

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 07 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Материаловедение современных и перспективных жаростойких сплавов

(наименование)

Форма обучения: очная

(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура

(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 216 (6)

(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

(код и наименование направления)

Направленность: Материаловедение высокотемпературных материалов газотурбинных двигателей

(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - получение знаний о формировании структуры и свойств высокотемпературных сплавов, материалов с особыми свойствами, неметаллических материалов, о закономерностях взаимосвязи «структура-свойства» материалов различных классов.

Задачи:

- знать атомно-кристаллическое строение и свойства материалов, сущность явлений, происходящих в материалах в условиях их производства и эксплуатации изделий;
- знать классификационные группы жаростойких и жаропрочных сплавов, основных неметаллических материалов, свойств и областей применения этих материалов;
- знать физико-химические механизмы воздействия среды и экстремальных условий эксплуатации на материалы авиационно-космического назначения;
- уметь использовать методы повышения стойкости материалов и изделий к высоким температурам и агрессивным средам;
- владеть навыками анализа физико-химических процессов, протекающих в материалах и элементах оборудования авиационно-космических аппаратов под действием факторов космического пространства и экстремальных условий эксплуатации.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Основные виды материалов авиационно-космического назначения: литейные и деформируемые алюминиевые, магниевые, титановые, никелевые сплавы. Интерметаллические сплавы. Высокотемпературные сплавы для деталей газовых турбин: принципы легирования, механизмы упрочнения, особенности строения, взаимосвязь «структура-свойства». Влияние технологических факторов и условий эксплуатации на структуру и свойства жаропрочных сплавов. Влияние поверхностного слоя (технологической наследственности) на долговечность деталей ГТД. Влияние внешней среды на поверхностные слои. Теплозащитные покрытия.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.7	ИД-1ПК-1.7	Знает подходы к описанию связи «структура-свойства» жаропрочных сплавов: модели твердорастворного, дисперсионного упрочнения, межфазных границ «частица-матрица», модель Холла-Петча, модель структурной сверхпластичности и др.); подходы к описанию связей между параметрами физико-механических свойств и параметрами эксплуатационных, технологических свойств	Знает подходы к описанию связей между параметрами физических, механических и химических свойств и параметрами структуры материалов (например: модель дисперсионного упрочнения, модель Холла-Петча, модель структурной сверхпластичности и др.); модели (закономерности), описывающие связи между параметрами физических, химических и механических свойств и параметрами эксплуатационных, технологических и инженерных свойств; подходы к описанию связей между параметрами физических, механических и химических свойств и параметрами эксплуатационных, технологических и инженерных свойств (например: модель коррозионного растрескивания под напряжением, модель жаропрочности (ползучести), модель усталости и др.); технические характеристики, назначение, принципы и регламенты работы лабораторного технологического оборудования и технологические приемы работы на нем	Экзамен
ПК-1.7	ИД-2ПК-1.7	Умеет анализировать и интерпретировать результаты испытаний образцов высокотемпературных сплавов; устанавливать	Умеет анализировать результаты проведенных испытаний образцов материалов; анализировать результаты исследований:	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		закономерность связей "структура-свойства" материалов при различных внешних условиях модельного эксперимента.	устанавливать закономерности связей параметров структуры материалов и параметров внешних условий, моделирующих условия эксплуатации, и оценивать возможность переноса модельных результатов на поведение материала в реальных условиях эксплуатации; устанавливать закономерности связей параметров структуры материалов и параметров физических, химических и механических свойств и оценивать возможность переноса модельных результатов на поведение материала в реальных условиях	
ПК-1.7	ИД-3ПК-1.7	Владеет навыками работы на лабораторном оборудовании материаловедческого подразделения в соответствии с разработанными рекомендациями; навыками выбора вспомогательных и расходных материалов для выполнения лабораторных материаловедческих задач; навыками анализа результатов испытаний и измерений	Владеет навыками работы на технологическом оборудовании материаловедческого подразделения в соответствии с разработанными рекомендациями реализация лабораторного технологического процесса и получение партии пробных образцов новых материалов; На основе анализа литературных данных и коммерческих предложений организаций - поставщиков материалов навыками выбора новых, с улучшенными свойствами, вспомогательных и расходных материалов; навыками анализа результатов испытаний и измерений, проверка параметров полученных образцов на соответствие требованиям, описанным в техническом задании	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	216	216	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
1-й семестр				
Основные виды материалов авиационно-космического назначения	8	4	4	20
Основные виды материалов авиационно-космического назначения: литейные и деформируемые алюминиевые, магниевые, титановые, никелевые сплавы. Интерметаллические сплавы.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Высокотемпературные сплавы для деталей газовых турбин	12	6	6	48
Высокотемпературные сплавы для деталей газовых турбин: принципы легирования, механизмы упрочнения, особенности строения, взаимосвязь «структура-свойства». Основные способы получения монокристаллов ЖНС. Структура и фазовый состав монокристаллических ЖНС. Термическая обработка монокристаллических никелевых сплавов. Анизотропия физических и механических свойств монокристаллов и ЖНС. Структурные и фазовые изменения в монокристаллических ЖНС после длительных высокотемпературных выдержек. Изменение прочностных свойств монокристаллических ЖНС после длительных высокотемпературных выдержек.				
Влияние технологических факторов и условий эксплуатации на структуру и свойства жаропрочных сплавов.	4	4	4	20
Влияние технологических факторов и условий эксплуатации на структуру и свойства жаропрочных сплавов. Влияние поверхностного слоя (технологической наследственности) на долговечность деталей ГТД. Влияние внешней среды на поверхностные слои.				
Теплозащитные покрытия	8	4	4	20
Назначение и строение ТЗП. Технологии формирования ТЗП на изделиях ГТД. Структурные особенности ТЗП, обусловленные технологиями их нанесения. Высокотемпературные свойства ТЗП. Эволюция и механизмы (модели) развития трещин в ТЗП в процессе высокотемпературных испытаний и эксплуатации. Функциональные градиентные материалы для авиастроения.				
ИТОГО по 1-му семестру	32	18	18	108
ИТОГО по дисциплине	32	18	18	108

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Фазовый состав, структура и свойства жаропрочных сталей и сплавов.
2	Структура и свойства интерметаллических сплавов системы Ti-Al.
3	Механизмы высокотемпературной пластической деформации.
4	Оценка структурных элементов высокотемпературных сплавов с помощью программ обработки оцифрованных изображений.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
5	Основные способы получения монокристаллов жаропрочных никелевых сплавов.
6	Современные технологии получения теплозащитных покрытий.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Выбор сплава и режимов термической обработки.
2	Структура титановых сплавов.
3	Структура литейных жаропрочных никелевых сплавов.
4	Структура деформируемых никелевых жаропрочных сплавов.
5	Строение теплозащитных покрытий.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

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

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

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Гуляев А. П. Металловедение : учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. Москва : Металлургия, 1986. 542 с.	40
2	Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов : учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во МИСиС, 2005. 428 с.	29
3	Химушин Ф. Ф. Жаропрочные стали и сплавы. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Металлургия, 1969. 749 с.	10
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Влияние примесей и микролегирования на структуру и эксплуатационные свойства монокристаллов жаропрочных никелевых сплавов : учебное пособие / Сидоров В. В., Каблов Д. Е., Чабина Е. Б., Оспенникова О. Г. Москва : Изд-во ВИАМ, 2020. 335 с. 19,53 усл. печ. л.	6
2	Масленков С. Б. Жаропрочные стали и сплавы : справочник. Москва : Металлургия, 1983. 192 с. 10,08 усл. печ. л.	11
2.2. Периодические издания		
1	Авиационная промышленность : научно-технический журнал. Москва : НИАТ, 1932 - .	
2	Технология легких сплавов : научно-технический журнал. Москва : ВИЛС, 1963 - .	
3	Электронный научно-технический журнал «Труды ВИАМ». Москва : НИЦ "Курчатовский институт" - ВИАМ, 2013 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		

	Не используется	
--	-----------------	--

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Авиационные материалы и технологии : юбилейный научно-технический сборник. Москва : Изд-во ВИАМ, 2017. 595 с. 48,05 усл. печ. л.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks193645	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Интерметаллидные сплавы на основе титана и никеля / Ночовная Н. А., Базылева О. А., Каблов Д. Е., Панин П. В. Москва : Изд-во ВИАМ, 2018. 303 с. 18,13 усл. печ. л.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks203986	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С. Т. Кишкина : научно-технический сборник. Москва : Наука, 2006. 272 с. 17,06 усл. печ. л.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks168304	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Абраимов Н. В., Елисеев Ю. С., Крымов В. В. Авиационное материаловедение и технология обработки металлов : учебное пособие для вузов. Москва : Высш. шк., 1998. 444 с.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks29740	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Высокорениевые жаропрочные сплавы, технология и оборудование для производства сплавов и литья монокристаллических турбинных лопаток ГТД : сборник статей. Москва : изд-во Такер ТМ, 2004. 172 с. 10,23 усл. печ. л.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks168306	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Литые лопатки газотурбинных двигателей: сплавы, технологии, покрытия. 2-е изд. Москва : Наука, 2006. 631 с. 51,34 усл. печ. л.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks168303	локальная сеть; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

Вид ПО	Наименование ПО
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Wiley Journals	http://onlinelibrary.wiley.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Весы аналитические	2
Лабораторная работа	Зондовый сканирующий микроскоп Фемтоскан	1
Лабораторная работа	Испытательная машина «Heckert-10»	1
Лабораторная работа	Металлографический микроскоп Axiovert-40MAT	1
Лабораторная работа	Микротвердомер ПМТ-3	2
Лабораторная работа	Полировальный станок «Нерис»	1
Лекция	Проектор, ноутбук	1
Практическое занятие	Персональные компьютеры	10
Практическое занятие	Проектор, ноутбук	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**
Передовая инженерная школа
«Высшая школа авиационного двигателестроения»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
«Материаловедение современных и перспективных жаростойких сплавов»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность (профиль) образовательной программы: Материаловедение высокотемпературных материалов газотурбинных двигателей

Квалификация выпускника: «Магистр»

Форма обучения: Очная

Курс: 1

Семестр: 1

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 6 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 216 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 1 семестр

Пермь 2022

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1.Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Промежуточный	
	ОП	ЛР	ОПР	Т/КР		Экзамен
Усвоенные знания						
подходы к описанию связи «структура-свойства» жаропрочных сплавов: модели твердорастворного, дисперсионного упрочнения, межфазных границ «частица-матрица», модель Холла-Петча, модель структурной сверхпластичности и др.);	+	+		+		ТВ
подходы к описанию связей между параметрами физико-механических свойств и параметрами эксплуатационных, технологических свойств	+	+		+		ТВ
Освоенные умения						
анализировать и интерпретировать результаты испытаний образцов высокотемпературных сплавов;		+	+			КЗ
устанавливать закономерность связей "структура-свойства" материалов при различных внешних условиях модельного эксперимента.		+	+	+		КЗ
Приобретенные владения						
навыками работы на лабораторном		+	+			КЗ

оборудовании материаловедческого подразделения в соответствии с разработанными рекомендациями;						
навыками выбора вспомогательных и расходных материалов для выполнения лабораторных материаловедческих задач; навыками анализа результатов испытаний и измерений		+	+			КЗ

ОП – опрос, для анализа усвоения материала предыдущей лекции; КР – контрольная работа по теме; ПЗ – практическое занятие; ОПР – отчет по практической работе; ЛР – лабораторная работа; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); Кр – курсовая работа; ТВ – теоретический вопрос; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль в форме текущей контрольной работы, тестирования, опроса по тематике, изучаемой самостоятельно. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится по каждому учебному модулю в следующих формах:

- защита лабораторных работ (модули 1, 2);
- защита практических работ (модули 1-4);
- контрольные работы (тестирование) (модули 2, 4).

2.2.1. Защита практических и лабораторных работ

Всего запланировано 6 практических и 4 лабораторных работ. Типовые темы практических и лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Результаты защиты лабораторных работ по 4-балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (тестирование) (Т/КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая Т/КР по модулю 1 «Высокотехнологичная техническая керамика», вторая Т/КР – по модулю 2 «Перспективные композиционные материалы».

Типовые вопросы задания первой Т/КР:

- Каков тип кристаллической решетки алюминия?
 - 1) В модификации α -ГПУ, в модификации β -ОЦК.
 - 2) Кубическая гранецентрированная.
 - 3) Гексагональная плотноупакованная.
 - 4) Кубическая объемноцентрированная.
 - 5) В модификации α -ГЦК, в модификации β -ОЦК.
 - 6) В модификации α -ОЦК, в модификации β -ГЦК.
- На рис. представлен фрагмент диаграммы Al-Cu. Какие из сплавов системы относятся к деформируемым?

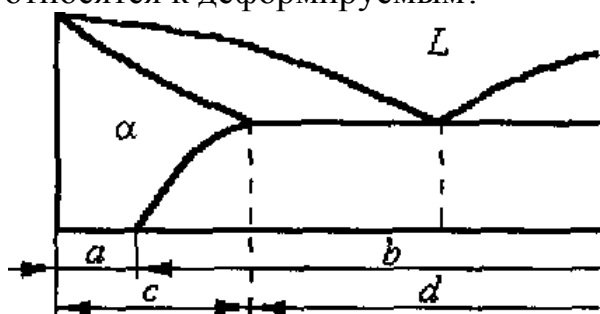


Рис. Фрагмент диаграммы Al-Cu.

- 1) d
- 2) a
- 3) c
- 4) b
- 5) a и c
- 6) b и d

3. Что является упрочняющим фактором при термической обработке сплавов системы Al-Cu?
- 1) Образование при старении зон Гинье-Престона.
 - 2) Фиксация при комнатной температуре высокотемпературного состояния.
 - 3) Образование при закалке мартенситной структуры.
 - 4) Выделение при старении дисперсных фаз.
 - 5) Образование пересыщенного твердого раствора.
 - 6) Фазовый наклеп
4. Что такое зоны Гинье-Престона?
- 1) Образующийся при отпуске метастабильный ϵ -карбид.
 - 2) Малые объемы твердого раствора с повышенной концентрацией растворенного компонента, сохраняющие решетку растворителя.
 - 3) Образующиеся в растворах метастабильные фазы с решеткой, отличной от решетки раствора, но имеющие с ним когерентную границу.
 - 4) Стабильные дисперсные фазы, выделившиеся из состаренных твердых растворов.
 - 5) Дефекты кристаллического строения.
 - 6) Неравновесные эвтектики
5. Как зависит максимально достижимая прочность сплавов системы Al-Cu от температуры старения?
- 1) Прочность не зависит от температуры старения.
 - 2) Чем выше температура, тем выше прочность.
 - 3) Чем выше температура, тем ниже прочность.
 - 4) Прочность достигается закалкой, старение же только снимает возникшие при закалке напряжения.
 - 5) Зависимость имеет максимум
 - 6) Зависимость имеет минимум
6. Чем объяснить, что в сплавах системы Al-Cu при искусственном старении после достижения максимальной прочности наступает разупрочнение?
- 1) Выделением стабильной фазы CuAl_2 .
 - 2) Образованием зон Гинье-Престона.
 - 3) Распадом мартенситной структуры.
 - 4) Упорядочением твердого раствора.
 - 5) Образующимся при отпуске метастабильным ϵ -карбидом.
 - 6) Окислением границ зерен
7. Что называют возвратом для естественно состаренных алюминиевых сплавов?
- 1) Для алюминиевых сплавов возврат - это синоним отжига.
 - 2) Переход сплава в свежезакаленное состояние под действием кратковременного нагрева.
 - 3) Переход искаженной под действием закалочных напряжений кристаллической решетки в равновесное состояние.
 - 4) Переход пластически деформированной кристаллической решетки в равновесное состояние.
 - 5) Для алюминиевых сплавов возврат - это синоним отпуска.
 - 6) Для алюминиевых сплавов возврат - это синоним нормализации.

8. Чем объясняется явление возврата для состаренных алюминиевых сплавов?
- 1) Выделением стабильных фаз.
 - 2) Выделением метастабильных фаз.
 - 3) Растворением зон Гинье-Престона.
 - 4) Устранением искажений кристаллической решетки.
 - 5) Это самопроизвольный процесс
 - 6) Перестройкой дислокационной структуры
9. Что означает буква Т в конце марки алюминиевых сплавов, например Д16Т?
- 1) Термическую обработку: закалку + искусственный отпуск.
 - 2) Сплав упрочнен (Т-твердый) холодной пластической деформацией.
 - 3) Термическую обработку: закалку + естественный отпуск.
 - 4) Систему легирования: сплав дополнительно легирован титаном.
 - 5) Сплав для изготовления труб
 - 6) Сплав имеет антикоррозионное покрытие
10. Какой сплав обозначают маркой АК6Т1?
- 1) Естественно состаренный ковочный алюминиевый сплав АК6.
 - 2) Закаленный и искусственно состаренный деформируемый алюминиевый сплав АК6.
 - 3) Алюминиевый сплав, содержащий 6 % Si и 1 % Ti.
 - 4) Деформируемый алюминиевый сплав АК6, дополнительно легированный титаном.
 - 5) Сплав для изготовления труб
 - 6) Сплав имеет антикоррозионное покрытие
11. Какая из модификаций титана - высоко- или низкотемпературная более пластична?
- 1) Пластичность не зависит от типа кристаллической решетки. Ее величина является опытной характеристикой.
 - 2) beta-Ti более пластичен.
 - 3) В обеих модификациях титан одинаково пластичен.
 - 4) В низкотемпературной модификации титан более пластичен.
 - 5) В обеих модификациях титан одинаково непластичен.
 - 6) Титан не имеет полиморфизма.
12. Как влияют на температуру полиморфного превращения титана алюминий, молибден, олово?
- 1) Sn - повышает, Al - снижает, Mo - практически не влияет,
 - 2) Al - повышает, Mo - снижает, Sn - практически не влияет.
 - 3) Mo - повышает, Sn - снижает, Al - практически не влияет.
 - 4) Al - понижает, Sn - снижает, Mo - практически не влияет.
 - 5) Al - повышает, Sn - практически не влияет., Mo - практически не влияет.
 - 6) Al - повышает, Sn - - повышает Mo - повышает.
13. Какая обработка проводится для упрочнения alpha-сплавов титана?
- 1) Закалка.
 - 2) Закалка + старение.

- 3) Холодная пластическая деформация.
 - 4) Стабилизирующий отжиг.
 - 5) Не упрочняются
 - 6) Азотирование
14. Почему при закалке титановых сплавов их не нагревают в β -область?
- 1) При закалке из β -области не образуется мартенситных структур.
 - 2) При закалке из β - области образуется малопересыщенный мартенсит.
 - 3) При закалке из β -области образуется ω -фаза, охрупчивающая сплав.
 - 4) В β -области происходит сильный рост зерна.
 - 5) В β -области происходит пережог
 - 6) В β -области происходит образование трещин
15. Можно ли использовать для упрочнения титановых сплавов ω -фазу?
- 1) Да, ω -фаза упрочняет сплав без снижения его пластичности.
 - 2) Нет. ω -фаза обладает низкой твердостью.
 - 3) Да. ω -фаза интенсивно упрочняет сплав, несколько снижая его пластичность.
 - 4) Нет. ω -фаза сильно охрупчивает сплав.
 - 5) Да, в некоторых случаях.
 - 6) Нет. ω -фаза понижает коррозионную стойкость.
16. Каков тип кристаллической решетки никеля?
- 1) В модификации α -ГПУ, в модификации β -ОЦК.
 - 2) Кубическая гранецентрированная.
 - 3) Гексагональная плотноупакованная.
 - 4) Кубическая объемноцентрированная.
 - 5) В модификации α -ГЦК, в модификации β -ОЦК.
 - 6) В модификации α -ОЦК, в модификации β -ГЦК.
17. Какие легирующие элементы из перечисленных в ответах образуют с никелем упрочняющую фазу в результате дисперсионного твердения (несколько ответов)?
- 1) Алюминий. 2) Медь. 3) Хром. 4) Кобальт. 5) Титан. 6) Тантал.
18. Какие элементы являются для никелевых сплавов вредными примесями (выбрать несколько)?
- 1) Сера. 2) Олово. 3) Свинец. 4) Цинк. 5) Висмут. 6) Тантал.
19. Какое максимальное содержание железа допускается в никелевых сплавах, работающих при температурах 750- 900⁰С?
- 1) 10% 2) 12% 3) 8% 4) 5% 5) 20% 6) 2%
20. Какая фаза является основным упрочнителем в никелевых сплавах?
- 1) α -фаза 2) σ -фаза 3) γ -фаза 4) γ' -фаза 5) карбидная фаза 6) карбонитридная фаза

Типовые задания второго рубежного тестирования Т/КР:

1. Основные требования к защитным покрытиям для деталей горячего тракта ГТД и к системе покрытие–ЖС
2. Способы защиты жаропрочных сплавов от высоких температур.

3. Классификация ТЗП в зависимости от состава.
4. Основные методы получения ТЗП.
5. Особенности структуры ТЗП, обусловленные технологиями их получения.
6. Методы испытания ТЗП на термостойкость и жаростойкость.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

- 1) Классификация авиационных материалов. Основные требования к авиационным материалам и сравнительная характеристика свойств по группам материалов.
- 2) Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой алюминиевые сплавы.
- 3) Классификация титановых сплавов.
- 4) Термическая обработка титановых сплавов.
- 5) Жаропрочные титановые сплавы. Интерметаллические сплавы.
- 6) Высокопрочные и коррозионностойкие магниевые сплавы.
- 7) Жаростойкость: основные понятия. Жаростойкие стали.
- 8) Жаропрочность: основные понятия. Критерии жаропрочности.
- 9) Основные группы жаропрочных сталей: перлитные, мартенситные и аустенитные.
- 10) Классификация и маркировка никелевых сплавов.
- 11) Жаропрочные сплавы для лопаток газовых турбин: общая характеристика.
- 12) Жаропрочные никелевые сплавы для дисков турбин: общая характеристика.
- 13) Жаропрочные литейные никелевые сплавы. Общая характеристика. Основные преимущества литейных ЖНС.
- 14) Основные принципы легирования никелевых сплавов. Назначение легирующих элементов в никелевых сплавах.
- 15) Особенности структуры жаропрочных никелевых сплавов.
- 16) Механизмы упрочнения никелевых сплавов.
- 17) Технологии литья жаропрочных никелевых сплавов: равноосное литье.
- 18) Технологии литья жаропрочных никелевых сплавов: направленная кристаллизация.

- 19) Технологии литья жаропрочных никелевых сплавов: монокристаллическая кристаллизация
- 20) Влияние технологических факторов получения на структуру и свойства монокристаллических жаропрочных сплавов.
- 21) Особенности структуры и свойств направленно закристаллизованных суперсплавов.
- 22) Коррозия никелевых сплавов: виды коррозионных процессов и разрушений. Параметры оценки коррозионной стойкости.
- 23) Высокотемпературное окисление сплавов системы Ni-Cr и Ni-Cr-Al.
- 24) Горячая коррозия жаропрочных никелевых сплавов: основные виды.
- 25) Механизмы ванадиевой и сульфидно-оксидной коррозии. Способы защиты суперсплавов от коррозии.
- 26) Основные виды испытаний на стойкость к высокотемпературной сульфидно-оксидной коррозии.
- 27) Влияние сульфидно-оксидной коррозии на свойства суперсплавов.
- 28) Виды термической обработки деформируемых и литейных направленно кристаллизованных жаропрочных никелевых сплавов.
- 29) Виды термической обработки литейных монокристаллических жаропрочных никелевых сплавов.
- 30) Влияние поверхностного слоя (технологической наследственности) на долговечность деталей ГТД.
- 31) Назначение и строение теплозащитных покрытий. Материалы, используемые в получении ТЗП.
- 32) Технологии получения теплозащитных покрытий. Особенности структуры ТЗП, обусловленные способами их получения.

Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений представлены в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений

Вариант 1

1. Дать описание структурных элементов (рис.) для литейного алюминиевого сплава силумина исходного и модифицированного.

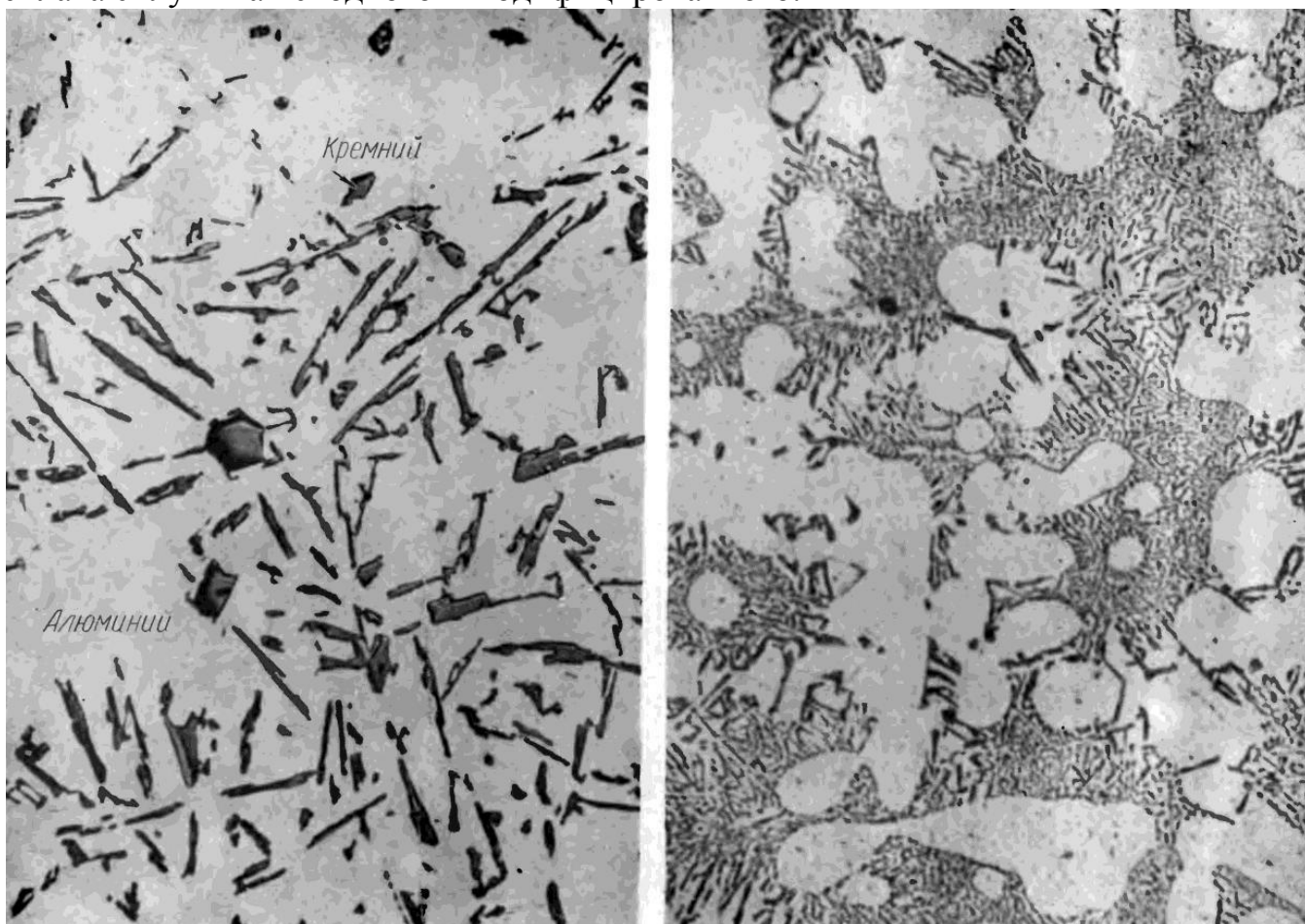


Рисунок – Микроструктура силумина (13% Si) без модифицирования (а) и после модифицирования натрием (б)

2. Какова цель модифицирования литейных сплавов?
3. Приведите несколько основных марок силуминов, охарактеризуйте их химический состав, структурные особенности, области применения.