

ФГБОУ ВПО Рыбинский государственный авиационный технический
университет имени П.А. Соловьева

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и
инновациям

_____ Кожина Т.Д.
«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Специальные главы физического металловедения»

для специальности

05.16.04 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Кафедра «Материаловедение, литье и сварка» (МЛС)

Распределение часов

Форма обучения	Очная	Заочная
Лекции	36	36
Практические занятия	36	36
Подготовка курсовой работы	36	36
Самостоятельная работа	72	72
Всего часов	180	180
Форма контроля (зач., экз., защ.)	Экзамен (36)	Экзамен (36)

Программу составили

д.т.н., профессор

к.т.н., доцент

_____ А.А. Шатульский

_____ А.А. Жуков

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры МЛС

« 27 » декабря 2011 г.

Заведующей кафедрой

д.т.н., профессор

_____ А.А. Шатульский

Программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями «О формировании основных образовательных программ послевузовского профессионального образования» (письмо Министерства образования и науки РФ от 22.06.2011г. ИБ-733/12) и требований по кандидатскому минимуму для аспирантов по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ знакомство аспирантов с теоретическими основами строения сплавов, а также анализа и прогноза протекания процессов структурообразования при изготовлении заготовок и их обработке.

Основными задачами является:

- знакомство аспирантов с теоретическими основами теории ползучести, теории фазовых превращений, физико-химических методов исследования и теории диффузии, а так же с основными принципами формирования структуры и упрочнения сплавов;

- формирование у аспирантов фундаментальных основ теории структурообразования, навыков прогноза структуры и свойств сплавов по диаграммам фазового состояния многокомпонентных систем и прогноза свойств сплавов;

- ознакомление с методами моделирования процессов структурообразования на ЭВМ.

Для успешного изучения и усвоения данной дисциплины аспиранты обладать знаниями, приобретенными при освоении основной образовательной программы высшего профессионального образования по направлению Metallurgy и специальности 150104 «Литейное производство черных и цветных металлов» и дисциплин: «Основы производства и обработки металлов», «Физика», «Химия», «Металловедение и термическая обработка металлов», «Теория и технология производства, обработки и переработки материалов».

В свою очередь изучение дисциплина «Специальные главы физического металловедения» должна подготовить аспирантов к анализу структурных и фазовых превращений, протекающих в сплавах при термическом или механическом воздействии и формулировке научной новизны и основных защищаемых положений, выполняемой диссертационной работы.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Дислокации. Геометрия дислокаций в сплошной среде. Контур Бюргерса. Типы дислокаций и их движение. Дислокационные узлы и закон Кирхгофа для векторов Бюргерса. Правило знаков. Упругие свойства дислокации в сплошной среде. Напряжения и деформации, связанные с винтовой

- дислокацией. Напряжения и деформации, связанные с краевой дислокацией. Напряжения и деформации, связанные со смешанной дислокацией. Дислокации у плоской поверхности раздела.
2. Энергия дислокации. Объемная дилатация и свободная энергия дислокаций. Линейное натяжение дислокаций. Быстрое движение дислокации. Силы, действующие на дислокацию. Взаимодействие между дислокациями. Дислокации в кристаллах. Устойчивые полные дислокации в простых кристаллических структурах. Растянутые и частичные дислокации. Стандартный тетраэдр. Дислокационные узлы и вершинные дислокации в ГЦК-кристаллах. Малоугловые границы. Геометрия движущихся дислокаций в кристаллах. Поперечное скольжение Источник Франка — Рида. Двойникующая дислокация. Плоские скопления дислокаций. Дислокационные реакции. Образование трещин. Препятствия на плоскости скольжения. Ступеньки на дислокациях, возникающие при их пересечении. Переползание расщепленных дислокаций. Силы трения, возникающие при перемещении дислокаций в кристаллах, не содержащих других дефектов. Трение, обусловленное зависимостью энергии ядра от положения. Неопределенность положения оси дислокации. Другие силы трения.
 3. Зависимость скорости дислокации от напряжения. Взаимодействие между дислокациями и другими дефектами. Взаимодействие между дислокациями и примесными атомами. Взаимодействие между дислокациями и вакансиями. Взаимодействие между дислокациями и сверхструктурой. Взаимодействие дислокаций с границами зерен и двойников. Зарождение дислокаций. Постановка задачи. Возникновение дислокаций при кристаллизации. Термическая активация. Дислокация в ориентированных эпитаксиальных слоях. Образование дислокаций благодаря сегрегации примесей. «Беспорядочная» дислокационная сетка. Образование дислокаций посредством конденсации вакансий. Самопроизвольное образование дислокаций под воздействием высоких напряжений. Образование дислокационных сплетений.
 4. Методы исследования дислокаций. Изучение линий скольжения. Методы декорирования. Методы травления. Рентгеновские методы. Метод «тонких пленок».
 5. Точечные дефекты. Основные свойства точечных дефектов в металлах. Искажение кристаллической решетки вокруг точечных дефектов. Энергия образования точечных дефектов. Энергия миграции точечных дефектов. Термодинамика возникновения точечных дефектов. Точечные дефекты при термическом равновесии. Измерения концентрации точечных дефектов при высокой температуре. Источники вакансий в металлах. Вакансии в металлах, зафиксированные закалкой. Достоверность «закалочных» экспериментов. Определение физических свойств, зависящих от присутствия вакансий. Вторичные дефекты, связанные с вакансиями, зафиксированными закалкой. Энергия миграции и кинетика отжига

вакансий. Энергия связи между вакансией и примесным атомом. Точечные дефекты, порождаемые при пластической деформации. Основные положения. Рост электросопротивления и зарождение точечных дефектов. Образование межузельных атомов при деформации. Наблюдения за образованием вакансий. Заданные отклонения от стехиометрического состава.

6. Механические свойства, несущественно зависящие от температуры. Кривые напряжение — деформация. Геометрия скольжения. Кривые напряжение — деформация для металлов с гексагональной плотноупакованной структурой. Критическое напряжение сдвига. Скольжение в кристаллах с гранецентрированной кубической структурой. Скольжение в кристаллах с объемноцентрированной кубической структурой

3. Влияние температуры на кривые напряжение — деформация. Закон Коттрелла — Стокса. Деформационное разупрочнение. Эффект Хаазена — Келлп. Теории деформационного упрочнения. Упрочнение, вызванное полями далекодействующих напряжений. Упрочнение на стадии I. Упрочнение на стадии II. Упрочнение на стадии III. Теории упрочнения полями близкодействующих напряжений. Теория температурной зависимости напряжения течения. Полосы Чернова—Людерса и пределы текучести. Зависимость нижнего предела текучести от размера зерна. Разрушение и разрушающее напряжение. Зависимость напряжения разрушения от размера зерна. Эффект Баушингера. Механическое двойникование. Усталость

7. Механические свойства, существенно зависящие от температуры. Ползучесть металлов. Релаксация напряжений. Три основных вида ползучести и соответствующие им участки на диаграмме ползучести. Неупругая ползучесть (обратимая ползучесть). Низкотемпературная ползучесть (логарифмическая ползучесть). Общая теория логарифмической ползучести. Высокотемпературная ползучесть (ползучесть Апраде). Зависимость установившейся ползучести от температуры. Зависимость установившейся ползучести от напряжения. Теория высокотемпературной ползучести. Диффузионная ползучесть.

8. Механические свойства твердых растворов и интерметаллических соединений

Упрочнение твердых растворов. Кривые деформации монокристаллов сплавов с ГЦК-решеткой. Линии скольжения, ямки травления и электронно-микроскопическое исследование тонких фольг. Теория упрочнения твердых растворов. Кривые деформации для твердых растворов с решеткой гранецентрированного куба. Упрочнение кристаллов твердых растворов с гексагональной плотноупакованной решеткой. Упрочнение кристаллов твердых растворов с ОЦК-решеткой. Упрочнение кристаллов со структурой типа NaCl. Ползучесть твердых растворов.

Упрочнение за счет выделения частиц второй фазы. Взаимодействие между дислокациями и выделившимися частицами. Непосредственное наблюдение взаимодействия дислокаций с выделившимися частицами. Механические свойства сплавов, упрочненных выделениями. Упрочнение выделениями в сплавах других систем. Упрочнение за счет создания упорядоченной структуры. Сверхдислокации. Теоретическая зависимость предела текучести от степени упорядочения. Температурная зависимость напряжения течения в упорядоченных сплавах. Ползучесть сплавов с упорядоченной структурой. Двойникование в сплавах с упорядоченной структурой. Пластичность интерметаллических соединений. Влияние температуры на прочность. Ползучесть антимонида сурьмы

9. Механические свойства двухфазных сплавов. Модели, предложенные для объяснения предела текучести и напряжения течения дисперсионно-упрочненных материалов. Деформации, обусловленные когерентным сопряжением решеток. Блоки. Выгибание дислокаций. Остаточные петли вокруг частиц (напряжения течения). Остаточные петли вокруг частиц (предел текучести). Влияние микроструктуры и окружающей среды на пластическую деформацию. Морфология дисперсных частиц. Легированные системы. Температура. Поверхность раздела между дисперсными частицами и матрицей. Дисперсионное твердение. Деформационное упрочнение. Ползучесть. Установившаяся ползучесть, контролируемая переползанием дислокаций. Установившаяся ползучесть, обусловленная образованием дислокаций на границах зерен. Длительная прочность. Характер разрушения. Другие прочностные свойства
10. Возврат и рекристаллизация. Классификация явлений. Возврат. Снятие напряжений. Восстановление электрических свойств. Выделение накопленной энергии. Восстановление других физических свойств. Восстановление механических свойств

3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

- 3.1. Изучение поверхностных явлений в растворах.
- 3.2. Определение теплоты фазовых превращений.
- 3.3. Кинетика кристаллизации металлов.
- 3.4. Определение степени метастабильности сплавов.
- 3.5. Выбор легирующего комплекса сплава. Построение математических моделей «химический состав - свойство» с использованием регрессионного анализа.
- 3.6. Анализ диаграмм фазового равновесия двух и многокомпонентных систем.
- 3.7. Механизм и кинетика объемной диффузии. Самодиффузия и гетеродиффузия.
- 3.8. Рассмотрение процессов упорядочения твердых растворов.
- 3.9. Оценка эксплуатационной пригодности жаропрочных никелевых сплавов на основе анализа физико-химического взаимодействия компонентов.

- 3.10. Технология литья с направленной кристаллизацией.
- 3.11. Технология монокристаллитного литья.
- 3.12. Суспензионное литье- как метод управления формированием макроструктуры
- 3.13. Модифицирование сплавов.

4. ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Основная:

1. Р.У.Кан, П.Т. Хаузен Физическое металловедение в металлах и сплавах и сплавы с особыми свойствами.-М.:Металлургия.-1987.-624 с.
2. В.И. Фистуль. Физика и химия твердого тела, в 2-х томах. М.:Металлургия, 1995, 480 с. и 320 с.
3. Научные основы материаловедения. Учебное пособие для вузов Б.Н., Арзамасов А.И.Крашенинников, Ж.П.Пастухова, А.И.Рахштадт . М.МГТУ.-2004.- 368 с.

Дополнительная:

1. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. - М.:Металлургия, 1978, 392 с.
металловедение, в. 1-3. М., 1967-1968.- 824 с.
2. Бернштейн Х. Расчет диаграмм состояния с помощью ЭВМ. М., 1972.-424 с.
3. Приборы и методы физического металловедения. М., 1973-1974. – 268 с.
4. И.И.Новиков. Дефекты кристаллического строения металлов. М.:Металлургия. 1983.-232 с.

5.ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

- 1.Дислокации. Геометрия дислокаций в сплошной среде. Контур Бюргерса
Типы дислокаций и их движение. Дислокационные узлы и закон Кирхгофа для векторов Бюргерса. Правило знаков.
- 2.Упругие свойства дислокации в сплошной среде. Напряжения и деформации, связанные с винтовой дислокацией. Напряжения и деформации, связанные с краевой дислокацией. Напряжения и деформации, связанные со смешанной дислокацией. Дислокации у плоской поверхности раздела.
3. Энергия дислокации. Объемная дилатация и свободная энергия дислокаций. Линейное натяжение дислокаций. Быстрое движение дислокации.
4. Силы, действующие на дислокацию. Взаимодействие между дислокациями. Дислокации в кристаллах. Устойчивые полные дислокации в простых кристаллических структурах.
5. Растянутые и частичные дислокации. Стандартный тетраэдр. Дислокационные узлы и вершинные дислокации в ГЦК-кристаллах.

Малоугловые границы. Геометрия движущихся дислокаций в кристаллах. Поперечное скольжение Источник Франка — Рида. Двойникующая дислокация. Плоские скопления дислокаций.

6. Дислокационные реакции. Образование трещин. Препятствия на плоскости скольжения. Ступеньки на дислокациях, возникающие при их пересечении. Переползание расщепленных дислокаций.

7. Силы трения, возникающие при перемещении дислокаций в кристаллах, не содержащих других дефектов. Трение, обусловленное зависимостью энергии ядра от положения. Неопределенность положения оси дислокации. Другие силы трения.

8. Зависимость скорости дислокации от напряжения.

9. Взаимодействие между дислокациями и другими дефектами.

10. Взаимодействие между дислокациями и примесными атомами.

11. Взаимодействие между дислокациями и вакансиями.

12. Взаимодействие между дислокациями и сверхструктурой.

13. Взаимодействие дислокаций с границами зерен и двойников.

14. Зарождение дислокаций. Постановка задачи. Возникновение дислокаций при кристаллизации. Термическая активация. Дислокация в ориентированных эпитаксиальных слоях.

15. Образование дислокаций благодаря сегрегации примесей. 16. «Беспорядочная» дислокационная сетка. Образование дислокаций посредством конденсации вакансий.

16. Самопроизвольное образование дислокаций под воздействием высоких напряжений. Образование дислокационных сплетений.

17. Методы исследования дислокаций. Изучение линий скольжения. Методы декорирования. Методы травления. Рентгеновские методы. Метод «тонких пленок».

20. Точечные дефекты. Основные свойства точечных дефектов в металлах. Искажение кристаллической решетки вокруг точечных дефектов. Энергия образования точечных дефектов. Энергия миграции точечных дефектов. 21. Термодинамика возникновения точечных дефектов. Точечные дефекты при термическом равновесии. Измерения концентрации точечных дефектов при высокой температуре.

22. Источники вакансий в металлах. Вакансии в металлах, зафиксированные закалкой. Достоверность «закалочных» экспериментов. 23. Определение физических свойств, зависящих от присутствия вакансий.

24. Вторичные дефекты, связанные с вакансиями, зафиксированными закалкой. Энергия миграции и кинетика отжига вакансий. Энергия связи между вакансией и примесным атомом.

25. Точечные дефекты, порождаемые при пластической деформации. Основные положения.

26. Образование межузельных атомов при деформации. Наблюдения за образованием вакансий. Заданные отклонения от стехиометрического состава.

27. Механические свойства, несущественно зависящие от температуры. Кривые напряжение — деформация. Геометрия скольжения.
28. Кривые напряжение — деформация для металлов с гексагональной плотноупакованной структурой.
29. Критическое напряжение сдвига. Скольжение в кристаллах с гранцентрированной кубической структурой. Скольжение в кристаллах с объемноцентрированной кубической структурой.
30. Влияние температуры на кривые напряжение — деформация. Закон Коттрелла — Стокса.
31. Деформационное разупрочнение. Эффект Хаазена — Келлп. Теории деформационного упрочнения. Упрочнение, вызванное полями дальнего действия напряжений.
32. Упрочнение на стадии I. Упрочнение на стадии II. Упрочнение на стадии III. Теории упрочнения полями близкодействующих напряжений. Теория температурной зависимости напряжения течения. Полосы Чернова—Людерса и пределы текучести. Зависимость нижнего предела текучести от размера зерна.
33. Разрушение и разрушающее напряжение. Зависимость напряжения разрушения от размера зерна. Эффект Баушингера.
34. Механическое двойникование. Усталость
35. Механические свойства, существенно зависящие от температуры. Ползучесть металлов. Релаксация напряжений.
36. Три основных вида ползучести и соответствующие им участки на диаграмме ползучести. Неупругая ползучесть (обратимая ползучесть). Низкотемпературная ползучесть (логарифмическая ползучесть).

37. Общая теория логарифмической ползучести. Высокотемпературная ползучесть (ползучесть Андраде). Зависимость установившейся ползучести от температуры.
38. Зависимость установившейся ползучести от напряжения. Теория высокотемпературной ползучести. Диффузионная ползучесть.
39. Механические свойства твердых растворов и интерметаллических соединений.
40. Упрочнение твердых растворов. Кривые деформации монокристаллов сплавов с ГЦК-решеткой. Линии скольжения, ямки травления и электронно-микроскопическое исследование тонких фольг.
41. Теория упрочнения твердых растворов. Кривые деформации для твердых растворов с решеткой гранцентрированного куба. Упрочнение кристаллов твердых растворов с гексагональной плотноупакованной решеткой.
42. Упрочнение кристаллов твердых растворов с ОЦК-решеткой. Упрочнение кристаллов со структурой типа NaCl. Ползучесть твердых растворов.
43. Упрочнение за счет выделения частиц второй фазы. Взаимодействие между дислокациями и выделившимися частицами. Непосредственное наблюдение взаимодействия дислокаций с выделившимися частицами. Механические свойства сплавов, упрочненных выделениями.

44. Упрочнение выделениями в сплавах других систем. Упрочнение за счет создания упорядоченной структуры. Сверхдислокации. Теоретическая зависимость предела текучести от степени упорядочения.

45. Температурная зависимость напряжения течения в упорядоченных сплавах. Ползучесть сплавов с упорядоченной структурой. Двойникование в сплавах с упорядоченной структурой.

46. Пластичность интерметаллических соединений. Влияние температуры на прочность. Ползучесть антимонида сурьмы

47. Механические свойства двухфазных сплавов. Модели, предложенные для объяснения предела текучести и напряжения течения дисперсионно-упрочненных материалов.

48. Деформации, обусловленные когерентным сопряжением решеток. Блоки. Выгибание дислокаций. Остаточные петли вокруг частиц (напряжения течения).

49. Остаточные петли вокруг частиц (предел текучести). Влияние микроструктуры и окружающей среды на пластическую деформацию. Морфология дисперсных частиц. Легированные системы. Температура.

50. Поверхность раздела между дисперсными частицами и матрицей. Дисперсионное твердение. Деформационное упрочнение. Ползучесть. Установившаяся ползучесть, контролируемая переползанием дислокаций. Установившаяся ползучесть, обусловленная образованием дислокаций на границах зерен.

51. Длительная прочность. Характер разрушения. Другие прочностные свойства

52. Возврат и рекристаллизация. Классификация явлений. Возврат. Снятие напряжений. Восстановление электрических свойств. Выделение накопленной энергии. Восстановление других физических свойств. Восстановление механических свойств

6.ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная
технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	<p align="center">Утверждаю</p> Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский «__» _____ 20__ г.
Дисциплина: Физическое металловедение	
Преподаватель: Жуков А.А.	<p align="center">Экзаменационный билет</p> <p align="center">№1</p>
Шифр группы: аспирантура	

1. Дислокации. Геометрия дислокаций в сплошной среде. Контур Бюргерса
Типы дислокаций и их движение. Дислокационные узлы и закон Кирхгофа
для векторов Бюргерса. Правило знаков.

2. Поверхность раздела между дисперсными частицами и матрицей.
Дисперсионное твердение. Деформационное упрочнение. Ползучесть.
Установившаяся ползучесть, контролируемая переползанием дислокаций.
Установившаяся ползучесть, обусловленная образованием дислокаций на границах зерен



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная
технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	<p align="center">Утверждаю</p> Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский «__» _____ 20__ г.
Дисциплина: Физическое металловедение	
Преподаватель: Жуков А.А.	<p align="center">Экзаменационный билет</p> <p align="center">№2</p>
Шифр группы: аспирантура	

1. Энергия дислокации. Объемная дилатация и свободная энергия дислокаций.
Линейное натяжение дислокаций. Быстрое движение дислокации.

2. Источники вакансий в металлах. Вакансии в металлах, зафиксированные
закалкой. Достоверность «закалочных» экспериментов.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№3

1. Силы, действующие на дислокацию. Взаимодействие между дислокациями. Дислокации в кристаллах. Устойчивые полные дислокации в простых кристаллических структурах.

2. Упрочнение на стадии I. Упрочнение на стадии II. Упрочнение на стадии III. Теории упрочнения полями близкодействующих напряжений. Теория температурной зависимости напряжения течения. Полосы Чернова—Людерса и пределы текучести. Зависимость нижнего предела текучести от размера зерна.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№4

1. Кристаллизационная активность металлов и сплавов. Термодинамика и кинетика зародышеобразования и роста фаз.

2. Механизм пластической деформации, изменение дислокационного строения и структуры, возникновение наклепа.

Кафедра: МЛС <hr/> Дисциплина: Физическое металловедение <hr/>	Утверждаю Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский «__» _____ 20__ г.
Преподаватель: Жуков А.А. <hr/> Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет №5

1. Растянутые и частичные дислокации. Стандартный тетраэдр. Дислокационные узлы и вершинные дислокации в ГЦК-кристаллах. Малоугловые границы. Геометрия движущихся дислокаций в кристаллах. Поперечное скольжение Источник Франка — Рида. Двойникующая дислокация. Плоские скопления дислокаций.
2. Три основных вида ползучести и соответствующие им участки на диаграмме ползучести. Неупругая ползучесть (обратимая ползучесть). Низкотемпературная ползучесть (логарифмическая ползучесть).



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная
технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС <hr/> Дисциплина: Физическое металловедение <hr/>	Утверждаю Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский «__» _____ 20__ г.
Преподаватель: Жуков А.А. <hr/> Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет №6

1. Силы трения, возникающие при перемещении дислокаций в кристаллах, не содержащих других дефектов. Трение, обусловленное зависимостью энергии ядра от положения. Неопределенность положения оси дислокации. Другие силы трения.
2. Определение физических свойств, зависящих от присутствия вакансий. Вторичные дефекты, связанные с вакансиями, зафиксированными закалкой. Энергия миграции и кинетика отжига вакансий. Энергия связи между вакансией и примесным атомом.

Кафедра: МЛС <hr/> Дисциплина: Физическое металловедение <hr/> Преподаватель: Жуков А.А. <hr/> Шифр группы: аспирантура	<p align="center">Утверждаю</p> <p align="center">Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский</p> <p align="center">«__» _____ 20__ г.</p>
	<p>Экзаменационный билет</p> <p>№7</p>

1. Растворное упрочнение. Физический механизм растворного упрочнения. Зависимости “состав-свойства” для неограниченных и ограниченных твердых растворах.
2. Собирательная рекристаллизация; кинетические кривые и их математическое описание, природа процесса; влияние различных факторов на рост зерна; диаграммы рекристаллизации.



федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО “Рыбинская государственная авиационная
технологическая академия имени П.А. Соловьева”

Кафедра: МЛС <hr/> Дисциплина: Физическое металловедение <hr/> Преподаватель: Жуков А.А. <hr/> Шифр группы: аспирантура	<p align="center">Утверждаю</p> <p align="center">Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский</p> <p align="center">«__» _____ 20__ г.</p>
	<p>Экзаменационный билет</p> <p>№8</p>

1. Зависимость скорости дислокации от напряжения.
2. Упрочнение выделениями в сплавах других систем. Упрочнение за счет создания упорядоченной структуры. Сверхдислокации. Теоретическая зависимость предела текучести от степени упорядочения.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№9

1. Взаимодействие между дислокациями и другими дефектами.
2. Общая теория логарифмической ползучести. Высокотемпературная ползучесть (ползучесть Андраде). Зависимость установившейся ползучести от температуры.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№10

1. Взаимодействие между дислокациями и примесными атомами.
2. Упрочнение твердых растворов. Кривые деформации монокристаллов сплавов с ГЦК-решеткой. Линии скольжения, ямки травления и электронно-микроскопическое исследование тонких фольг.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№11

1. Взаимодействие между дислокациями и вакансиями.
2. Критическое напряжение сдвига. Скольжение в кристаллах с гранецентрированной кубической структурой. Скольжение в кристаллах с объемноцентрированной кубической структурой.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№12

1. Взаимодействие между дислокациями и сверхструктурой.
2. Упрочнение за счет выделения частиц второй фазы. Взаимодействие между дислокациями и выделившимися частицами. Непосредственное наблюдение взаимодействия дислокаций с выделившимися частицами. Механические свойства сплавов, упрочненных выделениями.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№13

1. Взаимодействие дислокаций с границами зерен и двойников.
2. Температурная зависимость напряжения течения в упорядоченных сплавах. Ползучесть сплавов с упорядоченной структурой. Двойникование в сплавах с упорядоченной структурой.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№14

1. Зарождение дислокаций. Постановка задачи. Возникновение дислокаций при кристаллизации. Термическая активация. Дислокация в ориентированных эпитаксиальных слоях.
2. Точечные дефекты, порождаемые при пластической деформации. Основные положения. Рост электросопротивления и зарождение точечных дефектов.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№15

1. Образование дислокаций благодаря сегрегации примесей. 16. «Беспорядочная» дислокационная сетка. Образование дислокаций посредством конденсации вакансий.
2. Зависимость установившейся ползучести от напряжения. Теория высокотемпературной ползучести. Диффузионная ползучесть.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№16

1. Самопроизвольное образование дислокаций под воздействием высоких напряжений. Образование дислокационных сплетений.
2. Остаточные петли вокруг частиц (предел текучести). Влияние микроструктуры и окружающей среды на пластическую деформацию. Морфология дисперсных частиц. Легированные системы. Температура.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№17

1. Методы исследования дислокаций. Изучение линий скольжения. Методы декорирования. Методы травления. Рентгеновские методы. Метод «тонких пленок».
2. Механические свойства, существенно зависящие от температуры. Ползучесть металлов. Релаксация напряжений.



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№18

1. Точечные дефекты. Основные свойства точечных дефектов в металлах. Искажение кристаллической решетки вокруг точечных дефектов. Энергия образования точечных дефектов. Энергия миграции точечных дефектов.
2. Деформации, обусловленные когерентным сопряжением решеток. Блоки. Выгибание дислокаций. Остаточные петли вокруг частиц (напряжения течения).



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№19

1. Образование межузельных атомов при деформации. Наблюдения за образованием вакансий. Заданные отклонения от стехиометрического состава.
2. Деформационное разупрочнение. Эффект Хаазена — Келлп. Теории деформационного упрочнения. Упрочнение, вызванное полями далекодействующих напряжений



Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО "Рыбинская государственная авиационная

технологическая академия имени П.А. Соловьева"

Кафедра: МЛС	Утверждаю
Дисциплина: Физическое металловедение	Зав. кафедрой _____ А.А.Шатульский
Преподаватель: Жуков А.А.	«__» _____ 20__ г.
Шифр группы: аспирантура	Экзаменационный билет
	№20

1. Математические модели для оценки свойств сплавов по размерам структурных составляющих.
2. Второй закон диффузии; общее уравнение и его решение; безразмерный параметр диффузии. Распределение элементов при диффузии из точечного источника в зависимости от времени; зависимость толщины диффузионного слоя от времени процесса.