

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 02 » декабря 20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ Теория сварочных процессов
(наименование)

Форма обучения: _____ очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ 360 (10)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 15.04.01 Машиностроение
(код и наименование направления)

Направленность: _____ Лучевые технологии в сварке
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков, необходимых для проведения контроля качества сварных соединений и организации на предприятии технологического процесса контроля качества сварных конструкций.

Задачи дисциплины:

- изучение основ термодинамического анализа процессов в сварочной ванне; кинетики металлургических процессов в условиях температурного цикла сварки;
- формирование умения выбирать методы исследования физико-химических процессов при сварке;
- формирование навыков прогнозировать направление физико-химических реакций в сварочной ванне, исследования и моделирования структурообразования металлов при сварке.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Физико-химические процессы в металлах при сварке:

- диссоциация соединений при сварке;
- параметры пара над сплавами в условиях сварки плавлением;
- равновесие между фазами в сварочной ванне;
- растворимость газов в металлах при сварке;
- легирование металла сварного шва через компоненты сварочных материалов;
- методы исследования диффузионных процессов при сварке;
- методы количественной параметризации структуры и моделирования структурообразования при сварке и родственных технологиях с использованием фрактального подхода.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.3	ИД-1ПК-3.3	Знать передовой отечественный и зарубежный опыт исследования физико-химических процессов в металлах при сварке.	Знает передовой отечественный и зарубежный опыт производства сварных конструкций, технологические процессы сварки, сварочное и вспомогательное оборудование	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.3	ИД-2ПК-3.3	Уметь выбирать и реализовывать методы исследования и моделирования физико-химических процессов при сварке.	Умеет разрабатывать планы по технической и технологической подготовке сварочного производства и производить анализ и экспертизу технической (конструкторской и технологической) документации на соответствие нормативным документам и техническим условиям	Экзамен
ПК-3.3	ИД-3ПК-3.3	Владеть навыками прогнозировать направление физико-химических реакций .в сварочной ванне, исследования и моделирования структурообразования металлов при сварке с использованием новых сварочных материалов.	Владеет навыками разработки и реализации мероприятий по внедрению прогрессивной техники и технологии, улучшению использования технологического оборудования и оснастки, повышению качества и надежности сварных конструкций, внедрения в производство прогрессивных методов сварки, новых сварочных материалов и оборудования, обеспечивающих сокращение затрат труда.	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	3
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	108	54	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	18	18
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	68	34	34
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	180	90	90
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	72	36	36
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)	36		36
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	360	180	180

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
2-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Законы термодинамики и расчет равновесия.	9	0	17	45
Введение. Основные понятия термодинамики. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Тема 1. Первый закон термодинамики. Расчет теплового эффекта реакции Второй закон термодинамики. Третий закон термодинамики. Расчет изменения энергии Гиббса реакции. Закон действия масс. Константа равновесия Уравнения изотермы и изобары реакции. Методы расчета константы равновесия. Равновесие в гетерогенных системах. Понятие активности, коэффициента активности. Правило фаз. Основные уравнения теории фазовых равновесий. Тема 2. Элементы термодинамики растворов Способы выражения состава раствора. Термодинамические характеристики растворов. Законы растворения газов в металлах: Рауля, Генри, Сивертса. Стандартные состояния растворов. Теоретические модели растворов. Влияние составляющих раствора на коэффициент активности компонента.				
Применение физико-химических расчетов для моделирования металлургических процессов в сварном шве.	9	0	17	45
Теории строения жидких шлаков. Основы термодинамики жидких шлаков. Термодинамические модели шлаков. Расчет равновесия в системе сплав-шлак. Методики расчета равновесия по теории регулярных ионных растворов. Тема 4. Моделирование процесса легирования металла сварного шва при сварке плавлением. Влияние легирующих элементов стали на коэффициент активности компонентов в сварном шве. Математическое моделирование термодинамики процесса легирования металла сварного шва через флюс или электродное покрытие при сварке плавлением.				
ИТОГО по 2-му семестру	18	0	34	90
3-й семестр				
Физико-химические методы исследования структурного, фазового состава и характерных температур.	9	0	17	45
Тема 5. Методы исследования структурного, фазового состава Термогравиметрия (ТГ). Метод дифференциального термического анализа (ДТА). Метод термомеханического анализа (ТМА). Определение количества и состава выделившегося газа (ЕГА). Сканирующая туннельная				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
микроскопия. Электронная микроскопия. Рентгеновская дифрактометрия, лазерная дифрактометрия. Рентгеновский фазовый анализ. Микрорентгеноспектральный анализ. Определение химического состава стали и сплавов методами спектрального анализа: ИК-спектроскопия; атомно-абсорбционной спектрометрии, фотометрии. Определение химического состава стали и сплавов методом химического анализа. Методы определения вязкости шлаков: Вискозиметрия, Метод капиллярного истечения, Метод движущегося в жидкости тела, Ротационные методы, Методы крутильных колебаний. Тема 6. Методы измерения температуры жидкого металла: Преобразователи термоэлектрические хромель-алюмелевые (ТХА), хромель-копелевые (ТХК) и железо-константановые (ТЖК); бесконтактное определение температуры открытой поверхности металла. Дилатометрический метод определения критических точек металлов и сплавов, процессов распада твердых растворов, а также температурных интервалов существования упрочняющих фаз. Методы определения состава газовой фазы: метод вакуум-плавления, масс-спектрометрия.				
Элементы химической кинетики в сварочных процессах	9	0	17	45
Тема 7. Уравнения формальной кинетики. Зависимость скорости реакции от температуры. Закон действующих масс в кинетике. Реакции первого и второго порядка. Лимитирующая стадия процесса. Зависимость скорости реакции от температуры. Тема 8. Уравнения диффузии. Основы математического моделирования процессов диффузии. Первое и второе уравнение Фика. Виды коэффициентов диффузии. Зависимость коэффициента диффузии от температуры. Условия выделения новой фазы. Концентрационная ситуация вблизи растущей (растворяющейся) частицы карбонитрида титана (молибдена) в металле сварного шва. Основы теории модифицирования структуры металла сварного шва. Кинетика процесса модифицирования металла сварного шва. Понятие рациональной температуры выделения фазы. Тема 9. Фрактальный анализ структуры металла шва и покрытия. Алгоритм фрактального анализа структуры металла шва. Алгоритм фрактального анализа пористых покрытий, поверхностей излома и др.				
ИТОГО по 3-му семестру	18	0	34	90

ИТОГО по дисциплине	36	0	68	180
---------------------	----	---	----	-----

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Прогнозирование физико-химических реакций при сварке плавлением.
2	Изучения процессов газопоглощения в металле сварного шва.
3	Устойчивость химических соединений в условиях различных сварочных атмосфер.
4	Моделирование направления протекания химических реакций в условиях сварки (стандартные и нестандартные реакции).
5	Влияние состава расплава на коэффициенты активности компонентов в сварочной ванне.
6	Легирование металла сварного шва элементами из шлака (флюса, покрытия).
7	Определение параметров диффузионного процесса на основе эмпирических данных.
8	Моделирование структуры реальных физических объектов (структуры металла сварного шва, покрытия, поверхности излома) методами фрактальной параметризации.

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Моделирование кинетики роста модифицирующих частиц карбонитридных фаз (TiC, TiN, Mo ₂ C, Mo ₂ N, VC, VN и др.) в металле сварного шва.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.</p> <p>Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Кривоносова Е. А. Теория сварочных процессов : учебное пособие / Е. А. Кривоносова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	57
2	Кривоносова Е. А. Теория сварочных процессов: моделирование физико-химических процессов в сварном шве : учебное пособие / Е. А. Кривоносова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	5
3	Теория сварочных процессов : учебник для вузов / А. В. Коновалов [и др.]. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007.	69
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Лавров Б. А. Физическая химия расплавов : учебное пособие / Б. А. Лавров, Ю. П. Удалов. - Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2013.	4
2	Т. 1. - Москва: , Машиностроение, 2004. - (Сварка. Резка. Контроль : справочник : в 2 т.; Т. 1).	44
3	Т. 2. - Москва: , Машиностроение, 2004. - (Сварка. Резка. Контроль : справочник : в 2 т.; Т. 2).	44
2.2. Периодические издания		
1	Автоматическая сварка : Сварка. Резка. Наплавка. Пайка. Нанесение покрытий : международный научно-технический и производственный журнал / Национальная академия наук Украины; Институт электросварки им. Е.О. Патона; Международная ассоциация Сварка. - Киев: Сварка, 1948 - .	
2	Сварка и диагностика : научно-технический и производственный журнал по сварке, контролю и диагностике / Национальное агентство контроля и сварки. - Москва: Мастер-класс, 2006 - .	

3	Сварочное производство : научно-технический и производственный журнал / Технология машиностроения; Министерство промышленности и торговли Российской Федерации; Министерство образования и науки Российской Федерации; Российская инженерная академия; Союз машиностроителей России; Российское научно-техническое сварочное общество. - Москва: Машиностроение, 1930 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
1	Сварка : сборник стандартов ГОСТ и ГОСТ Р / Бюро промышленного маркетинга; Национальное агентство контроля и сварки ; Всероссийский научно-исследовательский институт классификации, терминологии и информации по стандартизации и качеству. - Москва: БПМ, 2007.	1
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Кривоносова Е. А. Теория сварочных процессов : учебное пособие / Е. А. Кривоносова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=653	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Кривоносова Е. А. Теория сварочных процессов: моделирование физико-химических процессов в сварном шве : учебное пособие / Е. А. Кривоносова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=1350	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	Персональные компьютеры	8
Лекция	Ноутбук, проектор	1
Практическое занятие	Персональные компьютеры	8

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе