

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра материаловедения в машиностроении

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН МТФ

к.т.н. Янпольский В. В.

“ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Высокоэнергетические методы обработки

Образовательная программа: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль:
Материаловедение и технологии машиностроительных материалов

Курс: 4, семестр : 8

Механико-технологический факультет,

		Семестр
№	Вид деятельности	8
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	52
4	Лекции, час.	12
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	24
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	12
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	14
10	Самостоятельная работа, час.	128
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

ФГОС введен в действие приказом №1331 от 12.11.2015 г. , дата утверждения: 14.12.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ММ, протокол заседания кафедры №6/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете механико-технологического факультета, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Дробяз Е. А.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Батаев В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Батаев В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.16 способность использовать на производстве знания о традиционных и новых технологических процессах и операциях, нормативных и методических материалах о технологической подготовке производства, качестве, стандартизации и сертификации изделий и процессов с элементами экономического анализа; в части следующих результатов обучения:	
35. знать влияние внешнего высокоэнергетического воздействия на структуру и свойства материалов	
37. знать основные виды высокоэнергетического оборудования для производства и обработки материалов	
39. знать основные тенденции и направления развития высокоэнергетических технологий обработки и упрочнения материалов	
у3. уметь выбирать оптимальные режимы и методы высокоэнергетической обработки для создания и упрочнения изделий	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Высокоэнергетические методы обработки</i>	
ПК.16.35 знать влияние внешнего высокоэнергетического воздействия на структуру и свойства материалов	
1.закономерность формирования и управления структурой и свойствами материалов при высокоэнергетическом воздействии на материал	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.16.37 знать основные виды высокоэнергетического оборудования для производства и обработки материалов	
2.основные виды высокоэнергетического оборудования для производства и обработки материалов, применяемых в машиностроении	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.16.39 знать основные тенденции и направления развития высокоэнергетических технологий обработки и упрочнения материалов	
3.основные тенденции и направления развития высокоэнергетических технологий обработки и упрочнения материалов	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.16.у3 уметь выбирать оптимальные режимы и методы высокоэнергетической обработки для создания и упрочнения изделий	
4.выбирать оптимальные режимы и методы высокоэнергетической обработки для создания и упрочнения машиностроительных изделий	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 8				
Дидактическая единица: Лазерная обработка.				
1. Лазерная обработка. Лазерные технологические установки для поверхностной обработки. Структура и строение поверхностных слоёв различных сталей после лазерной термообработки. Практическое применение лазерной обработки.	0	3	1, 2, 3, 4	Лекции. Обсуждение темы.
Дидактическая единица: Электронно-лучевая обработка.				

2. Основы электронно-лучевой обработки. Структура и строение поверхностных слоёв различных материалов после электронно-лучевой обработки. Оборудование для электронно-лучевого упрочнения изделий. Практическое применение электронно-лучевой обработки.	0	3	1, 2, 3, 4	Лекции. Обсуждение темы.
Дидактическая единица: Плазменная обработка.				
3. Технология плазменного поверхностного упрочнения. Характеристика материалов после плазменного упрочнения. Оборудование для плазменного упрочнения изделий. Практическое применение плазменной обработки.	0	3	1, 2, 3, 4	Лекции. Обсуждение темы.
Дидактическая единица: Нанесение покрытий.				
4. Основные методы порошкового напыления. Микроструктура и свойства покрытий. Оборудование для формирования покрытий.	0	3	1, 2, 3, 4	Лекции. Обсуждение темы.

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 8				
Дидактическая единица: Лазерная обработка.				
1. Лазерные технологии.	3	6		Лабораторная работа.
Дидактическая единица: Электронно-лучевая обработка.				
2. Высокоэнергетические методы воздействия на материалы.	3	6		Лабораторная работа.
Дидактическая единица: Плазменная обработка.				
3. Оценка структуры и свойств покрытий, полученных плазменным напылением.	3	6		Лабораторная работа.
Дидактическая единица: Нанесение покрытий.				
4. Исследование структуры и свойств наплавленных покрытий.	3	6		Лабораторная работа.

Таблица 3.3

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 8				
Дидактическая единица: Лазерная обработка.				

1. Физические основы технологических лазеров. Взаимодействие лазерного излучения с материалом . Классификация методов поверхностной лазерной обработки. Энергетические параметры лазерной обработки. Тепловые процессы. Лазерная резка. Лазерная сварка. Лазерная обработка неметаллических материалов.	0	15	1, 2, 3, 4	Подготовка РГЗ.
Дидактическая единица: Электронно-лучевая обработка.				
2. Особенности воздействия электронного облучения на материалы. Технологические операции, выполняемые электронно-лучевым способом. Превращения в сталях при нагреве и охлаждении. Механизмы сверхбыстрого нагрева материалов. Электронно-лучевая сварка. Электронно-лучевая плавка. Закалка с помощью электронного пучка. Наплавка модифицирующих покрытий. Электронно-лучевое легирование поверхности. Химические электронно-лучевые процессы. Технические характеристики электронных пушек. Ионное плакирование Испарение материалов. Нетермическая обработка.	0	15	1, 2, 3, 4	Подготовка РГЗ. Самостоятельное изучение материала.
Дидактическая единица: Плазменная обработка.				
3. Физические основы плазменной обработки. Выбор режимов обработки. Технологические варианты плазменной обработки. Плазменное нанесение покрытий. Плазменно-дуговая сварка. Плазменная химико-термическая обработка. Комплексное упрочнение. Плазменная резка.	0	15	1, 2, 3, 4	Подготовка РГЗ. Самостоятельное освоение материала.
Дидактическая единица: Нанесение покрытий.				
4. Напыление многокомпонентных покрытий. Прочность сцепления с основным металлом. Метод холодного газодинамического напыления. Высокоскоростное (сверхзвуковое) газопламенное напыление (HVOF). Основные особенности SPS - технологии. Вакуумные методы получения тонких пленок.	0	15	1, 2, 3, 4	Подготовка РГЗ. Самостоятельное изучение материала.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 8				
1	РГЗ	1, 2, 3, 4	68	14
: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				
2	Самостоятельное изучение теоретического материала	1, 2, 3, 4	60	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.3 : Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail
Консультирование	e-mail
Контроль	e-mail
Размещение учебных материалов	e-mail; ЭБС

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Дискуссия
Краткое описание применения:	
Подробная информация об использовании технологии приводится в "Лазерные технологии : методические указания к лабораторным работам для 3 и 4 курсов МТФ дневного обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Н. В. Плотникова, А. М. Оришич, Э. Г. Шихалев]. - Новосибирск, 2006. - 14, [1] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000059814 "	

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 8		

Лабораторная:	4	16
РГЗ:	23	44
Экзамен:	23	40
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита РГЗ	Экзамен
ПК.16	35. знать влияние внешнего высокоэнергетического воздействия на структуру и свойства материалов	+	+
	37. знать основные виды высокоэнергетического оборудования для производства и обработки материалов	+	+
	39. знать основные тенденции и направления развития высокоэнергетических технологий обработки и упрочнения материалов	+	+
	у3. уметь выбирать оптимальные режимы и методы высокоэнергетической обработки для создания и упрочнения изделий	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Григорьянц А. Г. Технологические процессы лазерной обработки : [учебное пособие для вузов по специальности "Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов" направления "Машиностроительные технологии и оборудование"] / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров ; под ред. А. Г. Григорьянца. - М., 2008. - 663 с. : ил.
2. Берлин Е.В. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей [Электронный ресурс] / Е.В. Берлин, Н.Н. Коваль, Л.А. Сейдман— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 464 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26900.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Тепловые, гидродинамические и плазменные эффекты при взаимодействии лазерного излучения с веществом [Электронный ресурс]: монография/ Н.В. Бугров [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2004.— 426 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60870.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Киселев М. Г. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов : [учебное пособие по машиностроительным и приборостроительным специальностям] / М. Г. Киселев, Ж. А. Мрочек, А. В. Дроздов. - Минск, 2014. - 388 с. : ил., табл. - На тит. л.: Электронно-библиотечная система znanium.com.

Дополнительная литература

1. Рахимьянов Х. М. Высокоэнергетические процессы обработки материалов / Х. М. Рахимьянов, О. П. Солоненко, А. П. Алхимов, В. В. Марусин и др. - Новосибирск, 2000. - 425 с.
2. Рыкалин Н. Н. Основы электронно-лучевой обработки материалов / Н. Н. Рыкалин, И. В. Зуев, А. А. Углов. - М., 1978. - 238, [1] с. : ил., схемы
3. Лазерная и электронно-лучевая обработка металлов : справочник / [Н. Н. Рыкалин и др.]. - М., 1985. - 496 с. : ил.

4. Григорьянц А. Г. Оборудование и технология лазерной обработки материалов : учебник для профессионально-технических училищ / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов. - М., 1990. - 157, [2] с. : ил., схемы, табл.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Лазерные технологии : методические указания к лабораторным работам для 3 и 4 курсов МТФ дневного обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Н. В. Плотникова, А. М. Оришич, Э. Г. Шихалев]. - Новосибирск, 2006. - 14, [1] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000059814
2. Высокоэнергетические методы воздействия на материалы : методические указания к лабораторным работам для 3-4 курсов МТФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Е. А. Батаева и др.]. - Новосибирск, 2006. - 14, [1] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000063148
3. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Windows
- 3 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Микроскоп "Аксиоверт 40 МАТ"	Световой микроскоп для проведения лабораторных работ по направлениям "Материаловедение и технология материалов", "Наноинженерия", "Технология художественной обработки материалов" и др.
2	Проектор BENQ PB 6240	воспроизведение учебного материала
3	Твердомер цифровой автоматический Микро-Виккерс, тип 402MVD	Измерение твердости материалов, измерение микротвердости

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра материаловедения в машиностроении

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН МТФ
к.т.н., доцент В.В. Янпольский
“ ____ ” _____ ____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Высокоэнергетические методы обработки

Образовательная программа: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль:
Материаловедение и технологии машиностроительных материалов

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Высокоэнергетические методы обработки приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.16/ПТ способность использовать на производстве знания о традиционных и новых технологических процессах и операциях, нормативных и методических материалах о технологической подготовке производства, качестве, стандартизации и сертификации изделий и процессов с элементами экономического анализа	34. знать влияние внешнего высокоэнергетического воздействия на структуру и свойства материалов	Особенности воздействия электронного облучения на материалы. Технологические операции, выполняемые электронно-лучевым способом. Превращения в сталях при нагреве и охлаждении. Механизмы сверхбыстрого нагрева материалов. Электронно-лучевая сварка. Электронно-лучевая плавка. Закалка с помощью электронного пучка. Наплавка модифицирующих покрытий. Электронно-лучевое легирование поверхности. Химические электронно-лучевые процессы. Технические характеристики электронных пушек. Ионное плакирование. Испарение материалов. Нетермическая обработка. Высокоэнергетические методы воздействия на материалы. Исследование структуры и свойств наплавленных покрытий. Лазерная обработка. Лазерные технологические установки для поверхностной обработки. Структура и строение поверхностных слоёв различных сталей после лазерной термообработки. Практическое применение лазерной обработки. Лазерные технологии. Напыление многокомпонентных покрытий. Прочность сцепления с основным металлом. Метод холодного газодинамического напыления. Высокоскоростное (сверхзвуковое) газопламенное напыление (HVOF). Основные особенности SPS - технологии. Вакуумные методы получения тонких пленок. Основные методы порошкового напыления. Микроструктура и свойства покрытий. Оборудование для формирования покрытий. Основы электронно-лучевой обработки. Структура и строение поверхностных слоёв различных материалов после электронно-лучевой обработки. Оборудование для электронно-лучевого упрочнения изделий. Практическое применение электронно-лучевой обработки. Оценка структуры и свойств покрытий, полученных плазменным напылением. Технология плазменного поверхностного упрочнения. Характеристика материалов после плазменного упрочнения. Оборудование для плазменного упрочнения изделий. Практическое применение плазменной обработки. Физические основы плазменной обработки. Выбор режимов обработки. Технологические варианты плазменной обработки. Плазменное нанесение покры-	РГЗ, разделы 1-4	Экзамен, вопросы 1-40

		тий. Плазменно-дуговая сварка. Плазменная химико-термическая обработка. Комплексное упрочнение. Плазменная резка. Физические основы технологических лазеров. Взаимодействие лазерного излучения с материалом. Классификация методов поверхностной лазерной обработки. Энергетические параметры лазерной обработки. Тепловые процессы. Лазерная резка. Лазерная сварка. Лазерная обработка неметаллических материалов.		
ПК.16/ПТ	зб. знать основные виды высокоэнергетического оборудования для производства и обработки материалов	Особенности воздействия электронного облучения на материалы. Технологические операции, выполняемые электронно-лучевым способом. Превращения в сталях при нагреве и охлаждении. Механизмы сверхбыстрого нагрева материалов. Электронно-лучевая сварка. Электронно-лучевая плавка. Закалка с помощью электронного пучка. Наплавка модифицирующих покрытий. Электронно-лучевое легирование поверхности. Химические электронно-лучевые процессы. Технические характеристики электронных пушек. Ионное плакирование. Испарение материалов. Нетермическая обработка. Высокоэнергетические методы воздействия на материалы. Исследование структуры и свойств наплавленных покрытий. Лазерная обработка. Лазерные технологические установки для поверхностной обработки. Структура и строение поверхностных слоёв различных сталей после лазерной термообработки. Практическое применение лазерной обработки. Лазерные технологии. Напыление многокомпонентных покрытий. Прочность сцепления с основным металлом. Метод холодного газодинамического напыления. Высокоскоростное (сверхзвуковое) газопламенное напыление (HVOF). Основные особенности SPS - технологии. Вакуумные методы получения тонких пленок. Основные методы порошкового напыления. Микроструктура и свойства покрытий. Оборудование для формирования покрытий. Основы электронно-лучевой обработки. Структура и строение поверхностных слоёв различных материалов после электронно-лучевой обработки. Оборудование для электронно-лучевого упрочнения изделий. Практическое применение электронно-лучевой обработки. Оценка структуры и свойств покрытий, полученных плазменным напылением. Технология плазменного поверхностного упрочнения. Характеристика материалов после плазменного упрочнения. Оборудование для плазменного упрочнения изделий. Практическое применение плазменной обработки. Физические основы плазменной обработки. Выбор режимов обработки. Технологические варианты плазменной обработки. Плазменное нанесение покрытий. Плазменно-дуговая сварка. Плазменная химико-термическая обработка. Комплексное упрочнение. Плазменная резка. Физические основы технологических ла-	РГЗ, разделы 1-4	Экзамен, вопросы 1-40

		зеров. Взаимодействие лазерного излучения с материалом . Классификация методов поверхностной лазерной обработки. Энергетические параметры лазерной обработки. Тепловые процессы. Лазерная резка. Лазерная сварка. Лазерная обработка неметаллических материалов.		
ПК.16/ПТ	з8. знать основные тенденции и направления развития высокоэнергетических технологий обработки и упрочнения материалов	Особенности воздействия электронного облучения на материалы. Технологические операции, выполняемые электронно-лучевым способом. Превращения в сталях при нагреве и охлаждении. Механизмы сверхбыстрого нагрева материалов. Электронно-лучевая сварка. Электронно-лучевая плавка. Закалка с помощью электронного пучка. Наплавка модифицирующих покрытий. Электронно-лучевое легирование поверхности. Химические электронно-лучевые процессы. Технические характеристики электронных пушек. Ионное плакирование Испарение материалов. Нетермическая обработка. Лазерная обработка. Лазерные технологические установки для поверхностной обработки. Структура и строение поверхностных слоёв различных сталей после лазерной термообработки. Практическое применение лазерной обработки. Напыление многокомпонентных покрытий. Прочность сцепления с основным металлом. Метод холодного газодинамического напыления. Высокоскоростное (сверхзвуковое) газопламенное напыление (HVOF). Основные особенности SPS - технологии. Вакуумные методы получения тонких пленок. Основные методы порошкового напыления. Микроструктура и свойства покрытий. Оборудование для формирования покрытий. Основы электронно-лучевой обработки. Структура и строение поверхностных слоёв различных материалов после электронно-лучевой обработки. Оборудование для электронно-лучевого упрочнения изделий. Практическое применение электронно-лучевой обработки. Технология плазменного поверхностного упрочнения. Характеристика материалов после плазменного упрочнения. Оборудование для плазменного упрочнения изделий. Практическое применение плазменной обработки. Физические основы плазменной обработки. Выбор режимов обработки. Технологические варианты плазменной обработки. Плазменное нанесение покрытий. Плазменно-дуговая сварка. Плазменная химико-термическая обработка. Комплексное упрочнение. Плазменная резка. Физические основы технологических лазеров. Взаимодействие лазерного излучения с материалом . Классификация методов поверхностной лазерной обработки. Энергетические параметры лазерной обработки. Тепловые процессы. Лазерная резка. Лазерная сварка. Лазерная обработка неметаллических материалов.	РГЗ, разделы 1-4	Экзамен, вопросы 1-40

ПК.16/ПТ	у3. уметь выбирать оптимальные режимы и методы высокоэнергетической обработки для создания и упрочнения изделий	Особенности воздействия электронного облучения на материалы. Технологические операции, выполняемые электронно-лучевым способом. Превращения в сталях при нагреве и охлаждении. Механизмы сверхбыстрого нагрева материалов. Электронно-лучевая сварка. Электронно-лучевая плавка. Закалка с помощью электронного пучка. Наплавка модифицирующих покрытий. Электронно-лучевое легирование поверхности. Химические электронно-лучевые процессы. Технические характеристики электронных пушек. Ионное плакирование. Испарение материалов. Нетермическая обработка. Высокоэнергетические методы воздействия на материалы. Исследование структуры и свойств наплавленных покрытий. Лазерная обработка. Лазерные технологические установки для поверхностной обработки. Структура и строение поверхностных слоёв различных сталей после лазерной термообработки. Практическое применение лазерной обработки. Лазерные технологии. Напыление многокомпонентных покрытий. Прочность сцепления с основным металлом. Метод холодного газодинамического напыления. Высокоскоростное (сверхзвуковое) газопламенное напыление (HVOF). Основные особенности SPS - технологии. Вакуумные методы получения тонких пленок. Основные методы порошкового напыления. Микроструктура и свойства покрытий. Оборудование для формирования покрытий. Основы электронно-лучевой обработки. Структура и строение поверхностных слоёв различных материалов после электронно-лучевой обработки. Оборудование для электронно-лучевого упрочнения изделий. Практическое применение электронно-лучевой обработки. Оценка структуры и свойств покрытий, полученных плазменным напылением. Технология плазменного поверхностного упрочнения. Характеристика материалов после плазменного упрочнения. Оборудование для плазменного упрочнения изделий. Практическое применение плазменной обработки. Физические основы плазменной обработки. Выбор режимов обработки. Технологические варианты плазменной обработки. Плазменное нанесение покрытий. Плазменно-дуговая сварка. Плазменная химико-термическая обработка. Комплексное упрочнение. Плазменная резка. Физические основы технологических лазеров. Взаимодействие лазерного излучения с материалом. Классификация методов поверхностной лазерной обработки. Энергетические параметры лазерной обработки. Тепловые процессы. Лазерная резка. Лазерная сварка. Лазерная обработка неметаллических материалов.	РГЗ, разделы 1-4	Экзамен, вопросы 1-40
----------	---	--	------------------	-----------------------

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 8 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.16/ПТ.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 8 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (РГЗ). Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.16/ПТ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Высокоэнергетические методы обработки», 8 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Билет формируется по вопросам представленным в пункте 4. Выставление оценок на экзамене осуществляется на основе теста на написание, которого отводится 60 минут. Студенту предлагается 40 вопросов. Написание итогового теста оценивается по шкале от 0 до 40 баллов по 1 баллу за верный ответ.

Пример теста для экзамена

Вопрос № 1. Фактор, определяющий эффективность поглощения лазерного излучения металлами:

- а) состояние поверхности
- б) плотности металла
- в) толщина детали

Вопрос № 2. Испарение участка поверхности под воздействием лазерного излучения в вакууме и конденсирование испарившихся продуктов на подложке, называется:

- а) вакуумно-лазерное напыление
- б) вакуумно-лазерное осаждение
- в) вакуумно-лазерное легирование

Вопрос № 3. Максимальной поглощающей способностью обладает:

- а) сталь
- б) чугун
- в) силумин

Вопрос № 4. Зона термического воздействия при высокоэнергетическом воздействии на материал имеет:

- а) форму сегмента
- б) форму шара
- в) форму конуса

Вопрос № 5. Важнейшей отличительной особенностью структур металлических материалов, сформировавшихся после обработки высококонцентрированными источниками нагрева является:

- а) наличие мартенсита
- б) высокая степень дисперсности мартенсита
- в) наличие остаточного аустенита

Вопрос № 6. Длительность воздействия лазерного излучения зависит от:

- а) расходимости пучка
- б) скорости сканирования
- в) когерентности

Вопрос № 7. Глубина проникновения электронов при электронно-лучевой обработки зависит от:

- а) тока эмиссии
- б) длине электронной пушки

в) энергии пучка

Вопрос № 8. Охлаждение при лазерной закалке осуществляется за счет:

- а) охлаждения в воде
- б) теплоотвода во внутренние слои металла
- в) охлаждения в масле

Вопрос № 9. Снижение ударной вязкости после лазерного упрочнения связано с:

- а) высокой хрупкостью поверхностного упрочненного слоя
- б) наличием микротрещин в поверхности
- в) нарушением технологических режимов обработки

Вопрос № 10. Лазерная термообработка способствует:

- а) объемному упрочнению
- б) поверхностному упрочнению
- в) насыщению поверхности элементами внедрения

Вопрос № 11. Лазерный отжиг возможен в случае, если:

- а) охлаждение происходит в печи
- б) идет длительный нагрев лазером
- в) толщина детали соизмерима с размерами зоны лазерного воздействия

Вопрос № 12. Активное вещество газового лазера:

- а) CO_2
- б) CH_4
- в) O_2

Вопрос № 13. Процесс лазерной обработки обеспечивается свойством металла:

- а) плотностью
- б) теплопроводностью
- в) электропроводность

Вопрос № 14. Какое свойство электронного пучка позволяет управлять им с помощью электромагнитных полей:

- а) электропроводность
- б) теплопроводность
- в) стремление к рекомбинации

Вопрос № 15. Лазеры с оптической накачкой активного элемента называют:

- а) твердотельными
- б) газовыми
- в) жидкостными

Вопрос № 16. CO_2 лазер с несамостоятельным разрядом характеризуется:

- а) наличием внешнего ионизатора
- б) наличием внутреннего ионизатора
- в) отсутствием ионизатора

Вопрос № 17. Основной элемент лазерного луча:

- а) поток фотонов
- б) поток электронов
- в) поток ионов

Вопрос № 18. Рез, образованный при лазерной резке импульсно-периодическим излучением представляет собой:

- а) непрерывную линию
- б) ряд отверстий с определенным перекрытием
- в) ряд отверстий соединенных линией

Вопрос № 9. Для получения необходимой мощности электронного пучка P_0 необходимо установить:

- а) мощность устройства больше P_0
- б) мощность устройства меньше P_0
- в) мощность устройства равной P_0

Вопрос № 20. Оптический метод возбуждения активной среды основывается на воздействии:

- а) потока фотонов
- б) отраженного потока
- в) светового потока

Вопрос № 21. Плазмой называется:

- а) вещество, нагретое до температуры, при которой его объемы находятся в ионизированном состоянии
- б) вещество, нагретое до температуры, при которой его объемы находятся в электролизованном состоянии
- в) вещество, нагретое до температуры плавления

Вопрос № 22. В состав многокомпонентной смеси плазмообразующего газа входит:

- а) кислород
- б) водород
- в) аргон
- г) азот
- д) метан

Вопрос № 23. В качестве рабочего газа при ХГН используют:

- а) кислород
- б) ацетилен
- в) воздух

Вопрос № 24. Адгезия между частицами порошка и поверхностью при ХГН зависит:

- а) от шероховатости поверхности
- б) от химического состава контактирующих материалов и от состава газовой среды
- в) от формы частиц порошка

Вопрос № 25. В качестве рабочего газа при газодинамическом напылении используют:

- а) кислород
- б) ацетилен
- в) воздух
- г) водород
- д) аргон

Вопрос № 26. Способ улучшения качества покрытия при ХГН:

- а) увеличение размера напыляемых частиц
- б) увеличение шероховатости поверхности
- в) увеличение скорости соударения частиц с подложкой

Вопрос № 27. Детанационно-газовое покрытие используется для:

- а) упрочнения нагруженных поверхностей деталей
- б) восстановления рельсов
- в) повышения коррозионной стойкости листового профиля

Вопрос № 28. На поверхность подложки при ХГН напыляемый материал поступает в виде:

- а) частиц порошка
- б) мелких расплавленных или пластифицированных частиц
- в) разогретость проволоки

Вопрос № 29. На поверхность подложки при плазменном напылении напыляемый материал поступает в виде:

- а) частиц порошка
- б) мелких расплавленных или пластифицированных частиц
- в) разогретой проволоки
- г) деформированных частиц

д) сфероидизированных расплавленных частиц

Вопрос № 30. Критические точки фазовых превращений в процессе высокоэнергетического воздействия:

а) не изменяются

б) смещаются в область высоких температур

в) смещаются в область низких температур

г) находятся в равновесном состоянии

д) смещаются в область повышения концентрации элемента

Вопрос № 31. Классический режим натекания при ХГН реализуется при:

а) околорасчетном истечении струи и при небольших удалениях подложки

б) околорасчетном истечении струи и при значительных удалениях подложки

в) дозвуковом истечении струи и при небольших удалениях подложки

Вопрос № 32. Характеристики струи при ХГН зависят:

а) от конструкции сопла

б) от расстояния до подложки

в) от температуры разогрева газа

Вопрос № 33. При увеличении толщины материала глубина плазменного воздействия:

а) изменяется согласно закона Гаусса

б) увеличивается

в) снижается

г) сначала снижается, затем увеличивается

д) не изменяется

Вопрос № 34. Основной параметр, определяющий качество покрытия, полученного ХГН:

а) скорость частиц, ускоряемых газовым потоком

б) размер частиц, ускоряемых газовым потоком

в) мощность установки ХГН

Вопрос № 35. Температура низкотемпературной плазмы составляет:

а) $10^6 - 10^8$ К

б) $10^2 - 10^4$ К

в) $10^4 - 10^6$ К

г) $10^8 - 10^{12}$ К

д) $10^6 - 10^8$ К

Вопрос № 36. Толщина обрабатываемого материала при плазменной резке зависит:

а) от мощности плазмы

б) от мощности плазматрона

в) от чистоты поверхности

г) от скорости реза

д) от плазмообразующего газа

Вопрос № 37. Увеличение объемной доли грата при плазменной резке зависит от:

а) уменьшение скорости обработки

б) уменьшения степени накачки плазматрона

в) уменьшения мощности

Вопрос № 38. При электронно-лучевой обработке доля отраженных электронов зависит от:

а) атомного номера элемента

б) траектории движения электронов

в) угла падения электронов

г) угла рассеивания электронов

д) ускоряющего напряжения

Вопрос № 39. Кинжальное проплавление при лазерном воздействии происходит при плотности мощности:

- а) $10^9 \dots 10^{12}$ Вт/см²
- б) $10^3 \dots 10^4$ Вт/см²
- в) $10^2 \dots 10^5$ Вт/см²
- г) $10^4 \dots 10^5$ Вт/см²
- д) $10^6 \dots 10^7$ Вт/см²

Вопрос № 40. При взаимодействии электронного пучка с поверхностью происходит:

- а) поглощение электронов
- б) отражение электронов
- в) радиационное выбивание электронов
- г) выбивание квантов энергии
- д) поглощение квантов энергии

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный тест считается **неудовлетворительным**, если количество верных ответов ниже 22, а оценка составляет 0-22 баллов
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **пороговом** уровне, если количество верных ответов не ниже 20, а оценка составляет 23-28 баллов.
- Ответ на экзаменационный тест билет засчитывается на **базовом** уровне, если количество верных ответов не ниже 15, оценка составляет 29-34 баллов.
- Ответ на экзаменационный тест билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если количество верных ответов не ниже 18, оценка составляет 35-40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Шкала оценки

Вид деятельности	Количество занятий	Количество баллов за одно занятие	Сумма баллов	
			min	max
Лабораторные работы	4	4	4	16
РГЗ	1	10	23	44
ЭКЗАМЕН			23	40
ИТОГО			50	100

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Высокоэнергетические методы обработки»

1. Механизмы сверхбыстрого нагрева материалов.
2. Свойства лазерных пучков.
3. Оборудование для лазерной обработки материалов.
4. Тепловые процессы при лазерной поверхностной обработке.
5. Термическое воздействие на материал при лазерной поверхностной обработке.
6. Классификация методов поверхностной лазерной обработки.

7. Особенности фазовых переходов при лазерном нагреве металлических материалов.
8. Основные параметры лазерной обработки.
9. Технологические схемы лазерной обработки.
10. Способы регулирования распределения плотности мощности по пятну при лазерной обработке.
11. Лазерный отжиг.
12. Лазерный отпуск.
13. Ударное воздействие.
14. Аморфизация поверхности.
15. Лазерное оплавление.
16. Лазерная сварка материалов.
17. Лазерная резка материалов.
18. Основные условия промышленного применения технологических лазеров.
19. Взаимодействие электронного пучка с веществом.
20. Эмиссия электронов.
21. Плотность тока и управление током пучка.
22. Поглощение энергии. Нагрев материала.
23. Физико-технические параметры электронно-лучевой обработки.
24. Технологические операции, выполняемые электронно-лучевым способом.
25. Структурные преобразования, происходящие при электронно-лучевой обработке.
26. Электронно-лучевая закалка.
27. Вневакуумная электронно-лучевая обработка.
28. Диффузионное упрочнение.
29. Оплавление поверхности.
30. Ударное упрочнение.
31. Химические электронно-лучевые процессы.
32. Электронно-лучевая сварка материалов.
33. Оборудование для электронно-лучевой обработки материалов.
34. Классификация методов нанесения покрытий. Подготовка поверхности перед нанесением покрытий.
35. Лазерное напыление покрытий.
36. Лазерное легирование металлическими и не металлическими компонентами.
37. Получение пленок и покрытий электронно-лучевым испарением.
38. Электронно-лучевая наплавка.
39. Плазменное напыление покрытий.
40. Формирование внутренних границ раздела в покрытиях.
41. Напыление многокомпонентных покрытий.
42. Оборудование для формирования покрытий различного назначения.
43. Физические основы плазменной обработки.
44. Технология плазменного поверхностного упрочнения.
45. Выбор режимов обработки.
46. Характеристика структуры и свойств материалов после плазменного упрочнения.
47. Плазменная сварка.
48. Плазменная резка.
49. Плазменная химико-термическая обработка.
50. Ионно-плазменная обработка.
51. Физико-химические основы плазменной металлургии.
52. Вакуумно-плазменные технологии нанесения покрытий.
53. Оборудование для плазменного упрочнения изделий.

54. Получение порошковых материалов при воздействии высококонцентрированных источников энергии.

55. Особенности лазерной, плазменной и электронно-лучевой обработки неметаллических материалов.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Высокоэнергетические методы обработки», 8 семестр

1. Методика оценки

Расчетно-графическое задание (РГЗ) представляет собой самостоятельный анализ основных принципов обработки материалов основанных на воздействии высококонцентрированных потоков энергии. Тематика РГЗ заключается в комплексном анализе одного из методов обработки материалов с применением высокоэнергетических источников энергии

Цель: самостоятельно провести теоретические исследования, связанные с одним из методов высокоэнергетического воздействия на материал, освоить основные принципы обработки материалов.

Пример на расчетно-графического задания:

Лазерная сварка алюминиевых сплавов:

1. Проанализировать возможность использования лазерного излучения для сварки алюминиевых сплавов.
2. Описать тепловые процессы, реализуемые при взаимодействии лазерного луча с поверхностью при сварке алюминиевых сплавов.
3. Выбрать режимы лазерной сварки алюминиевых сплавов.
4. Описать структурно-фазовые превращения, происходящие при лазерной сварке алюминиевых сплавов.

Порядок выполнения:

1. Получить рекомендуемую тематику работы у преподавателя.
2. Проанализировать основные технологические особенности высокоэнергетических методов обработки.
3. Оформить материал расчетно-графического задания, в котором должны быть отражены основные принципы высокоэнергетических методов обработки.
4. Защитить результаты работы.

Порядок оформления расчетно-графического задания:

Объем пояснительной записки 15-20 страниц компьютерного набора. Оформляется работа на бумаге формата А4 – 210 x 297 мм. На титульном листе должны быть указаны дисциплина, номер и наименование темы РГЗ, фамилия, имя и группа студента.

Основные составляющие РГЗ: содержание, введение(во введении должно быть отражено перспективность применение высокоэнергетических методов обработки, основные достоинства и недостатки метода, задачи исследования), основная часть (основная задача данного раздела заключается в полном раскрытии темы), заключение (в заключении должны быть отражены основные выводы по работе), список использованной литературы.

Брошюровка работы должна быть книжной; поля: сверху – 2,0 см, слева – 1,5 см, внизу – 2,0 см, справа – 3,0 см. Шрифт набора текста должен быть 12-14 пунктов. Межстрочный интервал полуторный. Текст должен иллюстрироваться схемами,

графиками, рисунками, таблицами. Рисунки должны быть сделаны в векторном графическом редакторе (CorelDraw, AutoCAD, BCAD и т.п.) и могут быть расположены на отдельной странице. Подрисовочная подпись должна располагаться под рисунком. Нумерация рисунков сквозная. К работе должен быть сделан список используемой литературы, оформленный в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если не провел комплексный анализ одного из методов обработки материалов с применением высокоэнергетических источников энергии, не освоил теоретический материал, но не смог обобщить теоретический и практический материал, оценка составляет 0-22 баллов.

- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если студент освоил теоретический материал, но не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет 23-30 баллов.

- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если студент смог обобщить практический и теоретический материал, допустил несколько ошибок, привёл не достаточно чёткую аргументацию своей точки зрения в отношении выбора режимов обработки, оценка составляет 31-38 баллов.

- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если студент смог обобщить практический и теоретический материал, привёл достаточно чёткую аргументацию своей точки зрения по всем разделам, оценка составляет 39-44 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Шкала оценки:

Вид деятельности	Количество баллов
Оформление текста	4
Наличие графиков, схем, рисунков	5
Содержание РГЗ	10
Объем использованных источников литературы	5
Защита РГЗ (4 пункта по 5 баллов)	20
Уровень плагиата:	
20 %	- 10
15 %	- 5
10 %	0
ИТОГО	44

4. Примерный перечень тем РГЗ

1. Получение порошков с использованием высококонцентрированных источников энергии.

2. Получение покрытий (слоев) с использованием высококонцентрированных источников энергии.

3. Получение композиционных материалов с использованием высококонцентрированных источников энергии.
4. Аддитивные технологии производства изделий (3D печать), основанные на использовании высококонцентрированных источников энергии.
5. Сварка с использованием высококонцентрированных источников энергии.
6. Резка с использованием высококонцентрированных источников энергии.
7. Наплавка покрытий с использованием высококонцентрированных источников энергии.
8. Напыление покрытий с использованием высококонцентрированных источников энергии.
9. Термическая обработка материалов с использованием высококонцентрированных источников энергии.
10. Физические основы процессов, осуществляемых с использованием высококонцентрированных источников энергии.