

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
Институт новых материалов и технологий



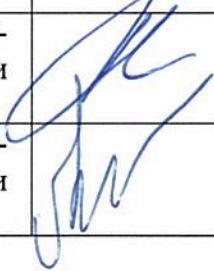
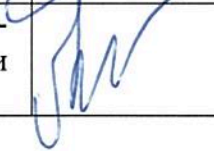
УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
А.В. Германенко
2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Структура, свойства и использование упрочняемых сплавов и интерметаллидов

Перечень сведений о программе аспирантуры	Учетные данные
Программы аспирантуры: Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов; Сварка, родственные процессы и технологии	Код ПА 2.6.1. 2.5.8.
Группы специальностей Химические технологии, науки о материалах, металлургия; Машиностроение	Код 2.6. Код 2.5.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Попов Артемий Александрович	Д.т.н., профессор	Заведующий кафедрой	кафедра термообработки и физики металлов	
2	Лобанов Михаил Львович	Д.т.н., профессор	Профессор	кафедра термообработки и физики металлов	

Рекомендовано:

Учебно-методическим советом института новых материалов и технологий
Протокол № 20220526-01 от 26.05.2022 г.

Председатель УМС института



О.Ю. Корниенко

Согласовано:

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «СТРУКТУРА, СВОЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УПРОЧНЯЕМЫХ СПЛАВОВ И ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ»

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Цель дисциплины – углубление и расширение знаний по физике прочности, пластичности и разрушения материалов на металлической основе.

Изучение дисциплины предполагает выполнение следующих задач:

- формирование у аспирантов представлений о прочности материалов на всех масштабных уровнях (макро, микро и атомном («нано»));
- обучению теоретическим основам и практическому применению современных методов воздействия на материалы с целью получения необходимой структуры и обеспечения заданного уровня конструктивной прочности;
- освоение теоретических основ и практического применения современных методов инструментального анализа физико-механических свойств металлических материалов.

1.2. Язык реализации дисциплины – русский.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результаты освоения дисциплины «Структура, свойства и использование упрочняемых сплавов и интерметаллидов» направлены на расширение кругозора аспирантов могут быть использованы при научно-исследовательской деятельности аспирантов и выполнении квалификационных работ (диссертации).

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные механизмы упрочнения металлических материалов;
- основные моды пластической деформации;
- теоретическое описание сдвиговых превращений;
- теоретические основы разрушения твердых тел;
- последние достижения в развитии современных методов исследования и анализа физико-механических свойств металлических материалов.

Уметь:

- проектировать структуру материалов, с заданным уровнем конструктивной прочности;
- проектировать технологии получения материалов с заданным уровнем конструктивной прочности за счет термических и деформационных воздействий;
- разрабатывать методы оценки прочностных свойств материалов на различных масштабных уровнях.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- навыками построения кристаллогеометрических моделей для анализа процессов деформации и разрушения металлических материалов;
- методами определения механических свойств материалов на металлической основе, включая статические и динамические испытания, испытания на ползучесть, длительную прочность и релаксацию напряжений, усталостные испытания;
- методами проектирования высокопрочных перспективных материалов с использованием многомасштабного математического моделирования и соответствующим программным обеспечением;
- методами и средствами контроля качества промышленных металлургических и машиностроительных изделий.

1.4.Трудоемкость дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	4
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
4.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	1	104
5.	Промежуточная аттестация	36	0,25	Зачет
6.	Общий объем по учебному плану, час.	108	5,25	108
7.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Конструктивная прочность	<p>Понятие о высокопрочном состоянии. Конструктивная прочность. Диаграмма конструктивной прочности. Экономическая эффективность применения высокопрочных сплавов. Теоретическая прочность на сдвиг и отрыв.</p> <p>Механические испытания и свойства. Классификация методов. Статические испытания при растяжении, сжатии, кручении, срезе. Схемы испытаний; образцы, испытательные машины. Особенности диаграммы деформации. Первичные и истинные диаграммы. Методы измерения усилий и деформаций. Тензометрия. Жесткость испытаний. Стандартизация испытаний. Механические свойства, определенные при статических испытаниях. Сопоставление свойств, полученных при испытаниях с разными коэффициентами мягкости. Твердость. Особенности напряженного состояния при измерении. Определение микротвердости. Испытания на твердость по Бринеллю, Виккерсу, Роквеллу. Другие методы определения твердости. Динамические испытания на ударный изгиб. Оценка склонности к хрупкому разрушению и хладноломкости по результатам испытаний.</p>
P2	Деформация металлических материалов	<p>Дислокационная теория скольжения. Геометрия скольжения. Основные системы скольжения металлических кристаллов. Критическое напряжение сдвига. Ориентационный фактор.</p> <p>Условия начала пластической деформации. Размножение дислокаций при деформации. Многократное поперечное скольжение. Факторы, определяющие сопротивление движению дислокаций в металлических кристаллах. Зависимость критического напряжения скольжения от температуры и скорости деформации. Дислокационная теория двойникования. Условия деформации двойникованием кристаллов с ГЦК, ОЦК и гексагональной решетками. Дислокационное упрочне-</p>

		ние. Кривые упрочнения металлических монокристаллов с ГЦК, ОЦК и гексагональными решетками. Три стадии упрочнения.
P3	Механизмы упрочнения материалов на металлической основе	<p>Твердорастворное упрочнение. Блокировка дислокаций атмосферами примесных атомов. Механизмы торможения дислокаций атмосферами. Теории упрочнения твердых растворов замещения. Зернограничное упрочнение. Теория деформации поликристаллических агрегатов. Зависимость сопротивления деформации скольжением от размера зерна. Связь предела текучести с размером зерна при деформации двойникованием. Субструктурное упрочнение. Описание кривых напряжение-деформация для поликристаллов. Влияние размера зерна на усталость и на ползучесть. Роль субструктуры в ползучести.</p> <p>Дисперсное и дисперсионное упрочнение. Процессы упрочнения и разупрочнения при распаде пересыщенного твердого раствора. Пик дисперсионного твердения. Когерентные и некогерентные выделения. Упрочняющие фазы в сплавах. Механизмы упрочнения сплавов частицами. Упрочнение сплавов в результате образования мартенсита. Мартенсит железоуглеродистых сплавов. Реечный и пластинчатый мартенсит. Факторы, обуславливающие высокую прочность мартенсита. Мартенситное превращение как механизм пластической деформации. Структура и свойства мартенсита цветных сплавов. Деформация мартенсита. Превращения при деформации цветных сплавов. Сверхупругость и эффект памяти формы. Условия их реализации в сплавах.</p>
P4	Разрушение материалов	<p>Классификация микротрещин (упругая, дислокационная пора). Условия зарождения трещины. Модели зарождения трещин. Силовой критерий разрушения. Работа пластической деформации при разрушении металлических кристаллов. Влияние поверхностной энергии на зарождение и распространение трещин. Структурное охрупчивание. Рост трещин. Докритический и закритический этапы роста. Модели подрастания трещин. Влияние энергии дефекта упаковки на докритический рост трещин. Предельная скорость хрупкого разрушения. Ветвление трещины. Роль пластической деформации в разрушении. Вязкое разрушение металлов. Стадии разрушения. Влияние границ зерен на распространение трещин. Разрушение упорядоченных сплавов. Влияние степени порядка и энергии АФГ на разрушение. Микроструктура поверхности излома. Морфологические элементы хрупкого и вязкого изломов. Вязкохрупкий переход. Критерий Коттрелла-Петча. Температура вязкохрупкого перехода и прочность. Методы оценки порога хладноломкости. Применение механики разрушения для анализа хрупкого и вязкого разрушения. Энергоемкость вязкого разрушения. Роль неметаллических включений. Влияние вторых фаз и интенсивности деформационного упрочнения на вязкость разрушения.</p>

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Практические занятия

Не предусмотрено.

3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

Не предусмотрено.

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

4.2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

4.2.1. Перечень примерных вопросов для экзамена

Не предусмотрено

4.2.2. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Понятие о высокопрочном состоянии. Конструктивная прочность.
2. Теоретическая прочность на сдвиг и отрыв.
3. Механические испытания и свойства. Классификация методов.
4. Статические испытания при растяжении, сжатии, кручении, срезе. Схемы испытаний; образцы, испытательные машины.
5. Диаграммы деформации. Первичные и истинные диаграммы.
6. Механические свойства, определенные при статических испытаниях.
7. Твердость. Особенности напряженного состояния при измерении. Определение микротвердости.
8. Динамические испытания на ударный изгиб. Оценка склонности к хрупкому разрушению и хладноломкости по результатам испытаний.
9. Дислокационная теория скольжения. Геометрия скольжения. Основные системы скольжения металлических кристаллов.
10. Критическое напряжение сдвига. Ориентационный фактор.
11. Условия начала пластической деформации. Размножение дислокаций при деформации. Многократное поперечное скольжение.
12. Факторы, определяющие сопротивление движению дислокаций в металлических кристаллах. Зависимость критического напряжения скольжения от температуры и скорости деформации.
13. Дислокационная теория двойникования. Условия деформации двойникованием кристаллов с ГЦК, ОЦК и гексагональной решетками.
14. Дислокационное упрочнение. Кривые упрочнения металлических монокристаллов с ГЦК, ОЦК и гексагональными решетками. Три стадии упрочнения.
15. Твердорастворное упрочнение. Блокировка дислокаций атмосферами примесных атомов. Механизмы торможения дислокаций атмосферами. Теории упрочнения твердых растворов замещения.
16. Зернограничное упрочнение. Теория деформации поликристаллических агрегатов.
17. Зависимость сопротивления деформации скольжением от размера зерна. Влияние размера зерна на усталость и на ползучесть.
18. Дисперсное и дисперсионное упрочнение. Процессы упрочнения и разупрочнения при распаде пересыщенного твердого раствора. Механизмы упрочнения сплавов частицами.
19. Упрочнение сплавов в результате образования мартенсита. Мартенсит железуглеродистых сплавов. Реечный и пластинчатый мартенсит. Факторы, обуславливающие высокую прочность мартенсита.
20. Мартенситное превращение как механизм пластической деформации. Структура и свойства мартенсита цветных сплавов. Деформация мартенсита.
21. Превращения при деформации цветных сплавов. Сверхупругость и эффект памяти формы. Условия их реализации в сплавах.
22. Классификация микротрещин (упругая, дислокационная пора). Условия зарождения трещины. Модели зарождения трещин.
23. Силовой критерий разрушения. Работа пластической деформации при разрушении металлических кристаллов. Влияние поверхностной энергии на зарождение и распространение трещин. Структурное охрупчивание.
24. Рост трещин. Докритический и закритический этапы роста. Модели подрастания трещин. Влияние энергии дефекта упаковки на докритический рост трещин. Предельная скорость хрупкого разрушения. Ветвление трещины.

25. Роль пластической деформации в разрушении. Вязкое разрушение металлов. Стадии разрушения. Влияние границ зерен на распространение трещин.
26. Разрушение упорядоченных сплавов. Влияние степени порядка и энергии АФГ на разрушение.
27. Микроструктура поверхности излома. Морфологические элементы хрупкого и вязкого изломов.
28. Вязкохрупкий переход. Критерий Коттрелла-Петча. Температура вязкохрупкого перехода и прочность. Методы оценки порога хладноломкости.
29. Энергоемкость вязкого разрушения. Роль неметаллических включений. Влияние вторых фаз и интенсивности деформационного упрочнения на вязкость разрушения.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Рекомендуемая литература

5.1.1 Основная литература

1. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения. Пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 400 с.
2. Новиков И.И. Металловедение: учебник. В 2-х т. Т. 1 / И.И. Новиков и др. М.: Издательский Дом МИСиС, 2009. 496 с.
3. Валиев Р. З. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства / Р. З. Валиев, И. В. Александров. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 398 с.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Трофимов Н.Н. Физика композиционных материалов. В 2-х томах/ Н.Н. Трофимов, М.З. Канович, Э.М. Карташов. М.: Мир. 2005, т. 1. 456 с, т. 2. 344 с.
2. Попов А.А. Теория превращений в твердом состоянии / А.А. Попов – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004.
3. Кайбышев О.А., Утяшев Ф.З. Сверхпластичность, измельчение структуры и обработка труднодеформируемых сплавов. М.: Наука, 2002, 438 с.
4. Металловедение: Учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; Под общей ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 648 с.
5. Андреева А.В. Основы физикохимии и технологии композитов. Учебное пособие /Андреева А.В. М.: ИПРЖР, 2001. 192 с.
6. Штремель, М.А. Прочность сплавов. Часть I. Дефекты решётки. М.: Издательство МИСИС, 1999. 384 с.
7. Штремель М.А. Прочность сплавов. Часть II. Деформация. М.: Издательство МИСИС, 1997. 527 с.
8. Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термическая обработка и рентгенография. М.: Изд-во МИСиС, 1994.
9. Ильин А. А. Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах. М.: Наука, 1994.
10. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1990.
11. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов. М.: Изд-во МИСиС. 1998.
12. Физическое материаловедение в трех томах. / Под редакцией Р.У. Канна и П. Хаазена // М.: Металлургия, 1987. Т. 1: 640 с., Т. 2: 624 с., Т. 3: 641 с.

13. Кайбышев О.А. Границы зерен и свойства металлов / О.А. Кайбышев, Р.З. Валиев. М.: Металлургия, 1987. 214 с.
14. Новиков И. И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1986. 480 с.
15. Баррет Ч.С., Массальский Т.Б. Структура металлов. М.: Металлургия, 1984. 686 с.
16. Вишняков Я. Д., Бабарэко А. А., Владимиров С. А., Эгиз И. В. Теория образования текстур в металлах и сплавах. М.: Наука. 1979. 343 с.

5.2. Методические разработки

Не используются.

5.3. Программное обеспечение

Аспиранты могут пользоваться следующим программным обеспечением, доступным в УрФУ:

- операционные системы:

1. Microsoft Windows XP;
2. Microsoft Windows Vista;
3. Microsoft Windows 7;
4. Microsoft Windows 8;
5. Microsoft Windows Server 2003;
6. Microsoft Windows Server 2008;

- офисные пакеты:

1. Microsoft Office 2003;
2. Microsoft Office 2007;
3. Microsoft Office 2010;
4. Microsoft Office 2013;
5. Microsoft Office 2016;

- специализированное программное обеспечение:

1. ANSYS Fluent;
2. HSC Chemistry;
3. Solidworks;
4. MathCAD;
5. STATISTICA;
6. Microsoft Visual Studio 2013;
7. Microsoft SQL Server;
8. LVMFlow;
9. КОМПАС-3D V16;

- прочее программное обеспечение:

1. Forefront Endpoint Protection Antivirus.

- специализированные лицензированные пакеты:

1. Deform, 2;
2. Рапид -2D;
3. Abaqus;
4. Sysweld;
5. ThermoCalc;
6. Базы данных рентгеновской дифракции ICDD PDF-2.

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ. – Режим доступа: <http://study.urfu.ru/info/>, свободный. – Загл. с экрана;

- Электронная база нормативных документов ГОСТЭКСПЕРТ. – Режим доступа: <http://gostexpert.ru/>, свободный. – Загл. с экрана;

- Поисковые системы: www.yandex.ru, google.ru www.rambler.ru,

5.5. Электронные образовательные ресурсы

Все аспиранты имеют полный доступ к перечисленным ресурсам, в т.ч. через авторизованный доступ из сети интернет:

1. Elsevier B.V. БД Reaxys Договор № 1-3839832505 от 20.02.2013;
2. ООО «Первое Независимое Рейтинговое Агентство» ИПС FIRAPRO Договор № 43-12/370-2013 от 23.05.2013;
3. EBSCO Industries, IncБД Business Source Complete Договор № 624 от 02.07.2013;
4. EBSCO Industries, IncБД EBSCO Discovery Service Договор № 625 от 02.07.2013;
5. Elsevier B.V. БД Freedom Collection Договор № 1-4412061361 от 26.04.2013;
6. НП «НЭИКОН», БД компании Thomson Reuters, Web of Science в составе: БД Citation Index Expanded, БД Social Sciences Index, БД Art Humanities Citation Index, Journal Citation Reports, Conference Proceedings Citation Index Договор № 43-12/456-2013 от 12.07.2013;
7. ЗАО «КОНЭК», БД компании ProQuest, БД диссертаций ProQuest Digital Dissertations and Theses;
8. БДebraryкомпании ProQuest, БД Emerald Journals 95, Emerald eBooks Series, Emerald Engineering Договор № 43-12/761-2013 от 12.09.2013;
9. EBSCO Industries, Inc, БДInspec, БД Applied Science & Tech Source (upgrade CASC) Договор № 43-12/762-2013 от 30.08.2013;
10. ООО «Научная электронная библиотека» Система SCIENCEINDEX Договор № 43-12/615-2013 от 01.08.2013;
11. ООО «Издательство Лань» ЭБС Лань Договор № 43-12/808-2013 от 13.09.2013;
12. ООО «Директ-Медиа», ЭБС «Университетская библиотека онлайн» Договор № 167-07/13 от 13.09.2013;
13. НП «НЭИКОН» ЭР EBSCO Publishing Договор № 43-12/1176-2013 от 02.12.2013;
14. НО БФ «Фонд содействия развитию УГТУ-УПИ» ООО Компания «Кодекс-Люкс» Договор № 68/1354 от 25.11.2013;
15. НП «НЭИКОН» БД Questel ORBIT Договор № 43-12/1099-2013 от 06.11.2013;
16. НП «НЭИКОН» AIP Nature Journals Договор № 43-12/1354-2013 от 16.12.2013;
17. НП «НЭИКОН», ACS, Cambridge University Press Договор № 43-12/1474-2013 от 15.11.2013
18. Elsevier B.V. БД ScopusДоговор № 1-5608083155 от 11.11.2013;
19. НП «НЭИКОН», БД JSTOR, БД ACM Договор № 43-12/1585-2013 от 25.12.2013;
20. НП «НЭИКОН», БДОXFORDREFERENCEONLINEДоговор № 43-12/1586-2013 от 26.12.2013;
21. ООО «НЭИКОН», ООО «Ивис», ООО «Твинком», ООО «Интегрум Медиа» Договор № 43-12/1226-2013 от 01.11.2013.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Кафедра термообработки и физики металлов организует обучение по программам аспирантуры с использованием следующего оборудования:

В области проведения структурных исследований и микроанализа получаемых материалов:

- просвечивающий электронный микроскоп JEM 2100 с системой энергодисперсионного рентгеноспектрального анализа Oxford Instruments Inca EnergyTEM 250;

- растровый электронный микроскоп JEOL JSM-6490LV с системой комбинированного волно- и энергодисперсионного рентгеноспектрального анализа Oxford Instruments Inca Energy 350, а также системой EBSD;

- двухлучевой электронно-ионный растровый микроскоп Zeiss Auriga с системой энерго-дисперсионного рентгеноспектрального анализа Oxford Instruments Inca Energy 350, а также системой EBSD;

- рентгеновские дифрактометры Bruker D8 Advance, оснащённые текстурной приставкой, позиционно-чувствительным детектором, температурной камерой AntonPaar HTK1200N для работы при температурах до 1200 °С в защитных средах и вакууме;

- оптические световые микроскопы Olympus GX51, Nikon Epihot 200, с выводом изображения на экран компьютера и возможностью обсчета получаемых структур с помощью специализированных программ типа SIAMS-700, NIS Basic.

В сфере обработки материалов и подготовки проб:

- электрические термические печи с температурой нагрева до 1400°С;

- устройства пробоподготовки для просвечивающей и растровой электронной микроскопии JEOL EM-09100IS, Struers TenuPol-5;

- пресс для горячей запрессовки образцов Struers CitoPress;

- полуавтоматический полировально-шлифовальный станок Struers LaboPol;

- электроэрозионный автоматический станок Escut;

- дисковый отрезной станок ATM Diamond 220;

- электрическая печь с контролируемой атмосферой Nabertherm 8/16 Mo;

- установка плазменно-искровой агломерации порошковых материалов FCT Systeme HP D

25.

В области определения физико-механических характеристик получаемых материалов:

- прибор синхронного термического анализа STA 449 C Jupiter с возможностью определения теплофизических свойств (теплоемкости, энтальпии превращений), температурных интервалов фазовых переходов и изменения массы от комнатной до 1600 °С;

- прибор динамического механического анализа DMA 242 C с возможностью определения характеристик модуля упругости и внутреннего трения и других в интервале температур от минус 170 до 600 °С;

- прибор лазерной вспышки LFA 457 MicroFlash для определения характеристик теплопроводности и теплопроводности в интервале температур от комнатной до 1100 °С;

- высокоскоростной дилатометр L78 RITA «Rapid Induction Thermal Analysis» для определения коэффициента линейного термического расширения и построения термокинетических диаграмм превращений при нагреве и охлаждении (от комнатной температуры до 1600 °С, скорость нагрева и охлаждения вплоть до 100 °С/с);

- испытательная машина Instron 3382 для определения механических свойств при комнатной и повышенной температурах (до 1200 °С);

- универсальный электродинамический испытательный стенд Instron CEAST.

Аудиторные занятия проводятся в мультимедийных аудиториях кафедры ТОФМ Мт-240, Мт-148 и Мт-215 и специализированных компьютерных классах Мт-139, Мт-141, Мт-151.