

Физические основы обработки материалов КПЭ Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б.1.3.4.2 «Физические основы обработки материалов КПЭ»

направления подготовки

15.03.01 «Машиностроение»

Профиль – Оборудование и технология сварочного производства

Квалификация – бакалавр

форма обучения – заочная

курс – 4

семестр – 7

зачетных единиц – 2

часов в неделю – 4

всего часов – 72

в том числе:

лекции – 4

коллоквиумы – нет

практические занятия – 6

лабораторные работы – нет

самостоятельная работа – 62

контрольная работа – 1

зачет – 4 семестр

1. Цели и задачи дисциплины

Приобретение студентами знаний о физической природе явлений и процессов формирования концентрированных потоков энергии, используемых для обработки различных материалов в машино- и приборостроении, а также медицинской технике, и формирование первичной базы знаний для последующего изучения процессов обработки материалов и методик разработки специального технологического оборудования для электрофизической обработки (в том числе КПЭ) и оснастки.

Задачи изучения дисциплины:

- Получить понятие о концентрированных потоках энергии и электрофизических процессах воздействия на материал;
- Изучить механизмы формирования потоков энергии различного вида с требуемыми параметрами и основные зависимости, описывающие процесс их генерации;
- Изучить особенности энергетического потенциала различных видов энергии и зависимость его величины от степени концентрации энергетического потока;
- Освоить методику расчета энергетических параметров КПЭ с учетом поверхностной энергии обрабатываемых материалов и мощности первичного источника, а также составления уравнений энергетического баланса;
- Изучить методику разработки функциональных и структурных схем оборудования для обработки КПЭ, усвоить теоретические и практические подходы к обоснованию технических требований к установкам.

2. Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины

Б.1.1.6 «Физика» (разделы: термодинамика и тепло- и массоперенос, электричество и магнетизм, газо- и гидродинамика, акустика, оптика); Б.1.1.7 «Химия»; Б.1.1.4 «Материаловедение»; Б.1.1.17 «Технология конструкционных материалов».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ПК-17 Умение выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения

Знает: физико-химические процессы и явления, составляющие основу генерации КПЭ; принципы преобразования электрической энергии в другие виды, с целью достижения технологического эффекта; физические процессы в приэлектродных областях и межэлектродных промежутках в различных средах (жидкости, газы, вакуум); энергетические характеристики различных видов КПЭ

Умеет: Свободно ориентироваться в массивах научно-технической информации по современным видам КПЭ, схемам их генерации и методам применения; Рассчитывать основные энергетические параметры КПЭ и характеристики генерирующих систем; Грамотно составлять и решать уравнения энергетического баланса; Определять основные требования к генераторам КПЭ и оптимальные области их применения; Разрабатывать функциональные и структурные схемы оборудования для электрофизической обработки (в том числе – КПЭ).

Владеет: знаниями об условиях и специфических особенностях формирования различных видов КПЭ; понятиями о функциональных и структурных схемах электротехнологического оборудования; специфические особенности построения оборудования для обработки КПЭ.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№	№	№	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лекции	Коллоқ.	Лабор.	Практ.	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1	Вводная часть. Понятие о концентрированных потоках энергии. Электрические разряды в газах (ЭРГ).	10	1	-	-	1	8
		2	Электронная эмиссия.	10	1	-	-	1	8
		3	Генераторы низкотемпературной плазмы. Магнетронные распылительные системы (МРС).	10	1	-	-	1	8
2		4	Физические основы электроэрозионной обработки (ЭЭО).	10	1	-	-	1	8
		5	Генерация ультразвуковых колебаний (УЗК).	11	-	-	-	1	10
		6	Физические основы генерации лучевых потоков энергии.	11	-	-	-	1	10
		7	Физическая сущность электровзрывной, магнитоимпульсной обработок и формирования высокоэнергетических водяных струй.	10	-	-	-	-	10
Всего				72	4	-	-	6	62

5. Содержание лекционного курса

№	Всего	№	Тема лекции.	Учебно-
---	-------	---	--------------	---------

темы	Часов	лекции	Вопросы, отрабатываемые на лекции	методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	0,5	1,2	Понятие о концентрированных потоках энергии и электрофизических технологических процессах. Классификация КПЭ и устройств для их формирования. Энергетический баланс, как основа определения параметров генерации КПЭ. Электрические разряды в газах (ЭРГ). Виды и характеристики ЭРГ. ВАХ разрядов. Ионизация.	1-5
2	0,5	3	Электронная, термоэлектронная, вторичная, автоэлектронная, ионно-электронная, взрывная и фотоэлектронная эмиссии. Эффект Шотки.	3-8
3	0,5	4-7	Генераторы низкотемпературной плазмы. Плазма. Основные свойства плазмы. Пинч-эффект. Плазмотроны. Свойства низкотемпературной плазмы. Физические процессы в канале плазмотрона.	5-8
4	0,5	8-11	Магнетронные распылительные системы (МРС). Развитие вакуумных методов получения тонкопленочных слоев. Физические основы и методы расчета параметров МРС. Сравнительные характеристики методов нанесения пленочных покрытий. Сравнительные характеристики систем плазменного распыления материалов.	4-6
5	0,5	11-14	Физические основы электрической эрозии. Общее описание процесса ЭЭО. Стадии протекания. Основные закономерности.	4-9
8	0,5	20-23	Генерация потока квантов света. Формирование монохроматического излучения. Когерентный луч. Фокусировка излучения. Лазеры и мазеры. Особенности генерации потока квантов света в твердотельных, газовых, жидкостных и полупроводниковых лазерах. Процессы генерации электронных пучков в вакууме. Фокусировка, сжатие (рассеяние), нейтрализация, магнитная изоляция и динамика сильноточных энергетических пучков.	1-2, 10-12
9	1	24-25	Физическая сущность	1-5

			электровзрывной, магнитоимпульсной обработок. Физическая сущность формирования высокоэнергетических водяных струй. Ламинарные и турбулентные потоки. Расход жидкости через сопло. Уравнение напорного потока жидкости.	
--	--	--	--	--

6. Перечень коллоквиумов
учебным планом не предусмотрены

7. Перечень лабораторных занятий
учебным планом не предусмотрены

8. Перечень практических работ

№ темы	Всего часов	№ занятия	Наименование лабораторной работы. Вопросы, обрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	1	1	Изучение зависимости параметров струи аргоновой плазмы (температура, длина факела) от параметров генерирующего устройства (ток и напряжение дуги, расход плазмообразующего газа)	1-8
2	1	2	Изучение движения заряженных частиц в плазме. Характеристики разрядного промежутка. Конструкции МРС.	2-12
4	1	3	Изучение физических основ генерации электроискрового разряда в технологических целях на примере установки ЭФИ-48. Изменение характера разрядного тока в зависимости от частоты колебаний вибратора и величины разрядного промежутка. Изучение тепловых процессов на электродах. Определение производительности, точности и качества обработки поверхности. Порядок проектирования при ЭЭО. Изучение релаксационного и других типов генераторов для ЭЭО.	5-8
5	1	4	Изучение эффекта магнитострикции и установление зависимости удлинения материала от параметров источника питания. Изучение прямого и обратного пьезоэффекта. Установление взаимосвязи интенсивности силового воздействия на пьезоэлемент, величины и формы электрического сигнала. Исследование пьезокерамических преобразователей ультразвуковых колебаний.	4-8
8	2	5	Изучение устройства и схемы генерации	4-9

		твердотельного импульсного лазера на примере установки «LRS-50».	
--	--	--	--

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	8	Исходные уравнения классической электродинамики и квантовой физики. Изменение энтальпии и атомной массы. Энергия разделения ионов. Поверхностная энергия и энергия активации, энергия связи, испарения. Физический смысл уравнения Шредингера.	4-9
2	8	Электронная эмиссия.	2-5
3	8	Дуговые процессы и ионизация газов в атмосфере и в вакууме. Газоразрядная плазма. Типы плазмотронов, их конструктивные особенности и влияние на генерацию плазменного потока. Процессы поджига первичной дуги. Схема осциллятора. Разрушение электродов и их долговечность.	2-8
4	8	Магнетронные распылительные системы (МРС).	4-8
5	10	Типы электроискровых генераторов. Принципиальные электрические схемы. Сильноточные источники питания (для электродуговых процессов).	3-7
6	5	Неэлектрические методы генерации ультразвука: свисток Гальтона и Гартмана, сирены, гидравлические генераторы ультразвука. Явление гигантской магнитострикции. Типы ультразвуковых генераторов. Формирование различных по направлению колебаний.	2-5
7	5	Нагрев ТВЧ. Электроконтактный нагрев.	3-8
8	5	Масс-сепараторы и магниты. Фокусировка ионных и электронных пучков. Основы электронной и ионной оптики. Роль вакуума в генерации электронного и ионного потока. Средства создания и поддержания вакуума. Модуляция лазерного излучения. Методы и технические средства фокусировки. Особенности генерации излучения малой (измерения, контроль, подсветка) и большой (резка, в том числе на расстоянии) мощности.	4-8
9	5	Гидроабразивный поток. Явление эжекции. Виды сопел и методика расчета.	5-8

10. Расчетно-графическая работа
Учебным планом не предусмотрена

11. Курсовой проект
Учебным планом не предусмотрен

12. Курсовая работа
Учебным планом не предусмотрена

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Средства (фонд оценочных средств) оценки текущей успеваемости и промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины представляют собой комплект контролирующих материалов следующих видов:

– Текущий контроль усвоения лекционного материала. Представляет собой один вопрос, ответ на который студент должен дать в результате прослушивания и конспектирования лекции. Поставленные вопросы требуют точных и коротких ответов. Текущий контроль проводится в устном виде в конце лекции в течение 5 минут. Проверяется правильность восприятия нового материала.

– Экспрессные опросы. Представляют собой набор коротких вопросов по определенной теме, требующих быстрого и короткого ответа. Проверяются знания текущего материала. Проводятся в письменном виде в течение 5 минут в начале лекции.

– Промежуточная аттестация (модуль) по темам лекции 1-2 и сформированным компетенциям ПК-17 в форме устного зачета и компьютерного тестирования.

– Промежуточная аттестация (модуль) по темам лекции 3-5 и сформированным компетенциям ПК-17 в форме устного зачета и компьютерного тестирования.

– Итоговая аттестация (экзаменационные билеты) по результатам изучения дисциплины в форме письменного экзамена и компьютерного тестирования, для оценки формирования следующих компетенций: ПК-17 .

№ п/п	Наименование дисциплины и код по базовому учебному плану	Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3	4	5
1	Физические основы обработки	Знать: физико-химические процессы и явления, составляющие основу генерации	Лекции. Самостоятельная работа. Семинары.	Тестирование

материалов КПЭ	КПЭ; принципы преобразования электрической энергии в другие виды, с целью достижения технологического эффекта; физические процессы в приэлектродных областях и межэлектродных промежутках в различных средах (жидкости, газы, вакуум); энергетические характеристики различных видов КПЭ	Семинары в диалоговом режиме, в виде групповых дискуссий	
	Уметь: Свободно ориентироваться в массивах научно-технической информации по современным видам КПЭ, схемам их генерации и методам применения; Рассчитывать основные энергетические параметры КПЭ и характеристики генерирующих систем; Грамотно составлять и решать уравнения энергетического баланса; Определять основные требования к генераторам КПЭ и оптимальные области их применения; Разрабатывать функциональные и структурные схемы оборудования для электрофизической обработки (в том числе – КПЭ).	Практические работы с использованием активных и интерактивных приемов обучения. Самостоятельная работа	Тестирование, рефераты
	Владеть: знаниями об условиях и специфических особенностях формирования различных видов КПЭ; понятиями о функциональных и структурных схемах электротехнологического оборудования; специфические особенности построения оборудования для обработки КПЭ.	Лекции. Семинарские занятия с использованием активных и интерактивных приемов обучения. Самостоятельная работа	Зачет

Б.1.3.4.2 «Физические основы обработки материалов КПЭ»

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	<p>Знает: физико-химические процессы и явления, составляющие основу генерации КПЭ</p> <p>Умеет: Ориентироваться в массивах научно-технической информации по современным видам КПЭ, схемам их генерации и методам применения</p> <p>Владеет: знаниями об условиях и специфических особенностях формирования</p>

	различных видов КПЭ
Продвинутый (хорошо)	<p>Знает: физико-химические процессы и явления, составляющие основу генерации КПЭ; принципы преобразования электрической энергии в другие виды, с целью достижения технологического эффекта.</p> <p>Умеет: Свободно ориентироваться в массивах научно-технической информации по современным видам КПЭ, схемам их генерации и методам применения;</p> <p>Рассчитывать основные энергетические параметры КПЭ и характеристики генерирующих систем</p> <p>Владеет: знаниями об условиях и специфических особенностях формирования различных видов КПЭ</p>
Высокий (отлично)	<p>Знает: физико-химические процессы и явления, составляющие основу генерации КПЭ; принципы преобразования электрической энергии в другие виды, с целью достижения технологического эффекта; физические процессы в приэлектродных областях и межэлектродных промежутках в различных средах (жидкости, газы, вакуум); энергетические характеристики различных видов КПЭ</p> <p>Умеет: Свободно ориентироваться в массивах научно-технической информации по современным видам КПЭ, схемам их генерации и методам применения;</p> <p>Рассчитывать основные энергетические параметры КПЭ и характеристики генерирующих систем; грамотно составлять и решать уравнения энергетического баланса;</p> <p>Определять основные требования к генераторам КПЭ и оптимальные области их применения; Разрабатывать функциональные и структурные схемы оборудования для электрофизической обработки (в том числе – КПЭ)</p> <p>Владеет: знаниями об условиях и специфических особенностях формирования различных видов КПЭ; понятиями о функциональных и структурных схемах электротехнологического оборудования; специфические особенности построения оборудования для обработки КПЭ</p>

Перечень вопросов к зачету

1. Физические процессы, составляющие основу генерации плазменной струи.
2. Расчёт энергетических и эксплуатационных параметров генерации электронных пучков.

3. Основные понятия генерации лазерного излучения.
4. Физические процессы генерации дугового разряда.
5. Расчёт основных энергетических и эксплуатационных параметров генерации пучков.
6. Основные понятия электромагнитной теории применительно к генерации КПЭ.
7. Физические процессы, составляющие основу генерации электроискровой эрозии
8. Электронная, термоэлектронная, холодная, автоэлектронная, взрывная и фотоэлектронная эмиссии. Анодные процессы. Преобразование электрической энергии в тепловую, квантовую, кинетическую.
9. Принципиальные схемы генерации для электроискровых установок.
10. Дуга прямого действия и её преимущества.
11. Косвенная дуга и её достоинства.
12. Виды и составные части электрических дуг.
13. Физика дугового разряда.
14. Принципиальные схемы осцилляторов.
15. Базовая информация теории импульсных процессов.
16. Стадии развития электродугового и электроимпульсного разрядов.
17. Виды плазмотронов и особенности генерации плазмы в них.
18. Генерация потока ионов и формирование его характеристик.
19. Понятие о функциональной и структурной схемах оборудования КПЭ.
20. Особенности генерации светового потока в твердотельных, газовых, химических и полупроводниковых лазерах.
21. Доменная теория магнитострикции.
22. Поляризация кристаллов как основа пьезоэффекта.
23. Размерный расчет и конструирование преобразователя Ланжевена.
24. Теория пьезопреобразователя и его электрические расчеты.
25. Расчет газовых генераторов ультразвука.
26. Расчет элементов ионной оптики.
27. Расчет электронной пушки.
28. Теоретические и экспериментальные подходы к обоснованию технических требований к установкам для обработки КПЭ.
29. Специфические особенности построения оборудования для обработки КПЭ. Элементы и блоки, характеризующие установки, использующие различные виды КПЭ.
30. Классификация источников КПЭ. Источники мощных пучков заряженных частиц. Источники формирования электрических разрядов и дуг. Источники квантов света и электромагнитного излучения. Источники импульсной кинетической энергии. Источники термических КПЭ.
31. Физическая сущность формирования высокоэнергетических водяных струй.
32. Гармонические колебания. Стоячие и бегущие волны. Дифференциальное уравнение колебаний. Условия резонанса. Частотные диапазоны ультразвука. Амплитудно-частотная характеристика.

33. Перенос энергии в твёрдых телах, жидкости, газах, вакууме. Фокусировка, сжатие, нейтрализация, магнитная изоляция и динамика сильноточных энергетических пучков.
34. Характеристика электрических разрядов. Зажигание и развитие плазменно-дугового разряда. Теплофизика плазменно-дугового разряда.
35. Понятие о концентрированных потоках энергии и электрофизических технологических процессах. Классификация КПЭ и устройств для их формирования. Энергетический баланс, как основа определения параметров генерации КПЭ.

14. Образовательные технологии

В учебном процессе применяются активные и интерактивные формы проведения занятий в виде компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций, учебных фильмов.

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

1. Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint или их аналоги для просмотра и редактирования текста и презентаций).
2. Проигрыватель Windows Media (или аналогичная программа для просмотра видеofilмов с установленными кодеками последней доступной версии),
3. Adobe Acrobat Reader (или аналогичная программа для просмотра PDF-файлов)
4. Adobe Flash Player (или аналогичная программа для просмотра flash-анимации).

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лясников В.Н. Электроплазменные покрытия в электронике, машиностроении и медицине : учебник / В. Н. Лясников, Н. В. Протасова, А. В. Лепилин ; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2014. - 588 с. Экземпляров всего: 10.
2. Материаловедение в приборостроении. Методы исследования и контроль : справочник инженера-технолога / В.В. Перинский [и др.] ; М-во образования и науки РФ, Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2013 - .Т. 1. - 2013. - 348 с. Экземпляров всего: 5.
3. Применение специальных покрытий в изделиях медицинского назначения : учеб. пособие для студ., бакалавров и магистров направлений "Материаловедение и технология новых материалов", "Биомедицинская инженерия" / А. В. Лясникова [и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2010. - 272 с. Экземпляров всего: 41.
4. Буслаева Е.М. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Буслаева Е.М.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр

Медиа, 2012.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/735>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Перинский В.В. Материаловедение специальных материалов машиностроения : учеб. пособие / В.В. Перинский, В.Н. Лясников, Г.П. Фетисов ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2011. - 504 с. Экземпляров всего: 40.

6. Латышенко К.П. Методы исследований процессов и материалов [Электронный ресурс]: лабораторный практикум/ Латышенко К.П.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 197 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20394>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

7. Применение специальных покрытий в изделиях медицинского назначения : учеб. пособие для студ., бакалавров и магистров направлений "Материаловедение и технология новых материалов", "Биомедицинская инженерия" / А. В. Лясникова [и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2010. - 272 с. Экземпляров всего: 41.

8. Ильющенко А.Ф. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование [Электронный ресурс]: монография/ Ильющенко А.Ф., Шевцов А.И., Оковитый В.А.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2011.— 357 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10090>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

11. Справочник. Инженерный журнал : науч.-техн. и произв. - М. : Машиностроение, (2010-2015), №1-12. – ISSN 0203-347X.

12. Коррозия: материалы, защита : науч.-техн., произв. и учеб.-метод. журн. . - М. : ООО "Наука и технологии", (2010-2015), №1-11. – ISSN 1813-7016.

13. Механика композиционных материалов и конструкций : рАН. - М. : ИПРИМ , (2010-2015), №1-2. – ISSN 1029-6670.

16. Использование наглядных пособий, ТСО, вычислительной техники.

1. Стенд «Обработка концентрированными потоками энергии», иллюстрирующий технические возможности различных методов обработки КПЭ.

2. Магнитострикционные и пьезокерамические преобразователи на 22 и 44 кГц.

3. Установка плазменного напыления «КИЕВ-7». Плазмотрон ГН-5.

4. Ультразвуковой тиристорный генератор УГТ-902.

5. Лазерная установка «LRS-50».

6. Аппарат плазменной резки инверторного типа «СПЕЦ» модель PLASMA-40.

7. Осциллограф OWON HDS1022M.

8. Экспериментальная установка нагрева и термической обработки ТВЧ.