

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой энергетики
_____ Ю.В. Мясоедов
« ____ » _____ 2012 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСТАНОВКИ

по специальности 140211.65 – Электроснабжение

Составитель: Соловьёв В.В.

Благовещенск 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
1. Рабочая программа дисциплины	3
2. Краткий конспект лекций	9
3. Самостоятельная работа студентов	29
3.1. Методические указания по проведению самостоятельной работе студентов	29
3.2. График самостоятельной учебной работы студентов	30
3.3. Методические указания по выполнению домашнего задания	34
4. Методические указания по проведению информационных технологий	34
5. Программные продукты, реально используемые в практической деятельности выпускника	35
6. Материалы по контролю качества образования	35
6.1. Методические указания по организации контроля знаний студентов	35
6.2. Фонд заданий для проведения блиц-опроса	35
6.3. Итоговый контроль	37
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Электротехнологические промышленные установки»	39

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электротехнологические промышленные установки» относится к блоку дисциплин специализации.

За последние годы в промышленности сильно расширилась область применения электротехнологических процессов, вытеснивших многие технологические процессы с топливным нагревом. Переход на электротехнологические процессы обеспечивает повышение качества продукции, позволяет во многих случаях проводить такие операции и получать такие материалы, которые иным путем осуществить невозможно, улучшать санитарные условия труда и снижать вредное воздействие на окружающую среду.

В данном учебно-методическом комплексе охвачены основные виды электротехнологического оборудования: электрические печи и электронагревательные установки, электросварочные установки всех видов, установки для размерной электрофизической и электрохимической обработки металлов; подробно описан график самостоятельной учебной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля; расписаны методические указания по проведению самостоятельной работы студентов; предложен краткий конспект лекций по данному курсу; методические рекомендации по выполнению лабораторных и индивидуальных работ; показан перечень программных продуктов, реально используемых в практике деятельности студентов; методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины; методические указания профессорско-преподавательскому составу по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний студентов; комплекты заданий для домашних заданий; фонд тестовых заданий для оценки качества знаний по дисциплине; вопросы к экзамену; карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава. По данной дисциплине не предусмотрены практические занятия, курсовые работы (проекты).

1. Рабочая программа дисциплины

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения данного курса является формирование знаний по физическим основам, принципам действия, схемным конструкторским решениям и управлению работой основных промышленных типов электротехнологических установок.

Основой для изучения дисциплины являются следующие: Электротехника и электроника, Физика Математика, Экономика, а также др. дисциплины.

Задачей изучения дисциплины является:

- основные понятия физико-технических основ электротермии, электротермические установки и область их применения,
- электрооборудование печей сопротивления; электродуговых печей электрошлаковые установки; установки контактной сварки
- электролизные установки: электрооборудование, источники питания; применение в машиностроении.
- электрохимико-механическая обработка в электролитах: анодно-абразивная; анодно-механическая. Основы электронно-ионной технологии; электростатические промышленные установки.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО:

Дисциплина «Электротехнологические промышленные установки» входит в цикл дисциплины специализации СД. ДС.Ф.2.

Для освоения дисциплины необходимо знать:

- материал дисциплин цикла ЕН и ОПД: «Математика», «Химия», «Физика», «Электромеханика», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Общая энергетика», «Энергоснабжение», «Экономика энергетики».

—

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

принципы функционирования электротехнологических установок и режимов работы основного энергетического оборудования и особенностей технологии на промышленных предприятиях;

2) Уметь:

правильно выбрать электрооборудование и систему электроснабжения электротехнологических установок на промышленных предприятиях.

3) Владеть навыками:

расчета параметров электротехнологических установок и режимов работы основного энергетического оборудования

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Электротехнологические промышленные установки»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 80 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы			Формы текущего контроля
		Лекции (час.)	Практические занятия (час.)	СРС (час.)	
<i>Семестр 9</i>					

1	<p>Раздел 1 «Электроустановки для нагрева и плавления»</p> <p>Тема 1. Электротермические процессы и установки.</p> <p>Тема 2. . Установки дугового нагрева.</p> <p>Тема 3. Установки высокоинтенсивного нагрева.</p>	16	8	22	<p>Посещение лекций.</p> <p>Отчеты по выполнению лабораторных работ.</p> <p>Тестирование.</p> <p>Контрольная работа по модулю 1</p>
2	<p>Раздел 2 «Установки для электрофизических, электромеханических и других методов обработки»</p> <p>Тема 4. Установки электрохимической и электрофизической обработки.</p> <p>Тема 5. Электромеханические процессы и установки.</p> <p>Тема 6. Электрокинетические методы обработки материалов.</p>	12	6	16	<p>Посещение лекций.</p> <p>Отчеты по выполнению лабораторных работ.</p> <p>Тестирование.</p> <p>Контрольная работа по модулям 1 и 2.</p>

5 . СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 ЛЕКЦИИ

Семестр 9

Раздел 1 «Электроустановки для нагрева и плавления»

Тема 1. Электротермические процессы и установки

Физико-технические основы электротермии: электротермические установки и область их применения; теплопередача в электротермических установках; материалы, применяемые в электропечестроении. Установки нагрева сопротивлением: физическая сущность электрического сопротивления; нагревательные элементы, установки, электроотопление и электрообогрев; электрические печи сопротивления, электрооборудование печей сопротивления; электрошлаковые установки. Установки контактной сварки: физические основы; стыковая, точечная, шовная сварка; электрооборудование установок контактной сварки. Установки индукционного и диэлектрического нагрева: физико-технические основы; примеры использования; источники питания.

Тема 2. . Установки дугового нагрева

Основы теории и свойства дугового разряда: структура электродугового разряда; закономерности электродугового столба; особенности дуги переменного тока; устойчивость и регулирование параметров электрической дуги. Электродуговые и рудно-термические печи: классификация дуговых печей; рабочие режимы и характеристики электродуговых печей; ДСП в системе электроснабжения; электрический баланс ДСП; рудно-термические печи. Вакуумные дуговые печи: область применения, устройство; электрооборудование. Плазменные технологические процессы и установки: устройства для получения низкотемпературной плазмы и область их применения. Установки дуговой

электрической сварки: источники питания; ручная дуговая сварка; установки механизированной и автоматической сварки.

Тема 3. Установки высокоинтенсивного нагрева

Установки электронно-лучевого нагрева: физико-химические основы; конструкции ЭЛУ; технологическое применение. Оптические квантовые генераторы (лазеры): основные принципы работы; типы лазеров.

Раздел 2 «Установки для электрофизических, электромеханических и других методов обработки»

Тема 4. Установки электрохимической и электрофизической обработки

Электролизные установки: электрооборудование, источники питания; применение в машиностроении. Электроэрозионная обработка металлов: общая характеристика и физические основы процесса; разновидности электроэрозионной обработки и элементы ее оборудования. Электрохимико-механическая обработка в электролитах: анодно-абразивная; анодно-механическая.

Тема 5. Электромеханические процессы и установки

Установки магнитоимпульсной обработки металлов: физико-химические основы; элементы оборудования; примеры применения. Электрогидравлическая обработка материалов. Ультразвуковые электротехнологические установки.

Тема 6. Электрокинетические методы обработки материалов

Основы электронно-ионной технологии; электростатические промышленные установки; электрооборудование и источники питания электростатических типовых установок.

5.2 ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Перечень тем лабораторных занятий

1. Электрический расчет ЭПС
2. Расчет установок индукционного нагрева
3. Выбор рабочих параметров установок диэлектрического нагрева
4. Расчет рабочих режимов дуговых печных установок. Энергетический баланс ДСП
5. Энергетические характеристики плазмотронов. Выбор схемы источников питания плазмотронов
6. Определение параметров импульсных разрядов
7. Обзор тем за семестр

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в часах
<i>Семестр 9</i>			
1	Раздел 1 «Электроустановки для нагрева и плавления»	Подготовка отчетов по выполнению практических работ. Подготовка к контрольной по модулю.	22

2	Раздел 2 «Установки для электрофизических, электромеханических и других методов обработки»	Подготовка отчетов по выполнению практических работ. Подготовка к контрольной работе по модулям 1 и 2.	16
---	--	---	----

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Наилучшей гарантией глубокого и прочного усвоения дисциплины «Электротехнологические промышленные установки» является заинтересованность студентов в приобретении знаний. Поэтому для поддержания интереса студентов к процессам и технологиям получения и обработки материалов необходимо использовать различные образовательные технологии и задействовать все атрибуты процесса научного познания.

При преподавании дисциплины «Электротехнологические промышленные установки» используется технология модульного обучения.

При чтении лекций по данной дисциплине используется такой неимитационный метод активного обучения, как «Проблемная лекция». Где перед изучением модуля обозначается проблема, на решение которой будет направлен весь последующий материал модуля.

При проведении практических занятий можно использовать либо «Мозговой штурм», либо «Метод Дельфи», которые будут направлены на вовлечение всех студентов в решение конкретных задач.

При выполнении работ используются следующий прием интерактивного обучения «Кейс-метод»: задание студентам для подготовки к выполнению лабораторной работы имитирующей реальное событие; обсуждение с преподавателем цели работы и хода выполнения ее выполнения; обсуждение и анализ полученных результатов; обсуждение теоретических положений, справедливость которых была установлена в процессе выполнения лабораторной работы.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

8.1 Контрольная работа

Контрольная работа выполняется в конце семестра по всем пройденным модулям семестра. В контрольной работе содержится четыре задачи. Контрольная работа направлена на проверку умений студентов применять полученные теоретические знания в отношении определенной конкретной задачи.

8.2 Экзаменационные вопросы

1. Классификация электротехнологических процессов.
2. Особенности электротехнологических установок как потребителей электроэнергии.
3. Как классифицируются ЭТУ? Цель теплового расчета ЭТУ.
4. Назначение огнеупорных, теплоизоляционных и жароупорных материалов. Приведите примеры и опишите свойства.
5. Сущность двухпозиционного регулирования мощности. Типы приборов измерения температуры ЭТУ. Объясните классификацию электродов сопротивления. Сущ-

ность электрического расчета ЭПС.

6. Охарактеризуйте электрическую печь сопротивления как потребителя электроэнергии.
7. Устройство и принцип работы индукционной печи со стальным сердечником.
8. Особенности электрооборудования индукционных печей и установок.
9. Физико-технические основы диэлектрического нагрева. Область применения.
10. Классификация печей электродугового нагрева.
11. Физико-технические основы кагрева электрической дугой. Особенности дуги переменного тока.
12. Мероприятия, обеспечивающие надежное горение дуги переменного, постоянного тока.
13. Каковы особенности электропотребления ДСП?
14. Какое электрооборудование применяется в цепи главного тока ДСП?
15. Чем характерно электропотребление руднотермическими печами?
16. Для чего строится круговая диаграмма дуговой печи?
17. В чем заключается принцип работы печей ЭШП?
18. Устройство вакуумной дуговой печи.
19. Классификация разновидностей электросварки.
20. Источники питания сварочных установок.
21. В чем преимущества автоматической дуговой сварки по сравнению с ручной?
22. Физическая и химическая сущность электролиза. Электропитание электролизных установок.
23. В чем заключается преимущество применения электроэрозионной обработки по сравнению с механической.
24. Устройство лазерных установок. Применение в электротехнологиях.
25. Устройство электронной пушки. Применение в электротехнологиях.
26. Устройство плазмотронов. Применение в электротехнологиях.
27. Принцип действия электрогидравлической обработки. Применение в ЭПТУ.
28. Принцип действия ультразвуковых установок. Применение в ЭПТУ.
29. Принцип действия магнитоимпульсной обработки. Применение в ЭПТУ.
29. Принцип действия анодно-механической обработки. Применение в ЭПТУ.
30. Принцип действия электрофильтра. Применение в ЭПТУ. Устройство установок электроокраски. Применение в ЭПТУ.
31. Электрооборудование схемы питания типовых электростатических установок.

Тематика задач:

1. Расчет нагревательных элементов для электропечи сопротивления косвенного действия.
2. Нахождение напряжения и расчет нагревательных элементов в установке прямого нагрева методом последовательных приближений.
3. Определение мощности, выделяемой в единице объема нагреваемого материала и мощности высокочастотного генератора в установках высокочастотного диэлектрического нагрева.
4. Построение графика глубины проникновения вихревых токов в металл в установках индукционного нагрева.
5. Построение электрических характеристик ДСП.
6. Определение параметров рудно-термического печного контура.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Электротехнологические промышленные установки»

а) основная литература:

1. Основы современной энергетики [Текст] : учеб.: в 2 т. / ред. Е. В. Аметистов. - 5-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010. - ISSN 978-5-383
Т. 2 : Современная электроэнергетика / ред. А. П. Бурман, В. А. Строев. - 2010. - 632 с.

б) дополнительная литература:

1. Автоматическое управление электротермическими установками [Текст] : учеб. / ред. А. Д. Свенчанский, 1990. - 416 с.
2. Болотов, Альберт Васильевич. Электротехнологические установки [Текст] : учеб. / А. В. Болотов, Г. А. Шепель, 1988. - 336 с.
3. Электротехнологические промышленные установки [Текст] : учеб. пособие: доп. Мин. высш. и сред. спец. обр. СССР / под ред. А. Д. Свенчанского, 1982. - 400 с.
4. Электротехнический справочник [Текст] : в 3 т. / ред. В. Г. Герасимов [и др.]. Т. 3 : Электротехнические устройства, 1981. - 640 с.
5. Электротехнический справочник [Текст] : в 3 т. / ред. В. Г. Герасимов [и др.]. Т. 1 : Общие вопросы электротехнические материалы, 1980. - 520 с.
6. Электротехнический справочник [Текст] : в 3 т. / ред. В. Г. Герасимов [и др.]. Т. 3, Кн. 2. Использование электрической энергии, 1982. - 560 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iqlib.ru/	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.
2.	www.gostedu.ru	ГоСТЫ, СНИПЫ, СанПиНы и др. Образовательный ресурс.

Периодические издания (профессиональные журналы)

1. «Электричество»
2. «Электрические станции»
3. «Энергетик
4. «Промышленная энергетика»
5. «Электротехника»
6. «Электрика»
7. «Энергохозяйство за рубежом»
8. «Energy Policy»

2. Краткий конспект лекций

Тема 1. Введение. Электротермические процессы и установки

Под **электротермическими установками** понимают установки, в которых эл. энергия используется для нагрева изделий. Эл. нагрев дает следующие преимущества по сравнению с топливным:

1. Очень простое и точное осуществление заданного температурного режима.
2. Возможность концентрации высоких мощностей в малом объеме.
3. Получение высоких температур (3000 °С и выше против 2000 ° при топливном нагреве).
4. Возможность получения высокой равномерности теплового поля.
5. Отсутствие воздействия газов на обрабатываемое изделие.
6. Возможность вести обработку в благоприятной среде (инертный газ или вакуум).
7. Малый угар легирующих присадок.
8. Высокое качество получаемых металлов.
9. Легкость механизации и автоматизации электротермических установок.
10. Возможность использования поточных линий.
11. Лучшие условия труда обслуживающего персонала.

Недостатки: более сложная конструкция, высокая стоимость установки и получаемой тепловой энергии.

Классификация электротермических установок

1. По способу превращения эл. энергии в тепло.
 - 1) Установки с нагреваемым током активным сопротивлением.
 - 2) Индукционные установки.
 - 3) Дуговые установки.
 - 4) Установки диэлектрического нагрева.
2. По месту выделения тепловой энергии.
 - 1) Прямого нагрева (тепло выделяется непосредственно в изделиях)
 - 2) Косвенного нагрева (тепло выделяется в нагревателе либо в межэлектродном промежутке эл. дуги).
3. По конструктивным признакам.
4. По назначению.

Материалы, применяемые при электропечестроении

Применяют ряд специальных материалов для работы при высоких температурах:

1. Огнеупорные.
2. Теплоизолирующие.
3. Жароупорные.

Материалы для нагревательных элементов.

Огнеупорные материалы служат для изготовления внутренних поверхностей рабочих камер и сводов печей. Должны обладать свойствами:

1. Достаточной огнеупорностью. Под огнеупорностью понимается свойство материала не расплавляться под действием температур (1580 – 1770 °С). Больше 1770 °С – высокоогнеупорные материалы. Ряд материалов, имеющих высокую огнеупорность, теряют механическую прочность задолго до размягчения, поэтому должны обладать
2. Механической прочностью. Этот показатель характеризуется температурой, при которой начинаются деформации от сжимающей нагрузки 2 кг/см².
3. Стойкостью к термоударам, т.е. способностью выдерживать не растрескиваясь перемены температуры.
4. Сопротивляемостью к хим. воздействиям при нормальных и высоких температурах.

5. Достаточно малой теплопроводностью при высоких и низких температурах.
6. Малой теплоемкостью.
7. Дешевизной и недефицитностью.

Сырье для огнеупорных материалов.

3 окисла:

1. Кремнезем (SiO_2), огнеупорность 1715 °С.
2. Глинозем (Al_2O_3), 2070 °С.
3. Окись магния (MgO), 2800 °С.



Таблица 1.

Материал	Огнеупорность, °С	Максимальная рабочая температура	Стойкость к термоударам	Область применения
Динас	1700	1650	Недост.	Арки и своды печи
Шамот	1730	1450	Удовл.	Огнеупорный слой печи
Магнезит	2000	1650 – 1700	Недост.	Фут. сталеплавильных печей
Хромомagneзит	2000	1600	Недост.	-- “ --
Плавленый магнезит	2800	1850	Удовл.	Своды дуговых печей, фут. индукционных печей

Шамотные огнеупорные изделия изготавливаются из огнеупорных глин или алюмосиликатов с различными хим. свойствами и огнеупорностью. Наибольшее применение нашли шамотные изделия с содержанием глинозема 30-40%.

Динасовые изделия изготавливают из кремнеземного сырья, кристаллических кварцитов (96-98% SiO₂).

Из перечисленных материалов изготавливают кирпичи и фасонные детали. На базе динаса и шамота изготавливают легковесы (меньше мех. прочность и теплопроводность), добавляя в кирпичи угольную крошку или опилки, которые при обжиге выгорают.

Теплопроводность материалов оказывается недостаточной, чтобы снизить потери печи, поэтому за слоем огнеупора следуют слои **теплоизолирующих материалов**.

Требования:

1. Малая теплопроводность
2. Малая теплоемкость
3. Некоторая огнеупорность
4. Некоторая механическая прочность
5. Дешевизна

Одними из самых распространенных теплоизолирующих материалов являются деотомит и трепел. Деотомит – скопления скелетов водорослей, состоящих из кремниевой кислоты (90% SiO₂) и пронизанных мельчайшими порами. Трепел имеет тот же состав, но поры меньше (почти чистый кремнезем). Из-за мелкопористой структуры имеют малый объемный вес и низкую теплопроводность. Их используют в виде порошка (засыпки). Из них изготавливают кирпичи с различной средней прочностью. Применяются при температуре 1000 °С.

Ряд теплоемких материалов изготавливаются из асбеста. Он используется в виде засыпки при 600 °С.

Также используется стекловата, минвата и стекловолокно. Стекловата и стекловолокно до 600 °С, минвата и шлаковата до 650 °С.

Хороший теплоизоляционный материал – занолит (обожженная слюда) – до 1100 °С.

Жароупорные материалы.

Из них выполняются элементы, несущие мех. нагрузку в условиях высоких температур. К жароупорным материалам предъявляются следующие требования:

1. Достаточная жаростойкость. Материалы должны достаточно долго работать при высоких температурах не окисляясь, либо окисляясь очень мало.
2. Достаточная жаропрочность. В пределах рабочих температур материал должен сохранять достаточную механическую прочность.

3. Достаточная крипоустойчивость (явление ползучести, т.е. явление необратимой деформации проявляющееся при высоких температурах и нагрузках много меньше предела упругости).
4. Хорошая обрабатываемость.
5. Дешевизна и недефицитность.

Для ненагруженных конструкций обычно применяют хромистые стали (до 1100 °С). Для нагруженных – хромоникелевые стали (до 1100 °С). В наиболее ответственных конструкциях применяют более дорогие стали, легированные алюминием или вольфрамом. В ряде случаев можно обойтись более дешевыми сталями (аллитированная конструкционная сталь для элементов, не несущих мех. нагрузки при t° до 800 °С, легированные чугуны, хромоникелевые чугуны при t° до 800 °С, хромистые до 100 °с, хромоалюминиевые до 900 °С. В высокотемпературных вакуумных печах применяются в качестве жароупорных материалов молибден и графит.

Материалы для нагревательных элементов.

Нагревательные элементы, как и жароупорные, работают в зоне повышенных температур. В электропечестроении кроме вышеперечисленных, предъявляют к ним еще ряд требований, связанных их эл. свойствами. Таким образом, данные материалы должны обладать:

1. Жаростойкость, т.е. они не должны окисляться под действием кислородного воздуха, высоких температур.
2. Достаточная жаропрочность может быть невелика, достаточно, чтобы нагреватели поддерживали сами себя.
3. Большое удельное сопротивление. Это объясняется тем, что тонкие и длинные нагреватели не прочны, не удобны конструктивно, имеют малый срок службы.
4. Малый ТКС. Это необходимо для того, чтобы сократить пусковые толчки тока. Толчки могут достигать 4-5 кратного значения и длиться длительное время из-за большой инерционности печи.
5. Электрические свойства нагревателей должны быть постоянны.
6. Нагреватели должны иметь постоянный размер.
7. Материалы должны хорошо обрабатываться.

Основными материалами для нагревательных элементов являются сплавы никеля, хрома, железа (нихромы). Они могут использоваться до 1100 °С. При t° до 600 °С используются фехраль и константан. При высоких t° до 1400 °С используются карборундовые нагреватели и нагреватели из платины. В высокотемпературных вакуумных печах при t° от 2200 до 3000 °С применяются нагреватели из тантала, молибдена, вольфрама, угольные или графитовые нагреватели.

Электрические печи сопротивления.

Печь сопротивления представляет собой футерованную камеру. Тепло выделяется в нагревателе, после чего отдается нагреваемому изделию.

Различают низкотемпературные печи (до 650 °С), среднетемпературные (до 1250 °С) и высокотемпературные (>1250 °С).

Названные группы печей отличаются как конструктивно, так и механизмом передачи тепла от нагревателя к изделию. Таким образом, в низкотемпературных печах основным механизмом передачи тепла является конвекция, т.е. в таких печах тепло передается потоком циркулирующего воздуха. Для интенсификации процесса теплопередачи низкотемпературные печи обычно снабжают вентилятором и нагреватель иногда размещается в отдельной камере. Эта камера связана с основной камерой каналами для циркуляции воздуха. В средне и высоко температурных печах основное тепло от нагревателя к изделию передается излучением. Т.о., в данных печах установка вентилятора

не нужна, но необходимо наличие оптической связи между нагревателем и изделием, т.е. они должны быть размещены в общей камере.

Другие конструктивные отличия связаны с устройством футеровки и материалом нагревательных элементов. В низкотемпературных печах футеровка содержит только теплоизоляционный слой, а жесткость футеровки обеспечивается двумя связанными между собой внешними и внутренними каркасами.

В среднетемпературных печах в футеровке появляется огнеупорный слой, выполненный из легковеса. Этот слой имеет механическую связь с внешним каркасом печи, в связи с чем надобность во внутреннем каркасе отпадает. В высокотемпературных печах огнеупорный слой выполнен из шамота. Между огнеупорным слоем и слоем теплоизоляции вводится дополнительный слой легковеса для снижения температуры теплоизоляции до допустимой. В низко и средне температурных печах используются металлические нагреватели из фехрала и константана при t° до 800°C и нихрома до 100°C . В высокотемпературных печах обычно используют неметаллические нагреватели (карборундовые, графитовые, угольные). Такие нагреватели могут значительно изменять свое сопротивление при нагреве и в процессе эксплуатации. Кроме того, для надежной работы такие нагреватели должны разогреваться постепенно при малой мощности (иначе они растрескаются). Учет этих специфических особенностей приводит к необходимости применять в высокотемпературных печах те или иные средства регулирования подводимого напряжения (автотрансформатор, регулируемый трансформатор).

Электрические печи сопротивления обычно используют для термической обработки изделий, которые должны изменять свою температуру в соответствии с заданным режимом обработки.

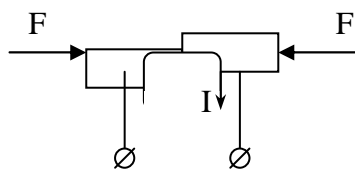
Электроконтактная сварка

При электроконтактной или электрической сварке сопротивлением нагрев производят пропуская через место сварки тока достаточной величины. Разогретые детали механически сдавливают (сварка давлением).

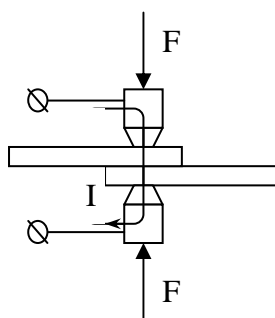
Нагрев зоны сварки осуществляется электрическим током, проходящим через место сварки двух деталей. Осадочное давление создается электродами, проводящими ток. Контактная сварка обычно осуществляется на переменном токе. Это объясняется тем, что ток в тысячи и десятки тысяч ампер, необходимый для такой сварки, проще всего получить с помощью понижающего трансформатора. Получение постоянного тока такой величины требует создания специальных генераторов.

Сварочный трансформатор, снабженный необходимой функциональной аппаратурой, устройство токоподвода, механизм для создания осадочного давления обычно собирают в виде единой конструкции, которую называют машиной для контактной сварки. Различают машины для стыковой, роликовой, точечной сварки.

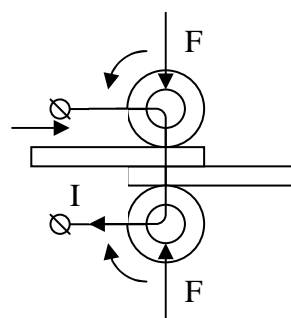
1. Стыковая сварка



2. Точечная



3. Роликовая



Стыковая сварка

Различают 2 вида: с оплавлением и без оплавления.

При сварке без оплавления детали с обработанными концами приводят в соприкосновение и сжимают значительными усилиями. После этого через детали пропускают ток. За счет контактного сопротивления в месте стыка возникает концентрированное выделение тепла. При достижении определенной температуры пластические свойства металла становятся достаточными для сварки. При окончании цикла сварки сначала снимают ток, потом осадочное давление.

Цикл сварки:

При стыковой сварке оплавлением нагрев деталей производится до полного оплавления из поверхностей (стыков). Процесс имеет 3 стадии: предварительный подогрев, оплавление, окончательная осадка (либо только 2 последние стадии).

В начальный момент детали сжимают для обеспечения надежного контакта и пропускают эл. ток. Таким образом обеспечивают быстрый разогрев до необходимой температуры (для стали 600-800 °С). После этого давление некоторым образом снижают. Соответственно увеличивается сопротивление контакта и сварной ток падает. Ухудшение контакта приводит к тому, что линии тока концентрируются в этот период времени в немногих точках соприкосновения. В этих точках концентрируются большие мощности и начинается оплавление. Контактующие выступы разрушаются. Весьма скоро оплавляется поле свариваемой поверхности. После этого увеличивают осадочное давление и детали можно сварить. При этом избыток расплавленного металла выдавливается из контакта.

Грат (венчик) содержит большое количество окислов. Он механически непрочен и легко удаляется со сваренного стыка. Сварка плавлением имеет ряд преимуществ по сравнению со сваркой без оплавления. Она дает гораздо большую прочность шва, не требует предварительной зачистки торцов детали, позволяет сваривать сечения сложной формы, детали из разнородных металлов. Недостаток – потери металла с гратом.

Стыковая сварка применяется для сварки проволоки, арматуры, всевозможных колец, ободов, цепей, труб, рельсов. Большое значение данный вид сварки имеет в производстве твердосплавленного инструмента.

Точечная сварка

Наиболее распространенный способ контактной сварки. Применяется для сварки различных полос, листов небольшой величины (5-6 мм). Наиболее распространен цикл, когда в течение всей сварки давление не меняется. Однако лучшие результаты получают в том случае, если в конце сварки повышается осадочное давление.

Повышение давления (перед повышением давления ток снимают) называется пражкой. Она предупреждает непрочвар и образование раковин в точках сварки. Машины точечной сварки имеют высокую производительность. Они могут давать до 600 точек в минуту. При такой производительности трудно коммутировать сварочный ток и выдерживать необходимую длительность его протекания. Лишь в самых простейших машинах используют механические переключатели или контакторы с эффективным дугогашением.

Применение бесконтактных силовых выключателей, построенных на газоразрядных приборах или на кремниевых тиристорах. Совокупность бесконтактного выключателя и электронного реле времени называют бесконтактным прерывателем.

Роликовая (шовная) сварка

3 режима этой сварки:

- 1) С непрерывным движением роликов и непрерывной подачей тока (не применяется, так как дает сварку низкого качества). Применение способа возможно лишь при очень больших скоростях сварки, когда в каждый полупериод питающего тока сваривается одна точка.
- 2) С непрерывным движением роликов и импульсной подачей тока. Наиболее распространен.
- 3) С прерывистым движением роликов. Ток подается только в моменты остановки. Машины для роликовой сварки отличаются от точечных машин наличием подвижных электродов (роликов), снабженных механизмом электропривода и более напряженным режимом работы. Машины снабжают бесконтактными прерывателями.

Шовная сварка позволяет соединить плотным швом непроницаемые для жидкостей и газов листы металла небольшой толщины (от доли мм до 5-6 мм).

Индукционные установки

Принцип действия заключается в превращении в тепло электромагнитной энергии, поглощаемой нагреваемым металлом. Физически этот процесс заключается в возбуждении в нагреваемом металле переменной ЭДС. Эта ЭДС создает в металле переменный ток, тепловая энергия, выделяемая данными токами, является причиной нагрева металла. Источником электромагнитного поля в индукционных установках служит индуктор (соленоид).

Преимущества и область применения индукционного нагрева

Преимущества:

- 1) Передача электрической энергии непосредственно в нагреваемое тело позволяет осуществить прямой нагрев проводниковых материалов. При этом повышается скорость нагрева по сравнению с установками косвенного действия, в которых изделие нагревается только с поверхности.
- 2) Передача электрической энергии непосредственно в нагреваемое тело не требует контактных устройств. Это удобно в условиях автоматизированного поточного производства, при использовании вакуумных и защитных средств.
- 3) Благодаря явлению поверхностного эффекта максимальная мощность, выделяется в поверхностном слое нагреваемого изделия. Поэтому индукционный нагрев при закалке обеспечивает быстрый нагрев поверхностного слоя изделия. Это позволяет получить высокую твердость поверхности детали при относительно вязкой середине. Процесс поверхностной индукционной закалки быстрее и экономичнее других методов поверхностного упрочнения изделия.
- 4) Индукционный нагрев в большинстве случаев позволяет повысить производительность и улучшить условия труда.

Индукционный нагрев широко применяется для:

- 1) Плавки металлов
- 2) Термической обработки деталей
- 3) Сквозного нагрева детали либо заготовок перед пластической деформацией (ковка, штамповка, прессовка)
- 4) Пайки и наплавки
- 5) Сварки металла
- 6) Химико-термической обработки изделий

Индукционные печи

Существует две конструктивные группы индукционных печей: тигельная и канальная. Печи этих двух групп могут быть предназначены для плавки металлов и сплавов (плавильные печи), печи для переплава металлов перед разливкой, поддержания постоянных условий при литье (миксер).

Элементы конструкции канальных печей

Канальная печь представляет собой футерованную ванну, снабженную одной или несколькими индукционными единицами.

Индукционная единица – совокупность индуктора, магнитопровода и подового камня с плавильными каналами, заключенная в разъемный металлический кожух.

Индукционные единицы могут быть однофазными или трехфазными с каналами квадратного, овального или прямоугольного сечения. Иногда есть два параллельных канала на одну фазу. Индукционные единицы часто выполняются объемными. При выходе из строя одной единицы ее мгновенно заменяют новой, заранее подготовленной без остановки печи.

Индукторы канальных печей выполняются из продольной медной трубки, он имеет водяное охлаждение, канальная часть подового камня охлаждается от вентилятора или от централизованной воздушной системы. Загрузка шихты в печь осуществляется через проем и закрывается футерованной крышкой.

Слив металла осуществляется через сливной канал путем наклона печи с помощью механического или гидравлического механизма.

Миксер имеет меньшую мощность по сравнению с плавильной печью. Он приспособлен к загрузке жидким металлом через специальные отверстия и желоба и имеет раздаточную коробку для дозирования жидкого металла.

Особенности работы индукционной печи с сердечником

При нагреве металла индукционным током возникает интенсивное перемешивание металла, в результате появления электродинамических усилий и взаимодействия тока в канале с магнитными потоками.

Основные физические эффекты:

1) Центробежный (моторный)

Рассмотрим его появление в печи с открытым каналом:

Индукционный ток стремится компенсировать вызвавшую его причину, следовательно, большую часть времени токи в индукторе и металле направлены противоположно. Параллельно расположенные и противоположно направленные токи отталкиваются. Действующая на металл результирующая сила F оттесняет металл к наружной стенке канала. Поверхность металла становится наклонной, канал вращается.

В индукционной печи с закрытым каналом данный эффект создает напор расплавленного металла в направлении от внутренней стенки канала к наружной. При этом вдоль наружной стенки металл поднимается вверх, а вдоль внутренней – опускается вниз.

2) Сжимающий эффект.

Обусловлен значительными токами в жидком металле. При этом взаимное притяжение между различными слоями тока в жидком проводнике может стать настолько большим, что проводник пережмется и устойчивая работа печи будет нарушена. Действию сжимающего эффекта противостоят силы атмосферного давления на поверхность металла и силы гидростатического давления металла.

3) Эффект вихревых сил.

Проявляется в печах с закрытыми каналами, имеющими переменное сечение. В канале осуществляется циркуляция металла в сторону расширения канала.

4) Тепловой эффект.

В печах с закрытыми каналами возникают значительные тепловые силы, из-за большой разницы температур в канале и в шахте. Более нагретый металл, имеющий меньшую плотность, поднимается из канала в шахту, а более плотный металл (холодный) опускается из шахты в канал.

Таким образом, интенсивное перемешивание металла позволяет получать в сердечниках металл высокого качества.

Индукционные тигельные печи (без сердечника)

Работа индукционной тигельной печи основана на поглощении электромагнитной энергии проводящей садки. Садка размещена внутри цилиндрической катушки, называемой индуктором. Реальные индукционные тигельные печи имеют механизм загрузки – выгрузки и систему водяного охлаждения индуктора.

Тигель печи на время плавки закрывают футерованной крышкой. Иногда печь снабжают внешними магнитопроводами, снижающими активные потери в металлическом кожухе из-за рассеяния. С электрической точки зрения, индукционная тигельная печь представляет собой короткозамкнутый воздушный трансформатор, вторичной обмоткой которого является проводящая садка. Такое выполнение печи имеет некоторые технологические преимущества:

- 1) Непосредственное выделение тепловой энергии проводящей садки повышает КПД установки, позволяет получать высокие температуры, необходимые для выплавки тугоплавких металлов.
- 2) Металл в тигле интенсивно перемешивается благодаря электродинамическому взаимодействию электромагнитного поля индуктора и вихревых токов в жидком металле. Это позволяет получить металл высокого качества.
- 3) Имеется возможность полностью изолировать тигель от окружающей среды и проводить плавку под вакуумом или специальной, необходимой по технологии атмосфере (инертные газы).

Эти преимущества в большей степени реализуются при выплавке чугунов. Однако построение печи в виде воздушного трансформатора имеет недостатки:

- 1) Эти трансформаторы более эффективны на высоких и повышенных частотах. Это вынуждает во многих случаях питать тигельные печи от источников питания, работающих в диапазоне от 500 до 10000 Гц.
- 2) Значительное рассеяние воздушного трансформатора обуславливает весьма низкое значение $\cos\varphi$ (0,05 – 0,2). Такое низкое значение $\cos\varphi$ заставляет как на частоте 50 Гц, так и на повышенных частотах использовать емкостную компенсацию реактивной мощности в цепи индуктора. Тигельную печь вместе с параллельной компенсирующей емкостью часто представляют в виде параллельно соединенных активного, индуктивного и емкостного сопротивлений.

Установки диэлектрического нагрева

Данные установки используются для тепловой обработки непроводящих материалов: бумага, древесина и т.д., а также для сварки пластика.

В установках диэлектрического нагрева обрабатываемый материал помещается между охладителями так называемого рабочего конденсатора, к которому от лампового генератора подводится высокочастотная энергия, $f = 500 - 200000$ кГц.

Обеспечение безопасности в установках индукционного и электрического нагрева

В практике эксплуатации в установках индукционного и электрического нагрева существуют следующие опасности для обслуживающего персонала:

- 1) Электрический ток высокого напряжения
- 2) Электромагнитное поле высокой и сверхвысокой частоты
- 3) Работа с сплавами и расплавленными изделиями
- 4) Наличие влаги в футеровке печи, а также в шихте, быстрое испарение данной влаги при больших температурах подобно взрыву и ведет к растрескиванию футеровки и разбрызгиванию жидкого металла.
- 5) Возможность аварийных режимов работы, связанных с выходом их строев охладителей, проникновением тепла и т.д.

Защита от действия высоких напряжений осуществляется изоляцией, ограждением токоведущих частей, наличием блокировок, срабатываемых при открытии заграждения, сигнализацией, установкой разрядных сопротивлений в конденсаторных батареях, установкой дросселей в ламповых генераторах высокой частоты, установкой разрядников на шинах генератором повышенной частоты, закреплением кожухов и корпусов электрооборудования, а также самих установок.

Защита от действия электромагнитного излучения может осуществляться экранировкой блоков и применением спецодежды. Но, поскольку такая одежда является неудобной, стремятся снизить уровень излучения до допустимых пределов, используя надежную экранировку коаксиальных кабелей. Рабочие конденсаторы установок диэлектрического нагрева могут быть экранированы. Порядок работы с расплавленным металлом, нагретыми заготовками и изделиями определяются соотв. производственными инструментами (используется спецодежда и защитные очки). Для устранения опасности быстрого испарения воды осуществляется сушка печи при номинальной мощности, также осуществляется подогрев шихты перед загрузкой в печь.

Тема 2. Установки дугового нагрева.

Дуговые электротермические установки

Электрическая дуга – это разряд в газе, характеризуется высокой степенью ионизации газа, высокой плотностью тока, также температурой газа в несколько тысяч градусов и ярким свечением. Основную роль в дуговом разряде имеют электроны, имеющие высокую подвижность. Наличие свободных электронов в области дугового разряда объясняется:

- 1) Ионизацией (наличие) газа
- 2) Эмиссией электронов с поверхности катода

Ионизация газа в дуговом разряде обусловлена в основном действием высоких температур, т.е. термоионизацией, в меньшей степени ионизирующим действием излучения дуги с фотоионизацией. Эмиссия электронов катода объясняется бомбардировкой катода в ускоренном электрическом поле положительными ионами, также фотоионизацией поверхности катода, излучением дуги и нагревом катода до значительной температуры

Кроме того, высокое значение направленности электрического поля у поверхности катода приводит к мощной автоэлектронной эмиссии, при которой поле вырывает электроны с поверхности катода. Бомбардировка электронами разогревает анод, вследствие этого температура анода оказывается выше температуры катода. Температура анода составляет 4900, а температура катода от 3000 до 4000 °С. При остывании температура анода меньше 600, а катода 3300 – 3400 °С.

Если дуга горит между электродом и расплавом металла, то при отрицательной полярности на электроде дугу принято называть дугой прямой полярности. При обратной полярности на электроде – дуга обратной полярности. Напряжения зажигания дуги составляет при угольных электродах 40 – 45 В, при стальных электродах 30-35 В. При токах свыше 100 А напряжение на дуге будет определяться следующим выражением:

$$U_{д} = 8 + 2 \cdot L + \frac{20 + 15 \cdot L}{I_{д}}$$

Дуговые диэлектрические печи.

Дуговые печи это общее название, которое охватывает дуговые и руднотермические печи. Основное назначение – плавка металлов и сплавов. Существуют печи прямого и косвенного нагрева. В печах прямого нагрева дуга горит между электродами и расплавленным металлом. В печах косвенного нагрева – между двумя электродами.

Наибольшее распространение получили дуговые печи прямого нагрева, применяемые для плавки черных и тугоплавких металлов. Печи косвенного нагрева применяются для плавки цветных металлов и иногда чугунов.

В руднотермической печи часть тепловой энергии выделяется в электрической дуге, а часть – за счет прохождения тока через поле шихты, разогретой до высокой температуры. Здесь налицо совокупность двух принципов выделения энергии, поэтому такую печь иногда называют электродуговой печью сопротивления.

Печь представляет собой футерованный кожух, закрытый сводом, сквозь отверстие в своде внутрь опущены электроды, которые зажаты в электрододержателях, которые соединены с направляющими. Плавление шихты и обработка металла ведется за счет тепла эл. дуг, горящих между шихтой и электродами.

Для поддержания дуги подается напряжение от 120 до 600 В и ток 10-15 кА. Меньшие значения напряжений и токов относятся к печам емкостью 12 тонн и мощностью 50000 кВА.

Конструкция печи предусматривает слив металла через сливной насос. Скармливание шлака осуществляется через рабочее окно, вырезанное в кожухе.

Обработка загруженной в печь твердой шихты начинается со стадии расплавления, на этой стадии в печи зажигается дуга и начинается расплавление шихты под электроды. По мере расплавления шихты электрод спускается вниз, образуя колодцы для ускорения. Особенностью стадии расплавления является беспокойное горение эл. дуги. Низкая устойчивость дуги объясняется низкой температурой в печи. Переход дуги с одной шихты на другие, а также многочисленное обрывание дуги эксплуат. КЗ, которое вызывается обвалами и перемещениями проводящих кусков шихты. Другие стадии обработки металла находятся в жидком состоянии и характеризуются спокойным горением дуг. Однако требуется широкий диапазон оперативного регулирования и высокая точность поддержания мощности, вводимой в печь. Регулирование мощности обеспечивает требуемый ход металлургической реакции.

Рассмотренные особенности технологического процесса требуют от печи:

- 1) Способности быстро реагировать на эксплуатационные КЗ и обрывы дуги, быстро восстанавливать нормальный электрический режим, ограничивать до допустимых пределов токи эксплуатационных замыканий.
- 2) Гибкость управления мощностью, вводимой в печь.

Особенности конструкции сетей дуговых эл. печей

Эл. дуговые печи потребляют значительные токи, измеряемые тысячами и десятками тысяч ампер. Такие токи создают большие падения напряжения даже на малых активных и индуктивных сопротивлениях цепей питания электродов. Вследствие этого печной трансформатор размещают в непосредственной близости от печи в специальной печной подстанции. Цепи, соединяющие печной трансформатор и электроды печи и имеющие малую длину и сложную конструкцию называют короткой сетью.

При конструировании коротких сетей стремятся понизить и выровнять по фазам их активные и индуктивные сопротивления, а также взаимную индукцию между отдельными фазами. Неравенство взаимных индуктивностей между отдельными фазами короткой сети приводит к явлению переноса мощности из одной фазы в другую. При этом при симметричном питающем напряжении, равных токах и активных сопротивлениях печи активные мощности дуг оказываются различными. В результате одна фаза будет иметь повышенную мощность (дикая фаза), а другая – пониженную (мертвая).

В дуговых сталеплавильных печах дикой является крайняя опережающая фаза, а мертвой – крайняя отстающая. Несмотря на то, что суммарная мощность печи в целом остается неизменной, перекос мощности отрицательно сказывается на технико-экономических показателях печи. Это связано с тем, что резко ухудшается равномер-

ность выделения тепла по объему печи. Напротив дикой фазы усиливается износ футеровки и увеличивается расход электродов этой фазы.

Используются следующие схемы коротких сетей:

- 1) Треугольник на ошиновке трансформатора
- 2) Несимметричный треугольник
- 3) Треугольник на электродах

Основное электрооборудование дуговой сталеплавильной печи

Основное электрооборудование включено в цепь тока сталеплавильной печи.

Электрические печи включают в себя:

- 1) Печь сопротивления
- 2) Систему шин и кабелей, соединяющих печь с печным трансформатором и короткую сеть.
- 3) Печной трансформатор, имеет возможность регулировать вторичное напряжение путем переключения ответвлений или в мощных печах осуществляется регулировка питающего напряжения.
- 4) Реактор, ограничивает токи эксплуатационных КЗ, повышает устойчивость горения дуги на стадии расплавления шихты.
- 5) Коммутационную аппаратуру:
 - главный высоковольтный выключатель
 - разъединитель
 - выключатель или разъединитель шунтирующие реактор по окончании стадии расплавления
- 6) Токовые трансформаторы высокого и низкого напряжения

Дуговые сталеплавильные печи как потребители эл. энергии

ДСП являются мощным и неприятным потребителем для энергосистемы. Она работает с низким $K_M = 0,7 - 0,8$, потребляемая из сети мощность меняется в течение плавки, а эл. режим характеризуется частыми толчками тока, вплоть до обрыва дуги эксплуатационных КЗ. Дуги генерируют высокочастотные гармоники, нежелательные для других потребителей и вызывающие дополнительные потери в питающей сети. Для повышения коэффициента мощности можно включать конденсаторы на шины главной питающей подстанции, питающие группы печей, т.к. при толчках тока $P_{\text{РЕАКТ}}$ колеблется в больших пределах, необходимо обеспечить возможность быстрой смены этой емкости. Для такого регулирования можно использовать высоковольтные тиристорные ключи, управляемые схемой поддержания K_M близким к 1. Для борьбы с высшими гармониками используются фильтры, настроенные на наиболее интенсивные гармоники.

Широко применяется выделение печных подстанций на самостоятельное питание, связанное с другими потребителями на напряжение 110, 220 кВ. В этом случае искажение кривых тока и напряжения у других потребителей удается удержать в допустимых пределах.

Рудно-термические печи

В РТП проводят восстановительные процессы, с помощью которых получают из руды чистые металлы или их сплавы с железом (ферросплавы). В таких печах выплавляют чугун, марганец, молибден, кремний, ферромарганец, феррохром и т.д. РТП используют для крупномасштабного получения фосфора, карбида кальция, никелевого штейна, абразивных материалов, плавки огнеупоров, плавки базальта и диабазы под каменное литье.

РТП имеют отличительные черты:

- 1) Шихта не электропроводная в холодном состоянии, начинает проводить эл. ток при нагреве ее дугой. Протекание тока по проводящей шихте приводит к дополнительному выделению тепла внутри печи. Это дополнительное тепло, в зависимости от конкретного технологического процесса может составлять

как относительно малую долю в общем балансе тепла (рафинировочные печи для получения чистого металла), и основную долю (печи для получения карборунда). Однако для подавляющего числа процессов РТП являются печами смешанного действия, т.е. дуговыми печами сопротивления.

- 2) В РТП проводится множество разнообразных технологических процессов, причем технология оказывает существенное влияние на конструкцию печи.
- 3) Энергоемкость проводимых в РТП процессов очень велика. Она доходит до 10000 кВт·ч на 1 тонну продукта, что в 10 раз выше, чем в дуговых печах. Это связано с тем, что материалы, обрабатываемые в печах, имеют высокие температуры плавления и количество шлака превышает количество полезного продукта. В РТП преобладают реакции, идущие с поглощением тепла.
- 4) Для многих рудно-термических процессов (получение чугуна, фосфора, никелевого штейна) характерны крупные объемы производства. Поэтому здесь используют очень мощные печи (до 100 МВА). Имеются серьезные проблемы с загрузкой и выгрузкой, удаление газов, выделяемых печью (СО). В больших объемах загружают материалы высокой температуры металлического шлака, выделение окиси углерода, которая загорается. Все это создает тяжелые условия труда.
- 5) Печи работают непрерывно. Капитальный ремонт - 1 раз/1,5 года. Поэтому требуется высокая надежность печи в местах, подвергающихся сильному нагреву, водяное охлаждение.
- 6) Эл. режим печи сравнительно спокоен, т.к. последовательно или параллельно с дугой включено сопротивление шихты. Дуга горит устойчиво, т.к. имеют место большие токи дуг и высокие температуры в зонах дуги, а также обеспечивается хорошая теплоизоляция дуги. Толчки тока невелики, а эксплуатационные КЗ отсутствуют.

Основные типы рудно-термических печей

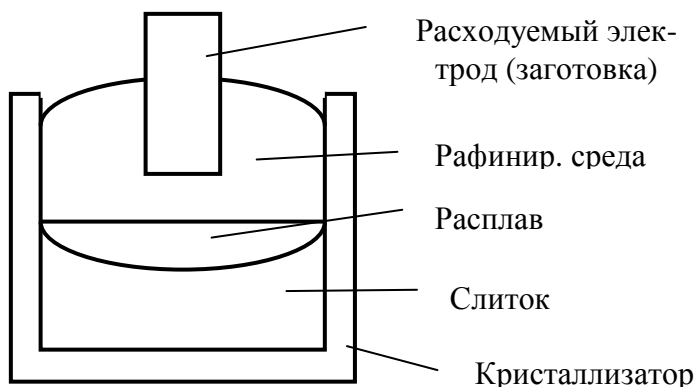
1. Безшлаковые или малошлаковые.
2. Многошлаковые
3. Рафинировочные
4. Блок-процессы.

С помощью 1 получают ферромарганец, карбид кальция, феррохром и т.д. Представляет собой футерованную неподвижную шахту круглого или прямоугольного сечения.

Электрические печи для переплава металла.

Общие сведения.

Развитие новых отраслей техники резко повысило требования к конструкционным материалам и привело к необходимости крупного производства молибдена, вольфрама, специальных сложно легированных сталей. Требуемое качество в условиях массового производства оказалось возможным только с помощью переплавных печей.



Основными элементами такой печи являются:

- 1) Расходуемая заготовка, она выполнена из металла заданного химического состава и расплавляется под действием источника нагрева
- 2) Кристаллизатор. Содержит поддон, в котором собирается расплав металла и формируется слиток
- 3) Рафинирующая среда. Проходя через нее капли кристалла очищаются от вредных примесей (газов и т.д.)

По виду источника нагрева различают вакуумно-дуговой, электрошлаковый, электроннолучевой, плазменно-дуговой переплав.

В качестве рафинирующей среды используют вакуум, расплавленный шлак, различные газовые среды. В переплавных печах материал заготовки в виде расплавленного металла переносится в кристаллизатор и застывает там в виде слитка. Большая поверхность капель, реагирующих с рафинирующей средой, малый объем ванны жидкого металла обеспечивает высокую степень очистки и дегазации металла, мелкозернистость и однородность химического состава по его объему, отсутствие усадочных раковин. В ряде случаев однократный переплав не позволяет получить требуемых качественных характеристик металла, в этом случае комбинируют методы переплава: шлаковый с вакуумно-дуговым и т.д.

Электродуговая сварка

Для нагрева места сварки и плавления металла может быть использована дуга постоянного и переменного тока. Обычно используется дуга прямого действия, которая горит между электродом и свариваемыми деталями. Важное значение имеет материал электродов. Он может иметь очень высокую температуру плавления (угольные, вольфрамовые электроды) и они не принимают участия в формировании сварного шлака. Здесь говорят о сварке неплавящимся электродом. При такой сварке в зону сварки часто вводят дополнительные присадочные материалы.

Наиболее широко используется сварка плавящимися электродами. Металл электродов образует сварочную ванну вместе с металлом кромок свариваемых изделий. При ручной сварке операции зажигания и перемещения дуги выполняет сварщик. Он вводит в зону сварки электродный металл и поддерживает неизменной длину сварочной дуги. Непрерывное горение дуги и ее устойчивость обеспечивается свойствами источника питания дуги и использованием специальных электродных покрытий. Источники питания должны поддерживать горение дуги при возможных изменениях ее длины, т.к. точность поддержания длины дуги сварщика невелика. Поэтому источники должны иметь круто спадающую внешнюю характеристику, близкую в области рабочей точки характеристике источника тока. Тогда изменения длины дуги не приводит к сильным изменениям ее тока.

Производительность ручной дуговой сварки ограничена с одной стороны некоторой предельной мощностью дуги, превышение которой ведет к разбрызгиванию металла и ухудшению качества шва, и с другой стороны значительным временем, которое сварщик тратит на замену электродов. Оба эти ограничения позволяет снять такой способ такой способ, как автоматическая сварка плавящимся электродом под слоем флюса.

Источники питания сварочной дуги. Классификация.

Различают общепромышленные и специализированные источники питания. Общепромышленные применяются при сварке плавящимся электродом. Сварка осуществляется вручную, автоматически под слоем флюса, полуавтоматически в струе газа. В остальных случаях применяются специализированные источники.

По роду тока различают источники постоянного и переменного тока.

По количеству сварочных постов, обслуживаемых одним источником различают однопостовые и многопостовые источники.

Основные требования к источникам питания

Источник питания должен обеспечивать надежное зажигание дуги, ее устойчивое горение и иметь возможность настройки требуемого режима сварки. Чтобы удовлетворить эти требования, необходимо:

- 1) Иметь $U_{ХХ}$ источника больше напряжения зажигания дуги. Например, при сварке постоянным током металлическим электродом $U_{ЗАЖ} = 30-40$ В, на переменном токе $U_{ЗАЖ} = 50-60$ В. По условиям безопасности $U_{ХХ}$ общепромышленных источников постоянного тока не превышает 90 В, переменного тока – 80 В.
- 2) Обеспечение соответствия способа сварки и внешней характеристики источника. Внешняя характеристика должна быть круто падающей для ручной дуговой или аргоно-дуговой сварки, пологопадающей – для автоматической сварки под слоем флюса и жесткой для сварки в углекислом газе.

Тема 3. Установки высокоинтенсивного нагрева

Установки электронно –лучевого нагрева

Электронно-лучевой нагрев применяется для обработки тугоплавких и химически активных металлов, сварки испарения металлов и оксидов, выращивания монокристаллов, металлизации и напыления.

С технологической точки зрения основными преимуществами электронно-лучевого нагрева следует считать:

- 1) возможность в широких пределах плавно изменять удельную энергию в зоне нагрева;
- 2) большую удельную мощность в месте взаимодействия электронного луча с обрабатываемым изделием;
- 3) возможность управления пространственным расположением луча с помощью магнитной системы;
- 4) возможность использования вакуума как рабочей среды;
- 5) возможность использования малоразмерной зоны воздействия электронного луча на обрабатываемый материал.

К временным недостаткам этого вида нагрева следует отнести прежде всего необходимость обеспечения высокого вакуума, а также сложность изготовления, эксплуатации и высокую стоимость электронно-лучевого оборудования.

В нагревательных установках с использованием электронного луча последний представляет собой направленный поток электронов, переносящий энергию от излучателя электронов к изделию. Ускоренные электроны приобретают кинетическую энергию, пропорциональную их скорости, которую они передают веществу обрабатываемого объекта.

Во всех ЭЛУ имеются общие системы, среди которых можно выделить два комплекса – энергетический и электромеханический.

Энергетический комплекс включает в себя электронную пушку с блоками питания и управления лучом. Электронной пушкой называется устройство, в котором эмитируемый катодом пучок электронов формируется в электрическом и магнитном полях в луч, который ускоряется в электрическом поле, выводится через отверстие в аноде и направляется на нагреваемый объект.

Технологическое применение электронно-лучевого нагрева

Плавка электронным лучом в вакууме применяется в тех случаях, когда необходимо получить особо чистые металлы. Она имеет преимущества перед плавкой в вакуумных дуговых и индукционных печах, поскольку позволяет производить рафинирование жидкого металла в ванне после прекращения плавления электрода, а также осуществлять другие физико-химические процессы, которые при иных методах плавки не успевают проходить полностью или не протекают вообще.

Испарение в вакууме материалов при нагреве их электронным лучом широко используют для получения тонких пленок. В отличие от других способов испарения, где энергия подводится к испаряемой поверхности через стенку тигля или высокотемпературный нагревательный элемент, при электронно-лучевом испарении осуществляется прямой нагрев поверхности испаряемого материала. Это позволяет испарять материалы из водоохлаждаемых тиглей, что особенно важно при работе с химически активными и тугоплавкими материалами.

При электронно-лучевом испарении удается управлять электронным пучком в пространстве и во времени, регулируя тем самым интенсивность ввода энергии в испаряемое вещество, а следовательно, скорость испарения и распределение плотности потоков пара.

Электронно-лучевая термообработка заключается в локальном нагреве обрабатываемых участков поверхности с целью получения структурных превращений материала. Она применяется также для отжига материалов в вакууме, повышая их пластичность и очищая поверхность от адсорбированных газов.

Электронно-лучевая сварка является одним из самых распространенных технологических применений электронного луча. Ее производят с помощью тонкого пучка электронов, который фокусируется на стыке соединяемых деталей и нагревает их до плавления. Сварочный шов при электронно-лучевой сварке получается чистым и свободным от газов, оксидов и летучих примесей. Общее количество энергии, необходимое для расплавления материала, гораздо меньше, чем при других видах нагрева в процессе сварки. Это обусловлено высокой концентрацией энергии в фокусе электронного луча.

При электронно-лучевой сварке благодаря высокой концентрации энергии в сварочной зоне сварочный шов представляет собой вытянутый клин с большим отношением длины зоны расплавления к ее ширине.

Основой работы оптического квантового генератора (ОКГ) является генерирование монохроматических волн оптического диапазона под воздействием индуцированного (вынужденного) излучения

В зависимости от режима работы ОКГ различают устройства, работающие в непрерывном и импульсно-периодическом режимах.

Существующие лазеры по руду материалов, используемых для получения индуцированного излучения, подразделяют на четыре основных типа: твердотельные с оптическим возбуждением, полупроводниковые (инжекционные), жидкостные и газовые.

Тема 4. Установки электрохимической и электрофизической обработки **Электролизные установки.**

Основы электрохимической обработки.

Электрохимия изучает поведение ионов в растворах и явления на границе между твердым телом и раствором. Она основана на применении электролитов.

Электролитами называются вещества, растворы и расплавы которые могут проводить электрический ток ионами, образующимися в результате электролитической диссоциации. В отличие от металлов и полупроводников растворы и расплавы электролитов обладают ионной проводимостью.

Электролитической диссоциацией называется процесс распада вещества на разноименно заряженные ионы при его растворении или расплавлении.

Электрохимический эквивалент α – количество вещества, выделившееся из электролита при прохождении одного кулона электричества.

Электролиз меди. Целью электролиза меди является снижение содержания примесей в черновой меди, полученной плавкой в отражательных печах, извлечение находящихся в ней благородных и других ценных металлов и получение чистой электролитической меди.

Электролиз цинка. Высококачественный цинк получают путем электролиза водных растворов и солей. В ваннах устанавливаются алюминиевые катоды и аноды. Затем они заполняются водным раствором серного цинка, который диссоциирует на катионы цинка и анионы серной кислоты.

Электролиз алюминия. При нормальном потенциале выделения металла меньше – 1 В осадить его на катоде методом электролиза раствора невозможно, так как на катоде будут выделяться в основном водород и содержащиеся в электролите и аноде примеси. Так как нормальный потенциал алюминия – 1,67 В, то его получают путем электролиза расплавленных солей. В этом случае электролитом является раствор оксида алюминия в расплавленном криолите.

Электрооборудование электролизных производств.

Питание электролизных установок постоянным током осуществляется от генераторов постоянного тока или полупроводниковых выпрямительных агрегатов, преобразующих переменный ток промышленной частоты постоянный. Наибольшее распространение получили кремниевые выпрямительные агрегаты, имеющие КПД 97 – 99 %.

Преобразовательная подстанция состоит из распределительного устройства переменного тока, силовых трансформаторов с устройством регулирования напряжения, полупроводниковых агрегатов, распределительного устройства постоянного тока и устройств собственных нужд.

Применяемые для питания электрических установок силовые трехфазные трансформаторы могут иметь встроенное устройство переключения под нагрузкой на стороне высшего напряжения и несколько вторичных обмоток. Каждая из вторичных обмоток, число которых зависит от числа фаз выпрямления, питает блок с полупроводниковыми вентилями.

Коэффициент мощности преобразовательных агрегатов

Коэффициент мощности агрегатов с неуправляемыми вентилями достаточно высок и зависит лишь от числа фаз выпрямления. Компенсация реактивной мощности, генерируемой преобразовательными агрегатами, может производиться следующими методами: применение статических конденсаторов, использованием синхронных машин, применение продольной емкостной компенсации, реактивного сопротивления питающей сети, введением специальных схем с неуправляемыми вентилями, а также эксплуатацией специальных схем управляемых вентильных агрегатов.

Применение электрохимической обработки материалов в машиностроении.

В большинстве случаев используется процесс **анодного растворения**, т. е. переход металла, помещаемого в электролизер в качестве анода, из металлического состояния в различные неметаллические соединения.

При электрохимической обработке металлов в кислых средах, когда продукты реакции достаточно хорошо растворимы в электролите, плотности тока относительно невелики. По этим признакам операции электрохимической обработки подразделяют на две группы: 1) электрохимическая обработка при невысокой плотности тока в стационарном электролите; 2) электрохимическая обработка при высокой плотности тока в проточном электролите.

Процесс нанесения металлопокрытий на поверхность изделий методом электролиза называется *гальванотехникой*. В свою очередь гальванотехника делится на *гальванопластику* – электрохимический процесс нанесения металлов на шаблоны, применяемые при изготовлении штампов различных изделий, и *гальваностегию* – электрохимическое нанесение металлов на металлические изделия с целью повышения их механической прочности.

Анодирование – процесс получения оксидных антикоррозионных покрытий на поверхности металлических изделий путем их анодной обработки в соответствующих растворах.

Тема 5. Электромеханические процессы и установки

Установки магнитоимпульсной обработки металлов

Магнитоимпульсная обработка металлов (МИО) – это способ пластичной деформации металлов и их сплавов, осуществляемый при прямом преобразовании электрической энергии в механическую непосредственно в самом обрабатываемом изделии.

Физическими основами МИО являются электродинамические силы, возникающие в проводящем теле, помещенном в переменное электромагнитное поле.

Установки для МИО состоят из двух основных узлов: подготовительного и исполнительного. К первому узлу относятся генераторы импульсных токов, ко второму – индукторы и связанная с ними технологическая оснастка.

Области применения МИО определяются импульсным характером и большой удельной мощностью возникающих давлений. Этот метод охватывает преимущественно операции обработки давлением тонкостенных металлических заготовок любых форм.

Существующие установки электромагнитной транспортировки жидких металлов по принципу действия подразделяют на кондукционные и индукционные, хотя и те и другие являются насосами магнитогидродинамического действия.

Физические основы электрогидравлического эффекта.

Электрогидравлический эффект – это возникновение высокого давления в результате высоковольтного электрического разряда между погруженными в непроводящую жидкость электродами. За счет энергии импульсной ударной волны, распространяющейся вокруг канала разряда в рабочей среде, возникает давление до 300 МН/м².

В образовании и развитии искрового канала в жидкости можно выделить следующие стадии.

1. При подаче высокого напряжения на разрядный промежуток в жидкости в течение некоторого времени напряжение на нем остается постоянным или незначительно уменьшается. Затем в зависимости от параметров контура и начального напряжения оно довольно резко падает.

2. Стадия яркой вспышки начинается после пробоя межэлектродного промежутка. Во время ее прохождения выделяется большая часть запасенной в накопителе энергии. Эта стадия характеризуется небольшим временем протекания и значительным световым излучением.

3. С уменьшением тока в разрядном контуре при достаточной мощности источника электрической энергии искровой разряд может перейти в стадию дугового. При этом уменьшается плотность тока в канале и температура плазмы в нем. При дуговом разряде ток поддерживается в основном за счет термоэлектронов катода. В канале происходит образование пара за счет превращения остывающей плазмы в пар и испарения некоторой части жидкости из окружающих канал разряда слоев.

Физическая сущность ультразвуковой обработки.

Ультразвуковой метод обработки является методом механического воздействия на материал. Ультразвуковым он называется потому, что частота ударов соответствует диапазону неслышимых звуков, т.е. f составляет от 16 до 10⁵ кГц.

При распространении в материальной среде звуковая волна переносит определенную энергию, которая может использоваться в технологических процессах. Преимуществами ультразвуковой обработки следует считать:

- 1) возможность получения акустической энергии различными техническими приемами;
- 2) широту диапазона технологического применения ультразвука – от размерной обработки до получения неразъемных соединений (сварка, пайка и т.д.);
- 3) простоту эксплуатации и автоматизации промышленных установок.

Элементы оборудования ультразвуковых установок.

Основными элементами колебательной системы являются источник ультразвуковых колебаний, акустический трансформатор скорости и детали крепления.

Источники ультразвуковых колебаний могут быть двух видов: механические и электрические.

К механическим источникам относятся ультразвуковые сирены и свистки, принцип действия которых основан на преобразовании механической энергии. Электрические источники преобразуют электрическую энергию в механические упругие колебания соответствующей частоты.

Тема 6. Электрокинетические методы обработки материалов

Характеристика электронно-ионных процессов.

При воздействии электрического поля высокой напряженности на вещество, находящееся в твердом, жидком или газообразном состоянии, возникают процессы, при которых наряду с изменением физических и химических свойств материала происходит изменение распределения образующих его частиц в пространстве. Это применение электрических полей высокой напряженности в технологических процессах получило общее название электронно-ионной технологии (ЭИТ).

Получили развитие следующие виды ЭИТ:

электрогазоочистка – выделение из газового потока содержащихся в нем твердых или жидких частиц;

электросепарация – разделение многокомпонентных систем на компоненты, путем использования электрофизических и физико-химических свойств частиц компонентов;

электроокраска – нанесение твердых или жидких покрытий на изделия;

электропечать – формирование изображения, получение многократных копий, выполнение матриц для размножения;

электроформообразование.

Принцип действия и устройство электрофильтров.

Электрофильтр как агрегат, состоит из следующих основных элементов:

1) система подготовки газов для подачи в электрофильтр, в которую входят устройства для увлажнения газа и выравнивания профиля скоростей;

2) источник питания – повышающий трансформатор в комплекте с регулирующим автотрансформатором и высоковольтный выпрямитель;

3) собственно электрофильтр.

Электрофильтры подразделяют на две группы:

однозонные, в которых зарядка и осаждение частиц происходит в одной конструктивной зоне, где расположены коронирующая и осадительная система;

двухзонные, в которых зарядка и осаждение частиц происходят в двух конструктивных зонах: в первой располагается коронирующая система – ионизатор, во второй – осадительная система осадитель.

По конструкции осадительного электрода электрофильтры подразделяют на трубчатые и пластинчатые.

Источники питания электрофильтров и регулирование их параметров.

Агрегаты питания электрофильтров, их схемы, конструкции блоков и способы регулирования напряжения определяют надежность и эффективность процесса электроочистки газовых сред.

В состав агрегата питания входят регулятор напряжения, повышающий трансформатор, выпрямитель и интегратор. По принципу действия среди них различают источники тока и источники напряжения. При питании фильтра от источника тока ток короны практически остается постоянным, а выходное напряжение изменяется пропор-

ционально сопротивлению нагрузки. При питании от источника напряжения ток короны сильно зависит от напряжения.

3. Самостоятельная работа студентов

3.1. Методические указания по проведению самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов включает изучение лекционного материала и дополнительной литературы по дисциплине при подготовке к занятиям, работу в библиотеке, подготовка индивидуальных заданий по темам лабораторных работ и сдачу экзамена. Контроль степени усвоения материала осуществляется с помощью вопросов для самопроверки, защита индивидуальных заданий. Также на каждой лекции предусмотрен 15 минутный опрос студентов по ранее (и самостоятельно) изученному материалу.

Тема 1. Введение

Электротермические процессы и установки.

Физико-технические основы электротермии: электротермические установки и область их применения; теплопередача в электротермических установках; материалы, применяемые в электропечестроении. Установки нагрева сопротивлением: физическая сущность электрического сопротивления; нагревательные элементы, установки, электроотопление и электрообогрев; электрические печи сопротивления, электрооборудование печей сопротивления; электрошлаковые установки. Установки контактной сварки: физические основы; стыковая, точечная, шовная сварка; электрооборудование установок контактной сварки. Установки индукционного и диэлектрического нагрева: физико-технические основы; примеры использования; источники питания.

Вопросы для самопроверки.

1. Способы теплопередачи в электротермических установках.
2. Материалы, применяемые для нагревательных элементов. Требования к ним.
3. Принцип действия электрической печи сопротивления.
4. Виды контактной сварки.
5. Принципы диэлектрического и индукционного нагрева.

Тема 2. Установки дугового нагрева.

Основы теории и свойства дугового разряда: структура электродугового разряда; закономерности электродугового столба; особенности дуги переменного тока; устойчивость и регулирование параметров электрической дуги. Электродуговые и рудно-термические печи: классификация дуговых печей; рабочие режимы и характеристики электродуговых печей; ДСП в системе электроснабжения; электрический баланс ДСП; рудно-термические печи. Вакуумные дуговые печи: область применения, устройство; электрооборудование. Плазменные технологические процессы и установки: устройства для получения низкотемпературной плазмы и область их применения. Установки дуговой электрической сварки: источники питания; ручная дуговая сварка; установки механизированной и автоматической сварки.

Вопросы для самопроверки.

1. Что такое электрическая дуга. Характеристика и свойства дуги.
2. Область применения дуги. Характеристики электродуговых печей.
3. ДСП, РТП, ВДП – особенности технологических процессов.
4. Плазма – определение, свойства, применение в электротехнологии.
5. Область применения установок дуговой сварки. Виды и особенности работы.

Тема 3. Установки высокоинтенсивного нагрева.

Установки электронно-лучевого нагрева: физико-химические основы; конструкции ЭЛУ; технологическое применение. Оптические квантовые генераторы (лазеры): основные принципы работы; типы лазеров.

Вопросы для самопроверки.

1. Преимущества электронно-лучевого нагрева.

2. Что такое энергетический комплекс ЭЛУ?
3. Технологическое применение электронно-лучевого нагрева.
4. Принцип работы лазера.
5. Типы оптических квантовых генераторов.

Тема 4. Установки электрохимической и электрофизической обработки

Электролизные установки: электрооборудование, источники питания; применение в машиностроении. Электроэрозионная обработка металлов: общая характеристика и физические основы процесса; разновидности электроэрозионной обработки и элементы ее оборудования. Электрохимико-механическая обработка в электролитах: анодно-абразивная; анодно-механическая.

Вопросы для самопроверки.

1. Особенности прохождения электрического тока через электролит.
2. Как осуществляется питания и регулирование напряжения электролизных установок.
3. Требования к источникам питания.
4. Какова схема физических процессов при электроэрозионной обработке.
5. Основные принципы анодно- абразивной и анодно-механической обработки.

Тема 5. Электромеханические процессы и установки.

Установки магнитоимпульсной обработки металлов: физико-химические основы; элементы оборудования; примеры применения. Электрогидравлическая обработка материалов. Ультразвуковые электротехнологические установки.

Вопросы для самопроверки.

1. Основные узлы установок магнитоимпульсной обработки и требования к ним.
2. Назначение кондукционных и индукционных насосов.
3. Что такое электрогидравлический эффект
4. Стадии развития искрового канала в жидкости.
5. Область применения высоковольтного электрического разряда в жидкости.
6. Преимущества ультразвуковой обработки.

Тема 6. Электрокинетические методы обработки материалов.

Основы электронно-ионной технологии; электростатические промышленные установки; электрооборудование и источники питания электростатических типовых установок.

Вопросы для самопроверки.

1. Виды электронно-ионной технологии.
2. Принцип действия и устройство электрофильтров.
3. Основные элементы конструкции электрофильтров.
4. Мероприятия, проводимые для защиты сетей от воздействия колебаний.
5. Область применения электростатических установок.

3.2. График самостоятельной учебной работы студентов (очная форма)

№	Содержание самостоятельной работы, литература	Объем, часы	Формы контроля	Сроки, недели
1	2	3	4	5
1	Проработка лекционного материала по теме 1. Введение. Электротермические процессы и установки: Технические основы электротермии: электротермические установки и область их применения; теплопередача в электротермических установках; материалы, применяемые в электропечестроении.	2	Блиц-опрос	1-2 недели

	<p>Работа с литературой: Электротехнологические промышленные установки. Под ред. Свенчанского А.А. - М.: Энергоиздат, 1982 г.</p> <p>Электротехнический справочник т. 3 кн. 2. Под ред. А.Грудинского. М.:Энергоиздат, 1992 г.</p>			
2	<p>Проработка лекционного материала по теме 1.</p> <p>Введение. Электротермические процессы и установки: Установки нагрева сопротивлением: физическая сущность электрического сопротивления; нагревательные элементы, установки, электроотопление и электрообогрев;</p> <p>Работа с литературой: Методические указания к самостоятельной работе по курсу « Электротехнологические промышленные установки» Киев. 1988 г. Электротехнологические промышленные установки. Под ред. Свенчанского А.А. - М.: Энергоиздат, 1982 г.</p> <p>Электротехнический справочник т. 3 кн. 2. Под ред. А.Грудинского. М.:Энергоиздат, 1992 г.</p>	4	Блиц-опрос, выполнение самостоятельного задания: Расчет нагревательных элементов для электропечи сопротивления косвенного действия по теме лабораторной работы № 1.	3-4 недели
3	<p>Проработка лекционного материала по теме 1.</p> <p>Введение. Электротермические процессы и установки: Электрические печи сопротивления, электрооборудование печей сопротивления; электрошлаковые установки.</p> <p>Работа с литературой: Методические указания к самостоятельной работе по курсу « Электротехнологические промышленные установки» Киев. 1988 г. Электротехнологические промышленные установки. Под ред. Свенчанского А.А. - М.: Энергоиздат, 1982 г.</p> <p>Электротехнический справочник т. 3 кн. 2. Под ред. А.Грудинского. М.:Энергоиздат, 1992 г.</p>	2	Блиц-опрос, выполнение самостоятельного задания по теме лабораторной работы № 2: Нахождение напряжения и расчет нагревательных элементов в установке прямого нагрева методом последовательных приближений.	5-6 недели
4	<p>Проработка лекционного материала по теме 1.</p> <p>Введение. Электротермические процессы и установки: Установки индукционного и диэлектрического</p>	4	Блиц-опрос, выполнение самостоятельного задания: 1.Определение	7-8 недели

	<p>нагрева: физико-технические основы; примеры использования; источники питания.</p> <p>Работа с литературой: Методические указания к самостоятельной работе по курсу «Электротехнологические промышленные установки» Киев. 1988 г. Электротехнологические промышленные установки. Под ред. Свенчанского А.А. - М.: Энергоиздат, 1982 г.</p> <p>Электротехнический справочник т. 3 кн. 2. Под ред. А.Грудинского. М.:Энергоиздат, 1992 г.</p>		<p>мощности, выделяемой в единице объема нагреваемого материала и мощности высокочастотного генератора в установках высокочастотного диэлектрического нагрева.</p> <p>2. Построение графика глубины проникновения вихревых токов в металл в установках индукционного нагрева по теме лабораторной работы № 3, № 4 .</p>	
5	<p>Проработка лекционного материала по теме 2.</p> <p>Установки дугового нагрева. Основы теории и свойства дугового разряда: структура электродугового разряда; закономерности электродугового столба; особенности дуги переменного тока; устойчивость и регулирование параметров электрической дуги. Электрооборудование дуговых печных установок.</p> <p>Работа с литературой: Методические указания к самостоятельной работе по курсу «Электротехнологические промышленные установки» Киев. 1988 г. Электротехнологические промышленные установки. Под ред. Свенчанского А.А. - М.: Энергоиздат, 1982 г.</p> <p>Электротехнический справочник т. 3 кн. 2. Под ред. А.Грудинского. М.:Энергоиздат, 1992 г.</p>	4	<p>Блиц-опрос, выполнение самостоятельного задания: Расчет электрических и рабочих характеристик дуговой сталеплавильной печи по теме лабораторной работы № 5, № 6</p>	8-9 неделя
6	<p>Проработка лекционного материала по теме 2.</p> <p>Установки дугового нагрева. Электродуговые и рудно-термические печи: классификация дуговых печей; рабочие режимы и характеристики</p>	4	<p>Блиц-опрос, выполнение самостоятельного задания: Расчет параметров рудно-термическо-</p>	9-10 неделя

	<p>электродуговых печей; ДСП в системе электроснабжения; электрический баланс ДСП; рудно-термические печи. Вакуумные дуговые печи: область применения, устройство; электрооборудование</p> <p>Работа с литературой: Методические указания к самостоятельной работе по курсу «Электротехнологические промышленные установки» Киев. 1988 г. Электротехнологические промышленные установки. Под ред. Свенчанского А.А. - М.: Энергоиздат, 1982 г.</p> <p>Электротехнический справочник т. 3 кн. 2. Под ред. А.Грудинского. М.:Энергоиздат, 1992 г.</p>		го печного контура по теме лабораторной работы № 7.	
7	<p>Проработка лекционного материала по теме 2.</p> <p>Установки дугового нагрева. Плазменные технологические процессы и установки: устройства для получения низкотемпературной плазмы и область их применения. Установки дуговой электрической сварки: источники</p> <p>Работа с литературой: Методические указания к самостоятельной работе по курсу «Электротехнологические промышленные установки» Киев. 1988 г. Электротехнологические промышленные установки. Под ред. Свенчанского А.А. - М.: Энергоиздат, 1982 г.</p> <p>Электротехнический справочник т. 3 кн. 2. Под ред. А.Грудинского. М.:Энергоиздат, 1992 г.</p>	2	Блиц-опрос,	10-11 неделя
8	<p>Проработка лекционного материала по теме 3.</p> <p>Установки высокоинтенсивного нагрева:</p> <p>Установки электронно-лучевого нагрева: физико-химические основы; конструкции ЭЛУ; технологическое применение. Оптические квантовые генераторы (лазеры): основные принципы работы; типы лазеров.</p> <p>Работа с рекомендуемой литературой (см. Раб. программу)</p>	2	Экзамен	12 неделя

9	<p>Проработка лекционного материала по теме 3.</p> <p>Установки высокоинтенсивного нагрева:</p> <p>Электролизные установки: электрооборудование, источники питания; применение в машиностроении.</p> <p>Электроэрозионная обработка металлов: общая характеристика и физические основы процесса; разновидности электроэрозионной обработки и элементы ее оборудования. Электрохимико-механическая обработка в электролитах: анодно-абразивная; анодно-механическая</p> <p><i>Работа с рекомендуемой литературой</i> (см. Раб. программу)</p>	2	Экзамен	13 недели
10	<p>Проработка лекционного материала по теме 4.</p> <p>Установки электрохимической и электрофизической обработки</p> <p>Установки магнитоимпульсной обработки металлов: физико-химические основы; элементы оборудования; примеры применения.</p> <p>Электрогидравлическая обработка материалов. Ультразвуковые электротехнологические установки.</p> <p><i>Работа с рекомендуемой литературой</i> (см. Раб. программу)</p>	2	Экзамен	14 недели

3.3. Методические указания по выполнению индивидуальных заданий

Целью выполнения индивидуального задания является самостоятельное углубленное изучение материала по темам лабораторных работ.

Преподавателем выдается вариант задания с указанием литературы, которая может быть использована. В индивидуальном задании производится расчет необходимых энергетических характеристик электротехнологических установок. В конце задания студент должен сделать выводы, подвести итог.

4. Методические указания по применению информационных технологий

К информационному обеспечению можно отнести следующие ресурсы:

1. Система автоматизации библиотек «IRBIS». Данная система, предназначенная для обеспечения возможности поиска информации о книжном фонде библиотеки ВУЗа. Система позволяет искать информацию о библиотечном издании по следующим критериям: ключевые слова, автор, заглавие, год издания и др.;

2. Информационная система нормативных документов «Kodeks». Система, предназначенная для поиска нормативных документов, применяемых в области энергетики.

3. Всемирная сеть InterNet. Данная сеть позволяет иметь доступ к информационным ресурсам всего мира и университета в частности. Адрес сайта Амурского государственного университета www.amusru.ru. В частности на данном сайте можно своевременно узнать о событиях в ВУЗе, получить доступ к информационным ресурсам университета, в том числе к информации об аттестации, лицензировании.

4. Локальная библиотека кафедры Энергетики «Студент». Данный ресурс представляет собой электронные варианты книжного фонда, необходимого для учебного процесса.

В процессе обучения используются электронные презентации лекций с элементами активного обучения. Перечень лекций: «Выработка электроэнергии на электростанциях»; «Передача и распределение электроэнергии». Использование медиапроектора для просмотра фильма «Воздушные линии электропередач с применением самонесущих изолирующих проводов».

5. Программные продукты, реально используемые в практической деятельности выпускника

В процессе изучения дисциплины «Электротехнологические промышленные установки» студент при подготовке к лабораторным и индивидуальным заданиям, к лекционным курсам использует программные продукты. Но применение этих программ происходит поверхностно, т.е. даются основные понятия. Подробное изучение этих программ проводится по дисциплине «Пакеты прикладных программ», «Математические модели».

1. На кафедре имеется программное обеспечение. Оно представляет собой программы необходимые для учебного процесса и которое может каждый студент установить себе, для освоения учебного материала на собственных персональных компьютерах.

Программы для ознакомления студентов:

1. MS Visio (2002, 2003); графический редактор
2. MathCad (2000, 2001, 2003) – система математических расчетов;
3. MatLab – система моделирования.

6. Материалы по контролю качества образования

6.1. Методические указания по организации контроля знаний студентов

На лекциях проводится блиц-опрос (текущий контроль) по пройденному материалу, защита индивидуальных заданий по темам лабораторных работ. В конце семестра проводится экзамен (вопросы к экзамену приведены ниже в пункте 6.3).

План проведения блиц-опроса:

1. Напоминается тема предыдущего занятия;
2. Студентам задается 4 – 5 вопросов по предыдущей теме занятия;
3. Проводится анализ полученных ответов.

6.2. Фонд заданий (для блиц-опроса)

Блиц-опрос №1.

Тема 1. Введение.

Электротермические процессы и установки.

Физико-технические основы электротермии: электротермические установки и область их применения; теплопередача в электротермических установках; материалы, применяемые в электропечестроении. Установки нагрева сопротивлением: физическая сущность электрического сопротивления; нагревательные элементы, установки, электроотопление и электрообогрев; электрические печи сопротивления, электрооборудование печей сопротивления; электрошлаковые установки. Установки контактной сварки: физические основы; стыковая, точечная, шовная сварка; электрооборудование установок контактной сварки. Установки индукционного и диэлектрического нагрева: физико-технические основы; примеры использования; источники питания.

Вопросы:

1. Способы теплопередачи в электротермических установках.
2. Материалы, применяемые для нагревательных элементов. Требования к ним.

3. Принцип действия электрической печи сопротивления.
4. Виды контактной сварки.
5. Принципы диэлектрического и индукционного нагрева.

Блиц-опрос №2.

Тема 2. Установки дугового нагрева.

Основы теории и свойства дугового разряда: структура электродугового разряда; закономерности электродугового столба; особенности дуги переменного тока; устойчивость и регулирование параметров электрической дуги. Электродуговые и рудно-термические печи: классификация дуговых печей; рабочие режимы и характеристики электродуговых печей; ДСП в системе электроснабжения; электрический баланс ДСП; рудно-термические печи. Вакуумные дуговые печи: область применения, устройство; электрооборудование. Плазменные технологические процессы и установки: устройства для получения низкотемпературной плазмы и область их применения. Установки дуговой электрической сварки: источники питания; ручная дуговая сварка; установки механизированной и автоматической сварки.

Вопросы.

1. Что такое электрическая дуга. Характеристика и свойства дуги.
2. Область применения дуги. Характеристики электродуговых печей.
3. ДСП, РТП, ВДП – особенности технологических процессов.
4. Плазма – определение, свойства, применение в электротехнологии.
5. Область применения установок дуговой сварки. Виды и особенности работы.

Блиц-опрос №3.

Тема 3. Установки высокоинтенсивного нагрева.

Установки электронно-лучевого нагрева: физико-химические основы; конструкции ЭЛУ; технологическое применение. Оптические квантовые генераторы (лазеры): основные принципы работы; типы лазеров.

Вопросы:

1. Преимущества электронно-лучевого нагрева.
2. Что такое энергетический комплекс ЭЛУ?
3. Технологическое применение электронно-лучевого нагрева.
4. Принцип работы лазера.
5. Типы оптических квантовых генераторов.

Блиц-опрос №4.

Тема 4. Установки электрохимической и электрофизической обработки

Электролизные установки: электрооборудование, источники питания; применение в машиностроении. Электроэрозионная обработка металлов: общая характеристика и физические основы процесса; разновидности электроэрозионной обработки и элементы ее оборудования. Электрохимико-механическая обработка в электролитах: анодно-абразивная; анодно-механическая.

Вопросы.

1. Особенности прохождения электрического тока через электролит.
2. Как осуществляется питания и регулирование напряжения электролизных установок.
3. Требования к источникам питания.
4. Какова схема физических процессов при электроэрозионной обработке.
5. Основные принципы анодно- абразивной и анодно-механической обработки.

Блиц-опрос №5.

Тема 5. Электромеханические процессы и установки.

Установки магнитоимпульсной обработки металлов: физико-химические основы; элементы оборудования; примеры применения. Электрогидравлическая обработка материалов. Ультразвуковые электротехнологические установки.

Вопросы.

1. Основные узлы установок магнитоимпульсной обработки и требования к ним.
2. Назначение кондукционных и индукционных насосов.
3. Что такое электрогидравлический эффект
4. Стадии развития искрового канала в жидкости.
5. Область применения высоковольтного электрического разряда в жидкости.
6. Преимущества ультразвуковой обработки.

Блиц-опрос №6.

Тема 6. Электрокинетические методы обработки материалов.

Основы электронно-ионной технологии; электростатические промышленные установки; электрооборудование и источники питания электростатических типовых установок.

Вопросы для самопроверки.

1. Виды электронно-ионной технологии.
2. Принцип действия и устройство электрофильтров.
3. Основные элементы конструкции электрофильтров.
4. Мероприятия, проводимые для защиты сетей от воздействия колебаний.
5. Область применения электростатических установок

6.3. Итоговый контроль

В конце семестра проводится экзамен.

Контрольные вопросы к экзамену по дисциплине «Электротехнологические промышленные установки».

Билет № 1.

1. Классификация электротехнологических процессов.
2. В чем особенности электропотребления руднотермических печей.
3. Алгоритм выбора материала нагревателя и определение его размеров на фазу.

Билет № 2.

1. Для чего строится круговая диаграмма дуговой печи.
2. Особенности технологических установок как потребителей электроэнергии.
3. Принцип расчета установок индукционного нагрева.

Билет № 3.

1. Как классифицируются ЭТУ.
2. В чем заключается принцип работы печей ЭШП.
3. Объяснить принцип построения системы внешнего электроснабжения при подключении ДСП.

Билет № 4.

1. Цель теплового расчета ЭТУ.
2. Устройство вакуумной дуговой печи.
3. Алгоритм метода последовательных интервалов.

Билет № 5.

1. Назначение огнеупорных, теплоизоляционных и жароупорных материалов. Приведите примеры и опишите свойства.
2. Классификация разновидностей электросварки.
3. Принцип определения тока эксплуатационного КЗ при подключении ДСП.

Билет № 6.

1. Электрооборудование и схемы питания типовых электростатических установок.

2. Охарактеризовать в чем преимущества автоматической дуговой сварки по сравнению с ручной.
3. Расчет параметров конденсаторной батареи для УПК.

Билет № 7.

1. Сущность электрического расчета ЭПС.
2. физическая и химическая сущность электролиза.
3. Принцип определения мощности высокочастотного генератора для питания установки диэлектрического нагрева.

Билет № 8.

1. Устройство и принцип работы индукционной печи со стальным сердечником.
2. Устройство лазерных установок. Применение в электротехнологии.
3. Алгоритм расчета нагревательных элементов для ЭПС.

Билет № 9.

1. Особенности электрооборудования индукционных печей и установок.
2. Устройство электронной пушки. Применение в электротехнологии.
3. Принцип расчета электрических характеристик ДСП.

Билет № 10.

1. Физико-технические основы диэлектрического нагрева. Область применения.
2. устройство плазмотронов. Применение в электротехнологии.
3. Принцип выбора УПК при расчете РТП.

Билет № 11.

1. Классификация печей электродугового нагрева.
2. Принцип действия электрогидравлической обработки. Применение в электротехнологии.
3. Методика определения размаха изменения напряжения на шинах РУ при работе нескольких ДСП.

Билет № 12.

1. Физико-технические основы нагрева электрической дугой.
2. Принцип действия ультразвуковых установок. Применение в электротехнологии.
3. Алгоритм выбора схемы УПК при подключении РТП.

Билет № 13.

1. Особенности дуги переменного тока.
2. Принцип действия магнитоимпульсной обработки. Применение в электротехнологии.
3. Принцип расчета установок диэлектрического нагрева.

Билет № 14.

1. Мероприятия, обеспечивающие надежное горение дуги переменного и постоянного тока.
2. Принцип действия анодно-механической обработки. Применение в электротехнологии.
3. Расчет параметров руднотермического контура.

Билет № 15.

1. Каковы особенности электропотребления ДСП.
2. Принцип действия электрофильтра. Применение в электротехнологии.
3. Определение размеров нагревательных элементов.

Билет № 16.

1. Какое электрооборудование применяется в цепи главного тока ДСП.
2. Устройство установок электроокраски. Применение в электротехнологии.
3. Метод последовательных интервалов при расчете установок прямого действия.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Электротехнологические промышленные установки»

а) основная литература:

2. Основы современной энергетики [Текст] : учеб.: в 2 т. / ред. Е. В. Аметистов. - 5-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010. - ISSN 978-5-383
Т. 2 : Современная электроэнергетика / ред. А. П. Бурман, В. А. Строев. - 2010. - 632 с.

б) дополнительная литература:

7. Автоматическое управление электротермическими установками [Текст] : учеб. / ред. А. Д. Свенчанский, 1990. - 416 с.
8. Болотов, Альберт Васильевич. Электротехнологические установки [Текст] : учеб. / А. В. Болотов, Г. А. Шепель, 1988. - 336 с.
9. Электротехнологические промышленные установки [Текст] : учеб. пособие: доп. Мин. высш. и сред. спец. обр. СССР / под ред. А. Д. Свенчанского, 1982. - 400 с.
10. Электротехнический справочник [Текст] : в 3 т. / ред. В. Г. Герасимов [и др.]. Т. 3 : Электротехнические устройства, 1981. - 640 с.
11. Электротехнический справочник [Текст] : в 3 т. / ред. В. Г. Герасимов [и др.]. Т. 1 : Общие вопросы электротехнические материалы, 1980. - 520 с.
12. Электротехнический справочник [Текст] : в 3 т. / ред. В. Г. Герасимов [и др.]. Т. 3, Кн. 2. Использование электрической энергии, 1982. - 560 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iqlib.ru/	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.
2.	www.gostedu.ru	ГоСТЫ, СНИПЫ, СанПиНы и др. Образовательный ресурс.

Периодические издания (профессиональные журналы)

9. «Электричество»
10. «Электрические станции»

11. «Энергетик
12. «Промышленная энергетика»
13. «Электротехника»
14. «Электрика»
15. «Энергохозяйство за рубежом»
16. «Energy Policy»