

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
Институт новых материалов и технологий



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
А.В. Германенко
12 2022 г.


РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Сварка, родственные процессы и технологии

Перечень сведений о программе аспирантуры	Учетные данные
Программа аспирантуры Сварка, родственные процессы и технологии	Код ПА 2.5.8.
Группа специальностей Машиностроение	Код 2.5.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Фивейский Андрей Михайлович	К.т.н., доцент	Заведующий кафедрой	Кафедра технологии сварочного производства	

Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий

Председатель учебно-методического совета
Протокол № 20220526-01 от 26.05.2022 г.



О.Ю. Корниенко

Согласовано:

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «СВАРКА, РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

1.1. Аннотация дисциплины

Дисциплина «Сварка, родственные процессы и технологии» относится к базовой части программы аспирантуры.

Цель дисциплины – приобретение аспирантами знаний о закономерностях образования неразъемных соединений материалов, металлургических и физических процессах в материалах при сварке, наплавке, пайке, нанесении покрытий, термической резке и других родственных процессах.

Изучение дисциплины предполагает выполнение следующих задач:

- приобретение знаний, необходимых для решения задач, связанных с разработкой новых высокоэффективных ресурсосберегающих технологий соединения материалов, методов проектирования прочных и надежных сварных конструкций, сварочного оборудования, технологических и робототехнических комплексов для производства сварных изделий, методов управления параметрами технологических процессов для обеспечения стабильности качества и свойств сварных соединений;

- приобретение навыков работы с оборудованием для сварки, резки, пайки, наплавки, нанесения покрытий, склеивания.

1.2. Язык реализации дисциплины – русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результаты освоения дисциплины направлены на сдачу кандидатского экзамена по научной специальности 2.5.8. «Сварка, родственные процессы и технологии», а также используются при научно-исследовательской деятельности и подготовке аспирантами диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- современные достижения науки и передовые технологии в области получения неразъемных соединений;
- производственно-технологические режимы работы источников питания для сварки;
- основы проектирования сварных конструкций;
- способы получения неразъемного соединения, исходя из предъявляемых к ним требований по эксплуатационной надежности;
- методы контроля качества неразъемных соединений.

Уметь:

- оценивать перспективные направления технологий и оборудования получения неразъемных соединений с учетом мирового опыта и ресурсосбережения;
- применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач сварочного производства;
- оценивать эффективность систем управления технологическими процессами сварочного производства;
- проводить работы по выбору и настройке параметров технологических процессов для обеспечения стабильности качества и свойств неразъемных соединений;
- устанавливать причины снижения качества неразъемного соединения;
- проводить работы по моделированию объектов и процессов получения неразъемных соединений.

Владеть:

- планированием процессов решения научно-технических задач;
- анализом работы технических средств управления параметрами технологических процессов для обеспечения стабильности качества и свойств неразъемных соединений;

- работой с системами автоматизированного проектирования конструкций с неразъемными соединениями;
- разработкой мероприятий по повышению качества неразъемных соединений и ресурсосбережению при их производстве;
- планированием эксперимента, обработки и анализа экспериментальных данных.

1.4.Трудоемкость дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	6
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	1	104
4.	Промежуточная аттестация	36	1	Экзамен
5.	Общий объем по учебному плану, час.	108	6,5	108
6.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
Р1	Теоретические основы сварки, наплавки и нанесения покрытий	<p>Природа образования соединений при сварке. Классификация процессов сварки. Источники энергии для сварки, их обобщенные характеристики. Строение, виды и области применения электрической сварочной дуги. Основные процессы в столбе дуги. Напряженность поля, плотность тока и концентрации мощности в столбе. Влияние газовых потоков и пинч-эффекта на энергетические и технологические характеристики столба дуги. Физические явления в приэлектродных областях дуги. Закономерности плавления и испарения металлических электродов. Перенос металла в дуге. Общие условия устойчивости электрической дуги. Саморегулирование дуги с плавящимся электродом. Действие магнитных полей на дугу, их использование для управления дугой и процессами сварки. Особенности дуг, питаемых переменным и импульсным токами. Трехфазная дуга. Электронный луч, как источник энергии. Принцип сварки электронным лучом в вакууме. Общие схемы формирования электронных пучков. Электронные пушки, их составные части и принципы действия. Способы управления мощностью и ее концентрацией в электронных пучках. Управление положением пучков в пространстве. Процессы плавления металлов электронными пучками, КПД процессов. Лазерный луч как источник нагрева при сварке, резке и термической об-</p>

		<p>работке. Плавление металлов лазерным лучом. Достижения и проблемы электронно-лучевой и лазерной сварки.</p> <p>Электроконтактный нагрев и плавление металлов. Физические процессы в сварочных контактах соединяемых заготовок.</p> <p>Принципиальные схемы сварки взрывом. Условия образования соединений при сварке взрывом. Физические процессы при диффузионной сварке. Механизм образования сварных соединений при диффузионной сварке. Нагрев при трении. Процессы сварки трением. Явления при холодной и ультразвуковой сварке. Природа образования соединений при пайке.</p> <p>Основные характеристики тепловых процессов. Модели источников тепла, объектов сварки, наплавки. Дифференциальное уравнение теплопроводности, основные краевые условия, учитываемые при его решении.</p> <p>Расчет температурных полей при нагреве тел движущимися сосредоточенными, точечными и линейными источниками тепла.</p> <p>Кристаллизация металла при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Природа химической и физической неоднородности соединений металлов.</p> <p>Горячие трещины при сварке. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию горячих трещин. Способы предотвращения горячих трещин. Особенности структуры зоны термического влияния в сварных соединениях. Фазовые и структурные превращения при сварке конструкционных сталей. Природа холодных трещин. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию холодных трещин. Способы предотвращения холодных трещин. Деформации и напряжения при неравномерном нагреве. Механизм возникновения напряженного состояния при сварке, наплавке и нанесении покрытий.</p>
<p>P2</p>	<p>Технология сварки, наплавки-нанесения покрытий, пайки и склеивания</p>	<p>Технология сварки, наплавки и нанесения покрытий плавлением</p> <p>Классификация процессов сварки плавлением. Технология сварки и наплавки покрытыми электродами. Технология автоматической и механизированной сварки. Наплавка и нанесение покрытий. Технология сварки низкоуглеродистых, низколегированных и среднелегированных конструкционных сталей.</p> <p>Технология сварки высоколегированных сталей и сплавов мартенситного, ферритного и аустенитного классов. Технология сварки разнородных сталей одного структурного класса и разных структурных классов. Технология сварки чугуна. Технология сварки меди и ее сплавов, алюминия, магния и их сплавов, никеля и его сплавов, титана и его сплавов. Особенности сварки тугоплавких и химически активных металлов. Технология сварки разнородных металлов и сплавов. Особенности технологии и техники сварки стали с алюминием, медью, титаном и их сплавами. Влияние режимов сварки на форму и состав швов.</p> <p>Технология наплавки. Формирование свойств наплавленного металла, метод его легирования. Технология электрошлаковой сварки и наплавки конструкций из углеродистых и легированных сталей. Технология электрошлаковой сварки легких и цветных металлов и сплавов. Особенности технологии лучевых методов сварки. Дефекты сварных соединений. Поры в свар-</p>

		<p>ных швах. Неметаллические включения в швах. Прочие дефекты сварных соединений.</p> <p>Технология газопламенного и детонационного нанесения покрытий. Основные операции дуговой металлизации и плазменного напыления.</p> <p>Техника и технология вакуумных покрытий.</p>
Р3	Сварные конструкции	<p>Деформации и напряжения, вызываемые процессами сварки, наплавки и нанесения покрытий.</p> <p>Концентрация напряжений в сварных соединениях. Влияние дефектов на механические свойства сварных соединений и их работоспособность. Остаточные напряжения в сварных соединениях. Деформации, напряжения и перемещения в элементах сварных конструкций, экспериментальные и расчетные методы их определения. Методы снижения напряжений и деформаций при сварке и наплавке.</p> <p>Прочность сварных соединений при статических нагрузках. Прочность при переменных нагрузках. Причины хрупких разрушений сварных конструкций.</p> <p>Принципы расчета и проектирования сварных соединений и конструкций. Применение компьютерной техники в расчетах и проектировании металлоконструкции. Влияние технологии изготовления балок на их несущую способность. Напряженное состояние узлов ферм. Влияние технологии изготовления решетчатых конструкций на их служебные характеристики.</p> <p>Напряжения и деформации в листовых конструкциях. Особенности конструкции котлов и сосудов, их напряженное состояние. Основы расчета и проектирования труб и трубопроводов. Требования и технологии изготовления емкостей и труб. Специфика сварных деталей машин. Принципы проектирования сварных конструкций из цветных металлов и пластмасс. Методы повышения прочности сварных конструкций при переменных нагрузках. Прочность сварных соединений при высоких и низких температурах. Вероятностные методы оценки прочности сварных конструкций.</p>
Р4	Механизация и автоматизация технологических операций сварки, наплавки и нанесения покрытий	<p>Классификация процессов и операций сварки, наплавки и нанесения покрытий как объектов механизации и автоматизации. Схемы современных систем автоматизации дуговых методов сварки и наплавки.</p> <p>Принципы механизации и автоматизации заготовительных операций. Современные средства механизации и автоматизации транспортных операций. Схемы механизированных сборочно-сварочных поточных линий. Автоматические сборочно-сварочные линии. Требования, предъявляемые к промышленным роботам для сварки, наплавки и нанесения покрытий. Типы промышленных роботов. Общие характеристики роботов и их основных блоков. Адаптивные роботы. Автоматические линии и участки роботов. Технико-экономическая эффективность применения роботов. Перспективы применения роботов в сварочном производстве. Система автоматизированного проектирования технологии сварки (САПР ТС). Структура САПР. Программное обеспечение и аппаратные средства реализации. Выход окончательной продукции САПР.</p>
Р5	Контроль качества	Методы разрушающего и неразрушающего контроля качества

	сварки, наплавки и нанесения покрытий	металлов, швов, наплавов и покрытий. Физические основы и разновидности магнитных и электромагнитных методов контроля, техника и технология их применения. Основы и классификация радиационных методов контроля. Источники рентгеновского и гамма-излучения, их конструкции, аппаратура и приспособления для управления. Радиографический контроль. Методы дозиметрии и обеспечения безопасности. Физические основы, классификация ультразвуковых методов контроля. Приборы и оптимальные параметры ультразвукового контроля. Технология ультразвукового контроля, методы измерения дефектов. Принципы, классификация и технология капиллярных методов контроля. Методы контроля непроницаемости.
--	---------------------------------------	---

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Практические занятия

Не предусмотрено.

3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

3.2.2. Примерная тематика *индивидуальных* или групповых проектов

Не предусмотрено.

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно	Аспирант умеет само-	Аспирант умеет само-

	выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	стоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	стоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

4.2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено

4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Какие зоны выделяют при изучении дуги.
2. Термическая диссоциация.
3. Классификация процессов сварки.
4. Требования к источникам энергии для сварки.
5. Технологические особенности основных процессов сварки плавлением.
6. Сколько стадий образования прочных связей характерно для сварки и пайки
7. Какие элементарные частицы выполняют главную роль в переносе теплоты в плазме.
8. Какой из способов сварки плавящимся электродом имеет наибольший эффективный КПД нагрева изделий.
9. Электрическая сварочная дуга, ее виды и области применения.
10. Типы сварных соединений и швов и требования к ним.
11. Саморегулирование дуги с плавящимся электродом.
12. Назначение сварочных материалов. Сварочная проволока, электродные стержни и прутки, самозащитные порошковые проволоки, неплавящиеся электроды.
13. Как обеспечивают активацию поверхности соединяемых деталей при пайке.
14. Сварочный термический цикл.
15. Действие магнитных полей на дугу, способы магнитного управления сварочной дугой.
16. Явление отклонения дуги в ту или иную сторону.
17. Геометрические размеры сварочной ванны.
18. Металлургические процессы при сварке.
19. Взаимодействие металлов при сварке.
20. Технология сварки низкоуглеродистых, низколегированных и среднелегированных конструкционных сталей.
21. Методы для экспериментального определения температуры при сварке.
22. Кристаллизация металла шва. Природа химической и физической неоднородности сварного соединения.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Рекомендуемая литература

5.1.1. Основная литература

1. Козловский, С. Н. Введение в сварочные технологии : учеб. пособие / С. Н. Козловский .— Москва : Лань, 2011 .— 416 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Библиогр.: с. 411. — ISBN 978-5-8114-1159-7 .— <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=700>.
2. Коротков, В. А. Сварка специальных сталей и сплавов : учебно-методическое пособие / В.А. Коротков .— Москва : Директ-Медиа, 2014 .— 43 с. — ISBN 978-5-4458-5688-7 .— <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=223468>> .— <URL:<http://doi.org/10.23681/223468>>.
3. Петров, Г. Л. Теория сварочных процессов (с основами физической химии) / Г.Л. Петров ; А.С. Тумарев .— Изд. 2-е, перераб. — Москва : Высшая школа, 1977 .— 392 с. — <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447955>>.
4. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки : / А. С. Климов [и др.] ; [науч. ред. В. П. Сидоров] .— Москва : Лань, 2011 .— 329 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Рекомендовано УМО вузов по университетскому политехническому образованию. Направление 150200 - "Машиностроительные технологии и оборудование". Специальность 150202 - "Оборудование и технология сварочного производства" .— Рекомендовано УМО вузов по университетскому политехническому образованию для студентов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 150200 — «Машиностроительные технологии и оборудование» специальности 150202 — «Оборудование и технология сварочного производства». — Библиогр.: с. 323-324 (23 назв.) .— ISBN 978-5-8114-1153-5 .— <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1551>..
5. Технология сварки плавлением и термической резки металлов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Металлургия свароч. пр-ва" / [В. А. Фролов, В. Р. Петренко, А. В. Пешков и др.] ; под ред. В. А. Фролова .— Москва : Альфа-М : ИНФРА-М, 2011 .— 448 с.
6. Быковский, Олег Григорьевич. Справочник сварщика / О. Г. Быковский, В. Р. Петренко, В. Пешков .— Москва : Машиностроение, 2011 .— 336 с. : ил. — (Для сварщиков всех отраслей промышленности) .— Библиогр.: с. 334-335 (30 назв.) .— ISBN 978-5-94275-557-7 .— <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2012>.
7. Куркин, Сергей Александрович. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций : Атлас / С.А. Куркин, В.М. Ховов, А.М. Рыбачук .— М. : Машиностроение, 1989 .— 327 с.
8. Николаев, Г. А. Сварные конструкции. Прочность сварных сооружений и деформации конструкций : Учеб. пособие для вузов / Г.А. Николаев, С.А. Куркин, В.А. Винокуров .— М. : Высш. шк., 1982 .— 272 с.
9. Климов, А. С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке : [учеб. пособие] для студентов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов 150200 - "Машиностроит. технологии и оборудование" специальности 150202 - "Оборудование и технология свароч. пр-ва" / А. С. Климов, Н. Е. Машнин .— Изд. 2-е, испр. и доп. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2011 .— 240 с.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Волков, С. С. Сварка пластмасс ультразвуком / С. С. Волков, Б. Я. Черняк .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Химия, 1986 .— 254 с.
2. Волков, С. С. Сварка и склеивание полимерных материалов : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Оборудование и технология сварочного производства" / С.С. Волков .— М. : Химия, 2001 .— 376 с.

3. Хасуи, Ацуси. Наплавка и напыление / А. Хасуи, О. Моригаки ; пер. с яп. В. Н. Попова; под ред. В. С. Степина, Н. Г. Шестеркина .— Москва : Машиностроение, 1985 .— 239 с.
4. Кудинов, В. В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование : Учебник для вузов / Под ред. Б. С. Митина .— М. : Metallurgia, 1992 .— 431 с.

5.2. Методические разработки

Не используются.

5.3. Программное обеспечение

Электронные таблицы MS Excel, MS Word, MS PowerPoint

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ. – Режим доступа: <http://study.urfu.ru/info/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Электронная база нормативных документов ГОСТЭКСПЕРТ. – Режим доступа : <http://gostexpert.ru/> , свободный. – Загл. с экрана.
3. Поисковые системы: www.yandex.ru, google.ru www.rambler.ru,

5.5. Электронные образовательные ресурсы

Все аспиранты имеют полный доступ к перечисленным ресурсам, в т.ч. через авторизованный доступ из сети интернет:

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>;
2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;
3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;
4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;
5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;
6. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.