Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 22.07.2026 15:48:38
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/

«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки»

Направление подготовки
15.03.01 «Машиностроение»

Профиль: **«Высокоэффективные технологические процессы и оборудование»**

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик:

Доцент, к.т.н.  /Васильев А.Н./

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения»,

к.т.н., доцент  /А.В. Александров/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 6
3. Структура и содержание дисциплины 6
   3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 6
   3.2. Тематический план изучения дисциплины 8
   3.3. Содержание дисциплины 8
   3.4. Тематика практических занятий 13
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 14
   4.1.Основная литература 14
   4.2. Дополнительная литература 15
   4.3. Электронные образовательные ресурсы 15
5. Материально-техническое обеспечение 16
6. Методические рекомендации 16
   6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 16
   6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 17
7. Фонд оценочных средств 19
   Приложение 1.Структура и содержание дисциплины 20
   Приложение 2. Фонд оценочных средств 30

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель освоения дисциплины «Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки»:

– дать студентам знания и выработать навыки по использованию современного оборудованию и оснастки в технологических процессах обработки высокоэффективными методами, основанными на применении концентрированных потоков энергии (КПЭ);

– подготовить студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по данному направлению, в том числе формирование умений по выполнению необходимых усовершенствований и разработок новых наукоемких технологий изготовления изделий.

Основные задачи освоения дисциплины «Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки»:

- показать принципиальные конструкции установок и оснастки для методов электро-физико-химической обработки (ЭФХО);
- раскрыть методику и принципы выбора класса и конкретного типа установок для ЭФХО;
- показать технологические возможности, особенности применения и ограничения в использовании установок для ЭФХО в целом и их отдельных узлов в частности;
- раскрыть назначение и конструкцию вспомогательных устройств обеспечивающих надёжную работу технологического оборудования и необходимых для реализации процессов с ЭФХО;
- сформировать знания, умения и навыки для подбора или конструирования как типового, так и нестандартного и принципиально новых оборудования и оснастки для обработки КПЭ.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются компетенции, указанные в таблице 1.

Таблица 1. Компетенции и индикаторы достижения компетенций

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК-9. Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	**ИОПК-9.1. Знает** стандартные подходы к внедрению и освоению нового технологического оборудования **ИОПК-9.2. Умеет** применять стандартные подходы к внедрению и освоению новое

	технологическое оборудование **ИОПК-9.3**. Владеет умением внедрять и осваивать новое технологическое оборудование
ОПК-12. Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения	**ИОПК-12.1. Знает** основные методы обеспечения технологичности изделий и процессов их изготовления, контроля соблюдения технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения **ИОПК-12.2. Умеет** применять стандартные методы обеспечения технологичности изделий и процессов их изготовления, контроля соблюдения технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения **ИОПК-12.3. Владеет** умением обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части блока 1 учебного плана и базируется на знаниях, полученных студентами при освоении предшествующих дисциплин: «Технология машиностроения», «Основы теории резания, станки, инструмент», «Технологические основы физико-химической обработки», «Мехатроника, современные приводы установок физико-химической обработки».

Освоение данной дисциплины необходимо для изучения дисциплин «Комплексные процессы обработки деталей машин», «Современные источники питания для установок электрофизико-химической обработки», «САПР технологических процессов обработки» и, как подготовка к предстоящей выпускной квалификационной работе.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, что соответствует 180 академическим часам (из них 108 часов – самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на четвёртом курсе обучения в 6,7 семестрах. Форма промежуточной аттестации – зачёт на 6-ом семестре, экзамен на 7 семестре.

3.1.Виды учебной работы и трудоемкость

Структура дисциплины представлена в таблице 1 для очной формы обучения.

Содержание дисциплины по срокам и видам работы отражены в приложении 1 к рабочей программе.

Таблица 1. Структура дисциплины «Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки»
(Направление подготовки 15.03.01 "Машиностроение"
Профиль: Высокоэффективные технологические процессы и оборудование.
Форма обучения: очная)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр Шестой (6)	Семестр Седьмой (7)
Общая трудоемкость	180 (5 з.е.)	108	72
Аудиторные занятия (всего)	72	54	18
В том числе			
лекции	46	36	10
Практические занятия	26	18	8
Лабораторные занятия	0	0	0
Самостоятельная работа	108	54	54
Расчётно-графическая работа	да	нет	да
Курсовая работа	нет	нет	нет
Курсовой проект	нет	нет	нет
Вид промежуточной аттестации		Зачёт	Экзамен

3.2. Тематический план изучения дисциплины

Тематический план дисциплины размещён в приложении 1 к рабочей программе.

3.3. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1 Основные понятия и определения курса

Термины, понятия и определения. Классификация методов и установок высокоэффективных процессов обработки (ВПО). Назначение специализированного оборудования и оснастки для ФХО. Типовые схемы компоновки установок и комплексов для ФХО

Структурная схема установок высокоэффективных процессов обработки.

Раздел 2. Установки для плазменной обработка материалов

Плазменная обработка (ПО). Достоинства и недостатки метода. Технологические возможности. Область применения, детали и материалы. Классификация методов ПО: наплавка, напыление, закалка, резка, резание с плазменным нагревом. Структура оборудования: плазмотрон, источник питания, система газо- и водоснабжения, система возбуждения дуги, механизм подачи присадочного материала, устройства привода детали или плазмотрона. Классификация и разновидности плазмотронов: электродуговые с дугой прямого и косвенного действия, индукционные, электронные; с вихревой стабилизацией дуги, стабилизацией газовым слоем и стенками сопла.

Присадочные материалы. Классификация и виды исполнения. Устройства подачи присадочного материала: порошковые питатели и механизмы подачи проволоки; распыление нейтральной проволоки и проволоки-анода; ввод напыляемого порошкового материала в плазменную струю в канале сопла, за его срезом, в столб дугового разряда. Технологическая оснастка для плазменной обработки: оснастка для взаимного перемещения детали и плазмотрона: специальная и специализированная оснастка, поворотные столы, токарные станки, роботы и др. Компоновка участков для плазменной обработки: помещения для технологического оборудования, подготовки поверхности изделий, вспомогательного оборудования и хранения порошков; защита от вредных и опасных факторов. Модели установок и производители оборудования для ПО. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках ПО. Классификация факторов, допустимые нормы. Техника безопасности при работе на установках ПО. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках ПО

Раздел 3. Электроэрозионная размерная обработки (ЭЭРО)

История развития метода. Классификация процессов (прошивка, резка проволокой, упрочнение). Достоинства и недостатки метода ЭЭО. Технологические возможности. Область применения (детали, материалы). Электроэрозионная размерная обработка (ЭЭРО). Структурная схема оборудования для ЭЭРО: компоновка и особенности конструкции станков, универсальные, специализированные и специальные станки. Рабочие жидкости (РЖ) для ЭЭРО: требования к РЖ, влияние состояния РЖ на технологические показатели ЭЭО, изменения в РЖ в процессе ЭЭРО, виды РЖ для ЭЭРО различных материалов

Системы очистки и подачи РЖ. Конструкции рабочих ванн. Баки, насосы, фильтры, устройства для регулирования расхода РЖ. Комплектование рабочих станций очистки РЖ. Модели и производители оборудования для ЭЭРО. Генераторы импульсов (ГИ) электроэрозионных станков: классификация ГИ. «Зависимые» и «независимые» ГИ, преимущества и недостатки. «Зависимые» ГИ схем RC, RLC, RCL, CL, LC и др., конструкции и принципиальные схемы. «Независимые» ГИ: тиратронные, ламповые, коммутаторные, машинные, широкодиапазонные (ШГИ), конструкции и принципиальные схемы

Системы управления процессом ЭЭРО: системы ЧПУ, адаптивные системы, их возможности и области применения. Размещение оборудования и организация участков ЭЭРО: встраивание станков для ЭЭРО в существующие технологические линии, выделение станков в отдельные участки. Модели установок и производителя оборудования для ЭЭРО. Необходимое оснащение участков ЭЭРО. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках ЭЭРО. Классификация факторов, допустимые нормы. Техника безопасности при работе на установках ЭЭРО. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках ЭЭРО.

Раздел 4. Лазерные установки для обработки материалов

Лазерная обработка. Сущность процесса. Достоинства и недостатки метода. Детали и материалы. Классификация и особенности устройства лазеров: классификация лазеров по активным средам и способам накачки, принципиальная схема устройства технологического лазера, лазеры с непрерывным излучением и импульсно-периодические. Классификация промышленного лазерного оборудования: технологические лазеры, лазерные комплексы, автоматические лазерные комплексы, гибкие производственные системы - основные конструктивные элементы, вторичное технологическое оборудование и оснастка. Особенности проектирования технологической оснастки для различных процессов лазерной обработки, методы развертки и сканирования луча, комбинированные системы подачи детали и луча

Подбор вторичного оборудования. Основы построения производственной линии с применением лазерных технологических комплексов (ЛТК). Выбор основного технологического оборудования, оптимального для выполнения производственной задачи. Согласование производительности оборудования с производственной линией, размещение основного и вспомогательного оборудования, разбиение на участки. Принципы построения АСУ производственной линии. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на лазерных установках. Классификация факторов, допустимые нормы. Техника безопасности при работе на лазерных установках и ЛТК. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на лазерных установках.

Раздел 5. Электронно-лучевая обработка (ЭЛО)

Достоинства и недостатки метода. Технологические возможности. Область применения, детали и материалы. Сущность процессов

взаимодействия электронного луча с металлом: превращение кинетической энергии сформированного в вакууме электронного пучка в тепловую, преимущества и недостатки электронно-лучевой обработки; использование электронного луча в технологических процессах: закалка, модифицирование поверхности, сварка, резка различных материалов. Классификация методов. Состав энергетического и электромеханического комплекса электронно-лучевых установок (ЭЛУ). Электронные пушки. Классификация и устройство. Блоки питания и управления лучом

Схемы электронных пушек: пушки низкого, среднего и высокого напряжения; пушки с кольцевым катодом, радиальные и аксиальные пушки. Вакуумные камеры. Классификация, расчет необходимых габаритных размеров. Обеспечение работы устройств и приспособлений внутри камеры. Системы вакуумирования. Насосы. Классификация, технологические возможности

Компоновка комплексов для ЭЛО. Модели установок и производителя оборудования. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках ЭЛО. Классификация факторов, допустимые нормы. Техника безопасности при работе на установках ЭЛО. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках ЭЛО.

Раздел 6. Методы обработки отверстий малого диаметра.

Технологические возможности технологий получения отверстий. Область применения, детали и материалы. Методы и способы получения отверстий малого диаметра. Оборудование и оснастка для различных способов обработки отверстий.

Раздел 7. Гидроабразивная обработка.

Сущность гидроабразивной обработки (ГАО). Достоинства и недостатки метода. Технологические возможности. Область применения, обрабатываемые детали и материалы. Структура оборудования. Компоновка участков для ГАО: помещения для технологического оборудования, подготовки поверхности изделий, виды инструментов и их расчёт, виды и свойства абразивного материала для ГАО, Модели установок и производители оборудования для ГАО., технические характеристики, требования к обслуживанию. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках ГАО. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках ГАО.

Раздел 8. Оборудование для электрохимическая обработки материалов (ЭХО)

Электрохимическая обработка как процесс формоизменения за счет анодного растворения металла. Достоинства и недостатки метода. Технологические возможности. Область применения, детали и материалы. Технологические схемы ЭХО: обработка неподвижными электродами, обработка подвижными электродами: прошивание, копирование, точение, протягивание, разрезание, шлифование; область применения ЭХО: обработка различных деталей и материалов.

Типовая схема оборудования для ЭХО, компоновка оборудования: вертикальные, горизонтальные станки. ИТТ: требования, электромеханические и статические ИТТ. Токоподводы: требования к токоподводам, подвижные и неподвижные токоподводы, расчет токоподводов.

Электролиты для ЭХО: общая характеристика, требования к электролитам, состав и концентрации электролитов для ЭХО различных материалов. Системы подачи и очистки электролита: ванны, насосы, агрегаты очистки. Модели установок и производителя оборудования для ЭХО

Участки и цеха для ЭХО: встраивание станков в существующие линии, размещение единичного станка в отдельном помещении, размещение группы станков в помещении. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках ЭХО. Классификация факторов, допустимые нормы. Техника безопасности при работе на установках ЭХО. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках ЭХ

Раздел 9. Методы модификации поверхностного слоя деталей машин

Упрочнение поверхностей нанесением покрытий как отдельная категория методов высокоэффективных процессов обработки. Классификация покрытий. Методы получения упрочняющих покрытий. Классификация методов. Область применения.

Газотермическое нанесение покрытий. Газодинамическое нанесение покрытий из паров материалов в вакууме. Специализированное оборудование и оснастка для вакуумной ионно-плазменной обработки. Типовые источники питания, испарители и оснастка.

Специализированное оборудование и оснастка для нанесения износостойких сверхтвердых покрытий методом электроэрозионного синтеза (ЭЭС). Сущность электроэрозионного синтеза (ЭЭС) износостойких сверхтвердых покрытий. Достоинства и недостатки метода ЭЭС. Установки для ЭЭС. Обобщенная структурная схема установок, механическая и электрическая часть. Обеспечение зазора. Коммутационные устройства для ЭЭС: вибраторы и многоэлектродные головки. Классификация вибраторов, требования к вибраторам, головки с радиальным и аксиальным расположением электрода, головки специального назначения.

Источники технологического тока (ИТТ) для ЭЭС. Принципиальные схемы. Обеспечение стабильности технологических параметров за счет блоков электрической схемы ИТТ. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках ЭЭС. Классификация факторов, допустимые нормы. Техника безопасности при работе на установках ЭЭС. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках ЭЭС.

Электроискровое легирование. Электрохимическое осаждение металлов и сплавов

Раздел 10. Модификация поверхностного слоя деталей без нанесения покрытий

Физические основы упрочнения поверхностей без нанесения покрытий.

Микродуговое оксидирование (МДО). Сущность, достоинства и недостатки метода. Область применения, детали и материалы. Технологические возможности. Специализированное оборудование и оснастка для микродугового оксидирования (МДО). Источники тока, рабочие ванны, токоподводы. Структура технологических установок для МДО: источник технологического тока, рабочая ванна, токоподводы, устройства управления процессом, устройства для подачи, охлаждения и перемешивания электролита, другие устройства и приборы. ИТТ для МДО: классификация (конденсаторного и трансформаторного типа), принципиальные электрические схемы, преимущества и недостатки, элементная база. Рабочие ванны для МДО. Классификация, устройство с прокачкой электролита через рабочую зону, без прокачки. Конструкции систем подачи, охлаждения и перемешивания электролита. Насосы и фильтры. Системы охлаждения при высокоэнергетических режимах упрочнения. Электролиты для обработки методом МДО. Классификация по покрытиям различного функционального назначения. Методы расчета состава, технологии приготовления, использования и хранения

Токоподводы для МДО. Материалы и конструкция. Особенности использования. Методы изоляции поверхностей при МДО. Материалы и их технологические возможности. Достоинства и недостатки. Способы крепления заготовок в технологических ваннах. Особенности обработки парных заготовок и использования фальш-деталей (специальных электрод-инструментов). Модели установок и производители оборудования для МДО. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках МДО. Классификация факторов, допустимые нормы. Техника безопасности при работе на установках МДО. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках МДО.

Упрочнение поверхностей деталей и режущего инструмента диффузионным дискретным оксидированием поверхностей.

Раздел 11. Комбинированные методы обработки

Целесообразность комбинирования высокоэффективных методов обработки. Комбинирование методов между собой и с методами механической обработки, поверхностного пластического деформирования и другими. Достоинства и недостатки комбинирования. Классификация. Формирование последовательных, параллельных и последовательно-параллельных технологических последовательностей

Особенности применения принципа концентрации операций при комбинированной обработке. Модернизация оборудования и оснастки для комбинированной обработки.

Оборудование при комбинировании методов ВПО между собой и с другими методами (механическая обработка, пластическое деформирование и др.)

Организация участков и встраивание операций комбинированной обработки в технологический процесс. Обеспечение точности размеров поверхностей при комбинированной обработке.

3.4. Тематика практических занятий

Номер и тема практического занятия	Объём часов
Занятие1 - разработка технологической операции с применением ЭФХО (плазменная резка)	4
Занятие 2 - разработка технологической операции с применением ЭФХО (электроэрозионная обработка - прошивка)	4
Занятие 3 – разработка управляющей программы для АПР	4
Занятие 4 - разработка технологической операции с применением ЭФХО (электроэрозионная обработка – вырезная, прошивная)	4
Знятие 5 - разработка технологической операции с применением ЭФХО (МДО)	4
Занятие 6 - Практика - разработка технологической операции лазерной резки	2
Занятие 7 - разработка технологической операции гидроабразивной резки.	2
Занятие 8 - разработка технологических операций электроэрозионного отрезания и электроэрозионного шлифования и доводки.	2
ИТОГО	26

3.5. Тематика самостоятельной расчётной графической работы

Обозначение варианта	Вид обработки	Название детали, материал заготовки
01-ЭЭО	Электроэрозионное объёмное копирование	Эскиз детали 001
02-ЭЭО	Электроэрозионное вырезание	Эскиз детали 002
03-ЭЭО	Электроэрозионное прошивание	Эскиз детали 003
04-ЭЭО	Электроэрозионная отрезка	Эскиз детали 004
05-ЭЭО	Электроэрозионное шлифование отверстий	Эскиз детали 005
06-ЭЭО	Электроэрозионное шлифование плоскостей	Эскиз детали 006
07-ЭЭО	Электроэрозионное шлифование валов	Эскиз детали 007
08-ЭЭО	Электроэрозионное маркирование (гравировка)	Эскиз детали 008
09-ЭЭО	Электроэрозионное нарезание резьбы	Эскиз детали 009
10-ЭЭО	Электроэрозионное фрезерование	Эскиз детали 010
11-ЭЭО	Электроэрозионная размерная обработка дугой	Эскиз детали 011
12-ЭЭО	Электроэрозионное нанесение толстослойного покрытия	Эскиз детали 012

13-А.1-1Ал	Плазменная резка	Матрица Ал, Д16
14- Б.1-1Ст	Лазерная резка	Матрица Ст, 18ХНМЮА
15- Г.1-1Ст	Электроэрозионное вырезание	Прокладка, Ст.10
16- Д.1-1Ал	Гидроабразивная резка	Ротор внутренний, АМГ15
17- В.1-2Ст	Электроэрозионное объёмное копирование	Сменная фильера, 65Г.
18- Б.1-2Ст	Электроэрозионное объёмное копирование	Матрица Ст, 18ХНМЮА
19- Е.1-1Ст	Электроэрозионное сверление	Матрица ПСМ, ХВГ
20- Е.1-2Ст	Электроэрозионное вырезание и доводка	Матрица ПСМ, ХВГ
21- В.1-1Ст	Электроэрозионное вырезание	Сменная фильера, 65Г.
22- А.1-2Ал	Лазерная резка	Матрица Ал, Д16

Задачи самостоятельной работы:

1. Выполнить чертёж детали по выданному эскизу детали.
2. Выбрать исходную заготовку для изготовления детали для условий единичного производства.
3. Разработать технологический маршрут изготовления детали с применением методов ЭФХО.
4. Для технологической операции с применением ЭФХО представить принципиальную схему обработки для заданного варианта.
5. Выбрать оборудование для выполнения заданного варианта обработки.
6. Выбрать или разработать инструмент для выполнения заданного варианта обработки.
7. Рассчитать параметры режимов обработки для заданного варианта обработки.
8. Выполнить операционный эскиз заданной технологической операции.
9. Выполнить расчёт производительности технологической операции.
10. Определить технологические показатели разработанной технологической операции.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Основная литература

1. Наукоемкие технологии машиностроительного производства: Физико-химические методы и технологии: учебное пособие / Ю.А.Моргунов, Д.В.Панов, Б.П.Саушкин, С.Б.Саушкин; под ред. Б.П.Саушкина. – М.: Издательство «Форум», 2013. – 928 с.: ил. – (Высшее образование)

4.2. Дополнительная литература

1. Маталин А.А Технология машиностроения: учебник / А. А. Маталин. – 2-е изд., испр.. – СПб. и др.: Лань. - 2008. - 512 с.

2. Процессы механической и физико-химической обработки в производстве авиационных двигателей: Учеб. пособие / А.Г. Бойцов, А.П. Королев, А.С. Новиков и др. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 584с., ил.

3. Справочник технолога/под общей редакцией А.Г. Суслова-М.: Издательство «Инновационное машиностроение», 2019 - 799 с.:-(справочное издание).

4. Васильев А.Н. Методические указания к выполнению самостоятельной курсовой работы по дисциплине «Оборудование и оснастка для высокоэффективных процессов обработки».

4.3. Методические указания для проведения практических работ

1. Моргунов Ю.А., Прохоров В.А. Установка для электроэрозионного синтеза сверхтвердых износостойких покрытий конструкции МГТУ «МАМИ». Расчет параметров генератора импульсов тока. М.у. к практ. раб., 2012.
2. Васильев А.Н., Филиппов В.В. Компоновка и основы эксплуатация установки плазменной резки. М.у. к практ.раб., 2018.
3. Моргунов Ю.А., Филиппов В.В. Конструкции пушек для электронно-лучевой сварки. М.у. к практ. раб., 2012.
4. Моргунов Ю.А., Филиппов В.В. Модули источника тока для генерации импульсов заданной конфигурации при электроэрозионной обработке. М.у. к практ. раб., 2012.
5. Жуковский А.А, Филиппов В.В. Обеспечение генерации импульсов тока заданной формы при микродуговом оксидировании за счет модульной конструкции генератора импульсов. М.у. к практ. раб., 2013.
6. Шудров Ф.И., Филиппов В.В. Конструкции технологических ванн и токоподводов для микродугового оксидирования. Назначение и расчет формы, размеров ванн и электродов. М.у. к практ. раб., 2013.

4.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Васильев А.Н. Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки, Московский политех, 2023 г.

https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=9327

1. Саушкин Б.П. Технологические основы электрохимической обработки

Курс: Технологические основы электрохимической обработки (mospolytech.ru)

https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=569

2. Овсянников Б.Л. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Курс: Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (mospolytech.ru)

https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=9231

3. Овсянников Б.Л. Физические основы КПЭ (обработка концентрированными потоками энергии)

Курс: Физические основы КПЭ ч.1 221,222 (mospolytech.ru)

https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=8471

5. Материально-техническое обеспечение

Лекционные аудитории кафедры «Технологии и оборудование в машиностроении" (АВ1502, АВ1517, АВ1508), оснащенные мультимедийными проекторами для показа видеофильмов, слайдов, презентаций. Для проведения практических работ по дисциплине в лабораториях кафедры (АВ1104, АВ1104а, АВ2104) имеется следующее оборудование: установка для ультразвуковой обработки, установка МДО, установка для электрохимической обработки, плазменные установки с ЧПУ, металлорежущие станки для изготовления образцов, инструмента и оснастки, и пр. Кроме этого используются производственные площади лабораторий во ФГУП «НПО «Техномаш».

6. Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины «Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:
– аудиторные занятия: лекции, практические работы, тестирование;
– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка к практическим работам;
- самостоятельное выполнение расчётной графической работы с консультационным сопровождением преподавателя;
– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме устного ответа на вопросы к практическим работам и лекционным занятиям.

Образовательные технологии

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения» электронных образовательных ресурсов (ЭОР) (см. п.4.4). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1. Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете и его филиалах", утверждённым ректором университета.
6.1.2. На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД) и предоставляет возможность ознакомления с программой.
6.1.3. Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:
- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО мосполитеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.
6.1.4. Доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.
6.1.5. Необходимо с самого начала занятий рекомендовать студентам основную и дополнительную литературу и указать пути доступа к ней.
6.1.6. В начале или в конце семестра дать список вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (экзамену или зачёту).
6.1.7. Рекомендуется факт ознакомления студентов с РПД и графиком работы письменно зафиксировать подписью студента в листе ознакомления с содержание РПД.
6.1.8. Преподаватели, ведущий лекционные и практические занятия, должны согласовывать тематический план практических занятий, использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.
6.1.9. При подготовке **к практическому занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.
В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на

обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.
В заключительной части семинарского занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.2.1. Студент с самого начала освоения дисциплины должен внимательно ознакомится с рабочей программой дисциплины.
6.2.2. Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.
6.2.3. При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (LMS мосполитеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.
6.2.4. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.
Виды внеаудиторной самостоятельной работы:
- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к практическим занятиям;
- оформление отчета по самостоятельной работе и подготовка к её защите.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:
- получение задания у преподавателя на самостоятельную работу;
- конкретизация познавательной задачи;
- планирование этапов выполнения работы;
- презентация итогов самостоятельной работы.

7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств представлен в Приложении 2 к рабочей программе и включает разделы:
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.3. Оценочные средства
7.3.1. Текущий контроль
7.3.2. Промежуточная аттестация

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки».

по направлению подготовки **15.03.01 «Машиностроение»**

профиль *«Высокоэффективные технологические процессы и оборудование» (приём 2024 г., очная форма обучения)*

Раздел	**Семестр**	**Неделя семестра**	**Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах**					**Виды самостоятельной работы студентов**					**Формы аттес-тации**	
			Л	**П/С**	**Лаб**	**СРС**	**КСР**	**К.Р.**	**К.П.**	**РГР**	**Рефр.**	**К/р**	**Э**	**З**
Раздел 1. Лекция 1. 1.1. Основные понятия и определения курса. Классификация методов и установок высокоэффективных процессов обработки (ВПО).	6	1	2											
Раздел 1. Лекция 2. 1.2. Типовые схемы компоновки оборудования для ФХО.	6	2	2											
Раздел 1. Лекция 3. 1.3. Основные узлы оборудования. (столы, консоли, опоры)	6	3	2											
Раздел 1. Лекция 4. 1.4. Механизмы выполнения рабочих движений.	6	4	2											
Раздел 1. Лекция 5. 1.5. Приводы движений на оборудовании для плазменной и лазерной обработки и ФХО.	6	5	2											
Раздел 1. Лекция 6. 1.6. Датчики перемещений	6	6	2											
Раздел 1. Лекция 7. 1.7. Системы подготовки и подачи рабочей	6	7	2											

среды														
Раздел 2. Лекция 8. 2.1 Оборудование для плазменной обработки	6	8	2											
Раздел 2. Лекция 9. 2.2 Инструменты и режимы плазменной обработки	6	9	2											
Раздел 3. Лекция 10. 3.1. Схемы электроэрозионная обработки, структура оборудования.	6	10	2			2				+				
Раздел 3. Лекция 11. 3.1. Схемы электроэрозионная обработки, структура оборудования	6	11	2							+				
Раздел 3. Лекция 12. 3.2. Проектирование операций ЭРО. Конструкция, расчёт электродов-инструментов	6	12	2			2				+				
Раздел 4. Лекция 13. 4.1. Специализированное оборудование и оснастка для лазерной обработки. Лазерные технологические комплексы	6	13	2							+				
Раздел 4. Лекция 14. 4.2. Лазерные технологические комплексы	6	14	2			2				+				
Раздел 4. Лекция 15. 4.3. Применение лазеров в аддитивных технологиях.	6	15	2							+				
Раздел 5. Лекция 16. 5.1. Специализированное оборудование и оснастка для электронно-лучевой обработки.	6	16	2			2				+				
Раздел 5. Лекция 17. 5.2. Оборудование для электронно-лучевой	6	17	2							+				

обработки.														
Лекция 18. Обзор материалов по разделам 1-5. Зачёт по темам дисциплины за 6-й семестр.	6	18	2			2				+				
Итого за 6 семестр			***36***	***0***	***0***	***10***								+
Раздел 6. Лекция 1. Методы обработки отверстий малого диаметра. Гидроабразивная обработка. Практическое занятие №1 (введение в практические занятия)	**7**	1	**2**							+				
Занятие1 - разработка технологической операции с применением ЭФХО (плазменная резка)	**7**	2								+				
Раздел 7. Лекция 2. Специализированное оборудование и оснастка для электрохимической обработки (ЭХО). Практическое занятие №2	**7**	3	**2**							+				
Занятие 2 - разработка технологической операции с применением ЭХО (электроэрозионная обработка - прошивка)	**7**	4								+				
Раздел 7. Лекция 3. ЭХО. Типовые схемы, токоподводы, системы подачи электролитов. Практическое занятие №3	**7**	5	**2**							+				
Занятие 3 – разработка управляющей программы для АПР	**7**	6								+				
Раздел 7. Лекция 4. ЭХО. Системы подачи электролитов. Вспомогательная технологическая оснастка. Оборудование для комбинированной обработки Практическое занятие №4	**7**	7	**2**							+				
Занятие 4 - разработка технологической операции с применением ЭФХО	**7**	8								+				

(электроэрозионная обработка – вырезная, прошивная)														
Раздел 8. Лекция 5. Методы модификации поверхностей деталей машин. 8.1. Газотермическое нанесение покрытий Практическое занятие 4.	**7**	9	**2**							+				
Занятие 4 - разработка технологической операции с применением ЭФХО (электроэрозионная обработка)	**7**	10								+				
Раздел 8. Лекция 6. Методы модификации поверхностей деталей машин. 8.2. Газодинамическое нанесение покрытий и нанесение покрытий в вакууме. Практическое занятие 5.	**7**	11	**2**			2				+				
Занятие 5 - разработка технологической операции с применением ЭФХО (МДО)	**7**	12								+				
Раздел 8. Лекция 7. Методы модификации поверхностей деталей машин. 8.3. Электроискровое легирование (ЭИЛ) и Электрохимия (гальваника) Практическое занятие 6.	**7**	13	**2**			2				+				
Занятие 6 - Практика - разработка технологической операции лазерной резки	**7**	14								+				
Раздел 8. Лекция 8. Методы модификации поверхностей деталей машин. 8.4. Электроискровой синтез покрытий и электрохимия (гальваника) Практическое занятие 7.	**7**	15	**2**			2				+				

Занятие 7 - разработка технологической операции гидроабразивной резки.	**7**	16								+				
Раздел 8. Лекция 9. Методы модификации поверхностей деталей машин. 8.4. Модификация поверхностного слоя деталей без нанесения покрытий. МДО и Дискретное оксидирование. Практическое занятие 8.	**7**	17	**2**			2				+				
Занятие 8 - разработка технологических операций электроэрозионного отрезания и электроэрозионного шлифования и доводки.	**7**	18								+				
Итого за 7 семестр			***18***			***8***				+			+	
Итого за курс			**54**			**18**				**+**			**+**	**+**

Приложение 2
к рабочей программе

Раздел 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки»

по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

профиль « Высокоэффективные технологические процессы и оборудование»

7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения
7.3. Оценочные средства
7.3.1. Текущий контроль
7.3.2. Промежуточная аттестация

В процессе обучения используются оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций. Применяются следующие оценочные средства: устные опросы по вопросам тем лекционного курса и практических занятий, защита самостоятельной расчётной графической работы, зачёт и экзамен.
Оценочные средства по дисциплине «Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки» направлены на оценку степени формирования у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций
ОПК-9. Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование
ОПК-12. Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения

7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения

Методы контроля и оценивания результатов обучения перечислены в таблице 7.1.

Таблица 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение	Контрольные вопросы по темам/разделам дисциплины
2	Отчёт по практической работе (ОР)	Средство проверки навыков выполнения конкретных практических заданий, отчёт о выполнении курсовой работы	Перечень практических работ, Образец отчёта п.р.
3	Зачёт	Стандартная процедура для измерения уровня знаний и умений обучающегося при проведении промежуточной аттестации в соответствии	Перечень вопросов для подготовки к зачёту. Шкала оценивания и процедуры применения.
4	Экзамен	Стандартная процедура для измерения уровня знаний и умений обучающегося при проведении промежуточной аттестации в соответствии правилами организации учебного процесса.	Перечень вопросов для подготовки к экзамену. Комплект экзаменационных билетов Шкала оценивания и процедуры применения.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Для оценивания степени освоения соответствующих компетенций применяются вопросы из Фонда оценочных средств. Список вопросов указан в таблице 7.2.

Таблица 7.2. Перечень вопросов для оценки степени освоения профессиональных компетенций.

ОПК-9. Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование методикам с обработкой и анализом результатов

Вопросы из Фонда оценочных средств (приложение 2): №№115-133 №№20,21,27,30-37,43,44,45,55,57; 67-69, 79-81, 88-90, 102-104, 113, 114	
Показатель	**Уровни освоения**
ИОПК-9.1. Знает стандартные подходы к внедрению и освоению нового технологического оборудования **ИОПК-9.2. Умеет** применять стандартные подходы к внедрению и освоению новое технологическое оборудование **ИОПК-9.3**. Владеет умением внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	**Базовый** **Повышенный** **Низкий**

Компетенция ОПК-12

ОПК-12. Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения	
Вопросы из Фонда оценочных средств (приложение 2): №№ 1-19, 22-26, 38-42, 46-54; 58-65, 77-78, 82-87, 91-101, 105-112.	
Показатель	**Уровни освоения**
ИОПК-12.1. Знает основные методы обеспечения технологичности изделий и процессов их изготовления, контроля соблюдения технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения **ИОПК-12.2. Умеет** применять стандартные методы обеспечения технологичности изделий и процессов их изготовления, контроля соблюдения технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения **ИОПК-12.3. Владеет** умением обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения	**Базовый** **Повышенный** **Низкий**

7.3.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости проводится в сроки в соответствии со структурой дисциплины, приведённой в Приложении 1. В процессе обучения для **текущего контроля** успеваемости используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов:

- защита результатов практических работ;

- предоставление отчёта о выполнении задания на самостоятельную расчётную графическую работу.

Оценочные средства **текущего контроля** успеваемости включают контрольные вопросы, для контроля качества подготовки обучающихся к выполнению практических работ и для проведения защит этих работ в форме устных ответов. Критерием оценки является экспертное мнение преподавателя, которое отражается в журнале знаком (+) или (-).

Практические работы считаются защищёнными, если за семестр обучения студент имеет не менее 70% положительных ответов по практическим заданиям.

Самостоятельная расчётная графическая работа оценивается по шкале оценивания «зачтено», «не зачтено».

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в шестом семестре обучения в форме **зачёта** и в седьмом семестре в форме **экзамена.**

Зачёт проводится по контрольным вопросам по правилам проведения промежуточной аттестации.

Экзамен проводится по экзаменационным билетам по правилам проведения промежуточных экзаменов.

Образцы экзаменационных билетов для проведения экзамена и вопросы для подготовки к экзамену приведены ниже.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения представлены в таблице 7.3 для аттестации в форме зачёта и в таблице 7.4 для аттестации в форме экзамена

Форма промежуточной аттестации – зачёт.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных настоящей по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течении семестра. Зачёт проводит преподаватель, ведущий занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации он выставляет оценку «зачтено» или «не зачтено».

Регламент проведения зачёта

1. Студенту предлагается письменно ответить на 2 вопроса из списка вопросов, размещённых в настоящей рабочей программе.
3. Список вопросов содержит 85 вопросов по изученным темам на лекционных и практических занятиях. Список вопросов прилагается.
4. Регламент зачёта: Время на подготовку письменных ответов - до 40 мин, собеседование – до 10 минут.
5. Способ контроля: письменный ответ с устным собеседованием по курсу.

Таблица 7.3. Шкала оценивания результатов при проведении зачёта

Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенных в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.
Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, настоящей рабочей программой по данной дисциплине, а именно ***на дату проведения экзамена студент должен выполнить и защитить самостоятельную расчётную графическую работу и предоставить отчёт о выполнении практических работ.***
При проведении экзамена учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течении семестра. Промежуточную аттестацию проводит преподаватель, ведущий занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам экзамена по дисциплине он выставляет оценку: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Шкала оценивания дана в таблице 7.4.
Регламент проведения экзамена
1. В экзаменационный билет включено три задания:
Задание 1. Вопрос для проверки теоретических знаний;
Задание 2. Вопрос для проверки теоретических знаний;
Задание 3. Вопрос или задача для проверки умения применять теоретические знания.
3. Комплект экзаменационных билетов включает 30 билетов.
4. Регламент экзамена: - Время на подготовку тезисов ответов - до 40 минут, устное собеседование по вопросам изученных тем – до 10 минут.

5. Способ контроля: письменный ответ с устным собеседованием по курсу.

Таблица 7.4. Шкала оценивания результатов при проведении экзамена

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенных в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенных в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по

	ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Контрольные вопросы по темам дисциплины
для текущего контроля и промежуточных аттестаций студентов по итогам освоения дисциплины
«Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки»

1. Преимущества и недостатки высокоэффективных процессов обработки. Сравнить с методами механической обработки и обработки металлов давлением.
2. Структурная схема установок высокоэффективных процессов обработки. Обоснование необходимости наличия в их составе специальных источников технологического тока (ИТТ)
3. Электроэрозионная обработка (ЭЭО). История развития метода. Классификация процессов (прошивка, резка проволокой, упрочнение)
4. Достоинства и недостатки метода ЭЭО. Технологические возможности. Область применения (детали, материалы)
5. Электроэрозионная размерная обработка (ЭЭРО). Структурная схема оборудования для ЭЭРО: компоновка и особенности конструкции станков, универсальные, специализированные и специальные станки.
6. Рабочие жидкости (РЖ) для ЭЭРО: требования к РЖ, влияние состояния РЖ на технологические показатели ЭЭО, изменения в РЖ в процессе ЭЭРО, виды РЖ для ЭЭРО различных материалов
7. Системы очистки и подачи РЖ
8. Конструкции рабочих ванн.
9. Баки, насосы, фильтры, устройства для регулирования расхода РЖ.
10. Комплектование рабочих станций очистки РЖ.
11. Модели и производители оборудования для ЭЭРО
12. Генераторы импульсов (ГИ) электроэрозионных станков: классификация ГИ
13. «Зависимые» и «независимые» ГИ, преимущества и недостатки
14. «Зависимые» ГИ схем RC, RLC, RCL, CL, LC и др., конструкции и принципиальные схемы.
15. Системы управления процессом ЭЭРО: системы ЧПУ, адаптивные системы, их возможности и области применения.
16. Размещение оборудования и организация участков ЭЭРО: встраивание станков для ЭЭРО в существующие технологические линии, выделение станков в отдельные участки

17. Модели установок и производителя оборудования для ЭЭРО
18. Необходимое оснащение участков ЭЭРО
19. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках ЭЭРО. Классификация факторов, допустимые нормы
20. Техника безопасности при работе на установках ЭЭРО
21. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках ЭЭРО
22. Технологические схемы ЭХО: обработка неподвижными электродами, обработка подвижными электродами: прошивание, копирование, точение, протягивание, разрезание, шлифование; область применения ЭХО: обработка различных деталей и материалов.
23. Типовая схема оборудования для ЭХО, компоновка оборудования: вертикальные, горизонтальные станки.
24. ИТТ для ЭХО: требования, электромеханические и статические ИТТ
25. Электролиты для ЭХО: общая характеристика, требования к электролитам, состав и концентрации электролитов для ЭХО различных материалов.
26. Системы подачи и очистки электролита: ванны, насосы, агрегаты очистки.
27. Модели установок и производителя оборудования для ЭХО
28. Участки и цеха для ЭХО: встраивание станков в существующие линии, размещение единичного станка в отдельном помещении, размещение группы станков в помещении.
29. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках ЭХО. Классификация факторов, допустимые нормы Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках ЭХО.
30. Лазерная обработка. Сущность процесса. Достоинства и недостатки метода. Детали и материалы
31. Классификация и особенности устройства лазеров: классификация лазеров по активным средам и способам накачки, принципиальная схема устройства технологического лазера, лазеры с непрерывным излучением и импульсно-периодические.
32. Классификация промышленного лазерного оборудования: технологические лазеры, лазерные комплексы, автоматические лазерные комплексы, гибкие производственные системы, основные конструктивные элементы, вторичное технологическое оборудование и оснастка.
33. Основы построения производственной линии с применением лазерных технологических комплексов (ЛТК).
34. Принципы построения АСУ производственной линии. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на лазерных установках. Классификация факторов, допустимые нормы Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на лазерных установках.
35. Плазменная обработка (ПО). Достоинства и недостатки метода. Технологические возможности. Область применения, детали и материалы

36. Классификация методов ПО: наплавка, напыление, закалка, резка, резание с плазменным нагревом.

37. Классификация и разновидности плазмотронов: электродуговые с дугой прямого и косвенного действия, индукционные, электронные, с вихревой стабилизацией дуги, стабилизацией газовым слоем и стенками сопла.

38. Устройства подачи присадочного материала: порошковые питатели и механизмы подачи проволоки; распыление нейтральной проволоки и проволоки-анода; ввод напыляемого порошкового материала в плазменную струю в канале сопла, за его срезом, в столб дугового разряда.

39. Технологическая оснастка для плазменной обработки: оснастка для взаимного перемещения детали и плазмотрона: специальная и специализированная оснастка.

40. Компоновка участков для плазменной обработки: помещения для технологического оборудования, подготовки поверхности изделий, вспомогательного оборудования и хранения порошков; защита от вредных и опасных факторов.

41. Модели установок и производители оборудования для ПО
Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках ПО. Классификация факторов, допустимые нормы. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках ПО.

42. Электронно-лучевая обработка (ЭЛО). Достоинства и недостатки метода. Технологические возможности. Область применения, детали и материалы

43. Сущность процессов взаимодействия электронного луча с металлом: превращение кинетической энергии сформированного в вакууме электронного пучка в тепловую, преимущества и недостатки электронно-лучевой обработки; использование электронного луча в технологических процессах: закалка, модифицирование поверхности, сварка, резка различных материалов. Классификация методов

44. Состав энергетического и электромеханического комплекса электронно-лучевых установок (ЭЛУ).

45. Электронные пушки. Классификация и устройство. Блоки питания и управления лучом

46. Электромеханический комплекс ЭЛУ: рабочая камера, вакуумная система, системы позиционирования и перемещения заготовки, системы наблюдения за ходом процесса, система защиты оператора от рентгеновского излучения, вспомогательные устройства и механизмы. Конструкции и принципы работы

47. Схемы электронных пушек: пушки низкого, среднего и высокого напряжения; пушки с кольцевым катодом, радиальные и аксиальные пушки.

48. Вакуумные камеры. Классификация, расчет необходимых габаритных размеров. Обеспечение работы устройств и приспособлений внутри камеры.

49. Системы вакуумирования. Насосы. Классификация, технологические возможности

50. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках ЭЛО. Классификация факторов, допустимые нормы. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках ЭЛО

51. Вакуумная ионно-плазменная обработка (ВИПО). Достоинства и недостатки метода. Технологические возможности. Область применения, детали и материалы

52. Конструкция и основные функциональные узлы установок ВИПО.

53. Получение вакуума, основные типы и параметры вакуумных насосов.

54. Оборудование, реализующее нанесение покрытий термическим испарением, ионным (катодным) распылением, магнетронным ионным распылением, электродуговым распылением: принципиальные электрические схемы установок, типовые источники питания, типовые конструкции испарителей и внутрикамерной оснастки, конструкции промышленных установок

55. Оборудование для ионной имплантации: типовые источники питания, устройство типовой промышленной установки

56. Технологические комплексы для ВИПО: типовой комплекс оборудования для обработки типовых изделий (пластинок режущего инструмента, сверл, метчиков, фрез и т.п.).

57. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках и технологических комплексах ВИПО. Классификация факторов, допустимые нормы

58. Микродуговое оксидирование (МДО). Достоинства и недостатки метода. Технологические возможности. Область применения, детали и материалы

59. Структура технологических установок для МДО: источник технологического тока, рабочая ванна, токоподводы, устройства управления процессом, устройства для подачи, охлаждения и перемешивания электролита, другие устройства и приборы

60. ИТТ для МДО: классификация (конденсаторного и трансформаторного типа), принципиальные электрические схемы, преимущества и недостатки, элементная база

61. Рабочие ванны для МДО. Классификация, устройство с прокачкой электролита через рабочую зону, без прокачки

62. Конструкции систем подачи, охлаждения и перемешивания электролита. Насосы и фильтры. Системы охлаждения при высокоэнергетических режимах упрочнения

63. Электролиты для обработки методом МДО. Классификация по покрытиям различного функционального назначения.

64. Токоподводы для МДО. Материалы и конструкция. Особенности использования

65. Методы изоляции поверхностей при МДО. Материалы и их технологические возможности. Достоинства и недостатки

66. Способы крепления заготовок в технологических ваннах. Особенности обработки парных заготовок и использования фальш-деталей (специальных электрод-инструментов) при МДО.

67. Модели установок и производители оборудования для МДО.

68. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках МДО. Классификация факторов, допустимые нормы. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках МДО.

69. Целесообразность комбинирования высокоэффективных методов обработки. Комбинирование методов между собой и с методами механической обработки, поверхностного пластического деформирования и другими

70. Достоинства и недостатки комбинирования. Классификация. Формирование последовательных, параллельных и последовательно-параллельных технологических последовательностей

71. Особенности применения принципа концентрации операций при комбинированной обработке

72. Модернизация оборудования и оснастки для комбинированной обработки

73. Упрочнение поверхностей нанесением покрытий как отдельная категория методов высокоэффективных процессов обработки. Классификация покрытий

74. Методы получения упрочняющих покрытий. Классификация. Область применения.

75. Обеспечение точности размеров, требуемых параметров шероховатости поверхности и качества поверхностного слоя при нанесении упрочняющих покрытий.

76. Обзор оборудования для получения покрытий, классификация, модели установок и производители.

77. Назначение и виды специальных источников технологического тока (ИТТ). Методика моделирования и побора оборудования для электроэрозионной размерной обработки (ЭЭРО).

78. Методика проектирования и оформления планировки технологического оборудования для электроэрозионного синтеза (ЭЭС) износостойких сверхтвердых покрытий.

79. Методика проектирования и оформления планировки технологического оборудования для электрохимической обработки (ЭХО).

80. Методика моделирования и побора оборудования в системах автоматического проектирования для лазерной обработки (ЛО).

81. Методика проектирования и оформления планировки технологического оборудования для лазерной обработки (ЛО).

82. Методика проектирования и оформления планировки технологического оборудования для плазменной обработки (ПО).

83. Методика проектирования и оформления планировки технологического оборудования для электронно-лучевой обработки (ЭЛО).

84. Методика проектирования и оформления планировки технологического оборудования для вакуумной ионно-плазменной обработки (ВИПО).

85. Методика проектирования и оформления планировки технологического оборудования в системах автоматического проектирования для микродугового оксидирования (МДО).

Вопросы для подготовки к экзамену

по дисциплине «Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки»

Направление подготовки: 15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ ОП (профиль): «Высокоэффективные технологические процессы и оборудование»

Раздел I

1. Преимущества и недостатки высокоэффективных процессов обработки. Сравнить с методами механической обработки и обработки металлов давлением.
2. Структурная схема компоновки установок высокоэффективных процессов обработки. Обоснование необходимости наличия в их составе специальных источников технологического тока (ИТТ)
3. Принципиальные схемы регулирования процессов обработки. Общая схема адаптивного управления оборудованием
4. Назначение, разновидности и устройство рабочих столов для оборудования ЭФХО. Назначение консолей, виды консолей (траверс).
5. Назначение и устройство виброопор для рабочих столов оборудования ЭФХО.
6. Особенности базирования заготовок на рабочих столах оборудования для ЭФХО. Конструкции прихватов и зажимов для закрепления заготовок на рабочих столах.
7. Способы осуществления прямолинейного движения в станках
8. Особенности использования для перемещения рабочих органов станка системы «Зубчатые рейки и шестерни», «Червяк и рейка».
9. Особенности использования для перемещения рабочих органов станка системы «Винт-гайка».
10. Устройство и принципы работы шарико-винтовых передач (ШВП). Ролико-винтовые передачи (РВП).
11. Классификация приводов движений на оборудовании для плазменной и лазерной обработки и ЭФХО.
12. Структурные схемы следящих приводов подач и перемещений.
13. Типы электродвигателей для приводов. Достоинства шаговых двигателей для привода движения на оборудовании для ЭФХО.
14. Виды шаговых двигателей. Устройство и особенности использования.
15. Способы управления фазами шагового двигателя (полношаговые и микрошаговые режимы работы шагового двигателя).
16. Датчики линейных и угловых перемещений. Классификация.
17. Оптоэлектронные датчики линейных перемещений
18. Индуктосины. Преобразователи угловых перемещений
19. Системы подготовки сжатого воздуха. Принципиальные схемы компоновки в зависимости от требуемого качества воздуха.

20. Компрессоры промышленного применения для сжатия и подачи воздуха и других газов под давлением.
21. Принцип действия и классификация объёмных компрессоров.
22. Классификация и принцип работы поршневых компрессоров.
23. Принцип действия динамических компрессоров. Винтовой компрессор: устройство, принцип работы, разновидности.
24. Винтовой компрессор: преимущества, особенности эксплуатации.
25 Системы управления и регулирования компрессоров. Определение параметров компрессорных установок.
26. Фильтро-вентиляционные системы очистки воздуха производственных помещений
27. Классификация фильтров для систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Раздел II

28. Оборудование для плазменной обработки. Виды плазменной обработки. Состав устройства для плазменной обработки.
29. Назначение плазматрона. Принцип работы плазмотрона с вихревой стабилизацией дуги разряда.
30. Явление "шунтирование дуги". Способы устранения "шунтирования дуги".
31 Устройство плазмотрона, конструктивные особенности.
32. Технологические условия обеспечения качества плазменной обработки.

Раздел III

33. Электроэрозионная обработка материалов. История развития метода. Классификация процессов (прошивка, резка проволокой, упрочнение).
34. Технологические возможности ЭЭРО. Область применения (детали, материалы).
35. Структурная схема оборудования для ЭЭРО: компоновка и особенности конструкции станков, универсальные, специализированные и специальные станки.
36. Генераторы импульсов для ЭЭРО, назначение, принцип работы.
37. Устройство релаксационных генераторов импульсов (ГИ), их достоинства и недостатки
38. ГИ на полупроводниках (инвенторные и широкодиапазонные), их достоинства и недостатки.
39. Регуляторы подачи электродов. Способы задания рабочих перемещений ЭИ.
40. Рабочие жидкости (РЖ) для ЭЭРО: требования к РЖ, влияние состояния РЖ на технологические показатели ЭЭО, изменения в РЖ в процессе ЭЭРО, виды РЖ для ЭЭРО различных материалов.
41. Системы очистки и подачи РЖ. Конструкции рабочих ванн. Баки, насосы, фильтры, устройства для регулирования расхода РЖ. Комплектование рабочих станций очистки РЖ.
42. Основные рекомендации по проектированию электродов-инструментов для различных способов ЭЭО. Материалы для изготовления ЭИ.
43. Повышение эрозионной стойкости электродов-инструментов для ЭЭО.

44.Конструкции ЭИ для прошивных станков. Проектирование и методы изготовления ЭИ для ЭЭРО.
45. Конструкции ЭИ для вырезных станков. Схема работы вырезных станков для ЭЭРО. Проектирование ЭИ, материалы и методы изготовления ЭИ для ЭЭРО.
46. Проектирование технологических операций ЭЭО.
47. Виды станков для ЭЭО.
.

Раздел IV

48. Лазерная обработка. Сущность процесса. Достоинства и недостатки метода. Операции лазерной обработки.
49.Оптические системы ТЛ.
50. Классификация и особенности устройства лазеров: классификация лазеров по активным средам и способам накачки, принципиальная схема устройства технологического лазера, лазеры с непрерывным излучением и импульсно-периодические.
51. Промышленное лазерное технологическое оборудование. Назначение, технологические характеристики.
52. Лазерные технологические установки для резки и прошивки листовых материалов.
53. ЛТУ для сварочных процессов
54. ЛТУ для аддитивных технологий
55. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на лазерных установках. Классификация факторов, допустимые нормы. Техника безопасности при работе на лазерных установках и ЛТК. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на лазерных установках.
56. Сущность процессов взаимодействия электронного луча с металлом: превращение кинетической энергии сформированного в вакууме электронного пучка в тепловую;
57. Использование электронного луча в технологических процессах: закалка, модифицирование поверхности, сварка, резка различных материалов.
58. Достоинства и недостатки метода. Технологические возможности. Область применения, детали и материалы.
59. Классификация методов. Состав энергетического и электромеханического комплекса электронно-лучевых установок (ЭЛУ). Компоновка комплексов для ЭЛО.6013. Электронные пушки. Классификация и устройство. Блоки питания и управления лучом.
60. Схемы электронных пушек: пушки низкого, среднего и высокого напряжения; пушки с кольцевым катодом, радиальные и аксиальные пушки.
61. Вакуумные камеры. Классификация, расчет необходимых габаритных размеров. Обеспечение работы устройств и приспособлений внутри камеры.
62. Системы вакуумирования. Насосы. Классификация, технологические возможности

63. Воздействие и опасные для человека факторы при работе на установках ЭЛО. Классификация факторов, допустимые нормы. Техника безопасности при работе на установках ЭЛО. Средства обеспечения безопасности оператора и защиты окружающей среды на установках ЭЛО.
64. Назначение и технологические характеристики для гидроабразивной обработки (ГАО), схема ГАО.
65. Конструкции насосов высокого давления. Технические характеристики, Техническое обслуживание.
66. Конструкции головок для гидроабразивной резки. Технические характеристики. Стойкость элементов головки. Обслуживание.
67. Расчёт и выбор основных параметров установки и режущей головки для гидроабразивной обработки.
68. Абразивный материал для гидроабразивной обработки. Система очистки рабочей жидкости от шлама.
69. Назначение режимов гидроабразивной обработки (ГАО). Влияние отдельных параметров режимов обработки на производительность и качество обработки. Пути повышения эффективности гидроабразивной обработки. Сравнение ГАО с лазерной и электроэрозионной обработками.

Раздел V

70. Классификация методы модификации свойств поверхностного слоя. Назначение, технические и технологические характеристики.
71. Способы создания на поверхности упрочняющих слоёв и плёнок. Схема и технологические характеристики газопламенного напыления.
78. Способы создания на поверхности упрочняющих слоёв и плёнок. Схема и технологические характеристики метода электродуговой металлизации поверхности.
79. Способы создания на поверхности упрочняющих слоёв и плёнок. Схема и технологические характеристики метода плазменного нанесения покрытий.
80. Способы создания на поверхности упрочняющих слоёв и плёнок. Схема и технологические характеристики метода газодинамического нанесения покрытий.
81. Методы осаждения покрытий. Схема и технологические характеристики метода дугового испарения в вакууме.
82. Методы осаждения покрытий. Схема и технологические характеристики методов дугового и магнетронного напыления в вакууме.
83. Методы осаждения покрытий. Схема и технологические характеристики метода испарения материалов электронным лучом в вакууме.
84. Способы создания на поверхности упрочняющих слоёв и плёнок. Схема и технологические характеристики метода электроискрового легирования.
85. Схема и технологические характеристики оборудования метода электроискрового легирования.
86. Электрохимические методы создания на поверхности упрочняющих слоёв и плёнок.

87. Метод термохимического нанесения покрытий. Схема и технологические характеристики метода.
88. Методы упрочнения поверхностей без использования присадочных материалов для создания упрочнённого поверхностного слоя.
89. Классификация методов (упрочняющая обработка, разделительные операции, ремонтные технологии и др.)

Комплект экзаменационных билетов
по дисциплине «Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки»

Комплект содержит 30 билетов, в каждом билете по 3 вопроса.
Первый вопрос билета предназначен для оценки освоения профессиональной компетенции ОПК-9.
Второй вопрос билета предназначен для оценки освоения профессиональной компетенции ОПК-9.
Третий вопрос билета предназначен для оценки освоения профессиональной компетенции ОПК-12.

Комплект билетов хранится в архиве документов кафедры. Примеры оформления билетов приведены ниже.

Вариант экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Направление подготовки: 15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ

ОП (профиль): «Высокоэффективные технологические процессы и оборудование»

Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»
Дисциплина: " Оборудование и средства технологического оснащения физико-химической обработки "

БИЛЕТ № 1

1. Преимущества и недостатки высокоэффективных процессов обработки. Сравнить с методами механической обработки и обработки металлов давлением.

2. Назначение плазматрона. Принцип работы плазмотрона с вихревой стабилизацией дуги разряда.

3. Схема обработки, технологические характеристики и оборудование метода электроискрового легирования.

Заведующий кафедрой: _____