

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра материаловедения и технологии материалов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.Э.7.1 Термическая обработка сварных соединений»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановление деталей машин и
аппаратов

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.Э.7.1 Термическая обработка сварных соединений» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

материаловедения и технологии материалов

наименование кафедры

протокол №8 от "16" 03 2026 г.

Заведующий кафедрой

материаловедения и технологии материалов

наименование кафедры

подпись

В.И. Юршев

расшифровка подписи

Исполнители:

доцент

должность

подпись

подпись

В.С. Репях

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

15.03.01 Машиностроение

код наименование

личная подпись

В.И. Юршев

расшифровка подписи

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов

С.А. Биктимирова

личная подпись

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству АКИ

А.М. Черноусова

личная подпись

расшифровка подписи

№ регистрации _____

© Репях В.С., 2026

© ОГУ, 2026

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины:

- формирование знаний в области изменения структуры и свойств металла сварного соединения, как при сварке, так и в результате последующей термической обработки, и возможностях управлять процессами структурообразования для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств.

Задачи:

- изучение физической сущности процессов, происходящих в металлах и сплавах при нестационарных режимах нагрева и охлаждения в результате термического цикла сварки и их влияния на свойства сварного соединения; основных видов термической обработки для сварных соединений и их влияния на изменения структуры и свойств.

- формирование навыков подбирать термический цикл сварки и последующую термическую обработку для различных металлов и сплавов, обеспечивающих оптимальное сочетание эксплуатационных свойств сварного соединения.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.9 Свойства материалов при сварке, Б1.Д.В.12 Сварочные процессы в ремонтном производстве*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-8 Способен к организации, технологической и технической подготовке и контролю сварочного производства	ПК*-8-В-1 Организует сварочное производство ПК*-8-В-2 Осуществляет технологическую и техническую подготовку производственной деятельности сварочного участка (цеха), сварочного производства, его обеспечение и нормирование ПК*-8-В-3 Осуществляет технологический и технический контроль производственной деятельности сварочного участка (цеха), сварочного производства ПК*-8-В-4 Определяет необходимое количество и соответствие сварочных материалов ПК*-8-В-5 Разрабатывает технологические режимы и параметры сварки и наплавки	Знать: - основы организации сварочного производства. Уметь: - учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий при проектировании в машиностроении. Владеть: - способностью разрабатывать новые параметры сварки и наплавки деталей и узлов изделий.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

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

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	9 семестр	всего
Общая трудоёмкость	108	108
Контактная работа:	20,5	20,5
Лекции (Л)	10	10
Практические занятия (ПЗ)	10	10
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,5	0,5
Самостоятельная работа: - выполнение контрольной работы (КонтрР); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - изучение разделов курса в системе электронного обучения; - подготовка к практическим занятиям)	87,5 +	87,5
Вид итогового контроля	зачет	

Разделы дисциплины, изучаемые в 9 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Взаимодействие свариваемых материалов в жидком и твёрдом состояниях.	11	1		10	
2	Процессы плавления и кристаллизации сварочной ванны.	13	1	2	10	
3	Химическая неоднородность металла сварного соединения.	11	1		10	
4	Фазовые превращения в зоне термического влияния при нагреве.	13	1	2	10	
5	Основные виды термической обработки сварных соединений.	22	2	2	18	
6	Фазовые и структурные превращения в зоне термического влияния при охлаждении.	19	2	2	15	
7	Способы проведения термической обработки сварных конструкций.	19	2	2	15	
	Итого:	108	10	10	88	
	Всего:	108	10	10	88	

4.2 Содержание разделов дисциплины

1. Взаимодействие свариваемых материалов в жидком и твёрдом состояниях

Понятие о фазовых равновесиях. Виды взаимодействия компонентов в сплавах в твердом и жидком состоянии: твёрдые растворы с ограниченной и неограниченной растворимостью; эвтектические и эвтектоидные механические смеси; химические соединения. Диаграммы состояния двойных систем, их значение при кристаллизации металла сварного шва. Изменение фазового состояния сплавов в результате полиморфизма компонентов и их диаграммы состояния. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов.

2. Процессы плавления и кристаллизации сварочной ванны

Энергетические условия процессов плавления и кристаллизации металлов. Механизмы и кинетика гомогенной, гетерогенной и направленной кристаллизации. Формирование первичной структуры металла шва при направленной кристаллизации. Понятие о термическом и концентрационном переохлаждении. Типы первичной структуры металла шва: ячеистая, ячеисто-

дендритная и дендритная структура. Регулирование первичной структуры металла шва (способы подавления столбчатой структуры и измельчения зерна).

3. Химическая неоднородность металла сварного соединения

Классификация фазовых и структурных превращений. Вторичные границы и их влияние на свойства. Формирование вторичных границ при сварке. Влияние полиморфных превращений на размер зерна вторичной структуры.

4. Фазовые превращения в зоне термического влияния при нагреве

Фазовые превращения в стали при нагреве в процессе сварки. Аустенизация стали, влияние скорости нагрева на температуры начала A_{c1} и конца A_{c3} превращения $\alpha \rightarrow \gamma$. Гомогенизация аустенита, влияние термического цикла сварки на степень гомогенизации аустенита в зоне перегрева и полной перекристаллизации. Рост аустенитного зерна в зоне перегрева. Влияние легирующих элементов и времени пребывания стали выше A_{c3} на размер зерна в зоне перегрева.

5. Фазовые и структурные превращения в зоне термического влияния при охлаждении

Диаграммы изотермического превращения аустенита. Виды превращения аустенита, их механизм и кинетика: перлитное, бейнитное и мартенситное превращение. Закономерности превращения аустенита при непрерывном охлаждении. Влияние скорости охлаждения на кинетику аустенитного превращения и формирование фазового состава металла шва и зоны термического влияния. Термокинетические и анизотермические диаграммы распада аустенита, применение диаграмм для определения и прогнозирования структурно-фазового состава металла шва и зоны термического влияния.

6. Основные виды термической обработки сварных соединений

Назначение и цели термической обработки сварных конструкций различного назначения, отличающихся точностью изготовления, условиями эксплуатации, химическим составом, классом металла, содержанием углерода. Виды термической обработки (отпуск, нормализация, стабилизирующий отжиг и аустенизация, полная термическая обработка) и их влияние на структуру и свойства сварных соединений. Выбор режимов термической обработки. Методы исследования макро-, микро- и тонкая структура сварных соединений. Общие и экспресс методы определения механических свойств сварных соединений.

7. Способы проведения термической обработки сварных конструкций

Местная и общая термообработка. Их достоинства и недостатки. Способы нагрева при местной термической обработке. Оборудование и нагревательные устройства, используемые для местной термической обработки сварных соединений. Характеристика материалов, используемых при местной термической обработке (ГЭН, КЭН, индукторов, изоляторов, теплоизоляционных материалов).

4.3 Практические занятия

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	2	Изучение структуры и зоны термического влияния сварного соединения	2
2	4	Методы измерения температуры	2
3	5	Закалка углеродистых сталей	2
4	6	Отпуск углеродистых сталей	2
5	7	Термическая обработка сварного соединения	2
		Итого:	10

4.4 Контрольная работа (9 семестр)

Примерные темы для контрольной работы:

1. Виды термической обработки и ее влияние на сварное соединение.
2. Термическая обработка хладостойких сталей.
3. Термическая обработка сварных соединений из низколегированных конструкционных сталей.
4. Термические циклы различных участков сварного соединения.

5. Виды термической обработки сварных конструкций и их специфические особенности.
6. Возможные отрицательные последствия после проведения термической обработки.
7. Особенности проведения стабилизирующего отжига.
8. Необходимость проведения аустенизации сварных соединений из нержавеющей и жаропрочных сталей.
9. Выбор параметров режима термической обработки.
10. Местная термическая обработка сварных конструкций.
11. Общая термическая обработка сварных конструкций
12. Методы оценки склонности сварных соединений к трещинам полученным при термической обработке.
13. Влияние температуры предварительного подогрева на образование холодных трещин.
14. Влияние легирующих элементов на образование трещин при термической обработке.
15. Контроль качества термической обработки.

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Технологические процессы машиностроительного и ремонтного производства [Текст] : учебное пособие / С. И. Богодухов [и др.] ; под общ. ред. проф., засл. деят. науки РФ С.И. Богодухова. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 464 с. – ISBN 978-5-94178-468-4.

2. Богодухов, С. И. Материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / С. И. Богодухов, Е. С. Козик; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет.образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2011. – 649 с.

3. Технологические процессы в машиностроении [Текст] : учебник для вузов / С. И. Богодухов [и др.]. – М. : Машиностроение, 2009. – 640 с.

5.2 Дополнительная литература

Лившиц Л.С, Хакимов Л.И. Металловедение сварки и термической обработки сварных соединений. - М.: Машиностроение, 1989.- 336 с.

5.3 Периодические издания

1 Вестник машиностроения: журнал. - М. : Агентство «Роспечать», 2016-2024.

2 Технология машиностроения: журнал. - М. : Агентство «Роспечать», 2018-2024.

5.4 Интернет-ресурсы

<https://www.fips.ru/> - Федеральный институт промышленной собственности.

<https://www.sibpatent.ru/> - Перспективные технологии и новые разработки.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1. Операционная система РЕД ОС.

2. Пакет офисных приложений «МойОфис Образование»

3. Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс <https://yandex.ru/>.

4. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2026]. – Режим доступа в сети ОГУ <http://garant.net.osu.ru>

5. Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения практических занятий используется лаборатория сварки, оснащенная современными сварочными аппаратами, лаборатории оснащенные металлографическими микроскопами, муфельными печами.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.