

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ /Г.Х. Шарипзянова/

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**Программа вступительного испытания по комплексному экзамену для  
поступающих на обучение  
по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
22.06.01 Технологии материалов**

## Введение

Программа вступительного испытания в аспирантуру по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов» разработана в соответствии с требованиями базовых учебных программ технических специальностей высших учебных заведений для профилей подготовки:

- материаловедение (машиностроение);
- материаловедение (полиграфия);
- обработка металлов давлением;
- литейное производство.

Программа вступительного испытания по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов» учитывает область будущей профессиональной деятельности выпускников и включает сферы науки, техники, технологий и педагогики, охватывающие совокупность задач направления, в том числе: синтез новых материалов, проектирование и эксплуатация технологического оборудования для опытного и серийного производства материалов и изделий, разработка методов и средств контроля качества материалов и технической диагностики технологических процессов производства, определение комплекса структурных и физических характеристик материалов (механических, теплофизических, оптических, электрофизических и других), соответствующих целям их практического использования.

Программа вступительного испытания по направлению 22.06.01 «Технологии материалов» позволяет оценить уровень подготовки, необходимый для успешного освоения программы обучения и получения компетенций, соответствующих объектам профессиональной деятельности выпускников с учетом избранной отрасли научного знания, а также научных задач междисциплинарного характера, в том числе:

- методы проектирования перспективных материалов с использованием многомасштабного математического моделирования и соответствующее программное обеспечение;
- методы и средства нано- и микроструктурного анализа с использованием микроскопов с различным разрешением (оптических, электронных, атомно-силовых и других) и генераторов заряженных частиц;
- технологическое оборудование, для формообразования изделий, объемной и поверхностной обработки материалов на основе различных физических принципов (осаждение, спекание, закалка, прокатка, штамповка, намотка, выкладка, пултрузия, инфузия и другие), включая главные элементы оборудования, такие, например, как реакционные камеры, нагреватели, подающие механизмы машин и приводы;
- технологические режимы обработки материалов (регламенты), обеспечивающие необходимые качества изделий;
- методы и средства контроля качества и технической диагностики технологических процессов производства;
- методы и средства определения комплекса физических характеристик материалов (механических, теплофизических, оптических, электрофизических и других), соответствующих целям их практического использования.

## РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. На вступительное испытание поступающие допускаются при наличии документа, удостоверяющего личность и гражданство (паспорта), и расписки о подаче документов.

2. Форма проведения вступительного испытания: письменный комплексный междисциплинарный экзамен и устное собеседование по вопросам профильной части и реферату. Комплексный междисциплинарный экзамен включает следующие части:

- оценка общего уровня подготовленности, соответствующего направлению подготовки (общая часть);

- оценка уровня подготовленности по профилю программы, реализуемой в рамках направления подготовки (профильная часть);

- оценка степени проработанности темы научно-исследовательской работы, планируемой к реализации в рамках программы обучения по направлению подготовки (реферат).

3. По результатам вступительного испытания поступающему по 100-балльной системе выставляется оценка от нуля до ста баллов. Минимально необходимое количество баллов по 100-балльной системе составляет 40 баллов, ниже которых вступительное испытание считается несданным. Итоговая оценка вступительного испытания определяется путем суммирования количества баллов, полученных по каждой части комплексного междисциплинарного экзамена. Максимальное количество баллов по каждой части экзамена представлено в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование	Максимальное кол-во баллов	Кол-во вопросов
1	Общая часть (письменно)	20	1
2	Профильная часть (письменно)	40	2
3	Собеседование по профильной части (устно)	20	-
4	Собеседование по реферату	20	-
Итого:		100	

4. Экзаменационный билет содержит 3 контрольных вопроса по дисциплинам, указанным в программе вступительного испытания, в том числе: общая часть – 1 вопрос, профильная часть – 2 вопроса. Собеседование проводится по вопросам профильной части и представленного реферата.

Ответ на каждый на вопрос комплексного междисциплинарного экзамена оценивается в соответствии со шкалой оценивания (таблица 2). Максимальная оценка за ответ на вопрос составляет 20 баллов. Время выполнения письменного задания составляет – **45** минут.

Баллы	Критерий выставления оценки
16-20	Демонстрация отличных знаний по заданному вопросу. Умение иллюстрировать теоретические положения эскизами, графиками, формулами. Широкий кругозор по обсуждаемым вопросам.
12-15	Демонстрация твердых знаний по заданному вопросу. Наличие мелких неточностей в ответе и в иллюстративном материале.
8-11	Неплохое знание вопроса, но с заметными ошибками.
5-7	Слабое знание и понимание рассматриваемого вопроса, со значительными ошибками
0-4	Незнание и непонимание рассматриваемого вопроса.

5. Вступительные испытания проводятся в очном формате и с применением дистанционных технологий по расписанию приёмной комиссии университета, размещенному на официальном сайте университета.

Экзаменационные аудитории по каждому направлению подготовки объявляются за 1 день до начала вступительного испытания в очном формате.

6. Вступительные испытания с применением дистанционных технологий проводятся на выделенном образовательном портале Московского Политеха (<http://lms.mospolytech.ru>) (далее – LMS), на котором размещен онлайн-курс «ВИА2021\_<Код и Наименование ООП>» для приема вступительного испытания (Например, «ВИА2021\_22.06.01\_«Материаловедение (машиностроение)»). Взаимодействие между участниками вступительных испытаний (председателем, членами комиссий и абитуриентами) осуществляется с применением дистанционных технологий и видеоконференцсвязи в системе Zoom, Cisco Webex Meet. Ссылка на видеоконференцию размещается на онлайн-курсе на портале LMS. Конкретный вид используемого программного продукта будет указан приёмной комиссией.

7. Онлайн-курс «ВИА2021 <Код и Наименование ООП>», предназначенный для проведения ВИА, содержит разделы для загрузки письменных ответов и реферата, Программу вступительных испытаний по направлению подготовки, правила проведения ВИА, в т.ч. бланк согласия абитуриента о проведении видеofиксации хода испытаний.

8. Регистрация на портале ВИА и доступ к онлайн-курсу «ВИА2021 <Код и Наименование ООП>» осуществляется из личного кабинета абитуриента, сформированного при подаче документов в приемную комиссию Московского Политеха.

9. Ссылка для подключения к видеоконференции ВИА доступна абитуриенту в онлайн-курсе «ВИА2021 <Код и Наименование ООП>» после регистрации на портале ВИА.

10. Перед началом вступительного испытания, поступающим сообщается время и место получения информации о полученных результатах.

11. На вступительных испытаниях разрешается пользоваться: справочной литературой, представляемой комиссией. Запрещено пользоваться средствами связи.

12. Поступающий, нарушающий правила поведения на вступительном испытании, может быть снят со вступительных испытаний. Фамилия, имя,

отчество снятого с испытаний поступающего и причина его снятия заносятся в протокол проведения вступительного испытания.

13. При проведении вступительного испытания уточняющие вопросы поступающих по содержанию экзаменационных вопросов принимаются председателем экзаменационной комиссии, в том числе по телефону и рассматриваются только в случае обнаружения опечатки или другой неточности какого-либо задания вступительного испытания. Председатель экзаменационной комиссии обязан отметить этот факт в протоколе проведения вступительного испытания. Экзаменационной комиссией будут проанализированы все замечания, при признании вопроса некорректным он засчитывается поступающему, как выполненный правильно.

14. Письменные ответы на вопросы оформляются на бланке формата А4 с указанием идентификационных данных абитуриента (Фамилия И.О., номер билета, номер вопроса). Бланк заполняется вручную, разборчивым почерком, ручкой чёрного цвета. Эскизы, схемы выполняются вручную, допускается применение чертёжных инструментов. Каждая страница, содержащая ответ, нумеруется и визируется абитуриентом.

По истечении времени, отведенного на выполнение письменного экзамена, поступающий загружает свой ответ в форме скан-документа (.pdf) или фотографии (.jpg) в онлайн-курсе «ВИА2021 <Код и Наименование ООП>» строго до времени, указанного экзаменационной комиссией.

Время выполнения письменных ответов по билету составляет – 45 минут, время для фотографирования (сканирования) ответов по билету и загрузки информации в систему LMS университета в соответствующем разделе - 20 минут. После указанного времени загрузка ответов будет заблокирована.

15. По окончании отведенного времени Поступающим сообщается время повторного подключения к видеоконференции для участия во втором этапе вступительных испытаний - собеседовании по результатам письменного ответа профильной части билета и собеседование по реферату.

16. Перед прохождением собеседования на портале LMS в онлайн-курсе «ВИА2021<Код и Наименование ООП>» в соответствующий раздел должен быть загружен реферат с визой поступающего в срок не позднее, чем за 1 сутки до начала вступительных испытаний.

17. По окончании вступительного испытания поступающий информируется комиссией о набранных баллах с учетом индивидуальных достижений.

18. При приеме на обучение по программам аспирантуры университет учитывает следующие индивидуальные достижения:

публикации в изданиях, индексируемых в международных базах научного цитирования Web of Science и Scopus - 10 баллов за каждую публикацию;

публикации в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий,

рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертаций («перечень ВАК»), а также авторские свидетельства на изобретения, патенты – 5 баллов за каждую публикацию, авторское свидетельство или патент;

статьи, тексты, тезисы докладов, опубликованные в трудах международных или

всероссийских симпозиумов, конференций, семинаров - 4 балла за каждую публикацию.

дипломы победителей международных и всероссийских научных конкурсов, студенческих олимпиад и творческих фестивалей, тематика которых соответствует направленности подготовки (научной специальности) в аспирантуре - 3 балла за каждый диплом.

прочие публикации - 2 балла за каждую публикацию.

дипломы победителей региональных конкурсов, студенческих олимпиад и творческих фестивалей, тематика которых соответствует направленности подготовки (научной специальности) в аспирантуре - 2 балла за каждый диплом.

наличие удостоверения о сдаче кандидатских экзаменов (для лиц, сдавших кандидатские экзамены за рубежом); справки о наличии законной силы предъявленного документа о сдаче кандидатских экзаменов, выданной Министерством образования и науки Российской Федерации) – 2 балла;

диплом магистра или специалиста с отличием – 1 балл.

19. В случае равенства прав (конкурсный балл, баллы предметов вступительных испытаний в соответствии с приоритетами, индивидуальных достижений) на поступление двух и более поступающих, претендующих на одно место, перечень зачисляемых лиц определяется приемной комиссией Университета на основании рассмотрения личных дел поступающих.

## **РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

Программа вступительных испытаний по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов» предусматривает комплексную оценку знаний и уровня подготовленности поступающего и включает следующие части:

### **1. Оценка общего уровня подготовленности, соответствующая направлению 22.06.01 «Технологии материалов» (общая часть).**

В процессе вступительных испытаний поступающие должны показать знание основных общих вопросов соответствующих направлению подготовки и обнаружить способность: определять основные понятия, указывая на отличительные существенные признаки объектов отображенных в данном понятии; сравнивать изученные объекты; объяснять (интерпретировать) изученные технологии и процессы, т.е. раскрывать их устойчивые существенные связи; приводить собственные примеры; давать оценку изученных процессов, высказывать суждение об их эффективности, уровне и значении; анализировать как количественно, так и качественно основные показатели качества продукции.

### **2. Оценка уровня подготовленности по профилю программы, реализуемой в рамках направления 22.06.01 «Технологии материалов» (профильная часть)**

Вступительное испытание по профилю (специальности) определяет насколько свободно и глубоко лица, поступающие в аспирантуру, владеют теоретическими и практическими знаниями по профильным дисциплинам, которые в будущем могут стать основой их научной-исследовательской деятельности.

### **3. Оценка степени проработанности темы научно-исследовательской работы, планируемой к реализации в рамках программы обучения по направлению 22.06.01 «Технологии материалов» (реферат)**

В реферате излагаются основные положения развития научных исследований по одной из тем по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов», в том числе по теме, планируемой к выполнению научно-квалификационной работы (диссертации).

## **ЧАСТЬ 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ**

### **1.1. Рекомендуемые разделы и темы программы вступительных испытаний**

#### **Тема 1. Сырье как технологический фактор получения и переработки материалов**

Технологические факторы, определяющие условия получения, обработки и переработки материалов. Классификация сырья. Требования, которым должно удовлетворять сырьё. Подготовка и обогащение сырья. Подготовка и обогащение сырья в твердом агрегатном состоянии: дробление, измельчение, грохочение (рассеивание), разделение. Подготовка и обогащение сырья в жидком агрегатном состоянии. Основные методы водоподготовки. Подготовка и обогащение сырья в газообразном агрегатном состоянии. Оптимальное использование сырья.

#### **Тема 2. Термодинамика агрегатных состояний однокомпонентных материалов**

Агрегатное состояние. Фаза. Правило фаз Гиббса. Фазовая диаграмма однокомпонентной системы. Фазовые переходы первого и второго рода. Уравнения состояния. Калорическое и термическое уравнения состояния. Каноническое уравнение состояния. Поверхностная и межфазная энергия. Уравнение Гиббса – Гельмгольца для полной поверхностной энергии и его анализ. Самопроизвольное уменьшение полной поверхностной энергии системы. Влияние поверхностного натяжения на форму твердых тел (принцип Гиббса – Кюри). Условие самопроизвольного течения процессов. Термодинамические закономерности при агрегатных превращениях. Баротропное явление.

#### **Тема 2. Диаграммы состояния многокомпонентных материалов**

Взаимодействие компонентов в сплавах. Диаграммы состояния как отражение взаимодействия компонентов в сплаве. Методы получения диаграмм состояния. Анализ диаграмм состояния по агрегатным состояниям и фазовым превращениям. Правило отрезков. Диаграмма состояния для сплавов, образующих механические смеси кристаллов чистых компонентов (I рода). Диаграмма состояния для сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (II рода). Диаграммы состояния для сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (III рода). Диаграммы состояния для сплавов, в которых компоненты образуют химические соединения (IV рода). Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых имеют полиморфные превращения. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.

#### **Тема 3. Химическая термодинамика в технологиях производства и переработки материалов**

Основные понятия и определения химической термодинамики. Стандартные энтальпии простых веществ и химических соединений. Основные законы термохимии. Следствия из закона Гесса. Условие самопроизвольного протекания процессов. Закон действующих масс. Химическая кинетика. Каталитические процессы. Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье и его применение при получении и переработке материалов

#### **Тема 4. Теория получения металлов и металлических сплавов**

Теория технологий получения и переработки черных металлов и сплавов. Теория доменного производства чугуна. Исходные материалы для получения чугуна и химические процессы в доменной печи. Теория технологий производства сталей (переработки чугуна и металлолома). Физико-химические процессы при получении стали. Мартеновский, конвертерный (кислородно-конвертерный) способы выплавки сталей. Особенности бессемеровского и томасовского процессов. Выплавка стали в электродуговых печах. Достоинства и недостатки способов выплавки сталей. Физико-химическая сущность способов рафинирования стали. Теория технологий получения цветных металлов. Технология пирометаллургического способа получения меди из сульфидных руд. Технология гидрометаллургического способа получения алюминия из алюминиевых руд. Физико-химические основы получения глинозема по Байеру и его электролиза. Технология получения титана из ильменита: получение титанового шлака восстановительной плавкой, получение тетрахлорида титана хлорированием титановых шлаков, производство титана (губки, порошка) магнийтермическим восстановлением из тетрахлорида.

#### **Тема 5. Теория получения полимерных материалов с заданной структурой**

Получения полимерных материалов со стереорегулярной структурой. Катализаторы Циглера-Натта и оксидометаллические катализаторы. Влияние соотношения реагентов на технологию получения реактопластов на примере синтеза феноло-формальдегидных смол. Теория технологий переработки каучуков и получения резинотехнических изделий.

#### **Тема 6. Теория получения композиционных материалов и изделий из них**

Принципы конструирования изделий из ПКМ. Композиты с полимерной матрицей (ПКМ). Химическое строение, процессы отверждения и свойства полимерных матриц (эпоксидных, полиэфирных, фенол- и карбамидоформальдегидных, кремнийорганических). Армирующие материалы – стеклянные и углеродные волокна, нити, ткани, органические волокна. Влияние структуры и анизотропии армирующих материалов на свойства ПКМ. Технология получения и переработки ПКМ (прессование, контактное формование, вакуумное формование, намотка). Влияние технологии изготовления на прочность, водостойкость ПКМ, несущую способность конструкций из неметаллических материалов.

#### **Тема 7. Методы исследования структуры и испытания материалов**

Металлография, рентгенография, электронная микроскопия. Компьютерная томография. Поляризационная микроскопия. Остаточные напряжения. Фотоупругость прозрачных материалов. Причины возникновения остаточных напряжений и методы контроля напряженно- деформированного состояния в деталях и узлах машиностроения.

Испытания на растяжение. Условные и действительные напряжения. Диаграммы растяжения. Характеристики, определяемые при растяжении. Пределы пропорциональности, упругости и текучести и их определение. Временное сопротивление разрыву. Уравнения Журкова и Бартенева. Равномерное и полное относительное удлинение. Относительное сужение. Работа деформации. Машины для испытаний растяжением.

Прочие статические испытания. Испытания на изгиб и кручение. Твердость материалов. Определение твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу. Микротвердость.

Динамические испытания. Влияние надреза на прочность хрупких и вязких материалов. Уравнение Гриффитса. Распределение напряжений при изгибе надрезанного образца. Хрупкое и вязкое состояния. Влияние формы, глубины надреза и ширины образца. Влияние температуры испытания и скорости приложения нагрузки. Серийные испытания на удар при понижающихся температурах.

Испытания на усталость. Испытания при знакопеременных напряжениях при чистом изгибе вращающегося образца и на консольных образцах. Испытания растяжением и сжатием. Малоцикловая усталость. Кривые усталости и их построение. Кривые повреждаемости. Упругий и пластический гистерезис при циклических испытаниях. Эффект Патрикеева–Маллинза в эластомерах. Связь предела усталости с характеристиками прочности.

Испытания на ползучесть и длительную прочность. Предел ползучести и длительной прочности. Три стадии ползучести. Механизмы деформации при ползучести. Упрочнение и разупрочнение. Влияние температуры испытания. Релаксация напряжений.

Определение износа материала, его основные типы и механизмы изнашивания. Факторы, определяющие износ.

## **1.2. Перечень вопросов по направлению подготовки, выносимых на вступительное испытание**

- 1) Классификация легированных сталей по структуре после охлаждения на воздухе и по назначению. Приведите примеры типичных марок стали различных классов.
- 2) Конструкционные улучшаемые стали: примеры марок, составы, термическая обработка, свойства, структура, назначение.
- 3) Латунь: общая характеристика, основные свойства, структура, применение.
- 4) Бронзы. Общая характеристика, основные свойства, структура, применение.
- 5) Твердые сплавы, состав, способы изготовления, свойства, назначение.
- 6) Основные этапы получения изделий методами порошковой металлургии.
- 7) Литейные чугуны. Виды чугунов.
- 8) Литейные стали. Виды сталей.
- 9) Литейные алюминиевые сплавы. Типы сплавов.
- 10) Литейные медные сплавы. Типы сплавов.
- 11) Литейные композиционные материалы. Примеры их использования в машиностроении.
- 12) Методы лезвийной обработки, применяемой на металлургических производствах.
- 13) Виды термической обработки металлов, применяемой на металлургических производствах.
- 14) Виды металлопроката, изготавливаемого на металлургических производствах.
- 15) Методы выходного контроля качества металлопроката на металлургических производствах.

- 16) Система менеджмента качества (СМК): определение; современные СМК, применяемые на металлургических производствах
- 17) Сырьё как технологический фактор. Способы обогащения сырья в твердом, жидком и газообразном агрегатных состояниях.
- 18) Методы водоподготовки: осветление, снижение жесткости, ионный обмен.
- 19) Агрегатные состояния и фазы. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазовая диаграмма однокомпонентной системы. Тройная точка.
- 20) Правило фаз Гиббса. Критические значения термодинамических параметров, флюиды. Баротропное явление и условие его возникновения.
- 21) Полная поверхностная энергия. Уравнение Гиббса–Гельмгольца. Удельная энергия Гиббса поверхности.
- 22) Условие самопроизвольного изменения поверхностной энергии. Поверхностное натяжение и его зависимость от температуры. Процессы, приводящие к изменению поверхностной энергии при дроблении материала и агрегировании его частиц.
- 23) Металлы и металлические сплавы. Взаимодействие компонентов сплава. Растворы замещения, внедрения. Сплавы с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге. Сплавы с устойчивым химическим соединением.
- 24) Влияние на свойства сплава характера взаимодействия в нем компонентов.
- 25) Кривые охлаждения металлов и сплавов, диаграммы состояния системы из двух компонентов. Температуры и линии фазовых переходов. Линии ликвидуса и солидуса. Эвтектика.
- 26) Остаточные напряжения. Фотоупругость прозрачных материалов. Причины возникновения остаточных напряжений и методы контроля напряженно-деформированного состояния в деталях и узлах машиностроения
- 27) Особенности плавления металлов, сплавов любого и эвтектического состава, химического соединения. Правило отрезков: правило концентраций и правило рычага.
- 28) Диаграммы состояния сплавов из двух компонентов, образующих в твердом состоянии механические смеси чистых кристаллов (диаграммы I рода).
- 29) Диаграммы состояния сплавов из двух компонентов, неограниченно растворимых в твердом агрегатном состоянии (диаграммы II рода).
- 30) Диаграммы состояния сплавов из двух компонентов, образующих растворы с ограниченной растворимостью в твердом агрегатном состоянии (диаграммы III рода).
- 31) Диаграммы состояния сплавов из двух компонентов, образующих устойчивое химическое соединение (диаграммы IV рода).
- 32) Диаграммы состояния сплавов с полиморфным превращением одного из компонентов. Эвтектоида. Анализ диаграмм состояния.
- 33) Зависимость свойств сплава от его состава. Связь диаграммы состояния с диаграммой «состав–свойство». Прогнозирование свойств сплава по его диаграмме состояния.
- 34) Условие самопроизвольного протекания химико-технологических процессов. Энергия Гиббса как функция состояния системы. Зависимость энергии Гиббса от температуры.
- 35) Влияние на технологические процессы различных факторов. Закон действующих масс. Лимитирующая стадия реакции. Влияние температуры на скорость реакции. Уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса.

- 36) Исходные материалы для получения чугунов в домнах с основной футеровкой.
- 37) Исходные материалы для получения чугунов в домнах с кислой футеровкой.
- 38) Физико-химические процессы в доменной печи: химические реакции получения в домнах восстановительной среды, восстановления железа, восстановления примесных элементов и образования шлака. Удаление вредных примесей: фосфора и серы.
- 39) Способы получения сталей: мартеновский, конвертерный, кислородно-конвертерный, в электродуговых печах. Достоинства и недостатки методов.
- 40) Отличие конвертерного и кислородно-конвертерного способов получения стали.

### 1.3. Учебно-методическое обеспечение

#### *Основная литература:*

- 1) Материаловедение. Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. М. Волков, В.М. Зуев – М. : издательство Академия, 2013, 400 с.
- 2) Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов : учеб. пособие / С.А. Оглезнева. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 307 с.
- 3) Материаловедение: учебник для вузов: Малыгин Ф.Л., Стариуов Н.Е., Золотухин В.И., Сергеев Н.Н., Бреки А.Д., Тула: изд-во ТулГУ, 2015, 268 с.
- 4) Конструкционные материалы. Полный курс. М.Эшби, Д.Джонс, Изд. Д м «Интеллект», Долгопрудный, 2010, 672 с.
- 5) Петрюк, И. П. Материаловедение. Полимерные материалы и композиты. В 2 ч. : учеб. пособие / И. П. Петрюк. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2011 –
- 6) Тагер А.А. Физико-химия полимеров. 4-е изд., перераб. и доп. Учеб. пособие для хим. фак. ун-тов / А. А. Тагер; под ред. А. А. Аскадского. - М. : Научный мир, 2007. – 573 с.
- 7) Сретенцева Т.Е., Комарова Л.Ю., Байдаков Д.И. Материаловедение в полиграфическом и упаковочном производстве. Лабораторный практикум и руководство для самостоятельной работы: учеб. пособие. – М., МГУП, 2013.- 98 с.

#### *Дополнительная литература:*

- 1) Перспективные материалы. Структура и методы исследования. Уч. пособие под ред. Д.Л. Меерсона. - ТГУ, МИМиС. - 2006. - 536 с.
- 2) Б.К. Барахтин, А.М. Немец      Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Физико-аналитические методы исследования металлов и сплавов. Справочник.. – СПб.:НПО «Профессионал». – 2006.
- 3) Введение в систематику умных материалов / Л. С. Пинчук [и др.]; под. общ. ред. Л. С. Пинчука. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 399 с. – ISBN 978-985-08-1540-8.
- 4) Шульга А.В. Композиты. Ч. 1. Основы материаловедения композиционных материалов. М.: НИЯУ МИФИ, 2013. 96 с.
- 5) Наноматериалы . Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное пособие. Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша», Москва 2007, 125 с.

- 6) Колесов С.Н., Колесов И.С.. Материаловедение и технология конструкционных материалов. – М., Высшая школа. 2008. – 535 с.
- 7) Технология конструкционных материалов. Под общ. ред. О.С. Комарова. Минск, ООО «Новое знание». 2007. – 566 с.
- 8) Батаев А.А., Батаев В.А. Композиционные материалы. Новосибирск, НГТУ. 2002.- 384 с.
- 9) Мэттьюз Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология. – М., Техносфера, 2004.- 408 с.
- 10) Ефремов Н.Ф. Тара и ее производство. Ч.1. Производство тары из полимерных пленок и листов: учеб. пособие.- М.:МГУПБ, 2009.- 341 с.
- 11) Аксенова Т.И., Ананьев В.В., Дворецкая Н.М. и др. Технология упаковочного производства. М.: Колос, 2002.184 с
- 12) Головкин Г.С. Проектирование технологических процессов изготовления изделий из полимерных материалов: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Химия: КолосС, 2007. – 399с.
- 13) Сухарева Л.А., Яковлев В.С. Полимеры в производстве тароупаковочных материалов: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 494с

## **ЧАСТЬ 2. ПРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

В программе вступительного испытания с профильной частью приведены рекомендованные темы и разделы дисциплин, перечень выносимых на вступительное испытание вопросов и список рекомендуемой учебно-методической литературы.

### **2.1 ПРОФИЛЬ «МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ»**

#### **2.1.1 Содержание программы профильной части**

##### **Тема 1. Введение в материаловедение и термическую обработку**

Значение и задачи курса материаловедение и термическая обработка металлов и сплавов. Классификация материалов. Роль металлических материалов в современной технике. Критерии оценки и выбора материалов. Работы отечественных и современных ученых в области материаловедения, металлургии и физики металлов. Материаловедение, как наука, изучающая свойства материалов в связи с их составом и строением.

##### **Тема 2. Строение материалов**

Типы связей в твердых телах ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь. Металлический тип связи. Атомно-кристаллическое строение металлов. Типы кристаллических решеток, их характеристики (параметр, координационное число, плотность упаковки), изотропия, анизотропия. Строение реальных металлов и сплавов: точечные, линейные и поверхностные дефекты (вакансии, дислокации, блоки мозаики, границы зерна). Теоретическая и реальная прочность металлов, влияние дефектов. Взаимодействие дислокаций с примесными атомами и вакансиями. Понятие об атмосферах Коттрелла, Снука и Сузуки. Образование и размножение дислокаций. Сетки дислокаций. Плотность дислокаций. Источник

Франка-Рида. Дислокационная модель малоцикловых границ. Полигонизация. Большеугловые границы. Торможение дислокаций, силы Пайерлса-Набарро.

### **Тема 3. Физико-механические свойства материалов**

Основные понятия о свойствах материалов. Твердость, механические свойства, определяемые при статическом растяжении, ударная вязкость. Явление хладноломкости.

Усталость материалов, предел выносливости. Износостойкость. Хрупкое и вязкое разрушение. Работа зарождения и распространения трещины. Понятие о конструкционной прочности. Пути повышения прочности металлических материалов.

Магнитные, электрические и тепловые свойства металлических материалов.

Термоэлектричество.

### **Тема 4. Затвердевание металлов и сплавов**

Затвердевание жидких металлов и сплавов с образованием кристаллических и аморфных структур. Термодинамические основы фазовых превращений при затвердевании. Кривые охлаждения, степень переохлаждения, факторы, влияющие на процесс кристаллизации, связь между степенью переохлаждения, числом центров кристаллизации и скоростью роста кристаллов. Понятие критического зародыша при затвердевании. Величина зерна. Модифицированные жидкости металла. Металлические стекла. Полиморфные превращения в твердом состоянии. Механизмы полиморфных превращений.

### **Тема 5. Теория металлических сплавов**

Понятия о сплавах. Определение терминов: сплав, система, компонент, фаза. Чистые металлы. Химические соединения. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Фазы внедрения. Упорядоченные твердые растворы. Дальний и ближний порядок. Электронные соединения. Фазы Лавеса,  $\sigma$ -фазы (на примере сплавов железо-хром). Многофазные структуры, возникающие в результате неинвариантных превращений. Диффузия в твердых металлах и сплавах. Законы диффузии. Самодиффузия и

гетеродиффузия. Механизм диффузии. Температурная зависимость коэффициента диффузии. Восходящая диффузия.

### **Тема 6. Диаграммы состояния**

Диаграммы состояния двойных сплавов, методы их построения. Диаграмма состояния при практически полной нерастворимости компонентов в твердом состоянии, с ограниченной односторонней растворимостью. Определение химического состава. Диаграмма состояния с полной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Дендритная ликвация в твердых растворах. Правило фаз. Диаграмма состояния систем с превращением в твердом состоянии (частичный и полный распад ограниченного твердого раствора, эвтектоидное превращение). Диаграмма состояния с частичной или практически полной нерастворимостью компонентов в жидком состоянии. Эвтектическое, монотектическое, перитектическое, эвтектоидное монотектоидное, перитектоидное превращения. Определение возможной структуры сплава по диаграмме состояния.

### **Тема 7. Диаграмма состояния системы железо-углерод**

Характеристики компонентов. Структурные составляющие и фазы и фазовые превращения на стабильном и метастабильном вариантах диаграммы. Сущность эвтектического и эвтектоидного превращений в системе железо-углерод. Влияние

углерода и постоянных примесей на свойства стали. Классификация сталей по способу производства, назначению и качеству. Маркировка углеродистых сталей. Листовые стали для холодной штамповки, автоматные стали. Основные технические требования по ГОСТ для сталей. Чугуны с графитом, половинчатые и белые. Влияние скорости охлаждения и химического состава чугуна на структуру. Структура, свойства, области применения и методы получения серых, ковких и высокопрочных чугунов. Маркировка чугунов.

### **Тема 8. Термическая и химико-термическая обработка**

Виды термической обработки сталей. Превращения при нагреве стали. Рост зерна аустенита, наследственное и действительное зерно в стали. Перегрев и пережог. Превращение аустенита при непрерывном охлаждении. Диаграмма изотермического превращения аустенита. Перлитное превращение. Мартенситное превращение и его особенности. Мартенситное превращение, в частности мартенситное превращение в сталях. Механизм мартенситного превращения. Зависимость начала и конца мартенситного превращения от содержания углерода, влияние легирующих элементов. Остаточный аустенит. Микроструктура и тонкая структура мартенсита. Кинетика мартенситного превращения. Влияние деформации на мартенситное превращение.

Бейнитное превращение. Структурные и фазовые превращения при отпуске закаленных сталей. Превращение при отпуске, структура и свойства стали при отпуске. Отпускная хрупкость I и II рода. Прокаливаемость и закаливаемость стали, факторы, влияющие на прокаливаемость: влияние легирующих элементов, размера зерна аустенита, нерастворимых карбидов и включений. Методика определения критического диаметра по диаграмме прокаливаемости.

### **Тема 9. Наклёп и рекристаллизация**

Влияние пластической деформации на структуру и свойства металлических материалов. Механизм пластической деформации моно-и поликристаллов. Размножение дислокаций при пластической деформации. Явление наклепа, наклёп дробью, обработка роликами. Применение поверхностного наклепа в машиностроении. Возврат, полигонизация. Первичная и собирательная рекристаллизация. Вторичная рекристаллизация. Холодная и горячая деформация.

### **Тема 10. Технология термической обработки**

Классификация процессов термической обработки. Отжиг I рода без фазовой перекристаллизации. Режим отжига рекристаллизации. Отжиг II рода с фазовой перекристаллизацией: для улучшения обрабатываемости, для измельчения зерна. Сфероидизация, отжиг – гомогенизация, нормализация. Изотермический отжиг. Отжиг чугунов. Закалка стали. Основные параметры процесса: температура нагрева, длительность нагрева, скорость охлаждения. Основные требования к закалочным средам. Методы закалки: простая, прерывистая, ступенчатая и изотермическая. Дефекты закалки: образование трещин, деформация, окисление и обезуглероживание поверхности, методы борьбы с ними. Основные параметры процессов отпуска углеродистых и легированных сталей. Обработка холодом. Влияние закалки и отпуска на механические свойства стали. Улучшение стали. Поверхностная закалка, виды и области применения. Термомеханическая обработка.

### **Тема 11. Химико-термическая обработка**

Основы химико-термической обработки, понятие о коэффициенте диффузии. Цементация, режимы насыщения и последующих термической обработки углеродистых и легированных сталей, виды процесса, области применения.

Нитроцементация, виды процесса, режимы, области применения. Применение атмосфер с автоматическим регулированием потенциала углерода для процесса цементации и нитроцементации. Азотирование стали. Стали для азотирования, режимы их термической обработки, области применения процесса. Процесс низкотемпературного газового и жидкого азотирования, их особенности и области применения. Новые методы обработки поверхности сталей. с применением концентрированных потоков энергии.

### **Тема 12. Конструкционные материалы**

Фазы, образуемые легирующими элементами в сталях. Влияние легирующих элементов на полиморфизм железа, на свойства феррита и аустенита. Влияние легирующих элементов на кинетику изотермического превращения аустенита. Влияние легирующих элементов на мартенситное превращение и превращение при отпуске. Основы рационального легирования стали и роль отдельных легирующих элементов. Особенности термической обработки легированных сталей.

Классификация легированных сталей по структуре в нормализованном состоянии (диаграмма Гийе). Маркировка легированных сталей, их преимущества по сравнению с углеродистыми. Дефекты легированных сталей (шиферный излом, флокены, отпускная хрупкость). Основные требования к легированным конструкционным сталям по ГОСТ.

### **Тема 13. Инструментальные материалы**

Инструментальные углеродистые и легированные стали для режущего инструмента, состав, маркировка, термическая обработка и области применения. Быстрорежущая сталь, состав, свойства. Режимы термической обработки, области применения. Основные требования по ГОСТ к сталям для режущего инструмента. Штамповые стали для холодного и горячего деформирования стали. Стали с повышенной разгаростойкостью. Стали для измерительного инструмента. Твердые порошковые сплавы для режущего инструмента. Керамика. Сверхтвердые материалы.

### **Тема 14. Стали и сплавы с особыми свойствами**

Высокопрочные стали. Мартенситно-стареющие конструкционные стали, их состав, режимы обработки и области применения. Сплавы с особо высокой износостойкостью, состав, маркировка, термическая обработка и области применения. Нержавеющие хромистые и хромоникелевые стали, состав, маркировка, термическая обработка и области применения. Жаропрочные стали и сплавы. Особенности поведения стали при нагрузках в области высоких температур, предел длительной прочности, предел ползучести. Типовые сплавы, состав, структура, термообработка, свойства и области применения. Сплавы с заданными физическими свойствами. Магнитомягкие и магнитотвердые сплавы. Сплавы для нагревательных элементов. Сплавы для термопар.

### **Тема 15. Цветные металлы и сплавы**

Медь и ее свойства. Латунни, бронзы оловянистые, кремнистые, алюминиевые, берилловые; состав, области применения. Сплавы свинца и олова. Баббиты, свинцовистые бронзы, алюминиевые подшипниковые сплавы для двигателей внутреннего сгорания. Алюминий и его свойства. Литейные алюминиевые сплавы, области применения. Дюралюмин, состав, режим термической обработки, свойства, области применения. Магниевые литейные и деформируемые сплавы, области применения. Титан и его сплавы, состав, свойства и области применения. Временное

легирование титановых сплавов водородом и применение этого процесса в технологии титановых сплавов.

### **Тема 16. Изучение структуры и свойств металлов и сплавов.**

Испытания на растяжения. Условные и действительные напряжения. Диаграммы растяжения. Характеристики, определяемые при растяжении. Пределы пропорциональности, упругости и текучести и их определение. Временное сопротивление разрыву. Равномерное и полное относительное удлинение. Относительное сужение.

Работа деформации. Машины для испытаний растяжением. Прочие статические испытания. Испытания на изгиб и кручение. Твердость металлов. Определение твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу. Микротвердость. Динамические испытания. Влияние надреза на прочность хрупких и вязких материалов. Распределение напряжений при изгибе надрезанного образца. Хрупкое и вязкое состояние. Влияние формы, глубины надреза и ширины образца. Влияние температуры испытания и скорости приложения нагрузки. Сериальные испытания на удар при понижающихся температурах. Хладноломкость. Хладноломкие и нехладноломкие металлы. Испытания на усталость. Испытания при знакопеременных напряжениях при чистом изгибе вращающегося образца на консольных образцах. Испытания растяжением и сжатием. Малоцикловая усталость. Кривые усталости и их построение. Кривые повреждаемости. Упругий и пластический гистерезис при циклических испытаниях. Связь предела усталости с характеристиками прочности. Механизм усталостного разрушения. Вид усталостного излома. Испытания на ползучесть и длительную прочность. Предел ползучести и длительной прочности. Три периода ползучести. Механизм деформации при ползучести. Скольжение внутри зерен и по их границам. Упрочнение и разупрочнение. Влияние температуры испытания. Релаксация напряжений.

### **Тема 17. Методы исследования и контроля качества сталей и сплавов**

Физические методы исследования свойств материалов, измерение плотности металлов, дифференциальный термический анализ, колориметрия, дилатометрия, резистометрия, исследование магнитных свойств, магнитный фазовый анализ. Анализ внутреннего строения металлов. Оптическая микроскопия. Методы электронной зондовой микроскопии, растровая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, микроанализ, рентгеноструктурный анализ. Методы оценки коррозионной стойкости материалов: стойкость против общей, межкристаллитной коррозии, питтинговой и щелевой коррозии, стойкость против коррозионного растрескивания. Физические методы неразрушающего контроля структуры и дефектности металлов. Магнитные, магнитошумовые, электромагнитные, термоэлектрические методы неразрушающего контроля структуры, свойств и состава материалов. Ультразвуковая, рентгеновская и гамма-дефектоскопия, метод вихревых токов, магнитопопорошковая дефектоскопия.

#### **2.1.2. Перечень выносимых на вступительные испытания вопросов**

- 1) Диаграмма состояния двойных сплавов с нерастворимыми в твердом состоянии компонентами.
- 2) Диаграмма Fe-C. Изменение химического состава фаз в процессе первичной и вторичной кристаллизации сплава с 5 % C.

- 3) Особенности эвтектического превращения двойных сплавов.
- 4) Структурные диаграммы чугунов. Влияние скорости охлаждения и графитизирующих компонентов на кристаллизацию чугуна.
- 5) Диаграмма состояния железо-графит.
- 6) Легированные чугуны. Технические требования для чугунов по ГОСТ.
- 7) Классификация видов термической обработки.
- 8) Основные виды химико-термической обработки, их особенности.
- 9) Строение и свойства троостита закалки и троостита отпуска.
- 10) Мартенситное превращение и его особенности.
- 11) Газовая цементация и нитроцементация. Их сравнительная оценка и область применения.
- 12) Поверхностная закалка, виды и области применения.
- 13) Полная и неполная закалка сталей.
- 14) Цементация. Виды процесса, параметры, области применения и получаемые свойства.
- 15) Строение и свойства мартенсита закалки и мартенсита отпуска.
  
- 16) Превращение аустенита при непрерывном охлаждении. Особенности перлитного превращения. Структуры перлитного типа.
- 17) Отпуск. Виды отпуска. Изменение структуры и свойств при отпуске.
- 18) Прокаливаемость и закаливаемость. Факторы, влияющие на прокаливаемость. Влияние прокаливаемости на свойства стали.
- 19) Отжиг II рода, его виды, их назначение.
- 20) Дефекты закалки и методы их предупреждения.
- 21) Улучшение. Строение и свойства сорбита отпуска и сорбита закалки.
- 22) Поверхностная закалка: газопламенная и закалка ТВЧ.
- 23) Превращения при отпуске закаленной стали. Виды отпуска.
- 24) Способы закалки: непрерывная, прерывистая, ступенчатая, изотермическая.
- 25) Нагрев стали. Наследственное зерно. Перегрев и пережог.
- 26) Отжиг I рода, его виды, их назначение.
- 27) Азотирование. Параметры процесса, свойства и области применения.
- 28) Виды термической обработки, их назначение.
- 29) Закалка стали. Определение значений основных параметров: температуры нагрева, длительность нагрева, скорости охлаждения.
- 30) Закалочные среды, основные требования к ним.
- 31) Отпускная хрупкость II рода. Причины возникновения и методы ее устранения и предупреждения.
- 32) Нитроцементация. Параметры процесса, свойства и области применения.
- 33) Диаграмма изотермического превращения аустенита. Термокинетическая диаграмма.
- 34) Диаграмма изотермического превращения аустенита.
- 35) Отпускная хрупкость I рода. Причины возникновения и методы ее устранения
- 36) Обработка закаленной стали холодом.
  
- 37) Отжиг и нормализация стали. Режимы, характеристика получаемой структуры и свойств.
- 38) Термокинетические диаграммы превращения аустенита.

- 39) Старение стали.
- 40) Стали с пониженной и регламентированной прокаливаемостью для поверхностной закалки.
- 41) Диффузионная металлизация. Способы металлизации и области применения.
- 42) Имплантация ионов.
- 43) Механизация и автоматизация процессов термической обработки, меры по охране труда в термических цехах.
- 44) Характерные типы диаграмм растяжения для пластичных и хрупких металлов.
- 45) Особенности технологии термической обработки дюралюмина.
- 46) Особенности технологии термической обработки быстрорежущей стали.
- 47) Особенности термической обработки легированных сталей.
- 48) Влияние легирующих элементов на полиморфное превращение железа. Классификация легированных сталей.
- 49) Титан и его сплавы. Свойства и области применения.
- 50) Высокотемпературные материалы. Жаростойкость и жаропрочность.
- 51) Магнитотвердые и магнитомягкие материалы. Коэрцитивная сила. Факторы, влияющие на магнитные свойства материалов.
- 52) Стали для штампового инструмента холодного и горячего деформирования.
- 53) Мартенситно-старяющие стали. Состав, технология, свойства, области применения.
- 54) Сплавы с заданными упругими свойствами.
- 55) Сплавы с аномальным тепловым расширением.
- 56) Функциональные наноматериалы.

### **2.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

#### *Основная литература:*

- 1) И.И. Новиков, В.С. Золоторевский, В.К. Портной, Н.А. Белов, Д.В. Ливанов, С.В. Медведева, А.А. Аксенов, Ю.В. Евсеев Металловедение. Учебник. В 2-х томах. Т.1. Колл. авторов / Под общей редакцией В.С. Золоторевского-М.: Издательский Дом МИСиС, 2009.- 496 с.
- 2) И.И. Новиков , В.С. Золоторевский, В.К. Портной, Н.А. Белов, Д.В. Ливанов, С.В. Медведева, А.А. Аксенов, Ю.В. Евсеев Термическая обработка. Учебник. В 2-х томах. Т. 2. Колл. авторов/Под общей редакцией В.С. Золоторевского-М.: Издательский Дом МИСиС, 2014.- 528 с.
- 3) Материаловедение. Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. М. Волков, В.М. Зуев – М. : издательство Академия, 2013, 400 с.
- 4) Объемные наноматериалы. Учебное пособие /Г.М. Волков –М.: КНОРУС, 2011, 168 с.
- 5) Термическая обработка сталей. Методические указания / под редакцией Г. М. Волкова – МГТУ «МАМИ», 2008.
- 6) Выбор сплавов. Методическое пособие / под редакцией Г. М. Волкова – М.: МГТУ «МАМИ», 2009
- 7) Материаловедение. Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. М. Волков, В.М. Зуев – М. : Академия, 2013, 400 с.

- 8) Лахтин Ю.М. *Металловедение и термическая обработка металлов* - М.: Аз- book, 2009. – 448 с.
- 9) Еремеева Ж.В. *Технологические расчеты в термической обработке стальных изделий* / Ж.В. Еремеева, Г.Х. Шарипзянова, Н.М. Ниткин. - М.: Университет машиностроения, 2013. - 20 с.
- 10) *Марочник сталей и сплавов [Текст]* / сост.: Драгунов Ю. Г. [и др.] ; под ред. Ю. Г. Драгунова и А. С. Зубченко. - 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2015. - 1215 с.
- 11) Рогов В.А. *Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов*/ В.А. Рогов, Г.Г. Позняк - М.: Академия, 2008. – 336 с.

*Дополнительная литература:*

- 1) *Введение в систематику умных материалов* / Л. С. Пинчук
- 2) [и др.]; под. общ. ред. Л. С. Пинчука. – Минск: Беларус. навука,
- 3) 2013. – 399 с. – ISBN 978-985-08-1540-8.
- 4) *Выбор сплавов. Методическое пособие* / под редакцией Г. М. Волкова – М.: МГТУ «МАМИ», 2009
- 5) *Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное пособие. Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша», Москва 2007, 125 с.*
- 6) *Металловедение и термическая обработка стали и чугуна : справочник : в 3 т. / [Б.С. Бокштейн и др.] ; под ред. А. Г. Рахштадта [и др.]. - М. : Интермет Инжиниринг, 2004-2007 (ППП Тип. Наука). - 24 см. Т. 3: Термическая и термомеханическая обработка стали и чугуна / [А. В. Супов и др.]. - 2007. - 919 с.*
- 7) *Металловедение [Текст] : учебник для вузов / А. П. Гуляев, А. А. Гуляев. - 7-е изд., перераб. и доп. - Москва : Альянс, 2011. - 643 с.*
- 8) Ефименко Л.А. *Металловедение и термическая обработка сварных соединений* / Л.А. Ефименко, А.К. Прыгаев, О.Ю. Елагина – М. : Логос, 2007 - 456 с..
- 9) Зуев В.М. *Термическая обработка инструментальных материалов* / В.М. Зуев, Н.М. Ниткин - М.: МАМИ, 2011 – 47 с.
- 10) *Введение в систематику умных материалов* / Л. С. Пинчук [и др.]; под. общ. ред. Л. С. Пинчука. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 399 с.
- 11) Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. *Материаловедение* – М.: Альянс, 2009. – 528 с.
- 12) Еремеева Ж.В. *Материаловедение и технология композиционных материалов* /Ж.В. Еремеева, Г.Х. Шарипзянова, Н.М. Ниткин – М.: Университет машиностроения, 2013. – 14 с.
- 13) Еремеева Ж.В. *Материаловедение и технология композиционных материалов* / Ж.В. Еремеева, Г.Х. Шарипзянова, Н.М. Ниткин. – М.: Университет машиностроения, 2013. – 14 с.
- 14) *Марочник сталей и сплавов [Текст]* / сост. Зубченко А. С. [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 3-е изд., стер. - Москва : Машиностроение, 2011. - 782 с.
- 15) *Сталь и сплавы: марочник : металлы и сплавы. Химический состав : железо, никель, кобальт, марганец. Стали и сплавы на основе железа, никеля, кобальта. Ферросплавы, лигатуры, раскислители, модификаторы.*

Порошковые металлы. Магнитные материалы : более 6500 марок / Федеральное агентство по образованию, Ульяновский гос. технический ун-т ; сост. И. В. Беккерев. - Ульяновск : УлГТУ, 2007. - 306 с.

## **2.2. ПРОФИЛЬ «ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»**

### **2.2.1. Содержание программы профильной части**

#### **Тема 1. Формовочные материалы и смеси**

Формовочные пески и глины, их происхождение. Основное отличие глин от песков. Вредные примеси и их действие. Назначение и методы обогащения песков. Газотворность формовочных материалов и методы определения. Газопроницаемость песков и смесей и метод ее определения. Факторы, влияющие на газопроницаемость смесей. Выбор необходимой газопроницаемости. Противопригарные добавки, их классификация. Формовочные смеси. Основные операции технологического процесса приготовления смесей. Жидкие самотвердеющие смеси. Область применения. Синтетические смолы и стержневые смеси на их основе, отверждения в нагретом и холодном состояниях. Изменения в формовочных материалах, происходящие в процессе взаимодействия с отливкой. Потеря активности некоторыми компонентами. Регенерация формовочных и стержневых смесей. Экологический и экономический аспекты регенерации.

#### **Тема 2. Теория литейного производства**

Физико-химические особенности процессов приготовления литейных сплавов. Физические свойства металлов и сплавов. Взаимодействие металлических расплавов с газами. Выбор оптимального состава шихты и ее расчет. Взаимодействие металлических расплавов с огнеупорными материалами. Основы технологии плавки. Основные факторы, обуславливающие получение высококачественных расплавов; защита расплавов от взаимодействия с атмосферой печи и футеровкой. Рафинирование, легирование и модифицирование; литейные свойства сплавов, их роль в процессе получения годных бездефектных отливок. Кристаллизация и затвердевание литейных сплавов, формирование заданных структуры и свойств. Условия кристаллизации сплавов при затвердевании отливок. Формирование кристаллической структуры сплавов отливок. Усадка сплавов, формирование усадочных раковин и пор в отливках. Развитие ликвации в сплавах при затвердевании отливок. Газовые дефекты в отливках. Газообмен между отливкой и литейной формой. Линейная усадка сплавов. Напряжения в отливках. Формирование поверхностей отливок. Литниково-питающая система. Классификация литниковых систем. Расчет литниковых систем. Прибыли. Заливка форм. Охлаждение и выбивка отливок из форм. Обрубка, очистка и термическая обработка отливок. Дефекты отливок и их исправление.

#### **Тема 3. Технология литейного производства**

1. Методы упрочнения форм и стержней. Механические и физические методы. Уплотнение сырых смесей. Основные понятия механики грунтов. Реологические модели формовочных смесей. Показатели степени уплотнения и их измерение. Уплотнение смесей ручными и пневматическими трамбовками. Машинные способы уплотнения смесей: прессование, встряхивание,

пескодувный, пескострельный, импульсный, взрывной, продувкой, вакуумный, пескометный. Характер распределения уплотнения смеси в форме без модели и с ними. Влияние способа уплотнения на боковое давление и внешнее трение смеси. Аналитические и эмпирические уравнения уплотнения смесей. Способы регулирования уплотнения частей формы. Сочетание различных способов уплотнения. Оптимальное распределение уплотнения в литейной форме. Упрочнение сухого песка вибрацией и вакуумированием. Упрочнение ферромагнитного формовочного материала (дроби) в электромагнитном поле.

2. Тепловые методы. Область применения сухих форм. Режимы тепловой сушки и поверхностной подсушки форм и стержней в зависимости от характера отливки (назначения, технических условий, размеров), состава смеси, серийности производства. Расчет необходимой глубины высушенного слоя смеси и способы его контроля. Криогенный способ отверждения песчаных форм.

3. Химические методы. Отверждение смесей на моделях и в ящиках. Режимы, требования к оснастке, области применения. Процессы отверждения смесей в холодной оснастке в зависимости от применяемого связующего. Продувка газами ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , смесью азота и триэтиламина и др.), допускаемые предельные содержания вредных элементов и соединений в воздухе и на рабочих местах. Особенности технологии применения само-твердеющих смесей. Процессы отверждения смесей в нагреваемой оснастке. Сочетание химических и тепловых методов упрочнения смесей. Режимы отверждения песчано-цементных, гипсовых и металлофосфатных форм и стержней.

4. Отделение форм от оснастки. Деление формообразующих поверхностей многократно вынимаемых моделей кокилей (ящиков) на выпуклые и вогнутые. Устранение прилипания смесей при изготовлении литейных форм и стержней. Разделительные покрытия и их применения. Рациональные составы разделительных покрытий, применяемые для металлических и деревянных моделей. Размеры формовочных уклонов и способы их уменьшения. Возможность образования разряжения при отделении болванов от моделей и методы предотвращения их обрыва. Устройство для отделения форм от моделей. Увеличение точности отливок при применении разовых (не вынимаемых) моделей или их частей.

#### **Тема 4. Физико-химические основы литейного производства**

1. Общая характеристика современных процессов производства и их основные физико-химические закономерности. Основные понятия физической химии (система, фаза, концентрация растворов). Внутренняя энергия и энтальпия. Тепловой эффект. Свободная и связанная энергия. Закон распределения. Скорость химической реакции. Химическое равновесие. Равновесие гетерогенных реакций. Влияние температуры на константу равновесия и методы расчета констант. Упругость диссоциации оксидов и др. соединений.

2. Основы учения о шлаках. Технологическая роль шлаков и их химический состав. Основность шлака. Диаграммы плавкости шлакообразующих компонентов. Химические соединения в шлаках и их диссоциация. Физические свойства шлаков. Вязкость и текучесть. Контроль вязкости и состава шлака.

3. Взаимодействие металла, шлака и газовой фазы. Распределение кислорода между металлом и шлаком. Механизм передачи кислорода из газовой фазы через шлак в жидкий металл. Применимость законов равновесия к исследованию реакций. Окисление и восстановление кремния. Окисление и

восстановление марганца. Окисление алюминия. Окисление углерода. Окисление и восстановление фосфора. Удаление серы из металла. Газы в стали. Неметаллические включения в стали.

### **2.2.2. Перечень выносимых на вступительные испытания вопросов**

- 1) Взаимодействие металлических расплавов с газами.
- 2) Взаимодействие металлических расплавов с огнеупорными материалами.
- 3) Основы технологии плавки. Основные факторы, обуславливающие получение высококачественных расплавов; защита расплавов от взаимодействия с атмосферой печи и футеровкой.
- 4) Рафинирование, легирование и модифицирование; литейные свойства сплавов, их роль в процессе получения годных бездефектных отливок.
- 5) Кристаллизация и затвердевание литейных сплавов, формирование заданных структуры и свойств.
- 6) Усадка сплавов, формирование усадочных раковин и пор в отливках.
- 7) Развитие ликвации в сплавах при затвердевании отливок.
- 8) Газовые дефекты в отливках. Газообмен между отливкой и литейной формой.
- 9) Линейная усадка сплавов. Напряжения в отливках. Формирование поверхностей отливок.
- 10) Литниково-питающая система. Классификация и расчет литниковых систем.
- 11) Литье в песчаные формы. Машинные способы уплотнения смесей: прессование, встряхивание, пескодувный и др. Технологические показатели отливок.
- 12) Получение качественных отливок способом литья под давлением. Преимущества и недостатки процесса. Технологические показатели отливок.
- 13) Литье по выплавляемым моделям. Особенности литья, технологические показатели отливок.
- 14) Литье в металлические формы (кокиль). Особенности литья в кокиль. Классификация кокилей по конструктивным признакам. Технологические показатели отливок.
- 15) Литье в оболочковые формы. Особенности литья и технологические показатели отливок.
- 16) Получение чугуновых отливок. Виды чугунов. Особенности плавки.
- 17) Получение стальных отливок. Виды сталей. Особенности выплавки стали.
- 18) Алюминиевые литейные сплавы. Особенности плавки алюминиевых сплавов и получения качественных отливок.
- 19) Литейные сплавы на основе меди. Особенности выплавки медных сплавов и получения качественных отливок.
- 20) Получение качественных отливок из магниевых сплавов. Особенности плавки.
- 21) Объем и виды контроля в литейных цехах. Организация технического контроля.

- 22) Контроль исходных материалов, технологической оснастки и технологических процессов.
- 23) Несоответствие отливок по геометрии, дефекты поверхности отливки.
- 24) Несплошности в теле отливки.
- 25) Контроль несоответствия отливок по геометрии.
- 26) Контроль герметичности отливок.
- 27) Контроль газосодержания, химического состава и механических свойств сплавов и отливок.
- 28) Исправление дефектов отливок методом пропитки.
- 29) Заделка дефектов замазками и заварка отливок.
- 30) Горячее изостатическое уплотнение отливок.
- 31) Оборудование для получения отливок способом литья в песчаные формы.
- 32) Оборудование для получения отливок методом безопочной формовки.
- 33) Способы и механизмы для извлечения моделей из полуформ.
- 34) Прессовые формовочные машины. Классификация методов прессования.
- 35) Встряхивающие механизмы уплотнения формовочной смеси.
- 36) Пескострельные машины. Рабочий процесс пескострельных машин.
- 37) Воздушно-импульсные формовочные машины. Конструктивные типы установок.
- 38) Пескометы. Анализ способа уплотнения смеси пескометом.
- 39) Вибропрессовые и виброударные формовочные и стержневые машины. Их классификация.
- 40) Поточно-механизированные и автоматические линии изготовления отливок в разовых формах. Классификация формовочных линий.

### 2.2.3. Учебно-методическое обеспечение

#### *Основная литература:*

- 1) Трухов А.П., Сорокин Ю.А., Ершов М.Ю. Технология литейного производства: Литье в песчаные формы. – М.: Издательский центр «Академия», 2005.-528 с.
- 2) Белов, В. Д. Теория литейных процессов / В. Д. Белов и др. - Хабаровск : Изд-во «РИОТИП», 2008. - 580 с.
- 3) Задиранов А.Н. Основы физической химии в литейном производстве: Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2007. -96 с.
- 4) Новые технологии и материалы в литейном производстве: Учебное пособие / А.И. Батышев, К.А. Батышев, В.Д. Белов и др. / под общей ред. А.И. Батышева. – М.: Изд-во МГОУ, 2009.- 181 с.
- 5) Производство отливок из стали и чугуна: Учебное пособие / Батышев А.И., Батышев К.А., Белов В.Д., Тен Э.Б. М.: Изд-во МГОУ, 2012 – 256 с.
- 6) Производство отливок в автомобилестроении: Учебное пособие / Батышев А.И., Батышев К.А., Белов В.Д. и др., М: Изд-во МГОУ, 2011.- 206 с.
- 7) Задиранов А.Н., Колтунов И.И., Малькова М.Ю. Нанотехнологии в металлургии: М.: ЦКТ, 2012. -224 с.
- 8) Ковган П.А., Задиранов А.Н., Найзабеков А.Б., Лежнев С.Н. Общая металлургия: Учебное пособие. – Темиртау, КГИУ, 2011.-505 с.
- 9) Производство отливок в станкостроении: Учебное пособие / Батышев А.И., Тен Э.Б., Батышев К.А. и др., М.: Изд-во МГОУ, 2013 – 164 с.

- 10) Батышев А.И., Батышев К.А., Смолькин А.А., Егоров В.В. и др. Проектирование и производство отливок в машиностроении: Учебник. – Караганда, Изд-во КарГТУ, 2014 – 389 с.
- 11) Печи литейных цехов: Учебное пособие / Михайлов Д.П., Болдин А.Н., Граблев А.Н., Старый Оскол, Изд-во ТНТ, 2015 – 496 с.
- 12) Общие вопросы машиностроения и конструкционные материалы: Учебник/ Кузнецов В.А., Газалиев А.М., Смолькин А.А., Черепяхин А.А., Батышев К.А. и др. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2015. – 355 с.

## **2.3. ПРОФИЛЬ «ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ»**

### **2.3.1. Содержание программы профильной части**

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по специальной дисциплине «Обработка металлов давлением» подготовлена в соответствии с требованиями базовых учебных вузовских программ машиностроительных специальностей.

В процессе экзамена поступающие должны показать знание основных вопросов и обнаружить способность: определять основные понятия, указывая на отличительные существенные признаки объектов отображенных в данном понятии; сравнивать изученные объекты; объяснять (интерпретировать) изученные технологии и процессы, т.е. раскрывать их устойчивые существенные связи; - приводить собственные примеры; давать оценку изученных процессов, высказывать суждение об их эффективности, уровне и значении; анализировать как количественно, так и качественно основные показатели качества продукции.

Вступительный экзамен по специальности определяет насколько свободно и глубоко лица, поступающие в аспирантуру, владеют теоретическими и практическими знаниями по дисциплинам, которые в будущем могут стать основой их научной-исследовательской деятельности.

Круг вопросов, которые должны осветить на экзамене поступающие, охватывает основные направления обработки материалов давлением (ОМД), а именно теорию обработки металлов давлением, технологии ОМД и методики их проектирования, технологии изготовления типовых заготовок, оборудование ОМД, применяемое в металлургических и в машиностроительных производствах, методики математического моделирования технологических процессов ОМД, компьютерное (имитационное) моделирование технологий обработки давлением, экспериментальное исследование свойств деформируемых металлов и сплавов.

Поступающие в аспирантуру должны не только владеть предметом, но так же знать литературу по теме будущей диссертации, уметь пользоваться поисковыми системами в сети Интернет для поиска и анализа современных периодических изданий по специальности, в том числе периодических изданий на иностранном языке, уметь пользоваться специализированными компьютерными программами для технологического инжиниринга процессов и оборудования ОМД, подготовить реферат или эссе по теме будущей диссертации, иметь, как минимум, одну публикацию в журнале ВАК либо опубликованные тезисы доклада в сборнике трудов специализированной научно-технической конференции, иметь практический опыт работы в области ОМД либо в смежных/родственных областях деятельности (желательно).

## **Тема 1. Теория обработки металлов давлением**

Основные законы пластической деформации. Деформированное и напряженное состояние в точке тела. Возможные схемы напряженного и деформированного состояния при различных способах ОМД. Условие перехода упругой деформации в пластическую деформацию. Сопротивление деформации и его зависимость от температуры, скорости и степени деформации. Виды и законы трения в процессах ОМД.

Пластичность и разрушение металлов при обработке давлением. Условия деформирования металла без разрушения при различных схемах нагружения. Аналитические методы решения задач теории обработки металлов давлением. Экспериментальные методы теории обработки металлов давлением. Виды пластической деформации. Неравномерность деформации в процессах ОМД и факторы ее обуславливающие.

## **Тема 2. Прокатка, прессование и волочение**

Теоретические основы прокатки. Геометрические факторы очага деформации и коэффициенты деформации. Теоретические основы прокатки. Энергосиловые характеристики процесса прокатки (усилие, давление и моменты прокатки). Основы прокатки. Горячая и холодная прокатка. Листовая и сортовая прокатка. Схемы и особенности прокатки на станах типа «ДУО», «ТРИО», «КВАРТО», многовалковых станах. Прокатка листов, лент и фольги. Прокатка труб и специальных профилей. Особенности технологии прокатки сталей. Особенности технологии прокатки цветных металлов и сплавов. Теоретические основы прессования. Течение металла при прессовании и влияние на него различных факторов, напряженное состояние и его влияние на пластические свойства металла. Разновидности прессования и их характеристика. Полунепрерывное и непрерывное прессование. Теоретические основы прессования. Диаграмма и расчет усилия прессования. Температурно-скоростные условия прессования. Особенности прессования прутков и профилей на горизонтальных гидравлических прессах. Особенности прессования труб на горизонтальных гидравлических прессах. Особенности прессования цветных металлов и сплавов. Теоретические основы волочения. Основные показатели и напряженно-деформированное состояние при волочении. Теоретические основы волочения. Энергосиловые параметры волочения. Влияние скорости на силу волочения. Разновидности волочения и их характеристика. Волочение прутков и профилей на цепных и барабанных станах. Особенности волочения труб. Волочение проволоки. Смазки, применяемые при волочении. Особенности волочения цветных металлов и сплавов. Оборудование прокатных цехов. Оборудование прессовых цехов. Оборудование волочильных цехов.

## **Тема 3. Кузнечно-штамповочное производство**

Теория и технология листовой штамповки. Основные формоизменяющие операции и особенности процессов. Теоретические основы и технологические особенности разделительных операций листовой штамповки. Теория процессовковки. Взаимосвязь напряженно-деформированного состояния металла с технологическими приемами выполнения операцийковки. Формоизменение и напряженно-деформированное состояние при объемной штамповке. Разновидности процессов горячей объемной штамповки и их особенности. Виды и характеристика операций холодной объемной штамповки. Оборудование кузнечно-штамповочных цехов. Молоты и прессы. Особенности технологии

штамповки на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Объемная штамповка на молотах. Особенности штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП).

#### **Тема 4. Специальные виды ОМД**

Производство метизов. Особенности производства гнутых профилей. Технологии и оборудование для реализации совмещенных процессов.

#### **Тема 5. Экспериментальное исследование свойств деформируемых металлов и сплавов (общие положения)**

Методы экспериментальных исследований фундаментальных свойств деформируемых металлов и сплавов. Оборудование и приборы для исследования сопротивления деформации и пластичности. Методы исследования контактного трения. Методы оценки разрушения деформируемых материалов.

#### **Тема 6. Компьютерное (имитационное) моделирование для технологического инжиниринга технологий обработки давлением (общие положения)**

Краевая задача ОМД. Виды граничных условий. Классификация численных методов. Оптимизация. Современные программные комплексы для моделирования технологий ОМД. Точность результатов моделирования. Методы статистической обработки результатов численного расчета.

#### **Тема 7. Комплексные процессы обработки. Специальные технологии обработки (общие положения)**

Комплексные процессы обработки материалов, в т.ч. процесс непрерывного литья и прокатки заготовок, аддитивные технологии и технологии прессования изделий. Технологии ОМД основанные на применении физико-химических и физико-механических явлений и эффектов направленные на пластическое формоизменение и изменение свойств конструкционных материалов сжатием, ударом, магнитно-импульсным и иным воздействием.

### **2.3.2. Перечень выносимых на вступительные испытания вопросов**

- 1) Закон постоянства объема в обработке давлением.
- 2) Закон наименьшего сопротивления в обработке давлением.
- 3) Закон дополнительных напряжений в обработке давлением.
- 4) Закон подобия в обработке давлением.
- 5) Деформированное состояние в точке тела
- 6) Напряженное состояние в точке тела.
- 7) Возможные схемы деформированного состояния при различных способах ОМД.
- 8) Возможные схемы напряженного состояния при различных способах ОМД
- 9) Условие пластичности в обработке давлением.
- 10) Связь между напряжениями, деформациями и скоростями деформации в обработке давлением.
- 11) Понятие «краевая задача» в обработке давлением и система уравнений и дополнительных условий, формирующих краевую задачу.
- 12) Сопротивление деформации и его зависимость от температуры, скорости и степени деформации.
- 13) Виды трения в процессах ОМД.
- 14) Законы трения в процессах ОМД.

- 15) Пластичность и разрушение металлов при обработке давлением.
- 16) Аналитические методы решения задач теории обработки металлов давлением. Приведите 2 метода и их описание.
- 17) Экспериментальные методы теории обработки металлов давлением. Приведите 2 метода и их описание.
- 18) Виды пластической деформации.
- 19) Теоретические основы прокатки: геометрические факторы очага деформации и коэффициенты деформации.
- 20) Энергосиловые характеристики процесса прокатки (сила, давление и моменты прокатки).
- 21) Горячая и холодная прокатка: особенности применения.
- 22) Листовая и сортовая прокатка: особенности применения.
- 23) Схемы и особенности прокатки на станах типа «ДУО», «ТРИО», «КВАРТО», многовалковых станах.
- 24) Прокатка листов, лент и фольги: особенности применения
- 25) Прокатка труб и специальных профилей: особенности применения
- 26) Особенности технологии прокатки сталей: особенности применения
- 27) Особенности технологии прокатки цветных металлов и сплавов: особенности применения
- 28) Течение металла при прессовании и влияние на него различных факторов, напряженное состояние и его влияние на пластические свойства металла.
- 29) Разновидности прессования и их характеристика.
- 30) Полунепрерывное и непрерывное прессование.
- 31) Диаграмма и расчет силы прессования.
- 32) Температурно-скоростные условия прессования.
- 33) Особенности прессования прутков и профилей на горизонтальных гидравлических прессах.
- 34) Особенности прессования труб на горизонтальных гидравлических прессах.
- 35) Особенности прессования цветных металлов и сплавов.
- 36) Теоретические основы волочения: основные показатели и напряженно-деформированное состояние при волочении.
- 37) Энергосиловые параметры волочения: влияние скорости на силу волочения.
- 38) Разновидности волочения и их характеристика.
- 39) Волочение прутков и профилей на цепных и барабанных станах.
- 40) Особенности волочения труб. Волочение проволоки.
- 41) Смазки, применяемые при волочении.
- 42) Взаимосвязь напряженно-деформированного состояния металла с технологическими приемами выполнения операцийковки.
- 43) Формоизменение и напряженно-деформированное состояние при объемной штамповке.
- 44) Разновидности процессов горячей объемной штамповки и их особенности.
- 45) Виды и характеристика операций холодной объемной штамповки.
- 46) Особенности технологии штамповки на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).
- 47) Объемная штамповка на штамповочных молотах.

- 48) Особенности штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП).
- 49) Фундаментальные свойства деформируемых металлов и сплавов. Перечислите и приведите их описание.
- 50) Методы экспериментальных исследований фундаментальных свойств деформируемых металлов и сплавов.
- 51) Методы исследования контактного трения. Приведите 2 метода и их описание.
- 52) Методы оценки разрушения деформируемых материалов. Приведите 2 метода и их описание.
- 53) Краевая задача ОМД: определение, виды постановки задачи.
- 54) Виды граничных условий.
- 55) Классификация численных методов и особенности их применения в ОМД.
- 56) Оптимизация: безусловная и условная, область применения при решении задач ОМД
- 57) Современные программные комплексы для моделирования технологий ОМД: перечислить программные комплексы и дать характеристику для каждого комплекса.
- 58) Точность результатов моделирования: чем определяется, проиллюстрировать на 1-2 примерах.

### 2.3.3. Учебно-методическое обеспечение

#### *Основная литература:*

- 1) Шевакин Ю.Ф., Чернышев В.Н., Шаталов Р.Л. и др. Обработка металлов давлением / Под науч. Ред. Ю.Ф. Шевакина. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2013. – 496 с.
- 2) Кохан Л.С., Роберов И.Г., Алдунин А.В., Гостев К.А.. Листовая прокатка металлов и заготовок из металлических порошков. М.: МГВМИ, 2008. – 224 с.
- 3) Р.Л. Шаталов, Н.Ш. Босхамджиев, В.А. Николаев. Совмещенные процессы для литья и деформации металлов. Учеб. пособие для вузов. М. : МГОУ, 2009. - 212 с.
- 4) Шаталова Р.Л. Новые технологии обработки давлением медных и цинковых сплавов: учеб. пособие для вузов. М. : Теплотехник, 2006. - 220 с.
- 5) Калпин Ю.Г. и др. Сопротивление деформации и пластичность металлов при обработке давлением. Учебное пособие. М.: Машиностроение, 2010.
- 6) Калпин Ю.Г., Крутина Е.В. Основы методики научных исследований в обработке металлов давлением. Учебное пособие. М.: Московский Политех, 2017 – 108 с.

#### *Дополнительная литература:*

- 1) В.К. Воронцов, П.И. Полухин, В.А. Белевитин, В.В. Бринза. Экспериментальные методы механики деформируемых твердых тел (технологические задачи обработки давлением). М.: Металлургия, 1990.
- 2) А.И. Целиков, А.Д. Томленов, В.И. Зюзин и др. Теория прокатки: Справочник. М.: Металлургия, 1982.
- 3) В.Я. Осадчий, А.С. Вавилин, В.Г. Зимовец, А.П. Коликов. Технология и оборудование трубного производства: Учебник для вузов . М.: Интермет Инжиниринг, 2001.

- 4) А.В. Крупин, В.Я. Соловьев, Г.С. Попов и др. Обработка металлов взрывом. М.: Металлургия, 1991.
- 5) Колпашников А.И., Арефьев Б.А., Мануйлов В.Ф. Деформирование композиционных материалов. М.: Металлургия, 1982.
- 6) Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1986. (1-е изд.); Екатеринбург: УГТУ - УПИ. 2001. (2-е изд.).
- 7) Гун Г.Я. Теоритические основы обработки металлов давлением : Учеб. пособие для вузов по спец. "Обработка металлов давлением" / Под ред. П.И. Полухина. - М. : Металлургия, 1980. - 456 с.
- 8) Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением: Учебник для вузов - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1977. - 423 с.
- 9) Тюрин В.А., Мохов А.И. Теория обработки металлов давлением: Учебник для вузов / Под ред. проф. В.А. Тюрин. Волгоград: РПК «Политехник», 2000.
- 10) Целиков А.И., Никитин Г.С., Рокотян С.Е. Теория продольной прокатки: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1980.
- 11) Потапов И.Н., Коликов А.П., Друян В.И. Теория трубного производства: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1991.
- 12) И.Н. Потапов, А.П. Коликов, В.Н. Данченко и др. Технология производства труб: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1994.
- 13) Е.П. Унксов., А.Г. Овчинникова. Теорияковки и штамповки: Учебное пособие для вузов М.: Машиностроение, 1993.
- 14) Осадчий В.Я., Воронцов А.Л., Безносиков И.И. Теория и расчеты технологических параметров штамповки выдавливанием: Учебное пособие для вузов. М.: МГАПИ, 2001.
- 15) Мастеров В.А., В.С. Берковский. Теория пластической деформации и обработка металлов давлением : Учебник для машиностроит. техникумов - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1989. - 400 с.
- 16) Мансуров И.З., Подрабинник И.М. Специальные кузнечно-прессовые машины и автоматизированные комплексы кузнечно-штамповочного производства: Справочник - М. : Машиностроение, 1990. - 344 с.
- 17) Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Е.А. Попова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1977. - 278 с.
- 18) Ковка и штамповка : Справочник в 4-х т. / Под ред. Е.И Семенова. М. : Машиностроение, 1987. - 544 с.

*Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:*

- 1) <http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/220>  
УМКД «Информационные технологии в металлургии» Сибирский федеральный университет
- 2) [http://fondtrade.com/ecommerce/2001/11/metal\\_01.htm](http://fondtrade.com/ecommerce/2001/11/metal_01.htm)  
Информационные технологии в металлургии 2001
- 3) <http://rnd.cnews.ru/reviews/free/metal/article/>  
Интернет-издание о высоких технологиях
- 4) [http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/214/u\\_program.pdf](http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/214/u_program.pdf)

УМКД «Моделирование процессов и объектов в металлургии»  
Сибирский федеральный университет

5) <http://uas.su/articles/steelmaking/00003/00003.php>

Физическое моделирование процессов перемешивания металла в конвертере с комбинированной продувкой

6) <http://www.thesis.com.ru/software/deform/>

DEFORM | Инженерные программы | ТЕСИС

7) <http://www.qform3d.ru/>

QuantorForm – Компьютерное моделирование

8) <http://dynaomd.ru/statya.htm>

Статьи LS-DYNA по конечно-элементному анализу процессов обработки давлением.

## **2.4. ПРОФИЛЬ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ (МАШИНОСТРОЕНИЕ)»**

### **2.4.1. Содержание программы профильной части**

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по направлению подготовки 22.06.01 «Технология материалов» разработана на основании знаний, полученных по направлению обучения 150000 «Металлургия, машиностроение и материалобработка». Материаловедение как ветвь знаний о природе. Взаимосвязи химического строения веществ, структуры и совокупности свойств. Внешние факторы, определяющие изменение структуры материалов. Основные методы исследования.

### **Тема 1. Металлические материалы в машиностроении**

#### **1. Кристаллическое строение**

Строение атомов. Модель Бора. Силы, действующие на атом. Кристаллическая решетка и ее характеристики. Элементарная ячейка, кристаллические системы и решетки Браве. Описание кристаллических решеток с помощью индексов узлов и направлений. Индексы Миллера. Электронная структура и периодическая система элементов. Кристаллическое состояние. Основные типы связи в кристаллах: ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь. Типичные атомно – кристаллические структуры металлов, пустоты в ГЦК, ГПУ и ОЦК решетках. Коэффициент компактности, координационное число. Анизотропия свойств кристаллов.

#### **2. Реальное строение металлических кристаллов**

Определение структуры реального кристалла. Метрическая (пространственная) классификация внутреннего строения. Представление о микро-, мезо- и макроскопическом масштабе структуры. Определение нульмерных, линейных, планарных объемных дефектов кристаллического строения твердых тел. Нульмерные дефекты. Точечные дефекты: вакансии, межузельные атомы, атомы внедрения, атомы замещения. Миграции точечных дефектов. Источники вакансий (механизмы Френкеля и Шоттки). Зависимость концентрации вакансий от температуры. Бивакансии и другие комплексные дефекты. Линейные дефекты. Основные типы дислокаций. Краевые дислокации, их скольжение и переползание. Винтовые дислокации, их скольжение. Смешанные дислокации. Вектор Бюргерса.

Ориентация дислокаций разных типов по отношению к вектору Бюргерса. Определение плотности дислокаций. Энергия неподвижной дислокации. Линейное натяжение. Силы, действующие на дислокацию. Упругое взаимодействие дислокаций. Дислокации полные и частичные. Диссоциация и объединение дислокаций. Критерий Франка. Плотная упаковка атомов в кристаллах с решётками ГЦК и ГПУ. Типичные дефекты упаковок в ГЦК, ГПУ и ОЦК решётках. Понятие о частичных дислокациях Шокли, Франка и Логнера–Коттрелла. Стандартный тетраэдр Томпсона. Взаимодействие дислокаций с примесными атомами и вакансиями. Понятие об атмосферах Коттрелла, Снука и Сузуки. Образование и размножение дислокаций. Сетки дислокаций. Плотность дислокаций. Источник Франка-Рида. Основные механизмы упрочнения материалов. Стадии упрочнения поликристаллов. Типы дислокационных структур на различных стадиях упрочнения. Границы зерна и упрочнение. Фрагментация зерен/ Планарные дефекты. Дислокационная модель малоугловых границ. Полигонизация. Большеугловые границы. Модель повторяющихся углов. Дефекты упаковки. Двойники., Диффузия в твердых металлах и сплавах. Законы диффузии. Самодиффузия и гетеродиффузия. Механизм диффузии. Температурная зависимость коэффициента диффузии. Восходящая диффузия. Чистые металлы. Химические соединения. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Фазы внедрения. Упорядоченные твердые растворы. Дальний и ближний порядок. Электронные соединения. Фазы Лавеса,  $\sigma$ -фазы (на примере сплавов железо-хром).

### **3. Затвердевание металлов и сплавов**

Кристаллизация чистых металлов. Кривые охлаждения. Скрытая теплота кристаллизации. Переохлаждение. Термодинамика процесса. Механизм и кинетика процесса кристаллизации. Зарождение центров кристаллизации. Критический размер зародыша. Скорость роста кристаллов. Строение слитков спокойной и кипящей стали. Неметаллические включения. Условия образования металлических стекол. Правило фаз. Типы диаграмм состояния бинарных сплавов. Правило отрезков. Диаграммы с эвтектическим, перитектическим/, монотектическим превращением, с устойчивым и неустойчивым химическим соединением. Эвтектоидное, перитектоидное и монотектоидное превращение. Простейшие диаграммы состояния тройных систем.

### **4. Наклеп и рекристаллизация**

Изменение структуры и свойств металла под влиянием пластической деформации и температурного воздействия. Отдых и полигонизация. Первичная и собирательная рекристаллизация. Текстуры. Зависимость роста зерен от степени наклепа и температуры. Диаграмма рекристаллизации. Термомеханическая обработка стали и сплавов.

### **5. Сплавы железа с углеродом**

Диаграмма железо – углерод. Железо и его аллотропические модификации. Магнитное превращение, превращения, происходящие в стали при застывании и плавлении в области перитектического превращения, вне его и в области существования эвтектики. Структурные составляющие железо – углеродистых сплавов: аустенит, цементит, ледебурит, феррит, перлит, вторичный и третичный цементит. Стали доэвтектоидные, эвтектоидные и заэвтектоидные. Белые и серые чугуны. Графит и его формы. Типичные структуры стали и чугуна.

### **6. Термическая обработка стали**

Классификация видов термической обработки. Термодинамика фазовых превращений. Роль строения межфазных границ при фазовых превращениях. Гомогенное и гетерогенное зарождение фаз. Кинетика диффузионных фазовых превращений. Отжиг стали. Образование аустенита при нагреве стали. Измельчение зерна в критическом интервале и последующий рост зерна в аустенитной области. Мелкозернистая и крупнозернистая сталь. Превращение аустенита при последующем охлаждении. Диффузионные превращения аустенита при непрерывном охлаждении и при изотермических выдержках. Термокинетические и изотермические диаграммы превращения аустенита. Влияние легирования на кинетику фазовых и структурных превращений. Явление структурной наследственности и способы измельчения зерна в стали. Закалка стали. Особенности мартенситного превращения. Механизм перестройки ГЦК решётки аустенита в ОЦК решётку мартенсита по Бейну и Курдюмову. Тетрагональность решетки мартенсита в зависимости от содержания углерода. Зависимость начала и конца мартенситного превращения от содержания углерода. Остаточный аустенит. Микроструктура и тонкая структура мартенсита. Кинетика мартенситного превращения. Влияние деформации на мартенситное превращение. Пакетный (дислокационный) и пластинчатый (двойниковый) мартенсит. Бейнитное превращение. Верхний и нижний бейнит. Строение бейнита. Кинетика бейнитного превращения и его механизм. Прокаливаемость стали. Критическая скорость охлаждения. Определение прокаливаемости. Температура нагрева под закалку доэвтектоидной, эвтектоидной и заэвтектоидной стали. Внутренние напряжения, возникающие при закалке. Дефекты закалки. Способы закалки. Отпуск стали. Превращения при отпуске стали. Дилатометрическая кривая отпуска. Выделение промежуточных карбидов. Образование цементита и его последующая коагуляция. Распад остаточного аустенита. Отпускная хрупкость I и II рода. Их природа. Влияние молибдена и примесей. Закалка с низким и высоким отпуском.

## **7. Химикотермическая обработка**

Цементация. Азотирование. Стали, применяемые для азотирования. Цианирование. Диффузионная металлизация.

## **8. Углеродистые стали**

Влияние углерода, марганца, кремния, фосфора, серы и алюминия на свойства стали. Влияние газов – водорода, азота, кислорода. Неметаллические включения. Стали кипящие, полуспокойные и спокойные. Конструкционная сталь общего назначения. Инструментальная сталь. Холоднокатанная сталь (ленты, листы). Проволока.

## **9. Специальные стали**

Влияние легирующих элементов на границы существования аллотропических модификаций железа. Элементы сужающие и расширяющие область существования аустенита. Диаграммы состояния бинарных сплавов железа с никелем, марганцем, хромом, молибденом, вольфрамом, ванадием, кремнием, алюминием. Распределение легирующих элементов в сталях и их влияние на свойства феррита. Состав карбидной фазы в легированных сталях. Влияние легирующих элементов на кинетику распада аустенита в изотермических условиях и при непрерывном охлаждении, мартенситное и бейнитное превращения и на превращения, протекающие при отпуске закаленной стали.

Конструкционные легированные стали. Проявление отпускной хрупкости I и II рода, высокотемпературной отпускной хрупкости и методы борьбы с ней. Стали

для цементации. Улучшаемые стали с низким и средним содержанием углерода. Мартенситно-старяющие стали. Стали для пружин. Шарикоподшипниковая сталь. Флокены. Шиферный излом и другие специфические пороки легированных сталей. Причины образования дефектов и возможность их устранения.

Инструментальные стали пониженной и повышенной прокаливаемости.

Штамповые стали. Быстрорежущие стали.

Нержавеющие стали. Хромистые стали. Хромоникелевые аустенитные стали. Явление интеркристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания. Высокопрочные стали аустенитного класса. Жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы.

Износостойкие стали и сплавы. Графитизированная сталь. Сталь Гатфильда.

## **10. Титан и его сплавы**

Титан и его свойства. Аллотропические модификации титана. Влияние на титан постоянных примесей водорода, кислорода, азота, углерода. Легирование титана.  $\alpha$  - стабилизаторы,  $\beta$  - стабилизаторы. Фазовые превращения в титановых сплавах при медленном и быстром охлаждении и влияние на них основных легирующих элементов. Промышленные сплавы титана. Коррозионная стойкость титана и его сплавов. Временное легирование титановых сплавов водородом.

## **11. Алюминий и его сплавы**

Алюминий и его свойства. Влияние на алюминий постоянных примесей железа и кремния. Сплав алюминия с медью и его упрочнение путем применения закалки с последующим старением. Механизм старения. Зоны Гинье-Престона. Выделение стабильного соединения  $\text{CuAl}_2$  и его коагуляция. Влияние легирующих элементов на процессы, происходящие при термической обработке алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы. Дюралюминий. Литые сплавы. Силумин. Антифрикционные сплавы на основе алюминия.

## **12. Медь и ее сплавы**

Медь и ее свойства. Сплавы меди с цинком, оловом, алюминием. Антифрикционные сплавы на основе меди.

## **13. Баббиты.**

**14** Сплавы тугоплавких металлов. Применение редкоземельных элементов.

**15.** Наноматериалы. Получение, структура, свойства, применение.

**16.** Методы модификации поверхности материалов.

**17.** Инновационные технологии производства изделий

17.1. Аддитивные технологии. Области применения. Требования к материалам.

17.2. РИМ, МИМ и СИМ технологии. Преимущества и недостатки. Области применения. Требования к материалам.

## **18. Методы контроля структуры и свойств металлических материалов**

Методы исследования структуры материалов. Металлография, рентгенография, электронная микроскопия. Компьютерная томография.

Остаточные напряжения в металлоконструкциях. Причины возникновения остаточных напряжений и методы контроля напряженно- деформированного состояния в деталях и узлах машиностроения.

Испытания на растяжение. Условные и действительные напряжения. Диаграммы растяжения. Характеристики , определяемые при растяжении. Пределы пропорциональности, упругости и текучести и их определение. Временное

сопротивление разрыву. Равномерное и полное относительное удлинение. Относительное сужение. Работа деформации. Машины для испытаний растяжением.

Прочие статические испытания. Испытания на изгиб и кручение. Твердость металла. Определение твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу. Микротвердость.

Динамические испытания. Влияние надреза на прочность хрупких и вязких материалов. Распределение напряжений при изгибе надрезанного образца. Хрупкое и вязкое состояния. Влияние формы, глубины надреза и ширины образца. Влияние температуры испытания и скорости приложения нагрузки. Сериальные испытания на удар при понижающихся температурах. Хладноломкость. Хладноломкие и нехладноломкие металлы.

Испытания на усталость. Испытания при знакопеременных напряжениях при чистом изгибе вращающегося образца и на консольных образцах. Испытания растяжением сжатием. Малоцикловая усталость. Кривые усталости и их построение. Кривые повреждаемости. Упругий и пластический гистерезис при циклических испытаниях. Связь предела усталости с характеристиками прочности. Механизм усталостного напряжения. Вид усталостного излома.

Испытания на ползучесть и длительную прочность. Предел ползучести и длительной прочности. Три стадии ползучести. Механизмы деформации при ползучести. Скольжение внутри зерен и по их границам. Упрочнение и разупрочнение. Влияние температуры испытания. Релаксация напряжений.

Определение износа материала, его основные типы и механизмы изнашивания. Факторы, определяющие износ.

Основы фрактографии. Классификация видов изломов с учетом геометрического фактора, морфологии поверхности разрушения, характера нагружения, механизма деформации и энергоемкости разрушения.

## **Тема II. Неметаллические материалы в машиностроении**

### **1. Полимеры и пластические массы**

Классификация полимерных материалов. Области применения ПМ. Основные виды сырья для производства полимеров и ПМ на их основе. Термопластичные и терморезистивные материалы (полимеры). Свойства термопластов и реактопластов. Структура и свойства термопластов и реактопластов. Высокоэластическое, стеклообразное, вязкотекучее, кристаллическое и аморфное состояние ВМС. Старение полимерных материалов под действием атмосферных факторов и агрессивных сред. Стойкость ПМ к криогенным и повышенным температурам. Наполненные и ненаполненные ПМ. Модификация полимерных материалов. Методы переработки ПМ в изделия: экструзия, литье под давлением, прессование, вакуум-формование, контактное формование.

### **2. Керамические материалы**

Классификация. Структура и свойства. Конструкционные и функциональные керамики.

### **3. Композиционные конструкционные и антифрикционные материалы**

Композиты с полимерной матрицей (ПКМ). Химическое строение, процессы отверждения и свойства полимерных матриц (эпоксидных, полиэфирных, фенолформальдегидных, кремнийорганических). Армирующие материалы - стекловолокна, углеродные волокна (высокомодульные и низко модульные), органические волокна. Влияние структуры армирующих материалов на свойства

ПКМ. Технология получения и переработки ПКМ (прессование, контактное формование, вакуумное формование, намотка). Влияние технологии изготовления на прочность, водостойкость ПКМ, несущую способность конструкций из неметаллических материалов.

#### **4. Керамические материалы**

Техническая керамика. Свойства керамики в зависимости от состава. Применение керамики. Стёкла минеральные. Кварцевое стекло, безосколочное стекло, электроизоляционные стекла, электропроводящие стёкла, пеностекло. Ситаллы (Стеклокристаллические материалы).

#### **5. Лакокрасочные и клеящие материалы.**

Классификация лакокрасочных материалов. Технология нанесения лакокрасочных покрытий. Клеящие материалы. Физико-химическая природа. Состав и классификация клеев. Методы испытания клеевых соединений. Применение клеевых соединений в машиностроении.

#### **6. Теплоизоляционные, декоративно-отделочные материалы, клеи, ремонтные составы**

Теплоизоляционные материалы. Декоративно-отделочные материалы. Полимерные клеи. Ремонтный металлополимерный состав марки ЭК-2.

#### **7. Наномодификаторы и полимерные наномодифицированные материалы**

Углеродные и металлические наномодификаторы полимерных материалов.

Методы модификации полимерных материалов.

#### **8. Методы исследования неметаллических материалов**

Химический анализ. Спектральные методы исследования молекулярной структуры. Электронная микроскопия. Дериватографический метод исследования. Методы кратковременных статических, длительных и динамических испытаний. Технологические испытания. Определение диэлектрических и триботехнических свойств. Ультразвуковая дефектоскопия. Санитарно-гигиенические характеристики полимерных материалов. Электризуемость пластических масс и гигиеническое значение этого явления. Влияние исходных компонентов, применяемых при изготовлении пластических масс на их гигиенические свойства. Механические свойства ПКМ (кратковременная, длительная, усталостная прочность, ударостойкость). Влияние концентраторов напряжений на несущую способность конструкций. Механизмы разрушения ПКМ (стеклопластиков, углепластиков, органопластиков. Анизотропия свойств ПКМ. Принципы конструирования изделий из ПКМ. Эксплуатационные свойства ПКМ (термо- и огнестойкость, атмосферостойкость, водостойкость, стойкость к агрессивным средам). Триботехнические свойства антифрикционных углепластиков.

### **2.4. 2. Перечень выносимых на вступительные испытания вопросов**

- 1) Внешние факторы, определяющие изменение структуры материалов.
- 2) Основные методы исследования структуры материалов
- 3) Кристаллическая решетка и ее характеристики. Индексы Миллера.
- 4) Основные типы связи в кристаллах: ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.
- 5) Типичные атомно – кристаллические структуры металлов - ГЦК, ГПУ и ОЦК .
- 6) Представление о микро-, мезо- и макроскопическом масштабе структуры.

- 7) Точечные дефекты: вакансии, межузельные атомы, атомы внедрения, атомы замещения.
- 8) Линейные дефекты. Основные типы дислокаций. Краевые дислокации, их скольжение и переползание. Винтовые дислокации, их скольжение. Смешанные дислокации.
- 9) Силы, действующие на дислокацию. Упругое взаимодействие дислокаций.
- 10) Дислокации полные и частичные. Диссоциация и объединение дислокаций.
- 11) Плотная упаковка атомов в кристаллах с решётками ГЦК и ГПУ. Дефекты упаковки. Двойники.
- 12) Образование и размножение дислокаций. Сетки дислокаций. Плотность дислокаций. Источник Франка-Рида.
- 13) Взаимодействие дислокаций с примесными атомами и вакансиями. Понятие об атмосферах Коттрелла, Снука и Сузуки.
- 14) Основные механизмы упрочнения материалов. Типы дислокационных структур на различных стадиях упрочнения.
- 15) Дислокационная модель малоугловых границ. Полигонизация.
- 16) Большеугловые границы.
- 17) Диффузия в твердых металлах и сплавах. Законы диффузии.
- 18) Самодиффузия и гетеродиффузия. Механизм диффузии. Восходящая диффузия.
- 19) Чистые металлы. Химические соединения. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания.
- 20) Фазы внедрения. Упорядоченные твердые растворы. Дальний и ближний порядок. Электронные соединения. Фазы Лавеса,  $\sigma$ -фазы (на примере сплавов железо-хром).
- 21) Кристаллизация чистых металлов. Кривые охлаждения. Скрытая теплота кристаллизации.
- 22) Переохлаждение. Термодинамика процесса. Механизм и кинетика процесса кристаллизации. Зарождение центров кристаллизации. Критический размер зародыша.
- 23) Скорость роста кристаллов. Строение слитков спокойной и кипящей стали. Неметаллические включения. Условия образования металлических стекол.
- 24) Правило фаз. Типы диаграмм состояния бинарных сплавов. Правило отрезков.
- 25) Диаграммы с эвтектическим, перитектическим/, монотектическим превращением, с устойчивым и неустойчивым химическим соединением.
- 26) Эвтектоидное, перитектоидное и монотектоидное превращение. Простейшие диаграммы состояния тройных систем.
- 27) Изменение структуры и свойств металла под влиянием пластической деформации и температурного воздействия. Отдых и полигонизация.
- 28) Первичная и собирательная рекристаллизация. Текстуры.
- 29) Зависимость роста зерен от степени наклепа и температуры. Диаграмма рекристаллизации.
- 30) Термомеханическая обработка стали и сплавов.
- 31) Классификация видов термической обработки. Термодинамика фазовых превращений.
- 32) Гомогенное и гетерогенное зарождение фаз. Кинетика диффузионных фазовых превращений.
- 33) Отжиг стали. Образование аустенита при нагреве стали. Измельчение зерна в критическом интервале и последующий рост зерна в аустенитной области.

- 34) Превращение аустенита при последующем охлаждении. Диффузионные превращения аустенита при непрерывном охлаждении и при изотермических выдержках.
- 35) Термокинетические и изотермические диаграммы превращения аустенита. Влияние легирования на кинетику фазовых и структурных превращений.
- 36) Закалка стали. Особенности мартенситного превращения. Механизм перестройки ГЦК решётки аустенита в ОЦК решётку мартенсита по Бейну и Курдюмову.
- 37) Тетрагональность решетки мартенсита в зависимости от содержания углерода. Зависимость начала и конца мартенситного превращения от содержания углерода.
- 38) Остаточный аустенит. Микроструктура и тонкая структура мартенсита. Кинетика мартенситного превращения.
- 39) Бейнитное превращение. Верхний и нижний бейнит. Строение бейнита. Кинетика бейнитного превращения и его механизм.
- 40) Внутренние напряжения, возникающие при закалке. Дефекты закалки. Способы закалки.
- 41) Отпуск стали. Превращения при отпуске стали. Дилатометрическая кривая отпуска.
- 42) Распад остаточного аустенита. Отпускная хрупкость I и II рода. Их природа. Влияние молибдена и примесей. Закалка с низким и высоким отпуском.
- 43) Цементация. Азотирование. Стали, применяемые для азотирования. Цианирование. Диффузионная металлизация.
- 44) Влияние углерода, марганца, кремния, фосфора, серы и алюминия на свойства стали.
- 45) Влияние газов – водорода, азота, кислорода на свойства стали. Неметаллические включения.
- 46) Влияние легирующих элементов на границы существования аллотропических модификаций железа. Элементы сужающие и расширяющие область существования аустенита.
- 47) Диаграммы состояния бинарных сплавов железа с никелем, марганцем, хромом, молибденом, вольфрамом, ванадием, кремнием, алюминием.
- 48) Распределение легирующих элементов в сталях и их влияние на свойства феррита. Состав карбидной фазы в легированных сталях.
- 49) Влияние легирующих элементов на кинетику распада аустенита в изотермических условиях и при непрерывном охлаждении, мартенситное и бейнитное превращения.
- 50) Конструкционные легированные стали.
- 51) Стали для цементации. Улучшаемые стали с низким и средним содержанием углерода. Мартенситно-стареющие стали.
- 52) Стали для пружин. Шарикоподшипниковая сталь. Флокены.
- 53) Инструментальные стали пониженной и повышенной прокаливаемости. Штамповые стали. Быстрорежущие стали.
- 54) Износостойкие стали и сплавы. Графитизированная сталь. Сталь Гатфильда.
- 55) Титан и его свойства. Аллотропические модификации титана. Влияние на титан постоянных примесей водорода, кислорода, азота, углерода.
- 56) Алюминий и его свойства. Влияние на алюминий постоянных примесей железа и кремния. Сплав алюминия с медью и его упрочнение путем применения закалки с последующим старением.

- 57) Медь и ее свойства. Сплавы меди с цинком, оловом, алюминием. Антифрикционные сплавы на основе меди.
- 58) Сплавы тугоплавких металлов. Применение редкоземельных элементов.
- 59) PIM, MIM и CIM технологии. Преимущества и недостатки. Области применения. Требования к материалам.
- 60) Классификация полимерных материалов. Области применения ПМ.
- 61) Структура и свойства термопластов и реактопластов. Высокоэластическое, стеклообразное, вязкотекучее, кристаллическое и аморфное состояние ВМС
- 62) Классификация керамик. Структура и свойства. Конструкционные и функциональные керамики.
- 63) Армирующие материалы - стекловолокна, углеродные волокна (высокомодульные и низкоимодульные), органические волокна.
- 64) Стёкла минеральные. Кварцевое стекло, безосколочное стекло, электроизоляционные стекла, электропроводящие стёкла, пеностекло. Ситаллы (Стеклокристаллические материалы).
- 65) Классификация лакокрасочных материалов. Клеящие материалы. Применение клеевых соединений в машиностроении.
- 66) Теплоизоляционные материалы. Декоративно-отделочные материалы.
- 67) Углеродные и металлические наномодификаторы полимерных материалов. Методы модификации полимерных материалов.
- 68) Методы исследования неметаллических материалов.
- 69) Определение диэлектрических и триботехнических свойств.
- 70) Санитарно-гигиенические характеристики полимерных материалов. Электрizableность пластических масс и гигиеническое значение этого явления. Влияние исходных компонентов, применяемых при изготовлении пластических масс на их гигиенические свойства.
- 71) Эксплуатационные свойства ПКМ (термо- и огнестойкость, атмосферостойкость, водостойкость, стойкость к агрессивным средам).
- 72) Аддитивные технологии. Области применения. Требования к материалам.
- 73) Наноматериалы. Получение, структура, свойства, применение.
- 74) Баббиты.
- 75) Методы модификации поверхности материалов.
- 76) Инновационные технологии производства изделий
- 77) Методы исследования структуры материалов.
- 78) Остаточные напряжения в металлоконструкциях. Причины возникновения.
- 79) Определение твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу. Микротвердость.
- 80) Хладноломкость. Хладноломкие и нехладноломкие металлы.
- 81) Испытания на усталость.
- 82) Испытания на ползучесть и длительную прочность. Предел ползучести и длительной прочности. Три стадии ползучести.
- 83) Определение износа материала, его основные типы и механизмы изнашивания. Факторы, определяющие износ.
- 84) Основы фратографии. Классификация видов изломов.
- 85) Методы кратковременных статических, длительных и динамических испытаний.
- 86) Дериватографический метод исследования.
- 87) Технологические испытания.
- 88) Триботехнические свойства антифрикционных углепластиков.

### 2.4.3. Учебно-методическое обеспечение

#### *Основная литература:*

- 1) Материаловедение. Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. М. Волков, В.М.Зуев – М.: издательство Академия, 2013, 400 с.
- 2) Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов: учеб.пособие / С.А. Оглезнева. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 307 с.
- 3) Материаловедение: учебник для вузов: Малыгин Ф.Л., Стариуов Н.Е., Золотухин В.И., Сергеев Н.Н., Бреки А.Д., Тула: изд-во ТулГУ, 2015, 268 с.
- 4) Конструкционные материалы. Полный курс. М.Эшби, Д.Джонс, Изд. Д м «Интеллект», Долгопрудный, 2010, 672 с.
- 5) Петрюк, И. П. Материаловедение. Полимерные материалы и композиты. В 2 ч. : учеб. пособие / И. П. Петрюк. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2011.
- 6) М.А.Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина Аддитивные технологии в машиностроении. Учебное пособие/ Издательство политехнического университета Санкт-Петербург, 2013.
- 7) Литье порошковых смесей, <http://www.plastics.ru/pdf/journal/2013/06/Pogodina.pdf>

#### *Дополнительная литература:*

- 1) Перспективные материалы. Структура и методы исследования. Уч. пособие под ред. Д.Л. Меерсона. - ТГУ, МИМиС. - 2006. - 536 с.
- 2) Б.К. Барахтин, А.М. Немец Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Физико-аналитические методы исследования металлов и сплавов. Справочник.. – СПб.:НПО «Профессионал». – 2006.
- 3) Введение в систематику умных материалов / Л. С. Пинчук [и др.]; под. общ. ред. Л. С. Пинчука. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 399 с. – ISBN 978-985-08-1540-8.
- 4) Шульга А.В. Композиты. Ч. 1. Основы материаловедения композиционных материалов. М.: НИЯУ МИФИ, 2013. 96 с.
- 5) 4. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное пособие. Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша», Москва 2007, 125 с.
- 6) Micro Metal Powder Injection Molding , Kazuaki Nishiyabu Kinki University, Japan [http://cdn.intechopen.com/pdfs/33647/InTech-Micro\\_metal\\_powder\\_injection\\_molding.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/33647/InTech-Micro_metal_powder_injection_molding.pdf)

## 2.5. ПРОФИЛЬ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ (ПОЛИГРАФИЯ)»

### 2.5.1 Содержание программы профильной части

#### **Тема 1. Сырье как технологический фактор получения и переработки материалов**

Технологические факторы, определяющие условия получения, обработки и переработки материалов. Классификация сырья. Требования, которым должно удовлетворять сырьё. Подготовка и обогащение сырья. Подготовка и обогащение сырья в твердом агрегатном состоянии: дробление, измельчение, грохочение (рассеивание), разделение. Подготовка и обогащение сырья в жидком агрегатном состоянии. Основные методы водоподготовки. Подготовка и обогащение сырья в газообразном агрегатном состоянии. Оптимальное использование сырья.

## **Тема 2. Термодинамика агрегатных состояний однокомпонентных материалов**

Агрегатное состояние. Фаза. Правило фаз Гиббса. Фазовая диаграмма однокомпонентной системы. Фазовые переходы первого и второго рода. Уравнения состояния. Калорическое и термическое уравнения состояния. Каноническое уравнение состояния. Поверхностная и межфазная энергия. Уравнение Гиббса – Гельмгольца для полной поверхностной энергии его анализ. Самопроизвольное уменьшение полной поверхностной энергии системы. Влияние поверхностного натяжения на форму твердых тел (принцип Гиббса – Кюри). Условие самопроизвольного течения процессов. Термодинамические закономерности при агрегатных превращениях. Баротропное явление.

## **Тема 3. Диаграммы состояния многокомпонентных материалов**

Взаимодействие компонентов в сплавах. Диаграммы состояния как отражение взаимодействия компонентов в сплаве. Методы получения диаграмм состояния. Анализ диаграмм состояния по агрегатным состояниям и фазовым превращениям. Правило отрезков. Диаграмма состояния для сплавов, образующих механические смеси кристаллов чистых компонентов (I рода). Диаграмма состояния для сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (II рода). Диаграммы состояния для сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (III рода). Диаграммы состояния для сплавов, в которых компоненты образуют химические соединения (IV рода). Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых имеют полиморфные превращения. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.

## **Тема 4. Химическая термодинамика в технологиях производства и переработки материалов**

Основные понятия и определения химической термодинамики. Стандартные энтальпии простых веществ и химических соединений. Основные законы термохимии. Следствия из закона Гесса. Условие самопроизвольного протекания процессов. Закон действующих масс. Химическая кинетика. Каталитические процессы. Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье и его применение при получении и переработке материалов.

## **Тема 5. Теория получения металлов и металлических сплавов**

Теория технологий получения и переработки черных металлов и сплавов. Теория доменного производства чугуна. Исходные материалы для получения чугуна и химические процессы в доменной печи. Теория технологий производства сталей (переработки чугуна и металлолома). Физико-химические процессы при получении стали. Мартеновский, конвертерный (кислородно-конвертерный) способы выплавки сталей. Особенности бессемеровского и томасовского процессов. Выплавка стали в электродуговых печах. Достоинства и недостатки способов выплавки сталей. Физико-химическая сущность способов рафинирования стали.

Теория технологий получения цветных металлов. Технология пирометаллургического способа получения меди из сульфидных руд. Технология гидрометаллургического способа получения алюминия из алюминиевых руд. Физико-химические основы получения глинозема по Байеру и его электролиза. Технология получения титана из ильменита: получение титанового шлака восстановительной плавкой, получение тетрахлорида титана хлорированием титановых шлаков, производство титана (губки, порошка) магнийтермическим восстановлением из тетрахлорида

## **Тема 6. Теория получения полимерных материалов с заданной структурой**

Получения полимерных материалов со стереорегулярной структурой. Катализаторы Циглера-Натта и оксидометаллические катализаторы. Влияние соотношения реагентов на технологию получения реактопластов на примере синтеза феноло-формальдегидных смол. Теория технологий переработки каучуков и получения резинотехнических изделий.

## **Тема 7. Теория получения композиционных материалов и изделий из них**

Принципы конструирования изделий из ПКМ. Композиты с полимерной матрицей (ПКМ). Химическое строение, процессы отверждения и свойства полимерных матриц (эпоксидных, полиэфирных, фенол- и карбамидоформальдегидных, кремнийорганических). Армирующие материалы – стеклянные и углеродные волокна, нити, ткани, органические волокна. Влияние структуры и анизотропии армирующих материалов на свойства ПКМ. Технология получения и переработки ПКМ (прессование, контактное формование, вакуумное формование, намотка). Влияние технологии изготовления на прочность, водостойкость ПКМ, несущую способность конструкций из неметаллических материалов.

## **Тема 8. Методы исследования структуры и испытания материалов**

Металлография, рентгенография, электронная микроскопия. Компьютерная томография. Поляризационная микроскопия. Остаточные напряжения. Фотоупругость прозрачных материалов. Причины возникновения остаточных напряжений и методы контроля напряженно-деформированного состояния в деталях и узлах машиностроения. Испытания на растяжение. Условные и действительные напряжения. Диаграммы растяжения. Характеристики, определяемые при растяжении. Пределы пропорциональности, упругости и текучести и их определение. Временное сопротивление разрыву. Уравнения Журкова и Бартенева. Равномерное и полное относительное удлинение. Относительное сужение. Работа деформации. Машины для испытаний растяжением.

Прочие статические испытания. Испытания на изгиб и кручение. Твердость материалов.

Определение твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу. Микротвердость.

Динамические испытания. Влияние надреза на прочность хрупких и вязких материалов. Уравнение Гриффитса. Распределение напряжений при изгибе надрезанного образца. Хрупкое и вязкое состояния. Влияние формы, глубины надреза и ширины образца. Влияние температуры испытания и скорости приложения нагрузки. Серийные испытания на удар при понижающихся температурах.

Испытания на усталость. Испытания при знакопеременных напряжениях при чистом изгибе вращающегося образца и на консольных образцах. Испытания растяжением и сжатием. Малоцикловая усталость. Кривые усталости и их построение. Кривые повреждаемости. Упругий и пластический гистерезис при циклических испытаниях.

Эффект Патрикеева–Маллинза в эластомерах. Связь предела усталости с характеристиками прочности.

Испытания на ползучесть и длительную прочность. Предел ползучести и длительной прочности. Три стадии ползучести. Механизмы деформации при ползучести. Упрочнение и разупрочнение. Влияние температуры испытания. Релаксация напряжений.

Определение износа материала, его основные типы и механизмы изнашивания. Факторы, определяющие износ.

## **Часть 2 (Планарные технологии полиграфических и паковочных материалов)**

### **Тема 1. Волокнистые полуфабрикаты для изготовления бумаги и картона**

Целлюлоза - основной материал для изготовления бумаги. Виды сырья для изготовления волокнистых полуфабрикатов. Древесная целлюлоза: способы получения, основные характеристики. Древесная масса: способы получения, основные характеристики. Макулатура. Классификация. Способы переработки. Основные характеристики.

### **Тема 2. Изготовление бумаги и картона**

Подготовка бумажной массы. Отбелка волокнистых полуфабрикатов. Размол волокнистых материалов. Виды проклеивающих веществ и их назначение. Виды наполнителей, вводимых в состав бумаги и их назначение. Оптические отбеливатели. Отлив бумаги и картона на бумагоделательной машине. Принципиальные схемы бумагоделательных машин для отлива бумаги и картона. Влияние режимов отлива на качество готовой продукции. Виды отделки бумаги и картона. Изготовление мелованных видов бумаги и картона.

### **Тема 3. Ассортимент бумаги**

Бумага для печати. Основные требования и классификация. Бумага для офсетного (плоского) способа печати. Основные требования и ассортимент. Бумага для высокого способа печати. Основные требования и ассортимент. Бумага для глубокого способа печати. Основные требования и ассортимент. Бумага для цифровой печати. Основные требования и ассортимент. Ассортимент бумаги по назначению: книжно-журнальная, иллюстрационная, газетная, форзацная, дизайнерская. Бумага для изготовления упаковки: этикеточная, упаковочная, жиронепроницаемая, мешочная. Требования, предъявляемые к бумагам для изготовления упаковки. Мелованная бумага: свойства, классификация, ассортимент. Бумага специального назначения.

### **Тема 4. Свойства и ассортимент картона**

Картон. Строение, свойства, классификация. Основные отличия бумаги от картона. Применение картона при изготовлении полиграфической и упаковочной продукции. Переплетный картон. Упаковочный картон. Гофрированный картон (профильно-ориентированный).

### **Тема 5. Общие сведения о печатных красках. Изготовление печатных красок**

Печатная краска. Определение. Основные компоненты печатных красок. Изготовление печатных красок. Диспергирования красочных композиций и факторы, влияющие на процесс диспергирования. Классификация печатных красок.

### **Тема 6. Связующие печатных красок**

Связующие печатной краски. Определение, основные компоненты. Связующие окислительной полимеризации. Высыхающие растительные масла. Алкидные смолы и олифы. Механизм окислительной полимеризации, факторы, ускоряющие этот процесс. Сиккативы. Область применения печатных красок, закрепляющихся в результате окислительной полимеризации. Связующие, закрепляющиеся в результате впитывания растворителя. Ассортимент растворителей и смол, применяемых для изготовления данного типа связующего.

Механизм процесса впитывания на крупно- и мелкопористых бумагах. Область применения данного типа связующего. Достоинства и недостатки печатных красок, закрепляющихся в результате впитывания растворителя. Связующие, закрепляющиеся в результате испарения растворителя. Ассортимент смол и растворителей, применяемых для изготовления данного типа связующего, требования, предъявляемые к ним. Область применения данного типа связующего. Связующие, закрепляющиеся при отделении комбинированного (хорошего и плохого) растворителя. Механизм закрепления. Область применения данного связующего. Связующее УФ-закрепления. Основные компоненты. Механизм закрепления. Область применения. Связующие закрепляющиеся в результате реакции поликонденсации. Связующие, закрепляющиеся в результате охлаждения расплава.

#### **Тема 7. Свойства печатных красок**

Оптические свойства. Цветовые характеристики. Интенсивность. Прозрачность. Глянец. Светостойкость. Стойкость к растворителям. Реологические свойства. Вязкость разбавленных дисперсных систем. Вязкость структурированных систем. Влияние тиксотропии на вязкость красок. Практическая характеристика реологических свойств красок.

Липкость. Липкость краски как сопротивление разделению красочного слоя. Значение липкости при печати. Степень перетира. Плотность. Взаимодействие бумаги и краски.

#### **Тема 8. Ассортимент печатных красок**

Краски для плоской офсетной печати. Краски для глубокой печати. Краски для флексографской печати. Краски для высокой печати. Краски для трафаретной печати. Краски для струйной печати. Тонеры и специальные краски.

#### **Тема 9. Лаки для отделки печатной продукции**

Лаки на органических растворителях. Водно-дисперсионные лаки. Масляные лаки. Лаки УФ-отверждения.

#### **Тема 10. Нанесение металлических и иных неорганических покрытий**

Процессы нанесения металлических покрытий из расплавов: общая схема процесса; нанесение покрытий окунанием в расплавленные среды, лужение, цинкование, серебрение; нанесение покрытий оплавлением порошковых композиций: формирование покрытий наплавкой концентрированными источниками энергии (электрическая дуга, газовое пламя, плазма, световые и электронные пучки). Процессы и операции газотермического напыления покрытий из порошков металлов: методы напыления и их классификация, обобщенная схема процесса, способы и особенности плазменного, газоплазменного, детонационно-газового напыления. Технология нанесения атомарных покрытий: схема и основные стадии процесса, способы получения потока частиц и формирования покрытий; обобщенная схема: способы термического испарения резистивным, электроннолучевым, дуговым и световыми методами; процессы ионного распыления в тлеющем разряде, ионно-лучевое и высокочастотное распыление; газофазное и химическое осаждение. Процессы и операции электрохимического (гальванического) осаждения металлов: методы и особенности технологических процессов, основные стадии; схема и параметры электролиза: анодирование и анодное осаждение, оценка качества и защитных свойств покрытий.

#### **Тема 11. Технология полимерных материалов и покрытий**

Состав и основные технологические свойства термопластичных полимеров и их модификация в массе (блоке), растворе, эмульсии и суспензии; производство порошков, гранул, волокон. Процессы и операции формования изделий из термопластичных полимеров: экструзия, литье под давлением, штамповка, вакуумное и пневмовакуумное формование, комбинированные методы. Ориентационная вытяжка, термическая и механическая обработка термопластов. Технология вспениваемых, дисперсно-наполненных и армированных тканями и непрерывными волокнами термопластов. Линолеум, клеенки, ленты, жгуты, пленочные скатерти и другие ассиметричные (рулонные) полимерные запечатываемые материалы. Технология синтетических волокон из термопластов, получение нетканых полотен иглопробивным и иглопрошивным способами. Синтетическая бумага. Процессы формирования разъемных, неразъемных соединений, процессы сварки, склеивания и пайки. Синтез и модификация реакционноспособных мономеров и олигомеров. Полиэфиры (алкидные смолы, олигоэфиракрилаты, полиэфирные смолы), эпоксины, фенопласты, аминопласты, полиуретаны, акриловые и силоксановые смолы. Получение преполимеров и отверждающихся композиций, ступенчатые и цепные процессы отверждения, инициаторы, активаторы, катализаторы. Процессы получения, переработки и обработки терморезактивных формовочных масс и пресскомпозиций (пресспорошков, премиксов, литьевых композиций, компаундов, препрегов и т.п.). Компрессионное и литьевое прессование, литье без давления и литье под давлением терморезактивных композиций. Особенности технологии терморезактивных пенопластов. Соединение реактопластов. Процессы формообразования заготовок и изделий из армированных волокнами терморезактивных полимерных композиционных материалов (ПКМ): контактное формование с ручной и автоматизированной выкладкой и напылением; вакуумное, вакуум-автоклавное и вакуум-пресскамерное формование с эластичной диафрагмой, пропитка под давлением в жестких формах, прямое прессование и термокомпрессионное формование, "сухая" и "мокрая" намотка, пултрузия и роллрузия.

### **Тема 12. Переработка каучуков и получение резин**

Каучуки общетехнического назначения и каучуки, применяемые в производстве и ремонте узлов полиграфических машин. Процессы получения каучуков с заданными свойствами, приготовление резиновых смесей и методы их переработки в заготовки изделий; совмещение компонентов и формование резиновых смесей на вальцах и в закрытых смесителях, процессы каландрования. Латексная технология и технология жидких каучуков; реакционное формование каучуков и резин; технология порошков и пенорезин, технология термоэластопластов. Процессы формования изделий и деталей из резин; прессование; литье под давлением. Технология армированных резин, особенности формования офсетных резиновых полотен. Механическая обработка резин, гуммирование валов полиграфической техники.

### **Тема 13. Торможение релаксации**

Высокоэластическая деформация запечатываемых (упаковочных) пленочных полимерных материалов. Физические (релаксационные) состояния полимеров. Температура стеклования. Температура текучести. Структура кристаллизующихся полимеров. Структура аморфных полимеров. Макроструктура эластомеров в деформированном состоянии. Термоусадочные материалы и этикетки. Методы

исследования структуры и релаксационных свойств полимерных материалов. Технология рельефной печати на термоусадочных пленках.

#### **Тема 14. Локальная рекристаллизация**

Закалка и отжиг запечатываемых (упаковочных) пленочных полимерных материалов. Интервальные пленки. Прозрачность и светорассеяние. Жестко-эластичные полимерные пленки. Описание структуры упорядоченных полимерных систем и структурных превращений при термообработке, самоорганизация полимеров, особенности макроструктуры деформированных эластомеров.

#### **Тема 15. Плеохроизм многослойных пленок**

Прозрачность запечатываемых (упаковочных) пленочных полимерных материалов. Спектр оптического диапазона. Фотоупругость прозрачных полимеров. Поляризация света при отражении от поверхности металлов. Поляроиды, полимерные пленочные поляризаторы. Цветные и макроструктурные эффекты при вытяжке эластомеров. Поляризационные микроскопы. Эффекты дихроизма и плеохроизма в многослойных пленках. Световые панели и запись цветной изобразительной информации на прозрачных материалах.

#### **Тема 16. Термохромизм**

Цвет печатных красок и запечатываемых (упаковочных) пленочных полимерных материалов. Обратимый и необратимый эффекты термохромизма органических и неорганических веществ. Обратимый термохромизм комплексов металлов с комплексонами в ряду сульфоталеинов. Строение молекул и Н- и J-агрегатов полиметиновых красителей (ПМК). Зависимость спектральных свойств агрегатов ПМК от типа структуры агрегата.

#### **Тема 17. Крейзинг полимерных пленок и волокон**

Механическое диспергирование элементов структуры полимерных пленок и волокон с адсорбционной стабилизацией взаимопроникающих сеток. Высокодисперсное ориентированное состояние аморфных и аморфно-кристаллических полимеров. Взаимопроникающие полимерные сетки. Физические свойства наполненных композитов и композитов с жидким наполнителем. Устойчивость многофазных гетерогенных систем в условиях действия механических напряжений и изменения состава окружающей среды, стабилизация. Структурное капсулирование жидкостей в пленках. Явление механосинерезиса низкомолекулярных ингредиентов из композиционных полимерных материалов, полученных по методу «крейзинга».

#### **Тема 18. Функции упаковки**

Связь функций упаковки с технологическим процессом упаковывания. Этапы разработки упаковки, требования, учитываемые при ее разработке. Структура технологического процесса упаковывания. Составляющие части процесса упаковывания: основные и вспомогательные материалы, тара, виды продукции и типы процессов (вакуумный, в газовой среде и др.). Упаковочные линии.

#### **Тема 19. Способы герметизации упакованной продукции**

Методы сварки термопластичных материалов. Сварка с нагревом от внешних источников тепла. Технология термосварки, используемое оборудование. Технологические параметры их влияние на прочность сварного шва. Типы сварных швов. Присадочные материалы, применяемые при термической сварке. Сварка с нагревом в результате преобразования различных видов энергии. Технология ультразвуковой сварки. Оборудование.

Технологические режимы. Области применения. Технология высокочастотной сварки. Механизм преобразования энергии электромагнитного поля высокой частоты в тепловую энергию в массе полимерного материала. Возможность сварки различных полимерных материалов. Оборудование. Технологические режимы. Технология сварки с помощью инфракрасного (ИК) излучения. Условия сварки. Понятие о спектре излучения и поглощения в ИК-области. Оборудование. Технологические режимы. Герметизация упаковок с помощью адгезивов. Технология склеивания. Параметры процесса. Методы оценки качества клеевых соединений. Методы оценки герметичности тары.

### **Тема 20. Технология упаковки различных видов продукции**

Критерии выбора способа упаковывания материалов. Упаковка мяса и мясных продуктов. Способы упаковывания мясных продуктов, рекомендуемые материалы. Упаковка рыбы и рыбных продуктов. Упаковка хлебобулочных изделий. Упаковка крупы и макаронных изделий. Упаковка овощей и фруктов. Упаковка чая и кофе. Упаковочные линии для упаковки дискретных продуктов. Упаковочные линии для упаковки сыпучих продуктов. Упаковочные линии для упаковки жидких и пастообразных продуктов. Упаковка продуктов в термоусаживающиеся пленки, их особенности (коэффициент и напряжение усадки). Технологический процесс упаковывания продукции в термоусаживающиеся пленки в автоматическом и полуавтоматическом режиме. Используемое оборудование. Упаковка продуктов в вакууме. Критерии выбора материала для упаковки в вакууме. Технологический процесс упаковывания продуктов в вакууме. Упаковка продуктов в регулируемой и модифицированной газовой среде. Понятие о составе газовых смесей. Понятие о «дышащих» и «не дышащих» продуктах. Селективная проницаемость полимерных материалов. Асептический метод упаковывания. Материалы для асептического упаковывания. Технологические линии. Средства стерилизации и режимы обработки. Требования к производственным помещениям. Системы контроля. Новые перспективные процессы.

### **2.5.2. Перечень выносимых на вступительные испытания вопросов**

- 1) Сырьё как технологический фактор. Способы обогащения сырья в твердом, жидком и газообразном агрегатных состояниях.
- 2) Методы водоподготовки: осветление, снижение жесткости, ионный обмен.
- 3) Агрегатные состояния и фазы. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазовая диаграмма однокомпонентной системы. Тройная точка.
- 4) Правило фаз Гиббса. Критические значения термодинамических параметров, флюиды. Баротропное явление и условие его возникновения.
- 5) Полная поверхностная энергия. Уравнение Гиббса–Гельмгольца. Удельная энергии Гиббса поверхности.
- 6) Условие самопроизвольного изменения поверхностной энергии. Поверхностное натяжение и его зависимость от температуры. Процессы, приводящие к изменению поверхностной энергии при дроблении материала и агрегировании его частиц.

- 7) Металлы и металлические сплавы. Взаимодействие компонентов сплава. Растворы замещения, внедрения. Сплавы с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге. Сплавы с устойчивым химическим соединением.
- 8) Влияние на свойства сплава характера взаимодействия в нем компонентов.
- 9) Кривые охлаждения металлов и сплавов, диаграммы состояния системы из двух компонентов. Температуры и линии фазовых переходов. Линии ликвидуса и солидуса. Эвтектика.
- 10) Остаточные напряжения. Фотоупругость прозрачных материалов. Причины возникновения остаточных напряжений и методы контроля напряженно-деформированного состояния в деталях и узлах машиностроения
- 11) Особенности плавления металлов, сплавов любого и эвтектического состава, химического соединения. Правило отрезков: правило концентраций и правило рычага.
- 12) Диаграммы состояния сплавов из двух компонентов, образующих в твердом состоянии механические смеси чистых кристаллов (диаграммы I рода).
- 13) Диаграммы состояния сплавов из двух компонентов, неограниченно растворимых в твердом агрегатном состоянии (диаграммы II рода).
- 14) Диаграммы состояния сплавов из двух компонентов, образующих растворы с ограниченной растворимостью в твердом агрегатном состоянии (диаграммы III рода).
- 15) Диаграммы состояния сплавов из двух компонентов, образующих устойчивое химическое соединение (диаграммы IV рода).
- 16) Диаграммы состояния сплавов с полиморфным превращением одного из компонентов. Эвтектоида. Анализ диаграмм состояния.
- 17) Зависимость свойств сплава от его состава. Связь диаграммы состояния с диаграммой «состав–свойство». Прогнозирование свойств сплава по его диаграмме состояния.
- 18) Условие самопроизвольного протекания химико-технологических процессов. Энергия Гиббса как функция состояния системы. Зависимость энергии Гиббса от температуры.
- 19) Влияние на технологические процессы различных факторов. Закон действующих масс. Лимитирующая стадия реакции. Влияние температуры на скорость реакции. Уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса.
- 20) Исходные материалы для получения чугунов в домнах с основной футеровкой.
- 21) Исходные материалы для получения чугунов в домнах с кислой футеровкой.
- 22) Физико-химические процессы в доменной печи: химические реакции получения в домнах восстановительной среды, восстановления железа, восстановления примесных элементов и образования шлака. Удаление вредных примесей: фосфора и серы.

- 23) Способы получения сталей: мартеновский, конвертерный, кислородно-конвертерный, в электродуговых печах. Достоинства и недостатки методов.
- 24) Отличие конвертерного и кислородно-конвертерного способов получения стали.
- 25) Физико-химические процессы при получении сталей. Сущность окислительного и восстановительного периодов выплавки сталей. Различные степени раскисления сталей: кипящая, полуспокойная и спокойная стали.
- 26) Способы рафинирования стали: обработка синтетическим шлаком, вакуумная дегазация, электрошлаковый переплав, вакуумно-дуговой переплав.
- 27) Способ переработки в сталь чугунов с высоким содержанием серы и фосфора.
- 28) Разновидности медных руд: сульфидные, оксидные. Методы их переработки.
- 29) Получение меди из медных сульфидных руд пирометаллургическим методом. Сущность технологических стадий пирометаллургического метода получения меди: измельчение и обогащение руды, обжиг обогащенной руды, плавка огарка, конвертирование штейна, огневое и электролитическое рафинирование черновой меди.
- 30) Исходное сырьё для получения алюминия.
- 31) Стадии технологии получения алюминия.
- 32) Физико-химические основы получения глинозёма по Байеру. Технологические стадии: прокатка и дробление руды, выщелачивание, декомпозиция, выделение гидроксида алюминия и его обезвоживание.
- 33) Физико-химические основы получения алюминия путем электролиза раствора глинозёма в расплаве криолита. Катодные и анодные реакции.
- 34) Способы получения алюминия технической и особой чистоты.
- 35) Исходное сырьё для получения титана. Разновидности титановых руд.
- 36) Физико-химические основы получения титана из ильменита пирометаллургическим способом. Особенности технологии обогащения титановой руды, ректификации хлоридов титана и хлоридов других металлов, восстановления титана из хлорида титана магнийтепмическим методом, электродугового переплава титановой губки.
- 37) Классификация полимерных материалов (термопласты, реактопласты). Гомогенные армированные композиционные материалы. Примеры
- 38) Технологии получения полимерных материалов: полимеризация, поликонденсация.
- 39) Теория синтеза термопластов и реактопластов.
- 40) Процессы и операции формования изделий из термопластичных полимеров: экструзия, литье под давлением, штамповка, вакуумное и пневмовакуумное формование, комбинированные методы
- 41) В чем заключается сущность вулканизации.
- 42) Релаксационные свойства материалов. Проявление релаксационных свойств при производстве, обработке и переработке материалов. Учет релаксационных явлений в технологических процессах.

- 43) К каким существенным изменениям свойств каучуков приводит вулканизация?
- 44) Теория технологий получения изделий из термопластов, реактопластов, эластомеров.
- 45) Особенности и области эффективного использования различных видов тары и упаковки.
- 46) Общие требования, предъявляемые к полимерной упаковке по отношению к пищевому продукту и окружающей среде (условиям эксплуатации).
- 47) Бумага. Виды. Основные этапы подготовки бумажной массы к отливу
- 48) Барьерные свойства. Методы оценки.
- 49) Требования к пленочным материалам для изготовления упаковки. Основные группы полимерных пленочных материалов, используемых для изготовления упаковки
- 50) Бумага. Основные этапы подготовки бумажной массы к отливу
- 51) Специфические требования, предъявляемые к упаковке пищевых продуктов: санитарно-гигиенические, токсикологические.
- 52) Понятие о модельных средах, предельно допустимой величине интегральной миграции
- 53) Основные виды тары и упаковки.
- 54) Влияние материалов на технологию производства тары.
- 55) Основные физико-химические, реологические и технологические характеристики упаковочных материалов.
- 56) Основные методы производства полимерной упаковки.
- 57) Критерии выбора метода производства. Особенности конструирования.
- 58) Комбинированные упаковочные материалы.
- 59) Основные компоненты и их влияние на свойства изделий.
- 60) Технология изготовления упаковки из многослойных и комбинированных материалов.
- 61) Методы герметизации тары и упаковки.
- 62) Герметизация сваркой: сварка с нагревом от внешних источников теплотысварка в результате преобразования энергии.
- 63) Технология сварки. Используемое оборудование.
- 64) Укупорочные средства, методы их производства и области применения.
- 65) Технологический процесс упаковывания продукции в термоусаживающиеся пленки в автоматическом и полуавтоматическом режиме

### **2.5.3. Учебно-методическое обеспечение**

#### *Основная литература:*

- 1) *Материаловедение. Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. М. Волков, В.М. Зуев – М. : издательство Академия, 2013, 400 с.*
- 2) *Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов : учеб. пособие / С.А. Оглезнева. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 307 с.*
- 3) *Материаловедение: учебник для вузов: Малыгин Ф.Л., Стариуов Н.Е., Золотухин В.И., Сергеев Н.Н., Бреки А.Д., Тула: изд-во ТулГУ, 2015, 268 с.*

- 4) Конструкционные материалы. Полный курс. М.Эшби, Д.Джонс, Изд.Дом «Интеллект», Долгопрудный, 2010, 672 с.
- 5) Петрюк, И. П. Материаловедение. Полимерные материалы и композиты. В 2 ч.: учеб. пособие / И. П. Петрюк. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2011 –
- 6) Тагер А.А. Физико-химия полимеров. 4-е изд., перераб. и доп. Учеб. пособие для хим. фак. ун-тов / А. А. Тагер; под ред. А. А. Аскадского. - М. : Научный мир, 2007. - 573 с.
- 7) Сретенцева Т.Е., Комарова Л.Ю., Байдаков Д.И. Материаловедение в полиграфическом и упаковочном производстве. Лабораторный практикум и руководство для самостоятельной работы: учеб. пособ. –М., МГУП, 2013.- 98 с.  
*Дополнительная литература:*
- 1) Перспективные материалы. Структура и методы исследования. Уч. пособие под ред. Д.Л. Меерсона. - ТГУ, МИМиС. - 2006. - 536 с.
- 2) Б.К. Барахтин, А.М. Немец Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Физико-аналитические методы исследования металлов и сплавов. Справочник.. – СПб.:НПО «Профессионал». – 2006.
- 3) Введение в систематику умных материалов / Л. С. Пинчук [и др.]; под. общ. ред. Л. С. Пинчука. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 399 с. – ISBN 978-985-08-1540-8.
- 4) Шульга А.В. Композиты. Ч. 1. Основы материаловедения композиционных материалов. М.: НИЯУ МИФИ, 2013. 96 с.
- 5) Наноматериалы . Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное пособие. Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша», Москва 2007, 125 с.
- 6) Колесов С.Н., Колесов И.С.. Материаловедение и технология конструкционных материалов. – М., Высшая школа. 2008. – 535 с.
- 7) Технология конструкционных материалов. Под общ. ред. О.С. Комарова. Минск, ООО «Новое знание». 2007. – 566 с.
- 8) Батаев А.А., Батаев В.А. Композиционные материалы. Новосибирск, НГТУ. 2002. - 384 с.
- 9) Мэттьюз Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология. – М., Техносфера, 2004.- 408 с.
- 10) Ефремов Н.Ф. Тара и ее производство.Ч.1.Производство тары из полимерных пленок и листов: учеб. пособие.- М.:МГУПБ ,2009.- 341 с.
- 11) Головкин Г.С. Проектирование технологических процессов изготовления изделий из полимерных материалов: Учебное пособие для студентов вузов.– М.: Химия:КолосС, 2007. – 399с.
- 12) Сухарева Л.А., Яковлев В.С. Полимеры в производстве тароупаковочных материалов: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 494с.

### **ЧАСТЬ 3. РЕФЕРАТ**

Реферат выполняется лицами, поступающими в аспирантуру, с целью предварительной оценки их возможной склонности к научной работе. Тема реферата выбирается самостоятельно исходя из научных интересов поступающего и предполагаемого направления научного исследования в рамках выбранного направления подготовки, либо из предлагаемого кафедрами примерного перечня тем.

Реферат должен содержать введение, основную часть, заключение, список использованной литературы.

Во введении освещается актуальность темы (научной проблемы), цели и задачи работы.

Основная часть должна раскрывать теоретические основы темы, вклад российских и зарубежных ученых в ее разработку, наиболее важные проблемы, выявленные в ходе научного исследования, собственную позицию автора по излагаемым вопросам, а также содержать практические материалы: опыт конкретных предприятий и организаций, соответствующую статистику, аналитические данные и др. по теме научного исследования. Таблицы, графики, диаграммы выполняются автором самостоятельно (сканирование не допускается).

В заключении автор должен обобщить результаты научного исследования, сформулировать предложения и выводы. Обязательным условием выполнения реферата является самостоятельность, научный подход и творческая направленность излагаемых вопросов.

Объем реферата - 20-25 стр. (шрифт 14 Times New Roman, полуторный интервал). Оформление реферата должно соответствовать стандартам: поля - 20 мм – левое, верхнее, нижнее; правое – 10 мм. Образец оформления титульного листа реферата представлен в Приложении А. В части неуказанных требований к оформлению реферата руководствоваться ГОСТ 7.32.-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

В числе использованной литературы должны быть работы отечественных и зарубежных авторов, статьи периодических изданий, Интернет ресурсы, нормативные документы. Используемые источники обязательно должны содержать работы за последние 3-5 лет.

На автореферат в обязательном порядке предоставляется отзыв, подписанный потенциальным научным руководителем лица, поступающего в аспирантуру, или мотивированное заключение кафедры, профильной по выбранному направлению подготовки, и подписанное заведующим кафедрой и назначенным ведущим специалистом по теме исследования.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

Образец титульного листа реферата  
по специальности для поступления  
в аспирантуру Университета

*Фамилия, имя, отчество автора*

**РЕФЕРАТ**

для поступления в аспирантуру по направлению подготовки

*(код и наименование направления подготовки)*

на тему:

Москва 20\_\_