

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

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора
по исследованиям и разработкам
_____ А.Ю. Наливайко
« ___ » _____ 20__ г.

**Программа вступительного испытания по комплексному экзамену
для поступающих на обучение
по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре**

**группа научных специальностей:
2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия**

Москва, 2022

Введение

Программа вступительного испытания в аспирантуру по группе научных специальностей «2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия» разработана в соответствии с требованиями базовых учебных программ технических специальностей высших учебных заведений для профилей подготовки:

- материаловедение;
- обработка металлов давлением;
- литейное производство;
- технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов;
- процессы и аппараты химических технологий.

Программа вступительного испытания по группе научных специальностей «2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия» 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 группе научных специальностей «2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия» 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 группе научных специальностей (общая часть);
- оценка уровня подготовленности по профилю программы, реализуемой в рамках группы научных специальностей (профильная часть);
- оценка степени проработанности темы научно-исследовательской работы, планируемой к реализации в рамках программы обучения по группе научных специальностей (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.

Таблица 2

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 группе научных специальностей 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 (<https://online.mospolytech.ru>) (далее – LMS), на котором размещен онлайн-курс «ВИА2022_<Код и Наименование ООП>» для приема вступительного испытания (Например, «ВИА2022_2.6. «Материаловедение»). Взаимодействие между участниками вступительных испытаний (председателем, членами комиссий и абитуриентами) осуществляется с применением дистанционных технологий и видеоконференцсвязи в системе Zoom, Cisco Webex Meet, Webinar и пр. Ссылка на видеоконференцию размещается на онлайн-курсе на портале LMS. Конкретный вид используемого программного продукта будет указан приёмной комиссией.

7. Онлайн-курс «ВИА2022 <Код и Наименование ООП>», предназначенный для проведения ВИА, содержит разделы для загрузки письменных ответов и реферата, Программу вступительных испытаний по группе научных специальностей, правила проведения ВИА, в т.ч. бланк согласия абитуриента о проведении видеофиксации хода испытаний.

8. Регистрация на портале ВИА и доступ к онлайн-курсу «ВИА2022 <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 «ВИА2022 <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 «ВИА2022 <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-курс «ВИА2022<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 – 10 баллов;
- рекомендательное письмо от потенциального научного руководителя – 30 баллов.

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.

20. Поступающий, сдающий вступительные испытания дистанционно, также может быть досрочно удален из вебинарной комнаты в случае если обнаружится, что он находится в помещении не один и ему помогают третьи лица.

21. Поступающий, который планирует сдавать вступительные испытания дистанционно, должен быть обеспечен ПК с видеокамерой хорошего разрешения, микрофоном, и устойчивым интернет соединением, при этом если в процессе проведения испытаний у поступающего пропадает картинка или сигнал интернет соединения и оно будет разорвано, имеется не более 5 минут на повторное подключение, более этого времени испытание считается завершённым, поступающему ставится оценка по факту прошедшей беседы до времени отключения.

РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Программа вступительных испытаний по группе научных специальностей «2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия» предусматривает комплексную оценку знаний и уровня подготовленности поступающего и включает следующие части:

1. Оценка общего уровня подготовленности, соответствующая группе научных специальностей «2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия» (общая часть).

В процессе вступительных испытаний поступающие должны показать знание основных общих вопросов соответствующих группе научных специальностей 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 научной специальности, реализуемой в рамках группы научных специальностей «2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия» (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 научной специальности (реферат)

В реферате излагаются основные положения развития научных исследований по одной из тем группы научных специальностей «2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия», 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 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 карбаминоформальдегидных, 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.

Тема 9. Основы теплопереноса

Общие сведения о процессах теплопереноса. Основные понятия. Механизм переноса теплоты. Теплопроводность. Закон Фурье. Уравнение теплопроводности. Начальные и граничные условия. Теплопроводность плоских стенок при установившемся тепловом потоке. Математическая постановка и решение задачи о нестационарном переносе теплоты в твердых телах. Коэффициент теплоотдачи. Уравнение Фурье-Кирхгофа. Математическая постановка и решение задачи о переносе теплоты при вынужденном движении жидкостей (газов) в трубе. Математическая постановка и решение задачи о переносе теплоты при естественной конвекции.

Тема 10. Механические процессы измельчения и смешения

Измельчение твердых тел, используемые агрегаты. Классификация дисперсных сред и используемое оборудование. Смешение порошкообразных компонентов и используемое оборудование.

1.2. Перечень вопросов по группе научных специальностей, 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) Латунни: 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.
- 41) Теплопроводность. Закон Фурье. Уравнение теплопроводности.
- 42) Общие сведения о процессах теплопереноса. Основные понятия. Механизм переноса теплоты.
- 43) Коэффициент теплоотдачи. Уравнение Фурье-Кирхгофа.
- 44) Классификация промышленных теплоносителей, их сравнительные характеристики и области применения
- 45) Общая характеристика механических процессов. Области их применения в химической технологии
- 46) Измельчение твёрдых материалов. Грохочение, дробление.
- 47) Классификация измельчённых материалов под действием гравитационного поля и центробежных сил.
- 48) Смешение порошкообразных материалов.

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.
- 8) Оборудование нефтегазопереработки, химических и нефтехимических производств : Учебник для вузов в двух книгах. Книга 1 / А. С. Тимонин, Г. В. Божко, В. Я. Борщев [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Инфра-Инженерия", 2019. – 476 с. – ISBN 978-5-9729-0268-2. – EDN YTQTJK.
- 9) Оборудование нефтегазопереработки, химических и нефтехимических производств : Учебник для вузов в двух книгах. Книга 2 / А. С. Тимонин, Г. В. Божко, В. Я. Борщев [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Инфра-Инженерия", 2019. – 476 с. – ISBN 978-5-9729-0269-9. – EDN RLJSBH.

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) Мэттьюс 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. НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «2.6.17. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

2.1.1. Содержание программы профильной части

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по группе научных специальностей «2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия» 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, σ -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. α - стабилизаторы, β - 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 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. PIM, MIM и CIM 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. Серийные 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 2. 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 термореактивные 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, литьё 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 низкоимодульные), 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. Дериwатографический метод исследования. Методы кратковременных статических, длительных и динамических испытаний. Технологические испытания. Определение диэлектрических и триботехнических свойств. Ультразвуковая дефектоскопия. Санитарно-гигиенические характеристики полимерных материалов. Электризируемость 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.

2.1. 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, σ -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) РИМ, МИМ и СИМ 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 низкокомодульные), 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. Электризуемость 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 фрактографии. Классификация видов изломов.
- 85) Методы кратковременных статических, длительных и динамических испытаний.
- 86) Дериватографический метод исследования.
- 87) Технологические испытания.
- 88) Триботехнические свойства антифрикционных углепластиков.

2.1.3. 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) М.А.Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутьлина 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

2.2. НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «2.6.3. 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, пескоструйный, пескострельный, импульсный, взрывной, продувкой, вакуумный,

пескочетный. Характер распределения уплотнения смеси в форме без модели и с ней. 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 (дробь) 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 (CO_2 , 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 сталях. Неметаллические включения в сталях.

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 сталей.
- 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. НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «2.6.4. 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.: Metallurgy, 1990.
- 2) А.И. Целиков, А.Д. Томленов, В.И. Зюзин и др. Теория прокатки: Справочник. М.: Metallurgy, 1982.
- 3) В.Я. Осадчий, А.С. Вавилин, В.Г. Зимовец, А.П. Коликов. Технология и оборудование трубного производства: Учебник для вузов . М.: Интернет Инжиниринг, 2001.
- 4) А.В. Крупин, В.Я. Соловьев, Г.С. Попов и др. Обработка металлов взрывом. М.: Metallurgy, 1991.
- 5) Колпашников А.И., Арефьев Б.А., Мануйлов В.Ф. Деформирование композиционных материалов. М.: Metallurgy, 1982.
- 6) Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением: Учебник для вузов. М.: Metallurgy, 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. : Metallurgy, 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. Тюрина. Волгоград: РПК «Политехник», 2000.
- 10) Целиков А.И., Никитин Г.С., Рокотян С.Е. Теория продольной прокатки: Учебник для вузов. М.: Metallurgy, 1980.
- 11) Потапов И.Н., Коликов А.П., Друян В.И. Теория трубного производства: Учебник для вузов. М.: Metallurgy, 1991.
- 12) И.Н. Потапов, А.П. Коликов, В.Н. Данченко и др. Технология производства труб: Учебник для вузов. М.: Metallurgy, 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.: Metallurgy, 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
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
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. НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «2.6.11. ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРЕРАБОТКА СИНТЕТИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ И КОМПОЗИТОВ»

2.4.1 Содержание программы профильной части

Тема 1. Методы исследования структуры и испытания материалов

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.

Тема 2. 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 3. 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 4. 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 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. Свяжующие печатных красок

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

Тема 7. 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 8. 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 пневмовакuumное 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 терморективных формовочных масс и пресскомпозиций (пресспорошков, премиксов, литьевых композиций, компаундов, препрегов и т.п.). Компрессионное и литьевое прессование, литье без давления и литье под давлением терморективных композиций. Особенности технологии терморективных пенопластов. Соединение реактопластов. Процессы формообразования заготовок и изделий из армированных волокнами терморективных 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 роллтрузия.

Тема 9. 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 поропластов 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 10. 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 11. 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 12. 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 13. 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 14. 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 15. 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 16. 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.

2.4.2. 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) Остаточные напряжения. Фотоупругость прозрачных материалов. Причины возникновения остаточных напряжений и методы контроля напряженно-деформированного состояния в деталях и узлах машиностроения
- 8) Условие самопроизвольного протекания химико-технологических процессов. Энергия Гиббса как функция состояния системы. Зависимость энергии Гиббса от температуры.
- 9) Классификация полимерных материалов (термопласты, реактопласты). Гомогенные армированные композиционные материалы. Примеры
- 10) Технологии получения полимерных материалов: полимеризация, поликонденсация.
- 11) Теория синтеза термопластов и реактопластов.
- 12) Процессы и операции формования изделий из термопластичных полимеров: экструзия, литье под давлением, штамповка, вакуумное и пневмовакuumное формование, комбинированные методы
- 13) В чем заключается сущность вулканизации.
- 14) Релаксационные свойства материалов. Проявление релаксационных свойств при производстве, обработке и переработке материалов. Учет релаксационных явлений в технологических процессах.
- 15) К каким существенным изменениям свойств каучуков приводит вулканизация?
- 16) Теория технологий получения изделий из термопластов, реактопластов, эластомеров.
- 17) Особенности и области эффективного использования различных видов тары и упаковки.
- 18) Общие требования, предъявляемые к полимерной упаковке по отношению к пищевому продукту и окружающей среде (условиям эксплуатации).
- 19) Бумага. Виды. Основные этапы подготовки бумажной массы к отливу
- 20) Барьерные свойства. Методы оценки.
- 21) Требования к пленочным материалам для изготовления упаковки. Основные группы полимерных пленочных материалов, используемых для изготовления упаковки
- 22) Бумага. Основные этапы подготовки бумажной массы к отливу
- 23) Специфические требования, предъявляемые к упаковке пищевых продуктов: санитарно-гигиенические, токсикологические.
- 24) Понятие о модельных средах, предельно допустимой величине интегральной миграции
- 25) Основные виды тары и упаковки.
- 26) Влияние материалов на технологию производства тары.

- 27) Основные физико-химические, реологические и технологические характеристики упаковочных материалов.
- 28) Основные методы производства полимерной упаковки.
- 29) Критерии выбора метода производства. Особенности конструирования.
- 30) Комбинированные упаковочные материалы.
- 31) Основные компоненты и их влияние на свойства изделий.
- 32) Технология изготовления упаковки из многослойных и комбинированных материалов.
- 33) Методы герметизации тары и упаковки.
- 34) Герметизация сваркой: сварка с нагревом от внешних источников теплоты сварка в результате преобразования энергии.
- 35) Технология сварки. Используемое оборудование.
- 36) Укупорочные средства, методы их производства и области применения.
- 37) Технологический процесс упаковывания продукции в термоусаживающиеся пленки в автоматическом и полуавтоматическом режиме

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) *А.П. Кондратов, Г.Н. Журавлева, Е.П. Черкасов Материалы для защиты упаковки от фальсификации (свойства, испытание, применение) – Москва: Московский Политех, 2020. – 300 с.*
- 3) *Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов : учеб. пособие / С.А. Оглезнева. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 307 с.*
- 4) *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.*
- 5) *В. В. Ананьев, А. П. Кондратов, Современные полимерные материалы для упаковки и полиграфии (состав, свойства, получение, применение, утилизация) учеб. пособие для, обучающихся по направлению 22.03.01.02 материаловедение и технологии материалов (современные материалы для защиты от фальсификации М.: Московский политехнический университет, 2019. – 155 с. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41409854>*
- 6) *Петрюк, И. П. Материаловедение. Полимерные материалы и композиты. В 2 ч.: учеб. пособие / И. П. Петрюк. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2011 –*
- 7) *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.*
- 8) *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.

2.5. НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «2.6.13. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»

2.5.1 Содержание программы профильной части

Тема 1. Основы гидромеханических процессов

Общие представления о жидкостях как сплошных средах. Идеальные и реальные жидкости. Капельные и упругие жидкости. Объемные и поверхностные силы, действующие на жидкость. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье-Стокса). Вязкостные свойства сплошных сред.

Методы теории подобия. Скорость осаждения твердых частиц под действием сил тяжести (отстаивание) и методы ее расчета. Конструкции отстойных аппаратов для разделения суспензий, эмульсий и очистки запыленных газов и методы их расчета.

Фильтрация суспензий и газов. Виды осадков и фильтрованных перегородок. Уравнение фильтрации для аппаратов с постоянным перепадом давлений и постоянной скоростью фильтрования. Аппараты для фильтрования и методы их расчета. Центробежное отстаивание и центробежное фильтрование.

Центробежный фактор разделения. Классификация центрифуг. Разделение суспензий и эмульсий в гидроциклонах. Очистка газов от пыли и центробежных пылеуловителей. Методы расчета аппаратов для разделения в поле центробежных сил. Электрофильтры, принцип работы, конструкции и методы их расчета.

Применение процессов перемешивания в жидких средах в химической технологии. Методы перемешивания сред. Силы, участвующие в процессе перемешивания. Типы перемешивающих устройств. Аппаратурное оформление и методы расчета процессов перемешивания. Эффективность и интенсивность перемешивания.

Основы гидравлического расчета химико-технологических аппаратов и трубопроводов. Типы насосов, вентиляторов и компрессоров, применяемых в химической технологии, их характеристики и методы расчета.

Тема 2. Процессы теплопереноса

Теплообмен между жидкостью (газом) и поверхностью. Безразмерная форма уравнения переноса теплоты и оценка порядка его членов. Толщина теплового пограничного слоя. Представление решения уравнения переноса теплоты в критериальной форме. Некоторые эмпирические соотношения для расчета коэффициентов теплоотдачи при сохранении агрегатного состояния теплоносителя. Теплоотдача с изменением агрегатного состояния теплоносителя. Кипение жидкостей. Конденсация пара.

Основы переноса теплоты излучением. Методы интенсификации процессов теплоотдачи. Теплоотдача через плоские (одно- и многослойные) стенки при постоянных температурах теплоносителей. Определение движущей силы теплопередачи для тепловых случаев движения теплоносителей в

теплообменниках (прямоток, противоток, перекрестный ток, смешанный ток). Классификация промышленных теплоносителей, их сравнительные характеристики и области применения. Схема нагревательных установок. Теплообменные аппараты, их классификации. Устройство типовых теплообменных аппаратов: с трубчатыми поверхностями теплообмена, с плоскими поверхностями, аппараты с очищаемой в процессе работы поверхностью теплообмена, градирни, конденсаторы смешения, регенеративные теплообменники и др.

Расчет основных размеров и рациональных режимов работы теплообменников при их проектировании. Расчет выпарных аппаратов. Классификация процесса выпаривания, основные виды выпарных установок. Элементы расчета выпарных аппаратов: материальный и тепловой балансы процесса выпаривания. Определение температурных потерь и расчет температуры кипения растворов. Способы распределения полезной разности температур по корпусам и оптимизация числа корпусов в многокорпусных выпарных установках. Методы интенсификации процессов выпаривания. Выпаривание с применением теплового насоса.

Применение процессов получения искусственного холода в химической технологии и их классификация. Теоретические основы получения искусственного холода. Холодильные агенты, их характеристики и области применения. Парокомпрессионные установки.

Тема 3. Массообменные процессы

Классификация массообменных процессов химической технологии, как методов разделения многокомпонентных систем. Роль массообменных процессов в решении задачи охраны окружающей среды. Общие сведения о процессах переноса массы. Основные понятия. Механизмы переноса. Общие уравнения переноса вещества в многофазных многокомпонентных средах, начальные и граничные условия. Существующие подходы к описанию массообменных процессов в дисперсных системах, основанные на рассмотрении элементарных актов массообмена.

Инженерные методы расчета массообменных процессов и аппаратов химической технологии. Расчет размеров массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз на основе коэффициентов массопередачи, высоты единицы переноса (ВЕП), высоты эквивалентной теоретической тарелки (ВЭТТ). Расчет размеров массообменных аппаратов со ступенчатым контактом фаз. Равновесие жидкость-пар идеальных смесей. Закон Рауля. Расчет равновесия неидеальных смесей в системе жидкость-пар. Константа фазового равновесия, летучесть, их связь с коэффициентами активности. Равновесие в системах жидкость-газ. Закон Генри. Равновесие в многокомпонентных системах. Равновесие в системах с химическим взаимодействием.

Равновесие в системах жидкость-жидкость. Коэффициент распределения, коэффициент селективности, их расчет по величинам коэффициентов активности. Общая характеристика процесса абсорбции и области ее промышленного применения. Аппаратурное оформление абсорбционно-десорбционных процессов. Методы десорбции. Методы интенсификации абсорбционных процессов. Общая характеристика процесса. Виды процессов

ректификации и дистилляции и области их применения. Принципиальная схема ректификационных установок. Аппаратурное оформление процесса ректификации. Расчет бинарной ректификации в колонне непрерывного и периодического действия. Расчет ректификации многокомпонентных смесей. Математическое описание процесса. Специальные методы процесса ректификации: азеотропная, экстрактивная, ректификация с химическим взаимодействием.

Методы интенсификации процесса ректификации. Способы разделения, основанные на различном составе жидкости и пара. Общая характеристика процесса экстракции и области его промышленного применения. Массообмен между каплей и потоком жидкости при различных числах Рейнольдса и Пекле. Влияние внешнего физического воздействия на массообмен между каплей и окружающей жидкостью. Технологические схемы процесса экстракции (схема с противоточным движением фаз, с перекрестным движением фаз, с рециркуляцией части растворителя). Аппаратурное оформление процесса экстракции. Графический расчет экстракции. Методы интенсификации процесса экстракции. Общая характеристика процесса сушки и области его промышленного применения. Виды высушиваемых материалов, используемых в химической и смежных отраслях промышленности. Классификация процессов сушки. Равновесие в системах капиллярно-пористый влажный материал – сушильный агент. Движущие силы обуславливающие перенос вещества и теплоты в капиллярно-пористых влажных материалах. Экстремальные методы исследования процесса сушки. Аппаратурное оформление процесса сушки твердых, дисперсных, пастообразных, жидких и др. материалов. Методы расчета сушильных аппаратов. Методы интенсификации процессов сушки.

Общая характеристика процесса адсорбции и области его применения. Описание явления адсорбции на молекулярном уровне: Изотермы адсорбции. Процессы переноса в зерне адсорбента. Аппаратурное оформление процесса адсорбции. Теоретический анализ и расчет процесса адсорбции в стационарном, движущемся и взвешенном слоях. Методы интенсификации процесса адсорбции.

Общая характеристика процесса растворения и области его промышленного применения. Кинетика растворения одиночной частицы, массовое растворение. Аппаратурное оформление процесса растворения. Методы расчета аппарата для растворения твердых материалов при различной гидродинамической структуре потоков. Методы интенсификации процесса растворения.

Общая характеристика процесса кристаллизации и области его промышленного применения. Основные равновесные состояния, используемые при расчете процесса кристаллизации. Диаграмма состояния раствор (расплав, пар) – кристаллическая фаза для однокомпонентных и многокомпонентных смесей. Образование зародышей. Термодинамические основы образования кристаллической фазы. Механизм зародышеобразования (гомогенное, гетерогенное зародышеобразование, эпитаксия). Теория кинетики зародышеобразования. Кинетические теории роста кристаллов. Тепло-массообмен растущего кристалла с окружающим потоком раствора. Методы

интенсификации процесса кристаллизации. Общая характеристика процесса ионного обмена и область его промышленного применения. Равновесие в бинарных и многокомпонентных системах при ионном обмене. Процессы переноса в зерне ионита. Механизм и особенности переноса вещества при ионном обмене. Постановка и решение внешнедиффузионной и внутридиффузионной задачи и ионного обмена.

Технологические схемы установок для осуществления процесса ионного обмена. Аппаратное оформление процессов ионного обмена. Расчет процесса ионного обмена в стационарном, движущемся и взвешенном слоях. Методы интенсификации процесса ионного обмена. Общая характеристика мембранных процессов и области их промышленного применения. Механизм массопереноса в мембранных процессах. Массоперенос в мембранах. Массоперенос в фазе раствора, контактирующего с мембраной. Концентрационная поляризация. Способы снижения концентрационной поляризации. Влияние внешних факторов (давление, температура, концентрация, акустических колебаний и т.д.) на мембранные процессы. Типы мембран. Конструкции мембранных аппаратов. Методы расчета мембранных процессов и аппаратов. Пути интенсификации мембранных процессов.

Тема 4. Химические процессы

Кинетика химических процессов. Методы расчета химических реакторов идеального перемешивания гомогенных сред. Методы расчета реакторов идеального вытеснения. Методы расчета реакторов с гетерогенными связями

2.5.2. Перечень выносимых на вступительные испытания вопросов

- 1) Скорость осаждения твердых частиц под действием сил тяжести и методы ее расчета.
- 2) Классификация основных процессов химической технологии.
- 3) Классификация массообменных процессов химической технологии, как методов разделения многокомпонентных систем.
- 4) Уравнение неразрывности. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера) и его частные случаи.
- 5) Метод теории подобия.
- 6) Гидродинамика неподвижных и псевдооживленных слоев.
- 7) Представление решения уравнения переноса теплоты в критериальной форме.
- 8) Скорость осаждения твердых частиц под действием сил тяжести (отстаивание) и методы ее расчета.
- 9) Теплоотдача с изменением агрегатного состояния теплоносителя. Кипение жидкостей. Конденсация пара.
- 10) Общая характеристика процесса абсорбции и области ее промышленного
- 11) применения.
- 12) Фильтрование суспензий и газов. Виды осадков и фильтровальных перегородок.

- 13) Определение движущей силы теплопередачи для типовых случаев движения теплоносителей в теплообменниках (прямоток, противоток, перекрестный ток, смешанный ток).
- 14) Принципиальная схема непрерывно действующей ректификационной установки.
- 15) Центробежное отстаивание и центробежное фильтрование. Фактор разделения.
- 16) Расчет выпарных аппаратов. Классификация процессов выпаривания, основные типы выпарных аппаратов.
- 17) Принципиальная схема периодически действующей ректификационной установки.
- 18) Применение процессов перемешивания в жидких средах в химической технологии. Методы перемешивания сред.
- 19) Элементы расчета выпарных аппаратов: материальный и тепловой балансы процесса выпаривания.
- 20) Расчет бинарной ректификации в колонне непрерывного действия.
- 21) Основы гидравлического расчета химико-технологических аппаратов и трубопроводов.
- 22) Способы распределения полезной разности температур по корпусам и оптимизация числа корпусов в многокорпусных выпарных установках.
- 23) Расчет бинарной ректификации в колонне периодического действия.
- 24) Применение процессов получения искусственного холода в химической технологии и их классификация.
- 25) Общая характеристика процесса экстракции и области его применения.
- 26) Идеальные и реальные жидкости. Капельные и упругие жидкости. Объемные и поверхностные силы, действующие на жидкость.
- 27) Теплообмен между жидкостью (газом) и поверхностью.
- 28) Технологические схемы процесса экстракции (схема с противоточным движением фаз, с перекрестным движением фаз).
- 29) Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье-Стокса).
- 30) Основы переноса теплоты излучением. Теплоотдача при одновременном действии механизмов конвекции и излучения.
- 31) Общая характеристика процесса сушки и области его промышленного применения.
- 32) Теплообмен в дисперсных средах газ-твердые тела: в стационарном, движущемся, псевдооживленном, фонтанирующих слоях.
- 33) Классификация процессов сушки.
- 34) Общая характеристика процесса адсорбции и области его применения.
- 35) Разделение газовых неоднородных систем путем мокрой очистки.

- 36) Теплообменные аппараты, их классификация. Расчет основных размеров и оптимальных режимов работы теплообменников при их проектировании.
- 37) Общая характеристика процесса кристаллизации и области его применения.
- 38) Электрофильтры и методы их расчета.
- 39) Выпаривание с применением теплового насоса.
- 40) Общая характеристика процесса ионного обмена и область его применения.
- 41) Метод анализа размерности.

2.5.3. Учебно-методическое обеспечение

- 1) Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: В 5 т. Т 1. Основы теории процессов химической технологии/Д.А. Баранов, А.В. Вязьмин, А.А. Гухман и др.; Под ред. А.М. Кутепова. – М.: Логос, 2000. – 480 с.
- 2) Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: В 5 т. Т.2. Механические и гидромеханические процессы/ Д.А. Баранов, В.Н. Блиничев, А.В. Вязьмин и др.; Под ред. А.М. Кутепова. – М.: Логос, 2001. – 600 с.
- 3) Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. – 752 с.
- 4) Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
- 5) Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М., Курочкина М.И. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии. – С-Пб.: Химия, 1993. – 496 с.
- 6) Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефте- и газопереработки и нефтехимии. – М.: ООО «НедраБизнесцентр», 2000. – 677 с.
- 7) Гухман А.А. Введение в теорию подобия. – М.: Высшая школа, 1973. – 296 с.
- 8) Кутателадзе С.С. Анализ подобия в теплофизике. – Новосибирск: Наука, 1982. – 280 с.
- 9) Кутепов А.М., Латкин А.С. Вихревые процессы для модификации дисперсных систем. – М: Наука, 199. – 250 с.
- 10) Жужиков В.А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий. – М.: Химия, 1980. – 400 с. 11. Соколов В.И. Центрифугирование. – М.: Химия, 1976. – 407 с.

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 выбранной научной специальности, 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 реферат в обязательном порядке предоставляется отзыв, подписанный потенциальным научным руководителем лица, поступающего в аспирантуру, или мотивированное заключение кафедры, профильной по выбранной научной специальности, 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 научной специальности

(код и наименование научной специальности)

на тему:

Москва 20__