

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем сверхпластичности металлов
Российской академии наук**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПСМ РАН

Р.Р. Мулюков

2015 г.



**Рабочая программа учебной дисциплины
«Жаропрочные и интерметаллидные сплавы»**

Составлена для аспирантов ИПСМ РАН, обучающихся по направлению
22.06.01 «Технологии материалов»
профиль 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Форма обучения

очная

Составитель

Ведущий научный сотрудник, д.т.н.

В.А. Валитов

Программа обсуждена и одобрена на заседании ученого совета ИПСМ РАН,
протокол № 11-15 от 02 июля 2015 г.

Уфа 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Цель и задачи курса.....	3
1.1. Цель и задачи изучения дисциплины.....	3
1.2. Основные задачи изучения дисциплины.....	3
1.3. Компетенции, формируемые дисциплиной.....	3
2. Место дисциплины в учебном процессе	3
3. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	4
4. Содержание дисциплины.....	4
4.1. Разделы дисциплины, трудоемкость (в часах) по видам занятий	4
4.2. Содержание разделов дисциплины.....	5
4.3. Семинарские занятия	6
4.4. Самостоятельная работа	6
5. Текущая и промежуточная аттестация. Фонд оценочных средств.....	6
5.1. Организация текущего контроля освоения материала	6
5.2. Промежуточная аттестация.....	8
6. Материальное обеспечение дисциплины.....	10
7. Учебная литература для самостоятельной работы.....	10
7.1. Основная литература	10
7.2. Дополнительная литература	10

Введение

Настоящая учебная программа составлена в соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ, Приказом Министерства образования и науки РФ от 19.11.2013 №1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. N 888, с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. № 464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)», паспортом специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», Уставом ИПСМ и положениями, регламентирующими работу аспирантуры ИПСМ РАН.

1. Цель и задачи изучения дисциплины

1.1. Цель изучения дисциплины – формирование у аспирантов фундаментальных знаний о методах получения, структуре и природе жаропрочности и механических свойствах жаропрочных сплавов и интерметаллидов на основе никеля, титана, широко используемых при изготовлении деталей для аэрокосмической техники, а также для наземных энергетических установок.

1.2. Основные задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины аспирант должен знать:

- марки и классификацию жаропрочных сплавов и интерметаллидов;
- современные представления о структуре и природе механических свойств жаропрочных сплавов и интерметаллидов;
- основные металлургические приемы управления структурой и свойствами жаропрочных сплавов и интерметаллидов;
- основные принципы выбора жаропрочных сплавов или интерметаллидов и технологий изготовления из них деталей для аэрокосмической техники или наземных энергетических установок.

Аспирант должен уметь:

- анализировать влияние методов получения и режимов деформационно-термической обработки жаропрочных сплавов и интерметаллидов на их структурное состояние и механические свойства;
- использовать передовые отечественные и зарубежные достижения в области физического материаловедения жаропрочных сплавов и интерметаллидов при проведении научных исследований.

Аспирант должен приобрести навыки:

- выбора новых жаропрочных сплавов и интерметаллидов для деталей для аэрокосмической техники или наземных энергетических установок на основе анализа комплекса свойств и условий их эксплуатации;
- анализа современных достижений в области жаропрочных сплавов и интерметаллидов и их использования в исследовательской работе;
- технологического обеспечения изготовления различных изделий для авиационной техники с использованием перспективных технологических процессов;

–анализа структуры некоторых стандартных характеристик жаропрочных свойств.

1.3. Компетенции, формируемые дисциплиной:

Дисциплина участвует в формировании следующих профессиональных компетенций:

–способности использовать знания и передовые отечественные и зарубежные достижения в области металловедения и термической обработки металлов и сплавов при проведении экспериментальных и расчетно-теоретических научных исследований, нацеленных на разработку перспективных материалов и технологических процессов, обеспечивающих получение полуфабрикатов и деталей с улучшенными физико-механическими свойствами (ПК-1);

–способности к самостоятельной постановке актуальных задач в области разработки перспективных материалов и технологических процессов, нацеленных на получение полуфабрикатов и деталей с улучшенными физико-механическими свойствами (ПК-2).

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Жаропрочные и интерметаллидные сплавы» преподается в 3-й год обучения аспиранта и относится к дисциплинам вариативной части для профиля «Металловедение и термическая обработка металлов», изучаемым по выбору аспиранта.

Данная дисциплина базируется на дисциплинах первых двух уровней высшего образования по направлению «Технологии материалов», таких как металловедение и физика металлов, и на дисциплинах «Дефекты кристаллического строения металлов» и «Прочность и пластичность материалов», изучаемых по программе аспирантуры во 2-м году обучения.

Знания, умения и навыки, приобретенные в результате изучения дисциплины «Жаропрочные и интерметаллидные сплавы», используются в научно-исследовательской работе аспиранта и подготовке диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Год
		3
Общая трудоемкость дисциплины	108 / 3	108
Аудиторные занятия	36 / 1	36
Лекции	26 / 0,72	26
Семинары	10 / 0,28	10
Самостоятельная работа	72 / 2	72
Вид итогового контроля		зачет

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины, трудоемкость (в часах) по видам занятий

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	
1	Применение, классификация и способы получения жаропрочных сплавов и интерметаллидов	10	4		6
2	Основы легирования и природа упрочнения жаропрочных сплавов и интерметаллидов	12	4	2	6
3	Деформируемые жаропрочные никелевые сплавы	10	4		6
4	Влияние деформации и термообработки на структуру и свойства жаропрочных никелевых сплавов.	14	2	2	10
5	Литейные жаропрочные никелевые сплавы и интерметаллиды	16	4	2	10
6	Порошковая металлургия жаропрочных сплавов и интерметаллидов	12	2		10
7	Структура и свойства интерметаллидных сплавов на основе никеля и титана	14	2		10
8	Современные технологии производства и обработки жаропрочных сплавов и интерметаллидов	9	2		7
9	Тенденции развития жаропрочных сплавов и интерметаллидов	11	2	4	7
	Итого	108	26	10	72

4.2. Содержание разделов дисциплины

1. Применение, классификация и способы получения жаропрочных сплавов и интерметаллидов

История развития и применение жаропрочных сплавов и интерметаллидов. Методы получения: литье; литье+деформация; порошковая металлургия, механическое легирование, направленная кристаллизация. Классификация жаропрочных сплавов и интерметаллидов.

2. Основы легирования и природа упрочнения жаропрочных сплавов и интерметаллидов

Выбор основы сплавов, предназначенных для заданных условий эксплуатации. Выбор легирующих элементов, упрочняющих растворитель в широком интервале температур. Переход от двойных к более сложным жаропрочным сплавам. Жаростойкость и технологичность жаропрочных сплавов. Дисперсионное твердение (старение) сплавов на никелевой основе. Дисперсно-упрочняемые сплавы.

3. Деформируемые жаропрочные никелевые сплавы

Влияние легирующих элементов на жаропрочность никелевых сплавов. Основные группы деформируемых жаропрочных никелевых сплавов. Химический и фазовый состав. Кристаллическая решетка и микроструктура. Внутризеренные и зернограничные явления.

4. Влияние деформации и термообработки на структуру и свойства жаропрочных никелевых сплавов

Влияние деформации на структуру и свойства. Термическая обработка никелевых сплавов. Влияние величины зерна на жаропрочность. Структура и свойства жаропрочных сплавов после термомеханической обработки.

5. Литейные жаропрочные никелевые сплавы и интерметаллиды

Структура и фазовый состав жаропрочных литейных никелевых сплавов. Легирование и механические свойства литейных никелевых сплавов.

6. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов и интерметаллидов

Методы получения и консолидации порошков. Термомеханическая обработка порошковых сплавов. Механические свойства. Перспективы порошковой металлургии.

7. Структура и свойства интерметаллидных сплавов на основе никеля и титана

Классификация интерметаллидных сплавов на основе никеля и титана. Структура и свойства интерметаллидных сплавов.

8. Современные технологии производства и обработки жаропрочных сплавов и интерметаллидов

Сверхпластическая деформация жаропрочных никелевых сплавов и интерметаллидов. Современные технологии формообразования деталей из жаропрочных сплавов и интерметаллидов. Получение деталей с заданной структурой и свойствами путем оптимизации технологических режимов формообразования жаропрочных сплавов. Направленная кристаллизация жаропрочных сплавов и интерметаллидов.

9. Тенденции развития жаропрочных сплавов и интерметаллидов

Разработка новых жаропрочных сплавов и интерметаллидов. Обоснование выбора легирующих элементов. Дисперсно-упрочненные оксидами сплавы. Композиционные жаропрочные сплавы. Покрытия для жаропрочных сплавов и интерметаллидов.

4.3. Семинарские занятия

1. Раздел 2 «Основы легирования и природа упрочнения жаропрочных сплавов и интерметаллидов».

Тема семинара: Влияние содержания легирующих элементов Al и Ti на формирование ультрамелкозернистой (УМЗ) и нанокристаллической (НК) структуры и сверхпластические свойства никелевых сплавов. Восстановление жаропрочных свойств никелевых сплавов с УМЗ и НК структурой.

2. Раздел 4 «Влияние деформации и термообработки на структуру и свойства жаропрочных никелевых сплавов».

Тема семинара: Управление структурой и свойствами никелевых сплавов посредством термомеханической обработки.

3. Раздел 5 «Литейные жаропрочные никелевые сплавы и интерметаллиды».

Тема семинара: Микроструктура и свойства сплавов на основе интерметаллида Ni_3Al .

4. Раздел 8 «Современные технологии производства и обработки жаропрочных сплавов и интерметаллидов».

Темы семинаров:

1) Твердофазная сварка давлением интерметаллидных сплавов типа ВКНА на основе интерметаллида Ni_3Al с деформируемым жаропрочным сплавом типа ЭП975.

2) Влияние раскатки в режиме сверхпластичности на получение диска ГТД функционально градиентной структурой и жаропрочными свойствами, оптимизированными к условиям эксплуатации детали.

4.4. Самостоятельная работа

В курсе запланировано 72 часа на самостоятельную работу аспирантов, которая включает в себя самостоятельную проработку и расширенное изучение материала, систематизацию, закрепление знаний и подготовку к сдаче кандидатского экзамена.

5. Текущая и промежуточная аттестация.

Фонд оценочных средств

5.1. Организация текущего контроля освоения материала

Текущий контроль знаний по дисциплине «Жаропрочные и интерметаллидные сплавы» осуществляется путем устных или письменных опросов по вопросам пройденных тем с периодичностью через 2 занятия с использованием вопросов для текущего контроля, а также задания, направленного на проверку сформированности компетенций при изучении дисциплины.

Объектами оценивания при текущем контроле выступают:

- учебная дисциплина - активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний;
- степень сформированности компетенций.

Примерный перечень вопросов для подготовки аспирантов к текущему контролю теоретических знаний

1. Привести примеры применения жаропрочных никелевых сплавов.
2. Описать традиционные методы получения жаропрочных никелевых сплавов: литье; литье+деформация.
3. Обосновать необходимость метода порошковой металлургии жаропрочных никелевых сплавов.
4. Получение жаропрочных никелевых сплавов методом механического легирования.
5. Метод направленной кристаллизации жаропрочных никелевых сплавов.
6. Классификация интерметаллидных сплавов на основе никеля и титана.
7. Обосновать выбор основы сплавов, предназначенных для заданных условий эксплуатации.
8. Обосновать выбор легирующих элементов, упрочняющих растворитель в широком интервале температур.

9. Факторы, влияющие на жаростойкость и технологичность жаропрочных сплавов.
10. Механизмы упрочнения в дисперсионно-твердеющих сплавах на никелевой основе.
11. Дисперсно-упрочняемые жаропрочные сплавы.
12. Основные группы деформируемых жаропрочных никелевых сплавов
13. Оценить влияние легирующих элементов на жаропрочность никелевых сплавов..
14. Химический и фазовый состав жаропрочных никелевых сплавов.
15. Кристаллическая решетка и микроструктура.
16. Внутризеренные и зернограничные явления.
17. Влияние деформации и термообработки на структуру и свойства жаропрочных никелевых сплавов.
18. Посчитать объемную долю упрочняющей фазы после деформационно-термической обработки
19. Влияние величины зерна на жаропрочность.
20. Как влияют параметры микроструктуры (размер зерен и фаз, морфология упрочняющей фазы и ее связь с матрицей) на технологические и жаропрочные характеристики никелевых сплавов.
21. Структура и свойства жаропрочных сплавов после термомеханической обработки.
22. Литейные жаропрочные никелевые сплавы и интерметаллиды
23. Структура и фазовый состав жаропрочных литейных никелевых сплавов.
24. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов и интерметаллидов
25. Структура и свойства интерметаллидных сплавов на основе никеля.
26. Структура и свойства интерметаллидных сплавов на основе титана.
27. Современные технологии производства и обработки жаропрочных сплавов и интерметаллидов
28. Деформационно-термическая обработка жаропрочных никелевых сплавов.
29. Сверхпластическая деформация жаропрочных никелевых сплавов и интерметаллидов.
30. Современные технологии формообразования деталей из жаропрочных сплавов и интерметаллидов.
31. Получение деталей с заданной структурой и свойствами путем оптимизации технологических режимов формообразования жаропрочных сплавов.
32. Направленная кристаллизация жаропрочных сплавов и интерметаллидов.
33. Тенденции развития жаропрочных сплавов и интерметаллидов.

Задание для оценки степени сформированности компетенций

Для демонстрации степени сформированности компетенций при изучении дисциплины аспирант самостоятельно выполняет письменное задание следующего содержания.

1. Проводит критический анализ отечественных и зарубежных работ в области технологий получения и обработки жаропрочных и интерметаллидных сплавов, осуществляет обоснованный выбор методов, обеспечивающих получение полуфабрикатов и деталей с улучшенными физико-механическими свойствами (ПК-1).

2. На основе знаний современных достижений в области исследования технологий получения и обработки жаропрочных и интерметаллидных сплавов описывает актуальные задачи в области разработки перспективных материалов и технологических процессов, нацеленных на получение полуфабрикатов и деталей с улучшенными физико-механическими свойствами (ПК-2).

5.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация осуществляется с целью выявления степени освоения аспирантом теоретических знаний по дисциплине. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета в конце 6-го семестра.

Обучающийся допускается к зачету или экзамену в случае выполнения всех учебных заданий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отработывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Зачет проводится в письменно-устной форме. Аспиранту выдается задание в виде двух из приведенного ниже перечня. Зачет проводится в аудитории, время на написание и подготовку к ответам 40 минут.

Оценка «зачтено» выставляется при правильном и достаточно полном ответе, правильно использующем специальную терминологию, и умении отвечать на дополнительные вопросы, непосредственно связанные с темой билета. При этом могут допускаться ошибки непринципиального характера.

Оценка «не зачтено» выставляется при недостаточно полном ответе, при неправильном использовании специальной терминологии, неумении отвечать на дополнительные вопросы, непосредственно связанные с темой билета, при наличии в ответе ошибок принципиального характера.

Получение зачета является необходимым условием аттестации аспиранта за третий год обучения.

Перечень вопросов для подготовки аспирантов к зачету по дисциплине

1. Области применения и классификация жаропрочных никелевых сплавов.
2. Способы получения жаропрочных сплавов и интерметаллидов.
3. Традиционные методы получения жаропрочных никелевых сплавов: литье; литье+деформация.
4. Порошковая металлургия жаропрочных никелевых сплавов.
10. Получение жаропрочных никелевых сплавов методом механического легирования.
11. Метод направленной кристаллизации жаропрочных никелевых сплавов.
12. Классификация интерметаллидных сплавов на основе никеля и титана.
13. Основы легирования и природа упрочнения жаропрочных сплавов.
14. Обоснование выбора основы сплавов, предназначенных для заданных условий эксплуатации.
15. Обоснование выбора легирующих элементов, упрочняющих растворитель в широком интервале температур.
16. Переход от двойных к более сложным жаропрочным сплавам.
17. Жаростойкость и технологичность жаропрочных сплавов.
18. Механизмы упрочнения в дисперсионно-твердеющих сплавах на никелевой основе.
19. Дисперсно-упрочняемые жаропрочные сплавы.
20. Деформируемые жаропрочные никелевые сплавы
21. Влияние легирующих элементов на жаропрочность никелевых сплавов. Основные группы деформируемых жаропрочных никелевых сплавов.
22. Химический и фазовый состав.
23. Кристаллическая решетка и микроструктура.
24. Внутризеренные и зернограницные явления.
25. Влияние деформации и термообработки на структуру и свойства жаропрочных никелевых сплавов.
26. Влияние деформации на структуру и свойства.

27. Термическая обработка никелевых сплавов.
28. Влияние величины зерна на жаропрочность.
29. Структура и свойства жаропрочных сплавов после термомеханической обработки.
30. Литейные жаропрочные никелевые сплавы и интерметаллиды
31. Структура и фазовый состав жаропрочных литейных никелевых сплавов.
32. Легирование и механические свойства литейных никелевых сплавов.
33. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов и интерметаллидов
34. Методы получения и консолидации порошков.
35. Термомеханическая обработка порошковых сплавов. Механические свойства.
36. Перспективы порошковой металлургии.
37. Структура и свойства интерметаллидных сплавов на основе никеля и титана
38. Классификация интерметаллидных сплавов на основе никеля и титана.
39. Структура и свойства интерметаллидных сплавов на основе никеля.
40. Структура и свойства интерметаллидных сплавов на основе титана.
41. Современные технологии производства и обработки жаропрочных сплавов и интерметаллидов
42. Сверхпластическая деформация жаропрочных никелевых сплавов и интерметаллидов.
43. Современные технологии формообразования деталей из жаропрочных сплавов и интерметаллидов.
44. Получение деталей с заданной структурой и свойствами путем оптимизации технологических режимов формообразования жаропрочных сплавов.
45. Направленная кристаллизация жаропрочных сплавов и интерметаллидов.
46. Тенденции развития жаропрочных сплавов и интерметаллидов.
47. Разработка новых жаропрочных сплавов и интерметаллидов. Обоснование выбора легирующих элементов.
48. Дисперсно-упрочненные оксидами сплавы.
49. Композиционные жаропрочные сплавы.
50. Покрывтия для жаропрочных сплавов и интерметаллидов.

6. Материальное обеспечение дисциплины

Для проведения занятий используется аудитория, оснащенная компьютером, проектором и экраном.

7. Учебная литература для самостоятельной работы

7.1. Основная литература

1. Кишкин С.Т. Создание, исследование и применение жаропрочных сплавов: избранные труды (К 100-летию со дня рождения). //М.: Наука, 2006.- 407с.
2. Каблов Е.Н., Голубовский Е.Р. Жаропрочность никелевых сплавов. 1998. - М.: Наука, 463 с.
3. Каблов Е.Н. Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С. Т. Кишкина. М.: Наука, 2006. 272 с.
4. Кайбышев О.А., Утяшев Ф.З. Сверхпластичность, измельчение структуры и обработка труднодеформируемых сплавов.- М.: Наука, 2002.- 438 с.
5. Сверхпластичность ультрамелкозернистых сплавов: Эксперимент, теория, технологии / Р.Р. Мулюков, Р.М. Имаев, А.А. Назаров, В.М. Имаев, М.Ф. Имаев, В.А. Валитов, Р.М. Галеев, С.В. Дмитриев, А.В. Корзников, А.А. Круглов, Р.Я. Лутфуллин, М.В. Маркушев, Р.В. Сафиуллин, О.Ш. Ситдинов, В.Г. Трифонов,

- Ф.З. Утяшев; под ред. Р.Р. Мулюкова, Р.М. Имаева, А.А. Назарова, В.М. Имаева, М.Ф. Имаева. - М.: Наука, 2014. - 284 с.
6. Жаропрочные и жаростойкие металлические материалы: физико-химические принципы создания. - М.: Наука, 1987. - 173 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Суперсплавы II: Жаропрочные материалы для аэрокосмических и промышленных энергоустановок / Под ред. Симсач.т., Столоффа Н.С., Хагеля .К.: Пер. с англ. В 2-х книгах. Кн. 1 / Под ред. Ш а л и н а Р.Е.- М.: Металлургия, 1995.- 384с.
2. Братухин А.Г. Современные авиационные материалы: Технологические и функциональные особенности./ Учеб. Пособие для авиационных и технических направлений и специальностей.-М.: АвиаТехИнформ{ {Ивек, 2001.-420с.
3. Жаропрочность литейных никелевых сплавов и защита их от окисления / Б.Е.Патон, Г.Б. Строганов, С.Т. Кишкин и др. – Киев.:Наук. Думка, 1987. – 256с.
4. Абраимов Н.В. Высокотемпературные материалы и покрытия для газовых турбин. - М.: Машиностроение, 1993. - 336 с.