

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»
(КГУ)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
СТРУКТУРА МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки: 030402 – «Физика»
Направленность «Физика конденсированного состояния вещества»
Квалификация выпускника: Магистр

**Кострома
2021**

Рабочая программа дисциплины «Структура материалов» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 03.04.02–Физика, утвержден 7 августа 2020 г., приказ № 914.

Разработала: Мухачёва Татьяна Леонидовна, доцент кафедры общей и общей и теоретической физики

Рецензент: Дьяков Илья Геннадьевич, доцент кафедры общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

УТВЕРЖДЕНО:

Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

Шадрин Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Основной целью курса является приобретение навыков решения физических задач с использованием компьютера, необходимых магистрам физики в их практической деятельности в научно-исследовательских и производственных организациях, учреждениях системы высшего и среднего профессионального образования, среднего общего образования.

В результате изучения учебной дисциплины «Структура материалов» обучаемые должны приобрести общепрофессиональные компетенции:

Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности (ОПК-1).

Способен в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики (ОПК-2).

Задачи дисциплины:

1. Сформировать у магистров знания о структуре и свойствах материалов, связи между составом, строением и свойствами;
2. Изучить закономерности изменения структуры материалов под воздействием внешних факторов;
3. Дать сведения о методах исследования материалов;

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должны

освоить компетенции:

ОПК-1: способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.

ОПК-2: способен в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики.

Код и содержание индикаторов компетенции:

ОПК-1.1. Использует знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе.

ОПК-1.2. Владеет разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач, и применяет полученные результаты в профессиональной деятельности.

ОПК-2.1. Самостоятельно ставит конкретные задачи научных исследований в области физики и решает их с помощью современной физической аппаратуры.

ОПК-2.2. Организует и руководит научно-исследовательской деятельностью в области физики обучающихся по программам бакалавриата.

знать

- основные понятия материаловедения, виды фазовых превращений вещества, технологические основы термического и химико-термического воздействия;
- закономерности диффузии легких элементов в кристаллическую решетку стальных и титановых сплавов;
- области применения законов физики и химии, описывающих процессы кристаллизации, диффузии элементов в твердых телах, диаграммы состояния металлов и сплавов;
- имеющиеся программные продукты для расчета диффузионных процессов и построения диаграмм состояния;

уметь

- интерпретировать экспериментальные и теоретические данные, относящиеся к металлургическим процессам, объяснять их содержание в процессе профессиональной коммуникации;
- самостоятельно разработать стратегию поиска необходимой научной информации, а также индивидуальный план освоения дополнительного материала;
- использовать полученные знания о закономерностях диффузионного насыщения для разработки оптимальных режимов скоростной химико-термической обработки;

владеть

- экспериментальными методами элементарного анализа, структуры и фазового состава изучаемых материалов, а также методами испытаний их механических и антикоррозионных свойств.
- методами металлографического, рентгеноструктурного, потенциостатического анализов;
- навыками выполнения химических и электрохимических анализов и методов исследования структуры и свойств вещества.
- необходимым программным обеспечением для правильного оформления графической и табличной информации, а также корректной записи математических формул и схем расчета.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВПО

Данная дисциплина изучается в первом и втором семестрах и входит в обязательную часть учебного плана подготовки магистров физики. Дисциплина «Структура материалов» связана с дисциплинами: «Физико-химические методы исследования», «Механика фрикционного взаимодействия модифицированных сплавов», «Методология научного исследования».

Содержание курса охватывает основные разделы материаловедения: фазы и структуры в металлах и сплавах, их связь со свойствами, диаграммы состояния, методы термической и химико-термической обработки, классификация материалов.

Перед изучением дисциплины «Структура материалов» обучающийся должен иметь представления о фазовых превращениях вещества в рамках курса общей физики, уметь использовать соответствующие уравнения математической физики в различных физических моделях. Студенты-магистры должны иметь начальное химическое образование, в том числе представления об электрохимии, освоить применение уравнений реакций для оценки получаемых продуктов. Кроме того, обучающиеся должны быть знакомы с механическими свойствами твердых тел и закономерностями их разрушения, требуемые знания и умения формируются в рамках базовой части профессионального цикла основной образовательной программы бакалавриата.

Освоение данной дисциплины необходимо магистрам физики для их успешной профессиональной деятельности.

4. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объём дисциплины в зачётных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы	Очная форма
Общая трудоёмкость в зачётных единицах	8
Общая трудоёмкость в часах	288

Аудиторные занятия в часах	94
Лекции	30
Практические занятия	64
Самостоятельная работа в часах	194
Контроль	36
Вид итогового контроля (трудоемкость в зачетных единицах)	Зачёт 1 семестр, Экзамен 2 семестр

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Количество часов
Лекции	30
Практические занятия	64
Лабораторные занятия	–
Консультации	2
Зачёт/ зачёты	0,25
Экзамен/ экзамены	0,35
Курсовые работы	3
Всего	99,6

5. . Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

5.1. Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего зач.ед/ час	Аудиторные		Самостоят. работа
			Лекции	Практ.	
1	Кристаллические и аморфные тела	34/0,94	2	8	24
2	Эксплуатационные свойства материалов	36/1	4	8	24
3	Структура литых материалов	38/1,06	2	8	28
4	Теория сплавов	46/1,28	6	10	30
5	Железо и сплавы на его основе	46/1,28	6	10	30
6	Термическая и химико-термическая обработка сплавов	48/1,28	6	12	30
7	Классификация материалов	40/1,11	4	8	28
	ВСЕГО:	288/8	30	64	194

5.2. Содержание дисциплины

1. Кристаллические и аморфные тела.

Типы кристаллических решеток. Явление полиморфизма. Фазовый состав сплавов. Невершенства и дефекты кристаллической решетки. Жидкие кристаллы. Неметаллические материалы (полимеры, стекло, керамика).

2. Эксплуатационные свойства материалов.

Механические свойства. Виды испытаний. Физические свойства (плотность, теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение, электропроводность, электрические и магнитные). Коррозионная стойкость.

3. Структура литых материалов.

Кристаллизация твердых растворов. Макроструктура слитка. Получение монокристаллов. Аморфные сплавы. Нанокристаллические материалы.

4. Теория сплавов.

Методы построения диаграмм сплавов. Диаграммы состояний сплавов с неограниченной или ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Эвтектика и перитектика. Диаграмма состояния системы с образованием химического соединения. Диаграмма состояния системы при наличии полиморфных превращений отдельных компонентов. Эвтектоидная и перитектоидная реакции. Экспериментальные методы получения диаграмм состояния. Понятие о диаграммах состояния трехкомпонентных систем.

5. Железо и сплавы на его основе.

Компоненты и фазы системы железо – углерод. Диаграммы состояния железо – цементит и железо – графит. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали. Легирующие элементы и структурные классы сталей. Чугуны. Превращения в сплавах системы железо – графит и железо – цементит.

6. Термическая и химико-термическая обработки сплавов.

Виды термической обработки. Отжиг первого и второго рода. Гомогенизационный отжиг. Отжиг, уменьшающий остаточные напряжения. Нормализация. Закалка с полиморфным превращением. Закалка без полиморфного превращения. Отпуск. Старение. Термомеханическая обработка. Поверхностная закалка. Глубина упрочненного слоя. Диффузионное насыщение. Цементация, азотирование, нитроцементация. Диффузионная металлизация. Другие виды диффузионного насыщения. Методы интенсификации химико-термической обработки.

7. Классификация материалов.

Конструкционные, материалы с особыми свойствами, инструментальные. Ювелирные материалы. Порошковые и композиционные материалы.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Основное содержание предмета излагается в лекциях, аудиторные практические занятия позволяют закрепить приобретенные знания и проверить степень усвоения их при решении базовых для предмета задач. Дальнейшее закрепление материала происходит при самостоятельной работе с теоретической частью предмета и при решении заданного объема задач. Для получения допуска к зачету необходимо полностью решить эти задачи. Студентам предлагается использовать рекомендованную литературу для более прочного усвоения учебного материала, изложенного на лекциях, а также для изучения материала, запланированного для самостоятельной работы.

Студенты должны регулярно изучать лекционный материал, поскольку пропущенные термины и понятия, неизученный материал не позволят полноценно освоить последующие лекции и получить необходимый объем знаний по изучаемому

предмету, что приведёт в итоге к «пробелу» в комплексе знаний, необходимых физику. Курс строится таким образом, что понятия, введённые на предшествующих лекциях, широко используются в дальнейшем.

Для глубокого понимания предмета студенту недостаточно только разбирать лекции, необходимо также уметь применять полученные на лекциях знания в ходе практических занятий. Умением решать задачи проверяется полнота усвоения полученных теоретических знаний. Студент обязан решать вместе с преподавателем на практических занятиях предлагаемые задачи, а, кроме того, обязательно решать однотипные задачи, предложенные для самостоятельной (внеаудиторной) работы.

В первом разделе дисциплины студенты изучают кристаллографические и аморфные тела. Здесь нужно рассмотреть типы химической связи в твердых телах. Основное внимание обратить на особый тип металлической связи. Необходимо разобрать виды несовершенств кристаллического строения и особенно строение дислокаций (линейных несовершенств), причины их легкого перемещения в кристаллической решетке и влияния на механические свойства.

Стоит разобрать теоретические основы процесса кристаллизации, состоящего из двух элементарных процессов зарождения и роста кристаллов и проследить определяющее влияние на эти параметры степени переохлаждения.

При изучении процесса кристаллизации необходимо иметь в виду решающее значение реальной среды в формировании структуры литого металла, а также возможность искусственного воздействия на строение путем модифицирования.

Второй раздел посвящен эксплуатационным свойствам материалов. Здесь нужно акцентировать внимание учащихся на рассмотрении физической природы деформации и разрушения. Особое внимание уделить механизму пластической деформации, ее влиянию на микро- и субмикроструктуру, а также на плотность дислокаций. Разобрать с магистрантами сущность явления наклепа и его практическое использование.

Необходимо разъяснить сущность рекристаллизационных процессов и как при этом изменяются механические и физико-химические свойства. Установить со студентами различие между холодной и горячей пластическими деформациями.

В третьем разделе изучается структура литых сплавов, поэтому следует рассмотреть устройство доменной печи и основные физико-химические процессы, протекающие в ней, продукты доменной плавки и их применение. Объяснить устройство современных кислородных конвертеров, мартеновских и электрических печей с протекающими в них физико-химическими процессами при выплавке стали.

Четвертый раздел связан с углубленным изучением теории сплавов. Прежде всего, следует рассмотреть что такое твердый раствор, химическое (металлическое) соединение, механическая смесь. Нужно разъяснить общую методику построения диаграммы состояния для различных случаев взаимодействия компонентов в твердом состоянии.

С помощью правила Курнакова научить устанавливать связь между составом, строением и свойствами сплава.

Пятый раздел содержит сведения о железе и его сплавах. Первоочередное внимание стоит уделить определению студентами фаз и структурных составляющие системы железо – углерод, а также построению с помощью правила фаз Гиббса кривых охлаждения (или нагревания) для любого сплава. Студенты должны четко разбираться в классификации железоуглеродистых сплавов и усвоить, что различие между тремя классами (техническое железо, сталь, чугун) не является формальным (по содержанию углерода).

Далее следует изучить влияние легирующих элементов на критические точки железа и стали и объяснить, при каком сочетании углерода и соответствующего легирующего элемента могут быть получены легированные стали ферритного, перлитного, аустенитного и ледебуритного классов.

И на последнем этапе следует объяснить влияние постоянных примесей на свойства стали и чугуна и разобрать различия в металлической основе чугунов. Обратить внимание на способы получения ковких и высокопрочных чугунов. Кроме того, должна быть изучена физическая сущность процесса графитизации.

Шестой раздел посвящён термической и химико-термической обработке сплавов. Термическая обработка - один из основных способов влияния на строение, а следовательно, и на свойства сплавов.

При изучении превращений переохлажденного аустенита особое внимание стоит обратить на диаграмму изотермического распада. Разобрать механизм и особенности перлитного, промежуточного и мартенситного превращений. Разъяснить различие и сходство одноименных структур, получаемых при диффузионном превращении аустенита и отпуске закаленной стали. Объяснить практическое значение термокинетических диаграмм.

Далее следует изучить влияние легирующих элементов на кинетику и характер превращения аустенита. Выяснить со студентами влияние легирующих элементов на превращения при отпуске.

При изучении технологических процессов термической обработки особое внимание нужно обратить на разнообразие режимов и их назначение.

Объяснить различие между закаливаемостью и прокаливаемостью стали. При изучении индукционной закалки установить связь между глубиной закаленного слоя и частотой тока.

При изучении основ химико-термической обработки следует исходить из того, что принципы химико-термической обработки едины. Нужно рассмотреть реакции в газовой среде при цементации или азотировании и разъяснить современные представления о диффузии в металлах.

В конце раздела разобрать технологию проведения отдельных видов химико-термической обработки. Акцентировать внимание на преимуществах и областях использования цементации, азотирования, цианирования, нитроцементации и различных видов диффузионной металлизации.

В заключительном разделе дисциплины магистранты изучают классификацию материалов. Важное значение здесь имеют принципы маркировки стали и умение по марке определить состав и особенности данной стали. Особое внимание следует уделить технологическим особенностям термической обработки легированной стали различных групп.

Затем рассматриваются способы классификации (по структуре в нормализованном состоянии и, что особенно важно, по назначению), основные принципы выбора для различного назначения цементуемых, улучшаемых, пружинно-рессорных и других сталей.

Изучается классификация инструментальных сталей в зависимости от применения инструмента и в связи с этим рассматриваются основные эксплуатационные свойства инструмента каждой группы. Особое внимание стоит уделить быстрорежущим сталям. Объяснить причины их высокой красностойкости и особенности термической обработки.

При изучении штамповых сталей необходимо акцентировать внимание на различии в условиях работы штампов для деформирования металла в холодном состоянии и штампов для деформирования металла в горячем состоянии.

Необходимо пояснить, что собой представляют стали и сплавы с особыми свойствами, для каких условий работы они предназначены. Студентам нужно знать их химический состав, влияние состава и термической обработки на свойства. Затем рассмотреть основные принципы выбора износостойких, шарикоподшипниковых, нержавеющей, жаропрочных и других сталей.

При изучении жаропрочных сталей обратить внимание на особенности поведения металла под нагрузкой при повышенных температурах. Объяснить сущность явления ползучести.

Разобрать классификацию медных сплавов и их маркировку, а также состав, структуру, свойства и область применения разных групп медных сплавов.

Следует обратить внимание на основные преимущества алюминиевых и магниевых сплавов, связанные с их высокой удельной прочностью. Рассмотреть классификацию алюминиевых сплавов и обосновать студентам технологический способ изготовления изделий из сплавов каждой группы. Разобрать основы теории термической обработки (закалки и старения) легких сплавов.

Представляется полезным привлекать магистрантов к переводу с английского языка выходящих в периодической печати научных статей по тематике курса с последующим обсуждением на семинарах.

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Кристаллические и аморфные тела	Обзор литературы	24	Для подготовки к ответу рекомендуется пользоваться учебниками [1-3] из списка основной литературы	Устный опрос
2	Эксплуатационные свойства материалов	Решение индивидуальных заданий	24	Для подготовки к решению индивидуальных заданий рекомендуется пользоваться учебными пособиями [1-3] из списка основной литературы	Индивидуальная проверка
3	Структура литых материалов	Решение задач по теме, подготовка докладов	28	Для подготовки к решению индивидуальных заданий рекомендуется пользоваться учебными пособиями [1-3] из списка основной литературы	Индивидуальная проверка, презентация докладов
4	Теория сплавов	Решение задач по теме	30	Для подготовки к решению индивидуальных заданий рекомендуется пользоваться учебными пособиями [1-3] из списка основной литературы	Индивидуальная проверка
5	Железо и сплавы на его основе	Аналитический обзор литературы, подготовка докладов	30	Для подготовки к решению индивидуальных заданий рекомендуется пользоваться учебными	Выступление с презентацией

				пособиями [1–3] из списка основной литературы	
6	Термическая и химико-термическая обработка сплавов	Обзор литературы, решение задач	30	Для подготовки к решению индивидуальных заданий рекомендуется пользоваться учебными пособиями [1–3] из списка основной литературы	Устный опрос, проверка решений
7	Классификация материалов	Решение задач по теме	28	Для подготовки к решению индивидуальных заданий рекомендуется пользоваться учебными пособиями [1–3] из списка основной литературы	Индивидуальная проверка

6.2. Тематика и задания для практических занятий

Тема 1.

Кристаллические и аморфные тела

Задания:

Решите задачу:

Задача № 1. Рассчитайте число атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку в решетках ОЦК, ГЦК, ГПУ.

Сформулируйте ответы на вопросы:

1. Каковы характерные свойства металлов и чем они определяются
2. Виды дислокаций и их строение.
3. В чем физическая сущность процесса кристаллизации?
4. Какова связь между величиной зерна, скоростью зарождения, скоростью роста кристаллов и степенью переохлаждения?

Методические рекомендации: Рассмотрите типы химической связи в твердых телах. Основное внимание обратите на особый тип металлической связи. Необходимо разобраться в видах несовершенств кристаллического строения и особенно в строении дислокаций (линейных несовершенств), причинах их легкого перемещения в кристаллической решетке и влияния на механические свойства.

Разберитесь в теоретических основах процесса кристаллизации, состоящего из двух элементарных процессов зарождения и роста кристаллов и в определяющем влиянии на эти параметры степени переохлаждения.

При изучении процесса кристаллизации необходимо иметь в виду решающее значение реальной среды в формировании структуры литого металла, а также возможность искусственного воздействия на строение путем модифицирования.

Тема 2.

Эксплуатационные свойства материалов

Задания:

Решите задачи:

Задача № 1 При получении стального листа толщиной 1,5 мм холодной прокаткой значительно повысилась твёрдость. Объясните причину этого явления.

Задача № 2 Полосы свинца были прокатаны при температуре 20 °С с $\epsilon = 20, 30, 40, 60 \%$. Будут ли отличаться свойства этих полос? Ответ обосновать.

Задача № 3 Детали, изготовленные из прутков меди диаметром 25 мм, должны иметь НВ 300 Мпа. На заводе имеются лишь прутки диаметром 40 мм и НВ 220 Мпа. Укажите, как можно использовать имеющиеся прутки для изготовления деталей с заданными свойствами.

Задача № 4 Детали из низкоуглеродистой стали после холодной штамповки в разных сечениях имели разную твёрдость (от 1000 до 16000 Мпа). До штамповки сталь имела твердость 900 Мпа. Объясните неодинаковость свойств по сечению детали.

Задача № 5 Образец высотой 20 мм был осажен до 15 мм. Рассчитайте степень деформации ϵ .

Задача № 6 При изготовлении стального листа методом прокатки возникли трещины. В чем причина этого явления? Ответ обоснуйте.

Задача № 7 При испытании на выносливость были изучены два образца – шлифованный и полированный. Какой из образцов имел более высокий предел выносливости и почему?

Задача № 8 У одного и того же материала были определены значения КСЧ, КСЧ, КСТ. Какое из значений было самым высоким и почему?

Задача № 9 Необходимо измерить твёрдость у образцов из мягкого алюминиевого сплава и твердой закалённой стали. Какие методы замера твёрдости должны быть рекомендованы для этого и почему?

Задача № 10 Для вновь созданного металлического сплава необходимо определить характеристики прочности и пластичности. Какой метод испытаний вы рекомендуете и как проводится определение этих свойств?

Задача № 11 В деталях из алюминия, изготовленных штамповкой, в некоторых сечениях после рекристаллизационного отжига получилось очень крупное зерно. Чем можно объяснить это явление?

Задача № 12 Определите температуру рекристаллизационного отжига латуни, если температура плавления ее 980°С.

Задача № 13 Образцы железа после холодной деформации на 80 % нагревались до температуры 300, 500, 600, 650, 700°С. Укажите, при какой Т° произойдет резкое падение твердости и укажите причину этого явления ($T_{пл}$ железа - 1539°С)

Задача № 14 При изготовлении волочением стальной проволоки ее пластичность оказалась очень низкой. Каким образом можно увеличить ее пластичность, укажите причину и режимы обработки.

Задача № 15 Зубчатое колесо из стали 45 получено горячей штамповкой (Т° конца штамповки - 800°С). Объясните, почему в данном случае при деформации не произошло увеличение твердости (наклепа).

Сформулируйте ответы на вопросы:

1. В чем различия между упругой и пластической деформациями?
2. Как влияют состав сплава и степень пластической деформации на температуру рекристаллизации?
3. Что такое критическая степень деформации?

Тема 3.

Структура литых материалов

Задания:

Решите задачи:

Задача № 1 Теоретическая температура плавления свинца 327 °С. К началу кристаллизации жидкий металл переохладил до 200 °С. Чему равна степень переохладения ΔT ?

Задача № 2 Температура кристаллизации меди 1090 °С. Один слиток меди затвердел с переохладением 100 °С, а другой – 500 °С. Зарисовать образовавшуюся структуру слитка и объяснить результат.

Сформулируйте ответы на вопросы:

1. Каковы характерные свойства металлов и чем они определяются?
2. Виды дислокаций и их строение.
3. В чем физическая сущность процесса кристаллизации?
4. Какова связь между величиной зерна, скоростью зарождения, скоростью роста кристаллов и степенью переохладения?

Тема 4.

Теория сплавов

Задания:

Решите задачи:

Задача № 1 Неограниченно растворяются в друг друга Cu и Ni. Объясните, приведите причины, которые определяют подобное взаимодействие компонентов.

Задача № 2 Почему никель неограниченно растворяется в железе γ и ограниченно в железе модификации α ?

Задача № 3 Какие соединения могут образовывать между собой медь и цинк, медь и алюминий, железо и азот, железо и водород?

Сформулируйте ответы на вопросы:

1. Какие имеются разновидности строения двухкомпонентных сплавов?
2. Что называется фазой, компонентом, степенью свободы, системой, структурой?
3. Какая существует связь между видом диаграмм состояния сплавов и их свойствами?

Тема 5.

Железо и сплавы на его основе

Задания:

Решите задачи:

Задача № 1 Постройте кривую охлаждения для стали с 4 %С и объясните процессы образования структуры в этой стали.

Задача № 2 Какую структуру будет иметь сталь с содержанием углерода 1,2 % при температуре 750°С? Что изменится в структуре этой стали, если ее нагреть еще выше - до температуры 950°С?

Задача № 3 Что происходит в структуре стали с 3,6 %С при охлаждении в его интервале температур между линиями ECF и PSK диаграммы?

Задача № 4 Какие фазы и структурные составляющие можно получить в сплаве с 0,01 % С при его охлаждении от 1550°С до комнатной температуры? Какие фазовые превращения при этом проходят в сплаве?

Задача № 5 Определить состав эвтектоида в сплаве с 0,7 % С, если сплав был переохлажден до 700 °С.

Задача № 6 Отливка толщиной 50 мм отливается из серого чугуна; с 3,2 % С. В качестве графитизатора был добавлен кремний в количестве 1,5 %. Какую структуру будет иметь отливка?

Задача № 7 Для отливки толщиной стенки 60 мм необходимо иметь структуру серого технического чугуна на перлитной основе. Был рекомендован чугун с

содержанием углерода и кремния (в сумме) 3,5 %. Возможно ли получение заданной структуры в этом чугуна. Ответ обосновать.

Задача № 8 Отливка чугуна с 3,5 % C и 1,5 % Si имела структуру графита на перлитной основе. Сколько углерода находится в графитной фазе и сколько приходится на металлическую основу? Ответ обосновать.

Задача № 9 Для отливки серого чугуна необходимо иметь сочетание твердости в пределах 250-260 НВ при сохранении достаточной пластичности. Какой чугун надо применить в данном случае, как получить его?

Задача № 10 Какую структуру будет иметь чугун системы Fe-C-Si-Mg при содержании углерода 3,2 % и кремния 2 %? Где применяется это чугун?

Сформулируйте ответы на вопросы:

1. Каковы структура и свойства технического железа, стали и белого чугуна?
2. Какие легирующие элементы являются карбидообразующими?
3. Какие легирующие элементы способствуют графитизации?
4. Каковы структуры серых чугунов?
5. Как получают высокопрочный чугун? Строение, свойства и назначение. Влияние форм графита на свойства чугунов.

Тема 6.

Термическая и химико-термическая обработка сплавов

Задания:

Решите задачи:

Задача №1 Укажите структуру стали 45, которая образуется при нагреве до температуры 700°C, 750°C, 850°C, 950°C, 1000°C, если сталь при выплавке дополнительно была раскислена алюминием в ковше? Изменится ли структура стали при подобном нагреве, если сталь раскислить только FeSi или FeMn?

Задача № 2 Детали из стали У8 подверглись нагреву на температуру 780°C, после чего одна партия деталей охлаждалась с печью (очень медленно), а другая партия была перенесена в печь с температурой 500°C и выдерживалась в ней 2 часа. Какая структура будет у деталей I и II партий после обработки и будут ли отличаться их свойства?

Задача № 3 В сталях после нагрева на температуру 770°C образовались α мартенсит + цементит + Ауст. Определить ориентировочно содержание углерода в сталях с разной структурой.

Задача № 4 Образцы стали У8 были нагреты на температуру 770°C и после выдержки охлаждались в разных средах - на воздухе, в масле, в воде, растворе NaCl в воде. После охлаждения образцы имели разную твердость. Объясните причину этого явления.

Задача № 5 В чем различие в фазовом составе и строении продуктов отпуска при 650 С и продуктов изометрического превращения переохлажденного аустенита при той же температуре в стали с содержанием углерода 0,4 %?

Задача № 6 В стали с содержанием углерода 0,45 % необходимо получить наилучшее сочетание свойств прочности и пластичности. Рекомендовать температуру пуска для этой стали и объяснить сделанный выбор.

Задача № 7 Образцы из стали 40 были подвергнуты полной и неполной закалке. При этом получили разную твердость. Чем объяснить это явление?

Задача № 8 Термической обработке - закалке подвергаются детали, у которых недопустимо образование даже микроскопических закалочных трещин в поверхностном

слое. Какой режим охлаждения необходимо дать этой детали и почему он содействуют предотвращению образования трещин?

Задача № 9 На завод поступили заготовки из стали с 1,2 %С, имеющие структуру зернистого перлита. Эту сталь предусмотрено использовать для режущего инструмента-фрез. Какой вид обработки надо дать этой стали для получения рабочей структуры $M_{от} + K$?

Задача № 10 Вал переменного сечения из стали был нагрет на температуру $AC_3 + 50^\circ$ и закален в масло. В разных сечениях вала твердость оказалась разная, в сечении >100 мм она была ниже, чем в меньших сечениях. Объясните причину этого явления.

Задача № 11 Стали 35 и У8 после закалки в воде имели различную твердость. Чем можно объяснить это явление?

Задача № 12 Для стальных деталей закалка в масло заменена изотермической закалкой. Как изменится структура и свойства сталей после такой обработки?

Задача № 13 Стальной лист после пластического деформирования имеет высокую твердость, низкую пластичность, что затрудняет его дальнейший технологический передел. Какую обработку следует рекомендовать для повышения пластичности?

Задача № 14 С помощью диаграммы состояния Fe-Fe₃C определите температуры полного и неполного отжига, а также нормализации для сталей 20, 60. Охарактеризуйте микроструктуру и свойства каждой стали после этих видов термической обработки.

Задача № 15 Слитки стали были нагреты на температуру 1150°C с длительной выдержкой, а потом были медленно охлаждены на воздухе. Какой вид обработки был дан слиткам, с какой целью и какая структура при этом образовалась?

Задача № 16 Необходимо улучшить обрабатываемость резанием инструментальной стали У9. Какую обработку надо дать заготовке из этой стали и почему эта обработка улучшит режущие свойства стали У9?

Задача № 17 После отливки в изложницу сталь имела ярко выраженную дендритную ликвацию, что могло бы отрицательно сказаться на ее свойствах после пластической деформации слитка. Какую обработку необходимо дать слитку для устранения подобного явления и что является причиной устранения ликвации?

Задача № 18 После обработки резанием поверхность детали получила значительный наклеп за счет давления резца на ее поверхность. Появление наклепанного слоя может привести к дефектам на поверхности детали. Каким способом можно устранить это явление, какие процессы, проходящие при этом в стали, способствуют этому?

Задача № 20 В сплаве на основе алюминия в процессе естественного старения снизилась пластичность. Что является причиной этого, как повысить пластичность снова?

Задача № 21 После определенного времени выдержки при искусственном старении прочность сплава Д16 на основе Al стала снижаться. Что является причиной данного явления?

Задача № 22 Поверхностная закалка с использованием нагрева ТВЧ позволяет намного повысить усталостную прочность изделия из стали 45. Что является причиной этого?

Задача № 23 Нагрев под закалку токами высокой частоты проводится до температур 1100-1150°C, однако при этом не наблюдается потери вязкости, как при печном нагреве под закалку до этих же температур. Что является причиной этого явления?

Задача № 24 Необходимо упрочнить поверхности крупных прокатных валков. Какой вид обработки надо применить и почему?

Задача № 25 Необходимо повысить твердость и износостойкость внутреннего отверстия в детали сложной формы. Какой вид термической обработки надо рекомендовать в этом случае и почему?

Задача № 26 Кольцо подшипника из стали ШХ15СГ изготавливают путем раскатки заготовки при температуре 1000 С. Как будут отличаться механические свойства, если закалку провести сразу после пластического деформирования (раскатки), а не после охлаждения на воздухе и повторной закалки по обычному режиму?

Задача № 27 Как меняется структура цементованного слоя от поверхности вглубь изделия, если концентрация углерода на поверхности 1,2 % (используйте диаграмму Fe-Fe₃C)?

Задача № 28 Шестерне из стали с содержанием углерода 0,2 % необходимо обеспечить высокую твердость и износостойкость поверхности при достаточно вязкой сердцевине. Назначьте вид, режимы термообработки, которая поможет решить эту задачу.

Задача № 29 Какому виду ХТО необходимо подвергнуть деталь для придания ей высокой коррозионной стойкости в морской воде?

Задача № 30 Какой способ обработки ХТО рационально использовать для повышения окалиностойкости чугунных колосников топок котлов?

Сформулируйте ответы на вопросы:

1. Механизм образования аустенита при нагреве стали.
2. Каковы механизмы и температурные районы образования структур перлитного типа (перлита, сорбита, троостита) и бейнита?
3. Что такое мартенсит и в чем сущность и особенности мартенситного превращения?
4. Чем отличаются структуры троостита, сорбита и перлита отпуска от одноименных структур, образующихся при превращении переохлажденного аустенита?
5. Как влияют легирующие элементы на перлитное превращение?
6. Приведите определения основных видов термической обработки: отжига, нормализации, закалки и отпуска.
7. Природа фазовых и термических напряжений.
8. Разновидности закалки, и в каких случаях они применяются.
9. Охлаждающие среды при закалке и их особенности.
10. Виды и причины брака при закалке.
11. Для чего и как производится обработка холодом?
12. В чем особенности термической обработки легированной стали?
13. В чем сущность и особенности термомеханической обработки?
14. Каковы преимущества поверхностной индукционной закалки?
15. В чем заключаются физические основы химико-термической обработки?
16. Назначение и режимы термической обработки после цементации.
17. Для каких целей и как производятся цианирование и нитроцементация?
18. Сущность процесса диффузионного хромирования.

Тема 7.

Классификация материалов

Задания:

Сформулируйте ответы на вопросы:

1. Расшифруйте химический состав стали марок: 40, 20Х, 18Х2Н4ВА, 30ХГСА, 50Г.
2. Чем определяется выбор марки улучшаемой стали для изделий различного назначения? Примеры марок стали, используемых в различных условиях работы.
3. Термическая обработка рессорно-пружинной стали.
4. Расшифруйте химический состав стали марок: У10, 9ХС, ХВГ, Р18, Р9М4К8, Х12, 6ХВ2С.
5. Требования, предъявляемые к сталям для режущего инструмента.
6. Какова термическая обработка быстрорежущей стали?

7. Что представляют собой твердые сплавы? Каковы их свойства и преимущества?
8. Особенности термической обработки шарикоподшипниковых сталей.
9. Каковы требования, предъявляемые к коррозионностойким сталям?
10. Что такое окалиностойкость?
11. В чем особенность термической обработки мартенситностареющих сталей?
12. Что такое ползучесть сплава?
13. Какие сплавы относятся к латуням и бронзам?
14. Как классифицируются алюминиевые сплавы?
15. В чем сущность процесса старения?
16. Какие требования предъявляются к подшипниковым сплавам скольжения?
17. Каковы особенности титановых сплавов и область их применения?

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. *Материаловедение* : Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. - 5-е изд., стер. - М. : МГТУ, 2003. - 648 с.

<http://library.ksu.edu.ru/ShowMarc.asp?docid=28198>

2. *Лахтин, Ю. М.* Материаловедение : учеб. для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1990. - 526, [2] с.

<http://library.ksu.edu.ru/ShowMarc.asp?docid=167303>

3. *Белкин, П. Н.* Механические свойства, прочность и разрушение твердых тел : [учеб. пособие]. - Кострома : КГУ, 2005. - 189 с.

<http://library.ksu.edu.ru/ShowMarc.asp?docid=33099>

б) дополнительная литература:

1. *Лахтин, Ю. М.* Азотирование стали. - Москва : Машиностроение, 1976. - 256 с.

с. <http://library.ksu.edu.ru/ShowMarc.asp?docid=167302>

2. *Лахтин, Ю. М.* Металловедение и термическая обработка металлов : Учебник для металлург. спец. вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Металлургия, 1976. - 407 с.

3. *Бошин С. Н.* Металлы и сплавы для художественных изделий / С. Н. Бошин, В. И. Куманин, Л. А. Ковалева, В. А. Гусев, А. Б. Белихов. – Кострома: Изд-во КГТУ, 1997. – 259 с. <http://library.ksu.edu.ru/ShowMarc.asp?docid=167305>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Информационно-образовательные ресурсы:

1. Библиотека ГОСТов. Все ГОСТы, [Электронный ресурс], URL:<http://vsegost.com/>

Электронные библиотечные системы:

1. <http://studentam.net>

2. <http://mexalib.com>

3. <http://booksee.org>

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория для лекций

Лекционные занятия проводятся в аудиториях с требуемым числом посадочных мест, оборудованные мультимедиа (например, корпус Е, № 226, количество посадочных мест – 60, мультимедийный комплекс, включающий экран, компьютер и проектор)

Аудитория для практических занятий:

Корпус Е, № 304, количество посадочных мест – 24.

Аудитории для самостоятельной работы:

Читальный зал корпуса «Е», количество посадочных мест – 22, 9 компьютеров (6 для читателей, 3 для сотрудников); 1 сканер.

Читальный зал корпуса «Б1», количество посадочных мест – 200. 3 компьютера для сотрудников; 1 принтер; 1 копир/принтер; 1 проектор; 2 экрана для проектора; 1 ворота «Антивор»; 1 WIFI-точка доступа. Лицензионное ПО: АИБС МаркSQL.

Компьютерный класс, корпус "Е", ауд.227, количество посадочных мест – 16, Блок системный КМ Office ТЗ-4170, монитор Philips. Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софт-лайн Проекты, MathCAD Education договор № 208/13 от 10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.