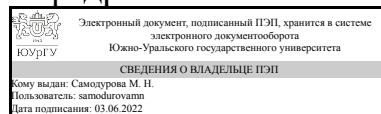


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



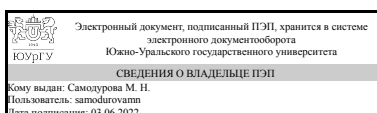
М. Н. Самодурова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М3.03 Технология лазерной наплавки
для направления 15.04.01 Машиностроение
уровень Магистратура
магистерская программа Аддитивные технологии в машиностроении
форма обучения очная
кафедра-разработчик Информационно-измерительная техника

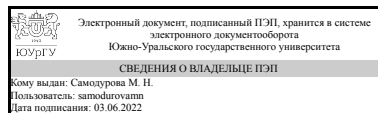
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1025

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



М. Н. Самодурова

Разработчик программы,
д.техн.н., доц., профессор



М. Н. Самодурова

1. Цели и задачи дисциплины

Цель – дать студенту представление о современных методах создания многофункциональных покрытий методом лазерной наплавки (ЛН), а также о механизме восстановления и термического упрочнения поверхностей деталей машин и механизмов. Знание основ в данной области, позволит студенту иметь ценный инструмент в исследовательской карьере для ускорения существующих процессов и решения ранее неразрешимых задач. В ходе изучения дисциплины формируется представление об особенностях, современном состоянии и перспективах развития технологий ЛН конструкционных материалов для решения профессиональных задач. Задачи – получение знаний о способах выбора наплавляемых и напыляемых материалов и оборудования; получение знаний о способах выбора режимов наплавки; получение базы для использования теоретических знаний в своей практической профессиональной деятельности; выработка навыков по разработке технологических процессов наплавки; выбор оптимального варианта упрочнения поверхностей с учетом условий их эксплуатации; умение проведения контроля качества нанесенного покрытия.

Краткое содержание дисциплины

Рассматриваются вопросы, связанные с особенностью процессов лазерной наплавки (ЛН), физические основы процессов ЛН, физические процессы при взаимодействии лазерного излучения с материалами, лазерная термическая обработка металлических сплавов, лазерное поверхностное легирование металлических сплавов, лазерная наплавка металлических поверхностей, методы прямого лазерного прототипирования, лазерное оборудование для обработки материалов, перспективные направления технологий ЛН.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Знает: принципы планирования и выполнения работ по обеспечению выпуска продукции с применением технологий лазерной наплавки; технологические процессы, оборудование и инструменты, применяемые в лазерной наплавке Умеет: планировать и выполнять работы по обеспечению выпуска продукции с применением технологий лазерной наплавки; планировать и выполнять работы по обеспечению выпуска продукции в условиях аддитивного производства, лазерной наплавки Имеет практический опыт: выполнения работ по лазерной наплавке, выбору сырья и расходных материалов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин,	Перечень последующих дисциплин,
------------------------------------	---------------------------------

видов работ учебного плана	видов работ
Материалы для аддитивного производства	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Материалы для аддитивного производства	Знает: основы технологических процессов получения изделий методами аддитивных технологий, оборудования и инструментов, сырья и расходных материалов; основные материалы для аддитивного производства, сырьё и расходные материалы, необходимые для реализации аддитивных технологий Умеет: физико-химические основы аддитивного производства; материалы применяемые в аддитивном производстве Имеет практический опыт: связывать состав и структуру материалов, способы их формирования с физическими, механическими, химическими, технологическими и эксплуатационными свойствами

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 82,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	4
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	68	32	36
Лекции (Л)	28	16	12
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	28	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	12	0	12
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	133,25	69,75	63,5
подготовка к зачету	63,5	0	63,5
Подготовка реферата, доклада, составление отчета по ЛР	69,75	69,75	0
Консультации и промежуточная аттестация	14,75	6,25	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах
-----------	----------------------------------	---

		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Области применения основных способов ЛН и напыления и перспективы их развития	2	2	0	0
2	Классификация и характеристики основных способов ЛН	4	4	0	0
3	Физические процессы при взаимодействии лазерного излучения с материалами	2	2	0	0
4	Лазерная термическая обработка	8	2	6	0
5	Лазерное поверхностное легирование металлических сплавов	6	2	0	4
6	ЛН металлических поверхностей	8	2	6	0
7	Методы прямого лазерного прототипирования	8	2	2	4
8	Материалы для наплавочных работ	4	2	2	0
9	Оборудование для наплавочных работ	4	2	2	0
10	Технологии наплавочных работ	12	2	6	4
11	Применение наплавки в металлургии	2	2	0	0
12	Контроль качества наплавленных деталей	4	2	2	0
13	Техника безопасности при наплавочных работах	4	2	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Области применения основных способов. ЛН и напыления и перспективы их развития	2
2	2	Классификация и характеристики основных способов ЛН	4
3	3	Основные физические явления взаимодействия электронов с веществом. Генерация лазерного излучения. Отличительные особенности лазерного излучения. Пространственные и энергетические характеристики лазерного излучения. Поглощательная способность материалов. Нагрев при лазерном воздействии без разрушения. Режим стационарного разрушения. Процесс распространения теплоты источника лазерного излучения. Взаимодействие лазерного излучения с металлами. Кинетика возбуждения полупроводников лазерным излучением	2
4	4	Основные предпосылки и особенности термоупрочнения материалов лазерным излучением. Анализ фазовых превращений при лазерном нагреве железоуглеродистых сплавов. Особенности структуры, образовавшейся при сверхвысоких скоростях лазерного нагрева и охлаждения. Особенности формирования структуры сплавов при лазерной обработке с оплавлением поверхности. Лазерный отжиг и лазерный отпуск сплавов. Использование лазерного нагрева для интенсификации механической обработки сталей и сплавов. Структура и механизмы упрочнения цветных металлов и сплавов, подвергнутых лазерному воздействию. Повышение эксплуатационной стойкости изделий металлургии лазерной термической обработкой	2
5	5	Отличительные особенности и преимущества процесса лазерного поверхностного легирования. Явления массопереноса и перераспределения легирующих элементов при лазерном воздействии. Лазерное легирование сплавов неметаллическими компонентами: цементация, азотирование, борирование, силицирование. Лазерное легирование сплавов железа и никеля, цветных металлов и сплавов металлическими компонентами: чистыми металлами и сплавами; карбидами тугоплавких металлов и сплавами на их основе. Примеры практической реализации лазерного легирования для улучшения эксплуатационных свойств металлов и сплавов	2

6	6	Физические и технологические основы, преимущества и технико-экономические недостатки лазерной наплавки. Особенности ЛН. Гибридные технологии наплавки. Дефекты, возникающие при лазерной наплавке, и методы борьбы с ними. Особенности формирования структурно-фазового состояния и свойств наплавленного слоя	2
7	7	Лазерные аддитивные технологии изготовления трехмерных изделий и покрытий по заданной компьютерной модели. Технологические особенности и физические основы процессов. Возможности улучшения комплекса механических, трибологических, коррозионных и физических свойств изделий и покрытий	2
8	8	Материалы для наплавочных работ	2
9	9	Принципы работы, типы и конструкции технологических лазеров. Лазерные технологические комплексы. Лазерная динамическая балансировка деталей. Интенсификация механической обработки с использованием лазерного излучения. Лазерная ударная обработка материалов. Нанесение и обработка тонких пленок	2
10	10	Технологии наплавочных работ	2
11	11	Применение наплавки в металлургии	2
12	12	Контроль качества наплавленных деталей	2
13	13	Техника безопасности при наплавочных работах	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	4	Тепловые процессы в материалах при воздействии лазерного излучения	6
2	6	Исследование структуры и свойств сталей и сплавов после лазерной обработки	6
3	7	Исследование структуры и свойств сталей и сплавов после лазерной обработки	2
4	8	Изучение технологий лазерной наплавки	2
5	9	Изучение технологий лазерной наплавки	2
6	10	Изучение качественных характеристик наплавки	6
7	12	Определение микротвердости покрытия	2
8	13	Защитное оборудование	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	5	Определение и расчет режимов лазерного легирования для различных материалов	4
2	7	Проведение работ по восстановлению поверхности и прямому синтезу элементов деталей	4
3	10	Наплавка поверхности заготовок на роботизированной установке лазерной наплавки. Определение качества поверхности напылённого покрытия	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС

Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
подготовка к зачету	Гладуш, Г. Г. Физические основы лазерной обработки материалов : монография / Г. Г. Гладуш, И. Ю. Смуров. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017. — 592 с. — ISBN 978-5-9221-1712-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/105004 (дата обращения: 24.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	4	63,5
Подготовка реферата, доклада, составление отчета по ЛР	Григорьянц А . Г . , Шиганов И . Н . , Мисюров А .И . Технологические процессы лазерной обработки. Под ред . А . Г . Григорьянца . – М .: Изд - во МГТУ им . Н . Э . Баумана , 2006.	3	69,75

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	Учитывается в ПА
1	3	Промежуточная аттестация	Технология лазерной наплавки	-	5	Студенты в течение семестра могут набрать максимум для зачета – 4 балла Баллы, набираемые студентами в течение семестра, делятся на три группы: баллы по результатам контроля посещаемости занятий, баллы по результатам иных контрольных мероприятий и баллы за работу на практических занятиях. Максимальное количество баллов, предоставляемых по результатам контроля посещаемости занятий – 1 Максимальное количество баллов, предоставляемых по результатам иных контрольных мероприятий – 2 (самостоятельные работы, тесты, рефераты, деловые игры, тестирование в рамках курса и т.д.) Максимальное количество баллов за работу на практических занятиях – 3 Баллы проставляются после проведения	зачет

						<p>всех практических занятий по дисциплине в семестре. Если баллов набирается более 3 – то ставится «зачет», менее 3 – «незачет»</p>	
2	4	Курсовая работа/проект	Технология лазерной наплавки	-	5	<p>Оценка "Отлично" : По своему содержанию и форме работа соответствует всем предъявленным требованиям.</p> <p>2. Работа актуальна, выполнена самостоятельно, имеет творческий характер, отличается определенной новизной.</p> <p>3. Дан обстоятельный анализ степени теоретического исследования проблемы, различных подходов к ее решению.</p> <p>4. Материал изложен последовательно и логично.</p> <p>5. Теоретические решения органично сопряжены с практикой;</p> <p>6. В работе широко используются материалы исследования, проведенного автором самостоятельно, в некоторых случаях допускается опора на вторичный анализ имеющихся данных.</p> <p>7. В работе проведен количественный анализ проблемы, который подкрепляет теорию и иллюстрирует реальную ситуацию, приведены таблицы результатов, графики, диаграммы, формулы, показывающие умение автора формализовать результаты исследования.</p> <p>8. Широко представлен список использованных источников по теме работы.</p> <p>9. Приложения к работе иллюстрируют достижения автора и подкрепляют его выводы.</p> <p>10. Работа безукоризненна в отношении оформления (орфография, стиль, цитаты, ссылки, графическая часть выполнена грамотно, рабочие чертежи соответствуют стандартам и нормам.</p> <p>11. В докладе и ответах на вопросы при защите показано знание нормативной базы, учтены изменения в связи с предложенной новой разработкой по данной проблеме, знание научных методик и передового опыта при решении необходимых задач.</p> <p>12. Обязательные дополнительные требования: правильно оформленное введение и самостоятельное, основанное</p>	кур- совые проекты

					<p>на собственных мыслях и обобщающих выводах, заключение объемом не менее 2 страниц. «Хорошо» выставляется за курсовую работу в случае, если:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Содержание и оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. 2. Содержание работы в целом соответствует заявленной теме. 3. Работа актуальна, имеются самостоятельные выводы и обобщения. 4. Дан анализ степени теоретического исследования проблемы. Теоретические положения сопряжены с практикой. 5. Практические решения обоснованы и сопряжена с теоретическими выкладками. 6. Пояснительная записка и графическая часть выполнены грамотно, согласно принятым нормам и нормативной документации. 6. В докладе и ответах на вопросы основные положения работы раскрыты на хорошем или достаточном теоретическом и методологическом уровне. 7. Приложения грамотно составлены и прослеживается связь с положениями курсовой работы. 8. Составлен список использованных источников по теме работы. 9. Недостаточно описан личный опыт работы, применение научных исследований и передового опыта работы. 10. На балл оценка снижается и в том случае, если работа самостоятельна, но основана на использовании лишь небольшого количества источников, которые не позволяют сделать репрезентативные выводы. Необходимо выбирать такую тему работы, которая была бы хорошо обеспечена источниками. 11. Обязательные дополнительные требования: правильно оформленное введение и самостоятельное, основанное на собственных мыслях, заключение объемом не менее 2 страниц. <p>«Удовлетворительно» выставляется за курсовую работу в случае, если:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оформление работы в целом правильное.
--	--	--	--	--	---

						<p>2. Имеет место определенное несоответствие содержания работы заявленной теме.</p> <p>3. Нарушена логика изложения материала, задачи раскрыты не полностью.</p> <p>4. В работе не полностью использованы необходимые для раскрытия темы и решения поставленных задач научная литература, нормативные документы, а также материалы исследований.</p> <p>5. Теоретические положения слабо увязаны с практикой, практические рекомендации носят формальный бездоказательный характер.</p> <p>6. Основной текст работы представляет собой компиляцию положений существующих исследовательских работ. Вклад автора заключается в систематизации и самостоятельных выводах лишь в «критических местах» работы.</p> <p>7. В докладе и ответах на вопросы исследуемая проблема в основном раскрыта, но не отличается новизной, теоретической глубиной и аргументированностью, имеются не точные или не полностью правильные ответы.</p> <p>8. Обязательные дополнительные требования: правильно оформленное введение и самостоятельное, основанное на собственных мыслях, заключение объемом не менее 2 страниц.</p> <p>Оценка «Неудовлетворительно» выставляется за курсовую работу в случае, если:</p> <p>1. Содержание и оформление работы не соответствует предъявляемым требованиям.</p> <p>2. Содержание работы не соответствует выбранной теме.</p> <p>3. Работа содержит существенные теоретико-методологические ошибки и поверхностную аргументацию основных положений.</p> <p>4. Курсовая работа носит компилятивный характер.</p> <p>5. Предложения автора четко не сформулированы.</p> <p>6. В докладе и ответах на вопросы даны в основном неверные ответы.</p>	
3	4	Промежуточная	Технологии лазерной	-	5	5 баллов: Студент правильно ответил на 3 вопроса. Ответы были грамотными,	экзамен

		аттестация	наплавки			полными, студент владеет терминологией. 4 балла: Студент ответил на 3 вопроса, но ответы содержали неточности. 3 балла: Студент ответил на 2 вопроса. В ходе ответов студент допускал ошибки и неточности. Слабо владеет профессиональной терминологией. 2 балла: Студент не освоил изучаемый в дисциплине материал. Не понял суть вопросов.	
--	--	------------	----------	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	На устном экзамене студент получает билет с 3 вопросами. Время на подготовку к ответу на экзамене не более 40 минут. Оценки выставляются по 5-бальной шкале. 5 баллов: Студент правильно ответил на 3 вопроса. Ответы были грамотными, полными, студент владеет терминологией. 4 балла: Студент ответил на 3 вопроса, но ответы содержали неточности. 3 балла: Студент ответил на 2 вопроса. В ходе ответов студент допускал ошибки и неточности. Слабо владеет профессиональной терминологией. 2 балла: Студент не освоил изучаемый в дисциплине материал. Не понял суть вопросов.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
курсовые проекты	1. Защита курсовой работы состоит из доклада студента по теме работы в течении 5- 7 минут и ответов на вопросы членов комиссии и присутствующих на защите. 2. Решение об оценке курсовой работы принимается по результатам анализа предъявленной курсовой работы, доклада студента на защите и его ответов на вопросы. 3. Курсовая работа оценивается дифференцированной отметкой: отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно. 4. Вместо защиты курсовой работы студент может сделать доклад на студенческой или иной научной конференции, а также на научном семинаре кафедры. В этом случае оценка публичной защиты определяется научным руководителем студента и заведующим кафедрой.	В соответствии с п. 2.7 Положения
зачет	Если студент набирает меньше 3 баллов, ему выдается задание с 5 теоретическими вопросами. Если он отвечает более чем на 4 вопроса, ему ставится – «зачет», менее 4 вопросов – «не зачет».	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ		
		1	2	3
УК-2	Знает: принципы планирования и выполнения работ по обеспечению выпуска продукции с применением технологий лазерной наплавки; технологические процессы, оборудование и инструменты, применяемые в лазерной наплавке	+	+	
УК-2	Умеет: планировать и выполнять работы по обеспечению выпуска продукции с применением технологий лазерной наплавки; планировать и выполнять работы	+	+	

	по обеспечению выпуска продукции в условиях аддитивного производства, лазерной наплавки			
УК-2	Имеет практический опыт: выполнения работ по лазерной наплавке, выбору сырья и расходных материалов	+	+	

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Лазерная техника и технология Кн. 1 Физические основы технологических лазеров Учеб. пособие для вузов: В 7 кн. Под ред. А. Г. Григорьянца; Авт. кн.: В. С. Голубев, В. Ф. Лебедев. - М.: Высшая школа, 1987. - 191 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Хокинг, М. Металлические и керамические покрытия: Получение, свойства и применение М. Хокинг, В. Васантасри, П. Сидки; Пер. с англ.: Э. М. Лазарева и др.; Под ред. Р. А. Андриевского. - М.: Мир, 2000. - 516 с.

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

1. "Металлург", "Цветные Металлы", "Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением"

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Быков В. А.: Изучение особенностей восстановления деталей лазерной наплавкой порошкового композита: Методические указания к выполнению лабораторной работы. – Челябинск: ООО НПП “Учтех-Профи”, 2019. – 8 с.
2. Быков В. А.: Изучение особенностей восстановления деталей лазерной наплавкой проволочного композита: Методические указания к выполнению лабораторной работы. – Челябинск: ООО НПП “Учтех-Профи”, 2019. – 7 с.
3. Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюрин А. И. Технологические процессы лазерной обработки. Под ред. А. Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Быков В. А.: Изучение особенностей восстановления деталей лазерной наплавкой порошкового композита: Методические указания к выполнению лабораторной работы. – Челябинск: ООО НПП “Учтех-Профи”, 2019. – 8 с.
2. Быков В. А.: Изучение особенностей восстановления деталей лазерной наплавкой проволочного композита: Методические указания к выполнению лабораторной работы. – Челябинск: ООО НПП “Учтех-Профи”, 2019. – 7 с.

3. Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюрин А. И.
Технологические процессы лазерной обработки. Под ред. А. Г. Григорьянца.
– М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гладуш, Г. Г. Физические основы лазерной обработки материалов : монография / Г. Г. Гладуш, И. Ю. Смуров. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017. — 592 с. — ISBN 978-5-9221-1712-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/105004 (дата обращения: 24.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Наукоемкие технологии в машиностроении : учебное пособие / А. Г. Суслов, Б. М. Базров, В. Ф. Безъязычный, Ю. С. Авраамов. — Москва : Машиностроение, 2012. — 528 с. — ISBN 978-5-94275-619-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/5795 (дата обращения: 24.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)"-Портал "Электронный ЮУрГУ" (<https://edu.susu.ru>)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -Информационные ресурсы ФИПС(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	333 (Л.к.)	ПК, проектор, экран
Лабораторные занятия	104 (Л.к.)	Компьютеризированные комплексы для лазерной наплавки