

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

А.С. Савинов

«02» октября 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В ОТЛИВКАХ

Направление подготовки
22.03.02 Металлургия

Профиль программы
Ювелирные и промышленные литейные технологии

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

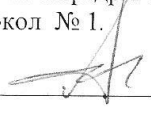
Форма обучения
Очная

Институт	Металлургии, Машиностроения и Материалообработки
Кафедра	Технологий металлургии и литейных процессов
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy, утвержденного приказом МОиН РФ от 04 декабря 2015, № 1427.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологий металлургии и литейных процессов «04» сентября 2018 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  / К.Н. Вдовин /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии, машиностроения и материалов обработки «02» октября 2018 г., протокол № 2.

Председатель  / А.С. Савинов /

Рабочая программа составлена:
Ст. преподаватель каф. ТМиЛП, к.т.н.

 / Д.А. Горленко /

Рецензент:
Доцент каф. Механики, к.т.н.

 / М.В. Харченко /

Лист регистрации изменений и дополнений

№ п/п	Раздел программы	Краткое содержание изменения/дополнения	Дата. № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
1	8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	06.09.2019, протокол № 1	
2	9	Актуализация материально- технического обеспечения дисциплины	06.09.2019, протокол № 1	
3	8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	01.09.2020, протокол № 1	
4	9	Актуализация материально- технического обеспечения дисциплины	01.09.2020, протокол № 1	

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Структурообразование в отливках» являются: развитие у студентов личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Структурообразование в отливках» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения таких дисциплин как: «Материаловедение»; «Теория литейных процессов»; «Основы синтеза сплавов».

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для освоения таких дисциплин как: «Технология литейного производства»; «Производство отливок из стали и чугуна»; «Производство отливок из цветных сплавов».

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Структурообразование в отливках» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-10 - Способность осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке	
Знать	основные закономерности кристаллизации чистых металлов и сплавов;
Уметь	осуществлять технологические процессы в металлургии и материалообработки, опираясь на закономерности кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов;
Владеть	практическими навыками корректировки технологических процессов в металлургии.
ПК-12 - Способность осуществлять выбор материалов для изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды	
Знать	особенности влияния формирующейся структуры в отливках на их эксплуатационные свойства;
Уметь	осуществлять выбор материалов для изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды;
Владеть	практическими навыками выбора материалов для изделий различного назначения.

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 55 акад. часов;
- аудиторная – 51 акад. часов;
- внеаудиторная контактная работа – 4 часа;
- самостоятельная работа – 89,3 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Процессы кристаллизации металлических сплавов								
1.1. Кристаллизация чистых металлов. Влияние и поведение нерастворимых примесей	6	6	6/2И		15	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы; подготовка к лабораторному занятию	Устный опрос; лабораторная работа	ПК-10 - зув
1.2. Процессы кристаллизации сплавов твердых растворов	6	4	5/2И		10	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы; подготовка к лабораторному занятию	Устный опрос; лабораторная работа	ПК-10 - зув
1.3 Неравновесная кристаллизация сплавов	6	10			25	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос	ПК-10 - зв
1.4 Дендритная кристаллизация	6	2			6	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос	ПК-10 - з

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Итого по разделу	6	22	11/4И		56			
2. Затвердевание отливок и их микроструктура								
2.1. Характерные особенности процесса затвердевания отливок. Возникновение переходной области	6	1			4	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос	ПК-12 - з
2.2. Величина и строение переходной области в отливках. Особенности образующейся макроструктуры отливок	6	3			9	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос	ПК-12 - з
2.3 Образование микроструктуры в переходной области из сплавов твердых растворов	6	2			6,3	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос	ПК-12 - з
2.4 Образование микроструктуры в переходной области из сплавов с эвтектическим равновесием	6	2	6/2И		6	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы; подготовка к лабораторному занятию	Устный опрос; лабораторная работа	ПК-12 - зув
2.5 Образование микроструктуры в переходной области из сплавов с перитектическим равновесием	6	2			4	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос	ПК-12 - з
2.6 Образование микроструктуры в переходной области из сплавов с монотектическим равновесием	6	2			4	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос	ПК-12 - з

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Итого по разделу	6	12	6/2И		33,3		Текущий контроль успеваемости	
Итого за семестр	6	34	17/6И		89,3		Экзамен	
Итого по дисциплине	6	34	17/6И		89,3		Экзамен	

И – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.

5 Образовательные и информационные технологии

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Вопросы для устного опроса:

1. Какая температура называется равновесной?
2. Что такое степень переохлаждения?
3. Как степень переохлаждения влияет на разность свободной энергии жидкой и твердой фазы?
4. Что такое граница раздела и как она влияет на значение свободной энергии?
5. Какой зародыш называется критическим?
6. Какова примерная скорость роста реальных металлических кристаллов?
7. Какая кристаллизация называется дендритной?
8. Какая область при кристаллизации сплавов называется переходной?
9. Чем определяются величины межфазных энергий?
10. Что такое равновесный температурный интервал кристаллизации?
11. Что такое концентрационный интервал кристаллизации?
12. Что такое темп кристаллизации?
13. Какое превращение называется эвтектическим?
14. Какое превращение называется перитектическим?
15. Какое превращение называется монотектическим?
16. Какое превращение называется эвтектоидным?

Вопросы к экзамену:

1. Характеристики процесса кристаллизации сплава
2. Характеристики процесса затвердевания литой заготовки
3. Зарождение кристаллов чистых металлов
4. Рост кристаллов чистых металлов
5. Критерий Джексона. Принцип структурного соответствия П. Д. Данкова
6. Влияние примесей на кристаллизацию чистых металлов
7. Особенности кристаллизации твердых растворов
8. Равновесная кристаллизация
9. Неравновесная кристаллизация
10. Неравновесная кристаллизация в системах с эвтектическим превращением
11. Неравновесная кристаллизация в системе с перитектическим превращением
12. Неравновесная кристаллизация в системах с монотектическим превращением
13. Дендритная кристаллизация
14. Характерные особенности процесса затвердевания отливок.
15. Возникновение переходной области
16. Величина и строение переходной области в отливках.
17. Особенности образующейся макроструктуры отливок
18. Образование микроструктуры в переходной области из сплавов твёрдых растворов
19. Образование микроструктуры в переходной области из сплавов с эвтектическим равновесием
20. Образование микроструктуры в переходной области из сплавов с перитектическим равновесием

21. Образование микроструктуры в переходной области из сплавов с монотектическим равновесием
22. Что такое ближний и дальний порядок в расположении атомов? В чем заключается сходство и различие жидкого и твердого состояния металлов?
23. Чем предопределен минимальный размер зародыша при кристаллизации?
24. Объясните физический смысл скорости зарождения центров кристаллизации (СЗЦ) и линейной скорости роста кристаллов (ЛСР) в расплаве. Каким фактором предопределены их величины?
25. Почему при кристаллизации промышленных сплавов не наблюдается переохлаждения?
26. Объясните роль и значение неметаллических включений для зарождения кристаллов в расплаве. Какими сходствами должны обладать включения и кристаллизующийся сплав, чтобы кристаллизация началась на неметаллическом включении?
27. Почему в расплаве кристаллы имеют дендритную структуру?
28. Объясните механизм измельчения микроструктуры сплава с помощью небольших добавок легирующего компонента.
29. Сплав кристаллизуется в первом случае со скоростью 100 град/мин, во втором – 1 град/мин. При какой скорости охлаждения условия были ближе к равновесным?
30. Анализ микроструктуры сплава в различных частях отливки показал большую разницу в размере дендритной ячейки. Чем это объясняется?
31. В направленно затвердевшей отливке выявлено наличие неметаллических включений. В одной части отливки наблюдаются мелкие включения, а в другой – крупные. Объясните возможные механизмы их образования.
32. Сплав имеет дендритную структуру. Условия кристаллизации были равновесными или неравновесными?
33. В одной части отливки выявлена ячеистая структура, в другой – дендритная. В какой части отливки скорость охлаждения была выше?
34. По равновесной диаграмме состояния интервал кристаллизации равен 50 К. Дифференциально-термический анализ показал 100 К. Чем объясняется такое расхождение?
35. По равновесной диаграмме состояния в микроструктуре сплава должно быть 40 % эвтектики. Металлографический анализ показал 60 %. Каким образом объяснить это несовпадение?
36. Какими характеристиками сплава предопределено образование переходной двухфазной (жидко-твердой) области в отливках?
37. Какие внешние факторы влияют на размер переходной двухфазной области?
38. Объясните образование размера макрозерен в отливках из сплавов твердых растворов от характера кристаллизации сплава и строения переходной двухфазной области.
39. Как влияют неравновесные условия кристаллизации сплавов на величину переходной двухфазной области?
40. Объясните образование микропористости в отливках.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-10 - Способность осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке		
Знать	основные закономерности кристаллизации чистых металлов и сплавов;	Вопросы к ЭКЗАМЕНУ: 1. Характеристики процесса кристаллизации сплава 2. Характеристики процесса затвердевания литой заготовки 3. Зарождение кристаллов чистых металлов 4. Рост кристаллов чистых металлов 5. Критерий Джексона. Принцип структурного соответствия П. Д. Данкова 6. Влияние примесей на кристаллизацию чистых металлов 7. Особенности кристаллизации твердых растворов 8. Равновесная кристаллизация 9. Неравновесная кристаллизация 10. Неравновесная кристаллизация в системах с эвтектическим превращением
Уметь	осуществлять технологические процессы в металлургии и материалообработки, опираясь на закономерности кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов;	ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА: 1. При изучении микроструктуры стали в центре дендритной ячейки установлено содержание кремния, равное 0,1 %, а на границе – 0,25 %. Определите коэффициент ликвации данного компонента. 2. 14. Определите коэффициент распределения марганца в меди при температуре ликвидуса и солидуса в сплавах Cu-7 % Mn и Cu-40 % Mn (масс). Объясните полученные результаты. 3. Образец из сплава Cu-5 % Mn кристаллизуют методом направленного управляемого затвердевания со скоростью 0,1 мм/мин. Определите величину температурного градиента в жидкости, при котором фронт кристаллизации будет плоским, если $D_{Ж} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$, интервал кристаллизации сплава $\Delta t = 30 \text{ К}$.153
Владеть	практическими навыками корректировки технологических процессов в металлургии.	ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА: 1. Что такое ближний и дальний порядок в расположении атомов? В чем заключает-

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		ся сходство и различие жидкого и твердого состояния металлов? 2. Чем предопределен минимальный размер зародыша при кристаллизации? 3. Объясните физический смысл скорости зарождения центров кристаллизации (СЗЦ) и линейной скорости роста кристаллов (ЛСР) в расплаве. Каким фактором предопределены их величины? 4. Почему при кристаллизации промышленных сплавов не наблюдается переохлаждения? 5. Объясните роль и значение неметаллических включений для зарождения кристаллов в расплаве. Какими сходствами должны обладать включения и кристаллизующийся сплав, чтобы кристаллизация началась на неметаллическом включении? 6. Почему в расплаве кристаллы имеют дендритную структуру? 7. Объясните механизм измельчения микроструктуры сплава с помощью небольших добавок легирующего компонента. 8. Сплав кристаллизуется в первом случае со скоростью 100 град/мин, во втором – 1 град/мин. При какой скорости охлаждения условия были ближе к равновесным? 9. Анализ микроструктуры сплава в различных частях отливки показал большую разницу в размере дендритной ячейки. Чем это объясняется?
ПК-12 - Способность осуществлять выбор материалов для изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды		
Знать	особенности влияния формирующейся структуры в отливках на их эксплуатационные свойства;	Вопросы к ЭКЗАМЕНУ: 1. Неравновесная кристаллизация в системе с перитектическим превращением 2. Неравновесная кристаллизация в системах с монотектическим превращением 3. Дендритная кристаллизация 4. Характерные особенности процесса затвердевания отливок. 5. Возникновение переходной области 6. Величина и строение переходной области в отливках. 7. Особенности образующейся макроструктуры отливок 8. Образование микроструктуры в переходной области из сплавов твёрдых растворов

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		9. Образование микроструктуры в переходной области из сплавов с эвтектическим равновесием 10. Образование микроструктуры в переходной области из сплавов с перитектическим равновесием 11. Образование микроструктуры в переходной области из сплавов с монотектическим равновесием
Уметь	осуществлять выбор материалов для изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды;	ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА: 1. С какой скоростью необходимо производить выращивание монокристалла из сплава Fe-5 % Si, чтобы фронт кристаллизации был плоским, если $D_{Ж} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$, интервал кристаллизации сплава $\Delta t = 28 \text{ К}$, градиент температуры в жидкой зоне перед фронтом кристаллизации $G_L = 100 \text{ К/см}$. 2. Два сплава состава Cu-10 % Mn и Cu-10 % Ni кристаллизуются при неравновесных условиях, когда $D_{Ж} \rightarrow \infty$, 0. $DTB =$ Определите коэффициент ликвации в этих сплавах после окончания кристаллизации. 3. Сплав имеет равновесный интервал кристаллизации 120 К и неравновесный 170 К. Отливка затвердевает с постоянным температурным градиентом 15 К/мм. Определите величину переходной двухфазной области в отливке при равновесной и неравновесной кристаллизации. 4. Двухкомпонентный сплав непрерывный твердый раствор без минимумов и максимумов имеет состав 10 % A + B. Равновесный коэффициент распределения компонента B равен 0,75. Определить величину дендритной ликвации при полностью неравновесной кристаллизации.
Владеть	практическими навыками выбора материалов для изделий различного назначения.	ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА: 1. В направленно затвердевшей отливке выявлено наличие неметаллических включений. В одной части отливки наблюдаются мелкие включения, а в другой – крупные. Объясните возможные механизмы их образования. 2. Сплав имеет дендритную структуру. Условия кристаллизации были равновесными или неравновесными? 3. В одной части отливки выявлена ячеистая структура, в другой – дендритная. В

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		какой части отливки скорость охлаждения была выше? 4. По равновесной диаграмме состояния интервал кристаллизации равен 50 К. Дифференциально-термический анализ показал 100 К. Чем объясняется такое расхождение? 5. По равновесной диаграмме состояния в микроструктуре сплава должно быть 40 % эвтектики. Металлографический анализ показал 60 %. Каким образом объяснить это несовпадение? 6. Какими характеристиками сплава предопределено образование переходной двухфазной (жидко-твердой) области в отливках? 7. Какие внешние факторы влияют на размер переходной двухфазной области? 8. Объясните образование размера макрозерен в отливках из сплавов твердых растворов от характера кристаллизации сплава и строения переходной двухфазной области. 9. Как влияют неравновесные условия кристаллизации сплавов на величину переходной двухфазной области? 10. Объясните образование микропористости в отливках.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Аттестация по дисциплине «Структурообразование в отливках» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Пикунов, М.В. Основы теории литейных процессов: кристаллизация сплавов [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.В. Пикунов, А.Н. Коновалов. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2015. — 91 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/69762>. — Загл. с экрана. (дата обращения: 01.09.2020).
2. Материаловедение : фазовые диаграммы двухкомпонентных систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Поздняков [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2016. — 98 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93649>. — Загл. с экрана. (дата обращения: 01.09.2020).

б) Дополнительная литература:

1. Пикунов, М.В. Современные проблемы материаловедения и металлургии : кристаллизационные процессы [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.В. Пикунов, В.Е. Баженов. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2016. — 95 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93657>. — Загл. с экрана. (дата обращения: 01.09.2020).

в) Методические указания:

1. Практикум. Емелюшин А.Н., Молочкова О.С., Петроченко Е.В. Магнитогорск. Изд. Центр ФГБОУ МГТУ им. Г.И. Носова. 2019. 64 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2016	11.10.2021 27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно

Интернет ресурсы:

1. Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»: <https://dlib.eastview.com/>
2. Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ): URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
3. Поисковая система Академия Google (Google Scholar): URL: <https://scholar.google.ru/>
4. Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам: URL: <http://window.edu.ru/>
5. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»: URL: <http://www1.fips.ru/>
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/>
7. Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp>
8. Университетская информационная система РОССИЯ: <https://uisrussia.msu.ru>
9. Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»: <http://webofscience.com>
10. Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»: <http://scopus.com>
11. Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals: <http://link.springer.com/>

12. Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний Springer Protocols: <http://www.springerprotocols.com/>
13. Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference: <http://www.springer.com/references>
14. Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конпорциум» (НП НЭИКОН): <https://archive.neicon.ru/xmlui/>

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Лекционная аудитория	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Литейная лаборатория	1. Плавильные печи. 2. Термические печи. 3. Лаборатория контроля качества формовочной смеси. 4. Твердомер. 5. Приборы для испытания образцов на износостойкость. 6. Микроскоп.
Исследовательская лаборатория	Термоаналитический прибор Jupiter 449 F3 фирмы NETZSCH (Германия). Автоматизированный анализатор CW – Multiphase (Германия). Эмиссионный спектрометр Spectromaxx.
Лаборатория металлографии	Микроскопы МИМ-6, МИМ-7
Компьютерный класс	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель. Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Специализированная мебель. Станочный парк оборудования и инструменты для профилактического обслуживания и ремонта учебного оборудования. Помещение для хранения учебного оборудования