

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
2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Аддитивные технологии в металлургии и машиностроении

Перечень сведений о программе аспирантуры	Учетные данные
Программы аспирантуры: Роботы, мехатроника и робототехнические системы Наземные транспортно-технологические средства и комплексы Литейное производство Порошковая металлургия и композиционные материалы	Код ПА 2.5.4. 2.5.11. 2.6.3. 2.6.5.
Группа специальностей: Машиностроение Химические технологии, науки о материалах, металлургия	Код 2.5. 2.6.
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:

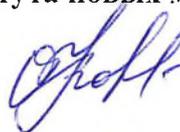
№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Финкельштейн Аркадий Борисович	Д.т.н., доцент	Профессор	Кафедра литейного производства и упрочняющих технологий	

Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий

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

Согласовано:

Начальник ОПНПК



[О.Ю. Корниенко]



[Е.А. Бутрина]

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ И МАШИНОСТРОЕНИИ»

1.1. Аннотация дисциплины

Целью освоения дисциплины «Аддитивные технологии в металлургии и машиностроении» является дать комплексное представление о разработке, проектировании и изготовлении изделий с использованием аддитивных технологий; в области разработки и внедрения аддитивных технологий при изготовлении изделий в металлургии и машиностроении; модернизации действующих и проектировании новых эффективных производств различного назначения. Дисциплина позволяет формировать у аспирантов углубленные профессиональные знания, умения и навыки (компетенций) в смежной с порошковой металлургией и композиционными материалами отрасли.

Задачи дисциплины:

- сформировать у аспирантов представление об основных трендах развития технологий порошковой металлургии и композиционных материалов;
- определить четкие представления о взаимосвязи технологии производства порошковых и композиционных материалов с областью их применения;
- умение прогнозирования технологических, механических, функциональных свойств порошковых и композиционных материалов;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при решении конкретной научно-технической задачи при выполнении диссертационной работы.

1.2. Язык реализации дисциплины – русский.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результаты освоения дисциплины «Аддитивные технологии в металлургии и машиностроении» направлены на расширение кругозора аспирантов в смежной области науки и техники и могут быть использованы при научно-исследовательской деятельности аспирантов и выполнении квалификационных работ (диссертации).

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- тенденции развития прецизионных технологий и средств автоматизированного проектирования сложных изделий машиностроения;
- аппаратурную базу аддитивных технологий, классификацию, принцип действия, особенности эксплуатации;
- методы и средства прецизионных измерений сложных деталей.

Уметь:

- разрабатывать алгоритм изготовления технологической оснастки с применением 3D принтера;
- проводить контроль качества готового изделия с использованием 3D сканера (координатно-измерительной машины).

Владеть:

- навыками применения современных средств автоматизации, методов проектирования, математического, физического и компьютерного моделирования технологических процессов и машиностроительных производств;
- навыками создания и корректировки средствами компьютерного проектирования CAD-модели изделий.

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.)	4
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
4.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	1,5	104
5.	Промежуточная аттестация	36	0,25	Зачет
6.	Общий объем по учебному плану, час.	108	5,75	108
7.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Основы аддитивных технологий	Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. История создания и развития средств 3D моделирования и печати. Основные функции и ограничения систем моделирования и печати. Материалы для аддитивных технологий.
P2	Моделирование изделий аддитивного производства	Особенности конструирования деталей для аддитивного производства. Системы CAD. Параметрическое и прямое моделирование. Точность экспорта геометрических данных в формат stl. Системы CAD автоматизированного проектирования, программное обеспечение 3D принтеров, сканеров и контрольно-измерительных машин. Аддитивные технологии от чертежа до детали.
P3	3D сканирование	Контактное и бесконтактное сканирование. Триангуляция. Коноскопическая голография. Лазерное ручное и автоматическое сканирование. Структурированный и модулированный свет. Фотограмметрические методы. Рентгеновское излучение для сканирования. Томография. Применение методов сканирования на практике в зависимости от объекта изучения. Исходные данные в виде облака точек, срезов. Реконструкция модели объекта. Программное обеспечение.
P4	Аддитивные технологии	Классификация аддитивных технологий по принципу, по материалу. Машины и оборудование аддитивных технологий. Селективное лазерное плавление. Лазерная стереолитография. Селективное лазерное спекание. Электронно-лучевая плавка. Моделирование методом наплавления. Многоструйное моделирование. Клеевая 3D печать. Осевая литография. Послойное ламинирование. Финишная обработка изделий.

P5	Теплофизика и физическая химия формирования аддитивных изделий	Аддитивные изделия из металлических порошков. Порошки для аддитивных технологий. Теплофизические и физико-химические процессы сплавления лазером и электронным лучом. Влияние сплава на формирование изделия. Органические материалы для аддитивных технологий. Теплофизика плавления и затвердевания полимеров при производстве аддитивных изделий.
P6	Применение аддитивных технологий в машиностроении	Проблемы аддитивных технологий, связанные с материалом. Уровень механических, функциональных свойств изделий по аддитивным технологиям. Дефекты. Технико-экономический анализ целесообразности использования аддитивных технологий применительно к серийности изделий. Примеры применения аддитивных технологий в машиностроении.

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)

1. Селективное лазерное плавление.
2. Лазерная стереолитография.
3. Селективное лазерное спекание.
4. Электронно-лучевая плавка.
5. Моделирование методом наплавления.
6. Многоструйное моделирование.
7. Клеевая 3D печать.
8. Осевая литография.
9. Послойное ламинирование.

3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

1. Разработка 3D моделей и рабочих чертежей на аддитивные изделия.
2. Изготовление натурной модели пресс-формы на основе применения 3D принтера.

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 источ-	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной клас-	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений

	ников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	сификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно 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	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно 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

1. Аддитивные технологии, перспективы развития.
2. Методы оцифровки и контрольно-измерительные машины.
3. Методы создания и корректировки компьютерных моделей.
4. Физико-химические основы производства изделий методом послойного синтеза.
5. Машины и оборудование для выращивания металлических изделий.
6. Эксплуатация аддитивных установок.
7. Методы финишной обработки и контроля качества готовых изделий.
8. Сплавы для аддитивных технологий.
9. Полимерные материалы для аддитивных технологий.
10. Требования к компьютерным моделям, предназначенным для производства на установках послойного синтеза.
11. Селективное лазерное плавление.
12. Лазерная стереолитография.
13. Селективное лазерное спекание.
14. Электронно-лучевая плавка.
15. Моделирование методом наплавления.
16. Многоструйное моделирование.
17. Клеевая 3D печать.
18. Осевая литография.
19. Послойное ламинирование.

4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

Не предусмотрено

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Рекомендуемая литература

5.1.1. Основная литература

1. Ляпков, А. А. Полимерные аддитивные технологии : учебное пособие для вузов / А. А. Ляпков, А. А. Троян. — Санкт-Петербург : Лань, 2022
2. Преображенская, Е. В. Технологии, материалы и оборудование аддитивных производств : учебное пособие / Е. В. Преображенская, В. В. Зуев, А. А. Мышечкин. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021 — Часть 2 — 2021. — 164 с.
3. Преображенская, Е. В. Технологии, материалы и оборудование аддитивных производств : учебное пособие / Е. В. Преображенская, Т. Н. Боровик, Н. С. Баранова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021 — Часть 1 — 2021. — 173 с.
4. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров, Р. С. Третьяков ; под редакцией А. Г. Григорьянца. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 278 с.
5. Кравченко Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. — Аддитивные технологии в машиностроении.— Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 139 с.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Каменев, С. В. Технологии аддитивного производства : учебное пособие / С. В. Каменев, К. С. Романенко ; Оренбургский государственный университет. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. — 145 с. :
2. Основы быстрого прототипирования : учебное пособие / А. Н. Поляков, А. И. Сердюк, К. Романенко, И. П. Никитина ; Оренбургский государственный университет. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2014. — 128 с.
3. Каменев, С. В. Основы автоматизированных координатных измерений : учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич ; Оренбургский государственный университет. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. — 120 с.
4. Кулик, В. И. Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники : учебное пособие / В. И. Кулик, А. С. Нилов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 160 с.
5. Валетов В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы) : учебное пособие / В. А. Валетов. — Аддитивные технологии (состояние и перспективы)— Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. — 58 с

5.2. Методические разработки

Не используются.

5.3. Программное обеспечение

Специализированное программное обеспечение, купленное в различных подразделениях УрФУ:

1. ANSYS Fluent
2. HSC Chemistry
3. Solidworks
4. MathCAD
5. STATISTICA
6. Microsoft Visual Studio 2013
7. Microsoft SQL Server

Офисные пакеты:

1. Microsoft Office 2003
2. Microsoft Office 2007
3. Microsoft Office 2010
4. Microsoft Office 2013
5. Microsoft Office 2016

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ. – Режим доступа: <http://study.urfu.ru/info/>, свободный. – Загл. с экрана;
- Электронная база нормативных документов ГОСТЭКСПЕРТ. – Режим доступа : <http://gostexpert.ru/>, свободный. – Загл. с экрана;
- 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. Elsevier B.V. БД Reaxys Договор № 1-3839832505 от 20.02.2013;
2. ООО «Первое Независимое Рейтинговое Агентство» ИПС FIRAPRO Договор № 43-12/370-2013 от 23.05.2013;
3. EBSCO Industries, Inc БД Business Source Complete Договор № 624 от 02.07.2013;
4. EBSCO Industries, Inc БД EBSCO Discovery Service Договор № 625 от 02.07.2013;
5. Elsevier B.V. БД Freedom Collection Договор № 1-4412061361 от 26.04.2013;
6. НП «НЭИКОН», БД компании Thomson Reuters, Web of Science в составе: БД Citation Index Expanded, БД Social Sciences Index, БД Art & Humanities Citation Index, Journal Citation Reports, Conference Proceedings Citation Index Договор № 43-12/456-2013 от 12.07.2013;
7. ЗАО «КОНЭК», БД компании ProQuest, БД диссертаций ProQuest Digital Dissertations and Theses;
8. БД библиотеки компании ProQuest, БД Emerald Journals 95, Emerald eBooks Series, Emerald Engineering Договор № 43-12/761-2013 от 12.09.2013;
9. EBSCO Industries, Inc, БД Inspec, БД Applied Science & Tech Source (upgrade CASC) Договор № 43-12/762-2013 от 30.08.2013;
10. ООО «Научная электронная библиотека» Система SCIENCEINDEX Договор № 43-12/615-2013 от 01.08.2013;
11. ООО «Издательство Лань» ЭБС Лань Договор № 43-12/808-2013 от 13.09.2013;
12. ООО «Директ-Медиа», ЭБС «Университетская библиотека онлайн» Договор № 167-07/13 от 13.09.2013;
13. НП «НЭИКОН» ЭР EBSCO Publishing Договор № 43-12/1176-2013 от 02.12.2013;
14. НО БФ «Фонд содействия развитию УГТУ-УПИ» ООО Компания «Кодекс-Люкс» Договор № 68/1354 от 25.11.2013;
15. НП «НЭИКОН» БД Questel ORBIT Договор № 43-12/1099-2013 от 06.11.2013;
16. НП «НЭИКОН» AIP Nature Journals Договор № 43-12/1354-2013 от 16.12.2013;
17. НП «НЭИКОН», ACS, Cambridge University Press Договор № 43-12/1474-2013 от 15.11.2013;
18. Elsevier B.V. БД Scopus Договор № 1-5608083155 от 11.11.2013;
19. НП «НЭИКОН», БД JSTOR, БД ACM Договор № 43-12/1585-2013 от 25.12.2013;
20. НП «НЭИКОН», БД OXFORD REFERENCE ONLINE Договор № 43-12/1586-2013 от 26.12.2013;
21. ООО «НЭИКОН», ООО «Ивис», ООО «Твинком», ООО «Интегрум Медиа» Договор № 43-12/1226-2013 от 01.11.2013.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

1. Лекционная аудитория Мт-133, оборудованная средствами электронной презентации.
2. Оборудование лаборатории аддитивных технологий кафедры ЛП и УТ, в том числе:

Анализатор металлов SPECTROMAXx F
Комплекс роботизированный технологический лазерной сварки
Микроскоп инвертированный металлографический Альтами MET1T
Микротвердомер по Виккерсу KBW-1 <5.5>
Печь индукционная УИП-16-10-0,005
Принтер 3 D
Приточно-вытяжная система вентиляции бу/к Р-06/1
Система 3D печати (3D-плоттер) Eden-350
Система вакуумного литья "МК SYSTEM 1"
Система лазерной нарезки СПЛР RX-150
Сканер 3D Handyscan UNIScan
Спектрометр эмиссионный Аргон-5СФ
Стенд испытания системы газооборота аддитивной машины УрАМ-150D
Установка лазерного спекания порошков
Установка лазерного сплавления металлических порошков
Стенд для селективного лазерного сплавления металлических порошков
Печи камерные термические 20 л.