ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей кафедрой

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Иванов М. А.
Пользователь: ivanovma
Дата подписания: 22.05.2025

М. А. Иванов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.09.02 Физические процессы в металлах при сварке
для направления 15.04.01 Машиностроение
уровень Магистратура
магистерская программа Цифровое проектирование и производство сварных конструкций из высокопрочных сталей
форма обучения очная
кафедра-разработчик Оборудование и технология сварочного производства

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1025

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Иванов М. А.
Пользователь: ivanovma
Дата подписания: 22.05.2025

М. А. Иванов

Разработчик программы,
старший преподаватель

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Безганс Ю. В.
Пользователь: bezgansyv
Дата подписания: 22.05.2025

Ю. В. Безганс

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

Целью курса является углубление и расширение знаний магистров направления «Цифровое проектирование и производство сварных конструкций из высокопрочных сталей» по термической обработке сварных соединений. Задачи изучения дисциплины: - установить особенности кристаллизации металла сварного шва и влияние термического цикла сварки на изменение структуры в зоне термического влияния; - рассмотреть технологические операции и приемы, используемые для улучшения структуры и свойств металла сварного соединения.

Краткое содержание дисциплины

Курс "Физические процессы в металлах при сварке" направлен на расширенное изучение металлургических кристаллизационных процессов в сварном шве и зоне термического влияния, способов управления этими зонами в сфере термообработки для придания необходимых эксплуатационных свойств металла.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Организация, подготовка и контроль сварочного производства	Знает: способы проведения исследований и разработок в области совершенствования организации сварочных работ Умеет: обрабатывать и анализировать результаты экспериментальных и исследовательских работ по сварочному производству

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Свариваемость высокопрочных сталей и сплавов, Роботизация сборочно-сварочных операций, Прочность и долговечность сварных конструкций, Сварка специальных сталей и сплавов, Разработка 3D-моделей сварных конструкций, Системы автоматизированного проектирования в сварке, Механическая и геометрическая неоднородность сварных соединений, Учебная практика (ознакомительная) (2 семестр), Производственная практика (технологическая, проектно-технологическая) (2 семестр), Производственная практика (научно-исследовательская работа) (2 семестр), Производственная практика (научно-исследовательская работа) (3 семестр), Производственная практика (научно-исследовательская работа) (1 семестр)	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Сварка специальных сталей и сплавов	Знает: технические требования, предъявляемые к применяемым при сварке материалам Умеет: производить анализ и экспертизу технической (конструкторской и технологической) документации на соответствие нормативным документам и техническим условиям Имеет практический опыт: в организации и проведении работ по сварочным материалам внедряемым в производство
Механическая и геометрическая неоднородность сварных соединений	Знает: методы проведения исследований и разработок в области совершенствования технологии и организации сварочных работ Умеет: разрабатывать планы проведения экспериментальных и исследовательских работ по сварочному производству Имеет практический опыт: руководства исследовательскими и экспериментальными работами по совершенствованию методов и технологии выполнения сварочных работ
Системы автоматизированного проектирования в сварке	Знает: нормативные и методические документы по технической и технологической подготовке сварочного производства Умеет: производить анализ технической (конструкторской и технологической) документации на соответствие нормативным документам и техническим условиям Имеет практический опыт: проведения анализа технологичности сварных конструкций (изделий, продукции)
Прочность и долговечность сварных конструкций	Знает: методы проведения исследований и разработок в области совершенствования технологии Умеет: определять необходимость аттестации (сертификации) сварочного персонала, материалов, оборудования и технологий Имеет практический опыт:
Свариваемость высокопрочных сталей и сплавов	Знает: технические требования, предъявляемые к применяемым при сварке материалам Умеет: разрабатывать планы проведения экспериментальных и исследовательских работ по сварочному производству Имеет практический опыт: в организации разработки и внедрения в производство новых сварочных материалов
Разработка 3D-моделей сварных конструкций	Знает: методические документы по технической подготовке сварочного производства Умеет: анализировать техническую документацию на соответствие нормативным документам и техническим условиям Имеет практический опыт: при проведении анализа технологичности сварных конструкций

Роботизация сборочно-сварочных операций	Знает: основы технологии производства продукции; организацию сварочных работ в отрасли и на предприятии Умеет: разрабатывать планы по технической и технологической подготовке сварочного производства Имеет практический опыт: в разработке и реализации мероприятий по внедрению прогрессивной техники и технологии, улучшению использования технологического оборудования и оснастки, производственных площадей, повышению качества и надежности сварных конструкций
Производственная практика (технологическая, проектно-технологическая) (2 семестр)	Знает: организацию сварочных работ в отрасли и производственные мощности организации Умеет: производить анализ и экспертизу технической (конструкторской и технологической) документации на соответствие нормативным документам и техническим условиям Имеет практический опыт: организации разработки и внедрения в производство прогрессивных методов сварки, новых сварочных материалов и оборудования, обеспечивающих сокращение затрат труда, соблюдение требований охраны труда и окружающей среды, экономию материальных и энергетических ресурсов
Учебная практика (ознакомительная) (2 семестр)	Знает: Умеет: обрабатывать и анализировать результаты экспериментальных и исследовательских работ по сварочному производству Имеет практический опыт:
Производственная практика (научно-исследовательская работа) (3 семестр)	Знает: методы проведения исследований и разработок в области организации сварочных работ Умеет: Имеет практический опыт:
Производственная практика (научно-исследовательская работа) (2 семестр)	Знает: методы проведения исследований и разработок в области совершенствования технологии Умеет: Имеет практический опыт:
Производственная практика (научно-исследовательская работа) (1 семестр)	Знает: основы технологии производства продукции в организации Умеет: производить расчеты необходимой мощности производства, нормативов расхода материалов и энергоресурсов Имеет практический опыт: проведение анализа технологичности сварных конструкций (изделий, продукции). Определение потребности организации в квалифицированных сварщиках и специалистах сварочного производства

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 48,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего	Распределение

	часов	по семестрам в часах
		Номер семестра
		4
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия:	48	48
Лекции (Л)	12	12
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
Самостоятельная работа (СРС)	59,5	59,5
Подготовка к экзамену	10	10
Изучение и конспектирование монографий, учебных пособий, хрестоматий и сборников документов	49,5	49.5
Консультации и промежуточная аттестация	0,5	0,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Показатели атомного строения	6	2	4	0
2	Кристаллизация металла шва	4	2	2	0
3	Сплавы металлов	2	2	0	0
4	Микроструктура металла в зоне термического влияния	10	2	0	8
5	Термообработка сталей	4	0	4	0
6	Термическая обработка сварных соединений	22	4	14	4

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Показатели атомного строения, от которых зависит свариваемость. Типы связей между атомами.	1
2	1	Основные параметры, влияющие на свариваемость.	1
3	2	Значение полиморфного превращения для сварного шва. Хим. неоднородность сварного шва.	1
4	2	Хим. неоднородность сварного шва.	1
5	3	Пример неограниченной взаимной растворимости. Пример сплава металлов, имеющих неограниченную взаимную растворимость и образующих в твердом состоянии эвтектические смеси.	2
6	4	Микроструктура металла в ЗТВ. Микроструктура металла в ЗТВ при сварке закаливающихся сталей. Различные фазы сталей. Описание, характеристики. Макронапряжения. Микронапряжения.	2
7	6	Термическая обработка сварных соединений	4

5.2. Практические занятия, семинары

№	№	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-

занятия	раздела		во часов
1	1	Типы кристаллических решеток металла. Показатели атомного строения, от которых зависит свариваемость. Факторы, влияющие на процесс кристаллизации.	4
2	2	Образование центров кристаллизации. Распределение температур в различных сечениях жидкой ванны при мгновенном прекращении дуговой сварки. Виды закристаллизовавшейся сварочной ванны при сварке: тонкого, толстого металла, при сварке на охлаждающей подкладке, при многослойной сварке.	2
3	5	Термообработка сталей. Закалка, высокий отпуск. Нормализация, старение. Термомеханическая обработка, локальный нагрев	4
4	6	Отпуск для снятия микронапряжений. Способы снижения остаточных сварочных напряжений.	2
5	6	Термическая обработка сварных соединений аустенитных сталей, эксплуатирующихся в коррозионно-активных средах при повышенной температуре и нормальной температуре. Термическая обработка сварных соединений аустенитных сталей, эксплуатирующихся при отрицательных температурах.	4
6	6	Термическая обработка сварных соединений аустенитных сталей, эксплуатирующихся как жаропрочные. Термическая обработка сварных соединений хромистых сталей.	4
7	6	Термическая обработка сварных соединений низкоуглеродистых сталей. Термическая обработка сварных соединений низколегированных сталей для строительных конструкций.	4

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	4	Знакомство с лабораторным оборудованием. Работа с литературой по выбору травителей для выявления макро- и микроструктуры сварных соединений сталей ферритного, мартенситного и аустенитного классов, ознакомление с методикой травления шлифов для выявления структурных зон в наплавленном металле и ЗТВ.	4
2	4	Металлографический анализ макро- и микроструктуры сварных швов с выявлением наличия в них пор, шлаковых включений, непроваров, подрывов, трещин, выявлением зон структурной неоднородности в наплавленном металле и ЗТВ, дача заключения по результатам металлографического анализа. Исследование структурных изменений в шве и ЗТВ сталей перлитного, мартенситного, ферритного и аустенитного классов (15Х1МФ, 15Х5М, 08Х17Т, 0Х18Н10Т).	4
3	6	Знакомство с програмным комплексом SYSWELD. Средствами SYSWELD исследовать влияние подогрева при сварке хромистых сталей на качество шва, сравнить со структурой сварного соединения этой стали, полученного без подогрева, исследовать микроструктуру ЗТВ и написать заключение о необходимости термообработки	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на	Семестр	Кол-во

	ресурс		часов
Подготовка к экзамену	Зорин, Н.Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением. / Н.Е. Зорин, Е.Е. Зорин. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2017. — 164 с. (Раздел 1-7/ ссылка на источник: http://e.lanbook.com/book/90859	4	10
Изучение и конспектирование монографий, учебных пособий, хрестоматий и сборников документов	Зорин, Н.Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением. / Н.Е. Зорин, Е.Е. Зорин. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2017. — 164 с. (Раздел 1-7/ ссылка на источник: http://e.lanbook.com/book/90859	4	49,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
0	4	Бонус	Бонус	-	10	Для получения бонусных баллов, необходимо активно отвечать на вопросы во время проведения лекций, практических и лабораторных работ. За каждый правильный ответ студент получает 1 %. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Максимально возможная величина бонус-рейтинга +10 %.	экзамен
1	4	Текущий контроль	Практическая работа №1	1	5	Защита практической работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балла - оформление работы соответствует требованиям – 1 балла - правильный ответ на один вопрос – 1 балла. Максимальное количество баллов – 5.	экзамен

2	4	Проме-жуточная аттестация	экзамен	-	5	На экзамен выносятся вопросы по наиболее узловым темам дисциплины. Экзамен сдается устно, по билетам, в которых представлено 2 вопроса из типового перечня; 5 баллов - (1 балл - полно раскрыто содержание материала билета; 1 балл - материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, точно используется терминология; 1 балл - показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации; 1 балл - продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость компетенций, умений и навыков; 1 балл - ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов).	экзамен
3	4	Текущий контроль	Практическая работа №2	1	5	Студентом предоставляется оформленный отчет. Защита практической работы осуществляется индивидуально. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балла - оформление работы соответствует требованиям – 1 балла - правильный ответ на один вопрос – 1 балла. Максимальное количество баллов – 5.	экзамен
4	4	Текущий контроль	Практическая работа №4	1	5	Защита практической работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балла - оформление работы соответствует требованиям – 1 балла - правильный ответ на один вопрос – 1 балла. Максимальное количество баллов – 5.	экзамен
5	4	Текущий контроль	Практическая работа №3	1	5	Защита практической работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на	экзамен

						вопросы (задаются 2 вопроса). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балла - оформление работы соответствует требованиям – 1 балла - правильный ответ на один вопрос – 1 балла. Максимальное количество баллов – 5.	
6	4	Текущий контроль	Практическая работа №5	1	5	Защита практической работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балла - оформление работы соответствует требованиям – 1 балла - правильный ответ на один вопрос – 1 балла. Максимальное количество баллов – 5.	экзамен
7	4	Текущий контроль	Практическая работа №7	1	5	Защита практической работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балла - оформление работы соответствует требованиям – 1 балла - правильный ответ на один вопрос – 1 балла. Максимальное количество баллов – 5.	экзамен
8	4	Текущий контроль	Лабораторная работа №1	1	5	Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балла - оформление работы соответствует требованиям – 1 балла - правильный ответ на один вопрос – 1 балла. Максимальное количество баллов – 5.	экзамен
9	4	Текущий	Лабораторная	1	5	Защита лабораторной работы	экзамен

		контроль	работ №2			осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балла - оформление работы соответствует требованиям – 1 балла - правильный ответ на один вопрос – 1 балла. Максимальное количество баллов – 5.	
10	4	Текущий контроль	Лабораторная работа №3	1	5	Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балла - оформление работы соответствует требованиям – 1 балла - правильный ответ на один вопрос – 1 балла. Максимальное количество баллов – 5.	экзамен
11	4	Текущий контроль	Практическая работа №6	1	5	Защита практической работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балла - оформление работы соответствует требованиям – 1 балла - правильный ответ на один вопрос – 1 балла. Максимальное количество баллов – 5.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). На экзамен выносятся вопросы по наиболее узловым темам дисциплины. Экзамен сдается устно, по билетам, в которых представлено 2 вопроса из типового перечня. Время проведения экзамена 120 минут с учетом выдачи билетов и ответов на вопросы	

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПК-1	Знает: способы проведения исследований и разработок в области совершенствования организации сварочных работ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: обрабатывать и анализировать результаты экспериментальных и исследовательских работ по сварочному производству	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Лившиц, Л. С. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений Л. С. Лившиц. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 336 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Корольков, П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1987. - 234 с. ил.
2. Гладков, Э. А. Управление процессами и оборудованием при сварке Учеб. пособие для вузов по специальности "Оборудование и технология свароч. пр-ва" направления "Машиностр. технологии и оборудование" Э. А. Гладков. - М.: Академия, 2006. - 429 с.
3. Материаловедение в машиностроении Текст учебник для вузов по направлению "Конструкт.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в" и др. А. М. Адаскин и др. - М.: Юрайт, 2016. - 535 с. ил.
4. Материаловедение в машиностроении Текст учебник для вузов по направлению "Конструкт.-технол. обеспечение машиностр. пр-в" и др. направлениям А. М. Адаскин и др. - М.: Юрайт, 2015. - 535 с. ил. 22 см

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. 1. - «Сварочное производство», науч.-техн. и произв. журн. Изд.центр "Технология машиностроения" (Фонды библиотеки ЮУрГУ 1955-1969 № 1-12; 1970 № 2, 3, 5-10, 12; 1971-1979 № 1-12; 1980 № 1-10, 12; 1981-1991 № 1-12; 1992 № 1-8, 11; 1993 № 1-6, 8-12; 1994-2000 № 1-12; 2001 № 1, 3-12; 2002-2012 № 1-12; 2013 № 1-6).

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Металловедение и термическая обработка высокопрочных сталей и сварных соединений из них

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Металловедение и термическая обработка высокопрочных сталей и сварных соединений из них

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. -SYSWELD, Visual-Weld, Weld Planner, Pam-Assembly(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	109(ТК) (Т.к.)	Микроскопы типа МИМ-7, Комплекты микрошлифов, полировальный станок, раствор азотной кислоты, наждачная бумага, суконные полотна и др..
Лекции	109(ТК) (Т.к.)	мультимедийный проектор
Лабораторные занятия	216а(тк) (Т.к.)	Компьютер с установленным програмным комплексом SYSWELD