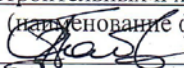


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  
машиностроительных и химических технологий

(наименование факультета)

 П.А. Саблин

(подпись, ФИО)

« 20 » 04 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория сварочных процессов**

Направление подготовки	15.03.01 Машиностроение
Направленность (профиль) образовательной программы	Оборудование и технология сварочного производства
Квалификация выпускника	бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	Заочная
Технология обучения	традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2	3-4	7

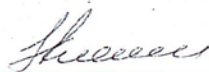
Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой, Зачет с оценкой	Кафедра ТСМП - Технология сварочного и металлургического производства

Комсомольск-на-Амуре 2020

Разработчик рабочей программы:

Доцент кафедры ТСМП, к.т.н.

(должность, степень, ученое звание)



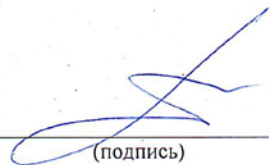
(подпись)

Клепнина О.Н.

(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ТСМП



(подпись)

Бахматов П.В.

(ФИО)

## 1 Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Теория сварочных процессов» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 957 от 03.09.2015, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Оборудование и технология сварочного производства» по направлению 15.03.01 «Машиностроение».

Задачи дисциплины	Дать студенту подготовку в области источников энергии при сварке, тепловых и металлургических процессов, кристаллизации и технологической прочности, овладеть методами и практическим применением расчётов сварочных процессов. Показать основные тенденции и направления современного развития теоретических основ сварки
Основные разделы дисциплины	1. Физико-химические процессы в дуговом разряде 2. Основные понятия и законы тепловых процессов при сварке. 3. Металлургические процессы при сварке плавлением. 4. Термодеформационные процессы и кристаллизация металлов при сварке.

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Теория сварочных процессов» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Перечень знаний	Перечень умений	Перечень навыков
<b>Профессиональные</b>			
ПК-17 умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения	Знать: основы физико-химических процессов в дуговом разряде. Разновидности сварочных дуговых разрядов. Лучевые сварочные источники энергии.	Уметь: выбрать эффективный способ и источник нагрева для сварки изделий	Владеть: основами преобразования разных видов энергий в тепловую
	Знать: основные понятия и законы тепловых процессов при сварке	Уметь: Рассчитать тепловые процессы при нагреве тела при действии точечного и линейного источника.	Владеть: методами расчетов тепловых процессов при сварке
	Знать: металлургические процессы при сварке плавлением.	Уметь: выбрать метод защиты сварного шва от растворения азота, водорода,	Владеть: основами физико-химического анализа распределе-

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Перечень знаний	Перечень умений	Перечень навыков
		кислорода при различных способах сварки	ния элементов между металлом – газом-шлаком
Знать: термомодеформационные процессы и кристаллизацию металлов при сварке.	Уметь: анализировать связь структуры сварного соединения с его эксплуатационными свойствами	Владеть: методами предупреждения дефектов в сварном соединении	

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория сварочных процессов» изучается на 2 курсе в 3, 4 семестрах. Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки сформированные в процессе изучения дисциплин как «Введение в профессиональную деятельность», «Химия», «Физика», «Математика», «Технология конструкционных материалов».

• Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Теория сварочных процессов», будут востребованы при изучении последующих дисциплин:

- «Спец. курс по профессии "Сварщик»;
- «Контроль и управление технологическими процессами сварки»;
- «Современные сварочные материалы»;
- «Нормирование технологических процессов в сварочном производстве»;
- «Специальные методы восстановления деталей»;
- «Сварка специальных сталей и сплавов // Технология и оборудование специальных видов сварки»;
- «Контроль качества сварки»;
- «Технология производства сварных конструкций».

**4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 7 з.е., 252 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

<b>Объем дисциплины</b>	<b>Всего академических часов</b>
Общая трудоемкость дисциплины	<b>252</b>
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	<b>22</b>
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	<b>8</b>
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	<b>14</b>
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	<b>222</b>
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой, Зачет с оценкой	<b>8</b>

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Раздел 1 Физико-химические процессы в дуговом разряде</b>				
Введение. Виды элементарных связей в твёрдых телах и монокристаллических соединениях. Механизм образования монокристаллических соеди-	0,2			3

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
нений твердых тел.				
Термодинамическое определение процесса сварки. Баланс энергии процесса сварки. Классификация процессов сварки. Оценка энергетической эффективности процесса сварки.	0,2			3
Физико-химические процессы в дуговом разряде. Проводимость газов. Электрический разряд в газах. Виды разрядов. Возбуждение дуги и её зоны. Вольтамперная характеристика дуги	0,2			3
Электронные процессы в плазме дуги. Эффективное сечение взаимодействия частиц.	0,2			3
Ионизация. Потенциал ионизации.	0,2			3
Термическое равновесие. Плазма - идеальный газ. Уравнение Саха. Эффективный потенциал ионизации. Явления переноса в плазме	0,2			3
Электропроводность плазмы. Амбиполярная диффузия. Теплопроводность плазмы. Саморегулирование столба дуги. Баланс энергии в столбе дуги	0,2			3
Эмиссионные процессы на поверхности твердых тел. Плотность термоэмиссионного тока. Автоэлектронная, фотоэлектронная и вторичная эмиссии. Пленочные и оксидные катоды	0,2			3
Приэлектродные области дугового разряда. Катодная область. Анодная область. Баланс энергии сварочной дуги. Плазменные потоки в сварочных дугах	0,2			3
Магнитное поле столба дуги. Магнитное поле сварочного контура. Внешнее магнитное поле: продольное и поперечное. Вращающаяся дуга. Бегущая дуга. Дуга переменного тока	0,2			3
Перенос металла в сварочной дуге. Виды переноса. Силы, действующие на расплавленный металл в сварочной дуге	0,2			3
<b>Раздел 2 Основные понятия и законы тепловых процессов при сварке</b>				
Тепловые процессы при сварке. Теплофизи-	0,2			3

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
ческие величины и понятия. Закон теплопроводности Фурье				
Дифференциальное уравнение теплопроводности. Частные случаи уравнения теплопроводности. Краевые (граничные) условия теплообмена	0,2			3
Упрощенные схемы нагреваемого тела. Классификация и схематизация сварочных источников теплоты	0,2	1		3
Распространение тепла от неподвижных источников теплоты: мгновенный источник теплоты на поверхности бесконечного и полубесконечного тела. Влияние теплофизических величин на приращение температуры	0,2			3
Неподвижные, мгновенные линейный и плоский источники теплоты. Непрерывнодействующий неподвижный точечный и линейный источники теплоты	0,2			3
Движущиеся источники теплоты. Точечный и линейный источники теплоты на бесконечной пластине. Плоский источник в бесконечном стержне	0,2	1		3
Период теплонасыщения и выравнивания температуры при нагреве движущимися источниками теплоты. Быстродвижущийся точечный и линейный источники теплоты на поверхности полубесконечного тела. Движение источника теплоты вблизи края тела	0,2			3
Нагрев тел вращения: тонкостенный, сплошной круглый и толстостенный цилиндры. Распределенные источники теплоты: мгновенный и движущийся нормально круговой источник	0,2			3
Влияние режима сварки и теплофизических свойств металла на температурное поле предельного состояния. Зона термического влияния, её размеры. Экспериментальные методы определения температуры при сварке		1		3
Термический цикл и максимальные температуры. Мгновенная скорость охлаждения при данной температуре. Нагрев и плавление		1		3

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
присадочного металла. Нагрев и плавление основного металла				
Тепловая эффективность процесса сварки. Тепловые процессы, протекающие при электрошлаковой сварке	0,2			3
Контрольная работа		4		42
Перенос металла в сварочной дуге:			1	5
Действие компонентов электродных покрытий на эластичность дугового разряда			1	5
Кремне-марганцевосстановительные процессы при сварке под флюсом			1	5
Стойкость металла шва против образования пор при дуговой сварке сталей			1	5
<b>Раздел 3 Металлургические процессы при сварке плавлением.</b>				
Физико-химические основы металлургических процессов при сварке плавлением	0,25			3
Термодинамическое равновесие. Закон действующих масс и константа равновесия. Меры химического сродства к кислороду.	0,25			3
Термодинамическая характеристика реакций горения газов (CO, H <sub>2</sub> ), реакций диссоциации, распределения элементов между металлом и флюсом	0,25			3
Механизм и термодинамика взаимодействия жидкого металла сварочной ванны с кислородом, азотом и водородом	0,25			3
Роль шлаков в процессе сварки и их общая классификация. Свойства шлаков. Взаимодействие жидкого металла сварочной ванны со шлаками.	0,25			3
Легирование металла шва через присадочный металл, через покрытия, через флюсы. Рафинирование металла шва.	0,25	2		3
Металлургическая роль электродных покрытий. Общая классификация защитных покрытий электродов; процессы при сварке электродами с покрытиями первой и второй групп. Реакции окисления и раскисления. Ограничение концентрации азота и водорода. Свойства металла шва.	0,25	2		3
Металлургические процессы при сварке	0,25			3



Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
электродами с покрытиями третьей и четвертой групп. Составы газовой, шлаковой фаз и металла шва. Реакции окисления и раскисления.				
Металлургические процессы при сварке под слоем флюса. Состав газовой и шлаковой фаз. Ограничение концентрации азота и водорода. Реакции окисления и раскисления. Особенности металлургических процессов при сварке низколегированных и легированных сталей. Выбор флюса для сварки. Свойства металла шва.	0,25			3
<b>Раздел 4 Термодеформационные процессы и кристаллизация металлов при сварке.</b>				
Термодеформационные процессы и превращения в металлах сварочной ванны.	0,25			3
Теоретические и экспериментальные методы определения сварочных деформаций и напряжений	0,25	1		3
Образование сварных соединений и формирование первичной структуры металла шва	0,25	1		3
Особенности кристаллизации и формирования первичной структуры металла шва	0,25	1		3
Химическая неоднородность сварного соединения	0,25	1		3
Дефекты кристаллической решетки в металлах при сварке	0,25	1		3
Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке. Холодные трещины в сварных соединениях	0,25	1		3
Анализ металлургических процессов при сварке сталей (РГР)				49
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>222</b>

#### **6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Изучение теоретических разделов дисциплины	101
Подготовка к занятиям семинарского типа	30
Подготовка и оформление контрольной работы и РГР	91
	222

## **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

1. Теория сварочных процессов: учебное пособие для вузов по спец. "Оборудование и технология сварочного производства" / под ред. В.В.Фролова. - М.: Высшая школа, 1988. - 560с.

2. Петров, Г.Л. Теория сварочных процессов (с основами физической химии) : учебное пособие для вузов / Г. Л. Петров, А. С. Тумарев. - 2-е изд., перераб. - М.: Высшая школа, 1977. - 392с.

3. Дедюх, Р.И. Теория сварочных процессов. Превращения в металлах при сварке [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р.И. Дедюх. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2012. — 155 с. // IPRbooks : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55210.html>, ограниченный. – Загл. с экрана.

### **8.2 Дополнительная литература**

1. Фролов, В. А. Сварка: введение в специальность [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А.Фролов, В.В.Пешков и др.; под ред. В.А.Фролова - 4 изд., перераб. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2013. - 384 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php?>, ограниченный. - Загл. с экрана.

2. Виноградов, В.М. Основы сварочного производства : учебное пособие для вузов / В. М. Виноградов, А. А. Черепяхин, Н. Ф. Шпунькин. - М.: Академия, 2008. - 270с.

3. Кушнер, В.С. Технологические процессы в машиностроении: учебник для вузов / В. С. Кушнер, А. С. Верещака, А. Г. Схиртладзе. - М.: Академия, 2011. - 414с.: ил. - (Высшее профессиональное образование)

### **8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Теория сварочных процессов», состоит из следующих компонентов: подготовка и выполнение лабораторных и практических работ; изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка, выполнение, оформление и защита лабораторных работ; подготовка и выполнение контрольной (3 семестр) и расчетно-графической работы (4 семестр).

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся ре-

комендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1 Действие компонентов электродных покрытий на эластичность дугового разряда: Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Теория сварочных процессов» / сост. О.Н. Клешина. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016 – 10 с.

2 Перенос металла в сварочной дуге: Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Теория сварочных процессов» для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» / сост. О.Н. Клешина. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016 – 12 с.

3 Изучение тепловых процессов при нагреве металла сварочной дугой: Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Теория сварочных процессов» / сост. О.Н. Клешина. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016 – 8 с.

4 Кремне-марганцевосстановительные процессы при сварке под флюсом: Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Теория сварочных процессов» для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» / сост. О.Н. Клешина. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016 – 10 с.

5 Стойкость металла шва против образования пор при дуговой сварке сталей: Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Теория сварочных процессов» / сост. О.Н. Клешина. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016 – 8 с.

6 Расчет температурных полей при сварки: Методические указания для выполнения РГР по курсу «Теория сварочных процессов» для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» профиль «Оборудование и технология сварочного производства» всех форм обучения / сост. О.Н. Клешина. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2018. – 13 с.

7 Расчет термодинамических характеристик реакций. Методические указания и варианты контрольных работ / Сост. Б.М. Соболев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2018. - 23 с

8 Физико-химические основы металлургических и машиностроительных производств. Конспект лекций / Сост. Б.М.Соболев, П.В. Бахматов - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2016. – 113 с

9 Анализ металлургических процессов при сварке сталей. Методические указания и варианты курсовых проектов / Сост. Б.М. Соболев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2018. - 14 с.

10 Определение плотности растворов: Методические указания к лабораторной работе 1 / Сост. Б.М. Соболев.- Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2015.-7 с.

11 Изучение зависимости поверхностных свойств от состава растворов: Методические указания к лабораторной работе 2 / Сост. Б.М. Соболев - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2018.- 10 с.

12 Изучение фазовых переходов первого рода: Методические указания к лабораторной работе 3 / Сост. Б.М. Соболев - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2015.- 7 с.

13 Исследование кинетики окисления твердых металлов: Методические указания к лабораторной работе 4 / Сост. Б.М. Соболев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017. - 10 с.

14 Исследование кинетики восстановления оксидов металлов с участием твердого углерода : методические указания к лабораторной работе 5 / сост. : Б. М. Соболев – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2018. – 12 с.

15 Изучение термодинамических характеристик реакции диссоциации карбонатов и других соединений : Методические указания к лабораторной работе 6 / Сост. Б.М. Соболев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2018. - 7 с.

16 Исследование металлургических процессов при сварке в защитных газах. Методические указания к лабораторной работе 7. / Сост. Б.М. Соболев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017. - 5 с.

17 Исследование металлургических процессов при сварке под флюсом. Методические указания к лабораторной работе 8. / Сост. Б.М. Соболев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017. - 6 с.

18 Исследование металлургических процессов при сварке толстопокрытыми электродами. Методические указания к лабораторной работе 9. / Сост. Б.М. Соболев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017. - 6 с.

19 Изучение структуры сварного соединения стали. Методические указания к лабораторной работе 10/ Сост. Б.М. Соболев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017. - 6 с.

20 Определения временных деформаций и напряжений. Методические указания к лабораторной работе 6. / Сост. Б.М. Соболев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017. - 6 с.

21 Дилатограммы стали при нагреве и охлаждении образцов. Методические указания к лабораторной работе 12. / Сост. Б.М. Соболев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2018. - 6 с.

22 Теория сварочных процессов: Учеб. для вузов по спец. «Оборуд. и технология сварочн. пр-ва» / В. Н. Волченко, В. М. Ямпольский, В. А. Винокуров и др.; Под ред. В. В. Фролова. — М.: Высш. шк., 1988. 559 с: ил

23 РД ФГБОУ ВО «КНАГТУ» 013-2016. Текстовые студенческие работы. Правила оформления. – Введ. 2016-03-04. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016. – 55 с.

#### **8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

- Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM.
- Электронно-библиотечная система IPRbooks.
- Электронно-библиотечная система eLIBRARY.RU.

#### **8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

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

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

3. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>

#### **8.6 Лицензионное программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>

## **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) — русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практически) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

#### **1. Методические указания при работе над конспектом лекции**

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций и т.д.

## **2. Методические указания по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим и лабораторным занятиям**

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы необходимо стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале и т.д.

## **3. Методические указания по выполнению контрольной работы**

При выполнении индивидуального задания (контрольной работы) в первую очередь следует использовать рекомендованную литературу (см. подраздел 8), а также ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Защита индивидуально-го задания проводится в форме презентации. При защите учитывается соответствие изложенного материала заданию, полнота изложения материала.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
223а/3-2	Лаборатория металлургических процессов, термодинамики и теплотехники, медиа	Оборудование (стенды) для проведения лабораторных работ и наглядные пособия.
227/3-2	Лаборатория теории сварочных процессов и сварки плавлением, медиа	учебное оборудование: автоматы АДФ - 1250, АДГ-630 УХЛ4, передвижной механический фильтровентиляционный агрегат ФМАС-1000, источники питания ВДУ-1250, ВС-600С, дефектоскоп ультразвуковой EROCH LTC, реостат балластный РБ-302сэ, весы COMERON KFS-222; учебно-лабораторные стенды, сварочные материалы и наглядные пособия. Есть выход в интернет через wi-fi..

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (проектор, экран, компьютер), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

Для реализации дисциплины подготовлены следующие презентации:

- 1 Металлургические процессы при сварке плавлением.
- 2 Термодеформационные процессы и кристаллизация металлов при сварке.

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Для лабораторных занятий используется аудитории № 227/2 и 223а/2, оснащенные оборудованием, указанным в табл. 6:

Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КнАГУ:

- читальный зал НТБ КнАГУ;
- компьютерные классы (ауд. 218 корпус № 2).

## **11 Иные сведения**

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ<sup>1</sup>**  
по дисциплине

**Теория сварочных процессов**

Направление подготовки	<i>15.03.01 Машиностроение</i>
Направленность (профиль) образовательной программы	<i>Оборудование и технология сварочного производства</i>
Квалификация выпускника	<i>бакалавр</i>
Год начала подготовки (по учебному плану)	<i>2020</i>
Форма обучения	<i>Заочная</i>
Технология обучения	<i>традиционная</i>

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2	3-4	7

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
<i>Зачет с оценкой, Зачет с оценкой</i>	<i>Кафедра ТСМП - Технология сварочного и металлургического производства</i>

<sup>1</sup> В данном приложении представлены типовые оценочные средства. Полный комплект оценочных средств, включающий все варианты заданий (тестов, контрольных работ и др.), предлагаемых обучающемуся, хранится на кафедре в бумажном и электронном виде.

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Таблица 1 – Компетенции и планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
	Перечень знаний	Перечень умений	Перечень навыков
<b>Профессиональные</b>			
ПК-17 умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения	Знать: основы физико-химических процессов в дуговом разряде. Разновидности сварочных дуговых разрядов. Лучевые сварочные источники энергии.	Уметь: выбрать эффективный способ и источник нагрева для сварки изделий	Владеть: основами преобразования разных видов энергий в тепловую
	Знать: основные понятия и законы тепловых процессов при сварке	Уметь: Рассчитать тепловые процессы при нагреве тела при действии точечного и линейного источника.	Владеть: методиками расчетов тепловых процессов при сварке
	Знать: металлургические процессы при сварке плавлением.	Уметь: выбрать метод защиты сварного шва от растворения азота, водорода, кислорода при разных способах сварки	Владеть: основами физико-химического анализа распределения элементов между металлом – газом-шлаком

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Раздел 1; Физико-химические процессы в дуговом разряде	ПК-17	Тест	Общая сумма баллов, которая может быть получена за тест
		Лабораторные работы	Выполнение в соответствии с выданным заданием
		Практические занятия	Выполнение в соответствии с выданным заданием

<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины</b>	<b>Формируемая компетенция</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Показатели оценки</b>
<b>Раздел 2;</b> Основные понятия и законы тепловых процессов при сварке.	ПК-17	Тест	Общая сумма баллов, которая может быть получена за тест
		Лабораторные работы	Выполнение в соответствии с выданным заданием
		Контрольная работа	Владение умением применять теоретические знания в выполнении индивидуального задания по рекомендованной методике. Логичность и правильность изложения материала. Полнота изложения материала.
		Практические занятия	Выполнение в соответствии с выданным заданием
<b>Раздел 3;</b> Металлургические процессы при сварке плавлением	ПК-17	Тест	Общая сумма баллов, которая может быть получена за тест
		Практические занятия	Выполнение в соответствии с выданным заданием
<b>Раздел 4;</b> Термодеформационные процессы и кристаллизация металлов при сварке.	ПК-17	Тест	Общая сумма баллов, которая может быть получена за тест
		Практические занятия	Выполнение в соответствии с выданным заданием
		Расчетно-графическая работа	Выполнение в соответствии с выданным заданием

## **2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
3 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме Зачет с оценкой</i>			
Тест	В конце семестра	100 баллов	100 баллов – 100 % правильных ответов. 100 баллов – 100 % правильных ответов. 80 баллов – 80% правильных ответов. 60 баллов – 60 % правильных ответов. 50 баллов – меньше 50 % правильных ответов.
Лабораторные работы	В течение семестра	Зачтено/ незачтено	Зачтено- выполнено верно Незачтено-выполнено не верно
Практические занятия	В течение семестра	Зачтено/ незачтено	Зачтено- выполнено верно Незачтено-выполнено не верно
Контрольная работа	В течение семестра	50 баллов	50 баллов – студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, расчетно-графическая работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 40 баллов – студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении работы. 30 баллов – студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления работы имеет недостаточный уровень. 20 баллов – студент не выполнил задание контрольной работы.
ИТОГО:	-	150 баллов	-
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>            0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);            65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);            75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);            85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>			

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
4 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме Зачет с оценкой</i>			
Тест, теоретические вопросы	В конце семестра	100 баллов	100 баллов – 100 % правильных ответов. 100 баллов – 100 % правильных ответов. 80 баллов – 80% правильных ответов. 60 баллов – 60 % правильных ответов. 50 баллов – меньше 50 % правильных ответов.
Практические занятия	В течение семестра	Зачтено/ незачтено	Зачтено- выполнено верно Незачтено-выполнено не верно
РГР	В течение семестра	50 баллов	50 баллов – студент полностью выполнил задание расчетно-графической работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, расчетно-графическая работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 40 баллов – студент полностью выполнил задание расчетно-графической работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении работы. 30 баллов – студент полностью выполнил задание расчетно-графической работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления работы имеет недостаточный уровень. 20 баллов – студент не выполнил задание расчетно-графической работы.
ИТОГО:	-	150 баллов	-
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b> 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)			

### **3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

#### **3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

##### **Контрольная работа (3 семестр)**

###### **Вариант 1**

1. Привести классификацию способов сварки, и сформулировать возможные классификационные признаки.

2. Указать основные параметры термического цикла сварки.

3. определить мгновенную производительность расплавления (г/с) и коэффициент расплавления электрода диаметром 5 мм на номинальном токе при РДС малоуглеродистой стали, если  $U_3 = 28 \text{ В}$ ;  $\eta_3 = 15\%$ ;  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ ;  $D_1 = 200^\circ\text{C}$ .

$$A = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^4 \cdot \text{C} \cdot \text{A}^{-2}; m = 2,5 \text{ мм}^3 \cdot \text{C} \cdot \text{A}^{-2}.$$

Расчет производительности расплавления электрода производить к концу его плавления, принимая время протекания  $t = 50\text{с}$ .

Найти коэффициент неравномерности плавления электрода.

###### **Вариант 2**

1. Укажите основные принципиальные трудности, препятствующие установлению межатомных связей при сварке.

2. Опишите идеальный термический цикл, способы его реализации.

3. Рассчитайте долю участия основного металла в металле шва при РДС встык ВСтЗкп толщиной 6 мм электродом диаметром 5 мм на номинальном токе, если коэффициент наплавки составляет 9,5 г/А·ч, а скорость сварки – 10 м/ч.

###### **Вариант 3**

1. Опишите механизм образования сварных соединений при сварке давлением; характер установления межатомных связей при стыковых способах контактной сварки сопротивлением и оплавлением.

2. Изложите способы возбуждения дуги при сварке плавящимся и неплавящимся электродом.

3. Определите площадь наплавки при сварке в  $\text{CO}_2$  проволокой диаметром 1,6 мм, если скорость ее подачи – 450 м/ч, величина тока – 380А, скорость сварки – 24 м/ч, а коэффициент потерь – 10%..

###### **Вариант 4**

1. Опишите характер установления межатомных связей при точечной и шовной контактной сварке.

2. Изложите физические условия возникновения и устойчивого существования сварочной дуги.

3. Определите необходимость подогрева таврового соединения толщиной 12 мм из стали 15ХСНД, если при сварке в  $\text{CO}_2$  величина тока составляет 280А, напряжения дуги – 26В, скорость сварки – 30 м/ч, а допустимая скорость охлаждения составляет от 2 до  $9^\circ\text{C}/\text{с}$ .

###### **Вариант 5**

1. Опишите характер образования сварного соединения при холодной сварке.

2. Опишите виды эмиссии в сварочной дуге.

3. Определите, как изменится скорость охлаждения металла, если при наплавке валика на сталь 30ХГСА толщиной 25 мм применить подогрев металла перед сваркой. Режим сварки: ток дуги – 250А, напряжение дуги – 26В, скорость сварки – 24 м/ч. Температуру предварительного подогрева рассчитать по эквиваленту углерода.

###### **Вариант 6**

1. Опишите характер установления межатомных связей при сварке плавлением.
2. Опишите виды ионизации газа в межэлектродном промежутке при сварке.
3. Рассчитайте полный тепловой к.п.д. проплавления при автоматической сварке под флюсом малоуглеродистой стали толщиной 10 мм встык на следующих режимах: величина тока – 500А, напряжение дуги – 30В, скорость сварки – 36 м/ч.

#### **Вариант 7**

1. Опишите характер установления межатомных связей при сварке плавлением разнородных металлов.
2. Опишите физические процессы и энергетические преобразования в катодной области.
3. Определите режим РДС, чтобы при скорости сварки 10 м/ч и катете шва 6 мм в сварном соединении из стали 35ХГСА обеспечить оптимальную скорость охлаждения, равную  $(2,5 - 6,0)^\circ\text{C}/\text{с}$ . Наплавка на лист толщиной 26 мм.

#### **Вариант 8**

1. Укажите виды сварки, относящиеся к термическому классу сварочных процессов.
2. Опишите разновидности процессов переноса металла через дугу.
3. Определите длительность пребывания металла при температуре более  $900^\circ\text{C}$  для участка, прилегающего к линии сплавления, при автоматической сварке под флюсом встык стали толщиной 12 мм при токе 600А, напряжении 38В, скорости сварки – 48 м/ч., начальной температуре изделия –  $20^\circ\text{C}$ .

#### **Вариант 9**

1. Опишите технологические разновидности процесса ЭШС.
2. Опишите физические процессы и энергетические преобразования в столбе дуги и в анодной области.
3. Определите скорость подачи электродной проволоки диаметром 1.2 мм при полуавтоматической сварке в  $\text{CO}_2$  стали, если величина тока составляет 300А, напряжения дуги – 30В, к.п.д. нагрева электрода дугой – 25%, температура нагрева электрода в вылете протекающим током –  $900^\circ\text{C}$ .

#### **Вариант 10**

1. Укажите виды сварки, относящиеся к термомеханическому классу сварочных процессов.
2. Укажите цели и способы создания управляемых форм переноса металла через дуги.
3. Рассчитайте величину к.п.д. сварки, если при сварке под флюсом малоуглеродистой стали толщиной 6мм встык значение тока составляет 300А, напряжение дуги – 30В, скорость сварки – 36 м/ч, а коэффициент наплавки –  $12 \text{ г}/\text{А}\cdot\text{ч}$ .

#### **Вариант 11**

1. Укажите, за счет каких процессов происходит установление межатомных связей при термомеханическом классе сварочных процессов?
2. Укажите как и с какими целями можно регулировать термический цикл сварки?
3. Рассчитайте площадь металла шва при РДС электродом диаметром 5 мм на номинальном токе со скоростью 12 м/с, если встык свариваются пластины толщиной 6 мм, а коэффициент наплавки равен  $8 \text{ г}/\text{А}\cdot\text{ч}$ .

#### **Вариант 12**

1. Опишите характер установления межатомных связей при сварке трением.
2. Опишите необходимость и пути снижения скорости охлаждения при сварке углеродистых и низколегированных сталей.
3. Определите площадь металла шва при сварке в  $\text{CO}_2$  стали толщиной 8 мм встык проволокой диаметром 1,6 мм. Режим сварки: величина тока – 380А, напряжение – 34В, скорость сварки – 24 м/ч, коэффициент наплавки –  $15 \text{ г}/\text{А}\cdot\text{ч}$ .

#### **Вариант 13**

1. Укажите технологические разновидности дуговой сварки.
2. Укажите, как влияет введение дополнительного металла (в виде железного порошка, рубленой или сплошной дополнительной присадочной проволоки) в сварочную ванну на геометрию сварного шва, к.п.д. наплавки и проплавления, если не изменять режим сварки?
3. Выберите режим сварки в  $\text{CO}_2$  стали толщиной 8 мм, обеспечивающий получение катета шва 6 мм при скорости сварки 25 м/ч и скорости охлаждения не более  $12^\circ\text{C}/\text{с}$ . Коэффициент наплавки 15 г/А·ч.

#### **Вариант 14**

1. Опишите понятие «Физическая (принципиальная) свариваемость металлов».
2. Опишите, как повлияет введение щелочных или щелочно-земельных элементов на производительность сварки, если величина тока и длина дуги остаются прежними?
3. На основании расчета опишите, как повлияет предварительный подогрев стали 35ХМА (температуру подогрева определить по эквиваленту углерода) толщиной 20 мм на длительность пребывания металла при температуре интенсивного роста аустенитного зерна. Сварка ручная дуговая электродом диаметром 4 мм на номинальном токе со скоростью 12 м/ч.

#### **Вариант 15**

1. Опишите понятие «Энергия активации», ее виды.
2. Укажите способы первоначального возбуждения дуги при сварке плавящимся и неплавящимся электродом.
3. На основании расчета укажите, как изменится величина ЗТВ при сварке под флюсом стали 12Х1МФ толщиной 30 мм, если применить предварительный и сопутствующий подогрев, величину которого определить по эквиваленту углерода. Режим сварки: проволока диаметром 3 мм, величина тока – 400 А, напряжения 32В, скорость сварки – 42 м/ч.

#### **Вариант 16**

1. Опишите процесс образования сварных соединений при сварке трением. Характер установления межатомных связей.
2. Опишите тепловые характеристики сварочной дуги.
3. На основании расчета выберите режим сварки (диаметр электрода, ток и напряжение дуги, температуру подогрева), который бы обеспечил получение сварного соединения из стали 30ХМ без трещин, если критическая скорость охлаждения  $17^\circ\text{C}/\text{с}$ , скорость сварки – 18 м/ч, катет шва – 6 мм, коэффициент наплавки – 15 г/А·ч, толщина металла – 20мм.

#### **Вариант 17**

1. Опишите понятия «Термическая ионизация газа», «Эффективный потенциал ионизации», его влияние на температуру столба дуги.
2. Опишите негативные процессы, протекающие в ЗТВ при сварке сталей плавлением.
3. Определите коэффициент наплавки и к.п.д. сварки при автоматической сварке стали в  $\text{CO}_2$  проволокой диаметром 2 мм, если величина тока составляет 400А, напряжение дуги – 35В, скорость сварки – 24 м/ч, площадь наплавки –  $0,32\text{ см}^2$ , проплавления –  $0,60\text{ см}^2$

#### **Вариант 18**

1. Опишите технологические разновидности дуговой сварки.
2. Укажите и охарактеризуйте способы расчетного и экспериментального определения площадей наплавки и проплавления при заданных режимах сварки.
3. Определите ширину участка полной закалки при сварке встык стали 20 толщиной 6 мм в углекислом газе на следующих режимах: диаметр электрода – 1,4 мм, величина тока – 260А, напряжение дуги – 26В, скорость сварки – 15 м/ч.



**Расчетно-графическая работа (4 семестр)**  
**«Анализ металлургических процессов при сварке сталей (марки сталей)»**

Описать структуру шва и околошовной зоны для сталей №1,2 (таблица 5).

Таблица 5 - Варианты заданий

Вариант	Сталь №1	Сталь №2	Толщина свариваемых деталей, мм	Номер варианта	Сталь №1	Сталь №2	Толщина свариваемых деталей, мм
1	10	15X12ВНМФ	5	22	20Г	ХВГ	30
2	20	08X17Г	100	23	30ХМ	10X13	20
3	30	15X25	60	24	15X12ВНМФ	12ХМФ	30
4	09Г2С	12X17	25	25	08X17Г	10	8
5	10ХГС	09X16Н4Б	80	26	15X25	20	20
6	15ХСНД	40X13	20	27	12X17	30	10
7	17ГС	30X13	10	28	09X16Н4Б	09Г2С	5
8	40	14X17Н2	80	29	40X13	10ХГС	25
9	40Х	15ХНМФ	8	30	30X13	15ХСНД	50
10	45	12X13	40	31	14X17Н2	17ГС	80
11	35	20X13	15	32	15ХНМФ	40	5
12	10ХСНД	0X13	8	33	12X13	40Х	10
13	08кп	X17	90	32	20X13	45	15
14	Ст3	X5ВФ	10	35	0X13	35	5
15	Ст2	X8ВФ	25	36	X17	10ХСНД	30
16	Ст1	12К	60	37	X5ВФ	08кп	20
17	Ст4	15К	30	38	X8ВФ	Ст3	8
18	30ХН	20К	8	39	12К	Ст2	10
19	30ХГС	12ХМФ	50	40	15К	Ст1	6
20	12ХН2	15Х5МФ	20	41	20К	Ст4	20
21	25ХГСА	X	10	42	12ХМФ	30ХН	30

**Варианты тестов**

**К разделу 1**

1	Дайте определение термину «сварной шов».
А	Участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла.
Б	Расплавленный металл в месте соединения свариваемых деталей.
В	Неразъемное соединение, выполненное сваркой.
2	Дайте определение термину «свариваемость».
А	Отношение металла к совокупности физико-химических процессов, определяющих возможность получения сварного соединения без дефектов с требуемыми эксплуатационными свойствами.
Б	Комплексные свойства металла, определяющего возможность получения качественного сварного соединения с заданными эксплуатационными свойствами при дуговой сварке.
В	Процесс образования сварных соединений при сварке плавлением.
3	В чем принципиальные трудности образования сварных соединений?

А	В световом и тепловом воздействии на сварщика во время сварки.
Б	В наличии микронеровностей, загрязнений на поверхности свариваемых деталей.
В	В появлении напряжений и деформаций в процессе сварки.
4	Что следует понимать под энергией активации?
А	Энергия, необходимая для перевода атомов в химически активное состояние.
Б	Энергия, необходимая для поверхностной очистки металлов от загрязнений.
В	Энергия, необходимая для вывода на поверхность ювенильных слоев металла.
5	Какие существуют принципы классификации видов сварки?
А	По технологическим признакам.
Б	По техническим признакам.
В	По физическим признакам.
6	Как классифицируются виды сварки по состоянию металла в сварочной зоне в момент сварки?
А	Сварка в жидкой фазе, твердой фазе, твердожидкой фазе.
Б	Сварка в жидкой и твердой фазе.
В	Сварка металла, имеющую чистую или окисленную поверхность.
7	Какие существуют способы защиты металла в зоне сварки?
А	Газовой фазой, шлаковой фазой.
Б	Газовой и шлаковой фазой.
В	Инертными газами, нейтральными солями.
8	За счет каких процессов происходит образование сварного соединения при холодной сварке?
А	В результате рекристаллизации.
Б	В результате перекристаллизации.
В	В результате явления схватывания.
9	При каких методах контактной сварки сварной шов имеет дендритное строение?
А	При контактной стыковой сварке сопротивлением.
Б	При контактной стыковой сварке оплавлением.
В	При шовной сварке.
10	Какие физико-химические процессы обеспечивают получение сварного соединения при сварке плавлением?
А	Плавление, смачивание, взаимная кристаллизация.
Б	Дегазация, термическая диссоциация, образование эвтектик.
В	Плавление, смачивание, образование интерметаллидов.
11	Какие процессы обеспечивают получение непрерывной структурной связи при контактной стыковой сварке?
А	Очистка металла от поверхностных загрязнений, рекристаллизация.
Б	Предварительный подогрев изделий, рекристаллизация.
В	Очистка металла от поверхностных загрязнений, взаимная кристаллизация.
12	Какие свойства свариваемых металлов анализируются при анализе их металлургической совместимости при сварке плавлением?
А	Их химическую активность, тип кристаллической решетки.
Б	Теплофизические характеристики, возможность образования жидких и твердых растворов.
В	Возможность образования дефектов первичной кристаллизации сварочной ванны.
13	Как влияет взаимная растворимость свариваемых металлов на образование сварного соединения при сварке плавлением?
А	Не оказывает влияния.
Б	Обеспечивает непрерывную структурную связь.
В	Обеспечивает непрерывную структурную связь в случае предварительного подогре-

	ва свариваемых металлов.
14	Какие технологические приемы обеспечивают получение сварного соединения при сварке плавлением металлов, не образующих твердых растворов?
А	Предварительный подогрев.
Б	Увеличение содержания интерметаллидов в металле шва.
В	Использование промежуточных вставок из других металлов.
<b>К разделу II</b>	
15	Какие источники тепла применяются в сварочной технике?
А	Обладающие высокой концентрацией тепла.
Б	Обеспечивающие скорость сварки не менее 50 м/ч.
В	Обладающие тепломощностью не менее 15 кДж/с.
16	Каким требованиям должны удовлетворять источники тепла, применяемые для сварки?
А	Требование транспортабельности.
Б	Требование экономичности, удобства в применении.
В	Требование экологической чистоты.
17	В каких единицах измеряется тепловая мощность источника тепла?
А	Дж.
Б	Дж/с.
В	Дж/с×см <sup>2</sup> .
18	В каких единицах измеряется удельная тепловая мощность источника?
А	Дж.
Б	Дж/с.
В	Дж/с×см <sup>2</sup> .
19	В чем отличие тлеющего разряда от дугового разряда?
А	Тлеющий разряд имеет большое напряжение, но значительно меньшую плотность тока.
Б	Тлеющий разряд имеет меньшее напряжение, но значительно большую плотность тока.
В	Тлеющий разряд имеет большую температуру в межэлектродном пространстве.
20	За счет каких физических процессов осуществляется нагрев свариваемых деталей при сварке дугой прямого действия?
А	За счет внутреннего конвективного теплообмена.
Б	За счет энергии заряженных частиц.
В	За счет лучистой теплопередачи от столба дуги.
21	За счет каких физических процессов осуществляется нагрев свариваемых деталей при сварке дугой косвенного действия?
А	За счет вынужденного конвективного теплообмена.
Б	За счет энергии заряженных частиц.
В	За счет лучистой теплопередачи от столба дуги.
22	Какие материалы можно использовать в качестве неплавящихся электродов?
А	Вольфрам, молибден, графит.
Б	Сталь, медь, вольфрам.
В	Сталь, алюминий, медь.
23	Почему лучшие технологические свойства наблюдаются при сварке не чисто вольфрамовым электродом, а с добавками окислов тория, иттрия или лантана?
А	Увеличивается глубина проплавления.
Б	Улучшается устойчивость дугового разряда.
В	Меньше пористость металла шва.
24	Какие виды эмиссии электронов выполняют главную роль в дуге?

А	Фотоэлектронная, вторичная.
Б	Термоэлектронная и автоэлектронная.
В	Фотоэлектронная и автоэлектронная.
25	Чем оценивается степень ионизации?
А	Эффективным потенциалом ионизации.
Б	Температурой столба дуги.
В	Количеством заряженных частиц в единице объема газа.
26	Как можно добиться резкого снижения величины эффективного потенциала ионизации?
А	Путем введения щелочных, щелочно-земельных элементов.
Б	Состав сварочных материалов.
В	Путем введения глинозема в состав сварочных материалов.
27	Как влияет эффективный потенциал ионизации на температуру столба дуги?
А	Температура столба дуги прямо пропорциональна эффективному потенциалу ионизации.
Б	Температура столба дуги обратно пропорциональна эффективному потенциалу ионизации.
В	Температура столба дуги не зависит от эффективного потенциала ионизации.
28	Из каких основных областей состоит дуговой разряд?
А	Из катодной и анодной областей, а также столба дуги.
Б	Из катодной и анодной областей, а также межэлектродного промежутка.
В	Из межэлектродного промежутка, катодного и анодного пятен.
29	За счет какой энергии происходит нагрев металла в катодной и анодной областях?
А	За счет энергии заряженных частиц, достигающих активных пятен.
Б	За счет лучистой энергии от столба дуги.
В	За счет джоулева тепла, выделяющегося в активных пятнах.
30	Как влияет величина катодного и анодного падения напряжений на производительность расплавления катода и анода?
А	Производительность расплавления катода и анода не зависит от величины падения напряжений в этих областях.
Б	Производительность расплавления катода и анода прямо пропорциональна падению напряжений в этих областях.
В	Производительность расплавления катода и анода обратно пропорциональна падению напряжений в этих областях.
31	Почему при сварке на прямой полярности производительность расплавления выше, чем при сварке на обратной полярности?
А	Блуждание катодного пятна по концу электрода обеспечивает большую поверхность его нагрева.
Б	Температура катодного пятна больше анодного.
В	Происходит больший нагрев электрода джоулевым теплом.
32	Как происходит возбуждение дуги при сварке вольфрамовым электродом?
А	Путем короткого замыкания электрода с изделием и последующим его отрывом.
Б	Путем электрического пробоя межэлектродного пространства.
В	За счет нанесения на поверхность электрода ионизирующих элементов.
33	Как происходит возбуждение дуги при ручной сварке плавящимся электродом?
А	Путем короткого замыкания электрода с изделием и последующим его отрывом.
Б	Путем электрического пробоя межэлектродного пространства.
В	За счет нанесения на поверхность электрода ионизирующих элементов.
34	Какая длина дуги соответствует сварке короткой дугой?
А	Вариант «а» $L_0 \approx d_э$

Б	Вариант «б» $L_0^3 (1,5-2)d_э$
В	Вариант «в» $L_0 \xi (1-1,5)d_э$
35	Какая длина дуги соответствует сварке длинной дугой?
А	Вариант «а» $L_0 \xi d_э$
Б	Вариант «б» $L_0^3 (1,5-2)d_э$
В	Вариант «в» $L_0 \xi (1-1,5)d_э$
36	Какой процесс в естественных условиях может обеспечить струйный перенос металла?
А	Сварка на прямой полярности в $CO_2$
Б	Сварка на обратной полярности в $Ar$
В	Сварка на переменном токе в смеси $CO_2 + Ar$
37	Какие силы обеспечивают перенос электродного металла при сварке в потолочном положении?
А	Пинч-эффекта
Б	Поверхность натяжения.
В	Ван-дер-Ваальса.
38	Какие силы удерживают сварочную ванну при сварке в потолочном положении?
А	Пинч-эффекта.
Б	Поверхность натяжения.
В	Ван-дер-Ваальса.
39	Что такое ИДС?
А	Источник для дуговой сварки.
Б	Измерительно-диагностическая система.
В	Импульсно-дуговая сварка.
40	Как влияют активаторы на свойства дугового разряда?
А	Снижает эффективный потенциал, теплопроводность газа.
Б	Увеличивают силы пинч-эффекта.
В	Увеличивают эффективный потенциал ионизации.
41	На какие сварочные процессы оказывает влияние ТЦС?
А	На склонность металла к образованию шлаковых включений.
Б	На склонность металла к образованию горячих трещин.
В	На склонность основного металла к образованию холодных трещин.
44	Что такое температурное поле?
А	Характер распределения температуры в нагретом теле.
Б	Характер распределения температуры в металле шва.
В	Характер распределения температуры в электроде.
42	Что относится к коэффициентам теплофизических свойств металла?
А	Удельный вес и температура плавления.
Б	Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности.
В	Коэффициенты вязкости и линейного расширения.
43	Что относится к тепловым характеристикам сварочной дуги?
А	Полная тепловая мощность, термический к.п.д. проплавления.
Б	Полная тепловая мощность, эффективная тепловая мощность нагрева изделия.
В	К.п.д. нагрева электрода, к.п.д. наплавки.
44	Почему при сварке неплавящимся электродом эффективный к.п.д. нагрева изделия меньше, чем при сварке плавящимся электродом?
А	Из-за меньшей плотности тока.
Б	Так как материал электрода не поступает в сварочную ванну.
В	Так как при сварке неплавящимся электродом меньше температура столба дуги.
45	Что такое термический цикл данной точки при сварке?

А	Характеру охлаждения металла после сварки.
Б	Характеру изменения температуры точки во время сварки.
В	Характеру нагрева металла в процессе сварки.
46	Почему ограничивается величина тока при РДС покрытыми электродами?
А	Чтобы не нагревалась рука сварщика.
Б	Чтобы не растрескивалось электродное покрытие.
В	Чтобы не окислялись легирующие элементы.
47	В чем измеряются удельная производительность наплавки?
А	г/с
Б	кг/ч
В	г/А×ч
48	Как влияет величина вылета электрода на производительность процесса сварки?
А	С увеличением вылета производительность расплавления возрастает.
Б	С увеличением вылета производительность расплавления уменьшается.
В	На производительность процесса сварки величина вылета не влияет.
49	Чем оценивается производительность РДС покрытыми электродами?
А	Мгновенной производительностью наплавки.
Б	Мгновенной производительностью расплавления.
В	Удельной производительностью наплавки.
50	Почему ограничивается величина тока при механизированной и автоматизированной сварке под флюсом и в защитных газах?
А	Чтобы исключить неравномерность формирования шва, большое разбрызгивание металла.
Б	Чтобы исключить перегрев электродного металла.
В	Чтобы уменьшить нагрев мундштука.
51	Что относится к основным параметрам сварного шва?
А	Длина и ширина сварочной ванны.
Б	Усиление шва и угол скоса кромок.
В	Ширина шва и глубина проплавления металла.
52	Что такое термический к.п.д. проплавления?
А	Отношение теплопроводности, затраченной на проплавление основного металла к полной тепломощности дуги.
Б	Отношение теплопроводности, затраченной на проплавление основного металла к эффективной тепломощности нагрева изделия.
В	Отношение теплопроводности, затраченной на образование наплавленного металла к полной тепломощности.
53	Какой вариант математической зависимости соответствует соотношению между к.п.д.?
54	В чем причины образования холодных трещин при сварке сталей?
А	Мартенситные превращения, сварочные напряжения, избыточный водород.
Б	Перегрев металла, сварочные напряжения, избыточный водород.
В	Мартенситные превращения, образование шлаковых включений, сварочные напряжения.
55	Как влияет перегрев металла на его эксплуатационные свойства?
А	Снижает пластические свойства металла.
Б	Увеличивает пластические свойства металла.
В	Не влияет на эксплуатационные свойства.
<b>К разделу III</b>	
56	Каков механизм насыщения металла газами?
А	Химическое поглощение, хемосорбция.

Б	Химическое и электрическое поглощение.
В	Химическое и электрическое поглощение, хемосорбция.
57	Какие методы защиты металла от вредного воздействия воздуха применяются при различных способах сварки?
А	Газами и шлаками.
Б	Комбинированным способом.
В	Газами, шлаками, комбинированным способом.
58	Какими путями попадают кислород, азот и водород в реакционное пространство при дуговой сварке?
А	Из-за дегазации сварочной ванны.
Б	Путем подсоса из окружающего дугу пространства.
В	Из сварочной проволоки.
59	Как влияет кислород на свойства стали?
А	Все показатели механических свойств ухудшаются.
Б	Прочностные свойства увеличиваются, пластические уменьшаются.
В	Прочностные свойства уменьшаются, пластические увеличиваются.
60	При каких условиях возможно получение качественного шва, если газовая фаза носит окислительный характер?
А	За счет уменьшения доли участия основного металла в металле шва.
Б	За счет применения более легированной проволоки, чем основной металл.
В	За счет применения высокоуглеродистой проволоки.
61	От чего защищает зону плавления углекислый газ при сварке?
А	От воздуха.
Б	От кислорода и воздуха.
В	От водорода и азота.
62	Почему невозможно полное удаление оксидов и нитридов из металла шва?
А	Малое время существования сварочной ванны.
Б	Образование оксидов и нитридов происходит и после затвердевания металла шва.
В	Оксиды и нитриды не успевают всплыть на поверхность сварочной ванны.
63	Для чего добавляют кислород или углекислый газ при сварке в аргоне?
А	Чтобы уменьшить силы поверхностного натяжения.
Б	Чтобы снизить критический ток.
В	Чтобы снизить содержание водорода в металле шва.
64	Для каких металлов азот может считаться защитным газом?
А	Для сталей.
Б	Для алюминиевых сплавов.
В	Для медных сплавов.
65	Как влияет азот на свойства сталей?
А	Все показатели механических свойств ухудшаются.
Б	Прочностные свойства увеличиваются, пластические уменьшаются.
В	Прочностные свойства уменьшаются, пластические увеличиваются.
66	Как удастся при сварке открытой дугой голой проволокой (СОДП) получить качественный металл шва?
А	За счет легирующих элементов проволоки, образующих оксиды и нитриды.
Б	За счет применения сварки короткой дугой.
В	За счет большой скорости охлаждения.
65	Какой газ, растворенный в алюминии, прежде всего приводит к пористости металла шва?
А	Кислород.
Б	Водород.

В	Азот.
66	Какой газ, растворенный в сталях, является одной из причин образования как горячих, так и холодных трещин?
А	Кислород.
Б	Водород.
В	Азот.
67	Как предохранить металл шва от насыщения его водородом?
А	Применять режим сварки короткой дугой.
Б	Увеличивать скорость сварки.
В	Повысить окисленность газовой фазы.
68	Что можно оценить у углеродистых сталей по эквиваленту углерода?
А	Склонность к образованию горячих трещин.
Б	Склонность к образованию пор.
В	Склонность к образованию шлаковых включений.
69	Технологическую свариваемость каких металлов можно оценивать по эквиваленту углерода?
А	Высоколегированных сталей аустенитного класса.
Б	Углеродистых сталей перлитного класса.
В	Железо-никелевых сплавов.
70	Что относится к тепловой свариваемости?
А	Анализ возможности образования холодных трещин.
Б	Анализ возможности образования пор.
В	Анализ возможности выгорания легирующих элементов.
71	Что следует понимать под хорошей свариваемостью сталей?
А	Возможность образования качественных сварных соединений по самой простой технологии сварки.
Б	Возможность образования качественных сварных соединений при сварке плавящимся электродом в инертных газах.
В	Возможность образования качественных сварных соединений при сварке без предварительного подогрева.
72	Что относится к металлургической свариваемости?
А	Анализ возможности роста зерна.
Б	Анализ возможности выгорания легирующих элементов.
В	Анализ возможности образования холодных трещин.
73	Анализ возможности свариваемых металлов образовывать общую кристаллическую решетку представляет собой рассмотрение:
А	Физической свариваемости.
Б	Тепловой свариваемости.
В	Металлургической свариваемости.
74	Какие процессы ухудшают металлургическую свариваемость металлов?
	Применение в качестве защитного инертного газа.
Б	Применение в качестве защитного углекислого газа.
В	Применение предварительного подогрева.
75	Что надо понимать под тепловой свариваемостью?
А	Анализ возможности разупрочнения металла в ЗТВ.
Б	Анализ возможности пористости металла шва.
В	Анализ возможности выгорания легирующих элементов.
76	Какие применяют методы испытания металлов для определения их стойкости против образования как горячих, так и холодных трещин?
А	Теплотехнические.



Б	Машинные.
В	Как технологические, так и машинные.
77	Какими химическими реакциями удастся связать водород в реакционной зоне?
А	Связать водород с кислородом или фтором.
Б	Образовать гидриды железа или марганца.
В	Образовать аммиак.
78	Почему при ручной дуговой сварке углеродистых и легированных сталей применяют чаще всего электроды с основным покрытием?
А	Они выдерживают более высокую температуру прокалики.
Б	Требуют сварку короткой дугой.
В	Обеспечивают минимальное содержание водорода в металле шва.
79	В чем назначение сварочных шлаков?
А	Увеличение глубины проплавления.
Б	Увеличение производительности наплавки.
В	Защита зоны плавления от воздуха.
80	Как оценивается кислотность и основность сварочных шлаков?
А	Коэффициентом основности.
Б	Коэффициентом активности.
В	Коэффициентом вязкости.
81	К какой группе оксидов относится $\text{SiO}_2$ ?
А	К кислотным.
Б	К основным.
В	К амфотерным.
82	К какой группе оксидов относится $\text{CaO}$ ?
А	К кислотным.
Б	К основным.
В	К амфотерным.
83	Как добиться наилучшего удаления твердого шлака с поверхности шва?
А	Путем предварительного нанесения мелового раствора на место сварки.
Б	За счет обеспечения разницы в коэффициентах линейного расширения шлака и металла.
В	За счет увеличения кислотности сварочного шлака.
84	В чем заключаются металлургические функции шлака?
А	В химическом раскислении сварочной ванны.
Б	В физическом раскислении сварочной ванны.
В	В легировании металла шва.
85	При сварке каких металлов находят применение основные шлаки?
А	Малоуглеродистых сталей.
Б	Среднеуглеродистых сталей.
В	Легированных сталей.
86	Возможно ли наличие шлаковой фазы при сварке в углекислом газе?
А	Возможно.
Б	Невозможно.
В	Невозможно при сварке по чистому металлу.
87	При каких условиях происходит окисление металла газовой фазой?
А	Если парциальное давление кислорода в газовой фазе равно упругости диссоциации окисла металла.
Б	Если парциальное давление кислорода в газовой фазе меньше упругости диссоциации окисла металла.
В	Если парциальное давление кислорода в газовой фазе больше упругости диссоциа-

	ции окисла металла.
88	Где способна растворяться закись железа FeO при сварке сталей?
А	Только в стали.
Б	Только в шлаке.
В	Как в стали, так и в шлаке.
89	Какие окислы находятся в шлаке, способны связывать FeO, находящуюся в металле, с образованием комплексных соединений, удаляемых в шлак?
А	TiO <sub>2</sub> , SiO <sub>2</sub>
Б	CaO, MgO
В	Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O
90	Почему при сварке легированных сталей не рекомендуют применять активные флюсы?
А	Увеличивается содержание углерода в металле шва.
Б	Увеличивается содержание кислорода в металле шва.
В	Ухудшается формирование шва
91	Какие существуют два способа раскисления металлов?
А	Химический и осаждающий.
Б	Физический и диффузионный.
В	Химический и физический.
92	Сколько необходимо применять раскислителей при химическом раскислении?
А	Достаточно одного.
Б	Не менее двух.
В	Не менее трех.
93	Почему при сварке сталей не используют раскисление углеродом?
А	Может увеличиваться содержание углерода в металле шва.
Б	Могут быть поры в металле шва.
В	Увеличивается склонность ЗТВ к появлению холодных трещин.
94	Какие пары раскислителей нельзя применять при сварке сталей?
А	Mn и Si
Б	Ti и Si
В	Mn и Ti
95	Как повысить химическую активность шлаков в процессе раскисления сталей?
А	Увеличить температуру проковки флюсов и электродов.
Б	Уменьшить вязкость шлака.
В	Повысить концентрацию SiO <sub>2</sub> в шлаке.
96	Обычно при сварке сталей содержание углерода в присадочной проволоке:
А	Не превышает 0,12 %.
Б	Не менее 0,12 %.
В	Не более 0,25 %
97	При сварке каких сталей целесообразно легирование посредством обменных реакций со шлаковой фазой?
А	Малоуглеродистых.
Б	Низколегированных.
В	Высоколегированных.
98	Что такое коэффициенты усвоения элементов?
А	Это отношение фактического содержания элемента в металле шва к его исходному содержанию.
Б	Это отношение исходного содержания элемента к его фактическому содержанию в металле шва.
В	Это отношение содержания элемента в присадочной проволоке к его фактическому

	содержанию в металле шва.
99	Каковы основные области применения керамических флюсов?
А	Сварка под флюсом с принудительным формированием шва.
Б	Сварка малоуглеродистых сталей.
В	Наплавка.
100	Какой флюс называют легирующим?
А	Плавленый.
Б	Агломерированный (спеченный).
В	Керамический.
101	При каких способах сварки возникает необходимость очистки металла шва от серы и фосфора?
А	При сварке под флюсом.
Б	При сварке в $\text{CO}_2$ .
В	При сварке в $\text{Ar}$ .
102	В чем проявляется отрицательное влияние серы на свойства сталей?
А	Снижается прочность металла.
Б	Увеличивается твердость металла.
В	Увеличивается склонность к образованию горячих трещин.
103	Какой основной путь легирования сварочной ванны?
А	Из проволоки.
Б	Из покрытия.
В	Одинаковые.
104	Как влияет фосфор на свойства сталей?
А	Увеличивает относительное удлинение.
Б	Увеличивает предел текучести.
В	Уменьшает ударную вязкость.
105	Какая опасная концентрация фосфора в малоуглеродистых сталях?
А	Более 0,05 %.
Б	Более 0,01 %.
В	Более 0,1 %.
106	Какие оксиды осуществляют рафинирование при сварке сталей?
А	Амфотерные.
Б	Кислотные.
В	Основные.
<b>К разделу IV</b>	
107	Что относится к дефектам первичной кристаллизации металла шва?
А	Непровар.
Б	Холодные трещины.
В	Горячие трещины.
108	В чем физические причины пористости металла шва?
А	Большая скорость охлаждения.
Б	Сварка длинной дугой.
В	Металлургические процессы с образованием нерастворимых в металле газов.
109	Как влияют поры на качество сварных соединений?
А	Отрицательно.
Б	Не влияют.
В	Повышают прочность металла.
110	Какой растворенный в сталях газ в большей степени приводит к пористости металла шва?
А	Кислород.

Б	Водород.
В	Азот.
111	Какие существуют технологические меры борьбы с пористостью металла шва?
А	Прокалка сварочных материалов.
Б	Сварка обратноступенчатым способом.
В	Предварительный подогрев изделий.
112	Как влияют шлаковые включения на возможную пористость металла шва?
А	Увеличивают вероятность пористости.
Б	Уменьшают вероятность пористости.
В	Не оказывают влияние на пористость.
113	Как влияет ржавчина на поверхности свариваемого металла на возможную пористость металла шва?
А	Увеличивает вероятность пористости.
Б	Уменьшает вероятность пористости.
В	Не оказывает влияние на пористость.
114	Какие химические соединения загрязняют металл шва?
А	Карбиды.
Б	Фосфиды.
В	Сульфиды.
115	Почему нельзя добиться полного отсутствия оксидов и нитридов в металле шва при сварке сталей?
А	Процесс образования оксидов и нитридов в металле шва продолжается и после его кристаллизации.
Б	Ввиду недостаточной защиты зоны проплавления от воздуха.
В	Ввиду высокой химической активности железа.
116	Что является причиной наличия мелких шлаковых включений в металле шва?
А	Металлургические процессы с образованием нерастворимых в металле соединений.
Б	Недостаточная прокалка сварочных материалов.
В	Малое время существования сварочной ванны.
117	Какое должно быть соотношение содержания Si и Mn в металле шва при сварке углеродистых сталей для наилучшего удаления продуктов раскисления в шлак и обеспечения наибольшего значения ударной вязкости?
А	$Mn/Si = 0,8-1,2$
Б	$Mn/Si = 2,4-3,1$
В	$Mn/Si = 3,0-4,0$
118	Почему при сварке под флюсом увеличивается концентрация кислорода в металле шва по сравнению с его исходным содержанием в основном и присадочном металлах?
А	Из-за недостаточной защиты зоны плавления от воздуха.
Б	Ввиду протекания кремне-, марганцевосстановительных процессов.
В	Из-за окисления шлака воздухом.
119	Что такое технологическая прочность металла в процессе его кристаллизации?
А	Способность металла противостоять образованию горячих трещин.
Б	Способность металла противостоять образованию холодных трещин.
В	Способность металла противостоять образованию трещин повторного нагрева.
120	Когда образуются горячие трещины?
А	В процессе кристаллизации металла шва.
Б	При охлаждении ниже 200 градусов Цельсия.
В	При повторном нагреве в процессе эксплуатации сварного соединения.
121	Что не влияет на образование горячих трещин в сталях?

А	Химический состав металла шва.
Б	Содержание водорода в сварочной ванне.
В	Температура окружающей среды.
122	В каких металлах чаще всего возникают подсолидусные трещины?
А	В малоуглеродистых сталях.
Б	В сталях мартенситного класса.
В	В сталях аустенитного класса.
123	Какие причины обуславливают возможность появления горячих трещин?
А	Большая скорость охлаждения.
Б	Литейная усадка металла.
В	Длительная выдержка металла выше температуры 1000 град. Цельсия.
124	Как влияет действительный интервал кристаллизации на возможность образования горячих трещин?
А	Не влияет.
Б	С увеличением интервала кристаллизации увеличивается вероятность появления горячих трещин.
В	С уменьшением интервала кристаллизации увеличивается вероятность появления горячих трещин.
125	Что такое ТИХ?
А	Температурный интервал хрупкости металла.
Б	Температурный интервал хладоломкости металла.
В	Температурный интервал хладостойкости металла.
126	Почему в стали 25Л более вероятно образование горячих трещин, чем в стали 25?
А	Из-за большого содержания S, P, Si.
Б	Из-за большой усадки металла.
В	Из-за меньшей величины предела прочности на разрыв.
127	Какие химические элементы в сталях способствуют образованию горячих трещин?
А	Углерод.
Б	Азот.
В	Марганец.
128	Что не влияет на образование горячих трещин в сталях?
А	Химический состав металла сварочной проволоки.
Б	Содержание водорода в сварочной ванне.
В	Температура окружающей среды.
129	В каких легированных сталях более вероятно образование горячих трещин?
А	В однофазных.
Б	В двухфазных.
В	Количество фаз не играет роли.
130	Укажите косвенный метод оценки стойкости углеродистых сталей к образованию горячих трещин?
А	Количество мартенсита (%).
Б	Эквивалент углерода.
В	Эквивалент фосфора.
131	Какие существуют косвенные методы оценки стойкости низколегированных сталей против образования горячих трещин?
А	Эквивалент углерода.
Б	Критерий HCS.
В	Отношение эквивалента хрома к эквиваленту никеля.
132	Когда возникают холодные трещины?
А	При кристаллизации сварочной ванны.

Б	При температурах ниже 700 °С.
В	При температурах ниже 200 °С.
133	Как отличить по внешнему виду излома горячую трещину от холодной?
А	Горячая трещина прямолинейна, так как распространяется как по границам кристаллов, так и по телу кристалла.
Б	Горячая трещина имеет блестящую поверхность.
В	Горячая трещина имеет окисленную поверхность.
134	В какой из сталей более вероятно образование холодных трещин?
А	СтЗсп.
Б	20ХГСА.
В	14Г2.
135	В каких металлах могут быть холодные трещины?
А	В медных сплавах.
Б	В сталях, содержащих $C < 0,2 \%$ .
В	В сталях, содержащих $C > 0,35 \%$ .
136	Что такое технологическая прочность металла в процессе фазовых превращений в твердом состоянии?
А	Способность металла противостоять образованию трещин в период его кристаллизации.
Б	Способность металла противостоять образованию холодных трещин.
В	Способность металла противостоять образованию трещин повторного нагрева.
137	Какие трещины называют подсолидусными или полигонизационные?
А	Которые возникают в период кристаллизации сварочной ванны, т.е. при твердожидком ее состоянии.
Б	Которые возникают при температурах ниже температуры солидуса.
В	Которые возникают при температурах рекристаллизации.
138	По каким косвенным признакам можно судить о потенциальной возможности образования холодных трещин в сталях?
А	По эквиваленту фосфору.
Б	По эквиваленту углерода.
В	По суммарному содержанию серы и фосфора.
139	С какой целью проводят прямые испытания оценки возможности образования холодных трещин?
А	Выбора рациональной формы разделки свариваемых деталей.
Б	Разработки новых сплавов с высокой стойкостью против образования холодных трещин.
В	Определение требуемой температуры предварительного и сопутствующего подогрева.
140	Какие существуют методы повышения стойкости металла против образования холодных трещин?
А	Предварительный и сопутствующий подогрев.
Б	Использование электродов с целлюлозным покрытием.
В	Увеличение скорости сварки.
141	Что дает применение предварительного подогрева при сварке?
А	Уменьшает степень закалки металла.
Б	Повышает производительность сварки.
В	Улучшает формирование шва.
142	Какой вид термообработки чаще всего применяют после сварки низколегированных сталей?
А	Аустенизация.

Б	Отжиг.
В	Высокий отпуск.
143	Какая максимальная температура подогрева сталей перед сваркой?
А	Не более 200 град. Цельсия.
Б	Не более 450 град. Цельсия.
В	Не более 700 град. Цельсия.
<b>К разделу VI</b>	
144	При анализе технологической свариваемости металла, на какие вопросы надо дать ответы?
А	Какие дефекты возникают при сварке данного материала?
Б	Какие сварочные материалы надо применять при сварке данного материала?
В	Какая область применения данного материала?

### Перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Какие свойства дугового разряда относятся к технологическим?
2. Что такое эластичность сварочной дуги и чем она оценивается?
3. В чем заключается методика определения разрывной длины дуги по К. Хренову?
4. Как влияет на величину разрывной длины дуги напряжение холостого хода источника питания, сумма приэлектродных падений напряжения и напряженность электрического поля столба дуги?
5. За счет каких мер можно добиться повышения устойчивости горения дуги?
6. Что такое потенциал ионизации и работа выхода? Каково их влияние на характер горения дуги?
7. Что принято понимать под степенью ионизации и эффективным потенциалом ионизации?
8. Какая газовая атмосфера должна создаваться вокруг сварочной дуги - с высоким или низким потенциалом ионизации?
9. Какие компоненты, кроме рассмотренных в работе, можно рекомендовать для введения в электродные покрытия с целью повышения эластичности дуги?
10. Какие компоненты электродных покрытий снижают эластичность сварочной дуги?
11. Какие виды переноса электродного металла через дугу Вы знаете?
12. В чём проявляется влияние переноса металла на процесс сварки?
13. Какие силы действуют на каплю и каково их влияние на процесс переноса?
14. Какие факторы определяют характер переноса металла?
15. Чем обусловлено изменение тока и напряжения при ручной дуговой сварке?
16. Перечислите основные характеристики процесса плавления электродного металла.
17. От каких факторов они зависят?
18. Какие существуют методы управления переносом электродного металла в процессе сварки.?
19. Как классифицируются флюсы по способу изготовления?
20. Какова сущность кремне-марганцевосстановительных процессов при сварке под флюсом?
21. Какие реакции протекают в высокотемпературной области сварочной ванны?
22. Как влияет концентрация элементов на восстановление кремния и марганца железом?
23. Какова сущность механизмов осаждающего и диффузионного раскисления?
24. Какие реакции протекают в хвостовой части сварочной ванны?

25. Какие факторы определяют интенсивность кремне-марганцевосстановительных процессов?
26. Как влияет напряжение на дуге, значение и полярность сварочного тока на процессы восстановления  $Si$  и  $Mn$  из флюса?
27. Какова природа образования пор в сварных швах?
28. Какие газы оказывают наибольшее влияние на образование пор при сварке низколегированных сталей?
29. Каковы основные причины образования пор водородного происхождения?
30. Какие мероприятия предусматриваются для предупреждения пор, вызванных водородом? К чему сводятся технологические мероприятия?
31. В чем заключаются металлургические меры борьбы с водородом при сварке?
32. Какова сущность процесса связывания водорода в газовой фазе? Приведите примеры реализации этого способа борьбы с водородом.
33. Какова роль кремнезема в уменьшении пористости швов из низкоуглеродистой стали?
34. Какие существуют способы уменьшения растворимости водорода в жидком металле?
35. Какова сущность процесса удаления водорода из сварочной ванны?
36. Какая существует связь между раскисленностью металла шва и порообразованием?
37. Как влияют параметры процесса сварки на образование пор?
38. Опишите методику исследования влияния различных факторов на образование пор, предложенную К. В. Любавским. Что является критерием оценки стойкости швов против порообразования?

### 3.2 Задания для промежуточной аттестации

#### Контрольные вопросы к зачету с оценкой (3 семестр)

1. Привести классификацию способов сварки, и сформулировать возможные классификационные признаки.
2. Указать основные параметры термического цикла сварки.
3. определить мгновенную производительность расплавления (г/с) и коэффициент расплавления электрода диаметром 5 мм на номинальном токе при РДС малоуглеродистой стали, если  $U_0 = 28$  В;  $\eta_0 = 15\%$ ;  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ ;  $D_1 = 200^\circ\text{C}$ .
4. Укажите основные принципиальные трудности, препятствующие установлению межатомных связей при сварке.
5. Опишите идеальный термический цикл, способы его реализации.
6. Опишите механизм образования сварных соединений при сварке давлением; характер установления межатомных связей при стыковых способах контактной сварки сопротивлением и оплавлением.
7. Изложите способы возбуждения дуги при сварке плавящимся и неплавящимся электродом.
8. Опишите характер установления межатомных связей при точечной и шовой контактной сварке.
9. Изложите физические условия возникновения и устойчивого существования сварочной дуги.
10. Опишите характер образования сварного соединения при холодной сварке.
11. Опишите виды эмиссии в сварочной дуге.
12. Опишите характер установления межатомных связей при сварке плавлением.
13. Опишите виды ионизации газа в межэлектродном промежутке при сварке.



14. Опишите характер установления межатомных связей при сварке плавлением разнородных металлов.
15. Опишите физические процессы и энергетические преобразования в катодной области.
16. Укажите виды сварки, относящиеся к термическому классу сварочных процессов.
17. Опишите разновидности процессов переноса металла через дугу.
18. Опишите технологические разновидности процесса ЭШС.
19. 2. Опишите физические процессы и энергетические преобразования в столбе дуги и в анодной области.
20. Укажите виды сварки, относящиеся к термомеханическому классу сварочных процессов.
21. Укажите цели и способы создания управляемых форм переноса металла через дугу.
22. Укажите, за счет каких процессов происходит установление межатомных связей при термомеханическом классе сварочных процессов?
23. Укажите как и с какими целями можно регулировать термический цикл сварки?
  1. Опишите характер установления межатомных связей при сварке трением.
24. Опишите необходимость и пути снижения скорости охлаждения при сварке углеродистых и низколегированных сталей.
25. Укажите технологические разновидности дуговой сварки.
26. Опишите понятие «Физическая (принципиальная) свариваемость металлов».
27. Опишите, как повлияет введение щелочных или щелочно-земельных элементов на производительность сварки, если величина тока и длина дуги остаются прежними?
28. Опишите понятие «Энергия активации», ее виды.
29. Укажите способы первоначального возбуждения дуги при сварке плавящимся и неплавящимся электродом.
30. Опишите процесс образования сварных соединений при сварке трением. Характер установления межатомных связей.
31. Опишите тепловые характеристики сварочной дуги.
32. Опишите понятия «Термическая ионизация газа», «Эффективный потенциал ионизации», его влияние на температуру столба дуги.
33. Опишите негативные процессы, протекающие в ЗТВ при сварке сталей плавлением.
34. Опишите технологические разновидности дуговой сварки.
35. Укажите и охарактеризуйте способы расчетного и экспериментального определения площадей наплавки и проплавления при заданных режимах сварки.

### **Контрольные вопросы к зачету с оценкой (4 семестр)**

1. Дайте общую характеристику результатов влияния взаимодействия металла с окружающей средой в условиях сварки.
2. Какие методы защиты металла от вредного воздействия воздуха применяются при различных способах сварки?
3. Какие газы и шлаки взаимодействуют с металлом при различных способах сварки плавлением?
4. Каковы температурные условия взаимодействия металла с окружающей средой при различных способах сварки плавлением?
5. Каковы общие закономерности скорости реакций при сварке? Рассмотрите возможность применения термодинамических расчетов для сварки и произведите оценку

возможных при этом ошибок.

6. При каких условиях происходит окисление металла газовой фазой, содержащей кислород?
7. Как происходит окисление металла при сварке поверхностными окислами и окислами шлаков, растворимыми в металле?
8. Рассмотрите, как окисляется металл в результате обменных реакций со шлаками.
9. Каково влияние раскислителей на процессы окисления металла?
10. Как при сварке металл взаимодействует с азотом?
11. Рассмотрите общий характер взаимодействия водорода с различными металлами.
12. Рассмотрите взаимодействие водорода и металла при сварке углеродистых сталей. Его содержание в сварных швах, выполненных различными способами. Меры борьбы с вредным влиянием водорода.
13. Какой является общая схема взаимодействия металла при сварке со сложными газами, содержащими кислород?
14. Рассмотрите взаимодействие пламени *n* металлом в условиях газовой сварки плавлением.
15. Как осуществляется перенос металла с электрода в сварочную ванну при дуговой сварке плавящимся электродом?
16. Произведите оценку влияния испарения элементов на газовую фазу при дуговой сварке плавящимся электродом.
17. Какие количества кислорода и азота воздуха поступают в реакционное пространство при сварке штучными электродами с покрытиями?
18. Как осуществляется газовая защита при сварке покрытыми электродами?
19. Дайте характеристику окислительного воздействия электродных покрытий. Каковы средства обеспечения раскисления металла?
20. Что представляют собой сварочные шлаки? Их строение и характер влияния на взаимодействующий с ними металл?
21. Как оценивается кислотность и основность сварочных шлаков?
22. Рассмотрите общие требования к физическим свойствам сварочных шлаков.
23. Как осуществляется взаимодействие шлака и металла при электрошлаковой сварке и переплаве?
24. Как влияет режим электрошлаковой сварки на взаимодействие металла и шлака?
25. Рассмотрите общую схему взаимодействия металла, газовой фазы и шлака при автоматической и полуавтоматической сварках под флюсом.
26. Рассмотрите метод оценки влияния шлака на металл через газовую фазу при сварке под флюсом.
27. Каково влияние относительного количества флюса, участвующего в сварочном процессе, и степени развития межфазных поверхностей на взаимодействие металла и шлака?
28. Каково влияние состава флюса на изменение состава металла при сварке? Флюсы, применяемые для сварки различных металлов и сплавов.
29. Рассмотрите виды современных электродных покрытий. Их основные характеристики.
30. Как происходят процессы взаимодействия между металлом электродного стержня и покрытием?
31. Какие шлаки применяют и получают при дуговой сварке плавящимся электродом в атмосфере активных газов?
32. Каковы общие закономерности раскисления металла при сварке?
33. Рассмотрите раскисление металла с образованием газообразных продуктов

реакции.

34. Как происходит раскисление металла с получением конденсированных<sup>N</sup> продуктов реакции? Оцените необходимые количества раскислителя.

35. Как осуществляется раскисление металла воздействием шлаков?

36. Рассмотрите пути введения легирующих элементов в металл шва при сварке плавлением.

37. В чем заключается метод учета легирования металла шва при автоматической сварке под керамическим легирующим флюсом?

38. Как производится легирование наплавленного металла при сварке штучными электродами? Метод расчета необходимого количества легирующих элементов в электроде.

39. Рассмотрите легирование металла посредством обменных реакций со шлакообразующими.

40. Какова возможность науглероживания металла -при различных способах сварки плавлением?

41. Каково влияние серы на свойства некоторых металлов и сплавов? Процессы обессеривания металла при сварке.

42. Рассмотрите процессы удаления фосфора из металла.Какие методы

43. защиты металла от вредного воздействия воздуха применяются при различных способах сварки?

44. Каковы общие закономерности скорости реакций при сварке? Рассмотрите возможность применения термодинамических расчетов для сварки и произведите оценку возможных при этом ошибок.

45. Как происходит окисление металла при сварке поверхностными окислами и окислами шлаков, растворимыми в металле?

46. Что представляют собой сварочные шлаки? Их строение и характер влияния на взаимодействующий с ними металл.

47. Как оценивается кислотность и основность сварочных шлаков? Каковы общие требования к физическим свойствам сварочных шлаков?

48. Рассмотрите общую схему взаимодействия металла, газовой фазы и шлака при автоматической и полуавтоматической сварках под флюсом.

49. Каково влияние относительного количества флюса, участвующего в сварочном процессе, и степени развития межфазных поверхностей на взаимодействие металла и шлака?

50. Каковы общие закономерности раскисления металла при сварке? Рассмотрите раскисление металла с образованием газообразных и конденсированных продуктов реакции.

51. Как производится легирование наплавленного металла при сварке штучными электродами? Метод расчета необходимого количества легирующих элементов в электроде.

52. Каково влияние серы на свойства некоторых металлов и сплавов? Процессы обессеривания металла при сварке.

53. Понятие о сварочных деформациях и напряжениях, составляющие сварочных деформаций.

54. Чем определяются свойства металлов при температурах сварочного термического цикла.

55. Какие методы применяют для определения сварочных деформаций и напряжений.

56. Поля остаточных напряжений в сварных соединениях.

57. Свариваемость, основные критерии свариваемости.

58. Основы теории гомогенной и гетерогенной кристаллизации расплавленного металла

59. Особенности кристаллизации и формирования первичной структуры металла шва
60. Межкристаллитная химическая неоднородность сварного соединения.
61. Природа и механизм образования горячих трещин при сварке.
62. Основные факторы, обуславливающие образование холодных трещин при сварке.

