуума при значительных выдержках в способе диффузионной сварки. Специфика энергетики процесса.

Сравнительные характеристики различных источников энергии.

Виды учебных занятий:

| | | |
|-----------------------|--|-------|
| Лекция: | Механические, лучевые, комбинированные источники | 1 час |
| Практическое занятие: | Механические, лучевые, комбинированные источники | 1 час |

Модуль 3. Тепловые процессы при сварке (36 часов)

Тема 3.1. Основные теплофизические свойства металлов. Процессы распространения теплоты. (18 часов)

Основные теплофизические свойства металлов, понятия и определения. Влияние их на процесс распространения теплоты при сварке. Способы передачи теплоты в твердом теле и с его поверхности. Теплопроводность, конвективный и лучистый теплообмен. Уравнение теплопроводности. Частные случаи уравнения теплопроводности. Краевые условия. Упрощенные расчетные схемы нагреваемых тел и источников

теплоты. Расчет распространения теплоты от неподвижных мгновенных источников. Непрерывно действующие источники.

Движущиеся источники теплоты. Расчет процесса распространения теплоты при наплавке валика на массивное тело, при однопроводной сварке пластин в стык. Влияние режима сварки и теплофизических свойств свариваемого металла на температурное поле. Особенности нагрева свариваемых металлов мощными быстро движущимися источниками теплоты.

Виды учебных занятий:

| | | |
|-----------------------|---|-------|
| Лекция: | Основные теплофизические свойства металлов. Процессы распространения теплоты | 1 час |
| Практическое занятие: | Основные теплофизические свойства металлов. Процессы распространения теплоты | 1 час |

Тема 3.2. Дуговая сварка (18 часов)

Нагрев и плавление электродной проволоки при дуговой сварке. Методы расчета нагрева электрода током и дугой. Расплавление электрода. Мгновенная

Производительность процесса расплавления, коэффициент расплавления. Нагрев и проплавление основного металла сварочной дугой. Основные параметры сварочной ванны. Тепловая эффективность процесса проплавления.

Термический КПД проплавления. Производительность процессов наплавки и проплавления.

Термический цикл и максимальные температуры в зоне сварки. Структурные изменения в зоне термического влияния углеродистых и низколегированных сталей. Мгновенная скорость охлаждения при данной температуре. Расчет длительности нагрева выше заданной температуры.

Виды учебных занятий:

| | | |
|-----------------------|----------------|-------|
| Лекция: | Дуговая сварка | 1 час |
| Практическое занятие: | Дуговая сварка | 1 час |

**Модуль 4. Metallургические процессы при сварке плавлением.
(48 часов)**

Тема 4.1. Условия плавления металла и существования его в жидком состоянии (16 часов)

Условия плавления металла и существования его в жидком состоянии. Перенос электродного металла в сварочную ванну. Газовая фаза в зоне сварки. Диссоциация газов. Насыщение расплавленного металла газами. Влияние кислорода, азота и водорода на свойства стали.

Шлаковая фаза. Назначение шлаков. Свойства шлаков. Характеристика важнейших простых оксидов, входящих в состав шлаковой фазы. Взаимодействие между расплавленным металлом, газовой средой и шлаком при сварке плавлением. Виды и классификация флюсов и электродных покрытий.

Виды учебных занятий:

| | | |
|-----------------------|--|-------|
| Лекция: | Условия плавления металла и существования его в жидком состоянии | 1 час |
| Практическое занятие: | Условия плавления металла и существования его в жидком состоянии | 1 час |

Тема 4.2. Окисление металлов при сварке (16 часов)

Окисление металлов при сварке. Раскислительные процессы. Раскисление с получением конденсированных продуктов реакции. Наиболее важные раскислители, применяемые в сварке.

Раскисление с получением газообразных продуктов реакции. Диффузионное раскисление. Раскисление металла воздействием шлаков.

Виды учебных занятий:

| | | |
|-----------------------|-------------------------------|-------|
| Лекция: | Окисление металлов при сварке | 1 час |
| Практическое занятие: | Окисление металлов при сварке | 1 час |

Тема 4.3. Легирование наплавляемого металла (16 часов)

Легирование наплавляемого металла. Требования к раскислителям и легирующим элементам. Прямое растворение и обменные реакции при легировании.

Коэффициенты усвоения и перехода легирующего элемента. Рафинирование металла.

Источники поступления серы и фосфора в зону сварки. Десульфурация и обесфосфоривание металла шва.

Виды учебных занятий:

| | | |
|-----------------------|-----------------------------------|-------|
| Практическое занятие: | Легирование наплавляемого металла | 1 час |
|-----------------------|-----------------------------------|-------|

Модуль 5. Кристаллизация металла при сварке и структура сварных соединений (48 часов)

Тема 5.1. Процессы кристаллизации металла при сварке (36 часов)

Сварочная ванна, ее основные характеристики. Процессы кристаллизации металла при сварке. Первичная кристаллизация металла и ее особенности. Посторонние включения в металле шва. Механизм образования пор. Меры, обеспечивающие снижение пористости в зоне сварки. Шлаковые включения в металле шва. Ликвация примесей при кристаллизации металла сварочной ванны. Методы регулирования первичной кристаллизации металла сварных швов. Химическая неоднородность сварного соединения. Диффузионные процессы.

Виды учебных занятий:

| | | |
|-----------------------|--|-------|
| Лекция: | Процессы кристаллизации металла при сварке | 1 час |
| Практическое занятие: | Процессы кристаллизации металла при сварке | 1 час |

Тема 5.2. Процессы вторичной кристаллизации (12 часов)

Процессы вторичной кристаллизации в металле шва и в основном металле. Значение скорости охлаждения. Особенности структуры сварного шва и основного металла в зоне термического влияния низкоуглеродистых сталей.

Виды учебных занятий:

| | | |
|-----------------------|-----------------------------------|-------|
| Лекция: | Процессы вторичной кристаллизации | 1 час |
| Практическое занятие: | Процессы вторичной кристаллизации | 1 час |

Модуль 6. Технологическая прочность сварных соединений (48 часов)

Тема 6.1. Термодеформационные явления в металлах при сварке (24 часа)

Термодеформационные явления в металлах при сварке. Деформирование металла при сварке и его деформационная способность при различных температурах. Понятие о сварочных деформациях и напряжениях. Температурный интервал хрупкости. Причины возникновения горячих трещин и методы оценки склонности металла шва к их образованию.

Виды учебных занятий:

| | | |
|-----------------------|---|-------|
| Лекция: | Термодеформационные явления в металлах при сварке | 1 час |
| Практическое занятие: | Термодеформационные явления в металлах при сварке | 1 час |

Тема 6.2. Особенности изменения структуры и свойств металла в зоне термического влияния при сварке (24 часа)

Особенности изменения структуры и свойств металла в зоне термического влияния при сварке закаливающих и высоколегированных сталей, чугуна, различных цветных металлов и сплавов.

Структура сварных соединений, выполненных многослойными швами. Холодные трещины в сварных соединениях. Роль напряженно-деформированного состояния, структуры и водорода в механизме возникновения холодных трещин. Замедленное разрушение. Пути повышения технологической

прочности сварных соединений.

Методы оценки свариваемости металлов.

Виды учебных занятий:

| | | |
|-----------------------|--|-------|
| Лекция: | Особенности изменения структуры и свойств металла в зоне термического влияния при сварке | 1 час |
| Практическое занятие: | Особенности изменения структуры и свойств металла в зоне термического влияния при сварке | 2 час |

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Темы контрольной работы

Контрольная работа включает две задачи.

Задача 1. Рассчитать координаты точек изотерм $T(x, y, z) = T_0$ и построить ее контур для случая наплавки под флюсом валика на массивный лист из низкоуглеродистой стали. На рисунке указать длину и ширину изотерм.

Вариант режима наплавки и значения температур изотерм студенты

выбирают из табл. 1 в соответствии с шифром.

Задача 2. Рассчитать и построить термический цикл металла околошовной зоны в точке y_0 . Определить время пребывания металла в указанной точке выше температуры $T=0,8 T_{max}$, рассчитать скорость охлаждения металла при этой температуре на оси шва и в точке y_0 (варианты и исходные данные приведены в табл. 1).

Таблица 1

| Варианты и исходные данные | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Параметры | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Последняя цифра шифра студента | | | | | | | | | | |
| Расстояние y_0 , мм | 8 | 8,5 | 9 | 9,5 | 10 | 10,5 | 11 | 11,5 | 12 | 12,5 |
| Сила тока I , А | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 420 | 440 | 460 | 480 |
| Скорость наплавки v , м/с | 5×10^{-3} | 6×10^{-3} | 7×10^{-3} | 5×10^{-3} | 6×10^{-3} | 7×10^{-3} | 5×10^{-3} | 6×10^{-3} | 7×10^{-3} | 5×10^{-3} |
| Предпоследняя цифра шифра студента | | | | | | | | | | |
| Напряжение U , В | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| Температура T_0 , °С | $T_{пл}$ | 1200 | T_{Ac_1} | T_{Ac_1} | 650 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |

5.2. Тема курсовой работы

«Построение контура сварочной ванны и направления осей роста кристаллитов»

- По заданному режиму сварки и теплофизическим свойствам свариваемого металла (табл. 1, 2) с помощью выражения (1) рассчитать изохроны температурного поля в сечениях:
 - по оси X в пределах от 1,0 см. до (-) 3,0 см. - с шагом 0,5 см.;
 - по оси Y в пределах от 0 до 2,0 см. с шагом 0,5 см.
- Построить графики $T = f(x)$; $T = f(y)$.
- Определить координаты изотермы $T = T_{пл}$
- Графоаналитическим способом М. В. Шаманина, Г. Л. Петрова построить оси кристаллитов в сварочной ванне и определить зависимость угла α , а также скорости роста кристаллитов $V_{кр}$ в функции расстояния от оси шва, построив графики $\alpha = f(y)$, $V_{кр} = f(y)$.

Вариант задания и исходные данные для расчета выбираются в соответствии с последней цифрой шифра студента.

Т а б л и ц а 1

| Вариант | Режим сварки | | | Свариваемая сталь |
|---------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| | Сварочный ток $I_{св}$, А | Напряжение дуги $U_{д}$, В | Скорость сварки $V_{св}$, м/с | |
| 1 | 150 | 20 | $1,65 \cdot 10^{-3}$ | Низкоуглеродистая |
| 2 | 200 | 23 | $1,65 \cdot 10^{-3}$ | |
| 3 | 250 | 23 | $1,65 \cdot 10^{-3}$ | |
| 4 | 300 | 25 | $3,30 \cdot 10^{-3}$ | |
| 5 | 350 | 25 | $3,30 \cdot 10^{-3}$ | |
| 6 | 400 | 27 | $3,30 \cdot 10^{-3}$ | Хромоникелевая аустенитная |
| 7 | 450 | 27 | $5,0 \cdot 10^{-3}$ | |
| 8 | 500 | 30 | $5,0 \cdot 10^{-3}$ | |
| 9 | 550 | 30 | $6,6 \cdot 10^{-3}$ | |
| 10 | 600 | 30 | $6,6 \cdot 10^{-3}$ | |

Т а б л и ц а 2

Теплофизические свойства сталей

| Сталь | Температура плавления $T_{пл}$, °С | Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·К | Объемная теплоемкость $c_p \cdot 10^{-2}$, кДж/м ³ ·К |
|----------------------------|-------------------------------------|---|---|
| Низкоуглеродистая | 1500 | 41,8 | 52,3 |
| Хромоникелевая аустенитная | 1450 | 16,7 | 27,8 |

5.3. Перечень методических рекомендаций

| № п/п | Наименование |
|-------|--|
| 1 | Методические рекомендации по выполнению контрольной работы |
| 2 | Методические рекомендации по выполнению курсовой работы |

5.4. Перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Процесс образования неразъемного (сварного) соединения.
2. Природа межатомных и межмолекулярных связей и условия их образования.
3. Строение и свойства металлов.
4. Пластическое деформирование и нагрев как основные факторы в процессе образования сварного соединения.
5. Возникновение сил сцепления при сварке в твердой и жидкой фазах.
6. Общая характеристика процесса плавления основного и присадочного металла, взаимодействие с окружающей средой.

7. Физическая и технологическая свариваемость металлов.
8. Требования к сварным соединениям.
9. Классификация способов сварки по состоянию металла в зоне сварки, виду используемой энергии, технологическим признакам.
10. Общие требования к сварочным источникам теплоты, предназначенным для сварки плавлением. Температура, концентрация и распределение теплоты источника.
11. Химические источники энергии – использование экзотермических реакций.
12. Сжигание газов, жидкостей или твердых горючих веществ в смеси с кислородом воздуха; сжигание основного металла в кислороде; термитные реакции; обменные реакции различных химических соединений.
13. Строение, мощность и тепловой баланс источника нагрева.
14. Источники, основанные на превращениях в теплоту энергии электрического тока.
15. Электрический дуговой разряд.
16. Физические основы разряда.
17. Условия возникновения плазмы, применяемой для сварки и резки.
18. Мощность и тепловой баланс электрической дуги и плазмы.
19. Влияние материалов электродов, состава покрытий и флюсов на стабильность дугового разряда. Нагрев металла электрическим током.
20. Оми-ческое сопротивление зоны сварки при контактном нагреве.
21. Особенности выделения теплоты при электрошлаковой сварке.
22. Особенности нагрева металла токами высокой частоты.
23. Механические источники энергии.
24. Прессово-механический контакт и холодная сварка.
25. Энергия, выделяющаяся при внешнем трении свариваемых металлов – сварка трением.
26. Энергия, выделяющаяся при знакопеременных колебаниях свариваемых металлов, внешнего и внутреннего трения с ультразвуковой частотой, – сварка ультразвуком.
27. Ударный контакт и сварка взрывом.
28. Лучевые источники энергии.
29. Поток электронов как источник нагрева свариваемых металлов.
30. Плотность энергии при электронно-лучевой сварке.
31. Поток фотонов как источник нагрева свариваемых металлов.
32. Лазерная сварка.
33. Комбинированное воздействие нагрева, сварочного давления в условиях вакуума при значительных выдержках в способе диффузионной сварки.
34. Специфика энергетики процесса.
35. Сравнительные характеристики различных источников энергии.
36. Основные теплофизические свойства металлов, понятия и определения.
37. Влияние их на процесс распространения теплоты при сварке.
38. Способы передачи теплоты в твердом теле и с его поверхности.
39. Теплопроводность, конвективный и лучистый теплообмен.
40. Уравнение теплопроводности.
41. Частные случаи уравнения теплопроводности.
42. Краевые условия.
43. Упрощенные расчетные схемы нагреваемых тел и источников теплоты.
44. Расчет распространения теплоты от неподвижных мгновенных источников.
45. Непрерывно действующие источники.

46. Движущиеся источники теплоты.
47. Расчет процесса распространения теплоты при наплавке валика на массивное тело, при однопроходной сварке пластин в стык.
48. Влияние режима сварки и теплофизических свойств свариваемого металла на температурное поле.
49. Особенности нагрева свариваемых металлов мощными быстродвижущимися источниками теплоты.
50. Нагрев и плавление электродной проволоки при дуговой сварке.
51. Методы расчета нагрева электрода током и дугой.
52. Расплавление электрода.
53. Мгновенная производительность процесса расплавления, коэффициент расплавления.
54. Нагрев и проплавление основного металла сварочной дугой.
55. Основные параметры сварочной ванны.
56. Тепловая эффективность процесса проплавления.
57. Термический КПД проплавления.
58. Производительность процессов наплавки и про-плавления.
59. Термический цикл и максимальные температуры в зоне сварки.
60. Структурные изменения в зоне термического влияния углеродистых и низколегированных сталей. Мгновенная скорость охлаждения при данной температуре.
61. Расчет длительности нагрева выше заданной температуры.

5.5. Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Условия плавления металла и существования его в жидком состоянии.
2. Перенос электродного металла в сварочную ванну.
3. Газовая фаза в зоне сварки.
4. Диссоциация газов.
5. Насыщение расплавленного металла газами.
6. Влияние кислорода, азота и водорода на свойства стали.
7. Шлаковая фаза. Назначение шлаков. Свойства шлаков.
8. Характеристика важнейших простых оксидов, входящих в состав шлаковой фазы. Взаимодействие между расплавленным металлом, газовой средой и шлаком при сварке плавлением.
9. Виды и классификация флюсов и электродных покрытий.
10. Окисление металлов при сварке.
11. Раскислительные процессы.
12. Раскисление с получением конденсированных продуктов реакции.
13. Наиболее важные раскислители, применяемые в сварке.
14. Раскисление с получением газообразных продуктов реакции.
15. Диффузионное раскисление.
16. Раскисление металла воздействием шлаков.
17. Легирование наплавляемого металла.
18. Требования к раскислителям и легирующим элементам.
19. Прямое растворение и обменные реакции при легировании.
20. Коэффициенты усвоения и перехода легирующего элемента.
21. Рафинирование металла. Источники поступления серы и фосфора в зону сварки. Десульфурация и обесфосфоривание металла шва.
22. Сварочная ванна, ее основные характеристики.

23. Процессы кристаллизации металла при сварке.
24. Первичная кристаллизация металла и ее особенности.
25. Посторонние включения в металле шва.
26. Механизм образования пор.
27. Меры, обеспечивающие снижение пористости в зоне сварки.
28. Шлаковые включения в металле шва.
29. Ликвация примесей при кристаллизации металла сварочной ванны.
30. Методы регулирования первичной кристаллизации металла сварных швов.
31. Химическая неоднородность сварного соединения.
32. Диффузионные процессы.
33. Процессы вторичной кристаллизации в металле шва и в основном металле.
34. Значение скорости охлаждения.
35. Особенности структуры сварного шва и основного металла в зоне термического влияния низкоуглеродистых сталей.
36. Термодеформационные явления в металлах при сварке.
37. Деформирование металла при сварке и его деформационная способность при различных температурах.
38. Понятие о сварочных деформациях и напряжениях.
39. Температурный интервал хрупкости.
40. Причины возникновения горячих трещин и методы оценки склонности металла шва к их образованию.
41. Особенности изменения структуры и свойств металла в зоне термического влияния при сварке закаливающих и высоколегированных сталей, чугуна, различных цветных металлов и сплавов.
42. Структура сварных соединений, выполненных многослойными швами.
43. Холодные трещины в сварных соединениях.
44. Роль напряженно-деформированного состояния, структуры и водорода в механизме возникновения холодных трещин.
45. Замедленное разрушение.
46. Пути повышения технологической прочности сварных соединений.
47. Методы оценки свариваемости металлов.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине по решению кафедры оформлен отдельным приложением к рабочей программе.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

основная литература

1. Конюшков Г. В. Специальные методы сварки давлением [Электронный учебник] : учебник / Конюшков Г. В., 2009, Ай Пи Эр Медиа
Режим доступа: <http://iprbookshop.ru/743>
2. Конюшков Г. В. Специальные методы сварки плавлением в электронике [Электронный учебник] : учебное пособие для бакалавров /

Конюшков Г. В., 2014, Дашков и К. - 144 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19250>

3. Лихачев В. Л. Электросварка [Электронный учебник] : Справочник / Лихачев В. Л., 2010, СОЛОН-ПРЕСС. - 672 с.

Режим доступа: <http://iprbookshop.ru/8650>

Дополнительная литература

1. Металлы и сплавы : справочник / В. К. Афонин, Б. С. Ермаков, Е. Л. Лебедев ; под ред. Ю. П. Солнцева, 2003, ПрофессионалМир и Семья. - 1089 с.

2. Теория сварочных процессов : учеб. для вузов / [А. В. Коновалов и др.] ; под ред. В. М. Неровного, 2007, Изд-во МГТУ. - 748, [1] с.

3. Теория сварочных процессов : учеб. для вузов / [В. Н. Волченко и др.] ; под ред. В. В. Фролова, 1988, Высш. шк.. - 559 с.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронная информационно-образовательная среда АНО ВО "СЗТУ" (ЭИОС СЗТУ) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://edu.nwotu.ru/>

2. Учебно-информационный центр АНО ВО "СЗТУ" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>

3. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>

4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>

5. Информационные системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельную работу студента, консультации.

9.1. При изучении тем студентам необходимо повторить лекционный учебный материал, изучить рекомендованную литературу, а также учебный материал, находящийся в указанных информационных ресурсах.

На завершающем этапе изучения каждого модуля необходимо, воспользовавшись предложенными вопросами для самоконтроля, размещенными в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС), проверить качество усвоения учебного материала.

В случае затруднения в ответах на поставленные вопросы рекомендуется повторить учебный материал.

9.2. После изучения каждого модуля дисциплины необходимо ответить на вопросы контрольного теста по данному модулю с целью оценивания знаний и получения баллов.

9.3. После изучения всех модулей приступить к выполнению контрольной работы, руководствуясь методическими рекомендациями по ее выполнению.

9.4. По завершению изучения учебной дисциплины в семестре студент обязан пройти промежуточную аттестацию. Вид промежуточной аттестации определяется рабочим учебным планом. Форма проведения промежуточной аттестации – компьютерное тестирование с использованием автоматизированной системы тестирования знаний студентов в ЭИОС.

9.5. К промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие требования рабочего учебного плана.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

1. Internet – технологии:

WWW (англ. WorldWideWeb – Всемирная Паутина) – технология работы в сети с гипертекстами;

FTP (англ. FileTransferProtocol – протокол передачи файлов) – технология передачи по сети файлов произвольного формата;

IRC (англ. InternetRelayChat – поочередный разговор в сети, чат) – технология ведения переговоров в реальном масштабе времени, дающая возможность разговаривать с другими людьми по сети в режиме прямого диалога;

ICQ (англ. I seekyou – я ищу тебя, можно записать тремя указанными буквами) – технология ведения переговоров один на один в синхронном режиме.

2. Дистанционное обучение с использованием ЭИОС на платформе Moodle.

3. Технология мультимедиа в режиме диалога.

4. Технология неконтактного информационного взаимодействия (виртуальные кабинеты, лаборатории).

5. Гипертекстовая технология (электронные учебники, справочники, словари, энциклопедии) и т.д.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

1. Мультимедийные аудитории.
2. Библиотека.
3. Справочно-правовая система консультант плюс.
4. Электронная информационно-образовательная среда университета.
5. Локальная сеть с выходом в интернет.

12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

Пятый семестр

| Вид учебной работы, за которую ставятся баллы | баллы |
|---|----------------|
| Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций | 0 – 5 |
| Тест по модулю 1 | 0 – 10 |
| Тест по модулю 2 | 0 – 10 |
| Тест по модулю 3 | 0 – 15 |
| Контрольная работа | 0 – 30 |
| Итого за учебную работу | 0 – 70 |
| Промежуточная аттестация | 0 – 30 |
| Всего | 0 - 100 |

| БОНУСЫ (баллы, которые могут быть добавлены до 100) | Баллы |
|--|--------------|
| - за активность | 0 - 10 |
| - за участие в олимпиаде (в зависимости от занятого места) | 0 - 50 |
| - за участие в НИРС (в зависимости от работы) | 0 - 50 |
| - за оформление заявок на полезные методы (рацпредложения) | 0 - 50 |

Балльная шкала оценки

| Оценка (зачет) | Баллы |
|----------------|----------|
| Не зачтено | Менее 51 |
| Зачтено | 51-100 |

Оценка по контрольной работе

| Оценка | Количество баллов |
|---------------------|-------------------|
| отлично | 27 - 30 |
| хорошо | 23 - 26 |
| удовлетворительно | 18 - 22 |
| неудовлетворительно | менее 18 |

Шестой семестр

| Вид учебной работы, за которую ставятся баллы | баллы |
|---|----------------|
| Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций | 0 – 5 |
| Тест по модулю 4 | 0 – 10 |
| Тест по модулю 5 | 0 – 10 |
| Тест по модулю 6 | 0 – 10 |
| Курсовая работа | 0 – 35 |
| Итого за учебную работу | 0 – 70 |
| Промежуточная аттестация | 0 – 30 |
| Всего | 0 - 100 |

| БОНУСЫ (баллы, которые могут быть добавлены до 100) | Баллы |
|---|--------------|
| - за активность | 0 - 10 |
| - за участие в олимпиаде (в зависимости от занятого места) | 0 - 50 |
| - за участие в НИРС (в зависимости от работы) | 0 - 50 |
| - за оформление заявок на полезные методы (рацпредложения) | 0 - 50 |

Балльная шкала оценки

| | |
|---------------------|-----------------|
| Неудовлетворительно | менее 51 |
| Удовлетворительно | 51 – 68 |
| Хорошо | 69 – 85 |
| Отлично | 86 – 100 |

Оценка по курсовой работе

| Оценка | Количество баллов |
|---------------------|--------------------------|
| отлично | 31 - 35 |
| хорошо | 26 - 30 |
| удовлетворительно | 21 - 25 |
| неудовлетворительно | менее 21 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1. Перечень формируемых компетенций

Общепрофессиональные (ОПК)

| <i>Код компетенции</i> | <i>Наименование и (или) описание компетенции</i> |
|------------------------|---|
| ОПК-1 | умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |
| ОПК-5 | способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности |

Профессиональные (ПК)

| <i>Код компетенции</i> | <i>Наименование и (или) описание компетенции</i> |
|------------------------|---|
| ПК-1 | способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки |
| ПК-3 | способностью принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения |

2. Паспорт фонда оценочных средств

| № п/п | Контролируемые модули (темы) дисциплины | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства |
|-------|---|---|--|
| 1 | Модуль 1. Физические основы сварки | ОПК-1, ОПК-5 | Контрольный тест к модулю 1 |
| 3 | Модуль 2. Источники энергии, применяемые при сварке | ОПК-5, ПК-1 | Контрольный тест к модулю 2 |
| 4 | Модуль 3. Тепловые процессы при сварке | ПК-1 | Контрольный тест к модулю 3 |
| 6 | Модули 1- 3 | ОПК-1, ОПК-5, ПК-1 | Контрольная работа Итоговый контрольный зачетный тест |
| | Модуль 4. Металлургические процессы при сварке плавлением | ОПК-1, ОПК-5, ПК-3 | Контрольный тест к модулю 4 |

| | | | |
|--|--|--------------------------|--|
| | Модуль 5. Кристаллизация металла при сварке и структура сварных соединений | ОПК-5, ПК-1, ПК-3 | Контрольный тест к модулю 5 |
| | Модуль 6. Технологическая прочность сварных соединений | ПК-1, ПК-3 | Контрольный тест к модулю 6 |
| | Модули 1- 6 | ОПК-1, ОПК-5, ПК1-, ПК-3 | Курсовая работа Итоговый контрольный экзаменационный тест |

3. Показатели и критерии оценивания компетенций по этапам формирования

| Этапы освоения компетенции | Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций | Критерии оценивания результатов обучения | | | | |
|----------------------------|--|--|---|---|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Первый этап | Знать (ОПК-1, ОПК-5, ПК-1, ПК-3): физические явления, используемые в источниках сварочного нагрева; - особенности тепловых процессов при сварке; - физико-химические и металлургические процессы в цикле сварки; - характер изменения структуры и свойств металла под влиянием термомеханических циклов сварки; - характеристики технологической прочности сварных | Не знает | Знает физические явления, используемые в источниках сварочного нагрева не знает особенности тепловых процессов при сварке; - физико-химические и металлургические процессы в цикле сварки; | Знает физические явления, используемые в источниках сварочного нагрева; особенности тепловых процессов при сварке; допускает грубые ошибки при оценке физико-химических и металлургических процессов в цикле сварки | Знает физические явления, используемые в источниках сварочного нагрева; особенности тепловых процессов при сварке; допускает незначительные ошибки при оценке физико-химических и металлургических процессов в цикле сварки | Знает физические явления, используемые в источниках сварочного нагрева; - особенности тепловых процессов при сварке; - физико-химические и металлургические процессы в цикле сварки; - характер изменения структуры и свойств металла под влиянием термомеханических циклов сварки; и технологической прочности сварных |
| Второй этап | Уметь (ОПК-1, ОПК-5, ПК-1, ПК-3): использовать полученные знания при выборе и расчетах для определения рациональных технических решений по изготовлению сварных конструкций; производить выбор сварочного оборудования и материалов с учетом требуемой производительности | Не умеет | Ошибается при выборе и расчетах для определения рациональных технических решений по изготовлению сварных конструкций ; | Правильно применяет методы расчётов для определения рациональных технических решений по изготовлению сварных конструкций , допускает грубые ошибки при выборе сварочного оборудования и материалов | Правильно применяет методы расчетов для определения рациональных технических решений по изготовлению сварных конструкций, допускает незначительные ошибки при выборе сварочного оборудования и материалов с учетом требуемой | Умеет использовать полученные знания при выборе и расчетах для определения рациональных технических решений по изготовлению сварных конструкций; производить выбор сварочного оборудования и материалов с учетом требуемой |

| | | | | | | |
|-------------|---|------------|---|--|--|---|
| | , свойств материалов и условий эксплуатации. | | | с учетом требуемой производительности, свойств материалов и условий эксплуатации. | производительности, свойств материалов и условий эксплуатации. | производительности, свойств материалов и условий эксплуатации. |
| Третий этап | Владеть (ОПК-1, ОПК-5, ПК-1, ПК-3- - навыками анализа свариваемости разных металлов друг с другом с использованием диаграмм состояния; -навыками выбора способа и режимов сварки пластмасс. | Не владеет | Ошибается при анализе свариваемости разных металлов друг с другом с использованием диаграмм состояния | Владеет навыками анализа свариваемости разных металлов друг с другом с использованием диаграмм состояния, но допускает грубые ошибки при выборе способа и режимов сварки пластмасс | Владеет - навыками анализа свариваемости разных металлов друг с другом с использованием диаграмм состояния, но допускает незначительные ошибки при выборе способа и режимов сварки пластмасс | Уверенно владеет навыками анализа свариваемости разных металлов друг с другом с использованием диаграмм состояния; навыками выбора способа и режимов сварки пластмасс |

4. Шкалы оценивания

(балльно-рейтинговая система)

| Вид учебной работы, за которую ставятся баллы | баллы |
|---|----------------|
| Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций | 0 – 5 |
| Тест по модулю 1 | 0 – 10 |
| Тест по модулю 2 | 0 – 10 |
| Тест по модулю 3 | 0 – 15 |
| Контрольная работа | 0 – 30 |
| Итого за учебную работу | 0 – 70 |
| Промежуточная аттестация | 0 – 30 |
| Всего | 0 - 100 |

Балльная шкала оценки

| Оценка (зачет) | Баллы |
|----------------|----------|
| Не зачтено | Менее 51 |
| Зачтено | 51-100 |

Шестой семестр

| Вид учебной работы, за которую ставятся баллы | баллы |
|---|----------------|
| Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций | 0 – 5 |
| Тест по модулю 4 | 0 – 10 |
| Тест по модулю 5 | 0 – 10 |
| Тест по модулю 6 | 0 – 10 |
| Курсовая работа | 0 – 35 |
| Итого за учебную работу | 0 – 70 |
| Промежуточная аттестация | 0 – 30 |
| Всего | 0 - 100 |

Балльная шкала оценки

| | |
|---------------------|----------|
| Неудовлетворительно | менее 51 |
| Удовлетворительно | 51 – 68 |
| Хорошо | 69 – 85 |
| Отлично | 86 – 100 |

Оценка по курсовой работе

| Оценка | Количество баллов |
|---------------------|-------------------|
| отлично | 31 - 35 |
| хорошо | 26 - 30 |
| удовлетворительно | 21 - 25 |
| неудовлетворительно | менее 21 |

5. **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций при изучении учебной дисциплины в процессе освоения образовательной программы**

5.1. Типовой вариант задания на контрольную работу

Контрольная работа включает две задачи.

Задача 1. Рассчитать координаты точек изотерм $T(x, y, z) = T_0$ и построить ее контур для случая наплавки под флюсом валика на массивный лист из низкоуглеродистой стали. На рисунке указать длину и ширину изотерм.

Вариант режима наплавки и значения температур изотерм студенты выбирают из табл. 1 в соответствии с шифром.

Задача 2. Рассчитать и построить термический цикл металла околошовной зоны в точке y_0 . Определить время пребывания металла в указанной точке выше температуры $T = 0,8 T_{max}$, рассчитать скорость охлаждения металла при этой температуре на оси шва и в точке y_0 (варианты и исходные данные приведены в табл. 1).

| Варианты и исходные данные | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Параметры | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Последняя цифра шифра студента | | | | | | | | | | |
| Расстояние y_0 , мм | 8 | 8,5 | 9 | 9,5 | 10 | 10,5 | 11 | 11,5 | 12 | 12,5 |
| Сила тока I , А | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 420 | 440 | 460 | 480 |
| Скорость наплавки v , м/с | 5×10^{-3} | 6×10^{-3} | 7×10^{-3} | 5×10^{-3} | 6×10^{-3} | 7×10^{-3} | 5×10^{-3} | 6×10^{-3} | 7×10^{-3} | 5×10^{-3} |
| Предпоследняя цифра шифра студента | | | | | | | | | | |
| Напряжение U , В | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| Температура T_0 , °С | $T_{пл}$ | 1200 | T_{Ac1} | T_{Ac1} | 650 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |

5.2. Типовой вариант задания на курсовую работу

«Построение контура сварочной ванны и направления осей роста кристаллитов»

1. По заданному режиму сварки и теплофизическим свойствам свариваемого металла (табл. 1, 2) с помощью выражения (1) рассчитать изохроны температурного поля в сечениях:

- по оси X в пределах от 1,0 см. до (-) 3,0 см. - с шагом 0,5 см.;

- по оси Y в пределах от 0 до 2,0 см. с шагом 0,5 см.

2. Построить графики $T = f(x)$; $T = f(y)$.

3. Определить координаты изотермы $T = T_{пл}$

4. Графоаналитическим способом М. В. Шаманина, Г. Л. Петрова построить оси кристаллитов в сварочной ванне и определить зависимость угла α , а также скорости роста кристаллитов $V_{кр}$ в функции расстояния от оси шва, построив графики $\alpha = f(y)$, $V_{кр} = f(y)$.

Вариант задания и исходные данные для расчета выбираются в соответствии с последней цифрой шифра студента.

Т а б л и ц а 1

| Вариант | Режим сварки | | | Свариваемая сталь |
|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| | Сварочный ток $I_{св}$, А | Напряжение дуги U_d , В | Скорость сварки $V_{св}$, м/с | |
| 1 | 150 | 20 | $1,65 \cdot 10^{-3}$ | Низкоуглеродистая |
| 2 | 200 | 23 | $1,65 \cdot 10^{-3}$ | |
| 3 | 250 | 23 | $1,65 \cdot 10^{-3}$ | |
| 4 | 300 | 25 | $3,30 \cdot 10^{-3}$ | |
| 5 | 350 | 25 | $3,30 \cdot 10^{-3}$ | |
| 6 | 400 | 27 | $3,30 \cdot 10^{-3}$ | Хромоникелевая аустенитная |
| 7 | 450 | 27 | $5,0 \cdot 10^{-3}$ | |
| 8 | 500 | 30 | $5,0 \cdot 10^{-3}$ | |
| 9 | 550 | 30 | $6,6 \cdot 10^{-3}$ | |
| 10 | 600 | 30 | $6,6 \cdot 10^{-3}$ | |

Т а б л и ц а 2

| Теплофизические свойства сталей | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|---|---|
| Сталь | Температура плавления $T_{пл}$, °С | Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·К | Объемная теплоемкость $c_p \cdot 10^{-2}$, кДж/м ³ ·К |
| Низкоуглеродистая | 1500 | 41,8 | 52,3 |
| Хромоникелевая аустенитная | 1450 | 16,7 | 27,8 |

5.3. Типовой тест промежуточной аттестации за пятый семестр

- Какие технологические приемы обеспечивают получение сварного соединения при сварке давлением металлов, не образующих твердых растворов?
 - Использование промежуточных вставок из других металлов;
 - Предварительный подогрев;
 - Увеличение давления;
 - Увеличение температуры.
- Из каких основных областей состоит дуговой разряд?
 - Из межэлектродного промежутка, катодного и анодного пятен;
 - Из областей свечения и затемнения;
 - Из катодной и анодной областей, а также межэлектродного промежутка;
 - Из катодной и анодной областей, а также столба дуги.
- К какому способу сварки по виду энергии относится плазменная сварка ?
 - Электрическая;
 - Химическая;
 - Механическая;
 - Электромеханическая

4. Какая сила в большей степени способствует удержанию капли жидкого металла на торце электрода при сварке в нижнем положении?
- Электродинамическая;
 - Сила тяжести;
 - Сила Пинч-эффекта;
 - Сила поверхностного натяжения.
5. Какие силы удерживают сварочную ванну при сварке в потолочном положении?
- Ван-дер-Ваальса;
 - Поверхностного натяжения;
 - Пинч-эффекта;
 - Магнитное дутье.
6. В чем принципиальные трудности образования сварных соединений?
- В появлении напряжений и деформаций в процессе сварки;
 - В необходимости высокой квалификации персонала;
 - В световом и тепловом воздействии на сварщика во время сварки;
 - В наличии микронеровностей, загрязнений на поверхности свариваемых деталей
7. Что относится к основным параметрам сварного шва?
- Усиление шва и угол скоса кромок.;
 - Притупление и высота обратного валика;
 - Ширина шва и глубина проплавления металла;
 - Длина и ширина сварочной ванны.
8. Какой вид дуги обеспечивает наибольший тепловой поток (тепловую мощность)?
- Дуга под флюсом (плавящийся электрод);
 - Дуга в аргоне (вольфрамовый электрод)
 - Открытая дуга (плавящийся электрод);
 - Открытая дуга (угольный электрод).
9. Основным фактором повышения температуры дуги является ...
- Повышение напряжения;
 - Снижение расхода защитного газа;
 - Увеличение длины дуги.
 - Увеличение степени ионизации в столбе дуги.
10. Гетеродиффузия – это перемещение атомов:
- основного металла;
 - растворенных в основном металле;
 - примесей.
 - металлов, не растворимых в основном металле
11. Дайте определение термину «свариваемость».
- Способность металлов образовывать сварные соединения без дефектов с требуемыми эксплуатационными свойствами.
 - Комплексные свойства металла, определяющего возможность получения качественного сварного при дуговой сварке.
 - Процесс образования сварных соединений при сварке плавлением.
 - Процесс образования сварных соединений при сварке давлением.
12. Почему ограничивается величина тока при механизированной и автоматизированной сварке под флюсом и в защитных газах?
- Чтобы исключить неравномерность формирования шва, большое разбрызгивание металла.
 - Чтобы уменьшить нагрев мундштука.
 - Чтобы исключить перегрев электродного металла.

- d) Чтобы предотвратить появление прожогов.
13. Сварка плавлением отличается от сварки давлением:
- Более высокой производительностью
 - Меньшим усилием сжатия.
 - Сохранением кристаллической решетки металлов.
 - Наличием жидкой фазы.
14. Нагрев при сварке давлением необходим для.....
- Удаления оксидных пленок.
 - Повышения пластичности металла.
 - Улучшения контакта.
 - Снижения усилия сжатия.
15. Что относится к коэффициентам теплофизических свойств металла?
- Коэффициенты вязкости и линейного расширения..
 - Коэффициент трения и температура кипения
 - Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности.
 - Плотность и температура плавления.
16. Какие источники тепла применяются в сварочной технике?
- Обеспечивающие скорость сварки не менее 50 м/ч
 - Имеющие малые потери тепла
 - обладающие высокой концентрацией тепла
 - Обладающие тепломощностью не менее 15 кДж/с.
17. Какие технологические приемы обеспечивают получение сварного соединения при сварке давлением металлов, не образующих твердых растворов?
- Предварительный подогрев..
 - Увеличение температуры окружающего воздуха.
 - Увеличение давления.
 - Использование промежуточных вставок из других металлов
18. К какому способу сварки по виду энергии относится ручная дуговая сварка штучными электродами?
- Механическая.
 - Химическая.
 - Электрическая.
 - Электромеханическая
19. В чем принципиальные трудности образования сварных соединений?
- В световом и тепловом воздействии на сварщика во время сварки.
 - В наличии микронеровностей, загрязнений на поверхности свариваемых деталей.
 - В появлении напряжений и деформаций в процессе сварки.
 - В необходимости высокой квалификации персонала.
20. Как классифицируются виды сварки по состоянию металла в сварочной зоне в момент сварки?
- Сварка в жидкой фазе, твердой фазе, твердожидкой фазе.
 - Сварка в жидкой и твердой фазе.
 - Сварка металла, имеющую чистую или окисленную поверхность..
 - Сварка в закаленном и отожженном состоянии металла.

5.3. Типовой тест промежуточной аттестации за шестой семестр

1. Какие применяют методы испытания металлов для определения их стойкости против образования как горячих, так и холодных трещин?
 - a) Машинные.;
 - в) Экспериментальные;
 - с) Как технологические, так и машинные;
 - d) Технологические.

2. Из каких основных областей состоит дуговой разряд?
 - a) Из межэлектродного промежутка, катодного и анодного пятен;
 - в) Из областей свечения и затемнения;
 - с) Из катодной и анодной областей, а также межэлектродного промежутка;
 - d) Из катодной и анодной областей, а также столба дуги.

3. К какому способу сварки по виду энергии относится плазменная сварка ?
 - a) Электрическая;
 - в) Химическая;
 - с) Механическая;
 - d) Электромеханическая

4. Какая сила в большей степени способствует удержанию капли жидкого металла на торце электрода при сварке в нижнем положении?
 - a) Электродинамическая;
 - в) Сила тяжести;
 - с) Сила Пинч-эффекта;
 - d) Сила поверхностного натяжения.

5. Какие силы удерживают сварочную ванну при сварке в потолочном положении?
 - a) Ван-дер-Ваальса;
 - в) Поверхностного натяжения;
 - с) Пинч-эффекта;
 - d) Магнитное дутье.

6. Когда образуются горячие трещины?
 - a) При повторном нагреве в процессе эксплуатации сварного соединения;
 - в) В процессе кристаллизации металла шва;
 - с) При охлаждении ниже 200 градусов Цельсия;
 - d) При длительной эксплуатации

7. Что относится к основным параметрам сварного шва?
 - a) Усиление шва и угол скоса кромок.;
 - в) Притупление и высота обратного валика;
 - с) Ширина шва и глубина проплавления металла;
 - d) Длина и ширина сварочной ванны.

8. Какой вид дуги обеспечивает наибольший тепловой поток (тепловую мощность)?
 - a) Дуга под флюсом (плавящийся электрод);
 - в) Дуга в аргоне (вольфрамовый электрод)
 - с) Открытая дуга (плавящийся электрод);
 - d) Открытая дуга (угольный электрод).

9. Основным фактором повышения температуры дуги является ...
 - a) Повышение напряжения;
 - в) Снижение расхода защитного газа;
 - с) Увеличение длины дуги.
 - d) Увеличение степени ионизации в столбе дуги.

10. Какой газ, растворенный в сталях, является одной из причин образования как горячих, так и холодных трещин?
- Азот;
 - Кислород;
 - СО.
 - Водород
11. Дайте определение термину «свариваемость».
- Способность металлов образовывать сварные соединения без дефектов с требуемыми эксплуатационными свойствами.
 - Комплексные свойства металла, определяющего возможность получения качественного сварного при дуговой сварке.
 - Процесс образования сварных соединений при сварке плавлением.
 - Процесс образования сварных соединений при сварке давлением.
12. Для чего служит диаграмма Шеффлера?
- Для определения температур полиморфного превращения
 - Для определения структуры стали в зависимости от ее химического состава.
 - Для определения температуры предварительного подогрева стали.
 - Для определения механических свойств стали по ее химическому составу
13. Сварка плавлением отличается от сварки давлением:
- Более высокой производительностью
 - Меньшим усилием сжатия.
 - Сохранением кристаллической решетки металлов.
 - Наличием жидкой фазы.
14. Нагрев при сварке давлением необходим для.....
- Удаления оксидных пленок.
 - Повышения пластичности металла.
 - Улучшения контакта.
 - Снижения усилия сжатия.
15. По каким косвенным признакам можно судить о потенциальной возможности образования холодных трещин в сталях?
- По эквиваленту углерода..
 - По эквиваленту фосфора
 - По содержанию кислорода
 - По суммарному содержанию серы и фосфора.
16. Какие источники тепла применяются в сварочной технике?
- Обеспечивающие скорость сварки не менее 50 м/ч
 - Имеющие малые потери тепла
 - обладающие высокой концентрацией тепла
 - Обладающие тепломощностью не менее 15 кДж/с.
17. Лучшей взаимной свариваемостью обладают металлы, образующие при взаимодействии...
- Эвтектики (механические смеси)...
 - Твердые растворы.
 - Химические соединения..
 - Только жидкие растворы.
18. На что в большей степени влияет время нахождения металла сварочной ванны в жидком состоянии?
- На скорость движения жидкого металла.
 - На полноту протекания металлургических процессов.
 - На образование газовых полостей в сварном шве.

d) На формирование сварного шва

19. Где способна растворяться закись железа FeO при сварке сталей?

- a) Как в стали, так и в шлаке.
- в) Только в шлаке.
- с) Не растворяется ни в стали ни в шлаке.
- d) Только в стали.

20. В каких сплавах могут быть холодные трещины??

- a) В сталях, содержащих $C > 0,35 \%$
- в) В медных сплавах.
- с) В сталях, содержащих $C < 0,2 \%$.
- d) В алюминиевых сплавах.

21. К какому способу сварки по виду энергии относится ручная дуговая сварка штучными электродами?

- a) Механическая.
- в) Химическая.
- с) Электрическая.
- d) Электромеханическая

22. При каких способах сварки возникает необходимость очистки металла шва от серы и фосфора?

- a) При сварке под флюсом
- в) При сварке в Ar.
- с) При сварке покрытым электродом.
- d) При сварке в CO₂

23. Как оценивают сопротивляемость сварных соединений образованию горячих трещин?

- a) Замером сварочных напряжений.
- в) Заваркой технологических проб
- с) Расчетом сварных конструкций на прочность.
- d) Испытанием образцов на ударный изгиб

24. Почему при ручной дуговой сварке углеродистых и легированных сталей применяют чаще всего электроды с основным покрытием?

- a) Обеспечивают минимальное содержание водорода в металле шва.
- в) Имеют малое разбрызгивание.
- с) Они выдерживают более высокую температуру прокалики.
- d) Требуют сварку короткой дугой.

25. Что можно оценить у углеродистых сталей по эквиваленту углерода?

- a) Склонность к образованию шлаковых включений
- в) Склонность к образованию пор.
- с) Склонность к образованию горячих трещин..
- d) Уровень механических свойств

26. Какие процессы ухудшают металлургическую свариваемость металлов?

- a) Применение в качестве защитного углекислого газа
- в) Применение предварительного подогрева.
- с) Применение в качестве защитного инертного газа.
- d) Применение сопутствующего подогрева.

27. При анализе технологической свариваемости металла, на какие вопросы надо дать ответы?

- a) Какие дефекты возникают при сварке данного материала?
- в) Какие сварочные материалы надо применять при сварке данного материала?
- с) На каких режимах следует вести сварку

d). Какая область применения данного материала?

28. Технологическую свариваемость каких металлов можно оценивать по эквиваленту углерода?

- a) Железо-никелевых сплавов
- в) Углеродистых сталей перлитного класса
- с) Высоколегированных сталей аустенитного класса
- d). Алюминиевых сплавов

29. Остаточными называются напряжения...

- a) Остающиеся в изделии по завершении его обработки.
- в) Возникающие в процессе охлаждения.
- с) Созданные внешней нагрузкой.
- d). Возникающие в процессе нагрева

30. Каким основным путем попадают кислород, азот и водород в реакционное пространство при дуговой сварке?

- a) Из сварочной проволоки
- в) Из-за дегазации сварочной ванны.
- с) Из покрытия и флюса.
- d). Путем подсоса из окружающего дугу пространства.

6.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

6.1.Итоговый контрольный тест доступен студенту только во время тестирования, согласно расписания занятий или в установленное деканатом время.

6.2.Студент информируется о результатах текущей успеваемости.

6.3.Студент получает информацию о текущей успеваемости, начислении бонусных баллов и допуске к процедуре итогового тестирования от преподавателя или в ЭИОС.

6.4.Производится идентификация личности студента.

6.5.Студентам, допущенным к промежуточной аттестации, открывается итоговый контрольный тест.

6.6.Тест закрывается студентом лично по завершении тестирования или автоматически по истечении времени тестирования.