



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

20.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ***

Направление подготовки (специальность)  
15.03.05 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ  
Направленность (профиль/специализация) программы  
Технология машиностроения

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки  
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 11.08.2016 г. № 1000)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Машины и  
технологии обработки давлением и машиностроения

18.02.2020, протокол № 6

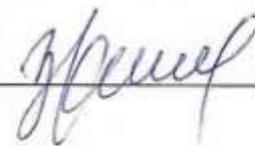
Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

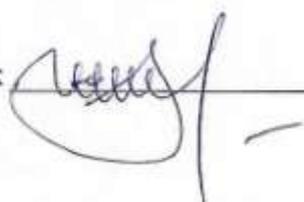
20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры МиТОДиМ, канд. техн. наук  Е.Ю. Звягина

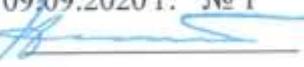
Рецензент:

доцент кафедры МиХТ, канд. техн. наук  И.В. Макарова

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и машиностроения

Протокол от 09.09.2020 г. № 1  
Зав. кафедрой  С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и машиностроения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и машиностроения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и машиностроения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и машиностроения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью преподавания дисциплины «Физико-химическая размерная обработка материалов» является рассмотрение методов обработки, использующих электрическую, тепловую, ультразвуковую, химическую и другие виды энергии, а также оборудование, инструменты и сущность протекания процесса при разработке малоотходных энергосберегающих и экологически чистых инновационных технологий.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Физико-химическая размерная обработка материалов входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Химия

Физика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Оснастка для производства металлоконструкций

Технология машиностроения

Основы надежности технологических систем

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физико-химическая размерная обработка материалов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	ПК-1 способностью применять способы рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления их изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий
Знать	- способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах; - способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий; - способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, виды энергосберегающих технологий.

Уметь	- применять способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах; - применять способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий; - применять способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, виды энергосберегающих технологий.
Владеть	- навыками применения способов физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах; - навыками применения способов физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, основных и вспомогательных материалов для изготовления изделий; - навыками применения способов физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, основных и вспомогательных материалов для изготовления изделий, видов энергосберегающих технологий.

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 51,95 акад. часов;
- аудиторная – 51 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,95 акад. часов
- самостоятельная работа – 20,05 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1. Введение. Место и значение физико-химических методов обработки материалов.								
1.1 Виды энергии, подводимые к технологическим системам для реализации физико-химической размерной обработки деталей. Классификация видов энергии.	6	2	4		2,8	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме.	Наличие конспектов лекций, сдача лабораторных работ.	ПК-1
Итого по разделу		2	4		2,8			

2. Раздел 2. Электроэрозионная обработка материалов.								
2.1 Характеристика процесса электрической эрозии.	6	2	4		2,8	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме.	Наличие конспектов лекций, защита реферата.	ПК-1
Итого по разделу		2	4		2,8			
3. Раздел 3. Электрохимические методы обработки материалов.								
3.1 Использование электрохимических методов обработки для заготовительных, формообразующих и отделочных операций. Лабораторная работа №1. Ультразвуковая обработка материалов. Ультразвуковые колебания.	6	2	4/2И		2,8	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме.	Наличие конспектов лекций, защита реферата.	ПК-1
Итого по разделу		2	4/2И		2,8			
4. Раздел 4. Лучевая обработка материалов.								
4.1 Светолучевая обработка и ее особенности.	6	2	4		2,8	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме.	Наличие конспектов лекций, защита реферата.	ПК-1
Итого по разделу		2	4		2,8			
5. Раздел 5. Обработка материалов высокоскоростным трением.								
5.1 Сущность процесса и область применения.	6	3	6/2И		2,8	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме.	Наличие конспектов лекций, защита реферата.	ПК-1
Итого по разделу		3	6/2И		2,8			
6. Раздел 6. Комбинированные методы обработки.								
6.1 Пламенно-механическая обработка резанием.	6	3	6/2И		2,8	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме.	Наличие конспектов лекций, сдача лабораторных работ.	ПК-1
Итого по разделу		3	6/2И		2,8			
7. Раздел 7. Физико-химические методы отделки поверхности деталей.								

7.1 Методы и особенности обработки деталей поверхностным пластическим деформированием (ППД).	6	3	6		3,25	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме.	Наличие конспектов лекций, защита реферата.	ПК-1
Итого по разделу		3	6		3,25			
Итого за семестр		17	34/6И		20,05		зачёт	
Итого по дисциплине		17	34/6И		20,05		зачет	ПК-1

## 5 Образовательные технологии

В ходе реализации видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании данной дисциплины используются:

Традиционные формы обучения с использованием инновационных методов:

- классические лекции для ознакомления с основными положениями, понятиями и закономерностями технологии машиностроения, проводимые с использованием мультимедийного оборудования;

Активные и интерактивные формы обучения:

- вариативный опрос;
- устный опрос;
- совместная работа в малых группа (подгруппах) с анализом конкретных ситуаций по темам лабораторных работ.

Информационные технологии применяются для ознакомления со стандартами, чтения электронных учебников, справочной и периодической литературы по темам дисциплины при выполнении самостоятельной работы.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) Основная литература:

1. Волков, Ю.С. Электрофизические и электрохимические процессы обработки материалов : учебное пособие / Ю.С. Волков. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 396 с. — ISBN 978-5-8114-2174-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75505> (дата обращения: 14.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении / В.Ф. Безъязычный, В.Н. Крылов, Ю.К. Чарковский, Е.В. Шилков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 432 с. — ISBN 978-5-8114-2118-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93688> (дата обращения: 14.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) Дополнительная литература:

1. Галимов, Э.Р. Современные конструкционные материалы для машиностроения : учебное пособие / Э.Р. Галимов, А.Л. Абдуллин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 268 с. — ISBN 978-5-8114-4578-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122184> (дата обращения: 14.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Должиков, В.П. Технологии наукоемких машиностроительных производств : учебное пособие / В.П. Должиков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-2393-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/81559> (дата обращения: 14.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**в) Методические указания:**

1. Платов С.И. Современные методы пластического формоизменения и изменения свойств заготовок при помощи теормомеханического воздействия: учеб. пособие / С.И. Платов, А.В. Ярославцев, Р.Р. Дема, В.А. Русанов, К.К. Ярославцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 59 с.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Far MANAGER	Свободно распространяемое	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: Комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лабораторный корпус с лабораторией сварки и лабораторией резания: Комплект печатных и электронных версий методических рекомендаций, учебное пособие, плакаты по темам. Лабораторное оборудование.

Учебная аудитория для проведения механических испытаний:

- 1) Машины универсальные испытательные на растяжение.
- 2) Мерительный инструмент.
- 3) Приборы для измерения твердости по методам Бринелля и Роквелла.
- 4) Микротвердомер.
- 5) Печи термические.

Учебная аудитория для проведения металлографических исследований:  
Микроскопы МИМ-6, МИМ-7

Учебные аудитории для проведения индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: Доска.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: Стеллажи, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

## **Приложение 1**

### **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

#### ***Перечень теоретических вопросов к зачету:***

1. классификация методов физико-химической обработки.
  2. значение физико-химических методов обработки среди других методов формообразования деталей.
  3. классификация видов энергии, подводимой к технологическим системам.
  4. использование различных видов энергии для заготовительных, формообразующих и отделочных операций.
  5. электроэрозионная обработка материалов.
  6. особенности электроимпульсной и электроискровой обработки.
  7. оборудование и инструмент для электроэрозионной обработки.
  8. электрохимические методы обработки.
  9. инструмент для электрохимической обработки.
  10. анодно-механическая обработка.
  11. анодно-гидравлическая обработка.
  12. анодно-абразивная обработка.
  13. электроэрозионно-химическая обработка.
  14. виды электрохимической обработки.
  15. ультразвуковая обработка материалов.
  16. методы и технологические характеристики ультразвуковой размерной обработки.
  17. инструмент для обработки ультразвуком.
  18. оборудование для осуществления ультразвуковой обработки.
  19. лучевая обработка материалов.
  20. светолучевая обработка и ее особенности.
  21. область применения светолучевой обработки.
  22. виды лазеров.
  23. установки для лучевой обработки.
  24. обработка материалов высокоскоростным трением.
  25. инструмент для высокоскоростной обработки трением.
  26. комбинированные методы обработки.
  27. обработка резанием с наложением ультразвука.
  28. методы и особенности обработки деталей поверхностным пластическим деформированием.
  29. дробеструйная и дробеметная обработка.
  30. накатывание роликом и шариком.
  31. виброобкатывание.
  32. алмазное выглаживание.
  33. химико-термические методы отделки поверхности.
  34. плакирование поверхности.
- методы нанесения износостойких покрытий.

#### ***Критерии оценки реферата:***

- глубина и полнота изучения литературы для раскрытия темы реферата;
- четкое структурирование текста реферата;
- полнота рассмотрения вопроса;
- логичность, связность изложения;
- соблюдение требований к оформлению работы.

#### ***Требования к оформлению реферата:***

Реферат представляется в распечатанном виде на листах формата А4. Текст оформляется шрифтом Times New Roman с размером кегля 12 или 14, с полуторным

интервалом, с соблюдением полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое - 30 мм, с отступом первой (красной) строки 1,25 мм и выравниванием.

## Приложение 2

### 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<p><b>Код и содержание компетенции ПК-1</b> – способность применять способы рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления их изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий</p>		
<p>Знать</p>	<p>- способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах;</p> <p>- способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий;</p> <p>- способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, виды</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. классификация методов физико-химической обработки.</li> <li>2. значение физико-химических методов обработки среди других методов формообразования деталей.</li> <li>3. классификация видов энергии, подводимой к технологическим системам.</li> <li>4. использование различных видов энергии для заготовительных, формообразующих и отделочных операций.</li> <li>5. электроэрозионная обработка материалов.</li> <li>6. особенности электроимпульсной и электроискровой обработки.</li> <li>7. оборудование и инструмент для электроэрозионной обработки.</li> <li>8. электрохимические методы обработки.</li> <li>9. инструмент для электрохимической обработки.</li> <li>10. анодно-механическая обработка.</li> <li>11. анодно-гидравлическая обработка.</li> <li>12. анодно-абразивная обработка.</li> <li>13. электроэрозионно-химическая обработка.</li> <li>14. виды электрохимической обработки.</li> <li>15. ультразвуковая обработка материалов.</li> <li>16. методы и технологические характеристики ультразвуковой размерной обработки.</li> <li>17. инструмент для обработки ультразвуком.</li> <li>18. оборудование для осуществления ультразвуковой обработки.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	энергосберегающих технологий.	<p>19. лучевая обработка материалов.  20. светолучевая обработка и ее особенности.  21. область применения светолучевой обработки.  22. виды лазеров.  23. установки для лучевой обработки.  24. обработка материалов высокоскоростным трением.  25. инструмент для высокоскоростной обработки трением.  26. комбинированные методы обработки.  27. обработка резанием с наложением ультразвука.  28. методы и особенности обработки деталей поверхностным пластическим деформированием.  29. дробеструйная и дробеметная обработка.  30. накатывание роликом и шариком.  31. виброобкатывание.  32. алмазное выглаживание.  33. химико-термические методы отделки поверхности.  34. плакирование поверхности.  35. методы нанесения износостойких покрытий.</p>
Уметь:	<p>- применять способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах;  - применять способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в</p>	<p style="text-align: center;"><b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2</b>  <b>УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА</b></p> <p>Цель работы: Изучить технологию ультразвуковой обработки.  Технологии мощного ультразвука - это совокупность промышленных технологических процессов и методов обработки материалов, основанных на использовании воздействия ультразвука значительной интенсивности на вещество и на характер протекания физико-химических процессов. Для получения ультразвука значительной интенсивности используются специальные акустические системы.  Область применения технологий мощного ультразвука довольно широка: промышленность, наука, медицина.  Большинство технологических процессов и методов основывается на совместном действии ряда факторов и явлений, использующих, как правило, нелинейные эффекты в</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>машиностроительных производствах, основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий;</p> <p>- применять способы физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, виды энергосберегающих технологий.</p>	<p>ультразвуковом поле</p> <p>На данный момент существует несколько видов ультразвуковой обработки:</p> <p><b>Ультразвуковая сварка</b> нашла применение для сваривания металлов и пластмасс. Сварка пластмасс - наиболее перспективный способ сварки термопластичных полимеров, который обладает целым рядом, присущих только ему уникальных особенностей, а именно:</p> <p>производить сварку фасонных изделий из жестких пластмасс на большом удалении от места ввода ультразвука (до 200-250 мм );</p> <p>производить сварку многослойной конструкции из мягких пластмасс и армированных тканей из искусственных материалов;</p> <p>производить сварку полимеров, которые не свариваются или плохо свариваются другими способами сварки (полиэтилентерефталатные и полиамидные пленки, изделия из фторопласта-4, искусственные кожи и др.);</p> <p>производить прецизионную закладку металлических деталей в пластмассу (устраняя таким образом дорогую технологию литья деталей по закладным элементам);</p> <p>производить сварку полимеров по загрязненным поверхностям, не требуя их предварительной очистки и обезжиривания (это особенно важно при упаковке сыпучих, жидких и пастообразных продуктов);</p> <p>во время сварки практически не происходит выделение вредных летучих веществ, что делает ее экологически чистой;</p> <p>высокая степень повторяемости и контроля процесса.</p> <p><b>Ультразвуковая пропитка</b> основана на звукокапиллярном эффекте. При этом пропиточная жидкость как бы "вгоняется" в капилляры и время пропитки сокращается в десятки раз. Этот метод используют и для пропитки электротехнических изделий: обмоток трансформаторов, роторов, статоров, катушек и др., а также для герметизации литых пористых деталей. В результате время пропитки сокращается в несколько раз, и в ряде случаев производится одноразовая пропитка вместо двух- или трехкратной.</p> <p><b>Ультразвуковая очистка</b> - способ очистки твердых тел, при котором в моющий раствор вводятся ультразвуковые колебания. Механизм ультразвуковой очистки обусловлен рядом явлений, возникающих в ультразвуковом поле значительной интенсивности:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>кавитацией, акустическими течениями, давлением звукового излучения, звукокапиллярным эффектом. Как разновидность очистки можно рассматривать процесс травления в ультразвуковом поле.</p> <p><b>Механическая обработка с помощью ультразвука.</b>  Различают четыре вида механической обработки с помощью ультразвука:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ультразвуковая размерная обработка деталей из твердых и хрупких материалов;</li> <li>○ резание труднообрабатываемых материалов инструментом, которому сообщаются ультразвуковые колебания;</li> <li>○ снятие заусенцев с мелких деталей абразивной суспензией в ультразвуковой ванне;</li> <li>○ обработка вязких материалов с ультразвуковой очисткой шлифовального круга.</li> </ul> <p><b>Диспергирование ультразвуковое (распыление акустическое)</b> – получение аэрозоля из жидкости с помощью акустических колебаний ультразвукового диапазона.</p> <p><b>Эмульгирование</b> - переход одной из взаимно нерастворимых жидкостей в дисперсное состояние в среде другой под действием ультразвука, или, иначе ультразвуковое диспергирование жидкости в жидкости.</p> <p><b>Технология ультразвуковой размерной обработки.</b>  Современная технология механической обработки конструкционных материалов достигла больших успехов, а выпускаемые промышленностью металлорежущие станки - высокой степени совершенства и высокой производительности, что позволяет с успехом решать различные задачи, выдвигаемые бурным процессом развития техники.</p> <p>Однако развитие техники привело к появлению новых материалов, механическая обработка которых традиционными способами затруднена. К ним относятся, прежде всего, такие материалы с высокой твердостью, как вольфрамосодержащие и титанокарбидные сплавы, алмаз, рубин, лейкосапфир, закаленные стали, магнитные сплавы из редкоземельных элементов, термодокорунды и др. Из традиционных способов при обработке таких материалов применяется только шлифование.</p> <p>Обработка другой группы материалов, таких как германий, кремний, ферриты, керамика, стекло, кварц, полудрагоценные и поделочные минералы и материалы, затруднена их очень большой хрупкостью. Такие материалы не выдерживают усилий, возникающих</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>при традиционной механической обработке.</p> <p>Поскольку именно перечисленные выше материалы во многом определяют прогресс техники, возникает необходимость эффективно обрабатывать детали из подобных, "необрабатываемых традиционными способами", материалов.</p> <p>Для решения проблемы обработки сверхтвердых и хрупких материалов разработаны и внедрены в практику специальные способы обработки: алмазосодержащим вращающимся инструментом, электрохимический, электроэрозионный, электронно-лучевой, ультразвуковой.</p> <p>Все перечисленные способы обработки характеризуются очень высокой экологической опасностью и энергоемкостью процесса.</p> <p>Так, наиболее широко используемый в практике способ обработки алмазосодержащим вращающимся инструментом характеризуется энергоемкостью (затратами электрической энергии на съем единицы объема обрабатываемого материала), приблизительно равной 2000 Дж/мм<sup>3</sup>, обеспечивая выполнение отверстий диаметром не более 25 мм с производительностью не выше 0,5 мм/мин. При такой обработке используется большое количество охлаждающей воды (не менее 1...5 л/мин), причем очистка ее от мелкодисперсного порошка разрушаемого материала (например, стекла) является сложной проблемой. При механической обработке с помощью алмазосодержащих инструментов используются мощные, высокоскоростные сверлильные станки. Износ рабочего инструмента достигает 5% от глубины выполняемых отверстий, а изготовление алмазосодержащих инструментов диаметром более 25 мм является технически неразрешимой задачей. Приведенные данные по энергозатратам и расходу материалов при алмазном сверлении обуславливают высокую стоимость выполнения одного отверстия (до 15 долларов США).</p> <p>Очевидно, что такой способ обработки будет экологически опасным (акустический шум, вращающийся с большой частотой рабочий инструмент, унос большого количества воды с мелкодисперсным порошком и т.п.) и не ресурсосберегающим (большой расход алмазного инструмента, малая производительность сверления, большой расход воды, большое энергопотребление).</p> <p>Преимущества ультразвукового (УЗ) способа обработки перед другими заключаются в</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>возможности обрабатывать непроводящие и непрозрачные материалы, а также в отсутствие после обработки остаточных напряжений, приводящих при использовании других способов к образованию трещин на обрабатываемой поверхности. Ультразвуковым способом эффективно обрабатываются такие хрупкие материалы, как агат, алебастр, алмаз, гипс, германий, гранит, графит, карбид бора, кварц, керамика, корунд, кремний, мрамор, нефрит, перламутр, рубин, сапфир, стекло, твердые сплавы, термостойкий корунд, фарфор, фаянс, ферриты, хрусталь, яшма и многие другие.</p> <p>Ультразвуковой способ обработки представляет собой разновидность обработки долблением - хрупкий материал выкалывается из изделия ударами зерен более твердого абразива, которые направляются торцом рабочего инструмента, колеблющегося с ультразвуковой частотой. Применение ультразвуковых колебаний позволяет интенсифицировать процесс хрупкого разрушения обрабатываемого материала за счет создания сетки микротрещин и выколов на поверхности.</p> <p>Технология ультразвуковой обработки заключается в подаче абразивной суспензии в рабочую зону, т.е. в пространство между колеблющимся с высокой частотой торцом рабочего инструмента и поверхностью обрабатываемого изделия. Зерна абразива под действием ударов колеблющегося инструмента ударяют по поверхности обрабатываемого изделия и проводят его разрушение. В качестве абразива обычно используются карбид бора или карбид кремния, в качестве транспортируемой жидкости - обычная вода. Вследствие воздействия частичек абразива на поверхность рабочего инструмента происходит его разрушение. Для уменьшения износа рабочего инструмента его обычно выполняют из вязких материалов, не разрушающихся под действием ударных нагрузок. Частицы абразива под действием ударов раскалываются. Поэтому в зону обработки непрерывно подается абразивная суспензия, несущая зерна свежего абразива и удаляющая частицы снятого материала и размельченный абразив. Для уменьшения шумового воздействия от работающих ультразвуковых аппаратов, рабочая частота выбирается достаточно высокой, обычно это 22 КГц или более. Подача рабочего инструмента в направлении колебаний обеспечивает формирование полости, копирующей форму рабочего инструмента.</p> <p>Таким образом, ультразвуковая размерная обработка базируется на двух основных</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>процессах:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ударном внедрении абразивных зерен, вызывающих выкалывание частиц обрабатываемого материала;</li> <li>2. Циркуляции и смене абразива в рабочей зоне.</li> </ol> <p>Обязательным условием высокопроизводительной ультразвуковой обработки материалов является интенсивное протекание этих двух процессов. Ограничения, возникающие для протекания одного из этих процессов, вызывают снижение эффективности всей ультразвуковой обработки.</p> <p>Производительность ультразвуковой обработки в значительной степени зависит от физико-механических свойств материалов, частоты и амплитуды колебаний рабочего инструмента, зернистости абразива и нагрузки на инструмент. Влияние всех этих факторов на процесс ультразвуковой размерной обработки будет рассмотрено далее.</p> <p><b>Недостатки ультразвуковой обработки.</b></p> <p>Однако уже в первых работах по промышленному применению был выявлен основной недостаток ультразвукового способа обработки - существенное уменьшение производительности процесса по мере увеличения глубины обработки. Для объяснения этого явления используется два предположения. Согласно первому, при увеличении боковой поверхности рабочего инструмента, контактирующей с обрабатываемым материалом, амплитуда колебаний инструмента уменьшается вследствие трения, а уменьшение амплитуды приводит к снижению производительности. Это предположение до настоящего времени не получило четкого экспериментального подтверждения. При использовании сплошных инструментов и достаточном запасе мощности применяемых генераторов (что было ранее) рассматриваемое предположение не подтверждается экспериментально. Однако, при использовании трубчатых инструментов с тонкой стенкой в комплекте с маломощными генераторами амплитуда колебаний инструмента уменьшается и скорость обработки падает.</p> <p>Второе предположение, основанное на результатах многочисленных экспериментов, объясняет уменьшение скорости обработки с увеличением глубины, ухудшением условий подачи свежего абразива в зону обработки и удаления продуктов обработки. Экспериментально установлено, что при отсутствии подачи свежего абразива,</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>имеющийся разрушается так, что за 0,5...0,6 секунд размеры частиц уменьшаются в пять раз.</p> <p>В начале 70-х годов были детально изучены основополагающие физические принципы ультразвуковой обработки хрупких материалов. Одновременно с исследованиями физических процессов шло создание УЗ станков для промышленного использования.</p> <p>Первые сведения о разработке оборудования и использовании УЗ станков относятся к 1955 г. Эти станки выполнялись на базе традиционных сверлильных и фрезерных станков и характеризовались очень малой эффективностью и надежностью. Параллельно шло создание опытных образцов промышленных универсальных и специализированных ультразвуковых станков, и исследовались методические особенности их эксплуатации при решении различных задач.</p> <p><b>Оборудование для ультразвуковой обработки.</b></p> <p>Типичная конструктивная схема станка для ультразвуковой обработки имеет ряд специфических узлов, отличающих его от традиционных металлорежущих станков (см. рисунок 1.1).</p> <p>Ультразвуковой станок содержит генератор электрических колебаний ультразвуковой частоты 1, ультразвуковую колебательную систему 2, обеспечивающую преобразование электрических колебаний в механические ультразвуковые и их введение в обрабатываемое изделие 3. Для перемещения ультразвуковой колебательной системы используется механизм подачи 4. Система подачи абразивной суспензии включает в себя насос 5 и устройство подачи 6 суспензии в зону обработки.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="875 347 1326 683" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="875 683 1704 715">Рисунок 1.1 - Конструктивная схема ультразвукового станка</p> <p data-bbox="875 756 2096 1193">Кроме того, ультразвуковой станок имеет ряд узлов, используемых в обычных металлорежущих станках: стол 7, станину 8. Ультразвуковая колебательная система содержит электромеханический преобразователь (ранее обычно использовался преобразователь магнитострикционного типа), концентратор - усилитель амплитуды ультразвуковых колебаний и рабочий инструмент. Применение концентратора обеспечивает необходимую амплитуду колебаний рабочего инструмента (10...70 мкм) на заданной рабочей частоте. Механизм подачи прижимает рабочий инструмент к обрабатываемому изделию, укрепленному на столе, с небольшим усилием (до 3 ...-5 кг) и по мере съема материала осуществляет подачу инструмента, поддерживая течение процесса. Система подачи абразивной суспензии обеспечивает непрерывное поступление свежего абразива в зону обработки, осуществляет удаление продуктов обработки и охлаждение зоны обработки.</p> <p data-bbox="875 1201 2096 1305">Генератор обеспечивает преобразование энергии сети переменного тока (50 Гц) в энергию электрических колебаний ультразвуковой частоты и предназначен для питания преобразователя ультразвуковой колебательной системы.</p> <p data-bbox="875 1313 2096 1417">Минимальный диаметр выполняемых отверстий определялся прочностью инструмента, а максимальный - мощностью используемого генератора УЗ колебаний. Все ультразвуковые станки подразделяются на две группы:</p> <p data-bbox="875 1425 2096 1452">1) переносные, малогабаритные установки для выполнения отверстий диаметром до 1...3</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>мм;</p> <p>2) стационарные промышленные установки для выполнения отверстий диаметром до 60 мм.</p> <p>К первой группе относятся небольшие УЗ установки с колебательной системой, которую во время работы можно держать в руках (аналогично ручной электрической дрели). Такая установка применяется при выполнении малых отверстий (диаметром не более 3 мм) на небольшую глубину (не более 3... - 5 мм), а также при УЗ гравировании и клеймении. Мощность генераторов таких установок не превышает 100 Вт. Следует отметить, что УЗ установки первой группы для обработки деталей из твердых хрупких материалов до настоящего времени не получили широкого развития. Обусловлено это было низкой надежностью и эффективностью самих установок, выполненных на основе ламповых генераторов, и использованием магнитострикционных преобразователей, требующих принудительного водяного охлаждения, с одной стороны, и практически полным отсутствием до 90-х годов потребностей в таких станках из-за отсутствия индивидуальных потребителей, малых предприятий и мелкосерийных производств. Поэтому наибольшее распространение до 90-х годов получили стационарные УЗ станки (как универсальные, так и специализированные) с вертикальным расположением колебательной системы. Их условно подразделяли в зависимости от функциональных возможностей на три группы:</p> <p>Станки малой мощности до 200 Вт;</p> <p>Станки средней мощности от 250 до 1500 Вт;</p> <p>Станки большой мощности от 1600 до 4000 Вт.</p> <p>Станки малой мощности (наиболее типичный представитель - станок модели 4770А) выполнялись по образцу настольных сверлильных станков, применялись и применяются для обработки неглубоких отверстий (глубиной не более 5 мм) малых диаметров (0,2...6 мм). Габаритные размеры станков малой мощности сравнительно небольшие, а масса достигает 120 кг. Максимальная производительность по стеклу достигала 80 мм<sup>3</sup>/мин, что соответствовало энергоемкости технологического процесса при обработке стекла, равной 75 Дж/мм<sup>3</sup>. Наибольшее количество установок и станков, созданных и используемых как в нашей стране, так и за рубежом, относились ко второй группе. Эти</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>станки традиционно выполнялись с жесткой станиной и массивной фундаментной плитой, а по внешнему виду напоминали и на практике выполнялись на базе вертикальных или радиально-сверлильных и вертикально-фрезерных станков. Ультразвуковая колебательная система таких станков выполнялась на основе магнитострикционного преобразователя, имела значительные габариты (более 400x150 мм), требовала принудительного водяного охлаждения (расход воды не менее 1 л/мин) и жестко соединялась со станком.</p> <p>Таким образом, ультразвуковые станки второй группы использовались исключительно в стационарных условиях, и на них обрабатывались только изделия, устанавливаемые на рабочем столе станка. Это существенно ограничивало функциональные возможности ультразвуковых станков, не позволяя, например, обрабатывать большие листы стекла, мрамора, обрабатывать изделия, не перемещаемые на рабочий стол, обрабатывать не горизонтально расположенные изделия, т.е. выполнять отверстия и пазы необходимой формы и размера на месте их расположения.</p> <p>Станки мощностью 0,4 кВт (модель 4771А) обеспечивали выполнение отверстий диаметром от 0,5 до 15 мм с производительностью до 500 мм<sup>3</sup>/мин, что соответствовало энергоемкости процесса - 50 Дж/мм<sup>3</sup>.</p> <p>Станки мощностью 1,5 кВт (например 4772А ) при собственной массе в 1000 кг обеспечивали выполнение отверстий диаметром до 40 мм и характеризовались энергоемкостью процесса, равной 75 Дж/мм<sup>3</sup>.</p> <p>Станки большой мощности получили незначительное распространение. Они были изготовлены в единичных экземплярах и применялись только в крупносерийном производстве для обработки деталей из твердых сплавов, твердой керамики, изготовления небольших матриц и заточки инструментов. Типичный представитель этой категории станков - станок модели 4773А массой 1500 кг., мощностью на входе преобразователя 4 кВт (потребляемая мощность более 10 кВт). Станок обеспечивал выполнение отверстий диаметром не более 60 мм и характеризовался энергоемкостью процесса прошивки, превышающей 70 Дж/мм<sup>3</sup> (по стеклу).</p> <p>Таким образом, разработанные в нашей стране и за рубежом ультразвуковые прошивочные станки обеспечили выполнение отверстий диаметром до 60 мм (обычное</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>сверление алмазосодержащим инструментом - не более 25 мм). Сам технологический процесс обработки характеризовался энергоемкостью, превышающей 50 ... 75 Дж/мм<sup>3</sup> (энергоемкость снизилась в 25...40 раз по сравнению с алмазным сверлением).</p> <p>К недостаткам существующих ультразвуковых станков относится большая энергоемкость процесса (из-за низкого КПД), невысокая производительность. Так, наиболее широко распространенный станок модели 4771А (относящийся ко второй группе) характеризуется КПД не более 3...5 %, при номинальной мощности 400 Вт обеспечивает выполнение отверстий диаметром до 15 мм на глубину не более 10 мм.</p> <p>Оформить отчет. Сделать вывод.</p>
Владеть:	<p>- навыками применения способов физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах;</p> <p>- навыками применения способов физико-химической размерной обработки с целью рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, основных и вспомогательных материалов для изготовления изделий;</p> <p>- навыками применения способов физико-химической размерной обработки с целью рационального использования</p>	<p>ТЕСТ по курсу «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ» Обучающийся _____ гр. _____</p> <p><b>1. Ультразвуковые преобразователи применяют в качестве основного элемента:</b> А – при ЭХО; В – при ЭЭО; С – при УЗО; Д – при ЭЛО.</p> <p><b>2. Механизм съема при лазерной обработке:</b> А – анодное растворение; В – тепловое воздействие; С – механическое разрушение.</p> <p><b>3. В каких средах осуществляется электроэрозионная обработка:</b> А – вакуум; В – смесь углеводородов; С – электролиты; Д – электролитно-абразивные суспензии.</p> <p><b>4. ЭЭО применяют для обработки:</b> А – металлов; В – керамики; С – твердых сплавов и стекол.</p> <p><b>5. Принцип действия пьезоэлектрического преобразователя основан на изменении геометрических размеров его рабочего элемента под действием:</b> А – гравитации; В – переменного электрического поля; С – магнитного поля.</p> <p><b>6. Возникновение элементарного канала разряда при ЭЭО происходит между ближайшими местными неровностями противоположащих электродов:</b> А – лункой и впадиной; В – выступом и впадиной; С – выступами.</p> <p><b>7. Давление в канале разряда при ЭЭО при максимальном значении тока в импульсе:</b></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, основных и вспомогательных материалов для изготовления изделий, видов энергосберегающих технологий.</p>	<p>A – 0,1 МПа; B – 10 МПа; C – 1000 МПа</p> <p><b>8. Рассчитать электрохимический эквивалент стали (г/А.мин), если в электролите соотношение ионов Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup> составляет два к одному:</b> A – 0,015; B – 0,027; C – 0,12.</p> <p><b>9. В состав электролитов для размерной ЭХО в качестве основного компонента входят:</b> A – кислоты; B – основания; C – растворимые соли щелочных металлов.</p> <p><b>10. Оцените отжимающее усилие, которое возникает при ЭХО, если давление электролита составляет 0,5 МПа, а площадь обработки 100 см<sup>2</sup>:</b> A – 5000 Н; B – 500 Н; C – 50 Н.</p> <p><b>11. Определить силу тока при ЭХО, если производится обработка цилиндрическим электродом, диаметром 10 см, а рекомендуемая плотность тока составляет 30 А/см<sup>2</sup>:</b> A – 2280; B – 300; C – 942.</p> <p><b>12. Предложите эффективный метод физико-химической обработки для прошивания микроотверстий в листовых металлах и неметаллах:</b> A – ЭХО; B – ЭЭО; C – УЗО; D – СЛО.</p> <p><b>13. Износ рабочего инструмента отсутствует при использовании следующих физико-химических методов обработки:</b> A – ЭХО и ЭЭО; B – ЭХО и СЛО; C – ЭЭО и ЭЛО; D – СЛО и УЗО.</p> <p><b>14. На операциях ЭХ прошивания для максимального повышения производительности обработки следует использовать схему обработки:</b> A – с постоянной скоростью перемещения ЭИ; B – дискретную; C – импульсно-циклическую.</p> <p><b>15. В рабочей зоне абразивного электроэрозионного шлифования не наблюдается:</b> A – механического диспергирования материала и тепловыделения; B – растворения и образования анодных пленок; C – электрического тока.</p> <p><b>16. Для снижения износа инструмента при УЗО желательно изготавливать его из:</b> A – керамики; B – закаленных инструментальных сталей; C – латуни.</p> <p><b>17. Масштаб распространения ЭХО в промышленности по сравнению с ЭЭО:</b></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																											
		<p>А – низкий; В – высокий; С – равновеликий.</p> <p><b>18. При ЭХО на обрабатываемой поверхности возможно образование:</b>  А – оксидных пленок; В – измененных поверхностных слоев;  С – заусенцев и микротрещин; Д – всех перечисленных дефектов.</p> <p><b>19. К недостаткам ЭХО можно отнести:</b>  А – низкую производительность; В – невысокую стойкость ЭИ;  С – высокую энергоемкость; Е – высокую шероховатость обработки.</p> <p><b>20. При введении в зону действия луча ОКГ струи кислорода производительность СЛО стали:</b>  А – не изменится; В – возрастет; С – снизится.</p> <p><b>Ответы на тесты</b></p> <table border="1" data-bbox="875 754 2085 868"> <thead> <tr> <th data-bbox="875 754 1016 794">№ теста</th> <th data-bbox="1016 754 1061 794">1</th> <th data-bbox="1061 754 1106 794">2</th> <th data-bbox="1106 754 1151 794">3</th> <th data-bbox="1151 754 1196 794">4</th> <th data-bbox="1196 754 1240 794">5</th> <th data-bbox="1240 754 1285 794">6</th> <th data-bbox="1285 754 1330 794">7</th> <th data-bbox="1330 754 1375 794">8</th> <th data-bbox="1375 754 1420 794">9</th> <th data-bbox="1420 754 1464 794">10</th> <th data-bbox="1464 754 1509 794">11</th> <th data-bbox="1509 754 1554 794">12</th> <th data-bbox="1554 754 1599 794">13</th> <th data-bbox="1599 754 1644 794">14</th> <th data-bbox="1644 754 1688 794">15</th> <th data-bbox="1688 754 1733 794">16</th> <th data-bbox="1733 754 1778 794">17</th> <th data-bbox="1778 754 1823 794">18</th> <th data-bbox="1823 754 1868 794">19</th> <th data-bbox="1868 754 1912 794">20</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="875 794 1016 868">Вариант ответа</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>	№ теста	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Вариант ответа																					
№ теста	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																									
Вариант ответа																																													

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физико-химическая размерная обработка материалов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, умений и владений, и проводится в форме опроса с учетом выполнения заданий по практическим работам.

**Показатели и критерии оценивания:**

– *на оценку «зачтено»* – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно отвечает по теме реферата.

– *на оценку «не зачтено»* – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать знание учебного материала и отвечать по теме реферата.