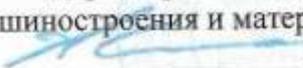


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»**
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института металлургии,
машиностроения и материаловедения

/А.С. Савинов/
«20» октября 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Направление подготовки (специальность)
*15.03.05 «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»*

Направленность (профиль) программы
Технология машиностроения

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Программа подготовки
Академический бакалавриат

Форма обучения
Заочная

Институт – металлургии, машиностроения и материаловедения
Кафедра – машин и технологий обработки давлением и машиностроения
Курс – 3

Магнитогорск
2016 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 3 сентября 2015 г., № 957.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Машины и технологии обработки давлением и машиностроения» 31 августа 2018 г., протокол №1

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», утвержденного приказом МОиН РФ от 11.08.2016 № 1000.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МиТОДиМ «18» октября 2016 г., протокол №3.

Зав. кафедрой  / С.И. Платов /
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии, машиностроения и материалообработки «20» октября 2016 г., протокол № 2.

Председатель  / А.С. Савинов /
(подпись) (И.О. Фамилия)

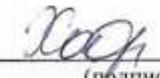
Рабочая программа составлена:

доцентом каф. МиТОДиМ, к.т.н.
(должность, ученая степень, ученое звание)

 / Е.Ю. Звягиной /
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент:

доцент кафедры механики ФГБОУ
ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», к.т.н.

 / М.В. Харченко /
(подпись) (И.О. Фамилия)

1 Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Машиностроительные материалы» является получение знаний по свойствам современных инструментальных материалов, областях их применения для лезвийного, шлифовального и деформирующего инструмента.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Машиностроительные материалы» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, сформированных в изучении дисциплин: Культурология и межкультурное взаимодействие; Информатика; Иностранный язык; Философия; Экономика; Правоведение; Безопасность жизнедеятельности; Математика; Физика; Сопротивление материалов.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения таких дисциплин, как: Теория резания материалов ; Физико-химическая размерная обработка материалов Технологическая оснастка;

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Машиностроительные материалы» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-1 способность применять способы рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления их изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энерго-сберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий.	
знать	Основные процессы и операции формообразования изделий машиностроения. Схемы обработки, оборудование, инструмент и технологическую оснастку, используемые при выполнении различных операций. Современные инновационные процессы формообразования
уметь	Выбирать схемы, оборудование, инструменты, технологическую оснастку. Назначать режимы обработки для основных процессов и операций формообразования. Выполнять расчеты по режимам резания
владеть	Навыками применения типовых процессов, операций для формообразования деталей машин, а также основными методами решения различных задач
ПК-2 способность использовать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых машиностроительных изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий	
знать	Методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
уметь	Использовать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
владеть	Навыками использования методов стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей мате-

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	риалов, стандартных методов их проектирования, прогрессивных методов эксплуатации изделий

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 29,8 акад. часа:
 - аудиторная – 26 акад. часов;
 - внеаудиторная – 3,8 акад. часа;
- самостоятельная работа – 141,5 акад. часа;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. часа.

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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. Классификация инструментальных материалов. Требования, предъявляемые к инструментальным материалам. Высококачественные углеродистые и легированные инструментальные стали. Быстрорежущие стали. Быстрорежущие стали, получаемые методом порошковой металлургии.	3	2	1	2	17	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Устный опрос. Лабораторные и практические работы	ПК-1 (зув), ПК-2 (зув)
2. Мелкозернистые вольфрамовые и безвольфрамовые металлокерамические твердые сплавы. Минералокерамические твердые сплавы. Композиты. Применение и прогрессивные технологии нанесения износостойких покрытий.	3	1	1	1	16	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабо-	Устный опрос. Лабораторные и практические работы	ПК-1 (зув), ПК-2 (зув)

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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				
						чей программой дисциплины		
3. Абразивные материалы. Классификация абразивных материалов. Естественные и искусственные абразивные материалы.	3	2	1		16	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Устный опрос. Лабораторные и работы	ПК-1 (зув), ПК-2 (зув)
4. Электрокорунд и его модификации. Карбид кремния и его разновидности. Карбид бора.	3	1	0,5	1	15	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос. Лабораторные и практические работы	ПК-1 (зув), ПК-2 (зув)
5. Кубический нитрид бора. Современные технологии производства кубического нитрида бора.	3	1	0,5	1	15	Подготовка к семинарскому, практическому, лабораторно-практическому занятию.	Устный опрос. Лабораторные и практические работы	ПК-1 (зув), ПК-2 (зув)
6. Алмаз. Применение природного алмаза. применение синтетического алмаза.	3	1	0,5	1	16	Выполнение лабораторных и практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Устный опрос. Лабораторные и практические работы	ПК-1 (зув), ПК-2 (зув)

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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				
7. Современные достижения в области производства абразивных инструментов из сверхтвердых материалов (СТМ). Шлифовальный инструмент из СТМ. Связующие материалы.	3	1	2	1	16	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос. Лабораторные и практические работы	ПК-1 (зуб), ПК-2 (зуб)
8. Пасты и суспензии из СТМ. Лезвийный инструмент из СТМ. Алмазный инструмент для правки абразивных шлифовальных кругов.	3	1	0,5	1	15,5	Выполнение лабораторных и практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Устный опрос. Лабораторные и практические работы	ПК-1 (зуб), ПК-2 (зуб)
9. Применение металлокерамических твердых сплавов и СТМ для деформирующих инструментов. Наноматериалы в инструментальном производстве.	3		1		15	Контрольная работа.	Контрольная работа.	ПК-1 (зуб), ПК-2 (зуб)
Итого по курсу	3	10	8/2И	8/2И	141,5	Подготовка экзамену	Промежуточный контроль - экзамен	
Итого по дисциплине	3	10	8/2И	8/2И	141,5	Подготовка экзамену	Итоговый контроль - экзамен	

5 Образовательные и информационные технологии

В ходе реализации видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании данной дисциплины используются:

1. Традиционные образовательные технологии:

- обзорные лекции для ознакомления с современными методами проектирования режущих инструментов;
- информационные - для ознакомления со стандартами, справочной и периодической литературой по темам дисциплины.

2. Интерактивные технологии

- вариативный опрос;
- дискуссии;
- устный опрос;
- совместная работа в малых группах (подгруппах).

3. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – применяются для ознакомления со стандартами, чтения электронных учебников, справочной и периодической литературы по темам дисциплины при выполнении самостоятельной работы.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Машиностроительные материалы» предусмотрено выполнение аудиторных самостоятельных работ обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на практических и лабораторных занятиях.

Примерные контрольные работы:

Контрольная работа №1

Задание 1.

Описать назначение и последовательность проведения термической обработки. Определить температуру, среду охлаждения детали и твердость металла после термической обработке.

№ варианта	Марка стали	Вид термической обработке
1	50ХН	Нормализация
2	50ХФ	Нормализация
3	50ХГС	Закалка с высоким отпуском
4	60	Закалка с высоким отпуском
5	60	Закалка со средним отпуском
6	60	Закалка с низким отпуском
7	У8	Закалка
8	30ХМ	Отжиг
9	40ХФА	Отжиг
10	50Г	Отжиг
11	40Х	Отжиг
12	50	Нормализация
13	38Х2МЮА	Закалка
14	40Х	Высокий отпуск
15	40Х	Нормализация
16	40ХН	Нормализация
17	50	Закалка
18	12Х13	Отжиг
19	50Г2	Отжиг
20	У7	Закалка со средним отпуском
21	У10	Закалка со средним отпуском
22	У13	Закалка, средний отпуск
23	45	Нормализация

24	30ХМ	Закалка
25	30	Закалка со средним отпуском

Задание 2.

Определить назначение, ориентировочный химический состав по ее маркировке. По справочникам уточнить химический состав стали и определить механические характеристики: временное сопротивление разрыву, физический предел текучести, твердость, относительное удлинение.

№ вар.	Марки стали				
	Ст0	10	14Х2НМ3А	А12	Р6М5
1	Ст0	10	14Х2НМ3А	А12	Р6М5
2	Ст1	15	20ХН2М	А20	20ХГНТ
3	Ст2	20	38ХН3МА	А30	12Х4Н4А
4	Ст3	40	45ХН2МФА	А35	30ХГСН2А
5	Ст4	80	20ХН4ФА	А40Г	38ХС
6	Ст5	45	38Х2МНА	ШХ15	8Х3
7	Ст0	25	38ХЮ	ШХ15СГ	Х12Ф1
8	Ст1	70	38ХН3МФА	20Х	Х12М
9	Ст2	55	36Х2Н2МФА	30Х	Х12
10	Ст3	60	30ХН2МФА	35Х	5ХГН
11	Ст4	30	42Х2Н2МА	40Х	4ХС
12	Ст5	45	38Х2Н2МА	45Х	9Х
13	Ст6	50	20ХН2М	50Х	У12
14	Ст1	40Х	14Х2Н3МА	30ХМА	У13
15	Ст2	30	20ХГНТР	18ХГ	У10
16	Ст3	60	15ХГН2ТА	20ХГСА	У8Г
17	Ст4	25	30ХГСН2А	45ХН3А	У9
18	Ст5	40	30ХГС	20ХН	У8
19	Ст6	55	45Х	15ХГН2ТА	У7А
20	Ст0	80	30ХН2МФА	30ХМА	38ХС
21	Ст1	85	35ХН2М	А40Г	Х12Ф1
22	Ст2	10	20ХГСА	45ХН2МФА	Р9
23	Ст3	20	Х12	14Х2НМ3А	38ХЮ
24	Ст4	70	8Х3	А40Г	20ХГНТ
25	Ст5	50	14Х2Н3МА	9Х	ШХ15СГ

Задание 3

Определить химический состав и механические свойства (временное сопротивление разрыву, физический предел текучести, относительное удлинение, твердость) цветных сплавов и чугунов

№ вар.	Марка цветных сплавов и чугунов			
	АМц	Л90	БрОФ8-0,3	ЧХ28Д2
1	АМц	Л90	БрОФ8-0,3	ЧХ28Д2
2	АМг2	Л85	БрОФ7-0,2	ЧХ28П
3	АМг3	Л80	БрОФ6,5-0,4	ЧХ3Т
4	АМг5	Л60	БрОФ6-0,15	ЧХ1
5	АМг6	Л70	БрОФ4-0,25	КЧ80-1,5
6	АД31	Л63	БрОЦ4-3	КЧ70-2
7	АД33	Л77А2	БрОЦС4-4-4	КЧ65-3
8	Д1	Л60А1Ж1	БрА7	КЧ60-3
9	Д16	ЛО90-1	БрАМц9-2	КЧ55-4
10	АК4	ЛО70-1	БрАЖН10-4-4	КЧ50-5
11	АК6	ЛС63-3	БрБ2	КЧ45-7
12	АК8	ЛК80-3	БрБНТ1,9	КЧ35
13	В95	ЛЦ16К4	БрКН1-3	КЧ33-8
14	АЛ1	ЛЦ30А3	БрО3Ц12С5	КЧ30-6
15	АЛ2	ЛК65-2	БРО8Ц4	СЧ35
16	АЛ3	ЛХМЦ59-1-1-1	БрА9Мц2Л	СЧ30
17	АЛ4	ЛС60-2	БрС30	СЧ25
18	АЛ5	ЛО75-2	БрОЦ4-3	СЧ20
19	АЛ6	Л78	БрОЦС4-4-4	СЧ18

20	АЛ7	ЛК70-3	БрА7	СЧ15
21	АЛ8	ЛН70-5	БрАМц9-2	СЧ10
22	АЛ9	Л65	БрАЖН10-4-4	СЧ40
23	Д14	ЛН60-4	БрОФ6,5-0,4	КЧ38
24	АК7	Л80	БрОФ6-0,15	ВЧ33
25	АМг7	ЛАЖ65-2-1	БрОФ4-0,25	ВЧ25

Задание 4.

Определить химический состав, механические свойства и назначение резцов, изготовленных из данного инструментального материала.

№ варианта	Марка инструментального материала
1	Однокарбидный твердый сплав ВК3М
2	Однокарбидный твердый сплав ВК4
3	Однокарбидный твердый сплав ВК6
4	Однокарбидный твердый сплав ВК6М
5	Однокарбидный твердый сплав ВК8
6	Однокарбидный твердый сплав ВК3
7	Однокарбидный твердый сплав ВК15
8	Двухкарбидный твердый сплав Т30К4
9	Двухкарбидный твердый сплав Т15К6
10	Двухкарбидный твердый сплав Т14К8
11	Двухкарбидный твердый сплав Т5К10
12	Трехкарбидный твердый сплав ТТ7К12
13	Трехкарбидный твердый сплав ТТ8К6
14	Трехкарбидный твердый сплав ТТ10К8Б
15	Однокарбидный твердый сплав ВК15ОМ
16	Двухкарбидный твердый сплав Т5К12
17	Трехкарбидный твердый сплав ТТ20К9
18	Однокарбидный твердый сплав ВК6ОМ
19	Однокарбидный твердый сплав ВК10М
20	Трехкарбидный твердый сплав
21	Однокарбидный твердый сплав ВК3ОМ
22	Двухкарбидный твердый сплав Т12К6
23	Двухкарбидный твердый сплав Т20К4
24	Трехкарбидный твердый сплав ТТ4К12
25	Трехкарбидный твердый сплав ТТ14К6

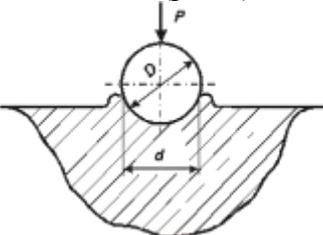
7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<p>ПК-1 способность применять способы рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления их изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий.</p>		
Знать	<p>Основные процессы и операции формообразования изделий машиностроения. Схемы обработки, оборудование, инструмент и технологическую оснастку, используемые при выполнении различных операций. Современные инновационные процессы формообразования</p>	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие виды производства машиностроительных материалов существуют? 2. Что относится к энергосберегающим машиностроительным материалам? 3. Какое оборудование используется для производства машиностроительных материалов? 4. Металлические сплавы 5. Классификация чугунов 6. Белые чугуны 7. Серые чугуны 8. Высокопрочные чугуны 9. Ковкий чугун 10. Пердедельный чугун 11. Классификация сталей 12. Алюминиевые сплавы 13. Медные сплавы 14. Титановые сплавы 15. Первичный и вторичный титан 16. Магниевого сплавы 17. Никелевые сплавы 18. Металлы и сплавы с особыми свойствами 19. Керамические и композиционные материалы 20. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы 21. Дисперсно-упрочненные волокнистые композиционные материалы

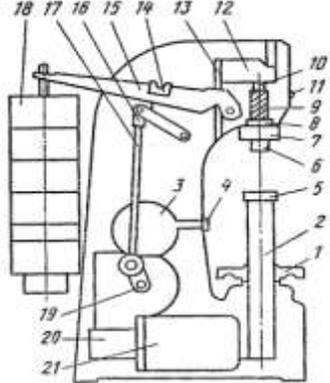
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		22. Сплавы с постоянным модулем упругости 23. Металлы с памятью формы 24. Радиационно-стойкие материалы 25. Аморфные металлические сплавы 26. Слоистые композиционные материалы 27. Материалы со специальными магнитными свойствами 28. Наноструктурные материалы 29. Наноматериалы со специальными физическими свойствами 30. Термопластические пластмассы (термопласты) 31. Термореактивные пластмассы (реактопласты) 32. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов 33. Механические свойства наноматериалов 34. Основные методы получения наноматериалов 35. Полимерные материалы 36. Функциональные порошковые материалы 37. Конструкционные порошковые материалы 38. Антифрикционные порошковые материалы 39. Фрикционные порошковые материалы 40. Металлические и композиционные покрытия 41. Синтетические сверхтвердые материалы и покрытия 42. Многофункциональные покрытия
Уметь	Выбирать схемы, оборудование, инструменты, технологическую оснастку. Назначать режимы обработки для основных процессов и операций формообразования. Вы-	Лабораторная работа №1 Определение свойств материалов Цель работы: Изучение методик и приобретение навыков определения твердости материалов. Задача: Проведение испытаний на образцах различных машиностроительных материалов и определение показателей их твердости заданными методами. Материальное обеспечение Оборудование: Твердомер Бринелля, твердомер Роквелла, отсчетный микроскоп, штангенциркуль.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	полнять расчеты по режимам резания	<p>Материалы: образцы металлов с различной твердостью.</p> <p>Общие положения</p> <p>Под <i>твердостью</i> понимается свойство поверхностного слоя материала сопротивляться упругой и пластической деформации или разрушению при местных контактных воздействиях со стороны другого, более твердого и не получающего остаточной деформации тела (<i>индентора</i>) определенной формы и размеров.</p> <p>Испытания на твердость отличаются простотой, высокой производительностью, отсутствием разрушения образца, возможностью оценки свойств поверхностных слоев на малой площади, легко устанавливаемой связью результатов с данными других испытаний.</p> <p>В зависимости от скорости приложения нагрузки способы определения твердости делят на <i>статические</i> и <i>динамические</i>, по способу приложения нагрузки - на методы <i>вдавливания</i>, <i>царапания</i> и <i>удара</i>, а по времени выдержки под нагрузкой - на <i>кратковременные</i> и <i>длительные</i>. Наибольшее распространение получили методы, в которых используется принцип статического вдавливания индентора нормально поверхности образца с кратковременным (10-30 с) приложением нагрузки при комнатной температуре.</p> <p>При испытании на твердость очень важно правильно подготовить поверхностный слой образца, все поверхностные дефекты (окалина, выбоины, вмятины, грубые риски и т.д.) должны быть удалены. Чем меньше глубина вдавливания индентора, тем выше требуется чистота испытываемой поверхности, тем более жесткие требования к технологии подготовки образцов.</p> <p>Нагрузка прилагается по оси вдавливаемого индентора перпендикулярно к испытываемой поверхности, для чего эта поверхность должна быть строго параллельна опорной поверхности прибора. Неплоские образцы крепят на специальных опорных столиках, входящих в комплект твердомеров.</p> <p>Определяя твердость всеми методами (кроме метода измерения микротвердости) измеряют суммарное сопротивление металла внедрению в него индентора, усредняющее твердость всех имеющихся структурных составляющих. Поэтому получающийся отпечаток должен быть по размерам значительно большим размеров зерен отдельных структурных составляющих испытываемого металла. Неизбежные различия в структуре различных участков образца приводят к разбросу получаемых значений твердости, который тем больше, чем меньше размер отпечатка.</p> <p>Определение твердости по методу Бринелля</p> <p>При стандартном (ГОСТ 9012-59) измерении твердости по Бринеллю стальной шарик диаметром D вдавливают в испытываемый образец под приложенной определенной время нагрузкой P, после снятия нагрузки</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>измеряют диаметр оставшегося на поверхности отпечатка (рис.1).</p>  <p>Рис.1. Схема измерения твердости по методу Бринелля: P - нагрузка в Н (кгс); D - диаметр шарика, мм; d - диаметр отпечатка, мм Диаметр отпечатка получается тем меньше, чем выше сопротивление материала образца деформации, производимой индентором. Число твердости по Бринеллю (НВ) есть отношение нагрузки P, действующей на шаровой индентор диаметром D, к площади F шаровой поверхности отпечатка:</p> $HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, (1)$ $HB = \frac{2P}{\pi D^2(1 - \sqrt{1 - (d/D)^2})}, (2)$ <p>Отношение d/D поддерживают в пределах 0,2-0,6. Для получения отпечатка оптимальных размеров необходимо правильно подобрать соотношение между нагрузкой и диаметром шарика. Рекомендуемые нагрузки и диаметры шариков для определения НВ различных металлических материалов с учетом ГОСТ 9012-59 приведены в таблице 1.</p> <p>Рекомендуемое время выдержки образца под нагрузкой для сталей 10 с, для цветных металлов и сплавов 30 с (при P/D²=10 и 30) или 60 с (при P/D²=2,5). Зная заданные при испытании P или D и измерив с помощью отсчетного микроскопа d, находят число твердости НВ по стандартным таблицам.</p> <p>При использовании шаровых инденторов диаметрами 2,5; 5 и 10 мм, выполняемых из сталей с твердостью не менее 8500 МПа, можно испытывать материалы с твердостью от НВ 8 до НВ 450. При большей твердости образца шарик-индентор остаточной деформируется на величину, превышающую стандартизованный допуск, и показания твердости искажаются.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																														
		<p data-bbox="741 352 1496 459">Таблица 1 Нагрузки (P) и диаметры (D) шариков, рекомендуемые для испытаний твердости по Бринеллю</p> <table border="1" data-bbox="651 459 2136 943"> <thead> <tr> <th data-bbox="658 464 734 523"></th> <th data-bbox="741 464 936 523">Значения P при D, Н</th> <th data-bbox="943 464 1061 523">Примечание</th> <th data-bbox="1068 464 1133 523">D</th> <th data-bbox="1140 464 2130 523"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="658 528 734 580">=10мм</td> <td data-bbox="741 528 936 580">D=5 мм</td> <td data-bbox="943 528 1061 580">=2,5 мм</td> <td data-bbox="1068 528 1133 580"></td> <td data-bbox="1140 528 2130 580"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="658 585 734 638"></td> <td data-bbox="741 585 936 638">30 000</td> <td data-bbox="943 585 1061 638">500</td> <td data-bbox="1068 585 1133 638">1</td> <td data-bbox="1140 585 2130 638">875 Материалы с HB 130-450 (стали, чугуны, высокопрочные сплавы на основе титана, никеля, меди, алюминия)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="658 643 734 695"></td> <td data-bbox="741 643 936 695">10 000</td> <td data-bbox="943 643 1061 695">500</td> <td data-bbox="1068 643 1133 695">2</td> <td data-bbox="1140 643 2130 695">Материалы с HB 35-130 (алюминиевые сплавы, латуни, бронзы)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="658 700 734 753"></td> <td data-bbox="741 700 936 753">5 000</td> <td data-bbox="943 700 1061 753">250</td> <td data-bbox="1068 700 1133 753">1</td> <td data-bbox="1140 700 2130 753">12,5 Алюминий, магний, цинк, латуни</td> </tr> <tr> <td data-bbox="658 758 734 810">,5</td> <td data-bbox="741 758 936 810">2 500</td> <td data-bbox="943 758 1061 810"></td> <td data-bbox="1068 758 1133 810"></td> <td data-bbox="1140 758 2130 810">56,25 Подшипниковые сплавы</td> </tr> <tr> <td data-bbox="658 815 734 868">,25</td> <td data-bbox="741 815 936 868">1 250</td> <td data-bbox="943 815 1061 868">12,5</td> <td data-bbox="1068 815 1133 868">3</td> <td data-bbox="1140 815 2130 868">8,125 Свинец, олово, припой</td> </tr> <tr> <td data-bbox="658 873 734 925">,5</td> <td data-bbox="741 873 936 925"></td> <td data-bbox="943 873 1061 925"></td> <td data-bbox="1068 873 1133 925"></td> <td data-bbox="1140 873 2130 925">1,25 Мягкие металлы при повышенных температурах</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="651 948 2157 1129">Величина HB остается основной характеристикой твердости при статическом вдавливании шарового индентора. Для достаточно пластичных материалов ее физический смысл соответствует условному пределу прочности при растяжении. Для многих металлов и сплавов существует линейная связь между HB и s_b, т.е. $s_b = x \times HB$, где x - коэффициент пропорциональности, зависящий от степени равномерной деформации и упругих констант материала (табл.2).</p> <p data-bbox="741 1134 1496 1203">Таблица 2 Значения коэффициента "x" для различных материалов</p> <table border="1" data-bbox="741 1214 1240 1406"> <thead> <tr> <th data-bbox="748 1219 1115 1272">Материал</th> <th data-bbox="1122 1219 1234 1272">/D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="748 1276 1115 1329">Чугуны</td> <td data-bbox="1122 1276 1234 1329">,4 ,15</td> </tr> <tr> <td data-bbox="748 1334 1115 1406">Литейные алюминиевые</td> <td data-bbox="1122 1334 1234 1406"></td> </tr> </tbody> </table>		Значения P при D, Н	Примечание	D		=10мм	D=5 мм	=2,5 мм				30 000	500	1	875 Материалы с HB 130-450 (стали, чугуны, высокопрочные сплавы на основе титана, никеля, меди, алюминия)		10 000	500	2	Материалы с HB 35-130 (алюминиевые сплавы, латуни, бронзы)		5 000	250	1	12,5 Алюминий, магний, цинк, латуни	,5	2 500			56,25 Подшипниковые сплавы	,25	1 250	12,5	3	8,125 Свинец, олово, припой	,5				1,25 Мягкие металлы при повышенных температурах	Материал	/D	Чугуны	,4 ,15	Литейные алюминиевые	
	Значения P при D, Н	Примечание	D																																													
=10мм	D=5 мм	=2,5 мм																																														
	30 000	500	1	875 Материалы с HB 130-450 (стали, чугуны, высокопрочные сплавы на основе титана, никеля, меди, алюминия)																																												
	10 000	500	2	Материалы с HB 35-130 (алюминиевые сплавы, латуни, бронзы)																																												
	5 000	250	1	12,5 Алюминий, магний, цинк, латуни																																												
,5	2 500			56,25 Подшипниковые сплавы																																												
,25	1 250	12,5	3	8,125 Свинец, олово, припой																																												
,5				1,25 Мягкие металлы при повышенных температурах																																												
Материал	/D																																															
Чугуны	,4 ,15																																															
Литейные алюминиевые																																																

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>сплавы ,45 ,25</p> <p>Деформируемые литейные сплавы ,4 ,38</p> <p>Титановые сплавы ,4 ,3</p> <p>Высокопрочные сплавы ,33 ,33</p> <p>Малоуглеродистые стали ,45 ,33</p> <p>Аустенитные стали и латуны ,4 ,45</p> <p>У малопластичных металлов и сплавов корреляция НВ и s_g может отсутствовать: высокая твердость часто сочетается с низким пределом прочности. Это вполне естественно, если учесть совершенно разный физический смысл этих характеристик для хрупких материалов. Предел прочности таких материалов близок к истинному сопротивлению разрушению, а НВ остается критерием сопротивляемости значительной пластической деформации в условиях более мягкой схемы напряженного состояния.</p> <p>Для измерения твердости по методу Бринелля используют специальные приборы типа ТШ, принципиальная схема которого приведена на рис.2.</p> <p>Прибор смонтирован в массивной станине. На подъемном винте 2, перемещающемся при вращении маховика 1, устанавливаются сменные опорные столики 5 для испытуемых образцов. В верхней части станины расположен шпиндель 6, в который вставляют сменные наконечники с шариками разных диаметров (см.табл.3). Шпиндель опирается на пружину 9, предназначенную для приложения к образцу предварительной нагрузки 1000 Н для устранения смещений образца во время испытаний. Основная нагрузка прилагается через систему рычагов. На длинном плече основного рычага 15 размещена подвеска, на которую накладываются сменные грузы 18. Комбинацией грузов можно задать нагрузки от 625 до 30 000 Н (см.табл.3). Вращение вала электродвигателя 21 посредством червячной передачи сообщается шатуну 19, он опускается, и нагрузка передается на шпиндель прибора.</p>

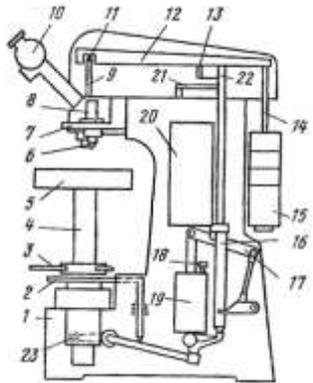
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p data-bbox="741 762 1704 794">Рис.2. Схема прибора ТШ-2 для определения твердости по Бринеллю:</p> <p data-bbox="651 802 2163 938">Продолжительность испытания задается передвижным упором. Когда шатун доходит до него, срабатывает концевой переключатель и электродвигатель начинает вращаться в обратную сторону, шатун поднимается, и нагрузка снимается со шпинделя. По возвращению шатуна в исходное положение электродвигатель автоматически выключается.</p> <p data-bbox="741 946 1144 978">Порядок выполнения работы</p> <ol data-bbox="651 986 2163 1353" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="651 986 2163 1050">1. По данному методическому пособию изучается методика определения твердости и производится знакомство с используемым оборудованием. <li data-bbox="651 1058 2163 1121">2. По материалу образца согласно ГОСТ 9012-59 из табл.1 выбирается диаметр шарика-индентора и коэффициент K (отношение нагрузки к квадрату диаметра шарика-индентора). <li data-bbox="651 1129 2163 1193">3. Производится проверка на минимальную толщину испытуемого образца (см.табл.3). При несоответствии меняются диаметр шарика и нагрузка. <li data-bbox="741 1201 1473 1233">4. Устанавливаются выбранные индентор и нагрузка. <li data-bbox="741 1241 1585 1273">5. Производится вдавливание шарика в испытуемый образец. <li data-bbox="741 1281 1832 1313">6. С помощью отсчетного микроскопа МПБ-2 определяется диаметр отпечатка. <li data-bbox="741 1321 1704 1353">7. По формулам 1 и 2 или из таблиц определяется значение твердости. <p data-bbox="1155 1361 1760 1393" style="text-align: center;">Определение твердости по методу Роквелла</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства						
		<div data-bbox="1240 347 1666 609" data-label="Image"> <p>The diagram illustrates the Rockwell hardness measurement process in three stages. In the first stage, a diamond indenter is applied to a material surface under a preliminary load P_0, creating an initial indentation with depth h_0. In the second stage, a total load P (comprising P_0 and a main load P_1) is applied, increasing the indentation depth to h. In the third stage, the main load P_1 is removed, leaving only the preliminary load P_0 acting on the indenter. The final indentation depth is h_0. The difference in indentation depths is used to determine the hardness value.</p> </div> <p data-bbox="745 614 1391 646">Рис.3. Схема измерения твердости по Роквеллу</p> <p data-bbox="651 651 2168 831">При измерении твердости по Роквеллу индентор - алмазный конус с углом при вершине 120° (ГОСТ 9013-59) и радиусом закругления 0,2 мм или стальной шарик диаметром 1,5875 мм (1/16 дюйма) - вдавливаются в образец под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок: предварительной P_0 и общей $P=P_0+P_1$, где P_1 - основная нагрузка. Схема определения твердости по Роквеллу при вдавливании алмазного конуса приведена на рис.3.</p> <p data-bbox="651 836 2168 1054">Сначала индентор вдавливается в поверхность образца под предварительной нагрузкой $P_0=100$ Н, которая не снимается до конца испытания, что позволяет повысить точность испытаний, т.к. исключает влияние вибраций и тонкого поверхностного слоя. Под нагрузкой P_0 индентор погружается в образец на глубину h_0. Затем на образец подается полная нагрузка $P=P_0+P_1$, глубина вдавливания увеличивается. Последняя после снятия основной нагрузки P_1 (на индентор вновь действует только предварительная нагрузка P_0) определяет число твердости по Роквеллу (HR). Чем больше глубина вдавливания h, тем меньше число твердости HR.</p> <p data-bbox="651 1059 2168 1166">Твердомер Роквелла автоматически показывает значения числа твердости в условных единицах по одной из трех шкал - А, В и С и соответственно они обозначаются как HRA, HRB и HRC. Выбор шкалы производится по предварительно известной твердости материала по Бринеллю.</p> <p data-bbox="651 1171 2168 1278">Существенное значение имеет толщина испытуемого образца. После замера твердости на обратной стороне образца не должно быть следов отпечатка. В табл.6 даны минимальные толщины образцов в зависимости от ожидаемой твердости.</p> <p data-bbox="745 1283 887 1315">Таблица 6</p> <table border="1" data-bbox="651 1319 2168 1412"> <thead> <tr> <th data-bbox="651 1319 913 1362">Шкала</th> <th data-bbox="918 1319 1496 1362">Число твердости по Роквеллу</th> <th data-bbox="1500 1319 2168 1362">Минимальная толщина образца, мм</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="651 1366 913 1412">А</td> <td data-bbox="918 1366 1496 1412"></td> <td data-bbox="1500 1366 2168 1412">0,7</td> </tr> </tbody> </table>	Шкала	Число твердости по Роквеллу	Минимальная толщина образца, мм	А		0,7
Шкала	Число твердости по Роквеллу	Минимальная толщина образца, мм						
А		0,7						

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства		
			0,5	
			0,4	
		В		2,0
			1,9	
			1,7	
			1,5	
			1,3	
			1,2	
			1,0	
			0,8	
			0,7	
		С		1,5
			1,3	
		41,5	1,2	
		51,5	1,0	
			0,8	
			0,7	
<p>Во всех случаях измерений значение предварительной нагрузки постоянно и равно $P_0=100$ Н. Число твердости выражается формулами: $HRC (HRA) = 100 - e$, (3) $HRB = 130 - e$, (4)</p>				

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$e = \frac{h - h_0}{0,002}$ <p>где $0,002$ (0,002 - цена деления шкалы индикатора твердомера Роквелла).</p> <p>Таким образом, единица твердости по Роквеллу безразмерная величина, соответствующая осевому перемещению индентора на 0,002 мм.</p> <p>Существует несколько типов приборов для измерения твердости по Роквеллу, но принципиальные схемы их работы аналогичны. На рис.4 приведена схема прибора типа ТК.</p> <p>На станине 14 с одной стороны расположены две стойки 16, которые поддерживают поперечину 1. С другой стороны, в направляющей втулке 13 со шпонкой 12 помещен подъемный винт 17, на котором устанавливают в зависимости от формы образца различные опорные столики 21-23 и 10. Винт со столиком и образцом поднимают вращением маховичка 11. Предварительную нагрузку к образцу прикладывают цилиндрической пружиной 19, действующей непосредственно на шпиндель 20. Грузовой рычаг второго рода 4, расположенный на поперечине 1, имеет опоры на призме 8. К длинному плечу рычага подвешивают грузы 15. В нерабочем положении прибора рычаг опирается на подвеску 2 и нагрузка на шпиндель не действует.</p> <p>Для приложения основной нагрузки освобождают рукоятку 5. При этом подвеска 2 вместе с рычагом 4 плавно опускается и последний действует на шпиндель. Рычаг опускается плавно благодаря масляному амортизатору 18, позволяющему регулировать скорость приложения основной нагрузки вращением штока 3. Соотношение плеч у грузового рычага 1:20 и поэтому действительный вес сменных грузов в 20 раз меньше их условного веса.</p> <p>Движение от шпинделя к стрелкам индикатора 9 передается рычагом 7 с соотношением плеч 1:5. Призма шпинделя упирается в винт 6 на рычажке. Винтом 6 регулируется натяжение пружины 19, создающей предварительную нагрузку.</p> <p>Из рассмотренной методики определения твердости по Роквеллу видно, что это еще более условная характеристика, чем НВ. Наличие различных шкал твердости, определяемое без геометрического подобия отпечатков, условный и безразмерный численный результат испытания, сравнительно низкая чувствительность делают метод Роквелла лишь средством упрощенного технического контроля. В заводских условиях его ценность велика благодаря простоте, высокой производительности, отсчету чисел твердости прямо по шкале прибора, возможности полной автоматизации испытания.</p> <p>Порядок проведения работы</p>

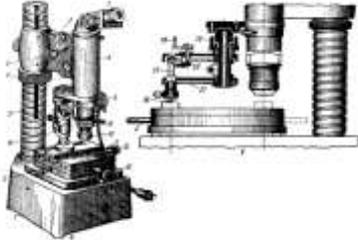
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>1. По данному методическому пособию изучается методика определения твердости и производится знакомство с используемым оборудованием.</p> <p>2. По материалу образца с указанием ориентировочной твердости по Бринеллю из табл.5 выбирается шкала.</p> <p>3. По табл.6 уточняется толщина образца.</p> <p>4. Перед началом проведения измерений проверяется исправность оборудования.</p> <p>5. Проводятся измерения твердости и результаты оформляются в виде табл.7.</p> <div data-bbox="750 694 1108 1013" style="text-align: center;"> </div> <p>Рис.4. Схема прибора типа ТК для измерения твердости по Роквеллу: 1 - поперечина; 2 - подвеска; 3 - щиток; 4 - рычаг; 5 - рукоятка; 6 - винт; 7 - рычаг; 8 - призма; 9 - индикатор; 10, 21, 22, 23 - столики опорные; 11 - маховичок; 12 - шпонка; 13 - втулка направляющая; 14 - станина; 15 - грузы; 16 - стойка; 17 - винт подъемный; 18 - амортизатор масляный; 19 - пружина; 20 - шпindelь</p> <p>Определение твердости по методу Виккерса При стандартном измерении твердости по Виккерсу (ГОСТ 2999-75) в поверхность образца вдавливается алмазный индентор в форме четырехгранной пирамиды с углом при вершине $\alpha \gg 136^\circ$. После удаления нагрузки P (10, 1000 Н), действовавшей определенное время (10-15 с), измеряют диагональ отпечатка d, оставшегося на</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>поверхности образца.</p> <p>Число твердости HV определяют по формуле:</p> $HV = \frac{1,854P}{d^2} \quad (5)$ <p>где P - нагрузка в кгс, d - длина диагонали отпечатка в мм.</p> <p>Число твердости записывается без единиц измерения, например, 230 HV. Если число твердости выражают в МПа, то после него указывают единицу измерения, например, HV=3200 МПа.</p> <p>Относительно небольшие нагрузки и малая глубина вдавливания индентора обуславливают необходимость более тщательной подготовки поверхности, чем при измерении твердости по Бринеллю. Образцы, как правило, полируют, с поверхности снимается наклеп.</p> <p>Измерения осуществляют на приборах марки ТП, принципиальная схема которого приведена на рис.5. Прибор смонтирован на станине 1. Образец помещают на опорный столик 5. Нагрузка прилагается к индентору 6 через установленный на призмах рычаг. Рычаг с подвеской 14 без сменных грузов 15 обеспечивает минимальную нагрузку 50 Н.</p>  <p>Рис.5. Схема прибора ТП для определения твердости по Виккерсу: 1 - станина; 2 - педаль грузового привода; 3 - маховичок; 4 - винт подъемный; 5 - столик опорный; 6 - индентор; 7 - рукоятка; 8 - шпindel; 9 - шпindel промежуточный; 10 - микроскоп измерительный;</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>11 - призма; 12 - рычаг; 13 - штырь; 14 - подвеска; 15 - грузы сменные; 16 - шпиндель пустотелый; 17 - рычаг ломанный; 18 - винт регулировочный; 19 - амортизатор масляный; 20 - груз; 21 и 22 - рычаги; 23 - рукоятка</p> <p>После установки образца на столик 5 совмещают перекрестие окуляра микроскопа 10 с тем местом на образце, твердость которого необходимо измерить. Наводят на резкость, устанавливают индентор над образцом, включают механизм грузового привода. Пока образец находится под нагрузкой, горит сигнальная лампочка, расположенная в верхней части передней панели твердомера.</p> <p>После снятия нагрузки поворотную головку переводят в такое положение, чтобы полученный отпечаток вновь был виден в микроскоп. Затем с помощью барабанчика окуляр-микрометра измеряют длину диагонали отпечатка.</p> <p>Физический смысл числа твердости по Виккерсу аналогичен НВ, величина HV тоже является усредненным условным напряжением в зоне контакта индентор - образец и характеризует обычно сопротивление материала значительной пластической деформации.</p> <p>Числа HV и НВ близки по абсолютной величине только до 400-450 HV. Выше этих значений метод Бринелля дает искаженные результаты из-за остаточной деформации стального шарика. Алмазная же пирамида в методе Виккерса позволяет определять твердость практически любых металлических материалов. Еще более важное достоинство этого метода - геометрическое подобие отпечатков при любых нагрузках, поэтому возможно строгое количественное сопоставление чисел твердости HV любых материалов, испытанных при различных нагрузках.</p> <p>Определение микротвердости</p> <p>Метод определения микротвердости предназначен для оценки твердости очень малых (микроскопических) объемов материалов. Его применяют для измерения твердости мелких деталей, тонкой проволоки или ленты, тонких поверхностных слоев, покрытий и т.д. Главное назначение - оценка твердости отдельных фаз или структурных составляющих сплавов, а также разницы в твердости отдельных участков этих составляющих.</p> <p>При стандартном методе измерения микротвердости (ГОСТ 9450-76) используют чаще всего, как и в случае определения твердости по Виккерсу, правильную четырехгранную алмазную пирамиду с углом при вершине 136°. Эта пирамида плавно вдавливаются в образец при нагрузках 0,05-5 Н. Число микротвердости H_m, МПа, определяется по формуле:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$H_m = 1,854 \cdot 10^3 \frac{P}{d^2}, (6)$ <p>где P - нагрузка, Н; d - диагональ отпечатка, обычно 7-50 мкм; $d^2/1,854$ - площадь боковой поверхности полученного пирамидального отпечатка.</p> <p>Число микротвердости, МПа, записывают без единицы измерения, например $H_m - 1050$.</p> <p>Микротвердость массивных образцов измеряют на металлографических шлифах, приготовленных специальным образом. Глубина вдавливания индентора при определении микротвердости ($d/7$) составляет несколько микрометров и соизмерима с глубиной получаемого в результате механической шлифовки и полировки наклепанного поверхностного слоя. Поэтому методика удаления этого слоя, проводимая по одному из трех методов (электрополировка, отжиг готовых шлифов в вакууме или инертной атмосфере и глубокое химическое травление), имеет особенно важное значение.</p> <p>Для определения микротвердости применяют серийно выпускаемый прибор марки ПМТ-3 (рис.6, а). На чугунном основании 1 закреплена колонна 3 с резьбой, а на ней - кронштейн с микроскопом и нагружающим устройством. Для установки кронштейна на требуемой высоте служат гайка 4 и стопорный винт. Микроскоп состоит из тубуса 8, окуляр-микрометра 7, сменного объектива 10 (40- или 8-кратного) и осветительного устройства 9. Для грубой наводки на резкость микроскоп можно перемещать по высоте относительно кронштейна винтом 6, связанным с реечным устройством. Прежде чем вращать винт 6, необходимо ослабить винт, расположенный на правой части кронштейна. Для тонкой наводки на резкость микроскоп перемещают в вертикальном направлении вращением микрометрического винта 5. К нижней части тубуса микроскопа прикреплен механизм нагружения 14 (рис.6, б). Грузики в виде дисков с прорезями надевают на стержень 17, в нижнем конце которого крепится оправка с алмазным индентором 16. Стержень подвешен к кронштейну на двух плоских пружинах 20 и 21. При повороте рукоятки 18 на себя стержень 17 освобождается и перемещается под действием грузов вниз, вдавливая индентор в поверхность образца.</p> <p>На основании прибора установлен предметный столик 11, который может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях при помощи микрометрических винтов 12 и 13. Кроме того, столик можно поворачивать рукояткой 2 вокруг своей оси на 180°. Для нанесения отпечатка испытуемый образец устанавливают под микроскопом и выбирают на нем место, в котором необходимо измерить микротвердость. Затем перемещают образец так, чтобы выбранное место оказалось под острием алмазной пирамиды (поворо-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>том предметного столика на 180° до упора). После вдавливания индентора и снятия нагрузки с образца последний вновь переводят под микроскоп и измеряют длину диагонали отпечатка.</p> <p>Для обеспечения точного замера микротвердости прибор должен быть тщательно юстирован. Задача юстировки - точное совмещение оптической оси с осью нагружения при повороте предметного столика на 180°. Иными словами, необходимо добиться, чтобы отпечаток наносился именно на том месте, которое было выбрано под микроскопом. Центрирующее устройство, позволяющее перемещать объектив в горизонтальной плоскости, приводится в действие винтами 15 (см. рис.6, а). Вторая задача юстировки - правильная установка по высоте механизма нагружения. При этом острие алмаза (см. рис.6, б) должно касаться поверхности образца, а микроскоп сфокусирован на эту поверхность. Юстировка по высоте осуществляется гайкой 19. Необходимо добиться такого положения, чтобы без нагрузки на поверхности шлифа из какого-нибудь мягкого металла (например, алюминия или олова) не появлялось отпечатка, а при нагрузке 0,005 Н появился бы очень маленький отпечаток. Юстировку по высоте можно проводить на эталоне с точно известной твердостью (например, на кристалле <i>NaCl</i>). Поднимая или опуская нагружающий механизм, необходимо добиться получения отпечатка с такой диагональю, которая бы соответствовала микротвердости эталона.</p> <p>Фактически метод микротвердости - это разновидность метода Виккерса и отличается от него только использованием меньших нагрузок и соответственно меньшим размером отпечатка, поэтому физический смысл числа микротвердости аналогичен HV.</p> <p>Требования к отчету</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отчет выполняется на листах белой бумаги форматом А4 (297*210 мм) с рамкой и соответствующими штампами. 2. В водной части указываются: цель работы, применяемое оборудование, краткие теоретические сведения по теме. 3. Приводятся сведения по выполнению указаний методики: обоснования выбора вида индентора, шкалы, нагрузки и т.д. 4. Приводятся результаты замеров в виде таблиц и краткие выводы. 5. Приводится список использованной литературы.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p>Рис.6. Прибор ПМТ-3 для измерения микротвердости: 1 - станина; 2 - рукоятка; 3 - колонна; 4 - гайка; 5 - микрометрический винт; 6 - винт реечный; 7 - окуляр-микрометр; 8 - тубус; 9 - осветительное устройство; 10 - сменный объектив; 11 - предметный столик; 12, 13 - микрометрические винты; 14 - механизм нагружения; 15 - винты центровочные; 16 - оправка; 17 - стержень; 18 - рукоятка поворотная; 19 - гайка; 20, 21 - плоские пружины</p> <p>Контрольные вопросы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что понимают под твердостью материала. 2. Назвать достоинства испытаний на твердость. 3. Назвать основные способы определения твердости материалов. 4. Что такое индентор, из каких материалов они выполняются. 5. Назвать требования, предъявляемые
Владеть	Навыками применения типовых процессов, операций для формообразования деталей машин, а также основными методами решения различных задач	<p>Примерное практическое задания для экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Методы разрушающего контроля 2. Методы неразрушающего контроля 3. Контроль средств технологического оснащения 4. Пассивный контроль
ПК-2 способность использовать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых машиностроительных изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий		
Знать	Методы стандартных ис-	Перечень теоретических вопросов к экзамену:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	пытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий	<p>43. Какие виды производства машиностроительных материалов существуют?</p> <p>44. Что относится к энергосберегающим машиностроительным материалам?</p> <p>45. Какое оборудование используется для производства машиностроительных материалов?</p> <p>46. Металлические сплавы</p> <p>47. Классификация чугунов</p> <p>48. Белые чугуны</p> <p>49. Серые чугуны</p> <p>50. Высокопрочные чугуны</p> <p>51. Ковкий чугун</p> <p>52. Передельный чугун</p> <p>53. Классификация сталей</p> <p>54. Алюминиевые сплавы</p> <p>55. Медные сплавы</p> <p>56. Титановые сплавы</p> <p>57. Первичный и вторичный титан</p> <p>58. Магниевого сплавы</p> <p>59. Никелевые сплавы</p> <p>60. Металлы и сплавы с особыми свойствами</p> <p>61. Керамические и композиционные материалы</p> <p>62. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы</p> <p>63. Дисперсно-упрочненные волокнистые композиционные материалы</p> <p>64. Сплавы с постоянным модулем упругости</p> <p>65. Металлы с памятью формы</p> <p>66. Радиационно-стойкие материалы</p> <p>67. Аморфные металлические сплавы</p> <p>68. Слоистые композиционные материалы</p> <p>69. Материалы со специальными магнитными свойствами</p> <p>70. Наноструктурные материалы</p> <p>71. Наноматериалы со специальными физическими свойствами</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		72. Термопластические пластмассы (термопласты) 73. Терморезистивные пластмассы (реактопласты) 74. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов 75. Механические свойства наноматериалов 76. Основные методы получения наноматериалов 77. Полимерные материалы 78. Функциональные порошковые материалы 79. Конструкционные порошковые материалы 80. Антифрикционные порошковые материалы 81. Фрикционные порошковые материалы 82. Металлические и композиционные покрытия 83. Синтетические сверхтвердые материалы и покрытия 84. Многофункциональные покрытия
Уметь	Использовать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий	<p style="text-align: center;">Практическая работа № 1</p> <p>Определение типа производства для данных условий. <i>Цель работы:</i> научиться определять тип производства машиностроительного предприятия расчетным и табличным способом. <i>Задание:</i> 1 Определить тип производства машиностроительного предприятия согласно выданного задания. 2 Сделать вывод.</p> <p>Методические указания Под типом производства понимают комплексную характеристику особенностей организации и технического уровня промышленного производства. На тип машиностроительного производства оказывают влияние следующие факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - уровень специализации; - масштаб производства; - сложность и устойчивость номенклатуры изделий; Выделяют три основные типа производства: - единичное;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<ul style="list-style-type: none"> - серийное; - массовое. <p><i>Единичное производство</i> предусматривает штучный выпуск изделий разнообразной и непостоянной номенклатуры ограниченного потребления. Важнейшие особенности этого типа:</p> <ul style="list-style-type: none"> - многономенклатурность выпускаемой продукции, зачастую неповторяющейся; - организация рабочих мест по технологической специализации; - отсутствие возможности закрепления постоянной номенклатуры деталей, узлов, агрегатов, сборочных и монтажных операций за рабочими; - использование универсального оборудования и технологической оснастки; - наличие большого объема ручных сборочных и доводочных операций; - преимущественная численность высококвалифицированных рабочих -универсалов, занятых в производственном процессе; - большая длительность производственного цикла; - значительная величина незавершенного производства; - нецелесообразность автоматизации процессов контроля качества изделий; - относительно большие затраты живого труда. <p><i>Серийное производство</i> предусматривает одновременное изготовление изделий сериями широкой номенклатуры однородной продукции, выпуск которой продолжается в течении продолжительного времени.</p> <p><i>Под серией понимают</i> выпуск ряда конструктивно - одинаковых изделий, запускаемых в производство партиями, одновременно или последовательно, непрерывно в течение планового периода.</p> <p>Важнейшие особенности этого типа:</p> <ul style="list-style-type: none"> - постоянство относительно большой номенклатуры повторяющейся продукции, изготавливаемой в значительных количествах; - специализация рабочих мест для выполнения нескольких операций, закрепленных за конкретным рабочим; - периодичность изделий сериями, обработка деталей партиями; - преобладание специального оборудования и специального оснащения; - наличие незначительного объема ручных сборочных и доводочных операций; - преимущественная численность рабочих средней квалификации;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<ul style="list-style-type: none"> - незначительная длительность производственного цикла; - автоматизация контроля качества изготавливаемой продукции; - типизация техпроцессов и оснастки. <p><i>Массовое производство</i> характеризуется непрерывностью и относительно длительным периодом изготовления ограниченной номенклатуры однородной продукции в больших количествах. Массовое производство - высшая форма специализации производства, позволяющая сосредотачивать на предприятии выпуск одного или нескольких типоразмеров одноименных изделий.</p> <p>Важнейшие особенности этого типа:</p> <ul style="list-style-type: none"> - строго установленный выпуск небольшой номенклатуры изделий в большом количестве; - специализация рабочих мест для выполнения, как правило, одной закреплённой операции; - расположение рабочих мест в порядке следования операций; - большой удельный вес специального и специализированного оборудования; <p>высокий процент комплексно - механизированных и автоматизированных операций;</p> <ul style="list-style-type: none"> - минимальное подготовительно - заключительное время на операции; - резкое сокращение ручных работ; - высокая степень загрузки рабочих мест; - применение труда рабочих невысокой квалификации, выполняющих закреплённую за каждым из них операцию; - меньшая длительность производственного цикла по сравнению с серийным; - централизация управления производством; - высокий уровень автоматизации контроля качества изделий; - широкое применение статистических методов управления производством. <p>Определение типа производства</p> <p>Тип производства с организационной точки зрения характеризуется средним числом операций, выполняемых на одном рабочем месте. Тип производства определяется двумя способами: расчетным и табличным.</p> <p><i>Расчетный способ</i> определения типа производства (по расчетной зависимости)</p> <p>Принято считать, если:</p> <p>Кз = от 20 до 40 - производство мелкосерийное;</p> <p>Кз = от 10 до 20 - производство среднесерийное;</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																															
		<p>Кз = от 2 до 10 - производство крупносерийное; Кз = 1 - массовое. <i>Табличный способ</i> определения типа производства. В зависимости от объема выпуска и массы изделий определяем тип производства согласно данным, которые приводятся в таблице 1.</p> <p>Таблица 1 - Ориентировочные данные для определения типа производства.</p> <table border="1" data-bbox="658 608 1933 1080"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Тип производства</th> <th colspan="3">Число обрабатываемых деталей одного типоразмера в год</th> </tr> <tr> <th>тяжелых (массой более 100 кг)</th> <th>Средних (массой 10...100 кг)</th> <th>Лёгких (массой до 10кг)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Единичное</td> <td>До 5</td> <td>До 10</td> <td>До 100</td> </tr> <tr> <td>Мелкосерийное</td> <td>5.....10</td> <td>10....200</td> <td>100... 500</td> </tr> <tr> <td>Среднесерийное</td> <td>100....300</td> <td>200 500</td> <td>500 5000</td> </tr> <tr> <td>Крупносерийное</td> <td>300....1000</td> <td>500 5000</td> <td>5000 50 000</td> </tr> <tr> <td>Массовое</td> <td>Более 1000</td> <td>Более 5000</td> <td>Более 50 000</td> </tr> </tbody> </table> <p>Данные рекомендации по характеристикам типа производства сводим в таблицу 2. Таблица 2 - Характеристики типов производства</p> <table border="1" data-bbox="658 1157 2168 1232"> <thead> <tr> <th>Тип Производства</th> <th>Организационно - технические признаки производства</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Тип производства	Число обрабатываемых деталей одного типоразмера в год			тяжелых (массой более 100 кг)	Средних (массой 10...100 кг)	Лёгких (массой до 10кг)	Единичное	До 5	До 10	До 100	Мелкосерийное	5.....10	10....200	100... 500	Среднесерийное	100....300	200 500	500 5000	Крупносерийное	300....1000	500 5000	5000 50 000	Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50 000	Тип Производства	Организационно - технические признаки производства		
Тип производства	Число обрабатываемых деталей одного типоразмера в год																																
	тяжелых (массой более 100 кг)	Средних (массой 10...100 кг)	Лёгких (массой до 10кг)																														
Единичное	До 5	До 10	До 100																														
Мелкосерийное	5.....10	10....200	100... 500																														
Среднесерийное	100....300	200 500	500 5000																														
Крупносерийное	300....1000	500 5000	5000 50 000																														
Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50 000																														
Тип Производства	Организационно - технические признаки производства																																

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства						
		Количество операций закреплённых за рабочим местом	Используемое оборудование	Метод расстановки оборудования по рабочим местам	Вид движения предметов труда	Коэффициент ритмичности производства	Средний разряд рабочих	
		Еди- ничное	Неопре- деленное	Универ- сальное	Технологи- ческий	Последова- тельный	Не бо- лее 1,0	4-5
		Серий- ное	2-15	Универ- сальное со специальной оснасткой, специ- альное	Предметно- групповой, предметно- цепной	Последова- тельно- параллельный, па- раллельный	Не бо- лее 1,0	2-3
		Массо- вое	1	Специ- альное	Предметно- поточный	Параллель- ный	1,0	Вы- ше 3-го
		<p>Контрольные вопросы</p> <p>1 Дать определение типа производства.</p> <p>2 Какие типы производства характерны для машиностроительных предприятий?</p> <p>3 Дать характеристику каждого типа производства и провести сравнительный анализ (по выбору).</p> <p>4 Назовите два способа определения типа производства и укажите, какой из них наиболее точный. Обоснуйте своё высказывание.</p> <p>5 Сформулируйте понятие коэффициента закрепления операции и объясните, для чего его рассчитывают?</p> <p>6 Чему равен (ориентировочно численно) коэффициент закрепления операция для каждого типа производства.</p>						
Владеть	Навыками использования методов стандартных испытаний по определению	<p>Практические вопросы:</p> <p>5. Методы разрушающего контроля</p> <p>6. Методы неразрушающего контроля</p>						

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	физико-механических свойств и технологических показателей материалов, стандартных методов их проектирования, прогрессивных методов эксплуатации изделий	<p>7. Контроль средств технологического оснащения</p> <p>8. Пассивный контроль</p> <p>Реферат выполняется на формате А4. В содержании перечислить основные методы контроля. Далее подробно описать один из указанных способов.</p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Машиностроительные материалы» 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 и одно практическое задание.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

При сдаче экзамена:

– на оценку **«отлично»** – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций ПК-1 и ПК-2, то есть должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** – обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, то есть должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, то есть должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – результат обучения не достигнут, 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 (модуля)

а) Основная литература:

1. Зубарев, Ю. М. Инструменты из сверхтвердых материалов и их применение : учебное пособие / Ю. М. Зубарев, В. Г. Юрьев. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 168 с. — ISBN 978-5-8114-3066-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106875> (дата обращения: 14.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Грубый, С. В. Оптимизация механической обработки : учебник / С. В. Грубый. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 140 с. — ISBN 978-5-8114-3800-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116366> (дата обращения: 14.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах [Текст] /Под ред. А.М.Дальского, А.Г.Косиловой, Р.К.Мещеряковой, А.Г.Суслова/ Москва «Машиностроение», 2001. -438 с.

в) Методические указания:

1. Н. Н., Огарков. Расчеты в прикладной механике процесса резания [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Н. Н. Огарков, Е. С. Шеметова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Режим доступа: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=3439.pdf&show=dcatalogues/1/1514262/3439.pdf&view=true>.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-767-17 от 27.06.2017	11.10.2021 27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
Far Manager	свободно распространяемое	бессрочно

Интернет-ресурсы:

1. Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). – URL:https://elibrary.ru/project_risc.asp.

2. Поисковая система Академия Google (Google Scholar). – URL:<https://scholar.google.ru/>.

3. Информационная система – Единое окно доступа к информационным ресурсам. – URL: <http://window/edu.ru/>.

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лабораторный корпус с лабораторией сварки и лабораторией резания	Комплект печатных и электронных версий методических рекомендаций, учебное пособие, плакаты по темам. Лабораторное оборудование.
Учебная аудитория для проведения механических испытаний	1. Машины универсальные испытательные на растяжение. 2. Мерительный инструмент. 3. Приборы для измерения твердости по методам Бринелля и Роквелла. 4. Микротвердомер. 5. Печи термические.
Учебная аудитория для проведения металлографических исследований	Микроскопы МИМ-6, МИМ-7
Учебные аудитории для проведения индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска.
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.