



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

А.В. Гридасов

(подпись)

« 20 » января 2022 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента промышленной безопасности

А.В. Гридасов

(подпись)

« 20 » января 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Металловедение и термическая обработка в сварочном и аддитивном производстве  
Направление подготовки 15.03.01 **Машиностроение**  
профиль подготовки **«Аддитивные и цифровые технологии»**  
Форма подготовки **очная**

курс 3 семестр 6

лекции 18 час.

практические занятия 36 час.

лабораторные работы не предусмотрены

в том числе с использованием МАО: лек. 4, пр. 10

всего часов аудиторной нагрузки 54 час.

самостоятельная работа 54 час.

контрольные работы (количество) 1

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 6 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 15.03.01 **Машиностроение**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от «09» августа 2021 г. № 727.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента промышленной безопасности протокол № 5 от «20» января 2022 г.

Директор департаментом промышленной безопасности к.т.н., профессор А.В. Гридасов  
Составители: к.т.н., П.А. Никифоров

Владивосток

2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента промышленной безопасности:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий департаментом \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента промышленной безопасности:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий департаментом \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента промышленной безопасности:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий департаментом \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента промышленной безопасности:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий департаментом \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель:** формирование знаний о физико-химических процессах, протекающих в материалах при термической обработке сварных соединений, при аддитивных технологических процессах и при термической обработке деталей, полученных аддитивными методами.

### Задачи:

- закрепить и расширить знания в области строения материалов, полученные студентами в курсе «Материаловедение»;
- закрепить и расширить знания, полученные в курсе «Материаловедение», о фазовых превращениях металлических материалов при высоких температурах (в т.ч. об их кинетике);
- ознакомить с механизмами образования трещин в сварных соединениях и деталях, полученных аддитивными методами;
- обучить основам выбора термической обработки сварных соединений и деталей, полученных аддитивными методами, для повышения их долговечности.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-технологический	<b>ПК-2</b> Способность расчета необходимого количества сварочных материалов для производства (изготовления, монтажа, ремонта, реконструкции) конструкции любой сложности; определения оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий	<b>ПК-2.2</b> Выполняет расчеты оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
<b>ПК-2.2</b> Выполняет расчеты оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий	<b>Знает</b> методы расчета оптимальных технологических режимов и параметров термической обработки сварных соединений конструкций (изделий, продукции) любой сложности
	<b>Умеет</b> производить расчеты оптимальных технологических режимов и параметров термической обработки сварных соединений конструкций любой сложности
	<b>Владеет</b> методиками расчета оптимальных технологических режимов и параметров термической обработки сварных соединений конструкций любой сложности

## 2. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётных единицы (108 академических часов).

(1 зачётная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
Пр	Практические занятия
ОК	Онлайн курс
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Физическое строение металлов	6	1		4		2		Зачёт
2	Термические процессы и структурные превращения при сварке	6	9		16		28		
3	Термическая обработка сварных соединений	6	2		4		6		
4	Особенности сварки и термической обработки сталей и сплавов различных классов	6	6		12		18		
	Итого:		18		36		54		108

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел 1. Физическое строение металлов (1 ч, в том числе по МАО 0,25 ч)

**Тема 1. Физическое строение металлов (1 ч, в том числе по МАО 0,25 ч)**

Атомное строение металлов. Кристаллическое строение металлов.

**Раздел 2. Термические процессы и структурные превращения при сварке (9 ч, в том числе по МАО 3,25 ч)**

**Тема 1. Термические циклы сварки (1 ч, в том числе по МАО 0,25 ч)**

Термические циклы сварки. Влияние термических циклов на структуру и свойства сварных соединений.

**Тема 2. Плавление и кристаллизация металла сварочной ванны (2 ч, в том числе по МАО 1 ч)**

Плавление металла в сварочной ванне. Закономерности кристаллизации сварного шва. Полиморфные превращения, их роль при сварке. Диаграммы состояния, их значение при кристаллизации металла сварочной ванны.

**Тема 3. Диффузия в сварных соединениях (1 ч, в том числе по МАО 0 ч)**

Основные закономерности диффузии. Диффузионные процессы при сварке.

**Тема 4. Структурные превращения в сталях при сварке (2 ч, в том числе по МАО 1 ч)**

Фазовые превращения в сталях при нагреве и охлаждении. Методы определения параметров превращений. Влияние максимальной температуры нагрева. Влияние длительности пребывания выше критической точки  $A_{c3}$ . Влияние изотермической выдержки на стадии охлаждения. Влияние исходного состояния стали. Влияние термоциклирования на стадии охлаждения.

**Тема 5. Влияние легирующих элементов на процессы, протекающие в сталях при сварке (1 ч, в том числе по МАО 0 ч)**

Кинетика образования аустенита. Гомогенизация аустенита. Рост аустенитного зерна. Влияние легирующих элементов на кинетику распада аустенита.

**Тема 6. Свариваемость сталей (2 ч, в том числе по МАО 1 ч)**

Горячие трещины. Холодные трещины. Хрупкое разрушение. Отпускная хрупкость и хрупкость в условиях ползучести. Водородоустойчивость. Слоистые трещины. Трещины повторного нагрева. Разупрочнение.

**Раздел 3. Термическая обработка сварных соединений (2 ч, в том числе по МАО 0,5 ч)**

**Тема 1. Термическая обработка сварных соединений (2 ч, в том числе по МАО 0,5 ч)**

Общие положения термической обработки. Термическая обработка сварных соединений низкоуглеродистых сталей. Термическая обработка сварных соединений низколегированных теплостойких сталей. Термическая обработка сварных соединений высоколегированных хромистых сталей. Термическая обработка сварных соединений аустенитных сталей.

**Раздел 4. Особенности сварки и термической обработки сталей и сплавов различных классов (6 ч, в том числе по МАО 0 ч)**

**Тема 1. Углеродистые, низко- и среднелегированные стали (1,5 ч, в том числе по МАО 0 ч)**

Требования к свойствам сварных соединений. Низкоуглеродистые и низколегированные стали. Теплостойкие низколегированные стали. Двухфазные (ферритно-мартенситные) низколегированные стали. Среднеуглеродистые стали. Высокоуглеродистые стали. Хладостойкие стали.

## **Тема 2. Высоколегированные стали (1,5 ч, в том числе по МАО 0 ч)**

Хромистые стали. Хромомарганцовистые стали. Хромоникелевые аустенитные стали. Аустенитно-мартенситные и мартенситно-ферритные стали. Аустенитно-ферритные стали. Хромникелькремнистые стали. Высокомарганцовистые стали.

## **Тема 3. Сварные соединения разнородных сталей (1,5 ч, в том числе по МАО 0 час.)**

Образование промежуточных сплавов в зоне сплавления. Диффузионные процессы в твердом состоянии на границе сплавления разнородных сталей.

## **Тема 4. Наплавленный металл (1,5 ч, в том числе по МАО 0 ч)**

Особенности строения и свойства износостойких наплавленных слоев. Роль легирования износостойкого наплавленного металла. Износостойкий наплавленный металл, упрочняемый выделениями дисперсной фазы. Нестабильно аустенитный наплавленный металл. Покрытия, получаемые лазерной наплавкой.

# **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

## **Занятие 1. Кристаллическая структура металлов (4 ч)**

Содержание занятия: необходимо ознакомиться с особенностями атомного и кристаллического строения промышленно значимых металлов и сплавов, соотнести их со свойствами этих материалов.

## **Занятие 2. Диаграммы состояния двойных систем (4 ч, в том числе по МАО 2 ч)**

Содержание занятия: необходимо проанализировать предложенную диаграмму состояния, описать наиболее важные превращения в системе. Найти фазовый состав в данной точке. Указать участки диаграммы, наиболее интересные для получения конструкционных материалов.

**Практическое занятие проводится с использованием элементов метода активного обучения «Case-study».**

**Занятие 3. Диаграмма состояния системы «железо-цементит» (4 ч, в том числе по МАО 2 ч)**

Содержание занятия: необходимо повторить важнейшие точки и линии данной диаграммы, важнейшие фазы и структуры в системе «железо-углерод». Построить кривые охлаждения для предложенных сплавов, оценить их интервал кристаллизации и описать равновесную структуру.

**Практическое занятие проводится с использованием элементов метода активного обучения «Case-study».**

**Занятие 4. Процесс первичной кристаллизации и структура наплавленного металла (4 ч, в том числе по МАО 2 ч)**

Содержание занятия: необходимо вспомнить механизм первичной кристаллизации металлов и сплавов, влияние интервала кристаллизации на характер получаемой структуры. Ознакомиться с предложенными фотографиями микроструктур, оценить различия в микроструктуре сварного шва и основного металла.

**Практическое занятие проводится с использованием элементов метода активного обучения «Case-study».**

**Занятие 5. Микроструктура углеродистых сталей (4 ч, в том числе по МАО 2 ч)**

Содержание занятия: ознакомиться с предложенными фотографиями микроструктур, оценить содержание углерода в данной стали и предположить, какой термический режим мог привести к образованию подобной структуры. Обосновать свои предположения.



**Практическое занятие проводится с использованием элементов метода активного обучения «Case-study».**

**Занятие 6. Диаграммы распада аустенита (4 ч, в том числе по МАО 2 ч)**

Содержание занятия: необходимо вспомнить принципы построения изотермических и термокинетических диаграмм распада аустенита. Ознакомиться с предложенными диаграммами, оценить структуры соответствующих сталей после различных режимов охлаждения.

**Практическое занятие проводится с использованием элементов метода активного обучения «Case-study».**

**Занятие 7. Структура покрытий из никелевых сплавов, полученных лазерной наплавкой (4 ч, в том числе по МАО 0 ч)**

Содержание занятия: ознакомиться с фотографиями микроструктур покрытий из жаропрочных никелевых сплавов, нанесенных лазерной наплавкой. Оценить дефекты покрытий, предложить изменения в технологии для получения оптимальной структуры.

**Занятие 8. Структура покрытий из медных сплавов, полученных лазерной наплавкой (4 ч, в том числе по МАО 0 ч)**

Содержание занятия: ознакомиться с фотографиями микроструктур покрытий из алюминиевых бронз, нанесенных лазерной наплавкой. Оценить дефекты покрытий, предложить изменения в технологии для получения оптимальной структуры.

## **Занятие 9. Структура покрытий из антифрикционных сплавов, полученных лазерной наплавкой (4 ч, в том числе по МАО 0 ч)**

Содержание занятия: ознакомиться с фотографиями микроструктур баббитовых покрытий, нанесенных лазерной наплавкой. Оценить дефекты покрытий, предложить изменения в технологии для получения оптимальной структуры.

### **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

Учебным планом не предусмотрены.

## **5. СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

### **Текущая самостоятельная работа**

Текущая самостоятельная работа по дисциплине «Металловедение и термическая обработка в сварочном и аддитивном производстве», направленная на углубление и закрепление знаний студента, на развитие его практических умений и навыков, включает в себя следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к зачету.

### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	Освоение теоретического учебного материала. Подготовка и выполнение практических занятий Подготовка и сдача отчётов.	1–17 неделя 6 семестра	19	Собеседование (УО-1), проверка конспекта (ПР-7)

	Подготовка к контрольным мероприятиям			
2	Текущая аттестация по дисциплине (Контрольная работа №1)	3 неделя 6 семестра	2	Контрольная работа (ПР-2)
3	Текущая аттестация по дисциплине (Контрольная работа №2)	10 неделя 6 семестра	2	Контрольная работа (ПР-2)
4	Текущая аттестация по дисциплине (Контрольная работа №3)	14 неделя 6 семестра	2	Контрольная работа (ПР-2)
5	Текущая аттестация по дисциплине (Контрольная работа №4)	16 неделя 6 семестра	2	Контрольная работа (ПР-2)
6	Итоговая аттестация по дисциплине	18 неделя 6 семестра	27	Коллоквиум (УО-2)
Итого:			54	

## 6. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Физическое строение металлов	ПК-2.2 Выполняет расчеты оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий	Знает	Собеседование (УО-1), контрольная работа (ПР-2), конспект (ПР-7)	Собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2). Номера вопросов: 1-8
			Умеет		
			Владеет навыками		
2	Раздел 2. Термические процессы и структурные превращения при сварке	ПК-2.2 Выполняет расчеты оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий	Знает	Собеседование (УО-1), контрольная работа (ПР-2), конспект (ПР-7)	Собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2). Номера вопросов: 9-23
			Умеет		
			Владеет навыками		
3	Раздел 3. Термическая обработка сварных соединений	ПК-2.2 Выполняет расчеты оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий	Знает	Собеседование (УО-1), контрольная работа (ПР-2), конспект (ПР-7)	Собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2). Номера вопросов: 24-28
			Умеет		
			Владеет навыками		
4	Раздел 4. Особенности сварки и термической обработки сталей и сплавов различных классов	ПК-2.2 Выполняет расчеты оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий	Знает	Собеседование (УО-1), контрольная работа (ПР-2), конспект (ПР-7)	Собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2). Номера вопросов: 29-36
			Умеет		
			Владеет навыками		

Вопросы для самоконтроля и промежуточной аттестации, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие результаты обучения, представлены в Приложении

## 7. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Гадалов В. Н. Материаловедение и металловедение сварки : Учебник / В. Н. Гадалов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 308 с.  
<https://library.dvfu.ru/lib/document/EBSZnanium/52B0EBC3-5FDC-4D7D-B8D2-5E9356936876/>
2. Чернышов Г. Г. Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Г. Г. Чернышов, Д. М. Шашин, В. И Гирш, А. П. Исаев [и др.], 2021. – 464 с.  
<https://library.dvfu.ru/lib/document/EBSLan/6E77D558-8967-4264-876F-EC8DAA073CD1/>
3. Михайлицын С. В. Сварка специальных сталей и сплавов : Учебник / С. В. Михайлицын. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 192 с.  
<https://library.dvfu.ru/lib/document/EBSZnanium/981C95B8-5DC9-4483-80F3-2A976CDBF81C/>

### Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Мосесов М. Д. Основы металловедения и сварки : Учебное пособие / М. Д. Мосесов. – М. : ФОРУМ, 2019. – 128 с.  
<https://library.dvfu.ru/lib/document/EBSZnanium/98877A63-25E5-488C-B72A-50D6B27A82DB/>
2. Зорин Н.Е., Зорин Е.Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением: Учебное пособие. – СПб.: Издательство Лань, 2016. – 164 с.  
<https://e.lanbook.com/reader/book/74676/#2>
3. Материалы и их поведение при сварке : учебное пособие / В. П. Моисеенко. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2009. – 301 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:381643&theme=FEFU>
4. Ануфриев И. Е. Самоучитель MatLab 5.3/6.x. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 736 с.: ил.

5. Попов А. А., Попова Л. Е. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита: Справочник термиста. – М.: Металлургия, 1985. – 495 с.
6. Негода Е.Н., Максимец Н.А. Теория сварочных процессов: Методические указания по выполнению практических заданий. – Владивосток: Изд. ДВГТУ, 2011. – 30 с.
7. Негода Е.Н., Максимец Н.А. Теория сварочных процессов: Методические указания по выполнению курсовой работы. – Владивосток: Изд. ДВГТУ, 2011. – 22 с.

#### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- <http://websvarka.ru>
- <http://www.svarka.com>
- <http://autoweld.ru/statyai.php>
- <http://www.shtorm-its.ru>
- <http://www.osvarke.com>
- <http://www.autowelding.ru>
- <http://www.drevniymir.ru>
- <http://www.weldportal.ru>
- <http://www.esab.ru>
- <http://www.spetsselektrode.ru>

#### **8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теоретическая часть курса, проводимая в аудиториях/лабораториях ДВФУ (с преподавателем/руководителем) – 18 ч, в том числе с использованием интерактивных методов (МАО) – 4 ч.

Практическая часть курса, проводимая в аудиториях/лабораториях ДВФУ (с преподавателем/руководителем) – 36 часов, в том числе с использованием интерактивных методов (МАО) – 10 ч.

Лабораторные работы по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

Всего часов аудиторной нагрузки (с преподавателем/руководителем) – 54 ч, в том числе с использованием интерактивных методов (МАО) – 14 ч.

Время на самостоятельную работу (без преподавателя/руководителя) как теоретической, так и практической частей курса – 54 ч.

### **Рекомендации по планированию и организации времени на изучение дисциплины**

Обучение по рабочей программе учебной дисциплины «Металловедение и термическая обработка в сварочном и аддитивном производстве» направления подготовки 15.03.01 Машиностроение, профиль «Аддитивные и цифровые технологии» предполагает изучение курса на аудиторных занятиях (лекции и практические работы) и самостоятельной работы студентов. С целью обеспечения успешного обучения студент должен готовиться к лекции, поскольку она является важнейшей формой организации учебного процесса, поскольку:

- знакомит с новым учебным материалом;
- разъясняет учебные элементы, трудные для понимания;
- систематизирует учебный материал;
- ориентирует в учебном процессе.

Подготовка к лекции заключается в следующем:

- внимательно прочитайте материал предыдущей лекции;
- узнайте тему предстоящей лекции (по тематическому плану, по информации лектора);
- ознакомьтесь с учебным материалом по учебнику и учебным пособиям;
- постарайтесь уяснить место изучаемой темы в своей профессиональной подготовке;
- запишите возможные вопросы, которые вы зададите лектору на лекции.

## **Рекомендации по работе с информационными источниками**

Работа с информацией – процесс нахождения знаний (информации) о причинах возникновения проблем, применённых инженерных решений/идей, современного состояния объекта исследования.

Поиск информации по дисциплине и её дальнейшей обработки следует начинать с:

- проработки тематического плана – теоретическая и практическая части курса;
- классификации информационного материала;
- составления логической схемы основных понятий, категорий, связей между рассматриваемыми темами;
- составления новой библиографии, при неудовлетворении предложенной.
- реферирования – краткое, основное содержание одной и более работ по теме.
- конспектирования – детальное изложение главных положений и концептуальных идей.
- аннотирования (аннотация) – краткое, предельно сжатое изложение основного содержания литературных источников.
- цитирования – дословная запись высказываний, выражений автора, а также приведение в тексте работы фактических и статистических данных, содержащихся в литературных источниках.

Для реализации информации в письменном/машинно-печатном виде необходимо выполнять общепринятые требования по оформлению – ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам; ПРИКАЗ № от ФГАОУ ВО ДВФУ,

## **Рекомендации по подготовке к текущей/промежуточной аттестации**

Успешное освоение программы курса предполагает:



- усвоение теоретической части курса;
- выполнение требований преподавателя (руководителя), установленных преподавателем (руководителем) в рамках профессиональной деятельности сотрудника ДВФУ;
- выполнение практической части курса (практические задания/лабораторные работы/тесты/контрольные мероприятия/курсовые работы/курсовые проекты и др.).

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться в следующих помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением, расположенных по адресу 690022, г. Владивосток, о.Русский, п. Аякс, 10:

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы <sup>1</sup>	Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебные аудитории для проведения учебных занятий:		
L346 / L347	Лекционные аудитории оборудованы маркерной доской	
Помещения для самостоятельной работы:		
A1042 аудитория для самостоятельной работы студентов	Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.; Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья: Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue; Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой; Устройство портативное для чтения плоскочечатных текстов PEarl; Сканирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видео	Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № A238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ptt.; - лицензия па право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; -

<sup>1</sup> В соответствии с п.4.3. ФГОС

	<p>увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition;  Видео увеличитель Topaz 24" XL  стационарный электронный; Обучающая  система для детей тактильно-речевая, либо  для людей с ограниченными возможностями  здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY  портативный – 2 шт.; Экран Samsung  S23C200B; Маркер-диктофон Touch Memo  цифровой.</p>	<p>лицензия на право подключения к  серверу Microsoft Exchange Server  Enterprise; - лицензия на право  подключения к внутренней  информационной системе  документооборота и порталу с  возможностью поиска  информации во множестве  удаленных и локальных  хранилищах, ресурсах,  библиотеках информации,  включая порталные хранилища,  используемой в ДВФУ: Microsoft  SharePoint; - лицензия на право  подключения к системе  централизованного управления  рабочими станциями,  используемой в ДВФУ: Microsoft  System Center.</p>
--	--	--

## **Х. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Фонды оценочных средств представлены в приложении.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Металловедение и термическая обработка в сварочном  
и аддитивном производстве»  
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
профиль подготовки «Аддитивные и цифровые технологии»  
Форма подготовки очная

Владивосток  
2022

**Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины**

№ п/п	Контролируемые разделы	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Физическое строение металлов	ПК-2.2 Выполняет расчеты оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий	Знает	Собеседование (УО-1), контрольная работа (ПР-2), конспект (ПР-7)	Собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2). Номера вопросов: 1-8
			Умеет		
			Владеет навыками		
2	Раздел 2. Термические процессы и структурные превращения при сварке	ПК-2.2 Выполняет расчеты оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий	Знает	Собеседование (УО-1), контрольная работа (ПР-2), конспект (ПР-7)	Собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2). Номера вопросов: 9-23
			Умеет		
			Владеет навыками		
3	Раздел 3. Термическая обработка сварных соединений	ПК-2.2 Выполняет расчеты оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий	Знает	Собеседование (УО-1), контрольная работа (ПР-2), конспект (ПР-7)	Собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2). Номера вопросов: 24-28
			Умеет		
			Владеет навыками		
4	Раздел 4. Особенности сварки и термической обработки сталей и сплавов различных классов	ПК-2.2 Выполняет расчеты оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий	Знает	Собеседование (УО-1), контрольная работа (ПР-2), конспект (ПР-7)	Собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2). Номера вопросов: 29-36
			Умеет		
			Владеет навыками		

## **Оценочные средства для текущего контроля**

### **I текущий контроль**

1. Влияние атомно-кристаллического строения на свойства металлов.
2. Термический цикл сварки, его основные параметры.
3. Основные факторы формирования сварных соединений.
4. Особенности кристаллизации металла сварного шва.
5. Роль полиморфных превращений при сварке.
6. Значение диаграмм состояния при кристаллизации металла сварочной ванны.
7. Химическая неоднородность металла шва.
8. Диффузионные процессы при сварке.

Вышеперечисленные вопросы используются при составлении контрольной работы №1 «Физическое строение металлов и термические процессы при сварке».

### **II текущий контроль**

9. Фазовые превращения в сталях при нагреве.
10. Фазовые превращения в сталях при охлаждении.
11. Влияние параметров термического цикла сварки на структуру сварного шва.
12. Фазовые превращения в ЗТВ при нагреве.
13. Строение ЗТВ.
14. Гомогенизация аустенита при сварке.
15. Рост аустенитного зерна.
16. Влияние химического состава стали на кинетику распада аустенита.

17. Понятие свариваемости сталей.
18. Горячие и холодные трещины.
19. Хрупкое разрушение.
20. Отпускная хрупкость.
21. Водородоустойчивость.
22. Слоистые трещины.
23. Трещины повторного нагрева.

Вышеперечисленные вопросы используются при составлении контрольной работы №2 «Структурные превращения при сварке».

### **III Текущий контроль**

24. Общие принципы термической обработки сварных соединений.
25. Термическая обработка сварных соединений низкоуглеродистых сталей.
26. Термическая обработка сварных соединений низколегированных теплостойких сталей.
27. Термическая обработка сварных соединений высоколегированных хромистых сталей.
28. Термическая обработка сварных соединений аустенитных сталей.

Вышеперечисленные вопросы используются при составлении контрольной работы №3 «Термическая обработка сварных соединений».

### **IV Текущий контроль**

29. Особенности сварки и ТО углеродистых, низко- и среднелегированных сталей.
30. Особенности сварки и ТО высоколегированных сталей.
31. Образование промежуточных сплавов при сварке разнородных сталей.

32. Диффузия в твердом состоянии при сварке разнородных сталей.
33. Строение и свойства износостойких наплавленных слоев.
34. Роль легирования износостойкого наплавленного металла.
35. Износостойкий наплавленный металл, упрочненный дисперсными выделениями.
36. Нестабильно аустенитный наплавленный металл.

Вышеперечисленные вопросы используются при составлении контрольной работы №4 «Особенности сварки и ТО сталей и сплавов различных классов».

## **Комплект заданий для контрольных работ**

по дисциплине

«Металловедение и термическая обработка сварных соединений»

### **Контрольная работа №1 «Физическое строение металлов и термические процессы при сварке»**

#### **Вариант 1**

1. Влияние атомно-кристаллического строения на свойства металлов.
2. Основные факторы формирования сварных соединений.
3. Роль полиморфных превращений при сварке.
4. Химическая неоднородность шва.

### **Контрольная работа №1 «Физическое строение металлов и термические процессы при сварке»**

#### **Вариант 2**

1. Термический цикл сварки, его основные параметры.
2. Особенности кристаллизации металла сварного шва.
3. Значение диаграмм состояния при кристаллизации металла сварочной ванны.
4. Диффузионные процессы при сварке.

### **Контрольная работа №2 «Структурные превращения при сварке»**

#### **Вариант 1**

1. Фазовые превращения в сталях при нагреве.
2. Строение ЗТВ.
3. Понятие свариваемости сталей.
4. Водородоустойчивость.

### **Контрольная работа №2 «Структурные превращения при сварке»**

#### **Вариант 2**



1. Фазовые превращения в сталях при охлаждении.
2. Гомогенизация аустенита при сварке.
3. Горячие и холодные трещины.
4. Слоистые трещины.

### **Контрольная работа №2 «Структурные превращения при сварке»**

#### **Вариант 3**

1. Влияние параметров термического цикла сварки на структуру сварного шва.
2. Рост аустенитного зерна.
3. Хрупкое разрушение.
4. Трещины повторного нагрева.

### **Контрольная работа №2 «Структурные превращения при сварке»**

#### **Вариант 4**

1. Фазовые превращения в ЗТВ при нагреве.
2. Влияние химического состава стали на кинетику распада аустенита.
3. Отпускная хрупкость.
4. Горячие и холодные трещины.

### **Контрольная работа №3 «Термическая обработка сварных соединений»**

#### **Вариант 1**

1. Общие принципы термической обработки сварных соединений.
2. Термическая обработка сварных соединений низкоуглеродистых сталей.
3. Термическая обработка сварных соединений высоколегированных хромистых сталей.

### **Контрольная работа №3 «Термическая обработка сварных соединений»**

#### **Вариант 2**

1. Общие принципы термической обработки сварных соединений.

2. Термическая обработка сварных соединений низколегированных теплостойких сталей.
3. Термическая обработка сварных соединений аустенитных сталей.

### **Контрольная работа №4 «Особенности сварки и ТО сталей и сплавов различных классов»**

#### **Вариант 1**

1. Особенности сварки и ТО углеродистых, низко- и среднелегированных сталей.
2. Образование промежуточных слоев при сварке разнородных сталей.
3. Строение и свойства износостойких наплавленных слоев.
4. Износостойкий наплавленный металл, упрочненный дисперсными выделениями.

### **Контрольная работа №4 «Особенности сварки и ТО сталей и различных классов»**

#### **Вариант 2**

1. Особенности сварки и ТО высоколегированных сталей.
2. Диффузия в твердом состоянии при сварке разнородных сталей.
3. Роль легирования износостойкого наплавленного металла.
4. Нестабильно аустенитный наплавленный металл.

Критерии оценки:

100–86 баллов выставляется студенту, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий; делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа; фактические ошибки отсутствуют.

85–76 баллов выставляется студенту, если дан ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, глубоко и полно раскрывающий тему; показывающий владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна-две неточности в ответе.

75–61 балл выставляется студенту, если ответ свидетельствует в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличается недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

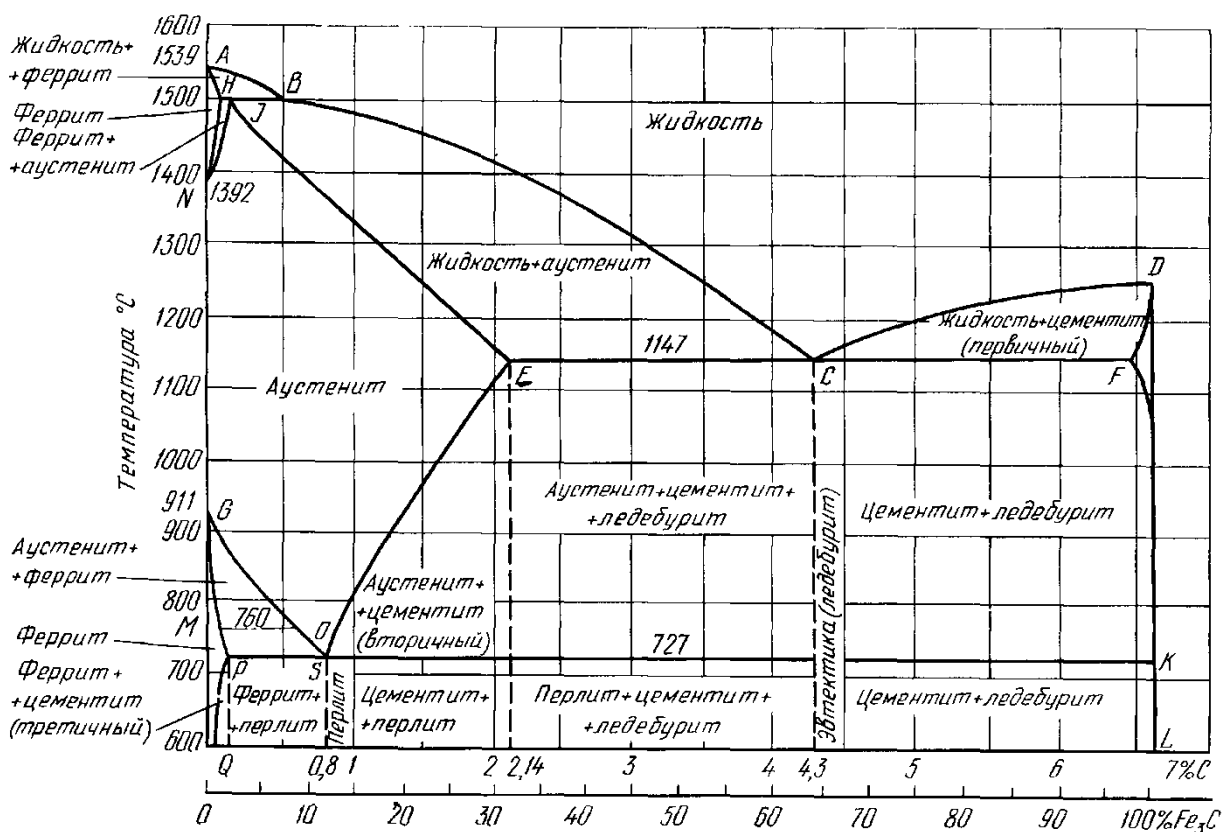
60–50 баллов выставляется студенту, если ответ обнаруживает незнание процессов изучаемой предметной области, отличается неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

### **Кейс-задачи**

#### **Занятие 2. Диаграммы состояния двойных систем**

- а) Какие типы диаграмм состояния предпочтительны для свариваемых сплавов?
- б) Как по диаграмме состояния оценить склонность сплава к ликвации?

### Занятие 3. Диаграмма состояния системы «железо-цементит»



Оцените ликвацию и нарисуйте кривые охлаждения для сплавов, содержащих:

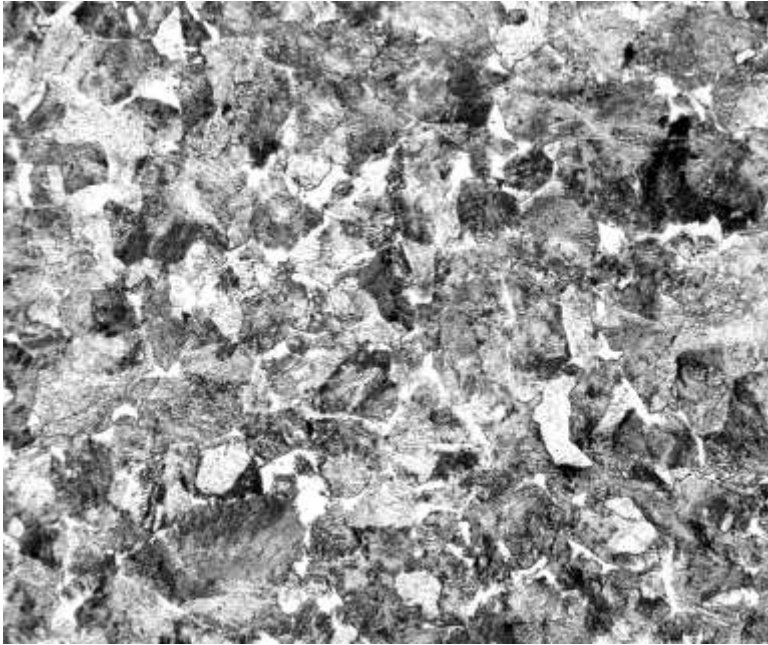
- а) 0,1 % С; б) 1 % С.

### Занятие 4. Процесс первичной кристаллизации и структура наплавленного металла

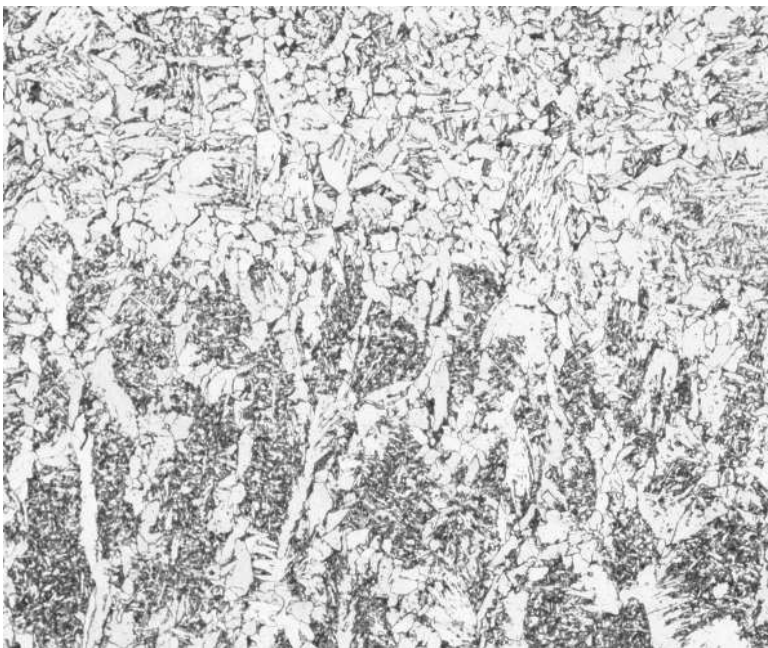
- а) Как ширина интервала кристаллизации влияет на характер первичной кристаллизации?
- б) Добавки каких элементов можно использовать для получения более мелкого зерна при первичной кристаллизации сталей? Каков механизм действия этих элементов?

### Занятие 5. Микроструктура углеродистых сталей

- а) Оцените содержание углерода в стали и предположите, какой термический режим привел к образованию такой структуры.



б) Оцените содержание углерода в стали и предположите, какой термический режим привел к образованию такой структуры.

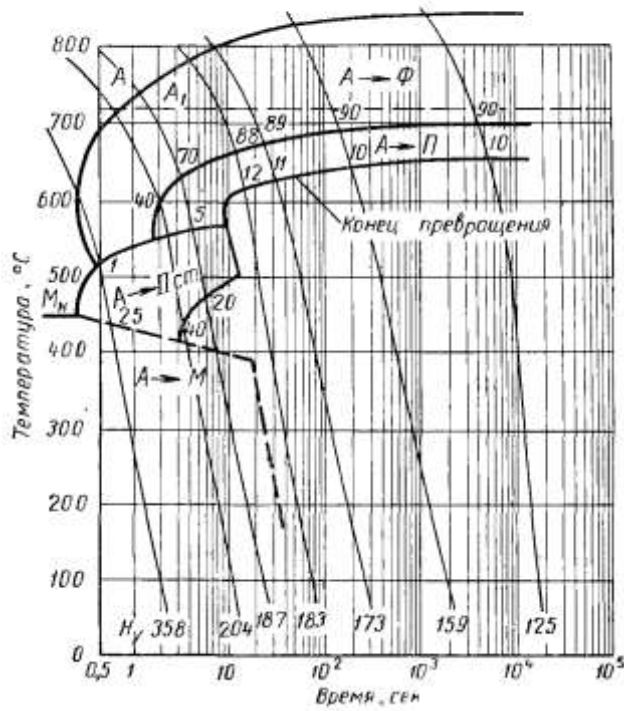


### **Занятие 6. Диаграммы распада аустенита**

а) Оцените структуру и свойства стали 15 после охлаждения с 920 °С со средней скоростью 10 °С/с.

Сталь 15

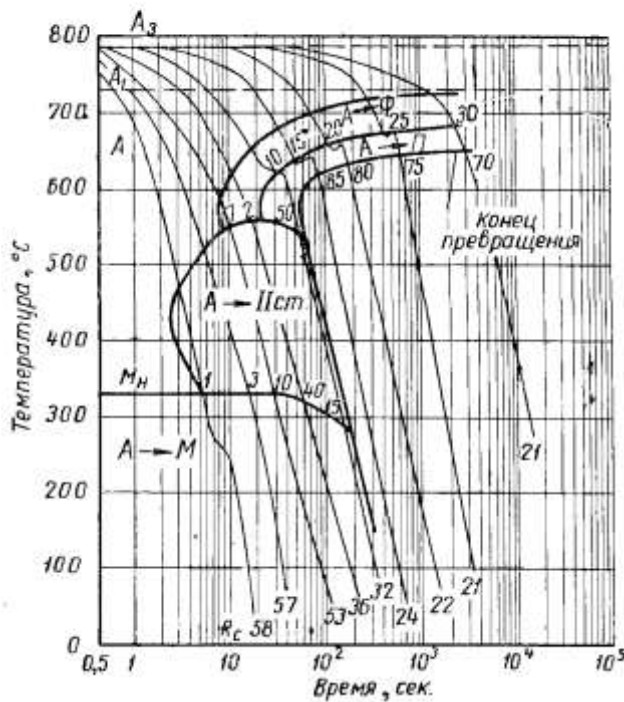
C	Si	Mn	Cr	Cu	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	M <sub>H</sub>	T <sub>H</sub>
0,13	0,26	0,56	0,07	0,2	725	870	450	920



б) Оцените структуру и свойства стали 35ГС после охлаждения с 780 °С со средней скоростью 20 °С/с.

Сталь 35ГС

C	Si	Mn	Cr	V	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	M <sub>H</sub>	T <sub>H</sub>
0,38	1,05	1,14	0,23	0,02	735	795	330	1050



## Оценочные средства для промежуточной аттестации

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Шкала оценивания промежуточной аттестации	
		Незачтено	Зачтено
ПК-2.2 Выполняет расчеты оптимальных режимов и параметров технологических процессов сварки и аддитивных технологий	Знает	Не знает термические циклы, характерные для сварочных и аддитивных процессов. Не знает характер распада метастабильных фаз в металлических материалах при их охлаждении.	Знает термические циклы, характерные для сварочных и аддитивных процессов. Знает характер распада метастабильных фаз в металлических материалах при их охлаждении.
	Умеет	Не умеет определять влияние термических циклов сварочных и аддитивных процессов на структурное состояние конкретного обрабатываемого материала.	Умеет определять влияние термических циклов сварочных и аддитивных процессов на структурное состояние конкретного обрабатываемого материала.
	Владеет навыками	Не владеет навыками назначения термической обработки деталей после сварки или аддитивного производства.	Владеет навыками назначения термической обработки деталей после сварки или аддитивного производства.

### Вопросы для коллоквиумов, собеседования

по дисциплине

Металловедение и термическая обработка в сварочном и аддитивном производстве

#### Раздел 1 «Физическое строение металлов»

1. Влияние атомно-кристаллического строения на свойства металлов.
2. Термический цикл сварки, его основные параметры.
3. Основные факторы формирования сварных соединений.
4. Особенности кристаллизации металла сварного шва.
5. Роль полиморфных превращений при сварке.

6. Значение диаграмм состояния при кристаллизации металла сварочной ванны.

7. Химическая неоднородность металла шва.

8. Диффузионные процессы при сварке.

## **Раздел 2 «Термические процессы и структурные превращения при сварке»**

9. Фазовые превращения в сталях при нагреве.

10. Фазовые превращения в сталях при охлаждении.

11. Влияние параметров термического цикла сварки на структуру сварного шва.

12. Фазовые превращения в ЗТВ при нагреве.

13. Строение ЗТВ.

14. Гомогенизация аустенита при сварке.

15. Рост аустенитного зерна.

16. Влияние химического состава стали на кинетику распада аустенита.

17. Понятие свариваемости сталей.

18. Горячие и холодные трещины.

19. Хрупкое разрушение.

20. Отпускная хрупкость.

21. Водородоустойчивость.

22. Слоистые трещины.

23. Трещины повторного нагрева.

## **Раздел 3 «Термическая обработка сварных соединений»**

24. Общие принципы термической обработки сварных соединений.

25. Термическая обработка сварных соединений низкоуглеродистых сталей.

26. Термическая обработка сварных соединений низколегированных теплостойких сталей.



27. Термическая обработка сварных соединений высоколегированных хромистых сталей.

28. Термическая обработка сварных соединений аустенитных сталей.

#### **Раздел 4 «Особенности сварки и термической обработки сталей и сплавов различных классов»**

29. Особенности сварки и ТО углеродистых, низко- и среднелегированных сталей.

30. Особенности сварки и ТО высоколегированных сталей.

31. Образование промежуточных сплавов при сварке разнородных сталей.

32. Диффузия в твердом состоянии при сварке разнородных сталей.

33. Строение и свойства износостойких наплавленных слоев.

34. Роль легирования износостойкого наплавленного металла.

35. Износостойкий наплавленный металл, упрочненный дисперсными выделениями.

36. Нестабильно аустенитный наплавленный металл.

### **Билеты для промежуточной аттестации**

по дисциплине

«Металловедение и термическая обработка в сварочном и аддитивном производстве»

#### **Билет №1**

1. Влияние атомно-кристаллического строения на свойства металлов.
2. Фазовые превращения в сталях при охлаждении.
3. Хрупкое разрушение.
4. Термическая обработка сварных соединений аустенитных сталей.

## **Билет №2**

1. Термический цикл сварки, его основные параметры.
2. Фазовые превращения в ЗТВ при нагреве.
3. Отпускная хрупкость.
4. Особенности сварки и ТО углеродистых, низко- и среднелегированных сталей.

## **Билет №3**

1. Основные факторы формирования сварных соединений.
2. Влияние параметров термического цикла сварки на структуру сварного шва.
3. Водородоустойчивость.
4. Особенности сварки и ТО высоколегированных сталей.

## **Билет №4**

1. Особенности кристаллизации металла сварного шва.
2. Строение ЗТВ.
3. Слоистые трещины.
4. Образование промежуточных сплавов при сварке разнородных сталей.

## **Билет №5**

1. Роль полиморфных превращений при сварке.
2. Гомогенизация аустенита при сварке.
3. Трещины повторного нагрева.
4. Диффузия в твердом состоянии при сварке разнородных сталей.

### **Билет №6**

1. Значение диаграмм состояния при кристаллизации металла сварочной ванны.
2. Рост аустенитного зерна.
3. Общие принципы термической обработки сварных соединений.
4. Строение и свойства износостойких наплавленных слоев.

### **Билет №7**

1. Химическая неоднородность металла шва.
2. Влияние химического состава стали на кинетику распада аустенита.
3. Термическая обработка сварных соединений низкоуглеродистых сталей.
4. Роль легирования износостойкого наплавленного металла.

### **Билет №8**

1. Диффузионные процессы при сварке.
2. Понятие свариваемости сталей.
3. Термическая обработка сварных соединений низколегированных теплостойких сталей.
4. Износостойкий наплавленный металл, упрочненный дисперсными выделениями.

### **Билет №9**

1. Фазовые превращения в сталях при нагреве.
2. Горячие и холодные трещины.

3. Термическая обработка сварных соединений высоколегированных хромистых сталей.
4. Нестабильно аустенитный наплавленный металл.

**Билет №10**

1. Термический цикл сварки, его основные параметры.
2. Строение ЗТВ.
3. Общие принципы термической обработки сварных соединений.
4. Износостойкий наплавленный металл, упрочненный дисперсными выделениями.