

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор НИУ «МЭИ»

Драгунов В.К.

«21» июня 2019 г.



Программа аспирантуры

Направление: 15.06.01 «Машиностроение»

Направленность (специальность): 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Материаловедение сварных соединений»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.1

Всего: 108 часов

Семестр 7, в том числе

6 часов – консультация,
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 881, и паспорта специальности 05.02.10 Сварка, родственные процессы и технологии, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 10 января 2012 г. № 5.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является изучение специальных вопросов материаловедения сварных соединений конструкционных материалов и подходов к рациональному построению технологий сварки.

Задачами дисциплины являются:

- изучение физических явлений при сварке конструкционных металлических материалов;
- ознакомление с научными основами свариваемости сталей;
- изучение физических основ термической обработки сварных соединений.

В процессе освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- способность научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства (ОПК-1);
- способность профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций, информационно-аналитических материалов и презентаций (ОПК-6);

- способность к критической оценке последствий новых научных достижений и разработки новых технических решений в рамках своей специальности (ПК-5);

- способность использовать результаты научно-исследовательской работы в учебном процессе в рамках своей специальности (ПК-7).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен продемонстрировать **следующие результаты образования:**

знать:

- основные закономерности физических процессов формирования сварного соединения в сталях (УК-3, ОПК-1);

- основные закономерности диффузионных процессов при сварке разнородных сталей (ОПК-1, ПК-5);

- основы теории термической обработки сталей (ПК-5, ПК-7);

- основные методики исследования структурных и фазовых превращений в металле (ПК-7);

уметь:

- обосновывать выбор материала для изготовления сварных конструкций (ОПК-1, ОПК-6, ПК-7);

- применять методы количественной металлографии к оценке объемной доли фаз, размера зерна (ПК-7);

- обосновывать целесообразность проведения послесварочной термической обработки (ОПК-1, ОПК-6, ПК-5);

- составить металлографическое описание структуры сварного соединения (ОПК-6, ПК-5, ПК-7)

владеть:

- методикой определения режимов термической обработки сварных соединений сталей различных структурных классов (УК-3, ОПК-1, ПК-7).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Физическое строение металлов и его значение для сварки

Роль атомного строения металлов. Роль кристаллического строения металлов.

2. Термические циклы сварки, определяющие структуру и свойства сварных соединений

3. Плавление и кристаллизация сплавов и металла сварочной ванны

Плавление металлов, сварочная ванна. Закономерности кристаллизации сварного шва.

Аллотропические изменения, их роль при сварке. Диаграммы состояния сплавов и их значение при кристаллизации металла сварных соединений.

4. Диффузия в сварных соединениях

Основные закономерности диффузии. Диффузионные процессы при сварке.

5. Структурные и фазовые превращения в сталях при сварке

Фазовые превращения в сталях при нагреве в процессе сварки. Фазовые превращения при охлаждении. Расчетные методы определения параметров превращения. Экспериментальное определение кинетических параметров фазовых превращений. Влияние максимальной температуры нагрева. Влияние длительности пребывания выше критической точки A_{c3} . Влияние изотермической выдержки на стадии охлаждения термического цикла сварки.

6. Влияние легирующих элементов на процессы, протекающие в сталях при сварке

Кинетика образования аустенита. Гомогенизация аустенита. Рост зерна аустенита. Влияние легирующих элементов на кинетику распада аустенита. Анализ превращения аустенита с применением персонального ЭВМ.

7. Свариваемость сталей

Горячие трещины. Холодные трещины. Хрупкое разрушение. Отпускная хрупкость и хрупкость в условиях ползучести. Водородоустойчивость. Трещины повторного нагрева. Разупрочнение. Определение оптимальных параметров технологии с применением персональных ЭВМ.

8. Термическая обработка сварных соединений

Общие положения термической обработки. Термическая обработка сварных соединений аустенитных сталей. Термическая обработка сварных соединений низкоуглеродистых сталей. Термическая обработка сварных соединений низкоуглеродистых сталей для строительных конструкций. Термическая обработка сварных соединений низкоуглеродистых теплоустойчивых сталей. Термическая обработка сварных соединений высоколегированных хромистых сталей.

9. Углеродистые, низко- и среднелегированные стали для сварного оборудования и конструкций

Требования к свойствам сварных соединений. Низкоуглеродистые и низколегированные стали. Теплоустойчивые стали. Двухфазные низколегированные стали. Низколегированные стали контролируемой прокатки. Среднеуглеродистые низколегированные стали. Высокоуглеродистые стали. Хладноломкие стали

10. Высоколегированные стали

Хромистые стали. Хромомарганцовистые стали. Хромоникелевые аустенитные стали. Хромоникелевые аустенитно-мартенситные и мартенсито-ферритные стали. Хромоникелевые аустенитно-ферритные стали. Высокомарганцовистые стали. Свариваемость и особенности технологии сварки высоколегированных сталей.

11. Сварные соединения сталей, разнородных по составу и структурному классу

Образование промежуточных сплавов в зоне сплавления. Диффузионные процессы в твердом состоянии на границе сплавления разнородных сталей. Особенности сварки разнородных сталей аустенитными швами.

12. Износостойкий наплавленный металл

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

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 7 семестр
– дифференцированный зачет.

а) Вопросы для самоконтроля

- 1 В чем состоит отличие фазовых диаграмм равновесия от структурных?
- 2 Какие правила применяются для анализа двойных диаграмм состояния?
- 3 При каких условиях возможна ограниченная и неограниченная растворимость компонентов в жидком и твердом состояниях?
- 4 Почему происходит увеличение прочности металла при уменьшении размера зерна?
- 5 Из каких зон состоит сварное соединение?
- 6 Опишите характерные признаки зон сварного соединения. Как эти зоны образуются при сварке?
- 7 Как добиваются равнопрочности сварного шва с основным металлом?
- 8 Всегда ли нужно добиваться равнопрочности шва и основного металла?
- 9 От каких факторов зависит ширина зоны сплавления?
- 10 Что называется зоной термического влияния?
- 11 Из каких участков состоит зона термического влияния?
- 12 От чего зависит величина зоны термического влияния?
- 13 Отличается ли химический состав металла в зоне термического влияния от химического состава основного свариваемого металла?
- 14 Какие изменения происходят в металле участка перегрева?
- 15 Свойства металла на участке нормализации.
- 16 Структурные превращения металла на участке неполной перекристаллизации.
- 17 Какие дефекты влияют на качество шва?
- 18 Причины образования трещин в шве.
- 19 Как устранить внутренние напряжения в сварном соединении?

б) Вопросы, включенные в билеты для проведения зачетов

- 1 Взаимодействие компонентов в твердом состоянии. Фазы и структурные составляющие сплавов. Правило фаз, правило отрезков.
- 2 Структурные классы легированных сталей. Особенности их легирования, свойства, области применения.
- 3 Основные типы сварочных термических циклов.
- 4 Строение сварного соединения при сварке плавлением. Особенности структурных и фазовых превращений.
- 5 Особенности сварки плавлением разнородных металлических материалов. Факторы, определяющие свариваемость.
- 6 Диаграмма состояния железо-цементит, фазы и структурные составляющие сталей и чугунов.
- 7 Основные свойства алюминия. Литейные и деформируемые алюминиевые сплавы. Особенности сварки. Термическая обработка алюминиевых сплавов.
- 8 Влияние холодной пластической деформации и последующего нагрева на структуру и свойства сварных соединений.
- 9 Улучшаемые углеродистые и легированные стали, особенности строения сварных соединений.
- 10 Кристаллическое строение и основные типы кристаллических решеток металлов. Обозначение кристаллографических плоскостей и направлений в кристаллической решетке, системы скольжения.
- 11 Диаграмма изотермического распада аустенита эвтектоидных и доэвтектоидных углеродистых и легированных сталей. Влияние скорости охлаждения на структуру и свойства сталей.
- 12 Диаграмма состояния сплавов при условии образования неограниченных твердых растворов (II типа). Правило отрезков, правило фаз.
- 13 Строительные и машиностроительные легированные стали, особенности строения сварных соединений.
- 14 Обоснование легирования сталей, свариваемость, термическая обработка.

- 15 Превращения в сталях при нагреве и охлаждении в твердом состоянии. Влияние превращений на размер зерна и дисперсность карбидной фазы.
- 16 Обозначение плоскостей и направлений в кристаллической решетке. Системы скольжения.
- 17 Энергетические предпосылки и механизм процесса кристаллизации. Строение отливок. Влияние модифицирования на свойства металлов и сплавов.
- 18 Термическая обработка группы отжиг; основные параметры. Изменение структуры и свойств сплавов при отжиге.
- 19 Диаграмма состояния сплавов при условии образования ограниченных твердых растворов (III типа). Правило отрезков. Правило фаз.
- 20 Улучшаемые легированные стали; изменение структуры стали в процессе термической обработки, свариваемость и особенности строения сварного соединения.
- 21 Диаграмма состояния железо-цементит. Возможность определения температуры нагрева при термической обработке сталей по диаграмме железо-цементит.
- 22 Основные свойства меди. Бронзы, их состав и свойства. Свариваемость, особенности структурных и фазовых превращений при диффузионной сварке и сварке плавлением.
- 23 Диаграмма состояния сплавов при условии образования химического соединения (IV типа). Правило отрезков, правило фаз.
- 24 Выбор режимов закалки и отпуска для сварных соединений до- и заэвтектоидных углеродистых сталей. Превращения в сталях при закалке и отпуске.
- 25 Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.
- 26 Превращения в стали при нагреве и охлаждении (в твердом состоянии). Зависимость размера зерна от температуры нагрева в аустенитной области.
- 27 Взаимодействие компонентов в твердом состоянии; фазы и структурные составляющие сплавов (на примере диаграммы железо-цементит).

- 28 Коррозионностойкие легированные стали, обоснование легирования, свариваемость, термическая обработка.
- 29 Основные типы диаграмм состояния двухкомпонентных сплавов. Возможность определения структуры сплавов по диаграммам равновесия. Правило фаз, правило отрезков.
- 30 Углеродистые стали (общего назначения и качественные). Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей.
- 31 Дефекты кристаллического строения, их влияние на механические свойства металлов и сплавов.
- 32 Условия получения, структура и свойства различных видов чугунов, свариваемость и особенности структурных превращений.
- 33 Диаграммы изотермического распада аустенита доэвтектоидных углеродистых и легированных сталей; определение структуры сталей по диаграмме распада аустенита. Прокаливаемость сталей.

Критерии оценки за освоение дисциплины приведены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

- 1 Металловедение. В 2 т. Т.1. Основы металловедения : учебник для вузов по направлению "Металлургия" / И. И. Новиков, и др. ; Общ. ред. В. С. Золоторевский . – М. : Изд-во МИСИС, 2014 . – 496 с. (ISBN 978-5-87623-191-8)
- 2 Металловедение. В 2 т. Т.2. Термическая обработка. Сплавы : учебник для вузов по направлению "Металлургия" / И. И. Новиков, и др. ; Общ. ред. В. С. Золоторевский . – М. : Изд-во МИСИС, 2014 . – 528 с. (ISBN 978-5-87623-217-5)

3 Матюнин В.М. Металловедение, ресурс и диагностика металла в теплоэнергетике. М.: Издательский дом МЭИ. 2017. 342 с. (ISBN 978-5-383-01066-2)

Дополнительная литература:

4 Л.С. Лившиц, А.Н. Хакимов Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. М.: Машиностроение. 1989. 336 с. (ISBN 5-217-00438-X)

5 Физическое материаловедение. В 7-ми т. : учебник для вузов по направлению "Ядерная физика и технологии" / Нац. исслед. ядерный ун-т "МИФИ" ; общ. ред. Б. А. Калин. – 2-е изд., перераб. – М. : НИЯУ МИФИ, 2012. (ISBN 978-5-7262-1793-2)