

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



А. Д. Толстик



Регистрационный № УД-1356 /баз.

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРЩЕНИЯ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 01 Физика (по направлениям)

Направление:

1-31 04 01-02 Физика (производственная деятельность)

Минск 2014

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.К. Федотов – профессор кафедры энергофизики Белорусского государственного университета, доктор физико–математических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

С.Е. Демьянов – заведующий отделом криогенных исследований Научно-практического центра НАНБ по материаловедению, доктор физико–математических наук.

В.Г. Шепелевич – профессор кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, доктор физико–математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергофизики физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № _____ от _____ 2014);

Ученым Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № ____ от _____ 2014);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета
(протокол №5 от 17 мая 2013 г.)

Ответственный за редакцию: А.К. Федотов

Ответственный за выпуск: А.К. Федотов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа дисциплины «Фазовые превращения в металлах и сплавах» разработана для специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям).

Для обеспечения энергосбережения и повышения энергоэффективности в энергетическом машиностроении, а также в энергосберегающих технологиях широко применяются материалы разных типов, которые формируются на основе металлов и сплавов и должны обладать набором особых функциональных свойств. При синтезе таких материалов используется целый набор разнообразных термических, механических, химических и смешанных воздействий, вызывающих целый ряд фазовых превращений, которые существенно влияют на их функциональные свойства.

Это делает необходимым понимание взаимосвязи между составом, фазовой структурой и физико-химическими свойствами металлических материалов, что становится важной составляющей подготовки специалиста-энергофизика по квалификации «физик-инженер».

Поэтому дисциплина «Фазовые превращения в металлах и сплавах» направлена на обучение студентов основным представлениям о механизмах фазовых превращений металлов и сплавов под действием термических, механических и иных внешних воздействий, которые могут быть использованы для получения современных материалов для энергетики и энергосбережения. Программа дисциплины содержит перечень вопросов, которые наиболее необходимы физикам-материаловедам.

Задача лекционного курса состоит в том, чтобы ознакомить студентов с разными видами фазовых превращения в металлических материалах, способствовать формированию представлений о механизмах зарождения фаз и кинетики протекания фазовых превращений, способах их использования в технологических процессах получения металлических материалов с заданными рабочими характеристиками, способствовать пониманию характера изменения физико-химических свойств материалов в результате фазовых превращений, научить студентов видеть области применения фазовых превращений и понимать возможности их использования при решении практических задач энергетики и энергосбережения.

Программа составлена с учетом знаний, полученных студентами при изучении следующих дисциплин: молекулярной физики, термодинамики и статистической физики, а также специального курса «Основы материаловедения». Цель данного курса – подготовить студентов к завершающему курсу по основам физического материаловедения – курсу «Энергоэффективные материалы».

Спецкурс состоит из следующих основных разделов: термодинамика фазовых превращений в кристаллических материалах; основные фазовые превращения и изменение структуры в однокомпонентных кристаллических материалах при термических воздействиях; фазовые равновесия и фазовые превращения в двухкомпонентных кристаллических материалах.

Основное внимание при изложении материала уделяется термодинамике и кинетике процессов зарождения и роста фаз, формированию структуры кристаллических материалов в результате фазовых превращений при термических, термомеханических и иных воздействиях; установлению характера изменения свойств материалов в результате фазовых превращений; а также фазовым равновесиям и превращениям в двух- и трехкомпонентных металлических сплавах.

Материал данного курса основан на базовых знаниях, представлениях и моделях, изучавшихся студентами в курсах молекулярной физики, атомной физики, термодинамики и статистической физики и спецкурсе «Основы материаловедения».

Некоторые вопросы студенты должны изучить самостоятельно при работе с рекомендуемыми учебниками, учебными пособиями, методическими материалами и Интернет-ресурсами. На самостоятельную проработку выделены темы по термодинамике фа-

зовых превращений в кристаллических материалах. Для организации управляемой самостоятельной работы (УСР) студентов по курсу рекомендуется организовать возможность сетевого доступа к учебным и учебно-методическим материалам, размещенным на Интернет-странице кафедры энергофизики. Проверку освоения материалов лекций и при самостоятельной работе студентов целесообразно проводить путем текущего и итогового контроля знаний. Текущий контроль знаний рекомендуется осуществлять в форме тестов и контрольных работ по темам курса.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

– основные технологические методы и процессы осуществления фазовых превращений в металлах и сплавах;

– механизмы зарождения и кинетику роста фаз в одно- и двухкомпонентных металлических материалах в результате термических, термомеханических и иных воздействий;

уметь:

– объяснять взаимосвязь между видами фазовых превращений, структурой и физико-химическими свойствами металлических материалов;

владеть:

– базовыми методами термодинамического описания фазовых превращений в металлических материалах.

Основными методами обучения, способствующими достижению целей изучаемой дисциплины, являются: элементы проблемного обучения, реализуемые как на лекционных занятиях, так и при самостоятельной работе студентов; непрерывный контроль текущего усвоения знаний; рейтинговая система оценки текущих и итоговых знаний. При чтении лекционной части курса рекомендуется применять мультимедийные средства.

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Общее количество часов – 68. Из них аудиторных – 38 часа (в том числе: лекции – 32 часа; управляемая самостоятельная работа – 6 часов).

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Практические	Семинары	Лабораторные занятия	Контролируемая самостоятельная работа	Всего
1.	Термодинамика фазовых превращений в кристаллических материалах	2				2	4
2.	Плавление однокомпонентных кристаллических материалов	2					2
3.	Кристаллизация однокомпонентных материалов	4					4
4.	Механизмы и модели роста кристаллов	4					4
5.	Закалка однокомпонентных кристаллических материалов	2					2
6.	Изменение структуры од-	4				2	6

	нокомпонентных кристаллических материалов при термических воздействиях						
7	Фазовые равновесия в двухкомпонентных кристаллических материалах	4				2	6
8	Фазовые превращения в двухкомпонентных кристаллических материалах	6					6
9	Фазовые равновесия в трехкомпонентных кристаллических материалах	4					4
	Итого	32				6	38

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Термодинамика фазовых превращений в кристаллических материалах

Термодинамическое равновесие. Изменения в энергии материалов. Диаграмма энтропия-температура для материалов. Энтропия и свободная энергия материала. Диаграмма свободная энергия –температура для материала. Гетерогенные равновесия. Правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы однокомпонентных материалов. Термодинамика фазовых переходов в кристаллических материалах.

2. Плавление однокомпонентных кристаллических материалов

Плавления кристаллов как фазовый переход. Диаграмма нагрева для характеристики плавления. Зависимость температуры плавления от давления. Взаимосвязь между температурами плавления и физическими свойствами кристаллов. Динамика и механизмы плавления.

3. Кристаллизация однокомпонентных материалов

Кристаллизации из расплава как фазовый переход. Диаграмма охлаждения при кристаллизации из расплава. Условия кристаллизации из расплава. Гомогенная и гетерогенная кристаллизация из расплава. Термодинамика гомогенной кристаллизации из расплава.

4. Механизмы и модели роста кристаллов

Слоистый механизм роста кристаллов. Слоисто-спиральный механизм роста кристаллов. Форма и структура кристаллов и кристаллических агрегатов. Атомная, нано, микро и макроструктура кристаллических агрегатов. Литые поликристаллических материалов. Дендритный рост кристаллов.

5. Закалка однокомпонентных кристаллических материалов

Закалка в твердом состоянии. Закалка из расплава. Нанокристаллические и наноструктурированные материалы. Влияние высокоскоростной закалки расплава на свойства однокомпонентных материалов.

6. Изменение структуры однокомпонентных кристаллических материалов при термических воздействиях

Отжиг однокомпонентных материалов. Изменения атомной структуры деформированных металлов на стадии возврата. Механизмы рекристаллизации деформированных металлов. Влияние деформации на запасенную энергию и зеренную структуру поликристаллических материалов. Зарождение новых зерен при рекристаллизации деформированных поликристаллических материалов. Роль границ зерен в процессе рекристаллизации деформированного поликристаллического материала. Кинетика зарождения зерна на стадии рекристаллизации. Факторы, влияющие на зарождение зерна и скорость роста во время рекристаллизации. Изменения в структуре и свойствах дефор-

мированного металла на стадии рекристаллизации. Полиморфные превращения в кристаллических материалах.

7. Фазовые равновесия в двухкомпонентных кристаллических материалах

Типы кристаллических сплавов. Фазовое равновесие в сплавах. Диаграммы состояния двухкомпонентных сплавов. Взаимосвязь между свойствами сплавов и типом диаграмм состояния.

8. Фазовые превращения в двухкомпонентных кристаллических материалах

Структурные превращения в сплавах при термических воздействиях. Термическая обработка деформированных и литых сплавов. Термическая обработка закаленных сплавов. Термическая обработка сплавов с переменной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Термообработка сплавов, не связанная с фазовыми превращениями в твердом состоянии.

9. Фазовые равновесия в трехкомпонентных кристаллических материалах

Принципы построения диаграмм состояния трехкомпонентных сплавов. Принципы изучения тройных диаграмм состояния. Основные виды тройных диаграмм состояния.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемые формы диагностики знаний

Контрольные работы – 3

Тесты - 15

Рекомендуемые темы контрольных работ

1. Виды отжига однокомпонентных кристаллических материалов
2. Двойные диаграммы состояния.
3. Структурные превращения в сплавах при термических воздействиях.

Рекомендуемые темы для тестов

1. Закалка сплавов.
2. Сверхбыстрая кристаллизация сплавов.
3. Пластическая деформация металлов.
4. Пластическая деформация однофазных и двухфазных сплавов.
5. Термическая обработка деформированных и литых сплавов.
6. Термическая обработка закаленных сплавов.
7. Термообработка сплавов, не связанная с фазовыми превращениями в твердом состоянии.
8. Термическая обработка сплавов с переменной растворимостью компонентов в твердом состоянии.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Федотов А.К. Физическое материаловедение. Часть 2. Фазовые превращения в металлах и сплавах. Минск: Высшая школа, 2012. 440 с.

2. Фистуль, В.И. Физика и химия твердого тела. Ч. 1 и 2. М.: Металлургия, 1995. – 543 с.
3. Солнцев, Ю.П. Материаловедение / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин, Ф М Войткун – М.: Изд. МИСИС, 1999.- 345 с.
4. Научные основы материаловедения. Под ред. Б.Н. Арзамасова. / М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1994. – 361 с.

Дополнительная

1. Лившиц Ю Б.Г. Металлография / Б.Г. Лившиц - М.: Металлургия, 1971. – 301 с.
2. Гуляев, А.П. Металловедение / А.П.Гуляев - М.: Оборонгиз, 1963. – 323 с.
3. Ван Флек. Теоретическое и прикладное материаловедение. / Ван Флек. - М.: Атомиздат, 1975. – 284 с.