



Федеральное агентство по рыболовству
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»
Калининградский морской рыбопромышленный колледж

Утверждаю
Врио заместителя начальника колледжа
по учебно-методической работе
М.Ю. Никишин

ОП.04 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Методическое пособие для выполнения практических занятий
по специальности

26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок

МО-26 02 05-ОП.04. ПЗ

РАЗРАБОТЧИК

Учебно-методический центр

ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ

Никишин М.Ю.

ГОД РАЗРАБОТКИ

2026

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.2/16

Содержание

Введение	3
Перечень практических занятий	4
Практическое занятие № 1 Определение твердости металлов и испытание металлов на ударную вязкость	5
Практическое занятие № 2 Микроскопический анализ структуры чугунов и углеродистой стали.....	12
Используемые источники литературы.....	16

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.3/16

Введение

Методические указания по выполнению практических занятий составлены в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Материаловедение» по специальности 26.02.05 «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Рабочей программой дисциплины предусмотрено 2 практических занятий.

Целью проведения практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретения необходимых практических навыков и умений по отдельным темам дисциплины. Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, конкретизируются и углубляются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность применять эти знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

Выполнение практических заданий направлено на формирование у обучающихся следующих элементов компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 1.1. Обеспечивать техническую эксплуатацию главных энергетических установок судна, вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления.

ПК 1.3. Выполнять техническое обслуживание и ремонт судового оборудования.

ПК 1.4. Осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов.

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.4/16

Перед проведением практических занятий обучающиеся обязаны проработать соответствующий материал, уяснить цель занятия, ознакомиться с содержанием и последовательностью его проведения, а преподаватель проверить их знания готовность к выполнению задания.

Текст выполняемых работ на практических занятиях обучающиеся должны писать ручкой понятным почерком. Схемы, эскизы, таблицы необходимо выполнять только карандашом с помощью чертежных инструментов.

После каждого практического занятия проводится защита отчета, как правило, на следующем практическом занятии перед выполнением последующей работы.

На защите отчета обучающийся должен знать теорию по данной теме, пояснить, как выполнялась работа в соответствии с основными требованиями к знаниям и умениям по данной теме рабочей программы.

Перечень практических занятий

№ п/п	Практическое занятие	Кол-во часов
1	Определение твердости металлов и испытание металлов на ударную вязкость	2/2
2	Микроскопический анализ структуры чугунов и углеродистых сталей	2/4
ИТОГО		4

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.5/16

Практическое занятие № 1 Определение твердости металлов и испытание металлов на ударную вязкость

Цель занятия:

Изучить теоретические основы методов определения твердости металлов по методу Бринелля и Роквелла.

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций
ОК 01-02,04-05,09, ПК 1.1,ПК 1.3, ПК 1.4

Методические указания

Твердость – способность металлов сопротивляться вдавливанию в его поверхность другого более твердого материала.

Твердость имеет большое практическое значение, т.к. она выражает многие рабочие свойства материала: сопротивление к истиранию, способность к механической обработке, выдерживать давление.

Большинство методов определения твердости основано на принципе вдавливания, но существуют методы основанные на царапании, качании маятника.

При испытании на твердость поверхность материала не должна иметь риск, вмятин и царапин.

К методам основанным на вдавливании относятся:

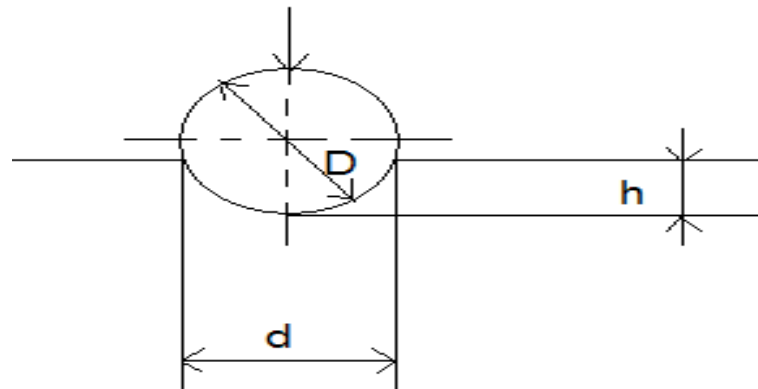
- метод Бринелля
- метод Роквелла
- метод Виккерса

а) Определение твёрдости металла по способу Бринелля на твёрдомере типа «ТШ-2».

В зависимости от испытываемого материала и его толщины на приборе закрепляется наконечник с диаметром шарика 10,5 или 2,5 мм и устанавливаются грузы: 3000, 1000, 750 кг.

Подготовленная деталь устанавливается на стол пресса и подводится шарик, вращением штурвала стола до отказа, создавая предварительную нагрузку в 100 кг. Включается кнопка, грузы движутся вниз – шарик вдавливаются в деталь.

Выдержка сопровождается горением лампочки 10 – 40 сек. После выключения лампочки грузы поднимаются вверх и пресс автоматически выключается. Испытания проводятся 3 раза.



С помощью лупы определяется диаметр лунок и по формуле и по таблице определяется твёрдость по Бринеллю.

P - нагрузка на шарик, кг;

F - величина поверхности отпечатка, мм²;

D - диаметр шарика;

d - диаметр лунки.

$$HB = \frac{P}{F} \text{ кгс/мм}^2$$

Пользуясь таблицей, определяют твёрдость в зависимости от d лунки и нагрузки P . Диаметр лунки принимаем 5 мм, нагрузку 1000 Н

Таблица 1

Толщина металла	Диаметр шарика мм	Нагрузка в кг	1 измерение		2 измерение		3 измерение		Среднее значение твёрдости	Предел прочности при растяжении	Марка материала
			Диаметр отпечатка	Твёрдость по Бринеллю	Диаметр отпечатка	Твёрдость по Бринеллю	Диаметр отпечатка	Твёрдость по Бринеллю			
	D	P	d_1	HB_1	d_2	HB_2	d_3	HB_3	HB	GB	материал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2 мм	2,5 мм	1000									Д16

$$\sigma_B = KHB$$

Предел прочности σ_B определяем по существующей зависимости от твердости металла «HB».

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.7/16

Для катанной и кованной стали: 0,3-0,4

Для литой стали: 0,36

Для серого чугуна: 0,1

Для меди: 0,35-0,48

Для алюминия: 0,4.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРИБОРА БРИНЕЛЛЯ

На рис. 1 приведена принципиальная схема твердомера ТБ 5004.

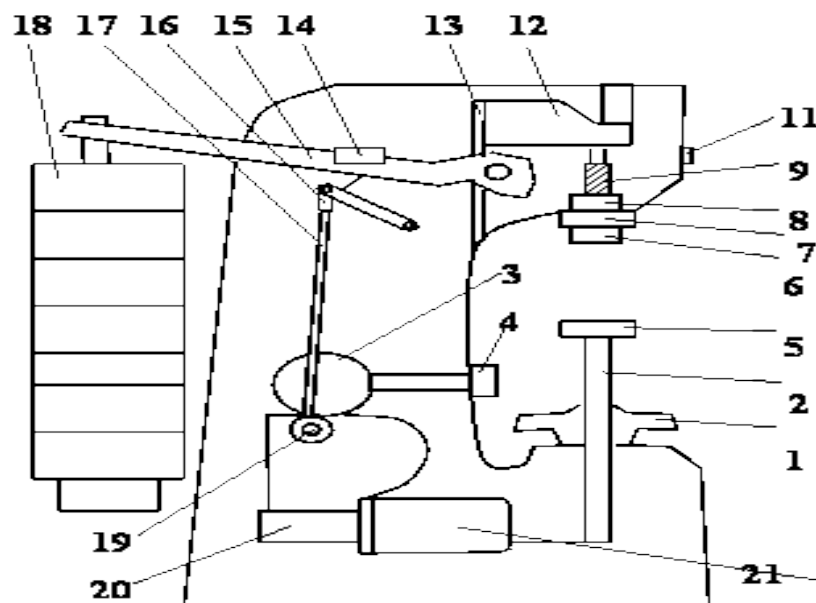


Рис.1. - Схема прибора для определения твердости по Бринеллю

Основными частями прибора являются:

1. Шпиндель 6, в который вставляются сменные инденторы с шариками разного диаметра.
2. Подвеска 18 с набором грузов.
3. Маховик 1, перемещающий опорный столик 5 с образцом в вертикальном направлении.
4. Система рычагов 12, 15, 17-19, передающих нагрузку на испытуемый образец.
5. Электродвигатель 21, обеспечивающий работу прибора.
6. Пульт управления с переключателями режима работы, сигнальными лампами “контроль”, “выдержка”, “сеть”, реле времени.
7. Кнопки “пуск” и “стоп”.

б) Определение твёрдости металла по способу Роквелла и твердомере типа ТК-2.

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.8/16

В Прибор устанавливается алмазный конус с углом 120^0 и грузы 150 кг.

Деталь устанавливается на стол прибора С помощью штурвала подводят деталь к алмазному конусу с углом 120^0 и вращают штурвал до тех пор, пока стрелки индикатора не станут параллельно друг другу. При этом маленькая стрелка станет против красной точки на шкале прибора.

Большую стрелку можно не доводить до 5-ти делений, устанавливая нуль шкалы «С» поворотом индикаторной головки.

Стрелка прибора вращается и по шкале прибора «С» (черная) читаем показания прибора.

При испытании стальным шариком показания читают по шкале «В» (красная).

Измерения производят три раза, затем определяют среднее значение твёрдости.

HRC – алмазным конусом угла 120^0

HRB – стальным закалённым шариком = 1,58 мм.

По среднему показателю твёрдости HRC, пользуясь переводной таблицей, определяют твёрдость по Бринеллю HB .

УСТРОЙСТВО ПРИБОРА РОКВЕЛЛА

На рис.2 приведена принципиальная схема твердомера Роквелла.

Основными его частями являются:

поперечина 1, подвеска 2, шток амортизатора 3, рычаг 4, рукоятка 5, винт 6, крышка 7, рычажок 8, призма 9, шпиндель 10 с закрепленным на его конце индентором, маховик 11 для перемещения образца, шпонка 12, направляющая втулка 13, станина 14, грузы 15, стойка 16, подъемный винт 17, масляный амортизатор 18, пружина 19, индикатор с двумя шкалами – черной (С) и красной (В). При этом с большой стрелкой индикатора всегда совмещается нуль черной шкалы, и ни в коем случае – красной. Барабан для точной установки шкалы индикатора на нуль, электромотор, обеспечивающий работу прибора.

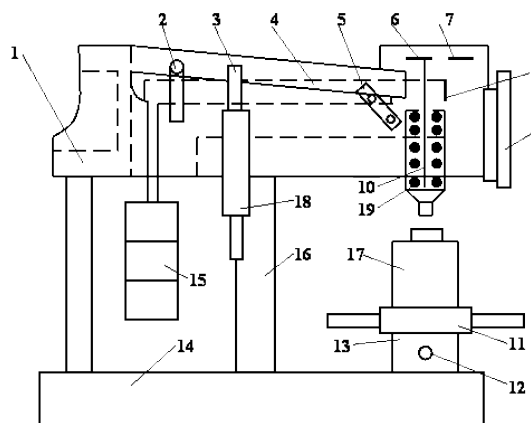


Рис.2. - Прибор для измерения твердости по Роквеллу

Ударная вязкость – способность материалов оказывать сопротивление действию ударных нагрузок.

$$KC = \frac{K}{S},$$

где КС – ударная вязкость;

К – затраченная работа;

S – площадь поперечного сечения образца в месте надреза.

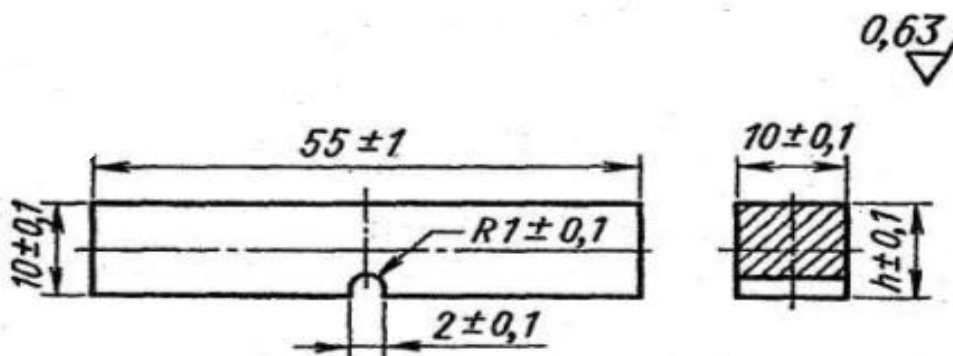


Рисунок 1 – Образец для испытания на ударную вязкость

Примечание:

От качества выполнения надреза зависит точность испытания, поэтому надрез образцов выполняют особенно тщательно (сверлением, фрезерованием или проточкой, шлифовальным кругом). Надрез наносится на образец так, чтобы его ось была перпендикулярно оси образца.

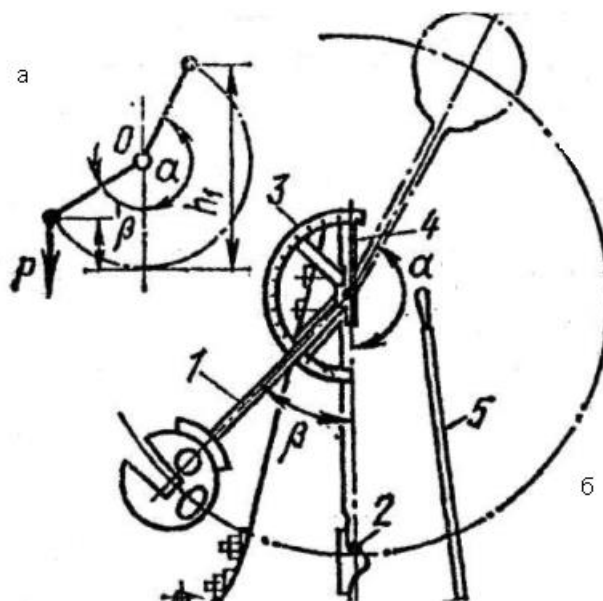


Рисунок – 2

В начале испытания маятник поднимают на угол α в верхнее исходное положение (рисунок 2а) на высоту H (рисунок 2б), затем маятник спускают и он, падая, разрушает помещенный на его пути образец и по инерции отклоняется на угол β . Зная углы α и β по соответствующим таблицам определяют K и KC .

Используемые источники: [1]; [2]; [3].

Задание:

Содержание и порядок выполнения работы:

1. Изучить и зарисовать схемы приборов Бринелля и Роквелла для определения твердости металлов и схему маятникового копра для определения ударной вязкости металлов.
2. Изучить теоретический материал по теме занятия.
3. Заполнить таблицу 1
4. Начертить диаграмму растяжения для стали и указать все характерные точки диаграммы.
5. Оформить отчет

Выводы и предложения:

В результате проделанной работы курсанты должны проанализировать достоинства и недостатки метода Бринелля и метода Роквелла. При этом обратить внимание на то, как отличается твердость черных металлов и сплавов (сталь и

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.11/16

чугун) от цветных (медь, латунь, бронза, дуралюмин и т.д.). Кроме того, необходимо обратить внимание на отличие в твердости чистых металлов и их сплавов.

Содержание отчета:

Наименование практического занятия

Цель занятия

Отчет о выполнении всех пунктов из раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованных источников

Выводы и предложения

Дата и подписи студента и преподавателя

Контрольные вопросы:

1. Что такое твердость металлов (определение)?
2. В каких единицах измеряется твердость по Бринеллю?
3. В каких единицах измеряется твердость по Роквеллу?
4. Зачем необходимо знать твердость металлов?
5. Какой метод измерения твердости металлов вы считаете более удобным (обоснуйте)
6. Какие приборы существуют для измерения твердости металлов.?
7. Тверже или мягче должен быть стальной шарик для проверки твердости, чем исследуемый металл?
8. Какой металл будет тверже сталь или чугун и почему ?
9. Запишите формулу для определения твердости по Бринеллю
10. Как подбирают стальные шарики при испытании по Бринеллю?
12. Как изготавливают образцы для испытаний на твердость?
13. Что такое вязкость металла?
14. Для чего определяют вязкость металлов?
15. В каких единицах измеряется вязкость металлов?
16. Что обозначают цифры в марке маятникового копра МК 30.
17. Для чего служит концентратор напряжений?

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.12/16

Практическое занятие № 2 Микроскопический анализ структуры чугунов и углеродистой стали

Цель: изучение структурных составляющих чугунов, по форме графитовых включений.

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций
ОК 01-02, 04-05, 09, ПК 1.1, ПК 1.3, ПК 1.4

Методические рекомендации

Микроскопический анализ металлов и сплавов заключается в исследовании их структуры с помощью микроскопов. При микроанализе можно определить величину зерна, компоненты структуры, влияние легирующих элементов, качество термообработки, химико-термической обработки и т.д. Исследование микрошлифов производится на металлографическом или электронном микроскопах.

Изучение микроструктуры чугунов производится в равновесном состоянии, т.е. при медленном охлаждении.

За основу принимаются диаграммы: железо-цементит Fe-Fe₃C (относительно устойчивого равновесия), железо-графит Fe-C (абсолютно устойчивого равновесия).

Диаграмма состояния Fe-Fe₃C называется цементной, а диаграмма состояния Fe-C – графитной.

Превращения в сталях (при нагреве и при охлаждении) обычно происходят в соответствии с цементной диаграммой, а превращения в чугунах могут протекать как по цементной, так и по графитной диаграмме.

С помощью микроанализа можно установить связь между микроструктурой и свойствами чугуна. Углерод в чугуне может находиться, как в свободном состоянии, т.е. в виде графита, так и в химическом связанном состоянии в виде цементита – Fe₃C. Графитные включения в чугунах хорошо видны в нетравленных шлифах. Изучение металлической основы производится на травленных микрошлифах.

Белые чугуны

В зависимости от содержания углерода разделяются на доэвтектические (2,0 до 4,3 % C), эвтектические (4,3 % C) и заэвтектические (от 4,3 до 6,67 % C).

Эвтектический белый чугун состоит из ледебурита (при обыкновенной температуре ледебурит состоит из перлита и цементита).

Дозэвтектический белый чугун состоит из ледебурита + перлита + цементита вторичного.

Заэвтектический белый чугун состоит из ледебурита + цементита первичного.

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.13/16

Серые чугуны

Металлическая основа в серых чугунах весьма сходна с основой стали. В зависимости от количества химической связанной углерода различают серые чугуны: ферритный, ферритно-перлитный и перлитный. Графит выделяется в виде пластин.

Перлитный - перлит + пластинчатый графит.

Феррито-перлитный - феррит + пластинчатый графит.

Ковкие чугуны

Металлическая основа ковкого чугуна может быть ферритной и перлитной. Графит в ковких чугунах имеет хлопьевидную форму. Микроструктура ферритного чугуна состоит из феррита + графита, а перлитного ковкого чугуна из перлита + графита.

Высокопрочные чугуны

Высокопрочный чугун представляет из себя серый чугун с округлой (глобулярной) формой графита, получаемый при модификации магнием или хромом. Округлая форма графита определяет наибольшую сплошность металлической основы, а, следовательно, высокую прочность, повышенную пластичность и ударную вязкость. Высокопрочный чугун имеет структуру феррита и перлита с округленными включениями графита.

Микроскопический анализ металлов и сплавов заключается в исследовании их структуры с помощью микроскопов. При микроанализе можно определить величину зерна, компоненты структуры, влияние легирующих элементов, качество термообработки, химико-термической обработки и т.д. Исследование микрошлифов производится на металлографическом или электронном микроскопах.

Микроструктура углеродистых сталей для равновесных состояний характеризуется нижней левой частью диаграммы Fe-Fe₃C. Сплавы с содержанием углерода 0,006-0,8 % называют доэвтектоидными сталями. Сплав с содержанием 0,8 % углерода называется эвтектоидной сталью. Сплавы с содержанием 0,8 % - 2,0 % углерода называются заэвтектоидными сталями.

Характеристика структурных составляющих сталей

Феррит представляет собой твердый раствор углерода в Fe_{α} . При травлении 4-х % раствором азотной кислоты зерна феррита получают светлыми с четкими границами зерен. Механические свойства феррита весьма низкие:

*документ управляется программными средствами 1С Коллеж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Коллеж*

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.14/16

80 НВ

$G_B \approx 250 \text{ МПа}$.

Перлит. Перлитом называют механическую смесь феррита и цементита вторичного, являющейся продуктом распада медленно охлаждаемого аустенита. Концентрация углерода в перлите составляет 0,8 %. Механические свойства перлита зависят от величины и формы цементита вторичного.

160-220 НВ

$G_B \approx 600-1300 \text{ МПа}$

Цементит представляет собой химическое соединение железа с углеродом Fe_3C . Цементит весьма хрупок и тверд. Цементит входит в структуру заэвтектоидной стали.

Используемые источники: [1]; [2]; [3].

Содержание и порядок выполнения работы:

1. Изучить структуру чугунов: белых, серых, ковких и высокопрочных и углеродистых сталей в равновесном состоянии.
2. Зарисовать структуры изучаемых чугунов и углеродистых сталей.
3. Под каждым рисунком дать наименование чугуна и углеродистых сталей с обозначением структуры.
4. Начертить диаграмму Fe- Fe_3C , указать на диаграмме исследуемые стали, проводя вертикальные линии, охарактеризовать структурные составляющие исследуемых сталей. Построить кривые охлаждения исследуемых сталей.
5. Дать характеристику основной металлической структуры образцов из серого чугуна и углеродистых сталей.
6. Оформить отчет.

Выводы и предложения:

В результате проделанной работы курсанты должны проанализировать строение чугунов и углеродистых сталей и сделать вывод о применении различных марок чугуна и углеродистых сталей.

Содержание отчета:

Наименование практического занятия

Цель занятия

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.15/16

Отчет о выполнении всех пунктов из раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованных источников

Выводы и предложения

Дата и подписи студента и преподавателя

Контрольные вопросы:

1. Сколько углерода содержится в чугуне?
2. Как различают чугуны по форме графитовых включений ?
3. Как различаются свойства чугуна от формы графитовых включений?
4. Расшифровать марку чугуна СЧ 20, КЧ55-4.
5. Объясните пластическую и упругую деформацию.
6. Понятие о сплаве. Природа сплавов: химическое соединение, механическая смесь, твердый раствор компонентов.
7. Рассмотреть диаграмму Fe-Fe₃C.
8. Начертите диаграмму растяжения мягкого материала. Укажите основные характеристики точки.
9. Построить кривую охлаждения сплава: сталь 15.
10. Построить кривую охлаждения сплава: сталь У10.
11. Построить кривую охлаждения сплава: сталь У12.
12. Построить кривую охлаждения сплава: сталь 45.
13. Построить кривую охлаждения сплава: сталь У7.

МО-26 02 05-ОП.04.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.16/16

Используемые источники литературы

Виды источников	Наименование рекомендуемых учебных изданий
Основные	Черепяхин, А. А. Материаловедение : учебник / А. А. Черепяхин, В. А. Кузнецов, И. И. Колтунов. - Москва : КноРус, 2023. - 237 on-line. - (Среднее профессиональное образование).
Дополнительные , в т.ч. курс лекций по учебной дисциплине, методические пособия и рекомендации для выполнения практических занятий и самостоятельных работ	Адашкин А.М., Зуев М.В. Материаловедение. М., ОИЦ Академия, 2008. Кобелев В.А., Шаронов М.А., Кобелев О.А., Шаронова В.П. Материаловедение. Технология композиционных материалов. [Электронный ресурс] – М.: КНОРУС, 2016.
Электронные образовательные ресурсы	1. ЭБС «Book.ru», https://www.book.ru 2. ЭБС «ЮРАЙТ» https://www.biblio-online.ru 3. ЭБС «Академия», https://www.academia-moscow.ru 4. Издательство «Лань», https://e.lanbook.com 5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», https://www.biblioclub.ru