

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 18.10.2023 18:36:53
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

Приложение 2

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине

«Материаловедение»

Специальность
**23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей,
систем и агрегатов автомобилей**

Уровень профессионального образования
Среднее профессиональное образование

Квалификация выпускника
Специалист

Форма обучения
Очная

Рязань 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	3
1. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	5
3. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РАБОТ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОП 04. «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ».....	8
4. ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ	8
Практическая работа № 1	10
Практическая работа № 2	20
Практическая работа № 3	30
Практическая работа № 4	36
Практическая работа № 5	43
Практическая работа № 7	55
Практическая работа № 8	60
Практическая работа № 9	68
Лабораторная работа № 1	77
Лабораторная работа № 2	82
Лабораторная работа № 3	86
Лабораторная работа № 4	95
5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	98

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью данных методических указаний по дисциплине Материаловедение является проведение практических и лабораторных занятий и овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю изучаемой дисциплины, закрепление и систематизация знаний, формирование умений и навыков и овладение опытом творческой, исследовательской деятельности.

Практические и лабораторные работы направлены на освоение следующих практических умений и знаний согласно требованиям ФГОС СПО специальности 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей, рабочей программы дисциплины «Материаловедение».

Уметь:

- распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- определять виды конструкционных материалов;
- выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации;
- проводить исследования и испытания материалов;
- рассчитывать и назначать оптимальные режимы резанья.

Знать:

- закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;
- классификацию и способы получения композиционных материалов;
- принципы выбора конструкционных материалов для применения в производстве;
- строение и свойства металлов, методы их исследования;
- классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения;
- методику расчета и назначения режимов резания для различных видов работ.

Целью выполнения практических и лабораторных работ студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю специальности, опытом творческой деятельности.

В процессе подготовки специалиста главным является не усвоение готовых знаний, а формирование у него способностей самостоятельно добывать знания, творчески их использовать на основе известных или вновь созданных способов и средств деятельности. В связи с этим обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения.

Методические указания по проведению практических и лабораторных работ содержат теоретическую часть, которая кратко представляет основной материал, необходимый для освоения коммуникативных умений и знаний; практические задания; контрольные вопросы для самопроверки.

Методические указания по проведению практических и лабораторных работ могут быть использованы студентами для самостоятельной работы, преподавателями на учебных занятиях по материаловедению.

К выполнению практической работы необходимо подготовиться до начала учебного занятия.

При подготовке к практической работе используйте рекомендованную литературу, предложенную в данных методических указаниях, конспекты лекций.

К выполнению работы допускаются студенты, освоившие необходимый теоретический материал.

Выполняя предложенные задания, пишите орфографически и стилистически грамотно, четко и кратко в рабочей тетради по материаловедению.

По окончании выполнения практической и лабораторной работы проверьте себя, ответив на контрольные вопросы для самопроверки.

Если практическая или лабораторная работа не сдана в указанные сроки (до выполнения следующей практической) по неуважительной причине, оценка снижается.

Результатом освоения рабочей программы учебной дисциплины ОП 4. «Материаловедение» является овладение обучающимися видом профессиональной деятельности в том числе общими и профессиональными компетенциями (ОК и ПК).

ОК 1.	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.
ОК 2.	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.
ОК 5.	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста
ОК 10.	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.
ПК 1.1	Осуществлять диагностику систем, узлов и механизмов автомобильных двигателей
ПК 1.2	Осуществлять техническое обслуживание автомобильных двигателей согласно технологической документации
ПК 1.3	Проводить ремонт различных типов двигателей в соответствии с технологической документацией
ПК 3.2	Осуществлять техническое обслуживание трансмиссии, ходовой части и органов управления автомобилей согласно технологической документации
ПК 3.3	Проводить ремонт трансмиссии, ходовой части и органов управления автомобилей в соответствии с технологической документацией
ПК 4.1	Выявлять дефекты автомобильных кузовов
ПК 4.2	Проводить ремонт повреждений автомобильных кузовов
ПК 4.3	Проводить окраску автомобильных кузовов
ПК 6.2	Планировать взаимозаменяемость узлов и агрегатов автотранспортного средства и повышение их эксплуатационных свойств
ПК 6.3	Владеть методикой тюнинга автомобиля

ПК 7.1	Определять техническое состояние систем, агрегатов и узлов автомобилей
ПК 7.2	Демонтировать системы, агрегаты и узлы автомобилей и выполнять комплекс работ по устранению неисправностей
ПК 7.3	Собирать, регулировать и испытывать системы, агрегаты и узлы автомобилей

1. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины Материаловедение осуществляется преподавателем в процессе проведения тестирования, выполнения индивидуальных заданий внеаудиторных самостоятельных работ. Критериями оценки результатов работы студента являются: обоснованность и четкость изложения ответа на поставленные вопросы, оформление учебного материала в конспекте.

Формы контроля

В процессе изучения дисциплины предусмотрены следующие формы контроля по овладению общекультурными и профессиональными компетенциями: текущий, промежуточный контроль и экзамен, контроль самостоятельной работы студентов, аттестация остаточных знаний студентов по дисциплине «Материаловедение».

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в виде устного опроса студентов на практических занятиях, в виде письменных проверочных работ по текущему материалу, а так же в виде сетевого тестирования в рамках контрольных точек, проводимых в соответствии с графиками учебного процесса. Устные ответы и письменные работы студентов оцениваются по пятибалльной шкале. Оценки доводятся до сведения студентов.

Промежуточный контроль осуществляется в форме итоговой аттестации в конце семестра.

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется в течение всего семестра. Преподаватель самостоятельно определяет формы контроля самостоятельной работы студентов в зависимости от содержания разделов и тем, выносимых на самостоятельное изучение. Такими формами могут являться: тестирование, презентации, проектные технологии, рефераты, контрольные работы.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Требования к оформлению практических и лабораторных занятий определено методической комиссией в соответствии со спецификой содержания дисциплин.

Итог по практическим и лабораторным занятиям рекомендуется оформлять в письменном виде.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ

ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы, практические занятия и их объемы, определяются рабочими учебными планами.

При проведении лабораторных работ и практических занятий учебная группа согласно требованиям ФГОС СПО, может делиться на подгруппы численностью не менее 10 человек.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что в ходе выполнения заданий у обучающихся формируются практические умения и навыки обращения с различными приборами, инструментами, приспособлениями, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки. Также формируются исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием практических занятий являются:

- решение ситуационных производственных задач;
- выполнение вычислений, расчетов, чертежей;
- работа с измерительными приборами, оборудованием, аппаратурой;
- работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками;
- составление проектной, плановой и другой технической и специальной документации и др.

При разработке содержания практических занятий следует учитывать, чтобы в совокупности с учебной дисциплиной они охватывали весь круг профессиональных умений, на формирование которых ориентирована данная дисциплина, а в совокупности со всеми учебными дисциплинами – охватывали всю профессиональную деятельность, к которой готовится будущий специалист.

На практических занятиях студенты овладевают профессиональными первоначальными умениями и навыками, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе курсового проектирования и производственной (профессиональной) практики.

Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать теоретические знания на практике.

Содержание лабораторных работ и практических занятий фиксируется в примерных и рабочих программах дисциплин.

Состав заданий для лабораторной работы или практического занятия должен быть спланирован с расчетом того, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством обучающихся. Количество часов, отводимых на лабораторные работы и практические занятия, фиксируется в тематических планах рабочих учебных программ.

Требования к организации и проведению лабораторных работ и практических занятий.

Лабораторная работа, как вид учебного занятия, должна проводиться в специально оборудованных учебных лабораториях. Продолжительность – не менее 2-х академических часов. Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельности обучающихся, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов лабораторной работы.

Практическое занятие должно проводиться в учебных кабинетах или специально оборудованных аудиториях (н/п компьютерных классах). Продолжительность занятия не менее 2-х академических часов. Необходимыми структурными элементами практического занятия, помимо самостоятельности обучающихся, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также анализ и оценка выполненных работ и степень овладения обучающимися запланированными умениями.

Выполнению лабораторных работ и практических занятий предшествует проверка знаний обучающихся (актуализация опорных знаний) – их теоретической готовности к выполнению задания (опрос).

Лабораторные работы и практические занятия могут носить репродуктивный, частично- поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, инструменты, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие поисковый характер, отличаются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

При планировании лабораторных работ и практических занятий необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично – поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации на лабораторных и практических занятиях: фронтальная, групповая, и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется группами по 2 – 5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

1.4. Требования к оформлению лабораторных работ и практических занятий.

Оценки за выполнение лабораторных работ и практических занятий могут выставляться по пятибалльной системе и учитываться как показатели текущей успеваемости обучающихся.

3. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РАБОТ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОП 04. «Материаловедение»

Критерии оценки при выполнении лабораторных и практических работ, устных опросов и самостоятельной работы:

- оценка **«отлично»** выставляется студенту, если даны в полном объеме ответы на вопросы с достаточными пояснениями и ответами на дополнительные вопросы;

- оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если даны ответы в полном объеме, но не даны достаточные пояснения, имеются отдельные неточности, допустимые погрешности в ответе при сохранении верного направления в ответе;

- оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если даны ответы на вопросы поверхностные с существенными ошибками;

- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если не ответил на вопросы или отвечал не правильно, так как не владеет информацией по предложенным дополнительным вопросам темы.

Критерии оценки при выполнении контрольных работ:

«Отлично» - если студент глубоко и прочно усвоил программный материал учебной дисциплины, исчерпывающе, грамотно и логически верно отвечает на поставленные вопросы, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

«Хорошо» - если студент твердо знает программный материал учебной дисциплины, грамотно и по существу отвечает на поставленные вопросы, не допускает существенных неточностей в ответах, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми знаниями и навыками при выполнении практических заданий.

«Удовлетворительно» - если студент усвоил только основную часть программного материала учебной дисциплины, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, дает недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

«Неудовлетворительно» - если студент не знает значительной части программного материала учебной дисциплины, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.

4. ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Практическая работа №1 «Исследование структуры железоуглеродистых сплавов, находящихся в равновесном состоянии.»

Практическая работа № 2 «Расшифровать марки материалов»

Практическая работа № 3 со справочной литературой и методической литературой: Подобрать марки сплавов для изготовления деталей машин, в зависимости от условий работы»

По теме 1.2. Сплавы железа с углеродом .

Трудоемкость – 2 часа

Практическая работа № 4 «Исследование микроструктуры цветных металлов и сплавов на их основе»

Практическая работа № 5 «Расшифровка марок цветных металлов и сплавов»

По Теме 1.4 Цветные металлы и сплавы.

Трудоемкость – 1 час

Практическая работа № 6 «Определение видов пластмасс и их ремонтпригодности. Определение строения и свойств композитных материалов»

По теме 2.1. Пластмассы, антифрикционные, композитные материалы.

Трудоемкость – 1 час

Практическая работа № 7«Устройство автомобильных шин»

По теме 2.4. Резиновые материалы.

Трудоемкость – 1 час

Практическая работа № 8 «Подбор лакокрасочных материалов в зависимости. Способы нанесения лакокрасочных материалов на металлические поверхности»

По теме 2.5. Лакокрасочные материалы

Трудоемкость – 1 час

Практическая работа № 9 «Расчёт режимов резания при механической обработке на различных станках»

По теме 3.1 Способы обработки материалов.

Трудоемкость – 1 час

Лабораторная работа № 1

«Испытания образцов на твёрдость по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу.»

По теме 1.1. Строение и свойства машиностроительных материалов
Трудоемкость – 2 часа

Лабораторная работа № 2
«Термическая обработка углеродистой стали- закалка и отпуск».
По теме 1.3 Обработка деталей из основных материалов
Трудоемкость – 2 часа

Лабораторная работа № 3
«Химико - термическая обработка легированной стали».
По теме 1.3 Обработка деталей из основных материалов
Трудоемкость – 2 часа

Лабораторная работа № 4
«Определение качества бензина, дизельного топлива.
Определение качества пластичной смазки».
По теме 2.2. Автомобильные эксплуатационные материалы
Трудоемкость – 2 часа

Практическая работа № 1

«Исследование структуры железоуглеродистых сплавов, находящихся в равновесном состоянии»

Цель занятия: сформировать у студентов необходимый набор знаний о диаграмме «Железо - цементит» и ее структурных составляющих. Научиться строить кривую охлаждения с определением химического состава фаз и их массы.

Содержание занятия:

1. Изучить диаграмму состояния «Fe-Fe₃C» (рисунок 1).
2. Выполнение задания осуществляется в соответствии с заданным вариантом согласно табл. 1. Для выполнения задания необходимо:
 - вычертить диаграмму состояния «железо-цементит» строго в масштабе;
 - указать структурные составляющие и фазы во всех областях диаграммы;
 - описать превращения и построить кривую охлаждения с применением правила фаз для сплава, содержащего $C\%$ углерода (см. табл.2), объяснить физическую природу хода этой кривой.
Для заданного сплава:
 - указать его название и определить химический состав фаз и их массу в процентах при температуре $t, ^\circ C$ (см. табл.2);
 - определить микроструктуру этого сплава при комнатной температуре и изобразить её схематически .

3. Сделать основные выводы по работе и подготовить устные ответы на контрольные вопросы.

Таблица 1– Варианты к заданию

Номер варианта	Параметры задачи		Номер варианта	Параметры задачи	
	$C, \%$	$t, ^\circ C$		$C, \%$	$t, ^\circ C$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	0,095	760	38	2,00	740
2	0,12	1510	39	2,05	1200
3	0,16	800	40	2,10	1300
4	0,20	740	41	2,15	900
5	0,25	700	42	2,20	728
6	0,30	800	43	2,25	1300
7	0,35	750	44	2,30	950
8	0,45	600	45	2,35	1200
9	0,55	1480	46	2,40	1150
10	0,6	710	47	2,45	1000
11	0,65	750	48	2,50	900
12	0,7	600	49	2,55	1050
13	0,75	1460	50	2,60	650
14	0,8	650	51	2,65	950
15	0,85	1400	52	2,70	1250
16	0,9	700	53	2,75	1000
17	0,95	730	54	2,80	1200
18	1,00	800	55	2,85	900
19	1,05	1400	56	2,90	700
20	1,10	700	57	3,00	600
21	1,15	1350	58	3,05	1150
22	1,20	750	59	3,10	1000
23	1,25	650	60	3,15	900
24	1,30	800	61	3,20	800
25	1,35	1300	62	3,25	1150
26	1,40	750	63	3,30	850
27	1,45	1300	64	3,35	1100
28	1,50	850	65	3,40	1000
29	1,55	600	66	3,45	950
30	1,60	800	67	3,50	900
31	1,65	1300	68	3,55	600
32	1,70	700	69	3,60	700
33	1,75	850	70	3,65	800
34	1,80	1300	71	3,70	1150
35	1,85	700	72	3,75	1100
36	1,90	900	73	3,80	1000
37	1,95	1250	74	3,85	600

Краткое руководство:

Диаграмма состояния «железо-цементит» характеризует фазовый состав железоуглеродистых сплавов (сталей и чугунов) в равновесном состоянии, т.е. при медленном охлаждении, когда в сплавах успевают произойти диффузионные процессы, сопровождающиеся фазовыми превращениями.

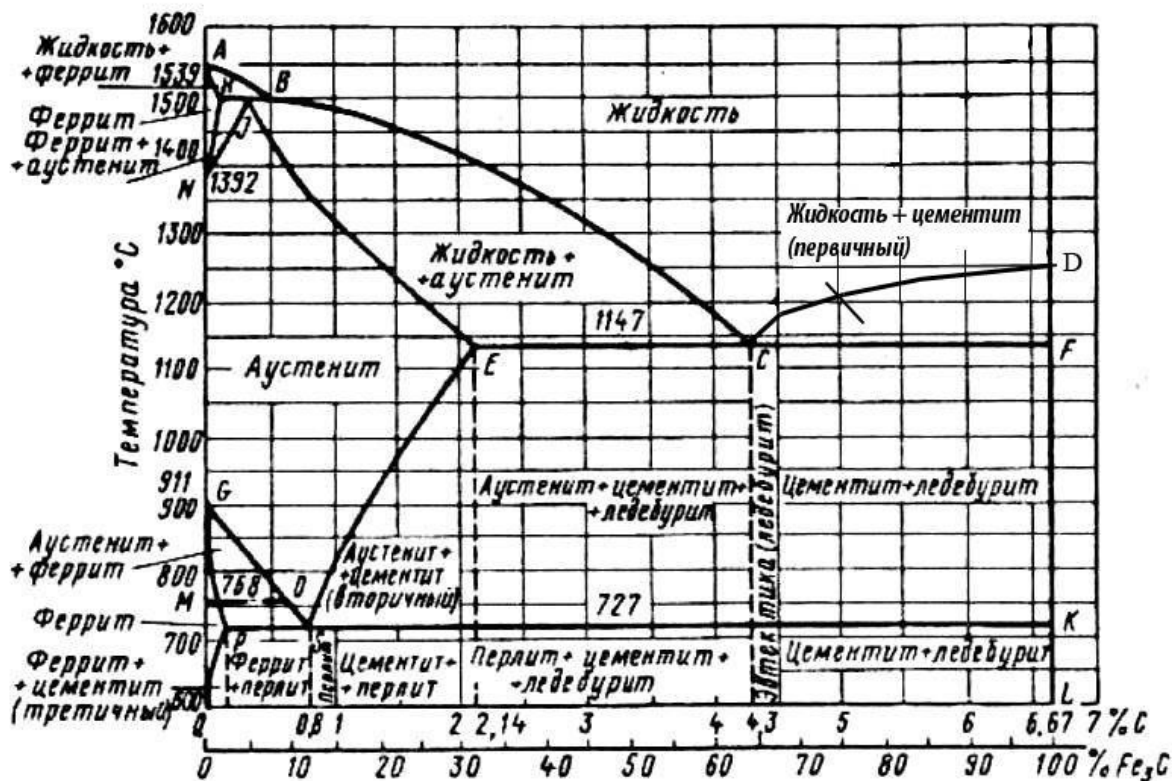


Рисунок 1- Диаграмма состояния «Fe-Fe₃C»

Таблица 2- Узловые точки диаграммы «железо-цементит»

Обозначение	Координаты точки			Примечания
	C, %	Fe ₃ C, %	t, °C	
A	0	0	1539	Точка плавления чистого железа
H	0,1	1,5	1499	Предельная концентрация углерода в высокотемпературном феррите
J	0,16	2,4	1499	Концентрация углерода в аустените при перитектическом превращении
B	0,51	7,6	1499	Концентрация углерода в жидком сплаве при перитектическом превращении
N	0	0	1392	Точка высокотемпературного $\gamma \leftrightarrow \alpha$ превращения железа

D	6,67	100	1260 1550	Точка плавления чистого цементита (данные разнятся)
E	2,14	32,1	1147	Предельная концентрация углерода в аустените
C	4,3	64,5	1147	Эвтектическая точка сплава
F	6,67	100	1147	Правый конец эвтектической линии ECF
G	0	0	911	Точка низкотемпературного $\gamma \leftrightarrow \alpha$ превращения железа
P	0,02	0,3	727	Предельная концентрация углерода в низкотемпературном феррите
S	0,8	12,0	727	Эвтектоидная точка сплава
K	6,67	100	727	Правый конец эвтектоидной линии PSK
Q	0,00 6	0,09	500	Минимальная растворимость углерода в низкотемпературном феррите
L	6,67	100	500	Нижний конец вертикали цементита DFKL

Оси диаграммы состояния:

ось абсцисс имеет двойную маркировку: в массовых долях углерода (0-6,67%); в массовых долях цементита (0-100%).

ось ординат промаркирована в градусах Цельсия (600-1539°C), начало оси ординат диаграммы состояния со значением температуры 600 градусов связано с тем, что до 600°C в Fe-C сплавах не наблюдаются фазовые превращения.

Линии диаграммы состояния:

ликвидус ABCD;

солидус ANJECF;

перекристаллизация (полиморфные превращения) HN, JN, GS, GP;

изотермические превращения: HJB (перитектическое), ECF (эвтектическое), PSK (эвтектоидное).

Таблица 3- Фазы и структурные составляющие Fe-C сплавов

Термин	Определение, характеристика
Феррит	Феррит ($Fe\alpha(C)$, Φ) – твердый раствор углерода в α -железе. Φ . существует в сплавах при температуре

	ниже 727°C. При 727°C Ф. содержит 0,02% углерода, при 20°C – 0,006% углерода.
Аустенит	Аустенит (Fe γ (C), A) – твердый раствор углерода в γ -железе. А. существует в сплавах при температуре выше 727°C. При 727°C А. содержит 0,8%С, при 1147°C – 2,14%С.
Цементит	Цементит (Fe ₃ C, Ц) – карбид железа, химическое соединение. При всех температурах существования Ц. содержит 6,67%С. В зависимости от условий образования различают три вида Ц. : первичный Ц , образующийся из жидкой фазы в виде игольчатых кристаллов, вторичный ЦII , третичный ЦIII , образующийся из твёрдой фазы в виде сетки.
Ледебурит	едебурит (Л=A+Ц) – механическая смесь аустенита и цементита (эвтектика). Л. содержит 4,3% С. При температуре ниже 727°C аустенит ледебурита распадается на перлит и цементит.
Перлит	Перлит (П=Ф+Ц) – механическая смесь феррита и цементита (эвтектоид). П. содержит 0,8%С. П. имеет постоянный фазовый состав: П=0,88Ф+0,12Ц.

Таблица 4. Структурная классификация железоуглеродистых сплавов

С,%	Название сплава	Структура при комнатной температуре	Применение сплавов
0,006 – 0,02	Техническое железо	Ф+ЦIII	Сердечники трансформаторов
0,02 – 0,8	Доэвтектоидная сталь	Ф+П	Полуфабрикаты для деталей машин и конструкций
0,8 – 2,14	Заэвтектоидная сталь	П+ЦII	Режущий, деформирующий и мерительный инструмент
2,14 – 4,3	Доэвтектический (конструкционный) чугун	1. Ферритная – Ф+Г 2. Ферритно-перлитная Ф+П+Г 3. Перлитная – П+Г	Фасонные отливки
4,3 – 6,67	Заэвтектический чугун	(П+Ц)+ЦI	Исследовательские сплавы
Примечания:			

1. Сокращения: $\Phi = \text{Fe} \square (\text{C})$ – феррит; $\text{П} = (\Phi + \text{П})$ – перлит; ЦI, ЦII, ЦIII – цементит (первичный, вторичный, третичный).
2. Структура конструкционных чугунов характеризуется структурой матрицы и формой графитных включений (пластинчатый, хлопьевидный и шаровидный графит).

Пример выполнения:

Номер варианта	Содержание углерода, %	Температура, °С
	5,5	950

Диаграмма состояния «железо-цементит» с указанием всех фаз и структурных составляющих приведена на рис. А.1.

Проанализируем процессы, происходящие в заданном железоуглеродистом сплаве при охлаждении, и построим кривую охлаждения в координатах «температура – время». Проведем на диаграмме вертикальную линию, соответствующую концентрации заданного сплава 5,5 % С. Точки пересечения вертикали с линиями диаграммы являются критическими для данного сплава. Температуры критических точек равны 1220 °С; 1147 °С; 727 °С. Рассматриваемый сплав относится к заэвтектическим белым чугунам.

При построении кривой охлаждения воспользуемся уравнением правила фаз Гиббса (математическим выражением условия равновесия системы):

$$C = K - \Phi + 1,$$

где C – число степеней свободы (переменных факторов);

K – число компонентов, т.е. веществ, образующих систему;

Φ – число фаз, существующих при определенных условиях.

В температурном диапазоне 1-2 сплав находится в однофазном жидком состоянии и охлаждается с определенной скоростью. Число степеней

свободы $C = 2 - 1 + 1 = 2$, что допускает изменение двух факторов (температуры и концентрации) без нарушения фазового состояния.

При температуре ниже $1220\text{ }^{\circ}\text{C}$ из жидкого раствора кристаллизуется цементит первичный, и выделяющаяся при этом теплота кристаллизации уменьшает скорость охлаждения, что отражается на угле наклона кривой охлаждения. Участок кривой охлаждения 2-3 становится более пологим. Число степеней свободы $C = 2 - 2 + 1 = 1$, что допускает возможность изменения только одного фактора (температуры). При этом содержание углерода в жидкости при охлаждении в температурном диапазоне 2-3 будет изменяться по линии CD и при достижении $1147\text{ }^{\circ}\text{C}$ составит $4,3\%$.

При температуре $1147\text{ }^{\circ}\text{C}$ сплав претерпевает эвтектическое превращение. Жидкость с $4,3\%$ C превращается в эвтектическую механическую смесь цементита и аустенита – ледебурит. Поскольку при этом в сплаве существуют три фазы (жидкость, цементит и аустенит), то число степеней свободы $C = 2 - 3 + 1 = 0$, что не допускает изменения температуры и концентрации. На кривой охлаждения появляется горизонтальный участок, соответствующий эвтектическому превращению.

При охлаждении в температурном диапазоне 3-4 до температуры $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ (точка 4) из аустенита, входящего в состав ледебурита, выделяется цементит вторичный, и содержание углерода в аустените уменьшается по линии ES от $2,14\%$ C до $0,8\%$ C. Число степеней свободы $C = 2 - 2 + 1 = 1$, и процесс охлаждения проходит без изменения числа фаз.

При температуре $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сплаве происходит эвтектоидное превращение, аустенит с содержанием $0,8\%$ C превращается в эвтектоидную механическую смесь феррита и цементита – перлит. Число степеней свободы $C = 2 - 3 + 1 = 0$, и превращение происходит при постоянной температуре.

При охлаждении сплава от $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ до комнатной температуры из феррита, входящего в состав перлита, будет выделяться цементит третичный. Число степеней свободы $C = 2 - 2 + 1 = 1$, и процесс охлаждения проходит без изменения числа фаз.

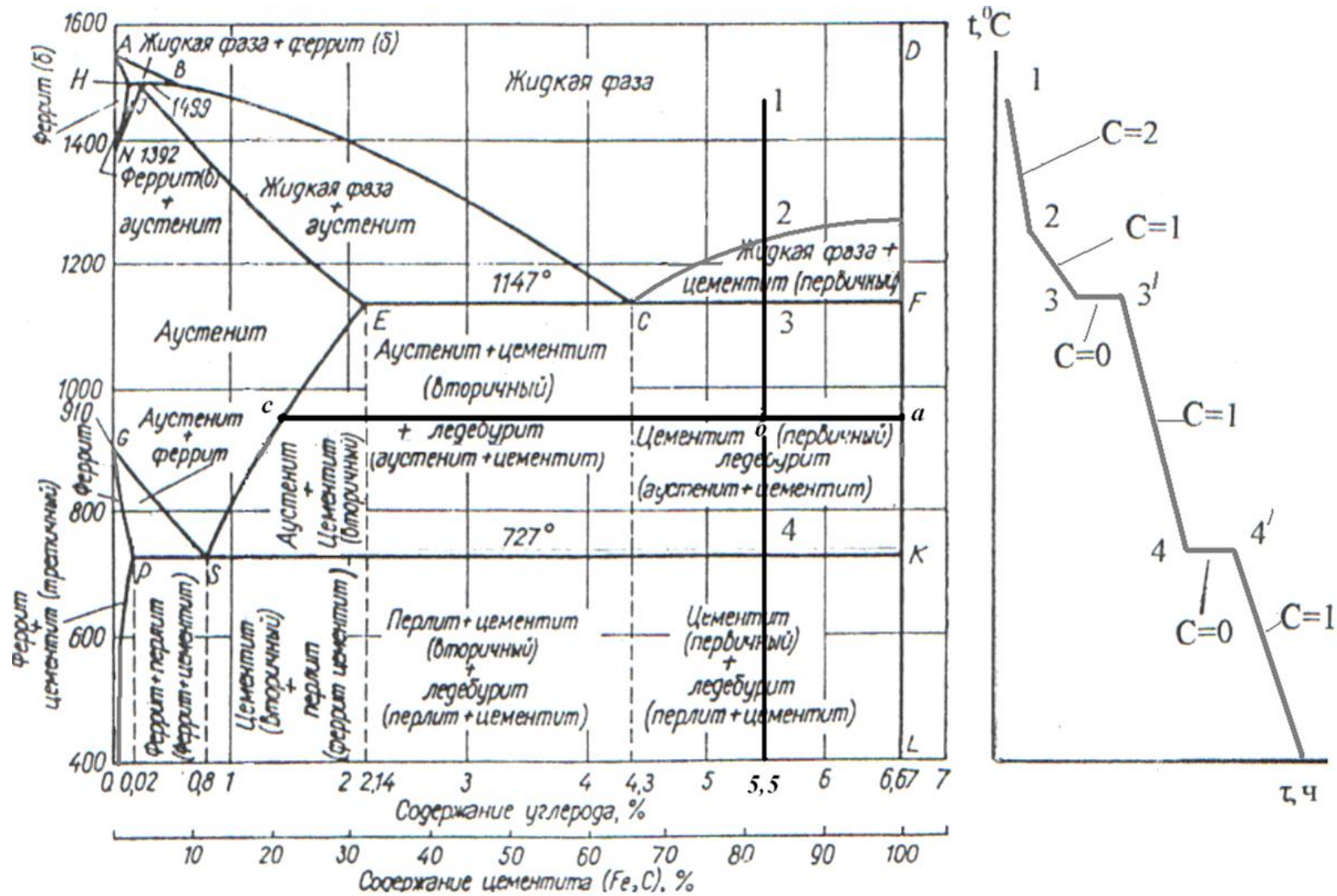


Рисунок А.1 – Диаграмма Fe – Fe₃C

Для определения химического состава фаз и их массы (в процентах по отношению к массе сплава) необходимо провести коноду при заданной температуре 950°C (точка *б* на рис. А1). Тогда точки пересечения коноды с линиями диаграммы (*с* и *а* на рис. А1) при проектировании их на ось концентрации покажут химический состав соответствующих фаз. Количество углерода в аустените 0,9 %, количество углерода в цементите – 6,67 %.

Масса аустенита составит:

$$q_A = q \frac{ab}{ac} = 100 \frac{6,67 - 5,50}{6,67 - 0,9} = 20\% .$$

Масса цементита составит:

$$q_{Ц} = q \frac{bc}{ac} = 100 \frac{5,50 - 0,9}{6,67 - 0,9} = 80\% .$$

Сплав, содержащий 5,5 % С, называется заэвтекктическим белым чугуном. При комнатной температуре структура рассматриваемого сплава будет состоять из ледебурита и цементита первичного. Схематическое изображение структуры представлено на рис. А.2.

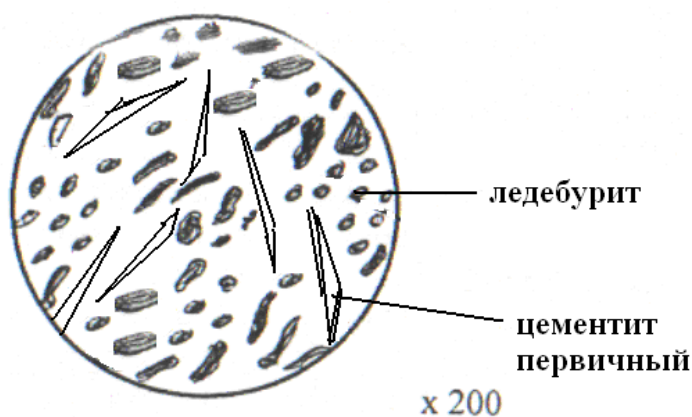


Рисунок А.2 – Схема структуры заданного сплава при комнатной температуре

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое феррит?
2. Что такое аустенит?

3. Что такое цементит ?
4. Что такое ледебурит ?
5. Что такое перлит ?
6. Что такое техническое железо?
7. Что такое доэвтектоидная сталь ?
8. Что такое заэвтектоидная сталь ?
9. Что такое доэвтектический чугун ?
10. Что такое заэвтектический чугун ?
11. Назовите фазовый состав доэвтектоидной стали.
12. Назовите фазовый состав заэвтектоидной стали.
13. Назовите фазовый состав доэвтектического чугуна.
14. Назовите фазовый состав заэвтектического чугуна.

Практическая работа № 2

«Расшифровка различных марок сталей и чугунов»

Цель занятия: Изучить маркировку сталей и чугунов, научиться определять состав стали и механические свойства чугуна, а также определять химический состав легированной стали без использования справочной литературы. Изучить основное назначение различных марок сталей.

Содержание занятия:

Выполнение задания осуществляется в соответствии с заданным вариантом согласно табл. 5. При выполнении задания необходимо:

а) для марок сталей:

– указать состав стали, исходя из марочного обозначения (без использования справочной литературы), ее качество, структурный класс в равновесном состоянии, общее назначение;

б) для марок чугунов:

– указать вид чугуна, его механические свойства, форму графита, для легированного чугуна указать легирующие элементы и их количество.

Маркировка легированных осуществляется в соответствии с заданным вариантом согласно табл. 6. Для каждой из пяти марок сталей, заданных в индивидуальном задании, указать:

– структурный класс стали в отожженном состоянии;

– химический состав, исходя из марочного обозначения;

– назначение

Таблица 5– Варианты к заданию

Но- мер вар.	Марка сплава				
	2	3	4	5	6
1	Ст2кп	10	15Л-1	СЧ30	ЧХ9
2	Ст3кп	10кп	20Л-11	СЧ35	АЧВ-1
3	Ст1кп	35	25Л-1	КЧ30-6	ЧХ22
4	Ст2кп	10пс	30Л-111	ВЧ60	ЧХ32
5	Ст3пс	0,5кп	35Л-11	ВЧ70	ЧХ1
6	Ст1пс	0,8	40Л-1	ВЧ80	ЧХ2
7	Ст3сп	15кп	45Л-11	КЧ33-8	АЧВ-2
8	Ст4кп	65	50Л-111	ВЧ35	ЧХ16
9	Ст2пс	25	55Л-11	ВЧ45	ЧХ28
10	Ст1пс	45	А40Г	ВЧ40	ЧС5

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6
11	Ст1кп	15пс	АС14	ВЧ50	ЧЮХШ
12	Ст2сп	У7	А35Е	ЧВГ300-3	АЧК-2
13	Ст1сп	У11	А12Е	КЧ35-10	ЧС13
14	Ст3пс	У13	А30	СЧ15	ЧЮ6С5
15	Ст1пс	У8А	А20	КЧ63-2	АЧС-6
16	Ст1кп	0,8кп	15Л-11	ВЧ35	ЧЮ30
17	Ст5пс	20	20Л-111	ВЧ100	ЧЮ22Ш
18	Ст6сп	30	25Л-11	СЧ10	ЧН15Д7
19	Ст4пс	50	30Л-11	КЧ37-12	АЧС-1
20	Ст5сп	У9	35Л-1	СЧ25	ЧС15
21	Ст3сп	20	40Л-11	КЧ35-10	ЧХ22
22	Ст5пс	10	45Л-1	ВЧ40	ЧХ32
23	Ст6сп	0,5пс	50Л-11	СЧ30	АЧС-2
24	Ст5сп	50	55Л-111	КЧ 45-7	ЧХ1
25	Ст6сп	15пс	А40Г	ВЧ45	ЧХ2
26	Ст4кп	60	АС14	СЧ10	ЧЮХШ
27	Ст4сп	У9А	А35Е	КЧ50-5	АЧС-3
28	Ст1пс	10	А12Е	СЧ35	ЧЮ30
29	Ст1сп	10кп	А30	ВЧ50	ЧЮ22Ш
30	Ст3кп	35	А20	КЧ55-4	ЧН15Д7
31	Ст0	10пс	15Л-111	КЧ65-3	АЧК-1
32	Ст4сп	0,5кп	20Л-1	ЧВГ350-2	ЧХ16
32	Ст2кп	0,8	25Л-111	СЧ20	ЧХ28
33	Ст3кп	15кп	30Л-1	ВЧ70	ЧС5
34	Ст1кп	60	35Л-1	КЧ60-3	ЧЮХШ
35	Ст2кп	25	40Л-111	ВЧ60	ЧС15
36	Ст3пс	45	45Л-1	ВЧ100	АЧС-4
37	Ст1пс	15пс	50Л-11	СЧ25	ЧХ22
38	Ст3сп	У7	55Л-1	ВЧ80	ЧХ32
39	Ст4кп	У11	А40Г	КЧ70-2	ЧХ1
40	Ст2пс	У13	АС14	ВЧ35	ЧХ2
41	Ст1пс	У8А	А35Е	СЧ35	АЧС-5
42	Ст1кп	0,8кп	А12Е	КЧ80-1,5	ЧН15Д3Ш
43	Ст2сп	20	А30	ВЧ50	ЧН19Х3 Ш
44	Ст1сп	10	А20	ЧВГ400- 1,5	ЧН11Г7Ш
45	Ст3пс	10кп	15Л-11	КЧ35-10	ЧХ9

46	Ст1пс	35	20Л-111	КЧ30-6	АЧВ-1
47	Ст1кп	10пс	25Л-11	СЧ20	ЧХ22
48	Ст5пс	0,5кп	30Л-11	ВЧ70	ЧХ32
49	Ст6сп	0,8	35Л-1	КЧ60-3	ЧХ1
50	Ст4пс	15кп	40Л-11	ВЧ60	ЧХ2

Таблица 6 – Варианты к заданию

Номер вар.	Марка сплава				
	2	3	4	5	6
1	09Г2	30ХГС	55ХГР	ХВГ	40Х13
2	08Г2С	30ХГ2С	50ХФА	ХВСГ	12Х13
3	12ГС	30ХГСА	60С2	В1	30Х13Л
4	14Г2	25ХГТ	60С2Н2А	ХВ4	08Х13
5	10Г2С1	40ХГТ	55С2	Х12	20Х13
6	10ХСНД	25ХГМ	60С2А	Х12ВМ	12Х17
7	15ХСНД	50ХГМ	55Г2А	Х6ВФ	08Х17Т
8	16ГС	38ХНМ	60Г	Х12Ф1	95Х18

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6
9	17ГС	40ХНМА	65Г	X12M	08X18T1
10	17Г1С	38ХС	70С3А	5ХГМ	15X25T
11	25Г2С	38ХМА	60С2ХФА	5ХНМ	15X28
12	10Г2БД	50ХНВ	60С2ХА	4ХМФС	25X13H2
13	15Г2СФ Д	40ХФА	65ХГ2С	4Х5МФС	20X23H13
14	14Г2АФ	50ХНТ	55ХГР	3Х3М3Ф	10X23H18
15	20ХГ2Ц	30Г2НА	65Х	3Х2В8Ф	
16	14ХГС	25ХГ2СА	70ХГ2	3Х2Н2МВФ	20X12ВНМФ
17	16Г2АФ	25Х2ГН2А	65	38ХЮА	08X17H13M2T
18	10ХНДП	15Х2ГН2ТА	70	5ХВ2С	10X14Г14Н4 Т
19	10Г2	35СХ8М	60С2ВА	6ХВ2С	40Х9С2
20	12Г2А	30ХГ2СН2А	ШХ4	4Х2НМФ	40X10С2М
21	20ГНМФ Л	35ХГСЮД	ШХ15	4Х8В2	08X18T1
22	40ГСЛ-II	38ХМЮА	ШХ6	P18K5Ф2	37X12H8Г8М ФБ
23	20ХМЛ	38ХЮА	ШХ9	P6M3	13X11H2B2M Ф
24	20ХГСФ Л	30Х	ШХ15СГ	P6M5Ф3	10X17H13 M2T
25	30ГСЛ	35Х	110Г13 Л	P18	31X19H9M БВТ
26	30ХГФР Л	45Х	110Г13Т2Ю Л	P12Ф3	08X18T1
27	25ХФЛ	50Х	55ХГР	P9	20X20H14C 2
28	25Х2Г3Ф Л	35ХН	50ХФА	P6M5K5	12X25H16Г7 АР
29	35ХМЛ	45ХН	60С2	P9Ф5	06ХН28МД Т
30	32Х06Л	30ХН	60С2Н2А	P9M4K8	20X13
31	45ГЛ	40ХН	55С2	ХВ4	12X17
32	25ГСЛ	50ХН	60С2А	X12	08X17T
33	35ХН2М Л	30ХГ2	60Г	90Х2АФШ	08X18T1
34	50ГФЛ	35ХГ2	65Г	9ХВГ	08X21H9
35	15ГНЛ	40ХГ2	70С3А	ХВГ	10X19H9T
36	25ХГ2ТЛ	45ХГ2	60С2ХФА	90Х2МФА	17X18H 9
37	35ХС2В ФЛ	30ХГС	60С2ХА	90ХГ3СА	03X14H14
38	25ХГФЛ	30ХГ2С	65ХГ2С	90ХС2ФА	10X14АГ15

39	20ХГТЛ	30ХГСА	55ХГР	90ХС	12ХМФ
40	18Х2Н4ВА	25ХГТ	65Х	90ХФ	15ХМФ
41	20Х2Н4А	40ХГТ	70ХГ2	Р9К5	40Х13
42	18Х2НМА	25ХГМ	65	130ХФ	12Х13
43	12ХН3А	50ХГМ	70	9ХС	30Х13Л
44	20ХГР	38ХНМ	60С2ВА	ХВС2ГА	08Х13
45	20Х2Н4	40ХНМА	ШХ4	Р9М4К8	20Х13
46	20Х2Н	38ХС	ШХ15	85ХФ	12Х17
47	20ХГР	38ХМА	ШХ6	8Х3	08Х17Т
48	20ХГ2	50ХНВ	ШХ9	40Х2В5М	95Х18
49	25Х2НА	40ХФА	ШХ15СГ	40Х3В2М2А	08Х18Т1
50	25ХГ2М	50ХНТ	110Г13 Л	40Х5В2ФС	15Х25Т

Теоретическая часть

Сталь по химическому составу подразделяется на углеродистую и легированную. Углеродистая сталь делится на три группы: низкоуглеродистая, с содержанием углерода до 0,25%; среднеуглеродистая (0,25...0,6% углерода); и высокоуглеродистая (от 0,6 до 1,7...2% углерода). Углеродистая сталь кроме углерода содержит до 0,4% кремния, до 0,8% марганца, а также фосфор и серу в зависимости от группы качества. Углеродистая сталь обыкновенного качества обозначается буквами Ст и цифрами от 0 до 6. Цифры – это условный номер марки. Чем больше число, тем больше содержание углерода, выше прочность и ниже пластичность. В зависимости от назначения и свойств углеродистые стали обыкновенного качества бывают трех групп: А, Б, В. Например, сталь группы А: Ст0, Ст1кп, Ст1пс и т.д. Индексы, стоящие справа от номера марки, означают: кп – кипящая сталь; пс – полуспокойная сталь; сп – спокойная сталь. Между индексом и номером марки может стоять буква Г, что означает повышенное содержание марганца. Например, Ст5Гпс. В обозначение марок слева от букв Ст указывается группа стали Б или В. Группа А в маркировке не указывается. Например: БСт1кп, ВСт2пс. Сталь обыкновенного качества подразделяется на категории. Категорию обозначают соответствующей цифрой правее индекса степени раскисления. Например, Ст5Гпс3 – сталь группы А, марки Ст5, с повышенным содержанием марганца, полуспокойная, третьей категории. Сталь первой категории пишется без указания номера последней. Например, Ст4пс. Сталь углеродистая качественная конструкционная отличается меньшим содержанием серы, фосфора и других вредных примесей, более узкими

пределами содержания углерода в каждой марке и более высоким содержанием кремния и марганца. Сталь маркируют двухзначными числами, которые обозначают содержание углерода в сотых долях процента. По степени раскисления сталь подразделяют на кипящую, полуспокойную и спокойную. У спокойной стали индекс не указывают. Буква Г в марках стали указывает на повышенное содержание марганца (до 1%). Например, 05, 08, 10, 15, 20, и т. д. до 60, 60Г, 70Г.

Автоматные стали маркируют буквой А и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента, например А12, А20, А30, А40Г.

Углеродистая инструментальная сталь обозначается буквой У и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в десятых долях процента, например У7, У10, У12 и т.д. Буква А после цифр обозначает, что сталь высококачественная – У8А.

Легированная конструкционная сталь содержит один или несколько легирующих элементов, которые придают стали специальные свойства. В качестве легирующих элементов применяют хром, марганец, никель, кремний, молибден, вольфрам и т.д. Марка легированной стали состоит из сочетания букв и цифр. Цифра, стоящая после буквы, указывает на содержание легирующего элемента в целых процентах. Если цифра не указана, то легирующего элемента содержится до $\leq 1,0$ %. Две первые цифры марки показывают содержание углерода в сотых долях процента. Кроме того, высококачественная легированная сталь имеет в конце букву А (содержание серы и фосфора менее 0,025%), а особо высококачественная Ш. Легирующие элементы имеют следующие обозначения.

Например, 30ХГСН2Л – высококачественная легированная сталь содержит 0,3% углерода, до 1% хрома, марганца, кремния и никеля до 2%. 95Х18Ш – особовысококачественная сталь, содержит от 0,9...1% углерода, хрома 17...19%, фосфора 0,3%, серы 0,015%; 12Х2Н4А – сталь высококачественная, содержит 0,12% углерода, 2% хрома, 4% никеля; 3ХГС – сталь содержит 0,3% углерода и приблизительно 1% хрома, марганца и кремния.

Отсутствие цифры слева перед буквами в марке стали означает, что содержание углерода приблизительно 1%. Например, Х12Ф1 – сталь, содержащая 1,2...1,45% углерода, 12% хрома и 0,7...0,9% ванадия.

Элемент

Обозначение

кремний	С
марганец	Г
никель	Н
хром	Х
молибден	М
алюминий	Ю
ванадий	Ф
вольфрам	В
медь	Д
кобальт	К
титан	Т
цирконий	Ц
ниобий	Б
бор	Р
азот	А

Легированная сталь может быть низко- и среднелегированной. В низколегированной стали до 2,5% суммарного содержания легирующих элементов, а в среднелегированной от 2,5% до 10%. Например, сталь

низколегированная – 30ХГСА, 40ХС, 40ХН2МА, ХВГ, 9ХС. В низколегированных сталях основной легирующий элемент – хром. Высоколегированные стали содержат вольфрам, хром и ванадий в большом количестве – до 18% основного легирующего элемента. Например, Р18, Р9, Р10К5Ф5. Буква Р обозначает, что сталь быстрорежущая, а цифра после буквы Р указывает содержание вольфрама. Содержание хрома и ванадия в марках быстрорежущих сталей не указывают. Если сталь шарикоподшипниковая, её обозначают буквой Ш – ШХ15. Электротехнические стали с особыми магнитными свойствами обозначают буквой Е – ЕХ8.

Пример выполнения:

Номер варианта	Марка стали				
		Ст5сп	У13	30Л-11	КЧ65-3

Ст5сп – сталь обыкновенного качества, раскислена марганцем, кремнием и алюминием. Содержание углерода 0,28...0,37 %, серы – не более 0,05 %, фосфора – не более 0,04 %. Доэвтектоидная, структура стали в равновесном состоянии состоит из феррита и перлита, конструкционная сталь.

У13 – качественная сталь, раскислена марганцем, кремнием и алюминием. Содержание углерода 1,3%, серы – не более 0,04%, фосфора – не более 0,035%. Заэвтектоидная сталь, структура в равновесном состоянии состоит из перлита и цементита, инструментальная сталь.

30Л-11 – сталь для отливок ответственного назначения. Содержание углерода – 0,3 %. Доэвтектоидная, структура стали в равновесном состоянии состоит из феррита и перлита.

КЧ65-3 – ковкий чугун с перлитной металлической основой; $\sigma_b \geq 650$ МПа, $\delta \geq 3\%$.

ЧН15Д7 – легированный жаростойкий чугун. Содержание никеля – 15 %, меди – 7 %.

Пример выполнения:

Номер варианта	Марка стали				
		18Х2Н4ВА	38ХМЮА	ШХ15СГ	Р9М4К8

18Х2Н4ВА – доэвтектоидная сталь.

Химический состав – 0,18 % углерода, 2 % хрома, 4 % никеля, до 1 % вольфрама, серы и фосфора не более 0,025 %.

Назначение – конструкционная сталь, применяется в цементованном и улучшенном состоянии для изготовления ответственных деталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, вязкости и износостойкости, а также для деталей, подвергающихся вибрационным и динамическим нагрузкам.

38ХМЮА – доэвтектоидная сталь.

Химический состав – 0,38 % углерода, до 1 % хрома, молибдена, алюминия, серы – не более 0,04 %, фосфора – не более 0,035 %.

Назначение – конструкционная сталь, нитраллой, применяется для изготовления ответственных деталей, работающих в условиях повышенного изнашивания, под действием знакопеременных нагрузок, а также в коррозионной среде при повышенных температурах (300...400 °С).

ШХ15СГ – заэвтектоидная сталь.

Химический состав – 1 % углерода, 1,5 % хрома, до 1 % кремния и марганца, серы не более 0,02 %, фосфора не более 0,027 %.

Назначение – крупногабаритные кольца шарико- и роликоподшипников со стенками толщиной более 20...30 мм; шарики диаметром более 50 мм; ролики диаметром более 35 мм.

Р9М4К8 – сталь ледебуритного класса.

Химический состав – 1 % углерода, 9 % вольфрама, 4 % молибдена, 8 % кобальта, до 4 % хрома, до 2 % ванадия, кремния и марганца не более 0,5 %, серы и фосфора не более 0,03 %.

Назначение – быстрорежущая сталь для изготовления инструмента для обработки высокопрочных нержавеющей и жаропрочных сталей в условиях повышенного разогрева режущей кромки.

20Х25Н20С2 – доэвтектоидная сталь.

Химический состав – 0,2 % углерода, 25 % хрома, 20 % никеля, 2 % кремния, серы не более 0,02 %, фосфора не более 0,035 %.

Назначение – жаростойкая сталь аустенитного класса для изготовления деталей, работающих при температуре до 1100 °С в воздушной и углеводородной атмосферах.

Вопросы для самопроверки:

1. Как маркируются стали обыкновенного качества?
2. Расшифровать марки стали: 30ХГСА, ШХ15, Р18.
3. Как определить доэвтектоидную сталь?
4. Какой буквой маркируют автоматные стали?
5. Что означает буква А в конце марки стали?

Практическая работа № 3

Подобрать марки сплавов для изготовления деталей машин, в зависимости от условий работы

Цель занятия — приобрести навыки в соответствии с ПК1.1-ПК1.6;ПК2.1-ПК2.3: работа со справочной литературой по выбору легированной стали для деталей в зависимости от условий работы.

Задание: Согласно задания своего варианта:

- 1) изучить условия работы по заданной детали или инструмента и требования, предъявляемые к ней;
- 2) выбрать марку легированной стали для изготовления детали или инструмента, изучить ее химический состав и механические свойства;
- 3) дать обоснование выбора материала для заданной детали или инструмента;
- 4) составить отчет о практическом занятии.

№ варианта	№ задачи	№ варианта	№ задачи
1	1,6,15	16	7,14,5
2	2,7,14	17	8,10,3
3	3,8,13	18	9,11,7
4	4,9,12	19	10,5,13
5	5,10,15	20	11,9,1
6	6,12,2	21	12,6,4
7	7,14,5	22	13,10,5
8	8,10,3	23	14,6,9
9	9,11,7	24	15,4,10
10	10,5,13	25	1,6,15
11	11,9,1	26	2,7,14
12	12,6,4	27	3,8,13
13	13,10,5	28	4,9,12
14	14,6,9	29	5,10,15

15	15,4,10	30	3,9,14
----	---------	----	--------

Методические указания

Легированные стали после термической обработки (закалки и отпуска) обладают лучшими механическими свойствами, которые сравнительно мало отличаются от механических свойств углеродистой стали в изделиях малых сечений, а в изделиях крупных сечений (Диаметром свыше 15—20 мм) механические свойства легированных сталей значительно выше, чем углеродистых. Особенно сильно повышаются предел текучести, относительное сужение и удельная вязкость. Это объясняется тем, что легированные стали обладают меньшей критической скоростью закалки, а следовательно, лучшей прокаливаемостью. Из-за большей прокаливаемости и меньшей критической скорости закалки замена углеродистой стали легированной позволяет производить закалку деталей в менее резких охладителях (масло, воздух), что уменьшает деформации изделий и опасность образования трещин. Поэтому легированные стали применяют не только для крупных изделий, но и для изделий небольшого сечения, имеющих сложную форму. Чем выше в стали концентрация легирующих элементов, тем выше ее прокаливаемость.

Инструментальные стали, как имеющие высокие твердость, износостойкость и прочность, используют для режущих инструментов, штампов холодного и горячего деформирования, измерительных инструментов, различных размеров и форм.

Для характеристики и выбора инструментальных сталей следует учитывать прежде всего главное свойство этих сталей — теплостойкость, поскольку рабочая кромка инструментов в зависимости от условий эксплуатации может нагреваться до температуры 500—700°C у режущих инструментов и до 800°C — у штампов.

Стали для резания или горячего деформирования должны сохранять при нагреве высокие твердость, прочность и износостойкость, т. е. обладать теплостойкостью (красностойкостью). Это свойство создается легированием и термической обработкой. В связи с этим стали различают: нетеплостойкие, сохраняющие высокую твердость (HRC 60) при нагреве не выше 190—225°C и используемые для резания мягких металлов с небольшой скоростью, а также для деформирования в холодном состоянии. Это углеродистые и легированные стали (с относительно невысоким содержанием легирующих элементов). Карбидная фаза их — цемент; полутеплостойкие, преимущественно штамповые, рабочая кромка которых нагревается до 400—500°C. Это стали, легированные хромом и дополнительно вольфрамом, молибденом и ванадием. Карбидные фазы — легированный цементит и карбид хрома; теплостойкие для резания с повышенной скоростью. Нагрев рабочей кромки до 500—650°C

(быстрорежущие стали); штамповка стали при повышенном нагреве до 600—800°C. Основная карбидная фаза — карбид вольфрама (молибдена). Твердость HRC 60—62 у быстрорежущих сталей после нагрева до 600—680°C и HRC 45—52 у штамповых — 650—700°C.

При решении задач рекомендуется использовать учебные пособия, ГОСТы, справочники.

Для получения навыков в выборе легированной стали в зависимости от условий их работы приводится примерное решение задачи.

Задачи по выбору марки легированной стали в зависимости от условий их работы

1. Щеки и шары машин для дробления руды и камней работают в условиях повышенного износа, сопровождаемого ударами.

Подберите сталь для изготовления щек и шаров, укажите ее химический состав и свойства.

2. Лопатки реактивных и турбореактивных двигателей работают в окислительной среде при высоких температурах (800—900°C). Металл должен обладать повышенной коррозионной стойкостью и прочностью при указанной температуре.

Подберите металл и сплав, укажите его состав и свойства.

3. Рессоры грузового автомобиля изготавливают из качественной легированной стали; толщина рессоры до 10 мм. Сталь должна обладать высокими пределами прочности, выносливости и упругости.

Подберите сталь, укажите ее состав и свойства в зависимости от термической обработки.

4. Сталь, применяемая для пароперегревателей котлов высокого давления, должна сохранять повышенные механические свойства при длительных нагрузках при температурах 500°C и иметь достаточно высокую пластичность для возможности выполнения холодной деформации (гибки, завальцовки и т.п.) при сборке котла

Подберите сталь, укажите ее состав и механические свойства при комнатной и повышенной температурах.

5. Детали приборов и оборудования, которые устанавливаются на морских судах, должны быть устойчивыми не только против действия воды, водяных паров и атмосферы воздуха, но и более сильного корродирующего действия морской воды.

Подберите сталь, укажите химический состав и механические свойства.

6. Крупные пневматические долота, применяемые при разработке горных пород, обладают относительно высокой твердостью и износостойкостью, но вместе с тем должны иметь достаточную вязкость, так как они испытывают в работе ударные нагрузки.

Подберите легированную сталь, укажите химический состав и режим термической обработки.

7. Завод выполняет токарную обработку чугунных и стальных деталей с большой скоростью резания.

Выберите сплавы для резцов, обеспечивающие высокую производительность обработки стали и чугуна.

Приведите химический состав, структуру, твердость, прочность и теплостойкость и способ изготовления этих сплавов и сравните их с аналогичными характеристиками быстрорежущей стали.

8. Подберите сталь для червячных фрез, обрабатывающих конструкционные стали твердостью HB 230.

Объясните причины, по которым для этого назначения нецелесообразно использовать углеродистую инструментальную сталь У12 с высокой твердостью (HRC 63-64)

Укажите режимы термической обработки фрез из выбранной легированной стали.

9. Получение заготовок горячей деформации является производительным способом обработки.

Выберите марку стали для изготовления крупного молотового штампа; рекомендуйте режим термической обработки штампа, укажите микроструктуру и механические свойства после отпуска.

Объясните, почему подобные штампы не следует изготавливать из углеродистой стали.

10. Пружины приборов при нагреве даже в области критических температур могут изменять свои характеристики в связи с изменением модуля упругости. Это снижает точность работы приборов.

Подберите сталь для изготовления пружин, модуль упругости которого не изменяется при температурах до -220С.

Укажите режим упрочнения стали.

11. Выберите марку стали для изготовления насосно-компрессорных труб. Металл должен обладать коррозионной стойкостью, прочностью.

Укажите его состав и механические свойства.

12. Выбрать сталь для изготовления рабочих колес центробежного насоса.

Указать механические свойства и обосновать выбор.

13. Выбрать сталь для изготовления пружин, работающих в агрессивной среде.

Указать механические свойства, обосновать выбор данной марки.

14. Выбрать сталь для изготовления хирургического скальпеля.

Указать механические свойства, химический состав и обосновать выбор.

15. Выберите марку стали для изготовления кулачковой муфты. Кулачки, муфты должны обладать высокой твердостью, износостойкостью поверхностей и общей прочностью.

Указать механические свойства, химический состав выбранной марки, дать обоснование.

Пример решения типовой задачи по выбору марки легированной стали

З а д а ч а. Подберите легированную инструментальную сталь повышенной теплостойкости, пригодную для решения жаропрочных сталей, уважите ее марку и химический состав, термическую обработку и микро- структуру в готовом инструменте.

Сопоставьте теплостойкость стали Р12 и выбранной стали.

Решение.

При резании сталей и сплавов с аустенитной структурой (нержавеющих, жаропрочных и др.), получающих все более широкое применение в промышленности, стойкость инструментов и предельная скорость резания могут сильно снижаться по сравнению с получаемыми при резании обычных конструкционных сталей и чугунов с относительно невысокой твердостью (до НВ 220—250). Это связано главным образом с тем, что теплопроводность аустенитных сплавов пониженная.

Вследствие этого теплота, выделяющаяся при резании, лишь в небольшой степени поглощается сходящей стружкой и деталью и в основном воспринимается режущей кромкой. Кроме того, эти сплавы сильно упрочняются под режущей кромкой в процессе резания, из-за чего заметно возрастают усилия резания.

Для резания подобных материалов, называемых труднообрабатываемые, малопригодны быстрорежущие стали умеренной теплостойкости типа Р12, сохраняющие высокую твердость (HRC 60) и мартенситную структуру после нагрева не выше 615—620 °С.

Химический состав сталей, %

Марка стали	С	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Co
Р18	0,85	0,3	0,3	3,6	12,5	1	1,7	-
Р12Ф4К5	1,3	0,3	0,3	3,8	12,5	1	3,5	5,5
Р8МЗК6С	1,1	0,9	0,3	3,8	8	3,6	1,7	6

Для обработки аустенитных сплавов необходимо выбирать быстрорежущие стали повышенной теплостойкости, а именно кобальтовые стали сохраняют твердость HRC 60 после более высокого нагрева до 640—645°С.

Кроме того, кобальт заметно повышает теплостойкость быстрорежущей стали, а следовательно, снижает температуру режущей кромки из-за лучшего отвода тепла в тело инструмента. Стали с кобальтом имеют высокую твердость — до 68.

Для сверл и фрез, применяемых для резания аустенитных сплавов, рекомендуются кобальтовые сплавы марок Р12Ф4К5 или Р8МЗК6С.

Термическая обработка кобальтовых сталей принципиально не отличается от обработки других быстрорежущих сталей.

Закалка до 1240-1250°C (P13Ф4К5) и 1210-1220°C (P8M3K6C), что необходимо для растворения большого количества карбидов и насыщения аустенита (мартенсита) легирующими элементами.

Более высокий нагрев недопустим: он вызывает рост зерна, что снижает прочность и вязкость. Структура после закалки: мартенсит, остаточный аустенит (15-30%) и избыточные карбиды, не растворяющиеся при нагреве и задерживающие рост зерна. Твердость HRC 60-62.

Затем инструменты отпускают при 550-560°C (3 раза по 60 минут).
Отпуск:

а) вызывает выделение дисперсных карбидов мартенсита, что повышает твердость до HRC66-69

б) превращает мягкую составляющую- остаточный аустенит в мартенсит

в) снимает напряжения, вызываемые мартенситным превращением.

После отпуска инструмент шлифуют, а затем подвергают цианированию, чаще всего жидкому с выдержкой 15-30 минут в зависимости от сечения инструмента.

Твердость цианирования слоя на глубину 0,02-0,03мм достигает HRC69-70. Цианирование повышает стойкость инструмента на 50-80%.

После цианирования возможен кратковременный нагрев при 450-500°C с охлаждением в масле, поверхность инструмента приобретает синий цвет и несколько улучшает стойкость против воздушной коррозии.

Вопросы для самопроверки:

1. Легированные стали, Дать определение.
2. Влияние легирующих элементов на свойства стали.
3. Классификация легированных сталей по назначению.
4. Расшифровать марки сталей:

P6M5Ф2K8

12X18H12T

ШХ20СГ

50ХГФА

H18K9M5T

1. Особенности термической обработки легированных сталей.
2. Прокаливаемость. Дать определение.
3. Закаливаемость. Дать определение.

Практическая работа № 4

Исследование микроструктуры цветных металлов и сплавов на их основе

Цель занятия — Изучить микроструктуры сплавов и научиться устанавливать взаимосвязи между их химическим составом, строением и свойствами.

Задание:

1. Изучить микроструктуры цветных сплавов
2. Заполните таблицу №7, работая с приложением .

Таблица № 7

№	Марки	Структурные составляющие, описание	Компоненты
1	Д1		
2	АК12		
3	М1		
4	БрБ2		
5	БрА14		
6	БрАЖМц10-3-1,5		
7	БрО10		
8	БрАЖ9-4		
9	ЛС59-1		
10	ВТ5-1		
11	ВТ3-1		
12	ВТ22		

Теоретический материал

1. Микроструктура медных сплавов.

Структура чистой меди.

Микроструктура чистой меди в литом состоянии состоит из отдельных кристаллов, форма и размеры которых зависят от условий кристаллизации. Отжиг литой меди не оказывает заметного влияния на

микроструктуру. После холодной деформации меди (например, прокатки или волочения) образуется волокнистая структура. Под микроскопом границы вытянутых вдоль главного направления деформации кристаллов практически не различимы. При отжиге в деформированной меди происходят рекристаллизационные процессы и волокнистая структура сменяется полиэдрической с большим числом двойников отжига, дающих в области шлифа ряд параллельных полосок внутри зерен. Чем выше температура отжига и больше время выдержки, тем крупнее вырастают зерна. После горячей пластической деформации, если в процессе деформации успевают произойти рекристаллизация, медь также имеет полиэдрическую структуру с большим количеством двойников.

Структура сплавов на основе меди.

а) Латунь.

Структура литой α -латуни после отжига имеет такой же вид, как и микроструктура литой меди.

Микроструктура холоднодеформированной α -латуни аналогична структуре холоднодеформированной меди и любого другого однофазного сплава, т.е. имеет волокнистую структуру. При отжиге холоднодеформированной α -латуни или при горячей деформации рекристаллизация приводит к образованию полиэдрической структуры с большим количеством двойников.

Двухфазная ($\alpha + \beta$) - латунь в литом состоянии при ускоренном охлаждении имеет ориентированную структуру, образованную светлыми кристаллами α -фазы и темными кристаллами β -фазы. Количество α - и β -кристаллов в структуре латуни зависит от содержания цинка. Увеличение содержания цинка приводит к постепенному увеличению количества β -фазы в структуре ($\alpha + \beta$) - латуни.

б) Бронзы.

К числу однофазных сплавов относятся бронзы с содержанием олова до 6–8 %, структура которых состоит из дендритов α -твердого раствора олова в меди.

Структура литейных многокомпонентных оловянных бронз с добавками цинка, свинца состоит из первичных кристаллов α -раствора олова и цинка в меди, эвтектоида ($\alpha + \delta$), и включений свинца.

2. Микроструктура алюминиевых сплавов.

Структура литейных алюминиевых сплавов.

- ***силумины***, структура имеет значительное содержание эвтектики, что обеспечивает им высокие литейные свойства. В литом состоянии без модифицирования в зависимости от содержания кремния структура

силумина состоит из грубой пластинчатой эвтектики ($\alpha + \text{Si}$) и некоторого количества первичных кристаллов α -твердого раствора или Si.

- *сплавы основе системы Al–Cu*, в литой структуре сплава присутствуют дендриты неоднородного α -твердого раствора и небольшое количество эвтектики, в основном неравновесной, в виде $\theta(\text{CuAl}_2)$ - фазы, которая располагается по границам дендритных ячеек α -твердого раствора. Внутри дендритов первичных кристаллов α -твердого раствора из-за неравновесной кристаллизации возникает неоднородность по химическому составу (в данном сплаве по меди), называемая дендритной ликвацией.

- *сплавы на основе системы Al–Mg*, в литом состоянии кристаллизуются по неравновесной диаграмме и поэтому содержат неравновесную эвтектику, которая вырождена в фазу β , расположенную на границах дендритных ячеек алюминиевого α -твердого раствора. Из-за хрупкости β фазы сплавы в литом состоянии имеют низкую пластичность.

Структура деформируемых алюминиевых сплавов.

- *термически неупрочняемые сплавы*, структура в литом состоянии содержит основную структурную составляющую – неоднородный α -твердый раствор магния в алюминии.

- *термически упрочняемые сплавы*, в литом состоянии структура сплава состоит из α -твердого раствора легирующих элементов в алюминии, S-фазы, более темной T-фазы, расположенной по границам дендритных ячеек α -твердого раствора.

3. Микроструктура магниевых сплавов.

Структура литейных магниевых сплавов.

Структура сплава в литом состоянии такова: α -твердый раствор алюминия, цинка, марганца в магнии и включения $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ из вырожденной эвтектики.

Структура деформируемых алюминиевых сплавов.

В структуре сплава в литом состоянии в основном присутствует малолегированный α -твердый раствор марганца в магнии, включения Mn и включения Mg_9Ce , входящие в состав вырожденной эвтектики $\alpha + (\text{Mn}) + \text{Mg}_9\text{Ce}$. Фаза Mg_9Ce в структуре сплава не обнаруживается из-за высокой дисперсности включений.

4. Микроструктура титановых сплавов.

В зависимости от формы структурных составляющих все наблюдаемые разновидности структур в титановых сплавах можно отнести к одному из четырех типов:

– пластинчатая, превращенная β -структура, которая получается при малых скоростях охлаждения из β -области; в структуре присутствует бывшее β -зерно, в котором расположены α -колонии;

– смешанная, или дуплексная, структура, которая получается при нагреве в $(\alpha + \beta)$ -область и последующем медленном охлаждении; структура состоит из первичной α -фазы и β -превращенной матрицы;

– структура «корзиночного плетения», которая образуется при деформации вблизи температуры A_{c3} или при комбинированной деформации, когда она начинается в β -, а заканчивается в $(\alpha + \beta)$ - области;

– равноосная, или глобулярная, структура, которая формируется при деформации в $(\alpha + \beta)$ - области с последующим рекристаллизационным отжигом при температурах ниже β -области;

Титановые сплавы по структуре, которая формируется по принятым в промышленности режимам термической обработки, можно разделить так:

– на α -сплавы, структура которых представлена α -фазой;

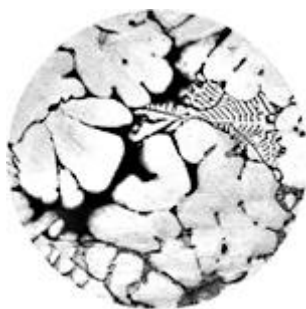
– псевдо- α -сплавы, структура которых представлена в основном α -фазой и небольшим количеством β -фазы (не более 5 %);

– $(\alpha + \beta)$ - сплавы, структура которых представлена в основном α - и β - фазами;

– псевдо- β -сплавы, структура которых в отожженном состоянии представлена α -фазой и небольшим количеством β -фазы, в этих сплавах закалкой или нормализацией можно легко получить однофазную β -структуру;

– β -сплавы, структура которых представлена термодинамически стабильной β -фазой.

Приложение



Марка: Д1

Тип сплава: Легкие сплавы

Травитель: 3% р-р азотной кислоты в спирте

Основа: Al

Компоненты: Cu (4.2 масс%), Mn (0.6 масс%), Mg (0.6 масс%)

Структурные составляющие:

кристаллы первичные

Субструктура: Однородная темная (нет субструктуры)

Описание: Дюралюминий

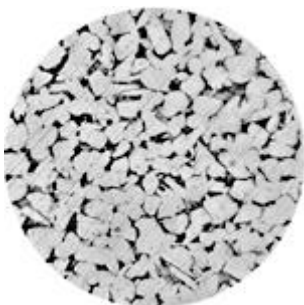
ФОТОГРАФИЯ
ОТСУТСТВУЕТ

Марка: АК12
Тип сплава: Легкие сплавы
Травитель: 10% хлорное железо
Основа: Al
Компоненты: Si (12 масс%)

Структурные составляющие: кристаллы



Марка: БрБ2
Тип сплава: Медные сплавы
Травитель: 10% хлорное железо
Основа: Cu
Компоненты: Be (2 масс%), Ni (0.5 масс%)
Структурные составляющие: эвтектоид
Субструктура: Однородная светлая (нет субструктуры)
Описание: Бериллиевая бронза (для пружин измерительных приборов). Крупные зерна альфа-твердого раствора на основе меди с большим количеством двойников; внутри них видны выделения бета-фазы (промежуточного типа) испытанные



Марка: ЛС59-1
Тип сплава: Медные сплавы
Травитель: 10% хлорное железо
Основа: Cu
Компоненты: Zn (41 масс%), Pb (1 масс%)
Структурные составляющие: кристаллы вторичные
Субструктура: Однородная темная (нет субструктуры)
Описание: Свинцовистая двухфазная латунь (автоматная). Темная матрица бета-фазы (интерметаллид $\sim\text{CuZn}$) и образовавшиеся из нее светлые выделения альфа-твердого раствора на основе меди. Внутри некоторых из них обнаруживаются частицы не растворимого в меди свинца, который затвердел в последнюю очередь. Эти частицы служат зародышами, на которых начинают образовываться кристаллы альфа-фазы. Включения свинца увеличивают хрупкость латуни настолько, насколько необходимо для обламывания стружки при обработке сплава на



Марка: БрАЖМц10-3-1,5
Тип сплава: Медные сплавы
Травитель: 10% хлорное железо
Основа: Cu
Компоненты: Al (10 масс%), Fe (3 масс%), Mn (1.5 масс%)
Структурные составляющие: эвтектоид
Субструктура: Полосчатая (подобная перлиту)
Описание: Алюминиевая бронза, легированная железом и марганцем. Избыточные кристаллы альфа-твердого раствора на основе меди и эвтектоид из альфа и гамма фаз в роли матрицы. (Гамма - промежуточная фаза). Видно упорядоченное расположение пластин альфа-фазы (выявление структуры). Длительный отлив



Марка: БрАЖ9-4

Тип сплава: Медные сплавы

Травитель: 10% хлорное железо

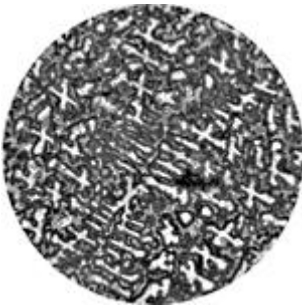
Основа: Cu

Компоненты: Al (9 масс%), Fe (4 масс%)

Структурные составляющие: эвтектоид

Субструктура: Полосчатая (подобная перлиту)

Описание: Алюминиевая бронза, легированная железом. Избыточные кристаллы альфа-твердого раствора на основе меди и эвтектоид из альфа и гамма фаз. (Гамма - промежуточная фаза). Видно упорядоченное расположение пластин альфа-фазы (видманштеттова структура). Литейный



Марка: Бр010

Тип сплава: Медные сплавы

Травитель: 10% хлорное железо

Основа: Cu

Компоненты: Sn (10 масс%)

Структурные составляющие: кристаллы первичные, эвтектоид

Субструктура: Островковая (подобная ледебуриту)

Описание: Оловянистая бронза. Вследствие дендритной ликвации светлые оси дендритов (твердый раствор на основе меди) сильно обогащены медью; вокруг них более темная оболочка с пониженным содержанием меди. Межосные пространства сильно обогащены оловом и твердый раствор при охлаждении испытывает серию эвтектоидных превращений. Этот эвтектоид образует матрицу. Видна также



Марка: М1

Тип сплава: Медные сплавы

Травитель: 10% хлорное железо

Основа: Cu

Компоненты: Bi (0.001 масс%), Pb (0.001 масс%)

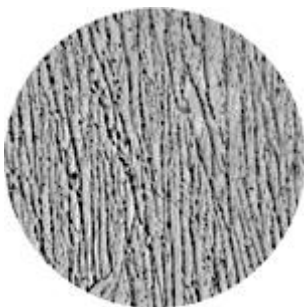
Структурные составляющие: зерна равноосные

Субструктура: Однородная с двойниками

Описание: Технически чистая медь. Равноосные зерна с двойниками. Шлиф перетравлен.



Марка: БрА14
Тип сплава: Медные сплавы
Травитель: 10% хлорное железо
Основа: Cu
Компоненты: Al (14 масс%)
Структурные составляющие: эвтектоид
Субструктура: Полосчатая (подобная перлиту)
Описание: Алюминиевая бронза. Крупные избыточные кристаллы гамма-фазы (интерметаллид CuAl) и эвтектоид (гамма-фаза и альфа-твердый раствор на основе меди) в роли матрицы. Внутри избыточных кристаллов видны выделения



Марка: VT5-1
Тип сплава: Титановые сплавы
Травитель: HF (1 объемная часть), HNO₃ (1-2ч), вода (3-6ч)
Основа: Ti
Компоненты: Al (5.5 масс%), Sn (2.5 масс%)
Структурные составляющие: НЕ определено
Субструктура: Полосчатая (подобная перлиту)
Описание: Титановый высокопрочный сплав (группа альфа-сплавов). Пластинчатая структура. Результат аллотропического превращения бета-фазы. Пластинки альфа-фазы ориентированы относительно решетки бета-фазы в ее каждом зерне. Поле зрения в пределах ОДНОГО зерна.



Марка: VT22
Тип сплава: Титановые сплавы
Травитель: HF (1 объемная часть), HNO₃ (1-2ч), вода (3-6ч)
Основа: Ti
Компоненты: Al (5 масс%), V (5 масс%), Mo (5 масс%), Fe (1 масс%), Cr (1 масс%)
Структурные составляющие: НЕ определено
Субструктура: нет данных
Описание: Титановый высокопрочный сплав (группа псевдобета-сплавов). В результате распада бета-фазы появились ориентированные пластинки альфа-фазы.



Марка: VT3-1
Тип сплава: Титановые сплавы
Травитель: HF (1 объемная часть), HNO₃ (1-2ч), вода (3-6ч)
Основа: Ti
Компоненты: Al (6 масс%), Mo (2.5 масс%), Cr (2 масс%), Si (0.25 масс%), Fe (0.5 масс%)
Структурные составляющие: зерна равноосные
Субструктура: Однородная светлая (нет субструктуры)
Описание: Титановый высокопрочный сплав (группа альфа+бета-сплавов мартенситного класса). Ориентированные частицы альфа-фазы, возникшие в результате распада мартенситной альфа-штрих-фазы. Пограничные выделения избыточной альфа-фазы в роли матрицы с включениями темной бета-фазы в форме зерен, внутри которых в свою очередь светлые пластинки (иглы)

Вопросы для самопроверки:

1. Каковую структуру имеет чистая медь?
2. Что такое латунь?
3. Каковую структуру имеет латунь?
4. Что такое бронза?
5. Каковую структуру имеет бронза?
6. Каковую структуру имеют литейные алюминиевые сплавы?
7. Каковую структуру имеют магниевые сплавы?
8. Каковую структуру имеют титановые сплавы?
9. Каковую структуру имеют деформируемые алюминиевые сплавы?

Практическая работа № 5

Расшифровка марок цветных металлов и сплавов

Цель работы: изучение классификации, состава и маркировки цветных металлов и сплавов.

Задание

Дать характеристику стали (варианты заданий в табл. 8).

1. Прочитать марку сплава.
2. Указать основной металл сплава.
3. Указать назначение сплава.
4. Указать химический состав сплава по марке.

Таблица 11. Варианты заданных марок стали

№	Марки цветных металлов и сплавов
1	A999; AMц; АК21M2,5H2,5; M00к; БрОФ8,0-0,3; Л85; МНМц43-0,5; ЛЦ14К3С3; БрА10Ж3Мц2; ВТ14Л; МЛ10.
2	A995; AMцС; АК12ч; M0к; БрОФ7-0,2; ЛО62-1; МНМц40-0,5; ЛЦ30А3; БрА7Ж1,5С1,5; ВТ20; Мг96.
3	A99; АК12; АК5М2; МВЧк; БрОФ6,5-0,4; ЛС63-3; МНЖМц30-1-1; ЛЦ40Мц1,5; ПТ3В; БрА9Ж4Н4Мц1; МА1.
4	A97; В65; АК7Ц9; М3р; БрО3Ц12С5; ЛЖС58-1-1; МНЖКТ5-1-0,2-0,2; ЛЦ40СД; БрХЦр0,3-0,09; ВТ5-1; МА15.
5	A95; АМг6; АК8М3ч; M0; БрОЦС4-4-2,5; ЛС60-2; МНМц3-12; ЛЦ16К4; БрСу3Н3Ц3С20Ф; ОТ4-0; МЛ19.
6	A85; Д12; АК7пч; M0б; БрОЦ4-3; ЛМц58-2; МНЦС16-29-1,8; ЛЦ37Мц2С2К; ВТ16; МА5; БрА10Ж4Н4Л.
7	A8; АМг3С; АК12М2; M00р; БрОФ2-0,25; ЛМцА57-3-1; МН0,6; ЛЦ40Мц3А;

	БрА9Мц2Л; ВТ3-1Л; Мг95.
8	А7; В95; АЦ4Мг; М2; БрОФ4-0,25; ЛЖМц59-1-1; МНЦ15-20; ЛЦ23А6Ж3Мц2; БрА7Мц15Ж3Н2Ц2; ТГ-150; МЛ4пч.
9	А7Е; АК9; АК12пч; МВЧр; БрОФ6,4-0,15; ЛК80-3; МНА13-3; ЛЦ38Мц2С2; БрСу6Н2; ВТ3-1; МА11.
10	А5; Д18; АК10Су; М1; БрО3Ц7С5Н1; ЛЦ40Мц3Ж; МНА6-1,5; ЛАЖ60-1-1; БрБ2; МЛ6; ОТ4-1.
11	А5Е; АМг3; АК9Ц6; М2р; БрО4Ц7С5; ЛМш68-0,05; МН25; ЛЦ40Мц3Ж; БрМц5; ПТ7М; МА19.
12	А0; АК8; АК9М2; МВЧ; БрО4Ц4С17; ЛЖС58-1-1; МНЖ5-1; ЛЦ25С2; БрА7; ТГ-90; МЛ11.
13	А999; АМг0,5; АК5М4; М3; БрО10Ц2; Л80; МНЖМц10-1-1; ЛЦ40АЖ; БрКМц3-1; ВТ22; МА2-1.
14	А995; АМг5Мц; АК9ч; М2к; БрО5С25; ЛО90-1; МНЦ12-24; ЛЦ40С; БрАМц10-2; ВТ6С; Мг90.
15	А99; АМг3,5; АМ5; М1к; БрО6Ц6С3; ЛС63-2; МНМц43-0,5; ЛЦ14К3С3; БрКН1-3; ВТ14; МЛ2.
16	А97; АМг4; АК6М2; М3б; БрО8Ц4; ЛС60-1; МНМцАЖ3-12-0,3-0,3; ЛЦ30А3; БрАЖ9-4; ВТ21Л; МА8.
17	А95; Д16; АЦ4Мг; М0р; БрО10Ф1; ЛО70-1; МНМц40-1,5; ЛЦ40Мц1,5; БрХ1; ТГ-120; МА14.
18	А85; АМг1М1; АК7Ц9; М3к; БрО10С10; ЛС64-2; МН19; ЛЦ40СД; БрАМц9-2; ОТ4; МА18.
19	А8; АК4; АК8М; М1б; БрАЖНМц9-4-4-1; ЛМш68-0,05; МНА13-3; ЛЦ37Мц2С2К; БрА5; ВТ23; МЛ15.
20	А7; АМг2,5; АК5М; М00б; БрА7; Л68; МНЖМц28-2,5-1,5; ЛЦ40Мц3А; БрАЖН10-4-4; ВТ15; МА2.
21	А7Е; Д1; АМ4,5Кд; М2б; БрАМц10-2; Л63; МНЦ18-20; ЛЦ23А6Ж3Мц2; БрО10; ВТ5Л; МЛ12.
22	А5; АМг4К1,5М; АК9Ц6; МВЧб; БрХЦр0,6-0,05; ЛС59-3; МН10; ЛЦ38Мц2С2; БрМг0,3; ТГ-110; МЛ3.
23	А5Е; АМг1; АК5М4; М1к; БрБНТ1,9Мг; ЛОМш70-1-0,05; МНЦ18-27; ЛЦ40Мц3Ж; БрО10; ВТ9; МЛ5пч.
24	А0; Д1; АК9пч; М0б; БрАЖН10-4-4; ЛАМш77-2-0,05; МНМцАЖ3-12-0,3-0,3; ЛЦ40С; БрО3Ц12С5; ВТ5; МЛ4.
25	А999; АМг1,5; АК12ММгН; МВЧ; БрКд1; ЛС74-3; МНМцС16-29-1,8; ЛАЖ60-1-1; БрА7Мц15Ж3Н2Ц2; ТГ-130; МА19.
26	А995; АК7; АК5Мш; М1р; БрМц5; ЛН65-5; МНМц40-0,5; ЛЦ25С2; БрКХК0,4-0,6-1,6; ВТ9Л; МЛ5оч.
27	А99; АМг4,5; АМ4,5Кп; М3; БрБНТ1,9; ЛАН59-3-2; МНЖМц30-1-1; ЛЦ16К4; ВТ6Л; БрО5Ц6С5; МЛ9.
28	А97; АМг2; АК12М2МгН; М2к; БрАМц9-2; Л90; МНА13-3; ЛЦ40АЖ; БрО3Ц13С4; ОТ4-1; МЛ8.
29	А95; АМг5; АК8М3ч; М00; БрАЖ9-4; ЛА77-2; МН19; ЛЦ25С2; БрО3Ц7С5Н; ПТ3-1; МА21.
30	А85; АМг5Мц; АК5М7; МВЧр; БрАЖМц10-3-1,5; ЛАЖ60-1-1; МНМц3-12; ВТ6; МЛ15; БрО3,5Ц7С5.

Теоретический материал

Цветные металлы и сплавы широко применяются в различных областях промышленности. Так, медь и ее сплавы, обладая высокой электрической проводимостью, широко применяется в электротехнике и радиоэлектронной промышленности. Алюминий и его сплавы, имея малый удельный вес и низкое удельное сопротивление используются в авиационной промышленности, приборостроении и др.

Многообразие цветных металлов и сплавов не позволяет ввести единой системы маркировки. Многие цветные сплавы разрабатывали внутри отдельных отраслей металлургии и машиностроения, поэтому они имеют отличные от других обозначения. Обычно для обозначения отдельных легирующих элементов применяют буквы, приведенные в таблице. Цифры после буквы обозначают либо содержание элемента в сплаве в весовых процентах, либо условную степень чистоты основного металла. Иногда число в марке представляет просто порядковый номер сплава.

Условные обозначения химических элементов в марках цветных металлов и сплавов.

А – алюминий	Кд – кадмий	Ср – серебро
Б – бериллий	М – медь	Су – сурьма
В – ванадий	Мг – магний	Т – титан
Ви – висмут	Мц – марганец	Те – теллур
Г – германий	Мш – мышьяк	Ф – фосфор
Гл – галлий	Н – никель	Х – хром
Ж – железо	О – олово	Ц – цинк
Зл – золото	Пд – палладий	Цр – церий
И – иридий	Р – ртуть	
К – кремний	С – свинец	

Маркировка алюминия и сплавов на его основе.

Алюминий.

Алюминий маркируют буквой **А** и цифрами, обозначающими доли процента, буква **Е** обозначает повышенное содержание железа и пониженное кремния.

Например, А995 – алюминий высокой чистоты, содержащий 0,005% примесей.

Сплавы алюминиевые литейные.

Деформируемые сплавы маркируются буквами **АД** (алюминий деформируемый) и порядковым номером в ГОСТе.

Например, АД31 – деформируемый алюминиевый сплав № 31.

- коррозионно-стойкие сплавы (алюминий-магний, алюминий-марганец), сплавы относятся к неупрочняемым термообработкой и отличаются высокой пластичностью, свариваемостью и коррозионной стойкостью. Их маркируют содержанием магния в весовых процентах после букв **АМг**. Содержание марганца в сплавах типа **АМц** составляет 1...1,6%.

Например, АМг2 – алюминиевый сплав с содержанием 2% магния.

-дуралюмины, сплавы на основе алюминия с добавками меди и магния получили название дуралюминов (происходит от названия германского города Дюрена, в котором было начато промышленное производство этого сплава).

Деформируемые термически упрочняемые (закалка + старение) сплавы. Маркируются буквой **Д** и порядковым номером.

Например, Д16 – дуралюмин № 16.

-высокопрочные алюминиевые сплавы, высокопрочные алюминиевые сплавы маркируют буквой **В** и их порядковым номером в ГОСТ 4784–74.

Например, В95 – высокопрочный алюминиевый сплав № 95.

-ковочные сплавы, сплавы обладают хорошей пластичностью, стойки к образованию трещин при горячей пластической деформации. Отличаются от дуралюминов повышенным содержанием кремния (0,7...1,2%). Буква **К** означает ковочный сплав. Цифра 4, 6 или 8 после букв **АК** указывает порядковый номер сплава в ГОСТе.

Например, АК6 – алюминиевый ковочный сплав № 6.

Примечание: Сплавы типа АК, в которых после буквы **К** стоят другие цифры и буквы, относятся к литейным по ГОСТ 1583–89.

Например, АК6М2 – алюминиевый литейный сплав с содержанием 6% кремния и 2% меди.

Сплавы алюминиевые литейные.

К литейным относятся алюминиевые сплавы с содержанием 6...13% кремния (силумины), хуже литейные свойства у сплавов с 4...5% меди или 5...12% магния с добавкой марганца.

В марке литейных сплавов после буквы **А** стоят буквы, обозначающие легирующие элементы, и сразу после них – число весовых процентов данного элемента (середина марочного интервала). До 1989 г. действовала старая маркировка, которая состояла из букв **АЛ** и порядкового номера в стандарте.

Примечание: в конце марки могут быть строчные буквы, указывающие на количество примесей в сплаве: **ч** – чистый; **пч** – повышенной чистоты; **оч** – особой чистоты; **р** – рафинированный; **л** – литейный.

Например, АК9пч – алюминиевый литейный сплав с содержанием 9% кремния (К9) повышенной чистоты.

АМ5 – алюминиевый литейный сплав с содержанием 5% меди (М5)

Маркировка меди и сплавов на его основе.

Медь.

Технически чистая медь обладает высокими пластичностью и коррозионной стойкостью, малым удельным электросопротивлением и высокой теплопроводностью. По содержанию примесей медь подразделяют на следующие марки (ГОСТ 859–78).

Марка	МВЧ	М00	М0	М1	М2	М3
Содержание Cu, не менее %	99,993	99,99	99,95	99,9	99,7	99,5

После обозначения марки указывают способ изготовления меди:

к – катодная

б – бескислородная

р – раскисленная

медь огневого рафинирования не обозначается

Например, М00к – технически чистая катодная медь с содержанием не менее 99,99% меди.

М3 – технически чистая медь огневого рафинирования, содержит не менее 99,5% меди.

Бронзы.

Маркировка бронзы начинается с букв **Бр**. В зависимости от состава, назначения и метода обработки бронзы делят на литейные оловянные (ГОСТ 613–79) и безоловянные (ГОСТ 493–79); обрабатываемые давлением оловянные (ГОСТ 5017–74) и безоловянные (ГОСТ 18175–78).

В марке *литейной* бронзы после обозначения Бр стоят буквы, обозначающие легирующие элементы, и сразу после них – число весовых процентов данного элемента (середина марочного интервала). Иногда в конце марки стоит буква Л (литейная).

Например, БрО5Ц5С5 – литейная бронза с содержанием 5% олова, 5% цинка, 5% свинца, остальное – медь.

БрА7Мц15Ж3Н2Ц2 – литейная бронза с содержанием 7% алюминия, 15% марганца, 3% железа, 2% никеля, 2% цинка, остальное – медь.

Обрабатываемые давлением бронзы имеют в марке после Бр перечень всех букв легирующих элементов, входящих в состав сплава. Содержание всех этих элементов (в вес. %) указывается в конце марки через тире в том же порядке, что и указанные легирующие вещества.

Например, БрОЦС4-4-4 – обрабатываемая давлением бронза с содержанием 4% олова, 4% цинка, 4% свинца, остальное – медь.

БрАЖНМц9-4-4-1 – обрабатываемая давлением бронза с содержанием 9% алюминия, 4% железа, 4% никеля, 1% марганца, остальное – медь.

Латуни.

Маркировка латуней начинается с буквы Л. В зависимости от назначения и метода обработки латуни делят на литейные (ГОСТ 17711–80) и обрабатываемые давлением (ГОСТ 15527–70).

В марке латуни, обрабатываемой давлением, после буквы Л стоит содержание меди в весовых процентах. Затем идет перечень всех букв легирующих элементов (табл. 2.4), входящих в состав сплава. Содержание этих элементов (в вес. %) указывается в конце марки через тире в том же порядке, что и указанные легирующие вещества. Содержание главного легирующего элемента в латуни (цинк) получается, как остаток до 100%.

Например, ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5 – обрабатываемая давлением латунь содержит 75% меди, легирована 2% алюминия, 2% никеля, 0,5% кремния, 0,5% марганца, остальное – цинк.

В марке литейной латуни после буквы Л стоит Ц и сразу указывается содержание цинка (в весовых %). Далее в таком же порядке приводятся остальные легирующие элементы (табл. 2.4) с их содержанием. Остальное – медь.

Например, ЛЦ23А6Ж3Мц2 – литейная латунь с содержанием 23% цинка, 6% алюминия, 3% железа, 2% марганца, остальное – медь.

Медно-никелевые сплавы.

Медно-никелевые сплавы (ГОСТ 492–73) обладают особыми физическими и химическими свойствами (табл. 2.5). Коррозионно-стойкими сплавами являются мельхиоры (система Cu-Ni), нейзильберы (система Cu-Ni-Zn, 5...35% Ni и 13...45% Zn) и куниали (система Cu-Ni-Al).

Марка таких сплавов начинается с буквы М (медь), затем идут буквы легирующих элементов и в конце в том же порядке среднее содержание этих веществ в весовых процентах.

Например, МНМц15-20 – медный сплав с содержанием 15% никеля и 20% марганца.

Маркировка магния и сплавов на его основе.

Сплавы магния отличаются низкой плотностью и одним из самых высоких значений удельной прочности ($\sigma_{0,2} / d = 5,2$), что в 1,7 раза выше, чем у железа и в 2,1 раза, чем у алюминия. Поэтому они широко применяются как конструкционные материалы в авиационном приборостроении.

В зависимости от способа переработки различают деформируемые и литейные магниевые сплавы. Деформируемые сплавы (ГОСТ 14957–76) маркируют буквами МА, после которых стоит порядковый номер

материала. Литейные сплавы (ГОСТ 2856–79) обозначают буквами **МЛ** и порядковым номером.

Например, МА1 – деформируемый магниевый сплав №1.

МЛ19 – литейный магниевый сплав №19.

Маркировка титана и сплавов на его основе.

Титан и многие титановые сплавы хорошо обрабатывается давлением при нормальных и повышенных температурах, обладает наивысшей удельной прочностью $\sigma_{0,2} / d = 5,9$ среди других металлов и высокой жаропрочностью.

Благодаря способности к газопоглощению титан нашел применение в приборостроении как геттер в радиолампах.

В соответствии с ГОСТ 19807-91 обозначаются буквами **ВТ, ОТ, ПТ** (В, О, П – идентификатор организации-разработчика или производителя, Т – титан) и цифрами, указывающими порядковый номер сплава в зависимости от химического состава:

В – ВИАМ титан – Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ, г. Москва);

О – Опытный титан – совместная разработка ВИАМ и Верхнесалдинского металлургического производственного объединения (ВСМПО, г. Верхняя Салда, Свердловская область);

П – Прометей титан – Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов "Прометей" (ЦНИИ КМ "Прометей", г. Санкт-Петербург).

В некоторых случаях после порядкового номера сплава ставится дополнительная буква:

«У» - улучшенный,

«М» - модифицированный,

«И» - специального назначения.

«Л» означает литейный сплав,

«В» - с преобладанием ванадия в качестве легирующего элемента.

Если после порядкового номера сплава стоит буква С или через тире ноль или единица, то это указывает, что сплав модернизирован, изменен по химическому составу.

Например, ТГ-100 – титановая губка, твердость 100МПа .

ВТ8 – ВИАМ титановый сплав № 8.

ПТ-7М – Прометей титановый сплав № 7, модифицированный.

Контрольные вопросы

1. На какие основные группы подразделяются алюминиевые сплавы?
2. Как маркируется алюминий?
3. Как маркируются алюминиевые сплавы?
4. На какие основные группы подразделяются медные сплавы?
5. Как маркируется медь?
6. Как маркируются медные сплавы?
7. Как обозначаются легирующие элементы в марках цветных металлов и сплавов?
8. Как маркируются магниевые сплавы?
9. Как маркируются титановые сплавы?

Практическая работа № 6

Определение видов пластмасс и их ремонтпригодности. Определение строения и свойств композитных материалов

Задание № 1. Определение количества компонентов и изготовление пластин композиционного материала

Цель работы: на основе заданных компонентов изготовить композиционный материал с заданной структурой и соотношением компонентов.

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАДАНИЯ №1

Один из основных компонентов армированных пластиков – связующее – представляет собой полимер с различными добавками. Связующим пропитывается армирующий волокнистый наполнитель. После отверждения связующее склеивает между собой волокна или слои наполнителя, обеспечивая их совместную работу в пластике.

Для получения армированных пластиков широко применяются связующие на основе полиэфирных, эпоксидных и модифицированных фенолоформальдегидных смол. В качестве наполнителей применяются ориентированные материалы: ленты, ткани, нити, ровинги.

Процесс изготовления пластин композиционного материала состоит из последовательных стадий:

- определение типа связующего и наполнителя;
- расчет соотношения компонентов композиционного материала;
- изготовление связующего – смешивание компонентов в заданных пропорциях;

- разрезка наполнителя на заготовки в соответствии с размерами формы;
- нанесение связующего на слои наполнителя и последовательное соединение пропитанных слоев;
- укладка набранного пакета между плитами прессы и отверждение в соответствии с заданными режимами.

II. ВЫПОЛНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

1. Расчет массы компонентов в композиционном материале

Ход работы. Первоначально определяют необходимый объем $V_{\text{КМ}}$ (м³) пластины композиционного материала.

$$V_{\text{КМ}} = l \cdot b \cdot h,$$

где l, b, h – длина, ширина, толщина пластины композиционного материала. Толщину выбирают в зависимости от стандарта на испытания композиционного материала ($h = 2\text{--}8$ мм).

Зная объем материала, определяют его массу $m_{\text{КМ}}$, кг

$$m_{\text{КМ}} = \rho_{\text{КМ}} \cdot V_{\text{КМ}},$$

где $\rho_{\text{КМ}}$ – плотность композиционного материала, кг/м³.

Плотность материала $\rho_{\text{КМ}}$ (кг/м³) определяют осреднением, зная соотношение компонентов (задано преподавателем).

$$\rho_{\text{КМ}} = \rho_a \cdot P_a + \rho_c \cdot P_c,$$

где ρ_a – плотность арматуры, кг/м³; ρ_c – плотность связующего, кг/м³ (определяется по правилу смеси); P_a, P_c – объемное содержание арматуры и связующего в композиционном материале соответственно, доли ед.

Степень наполнения для технологического процесса задается в массовых долях, а для расчетов – в объемных долях. Связь между массовым C и объемным P содержанием компонентов выражается соотношениями:

$$C_a = \frac{P_a \cdot \rho_a}{P_a \cdot \rho_a + P_c \cdot \rho_c}, \quad C_c = 1 - C_a;$$

$$P_a = \frac{C_a \cdot \rho_c}{C_a \cdot \rho_c + C_c \cdot \rho_a}.$$

Предполагают, что пористость отсутствует, т. е. равна нулю.

Массу компонентов (г) для изготовления пластины композиционного материала определяют из их массового соотношения:

$$m_a = m_{\text{КМ}} \cdot C_a, \quad m_c = m_{\text{КМ}} \cdot C_c.$$

где m_a, m_c – масса наполнителя и связующего соответственно, кг; C_a, C_c – массовое содержание наполнителя и связующего соответственно; доли ед.

Далее определяют число слоев тканого наполнителя N_a для изготовления композиционного материала:

$$N_a = \frac{m_a}{m_{1c}},$$

где m_a – масса арматуры, г; $m_{1c} = \gamma_a \cdot l \cdot b$ – масса одного слоя арматуры, г, определяется расчетным путем или взвешиванием; γ_a – поверхностная плотность слоя армирующего материала, г/м².

Полученное значение N_a округляют до целого (ближайшего большего).

Пересчитывают массу связующего для поддержания заданной степени наполнения.

После расчета учитывают технологические отходы, например остатки связующего на инструменте, для чего количество связующего увеличивают примерно на 20%.

Аналогично проводят расчет компонентов для всех видов композиционных материалов. По результатам расчетов заполняют технологическую карту получения композиционного материала табл. 1).

2. Изготовление пластины композиционного материала

Оборудование и материалы: компоненты для приготовления связующего (по заданию преподавателя), тканый наполнитель, ножницы, весы, жесткие пластины для укладки слоев, муфельная печь.

Ход работы. Из компонентов изготавливают плиту композиционного материала с размерами 250×250 мм методом послойной укладки.

Разрезанный наполнитель послойно пропитывают полученным связующим, тщательно прокатывают роликом для удаления воздушных пузырей и укладывают на пластину, смазанную антиадгезивом или покрытую слоем масляной бумаги.

Связующее равномерно распределяют по поверхности наполнителя, не допуская его отжима. После набора необходимого пакета из пропитанных слоев сверху укладывают жесткую пластину и, при необходимости, грузы. Отверждение проводят по режимам, как для отверждения соответствующего типа связующего (приложение 1).

Таблица 1. Технологическая карта на изготовление композиционного материала

Материал	Изделие, образец, заготовка				Кол-во, масса, г
	Размеры, мм			Объем, см ³	
	длина	ширина	толщина		

Компоненты	Норматив	Состояние, размеры	Содержание, масс. %	Кол-во, г
Наполнитель				
Связующее				

Задание № 2. Определение соотношения компонентов в полученном материале

Цель работы: научиться определять соотношение компонентов в материале методом выжигания и гравиметрическими методами.

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАДАНИЯ №2

Одним из основных показателей структуры композиционного материала, который влияет на свойства полученного изделия, является соотношение компонентов. Массовое содержание компонентов в композиционных материалах на основе термореактивного связующего определяется методами выжигания, растворения или гравиметрическим методом.

Метод растворения основан на удалении из образца композиционного материала связующего под воздействием растворителя, а метод выжигания – под воздействием повышенных температур (для высокотемпературостойких наполнителей). Расчеты по данным методам предполагают отсутствие пор в исходном материале. Если материал пористый, то необходимо проводить расчеты с учетом этого параметра. Наиболее быстрым и неразрушающим методом контроля степени наполнения является гравиметрический.

II. ВЫПОЛНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

1. Определение соотношения компонентов по методу выжигания

Оборудование и материалы: образцы композиционного материала, весы с точностью до 0,001 г, муфельная печь, эксикатор, тигли.

Ход работы. Готовят не менее трех образцов композиционного материала любой формы и размеров. Масса образца не должна превышать 5 г.

Тигли прокаливают в муфельной печи при температуре $650 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 20 мин и охлаждают в эксикаторе.

Образцы композиционного материала взвешивают на электронных весах с точностью до 0,001 г и помещают в предварительно взвешенные с такой же точностью тигли. Тигли с материалом переносят в муфельную печь при температуре $650 \pm 5^\circ\text{C}$ на 15–20 мин, чтобы выжечь связующее. Затем тигли помещают в эксикатор и охлаждают до комнатной температуры, после чего взвешивают с той же точностью.

Массовые доли наполнителя и связующего в процентах определяют из соотношений:

$$C_a = \frac{m_a}{m_{\text{км}}}, \quad C_c = 1 - C_a,$$

где m_a – масса остатка после прокаливания, г; $m_{\text{км}}$ – исходная масса образца композиционного материала, г.

Для определения объемного содержания арматуры P_a необходимо знать плотность композиционного материала и арматуры

$$P_a = \frac{m_a / \rho_{\text{км}}}{m_{\text{км}} / \rho_a},$$

где $\rho_{\text{км}}$, ρ_a – плотности композиционного материала и арматуры соответственно, г/см³.

Приведенные расчеты предполагают отсутствие пор в исходном материале. Если материал пористый, то необходимо проводить расчеты с учетом пористости. Если известна плотность матрицы, то можно определить объемное содержание пор P_p

$$P_p = 1 - \frac{m_a / \rho_a + (m_{\text{км}} - m_a) / \rho_c}{m_{\text{км}} / \rho_{\text{км}}} \quad \text{или} \quad P_p = 1 - (P_a + P_c),$$

где $\rho_{\text{км}}$, ρ_a , ρ_c – плотности композиционного материала, арматуры и связующего соответственно, г/см³.

За результат принимают среднее арифметическое значение всех экспериментов. По результатам эксперимента заполняют протокол. Сравнивают полученное значение степени наполнения с заданной изначально, делают вывод.

2. Определение содержания компонентов гравиметрическим методом

Оборудование и материалы: образцы композиционного материала, весы с точностью до 0,001 г.

Ход работы. Берут образцы композиционного материала любой формы и размеров. Определяют плотность композита по одной из стандартных методик: гидростатическим взвешиванием или методом прямого обмера и взвешивания. Плотности исходных компонентов берут из справочника или определяют экспериментально.

Объемное содержание арматуры рассчитывают по соотношению

$$P_a = \frac{\rho_{\text{км}} - \rho_c}{\rho_a - \rho_c},$$

где $\rho_{\text{км}}$, ρ_a , ρ_c – плотности композиционного материала, арматуры и связующего соответственно, г/см³.

Гравиметрический метод является точным только в случае полного отсутствия в композите пустот.

За результат принимают среднее арифметическое не менее трех результатов эксперимента. Сравнивают полученное значение степени наполнения с заданной изначально, делают вывод.

Сравнивают результаты определения соотношения компонентов по предлагаемым методикам и делают вывод.

Форма отчета по заданию №2

По результатам эксперимента заполняют протокол.

ПРОТОКОЛ № _____ от _____

Определения содержания компонентов в композиционном материале.

1. АППАРАТУРА: (применяемое оборудование и приборы, тип, марка, основные характеристики)
2. МАТЕРИАЛ: (тип, марка или состав связующего, ГОСТ, дата изготовления)
3. ОБРАЗЦЫ: (тип, размеры, количество, метод изготовления)
4. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ: (температура)
5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ:

5.1. Метод выжигания

Материал	№ образца	m_T , Г	m_{KM} , Г	m_a , Г	C_a	P_a	C_c	P_c	P_p
	1								
Среднее арифметическое значение									
Среднее квадратическое отклонение									
Коэффициент вариации, %									

Испытания провел:

5.2. Гравиметрический метод

Материал	№ образца	ρ_{KM} , г/см ³	ρ_a , г/см ³	ρ_c , г/см ³	C_a	P_a	C_c	P_c
	1							
	...							
Среднее арифметическое значение								
Среднее квадратическое отклонение								
Коэффициент вариации, %								

Практическая работа № 7

Устройство автомобильных шин

Цели работы: изучить устройство колес и пневматических шин; приобрести навыки в демонтаже шины с колеса и монтаже ее на колесо.

Задачи занятия: по плакатам и макетам шин изучить назначение и название деталей, научиться выполнять монтаж и демонтаж шин.

Описание устройства. Пневматическая камерная шина состоит из покрышки, камеры и ободной ленты.

Ободные ленты применяются в случае монтажа покрышки на разъемные ободья для предохранения камеры от защемления между элементами обода, а также между бортами покрышки и ободом. При использовании цельнопрофилированных ободьев ободная лента не требуется.

Каркас является основной силовой частью шины, па которую действуют накачанный воздух, нормальная нагрузка массы машины, тяговые, тормозные и боковые нагрузки. Каркас состоит из нескольких слоев обрешиненного корда, наложенных друг на друга так, что нити в соприкасающихся слоях перекрещиваются. В зависимости от назначения и конструкции покрышки между некоторыми слоями каркаса располагаются резиновые прослойки, увеличивающие эластичность шины. Резиновые прослойки чаще всего располагаются между наружными слоями каркаса, где при работе шины возникают наибольшие сдвиговые деформации. На верхнем слое каркаса в беговой зоне протектора может находиться брекер (2 — 4 слоя) из разреженного корда. Брекер повышает прочность шины и сопротивление механическим повреждениям, увеличивает прочность связи беговой части протектора с каркасом.

Протектор покрышки представляет собой массивный слой резины с канавками и выступами, которые образуют рисунок протектора, обеспечивающий сцепление покрышки с дорожным покрытием или грунтом.

Боковые стенки покрышки (боковины) защищают стенки каркаса от повреждения и внешних воздействий. Толщина боковин, как правило, не превышает [5... 11](#) мм (в зависимости от размеров и назначения покрышки).

Борт покрышки обеспечивает ее крепление на ободе колеса. Проволочное кольцо, являющееся жесткой основой борта, называется бортовым кольцом. На этих кольцах закреплены кордные слои каркаса. Бортовые кольца изготавливаются из параллельных рядов одиночной стальной проволоки. Обрешиненное проволочное кольцо, обернутое прорезиненной тканью, образует крыло. При многослойном каркасе борт покрышки может иметь два или три крыла. На наружную поверхность проволочных колец накладывается по окружности наполнительный шнур из твердой резины, который обеспечивает борту покрышки плавные сопряжения. Борт покрышки снаружи обернут лентой, защищающей каркас от истирания о закраины и полки обода и повреждений при монтаже.

Покрышки с радиальным кордом (тип Р) отличаются от диагональных тем, что нити корда каркаса не пересекаются, а располагаются радиально (от борта к борту) и параллельны друг другу во всех слоях.

При радиальном расположении нитей корда в каркасе нагрузка на отдельную нить от внутреннего давления воздуха снижается почти вдвое, что позволяет уменьшить число слоев в каркасе покрышки.

Основную нагрузку от давления накаченного воздуха в радиальных шинах принимает брекер, который состоит из нескольких слоев жесткого корда, образующих гибкую ленту, которая охватывает каркас покрышки по беговой дорожке. Камера представляет собой замкнутое кольцо из резиновой трубки, заполненное воздухом. Накачивание камеры производится через закрепленный на ней вентиль с золотником, представляющий собой обратный клапан. Размеры камеры несколько меньше внутреннего диаметра шины, поэтому, растягиваясь, камера плотно прилегает к поверхностям покрышки и обода, что позволяет избежать образования складок и защемления при монтаже шины на обод.

Автомобильные колеса могут быть камерными и бескамерными.

Колесо с камерной шиной состоит из диска с ободом, на котором установлена шина.

Бескамерная шина имеет такую же конструкцию, но без камеры. На внутренней поверхности покрышки имеется герметизирующий слой из эластичной резины повышенной газонепроницаемости, а также уплотняющий резиновый слой на бортах, обеспечивающий герметичное прижатие бортов шины к краям обода. Шина монтируется на обод колеса с плотно сваренными соединениями. Обод должен быть воздухонепроницаемым, хорошо защищенным и прокрашенным.

Вентиль закрепляется герметично с помощью резиновой шайбы на ободе колеса.

Основными преимуществами бескамерных шин являются снижение массы колес, уменьшение потерь на трение, лучшее охлаждение шины ввиду хорошего отвода теплоты через обод колеса. Бескамерные шины повышают безопасность движения, так как внутренний герметизирующий слой при проколах шины не вызывает резкого падения давления воздуха. Ремонт бескамерных шин легко можно выполнить с помощью специальных приспособлений в дороге.

Недостатком бескамерных шин является трудное их заполнение воздухом в дорожных условиях без компрессора. Подъезжая к бордюру тротуара, следует помнить, что прижатие колес к бордюру может привести к выпуску воздуха из шины. Размеры шины обозначают в дюймах или миллиметрах на боковой поверхности шины и камеры. На автобусах ПАЭ-3205

устанавливают шины 8.25R20HC10, на автомобиле ГАЗ-3307 — шины M.25R20 (240R508), на автомобилях ЗИЛ-433100 — шины 260-508 типа P, на ЗИЛ-433100 — шины 260-508 типа P. Здесь первое число означает ширину профиля, второе — внутренний диаметр по ободу колеса.

Шины могут иметь смешанное обозначение у легковых автомобилей. Так, на автомобиль ВАЗ-2110 устанавливают шины 175/70R13, здесь 175 означает размер профиля шины в миллиметрах; 70 — индекс серии; R — шина радиальная; 13 — посадочный диаметр в дюймах.

Обозначение шины включает в себя:

товарный знак завода-изготовителя;

обозначение шины (на обеих сторонах шины), камеры, ободной ленты;

знак направления вращения в случае направленного рисунка протектора;

норму слоистости HC или PR, что обозначает расчетное число слоев в каркасе шины при использовании эталонного корда и определяет максимально допустимую нагрузку при соответствующем внутреннем давлении в шине (число слоев может меняться в зависимости от типа корда);

обозначение максимально допустимой нагрузки на шину и соответствующего ей давления (для шин) при максимальной допустимой скорости автомобиля, например: $Q_{max} = 1\ 660$ Н, $P_{max} = 0,16$ МПа;

номер ГОСТа или ТУ;

штамп отдела технического контроля;

заводской номер, например: Я IX 06, 487767, где Я — предприятие-изготовитель; IX — месяц изготовления; 06 — год изготовления; 487767 — серийный номер;

страну-изготовителя.

Камеры, изготовленные из бутилкаучука, имеют дополнительную маркировку в виде букв «БК» и маркировочную полосу желтого цвета по бандажной (посадочной) части камеры.

На покрышке, камере, ободной ленте допускаются дополнительные обозначения, например тип корда: К — капроновый; В — вязкоэластичный (для шин) и т.д.

Эксплуатация автомобиля во многом зависит от состояния шин, а следовательно, от их выбора для различных дорожных условий.

При эксплуатации автомобиля изнашивание шин происходит неравномерно, поэтому рекомендуется менять их местами.

Основные элементы колеса, ступица, диск с ободом и пневматическая шина. Ступица является составной частью ведущего моста

или передней оси. Они имеются у ведущих и ведомых мостов. Ободья колес могут быть глубокими или плоскими. Глубокие ободья, как правило, неразборные, плоские — разборные.

Диски колес изготавливаются штамповкой, к ним приваривается или приклепывается профилированный обод неразборной конструкции с большим углублением.

Плоские обода используют на грузовых автомобилях. Шины на таких ободах удерживаются разрезным замочным кольцом и неразрезным бортовым кольцом.

В некоторых случаях шина на плоском ободе удерживается разрезным бортовым кольцом.

На автомобилях высокой проходимости могут применяться составные ободья, у которых наружный обод делают съемным. С основным ободом он соединяется болтами с гайками. Между бортами шин на таких ободьях ставятся распорные кольца, прижимающие борта шин к краям обода и удерживающие шины от проворачивания при снижении давления.

На некоторых автомобилях устанавливаются бездисковые колеса со съемным плоским ободом, состоящим из трех частей.

Для надежного удержания бортов шины на глубоких ободьях имеются кольцевые выступы (хампы), препятствующие боковому отжиму шин.

Центрирование колеса на ступице производится по центральному отверстию диска.

На заднюю ось грузового автомобиля устанавливают, как правило, по два колеса с каждой стороны. Для крепления заднего внутреннего колеса на ступице закреплены шпильки, крепящиеся специальными гайками с внутренней и наружной резьбой. Внутренней резьбой крепятся внутренние колеса на шпильках ступицы. На специальные гайки надеваются наружные колеса и крепятся обычными гайками, которые имеют конусы для точной установки колес. Отверстия в дисках также имеют конусность. Шпильки и гайки правых колес имеют правую резьбу, а левых — левую. На гранях гаек с левой резьбой выполнены специальные проточки.

На некоторых автомобилях все колеса крепятся болтами или гайками только с правой резьбой. В этом случае контрольных проточек они не имеют.

Бездисковые колеса могут быть со спицами или с барабанными ступицами. У спицевых ступиц пять-шесть спиц заменяют диски колес. На концах каждой спицы имеются конические поверхности, служащие для крепления обода. От поперечных смещений колесо удерживается прижимами. Шпильки прижимов расположены по окружности относительно большего

диаметра, чем у дисковых колес, и поэтому меньше нагружены. Основные достоинства бездисковых колес: простота конструкции, низкая стоимость, масса меньше на 10...15 %, удобство монтажно-демонтажных работ.

Вопросы для самопроверки:

Как устроены автомобильные колеса с плоским и глубоким ободом?
Как осуществляется крепление шины на ободе колеса?
Как осуществляется крепление одинарных и сдвоенных колес на ступице?
Как устроены камерная и бескамерная шины?
Каковы достоинства и недостатки бескамерной шины?
Опишите устройство шин типа P и обычных.
Объясните влияние нарушения нормы давления воздуха на ресурс шин.
Какие надписи имеются на шине и что они означают?

Практическая работа № 8

Подбор лакокрасочных материалов в зависимости. Способы нанесения лакокрасочных материалов на металлические поверхности

Задание

1. Подготовить металлическую поверхность к окраске и нанести слой грунта.
2. Произвести шпатлевание.
3. Оценить малярные свойства краски.
4. Произвести окраску и оценить адгезию лакокрасочного покрытия и его эластичность.
5. Оценить твердость лакокрасочного покрытия и его прочность при ударе.
6. Составить отчет о работе.
7. Ответить на контрольные вопросы.

6.3. Теоретическая часть

6.3.1. Подготовка металлической поверхности к окраске и нанесение слоя грунта

Лакокрасочные материалы (ЛКМ) наносятся только на предварительно подготовленную поверхность, с которой удаляются пыль, грязь, следы нефтепродуктов, ржавчина, окалина, остатки негодного старого покрытия.

Сцепление первого слоя покрытия с плохо подготовленной поверхностью получается очень слабое. При плохой адгезии коррозия развивается невидимо под слоем ЛКМ. Наиболее опасной в этом

отношении является окалина, которую следует особенно тщательно удалять. Окалина — это продукт окисления поверхности металла при взаимодействии с внешней средой.

Металлические детали, очищенные от загрязнения, как правило, подвергаются пассивированию. Под пассивированием, или пассивацией, понимают повышение коррозионной устойчивости поверхности металла с помощью создания на ней защитной пленки.

Если пассиватор вводится в состав первого слоя ЛКМ (грунтовки), то процесс пассивирования не предшествует окраске, а совмещается с ней. Таким пассиватором обычно бывают соли хромовой кислоты ($PbCrO_4$, $ZnCrO_4$).

Ответственные изделия, работающие в условиях повышенного коррозионного воздействия, подвергаются предварительной пассивации (фосфатированию). Для этого используется орто - фосфорная кислота или препараты на ее основе. Создаваемая при этом на поверхности металла фосфатная пленка кроме защитных свойств обладает пористым строением, что значительно улучшает адгезию и препятствует распространению коррозии при местном разрушении.

На подготовленную поверхность наносится первый слой покрытия — грунт.

Он служит для обеспечения высокой адгезии между металлом и последующими слоями покрытия. Грунтовка — материал, из которого образуется грунт, наносится кистью, распылением или окунанием. Важно, чтобы разрыв во времени между окончанием подготовки поверхности под покраску и нанесением грунтовки был как можно меньше.

6.3.2. Шпатлевание

Высушенный грунт имеет толщину слоя порядка 15—20 мкм, поэтому видимые дефекты на поверхности металла сохраняются. Чтобы их устранить прибегают к местному и общему [шпатлеванию](#). Местное шпатлевание выравнивает крупные дефекты. Общее позволяет получить гладкое покрытие по всей поверхности окрашиваемой площади.

При местном шпатлевании шпателем или куском листовой резины наносится слой шпатлевки на дефектные участки, при этом его толщина не должна превышать 0,5 мм, в противном случае слой получится недостаточно эластичный, будет растрескиваться и крошиться. Каждый слой просушивается и шлифуется грубой абразивной шкуркой № 80—120, затем очищается от пыли и зерен абразива. Общее число слоев шпатлевки должно быть не более двух. При необходимости окончательное выравнивание достигается нанесением на всю поверхность шпатлевочного слоя толщиной 50—100 мкм. После этого проводится сушка и шлифование мелкозернистыми шкурками № 000—220. При этом шпатлевка разбавляется растворителем до необходимой вязкости и наносится обычно при помощи краскораспылителя.

6.3.3. Оценка малярных свойств краски

Готовая к применению краска должна обладать оптимальной вязкостью. При повышенной вязкости возрастает толщина пленки одного слоя и снижается ее прочность, при пониженной — уменьшается толщина слоя и увеличивается расход растворителя.

Вязкость ЛКМ измеряется в секундах, потребных для вытекания 100 мл его из вискозиметра ВЗ-4 (рис. 6.1) через отверстие в дне диаметром 4 мм при температуре 18—20 °С. Это время должно находиться в пределах от 15 до 45 секунд. Если же окраска будет производиться при помощи кисти, то ее вязкость должна составлять от 30 до 60 секунд.

Для этого вискозиметр заполняется испытуемой краской в количестве 100 мл (стандартный вискозиметр ВЗ-4 имеет емкость при заполнении до краев 100 мл), а затем по секундомеру определяется время его опорожнения. Секундомер пускается в тот момент, когда проволочка вместе с припаянным к ней шариком быстрым движением вынимается из емкости. Для точности определения вязкости замеры повторяют три-четыре раза и затем выводят среднее арифметическое.

Кроме того, при приготовлении краски необходимо определить тип растворителя, с которым она совместима. Это испытание связано с тем, что краски на основе, например, нитроцеллюлозы с бензином не совместимы и при смешивании с ним свертываются и выпадают в осадок, в то время как другие являются совместимыми с бензином. Краски же на основе нитроцеллюлозы хорошо совмещаются с растворителем № 000, который наиболее распространен и применяется в автомалярном производстве.

Одним из показателей красок является их укрывистость. Укрывистость — это способность краски полностью скрывать цвет окрашиваемой поверхности.

Укрывистость измеряется количеством ЛКМ в г/м², потребным для закрашивания пластинки из бесцветного стекла таким количеством слоев, при котором не просматриваются черные и белые квадраты у подложенной под пластинку шахматной доски.

От укрывистости зависят расход ЛКМ и число слоев краски в покрытии. Укрывистость автоэмалей находится в пределах от 30 до 70 г сухой пленки на 1 м² окрашиваемой поверхности.

6.3.4. Окраска

Обработанный шпатлевочный слой, а при его отсутствии грунтовочный покрывается несколькими слоями краски. Краски наносят теми же способами, что и грунты. Самый распространенный способ — пневмораспыление.

Краску разводят до вязкости 17—30 с по ВЗ-4 и распыляют под давлением сжатого воздуха 200—600 кПа. Предварительный подогрев ЛКМ снижает их вязкость, что позволяет выполнять работу при пониженном давлении, используя меньшее количество растворителя. При этом расход растворителя уменьшается на 30—40 %, а толщина слоя

покрытия увеличивается в 1,5—2 раза и сокращаются потери на туманообразование.

Ручные краскораспылители обеспечивают производительность 100—200 м²/ч. Сжатый воздух перед распылением рекомендуется очищать от влаги и масла, принципиальная схема установки для пневмораспыления приведена на рис. 6.2. Для уменьшения колебаний давления сжатого воздуха устанавливают дополнительную емкость большого объема — ресивер. На рис. 6.3 показана схема пневматического краскораспылителя. При воздействии на спусковой крючок 7 оттягивается со своего седла запорная игла 8, при этом поступающий через канал в рукоятке сжатый воздух будет вырываться с большой скоростью из сопел распылительной головки 1, образуя разряжение в зоне центрального отверстия, освобожденного иглой 8. Краска, подаваемая из бачка 2, будет вытекать из этого отверстия, подхватываться, дробиться и увлекаться воздушным потоком.

Сжатый воздух для краскораспылителей обеспечивает любой компрессор, создающий давление 300—600 кПа.

Каждый слой краски проходит этап сушки, а наружные слои могут подвергаться шлифованию, полированию и покрытию лаком.

В процессе сушки определяют время высыхания от пыли. Это время от начала высыхания до появления матового пятна от «дыхания». Спустя некоторое время после окраски на покрытии образуется тончайшая полутвердая пленка, на которой при выдыхании на нее на расстоянии 10 см от рта немедленно начнут конденсироваться выдыхаемые вместе с воздухом пары воды. Начало их конденсации, которое обнаруживается по возникновению на поверхности матового пятна, принимается за момент завершения высыхания от пыли.

Повышение температуры воздуха, при которой происходит сушка, сокращает время, отводимое на нее. Некоторые виды эмалей предполагают только горячую сушку. Сушку покрытий в естественных условиях используют при окрашивании быстровысыхающими ЛКМ (такие, как акриловые, виниловые, нитроцеллюлозные, перхлорвиниловые и др.).

Продолжительность сушки можно сократить, используя технологию нанесения слоев покрытия «сырой по сырому». В этом случае на грунтовку или первый слой эмали, высушенные до исчезновения отлипа (сушат примерно 10—15 мин) наносят последующий слой ЛКМ. Этот слой сушат требуемое время (от 24 до 48 часов), при этом хорошо просыхают и высушенные ЛКМ должны обладать определенными показателями качества, к которым относятся укрывистость, адгезия, прочность при ударе, прочность при изгибе и при растяжении, а также твердость.

6.3.5. Твердость и прочность при ударе

В автомобильном производстве эти показатели качества лакокрасочного покрытия наряду с адгезией являются наиболее важными.

Твердость покрытий определяется на маятниковом приборе М-3 (рис. 5.2, с. 103). Этот прибор состоит из основания 2, плиты 6, маятника 4 и шкалы 3. Маятник выполнен в виде буквы П, и через два стальных шарика опирается на испытуемое покрытие, которое нанесено на стеклянную пластинку 8. С помощью специальной рамки маятник устанавливается в нулевое положение, а затем пусковым приспособлением 1 отводится на угол 5° . При этом шариковые опоры не должны смещаться с того места, которое соответствовало нулевому положению. Затем маятник освобождается и замеряется время его колебания, пока амплитуда не достигнет 2° . По формуле (6.1) определяется твердость покрытия.

где t_1 — время до затухания колебаний маятника (от 5° до 2°), точки опоры которого лежат на стеклянной пластинке, покрытой ЛКП, с; t_2 — стеклянное число прибора, т. е. время затухания колебаний маятника (от 5° до 2°), точки опоры которого лежат на совершенно чистой стеклянной пластинке, с.

ЛКП автомобилей должны иметь твердость не менее 0,2.

Прочность покрытия при ударе оценивается с помощью специального прибора У-1 (рис. 5.1, с. 103). Он состоит из станины 1, наковальни 7, бойка 2, направляющей трубы со шкалой 3, груза 5 массой 1 кг и пусковой кнопки. При испытании на наковальню устанавливается стальная пластинка размером 100x100 мм покрытием в сторону бойка. Место, которое будет подвергаться удару, должно отстоять не менее чем на 20 мм от краев пластинки или от центров участков, по которым ранее наносился удар. Результатом испытания является определение той максимальной высоты (в см) падения груза, при которой не обнаруживаются трещины, смятия и отслаивания покрытия.

ЛКП автомобилей должны иметь прочность при ударе не менее 30 см.

В табл. 6.1 показаны причины возможных дефектов при окраске поверхностей пневмораспылением.

Таблица 6.1. Возможные дефекты покрытий при окраске пневмораспылением

Лакокрасочные покрытия по внешнему виду подразделяются на [4 класса](#) (табл. 5.1, с. 102).

6.4. Экспериментальная часть

6.4.1. Подготовка металлической поверхности к окраске и нанесение слоя грунта

Оборудование:

- металлические пластинки размером 100x100x0,8 мм;
- бензин или [ацетон](#);
- шлифовальная шкурка;
- грунтовка ГФ-020, ГФ-037 или № 000;
- вытяжной шкаф;

— сушильный шкаф.

Порядок [выполнения работы](#)

1. Зачистить стальную пластинку с обеих сторон шлифовальной шкуркой.
2. Удалить с ее поверхности пыль в виде ржавчины промывкой в бензине или [ацетоне](#), затем просушить.
3. Подготовленную пластинку погрузить в грунтовку так, чтобы загрунтованной с обеих сторон оказалась только половина пластинки.
4. Вынуть пластинку и дать стечь излишкам грунтовки в течение 5 мин.
5. Просушить нанесенный слой грунта в течение 20—25 мин при температуре 100—110 °С.
6. Охладить пластинку в течение 5 мин.
7. Произвести пробу на полное высыхание, для чего
— на пластинку с покрытием поставить груз массой 0,2 кг и с опорной поверхностью 100 мм²;
— по истечении 30 с груз снять и произвести контроль на предмет прилипания волокон ваты к грунту и остаточных следов.
8. Результат записать в отчет.

6.4.2. Шпатлевание Оборудование:

- шпатель;
- шлифовальная шкурка № 000;
- нитрошпатлевка;
- сушильный шкаф.

Порядок выполнения работы

1. С помощью шпателя нанести на одну из сторон пластинки слой шпатлевки по возможности ровным и тонким слоем.
2. Произвести сушку шпатлевки в течение 15—20 мин при температуре 60—70 °С.
3. Охладить пластинку в течение 5 мин и произвести пробу на полное высыхание.
4. С помощью шкурки отшлифовать слой шпатлевки до появления совершенно гладкой и беспористой поверхности.
5. Результат испытания записать в отчет.

6.4.3. Оценка малярных свойств краски Оборудование:

- образцы стандартных красок, применяемых в автомалярном производстве;
- растворитель № 000;
- бензин;
- две пробирки с пробками;
- вискозиметр ВЗ-4;
- стеклянная пластинка размером 90x120 мм;
- весы лабораторные;
- кисть;
- шахматная доска или белая бумага, на которую нанесены черные полосы.

Порядок выполнения работы

1. Выбрать образец краски из имеющихся в коллекции и определить ее тип, для чего:

- налить ее в две пробирки примерно до уровня 30 мм от дна каждой;
- добавить примерно такое же количество в одну пробирку бензина, в другую растворитель № 000;
- заткнуть пробками и энергично встряхнуть;
- осмотреть полученный раствор и определить по совместимости краски с растворителями ее тип;
- результат записать в отчет.

2. Измерить вязкость краски, для чего:

- заполнить вискозиметр испытуемой краской в количестве 100 мл;
- одновременно с изъятием запорного шарика включить секундомер и выключить его по окончании вытекания краски.
- замер повторить четыре раза и вывести среднее значение;
- сделать вывод по вязкости краски и результат записать в отчет.

3. Вымыть вискозиметр ВЗ-4 при помощи соответствующего растворителя.

4. Определить укрывистость ЛКМ, для чего:

- взвесить стеклянную пластинку с точностью до 0,1 г;
- наложить ее на шахматную доску;
- при помощи кисти наносить слои краски с интервалом в 5 мин до тех пор, пока не будет достигнута полная укрывистость;
- просушить пластинку при 60 °С не менее 10 мин;
- вновь взвесить окрашенную пластинку и рассчитать укрывистость краски;
- результат записать в отчет.

6.4.4. Окраска и определение адгезии и эластичности покрытия

Оборудование:

- образцы стандартных эмалей (красок), применяемых в автомобильном производстве;
- растворитель № 000 или ацетон;
- краскораспылитель;
- стальные пластинки размером 100x100x0,8 мм;
- стальные пластинки размером 150x20x0,3 мм;
- сушильный шкаф;
- вытяжной шкаф;
- набор стальных стержней диаметром 20, 15, 10, 3 и 1 мм;
- лезвия безопасной бритвы.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить стальные пластинки согласно п. 6.4.1.

2. Нанести слой краски при помощи краскораспылителя.

3. Определить время высыхания от пыли.

4. Просушить окрашенную пластинку в течение 10—15 мин при температуре 50—60 °С.

5. Промыть краскораспылитель в растворителе № 000.
6. Определить адгезию лакокрасочного покрытия, для чего:
 - на окрашенной пластинке размером 100x100x0,8 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях на всю глубину покрытия лезвием безопасной бритвы нанести надрезы на расстоянии 2 мм;
 - слегка надавить на образовавшиеся квадраты и попытаться сдвинуть их с места;
 - сделать вывод о состоянии адгезии и результат записать в отчет.
7. Определить эластичность лакокрасочного покрытия, для чего:
 - окрашенную стальную пластинку размером 150x20x0,3 мм плавно изгибать на 180° поочередно вокруг стержней, начиная с большего диаметра и переходя к меньшему (при этом испытываемая пленка должна быть обращена наружу, т. е. работать на растяжение);
 - зафиксировать значение эластичности пленки и результат записать в отчет.

6.4.5. Оценка твердости ЛКП и его прочности при ударе

Оборудование:

- прибор М-3;
- прибор У-1;
- окрашенная металлическая пластинка размером 100x100 мм;
- окрашенная стеклянная пластинка;
- секундомер.

Порядок выполнения работы

1. Для определения твердости ЛКП:

- установить окрашенную стеклянную пластинку на плиту прибора М-3 под шариковые опоры П-образного маятника;
- установить маятник в нулевое положение;
- отвести маятник на 5°;
- освободить маятник и по формуле (6.1) рассчитать твердость покрытия (стеклянное число прибора получить от лаборанта или преподавателя);
- результат записать в отчет.

2. Для определения прочности ЛКП при ударе:

- установить окрашенную стальную пластинку на наковальню прибора У-1;
- начиная с минимальной высоты подъема груза и постепенно ее увеличивая, определить прочность покрытия;
- результат записать в отчет.

По результатам анализов заполнить таблицу по форме:

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к ЛКМ?
2. Как готовится поверхность деталей к окраске?
3. Как классифицируются лакокрасочные покрытия?
4. Какими показателями оцениваются малярные свойства красок?

5. Как обозначаются лакокрасочные материалы?
6. Чем достигается высокая адгезия лакокрасочных покрытий?

Практическая работа № 9

Расчёт режимов резания при механической обработке на различных станках

Цель: Научиться назначать режимы резания для токарной обработки при помощи справочной литературы.

Задание на практическую работу

Назначить режимы резания на обтачивание поверхности заготовки с диаметра D до диаметра d на токарно-винторезном станке 16К20. Заготовка – необработанный прокат. Стойкость резца принять $T = 60$ мин. Остальные условия обработки принять по таблице.

Вариант Т	D	d	Длина обрабатываемой поверхности	Форма уступа	Материал заготовки
1	100	80	200	На проход (без уступа)	Сталь 45 ($\sigma_B = 598$ МПа)
2	80	75	200	В упор под углом 90°	Сталь 20 ($\sigma_B = 410$ МПа)
3	50	40	200	Под углом 60°	Сталь 40Х ($\sigma_B = 770$ МПа)
4	30	25	200	Под углом 45°	Сталь Ст3 ($\sigma_B = 450$ МПа)
5	180	168	100	Под углом 30°	Сталь У8 ($\sigma_B = 670$ МПа)
6	160	150	100	Под углом 60°	Сталь ХВГ ($\sigma_B = 900$ МПа)
7	140	135	100	На проход (без уступа)	Сталь 45 ($\sigma_B = 598$ МПа)
8	120	112	100	Под углом 45°	Сталь 20 ($\sigma_B = 410$ МПа)
9	110	104	50	На проход (без уступа)	Сталь 40Х ($\sigma_B = 770$ МПа)

10	100	92	50	Под углом 30°	Сталь Ст3 ($\sigma_{\text{в}} = 450$ МПа)
11	90	75	50	Под углом 60°	Сталь У8 ($\sigma_{\text{в}} = 670$ МПа)
12	80	70	50	В упор под углом 90°	Сталь ХВГ ($\sigma_{\text{в}} = 900$ МПа)
13	70	58	150	Под углом 45°	Сталь 45 ($\sigma_{\text{в}} = 598$ МПа)
14	60	56	150	На проход (без уступа)	Сталь 20 ($\sigma_{\text{в}} = 410$ МПа)
15	50	45	150	На проход (без уступа)	Сталь 40Х ($\sigma_{\text{в}} = 770$ МПа)
16	40	30	150	Под углом 30°	Сталь Ст3 ($\sigma_{\text{в}} = 450$ МПа)
17	30	22	120	Под углом 60°	Сталь У8 ($\sigma_{\text{в}} = 670$ МПа)
18	20	16	120	На проход (без уступа)	Сталь ХВГ ($\sigma_{\text{в}} = 900$ МПа)
19	150	130	120	В упор под углом 90°	Сталь 45 ($\sigma_{\text{в}} = 598$ МПа)
20	130	115	120	В упор под углом 90°	Сталь 20 ($\sigma_{\text{в}} = 410$ МПа)
21	110	100	80	Под углом 45°	Сталь 40Х

					($\sigma_B = 770$ МПа)
22	90	84	80	На проход (без уступа)	Сталь Ст3 ($\sigma_B = 450$ МПа)
23	70	55	80	В упор под углом 90°	Сталь У8 ($\sigma_B = 670$ МПа)
24	50	38	80	Под углом 60°	Сталь ХВГ ($\sigma_B = 900$ МПа)
25	30	26	200	На проход (без уступа)	Сталь 45 ($\sigma_B = 598$ МПа)
26	200	19 0	200	Под углом 30°	Сталь 20 ($\sigma_B = 410$ МПа)
27	170	15 5	100	В упор под углом 90°	Сталь 40Х ($\sigma_B = 770$ МПа)
28	140	13 5	100	Под углом 45°	Сталь Ст3 ($\sigma_B = 450$ МПа)
29	110	95	150	В упор под углом 90°	Сталь У8 ($\sigma_B = 670$ МПа)
30	80	66	150	Под углом 60°	Сталь ХВГ ($\sigma_B = 900$ МПа)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ

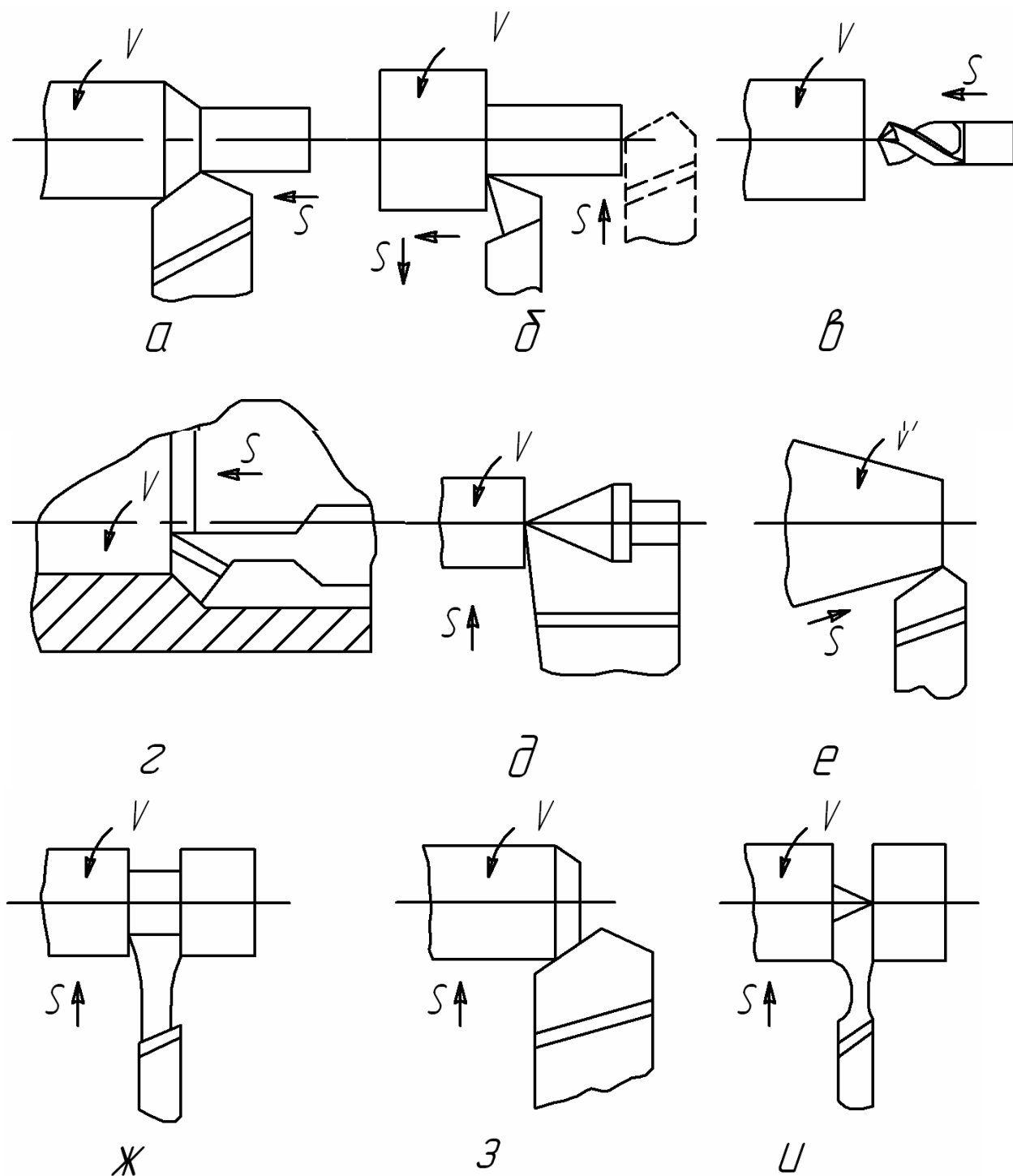


Рис. 1. Виды токарных работ

На токарно-винторезных станках можно выполнять следующие виды работ (рис. 1):
 а) обтачивание детали проходным резцом по наружному диаметру заготовки (рис. 1, а);
 б) подрезание торцов детали подрезным или проходным резцом (рис. 1, б);
 в) сверление, зенкерование и развертывание отверстий сверлами, зенкерами и развертками, вставленными в пиноль задней бабки (рис. 1, в);
 г) растачивание отверстий расточными резцами (рис. 1, г);
 д) точение фасонных поверхностей специальными резцами (рис. 1, д);
 е) точение конусных и сферических поверхностей (рис. 1, е);
 ж) прорезание канавок канавочными резцами (рис. 1, ж);
 з) снятие фасок (рис. 1, з);
 и) отрезание заготовки или детали отрезным резцом (рис. 1, и).

Кроме того, на данных станках можно нарезать резьбу резцом, плашкой или метчиком. На станках с ЧПУ указанные виды работ выполняются в автоматическом режиме.

Обработка материалов резанием – это технологический процесс, при котором режущий инструмент удаляет с поверхности заготовки слой материала в виде стружки для получения необходимой геометрической формы, точности размеров, взаиморасположения и шероховатостей поверхностей детали. Обработка резанием сопровождается образованием значительных отходов металла в виде стружки. Процесс резания состоит в том, что обрабатываемая деталь и режущий инструмент перемещаются относительно друг друга, во время этого движения инструмент срезает с поверхности детали слой металла, превращая его в стружку. Совокупность относительных движений инструмента и заготовки, необходимых для получения заданной поверхности, называют схемой обработки.

Механизмы металлорежущих станков совершают рабочие, установочные и вспомогательные движения. **Рабочие** движения обеспечивают срезание металла или вызывают изменение состояния обработанной поверхности заготовки. К ним относятся главное движение и движение подачи. **Главное движение резания** – это прямолинейное поступательное или вращательное движение инструмента или заготовки, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания и определяющее скорость снятия материала срезаемого слоя. **Движение подачи** – прямолинейное поступательное или вращательное движение инструмента или заготовки, скорость которого меньше скорости главного движения резания. Оно предназначено для того, чтобы распространить отделение слоя металла на всю обрабатываемую поверхность. **Установочные движения** – это движения, обеспечивающие взаимное положение инструмента и детали для срезания с нее определенного слоя материала. К **вспомогательным** движениям относят транспортирование заготовки, закрепление заготовки и инструмента, быстрые перемещения рабочих органов станка.

В процессе резания на заготовке различают обрабатываемую поверхность 1, с которой снимается слой материала и обработанную поверхность 3, с которой слой материала уже срезан. Поверхность 2 образуется режущей кромкой инструмента и является переходной между обрабатываемой и обработанной поверхностями.

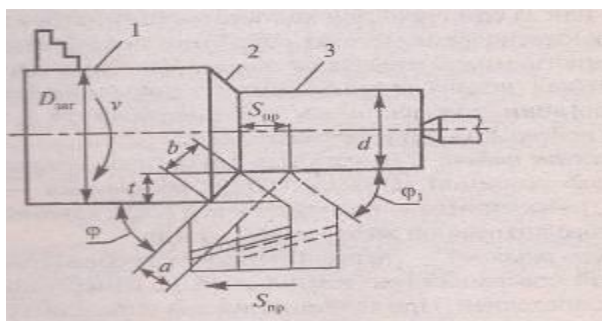


Рисунок 34 - Элементы резания и геометрия срезаемого слоя.

К элементам режима резания относятся
- глубина резания t , мм, равна припуску на обработку;

-подача S , мм/об, зависит от глубины резания и от характера обработки (черновая или чистовая);

-скорость резания v , м/мин, зависит от материалов заготовки и инструмента, от стой- кости инструмента (времени работы инструмента между переточками), от состояния поверх- ности, от главного угла в плане.

-частота вращения n , об/мин.

9.1 Порядок назначения режимов резания при точении

4.3.1. Выбор резца.

Вид (название) резца зависит от вида выполняемой работы: для обтачивания наруж- ной цилиндрической поверхности «на проход» - резец проходной прямой или проходной отогнутый, для обтачивания цилиндрической поверхности, находящейся под прямым углом к уступу – проходной упорный, для нарезания резьбы – резьбовой и т.д.

Главный угол ϕ в плане зависит от жесткости системы СПИД

- для жесткой системы – угол $\phi = 30...45^\circ$;
- для системы средней жесткости - $\phi = 60...75^\circ$;
- для нежесткой системы - $\phi = 90^\circ$.

Также угол $\phi = 90^\circ$ для проходного упорного и для подрезного резцов.

В качестве инструментального материала в настоящее время для режущей части рез- цов чаще всего используется твердый сплав. Марку твердого сплава можно выбрать исходя из следующих рекомендаций:

Материал заготовки	Характер обработки		
	Черновая	Получистовая	чистовая
Сталь	T5K10	T15K6	T30K4
Чугун	BK8	BK6, BK4	BK3, BK2

4.3.2. Глубина резания t , мм, при обтачивании определяется по формуле

$$t = \frac{D - d}{2 \cdot i}$$

где D – диаметр поверхности заготовки до обработки;

d – диаметр поверхности после обработки;

i – количество проходов. Число проходов рекомендуется выбирать таким, чтобы глубина резания для черногого точения не превышала 5 мм, для полустогого точения – 3 мм, для чистогого точения – 1,5 мм.

4.3.3. *Подача S , мм/об*, определяется по таблице Приложения 7. полученное табличное значение подачи $S_{табл}$ необходимо откорректировать по паспорту станка (см. Приложение 10) и принять действительное значение подачи S_{δ} .

4.3.4. *Скорость резания v , м/мин*. По таблице Приложения 8 назначается $v_{табл}$ в зависимости от глубины резания t и подачи S_{δ} .

Табличное значение скорости резания не учитывает конкретные условия резания, поэтому необходимо ввести поправочные коэффициенты на реальные условия обработки (см.

Приложение 9) и установить расчетную скорость резания v_p , м/мин, по формуле

$$v_p = v_{табл} K_1 K_2 K_3 K_4 K_5,$$

где $K_1 \dots K_5$ - поправочные коэффициенты на различные условия обработки.

4.3.5. *Частота вращения шпинделя n , об/мин*, определяется по формуле

$$n_p = \frac{1000 v_p}{\pi D},$$

где v_p – расчетное значение скорости резания; $\pi = 3,14$

D – диаметр поверхности заготовки.

Полученное значение n_p корректируется по паспорту станка и принимается ближайшее меньшее значение n_{δ} .

4.3.6. *Действительное значение скорости резания, м/мин*

$$v = \frac{\pi D n_{\delta}}{1000},$$

где n_{δ} – действительное значение частоты вращения шпинделя.

4.3.7. *Машинное основное время T_o , мин*, необходимое для выполнения рассчитываемого перехода:

$$T_o = \frac{l + y}{n_{\delta} S} i,$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

y – величина врезания и перебега (выхода) инструмента: для обтачивания поверхности

«на проход» принимать $y = 5$ мм, для обтачивания «в упор» - $y = 3$ мм.;

i – число проходов (см. п. 4.3.2.);

n_{δ} – действительное значение частоты вращения шпинделя;

S_{δ} – действительное значение подачи.

9.2 Пример выполнения расчетов

Задание: Назначить режимы резания на обтачивание поверхности заготовки с $\varnothing 60$ мм до

$\varnothing 50$ мм «в упор» под углом 90° . Длина обрабатываемой поверхности 100 мм. Материал детали – сталь 45 (предел прочности 598 МПа). Заготовка – необработанный прокат. Обработка проводится на станке 16К20.

Решение:

1. Резец – проходной упорный, главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$, марка материала режущей части Т5К10 (т.к. черновая обработка)
2. Глубина резания

$$t = \frac{D - d}{2 \cdot i} = \frac{60 - 50}{2 \cdot 1} = 5 \text{ мм}$$

Число проходов принимаем $i = 1$

3. Подача по Приложению 7 для диаметра заготовки до 60 мм при глубине резания 5 мм $S_{табл} = 0,4 - 0,6$ мм/об. По паспорту станка 16К20 (Приложение 10) в данном интервале подач находятся значения 0,4 ; 0,5 и 0,6 мм/об. Принимаем $S_\delta = 0,6$ мм/об (любую из имеющихся).
4. Табличное значение скорости резания по Приложению 8

$v_{табл} = 145$ м/мин. Т.к. в таблице Приложения 8 нет значений скорости резания для глубины резания 5 мм, то принимаем промежуточное значение между скоростями резания для глубины резания 4 и 6 мм.

По Приложению 9 находим поправочные коэффициенты на различные условия резания:

$K_1 = 1$, т.к. стойкость резца $T = 60$ мин.

$K_2 = 1,15$, т.к. материал заготовки – сталь 45 ($\sigma_B = 598$ МПа).

$K_3 = 0,8$, т.к. поверхность заготовки с коркой (необработанный прокат). $K_4 = 0,65$, т.к. материал режущей части резца Т5К10.

$K_5 = 0,81$, т.к. главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$. Расчетная скорость резания

$$v_p = v_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 = 145 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,81 = 70,24 \text{ м / мин}$$

5. Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000}{v_p} = \frac{1000 \cdot 70,24}{3,14 \cdot 60} = 372,8 \text{ об / мин}$$

Принимаем по паспорту станка (Приложение 10) ближайшее меньшее значение $n_d = 315$ об/мин.

6. Действительная скорость резания

$$v = \frac{n_d \cdot D}{1000} = \frac{315 \cdot 60 \cdot 315}{1000} = 59,35 \text{ м / мин}$$

7. Основное машинное время

$$T = \frac{l \cdot y}{i} = \frac{100 \cdot 3}{1} = 0,545 \text{ мин}$$

$$S_{\partial}^0 \square n \quad 0,6 \square 315$$

Результаты расчета режима резания $t = 5$ мм, $S_{\partial} =$
 $n_{\partial} = 315$ об/мин, $v_{\partial} = 59,35$ м/мин, $T_{\partial} = 0,545$ мин.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие элементы относятся к режимам резания?
2. В каких единицах измеряется глубина резания, как находится?
3. От чего зависит значение подачи? В каких единицах измеряется и как обозначается подача?
4. От чего зависит скорость резания? В каких единицах измеряется и как обозначается скорость резания?
5. Как находится, обозначается и в каких единицах измеряется частота вращения шпинделя?

Лабораторная работа № 1

Испытания образцов на твёрдость по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу

Цель работы

Усвоить понятие твердости, изучить сущность ее определения различными методами и по полученным данным устанавливается связь твердости с концентрацией углерода в сталях и связь предела прочности с твердостью материалов.

Оборудование:

Приборы Бринелля и Роквелла, образцы из стали с различным содержанием углерода, эталонные бруски известной твердости.

Введение

Твердостью называется способность металлов и сплавов сопротивляться действию пластической деформации при контактном приложении нагрузки. Испытание на твердость благодаря своей простоте находит широкое применение при испытании материалов и готовых изделий. Кроме того, следует иметь в виду, что величина твердости связана с пределом прочности σ_B материалов и благодаря этому оказывается возможным определить прочность материалов без их разрушения. Так, например, для углеродистых сталей между числом

твердости по Бринелю и пределом прочности σ_B существует следующая зависимость:

$$\sigma_B = 0,36 \text{ HB при HB} < 175 \text{ кг/мм}^2$$

Определение твердости по Бринелю

В испытуемый материал A под определенной нагрузкой P вдавливаются стальной закаленный шарик диаметром D . По величине отпечатка d судят о твердости. Число твердости по Бринелю HB определяется как отношение нагрузки, действующей на шарик к поверхности отпечатка (сегмента) F , т.е.

$$HB = \frac{P}{F} \text{ кг/мм}^2$$

Из рис. 1 можно определить поверхность шарового сегмента, используя известное из геометрии соотношение $F = \pi D h$, где h – глубина отпечатка.

Выражая глубину отпечатка h через его диаметр и диаметр шарика, получим

$$F = \frac{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}$$

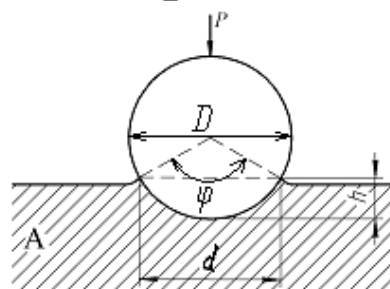


Рис. 1

Тогда

$$HB = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Однако производить каждый раз расчеты твердости HB по формуле нет необходимости, поскольку для различных значений диаметра отпечатка составлены таблицы (см. приложение).

Определение твердости образцов производится с помощью рычажного автоматического пресса Бринеля типа ПВМ.

Работа на прессе осуществляется следующим образом. Перед началом испытаний устанавливаются грузы и шарик в зависимости от рода и толщины испытуемого материала. Рычаг с подвесками без грузов уравнивает нагрузку на шарик 187,5 кг. Подбором грузов можно осуществить следующие нагрузки: 187,5; 250; 500; 750; 1000 и 3000 кг.

Испытуемый материал помещается на столик и при помощи винта, приводимого в движение вращением маховичка или рукоятки, поднимается к шарикам, укрепленным в оправке, до тех пор, пока пружина,

прижимающая шарик к образцу, не сожмется до отказа, а указатель не станет против риски, создавая этим предварительную нагрузку 100 кг. Затем нажатием кнопки (сбоку пресса) включается электродвигатель, который через коробку скоростей приводит во вращательное движение эксцентрик. Эксцентрик, вращаясь, опускает шатун вниз, в результате чего грузы через систему рычагов создают нагрузку на шарик.

При дальнейшем вращении эксцентрика шатун поднимается, снимает нагрузку с шарика, возвращает рычаги и грузы в исходное положение. Возвращение грузов в исходное положение сигнализируется звонком и сопровождается выключением электродвигателя. Вращением маховичка или рукоятки в обратную сторону опускают стол, испытуемый образец отводят от шарика, после чего измеряют диаметр отпечатка с помощью лупы (с точностью до 0,01 мм) и по таблице, зная нагрузку и диаметр шарика, находят твердость по Бринелю.

Определение твердости по Роквеллу

Сущность метода определения твердости по Роквеллу состоит в том, что в качестве вдавливаемого тела (индентора) применяется алмазный конус с углом при вершине 120° или стальной закаленный шарик диаметром 1,16дм (1,54 мм)

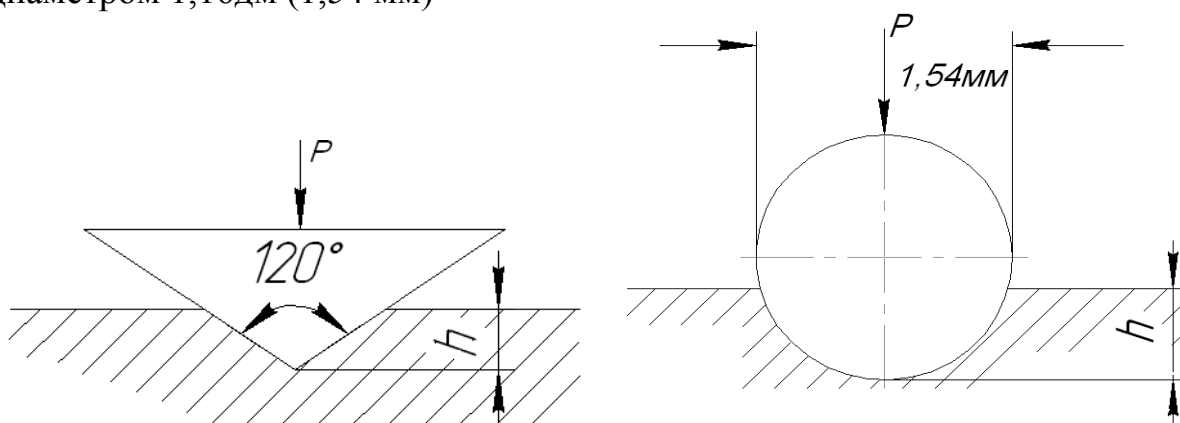


Рис. 3

Нагрузка при этом составляет соответственно 150 (HRC) и 100 (HRB) кг. Алмазный конус применяется для испытаний твердых материалов, а шарик - для более мягких (рис.3)

Для определения твердости по Роквеллу испытуемый образец устанавливается на столик 1 прибора (рис. 4). При помощи штурвала 2 образец подводится к индикатору 3, на индикаторе устанавливается маленькая стрелка против красной точки. Легким нажимом откидывают назад рукоятку 5, и она медленно перемещается до упора, вследствие чего автоматически включается рычажная система с грузами 7-9. После того, как движение рукоятки прекратится, ее возвращают обратно, чем снимается основная нагрузка. Большая стрелка будет указывать величину твердости по Роквеллу.

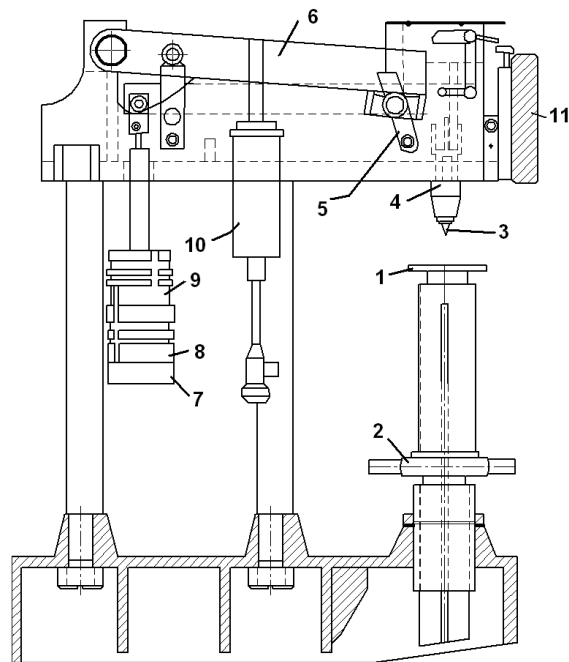


Рис. 4

Числа твердости по Роквеллу можно перевести в числа твердости по Бринелю, пользуясь таблицей (приложение).

Определение микротвердости материалов

Часто очень важно знать твердость очень больших по площади или толщине участков материала (например, твердость поверхностных слоев при химико-термической обработке или отдельных зерен твердого раствора. В этих случаях проводят измерение микротвердости материала – т.е. в образец вдавливается алмазная четырехгранная пирамида под нагрузкой от 2 до 200г. Размер отпечатка (диагональ) измеряется с помощью микроскопа при увеличении в 465 крат (рис. 5).

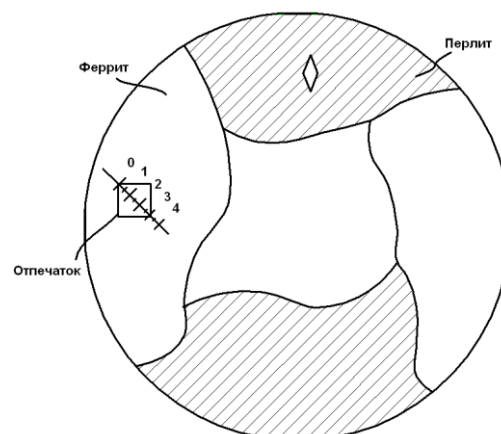


Рис. 5. Исследование микротвердости материалов

ОТЧЕТ

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- общие и теоретические сведения об измерении твердости образца по принятому методу измерения твердости.

Должны быть описаны: суть метода, основные характеристики, описание

Таблица 1. Протокол измерений твердости материала образца. прибора и последовательность измерения;

- эскиз заготовки для измерения твердости с нанесенной на ней схемой отпечатков;
- протокол измерений твердости (таблица 1);
- расчет твердости по полученным данным; выбор твердости по таблице и их сравнение;
- выводы по работе.

№ п/п	Материал образца	Диаметр полученного отпечатка, мм	Диаметр индентора, мм	Нагрузка F , Н	HV рассчитанное	Твердость		
						HV	HRC	HV

Контрольные вопросы

1. Что такое твердость?
2. В каких единицах измеряется твердость?
3. Как устроен прибор для испытания твердости?
4. По какой формуле определяют твердость?

Лабораторная работа № 2

Термическая обработка углеродистой стали- закалка и отпуск

Цель работы – освоить практику термической обработки стали, изучить влияние основных параметров технологии на твердость и микроструктуру конструкционной стали.

4.1 Краткие теоретические сведения

Конструкционные стали могут подвергаться четырем основным видам термической обработки: отжигу, нормализации, закалке и отпуску. Наиболее высокий комплекс механических свойств конструкционных сталей достигается закалкой с последующим высокотемпературным отпуском.

4.2 Материалы, оборудование и принадлежности

Для выполнения работы необходимы: испытываемые образцы, нагревательные печи, бачки с охлаждающими средами (водой и минеральным маслом), клещи для выгрузки образцов из печи, микроскоп, твердомеры, наждачная бумага, шлифовальный круг.

4.3 Ход работы

4.3.1 Изучение влияния скорости охлаждения на свойства

Установить температурно-временные параметры режима нагрева образцов для выполнения отжига, нормализации и закалки.

Температуру нагрева определить по формуле

$$t_n = A_{c3} + (30 - 50)^\circ\text{C},$$

где A_{c3} – для исследуемой стали устанавливается по справочной литературе;

Время нагрева определить из расчета 1,5 мин на 1 мм диаметра образца.

Продолжительность выдержки установить равной половине времени нагрева и отсчитывать от момента совпадения цвета образцов с цветом каления муфеля печи.

На двух-трех образцах измерить твердость по Роквеллу (по шкале В). Полученный результат перевести в единицы твердости по Бринеллю,

используя табличные данные.

В печь, нагретую до необходимой температуры, загрузить все образцы.

После выдержки часть образцов быстро перенести в бак с водой, часть – в бак с маслом, остальные оставить для охлаждения вместе с печью. При охлаждении в воде и масле образцы энергично перемещать в течение 10–15 с.

После охлаждения образцы зачистить на абразивном круге (до появления металлического блеска).

Измерить твердость по Роквеллу (шкала С) не менее чем в двух точках. Результаты определения твердости занести в таблицу 4.1.

Построить диаграмму влияния скорости охлаждения на твердость стали. По оси ординат откладывать твердость по Бринеллю (в масштабе), а по оси абсцисс – скорость охлаждения (данные о скорости охлаждения взять из таблицы 4.2).

Таблица 4.1

№ пп	Температура нагрева, С°	Время, мин		Охлаждающая среда	Наименование вида термообработки	Твердость			
		Нагрева	Охлаждения			До термообработки	После термообработки		
							HRC I	HRC II	HRC ср

Таблица 4.2

Охлаждающая среда	Скорость охлаждения в интервале температур 650 – 550 С°, С°/с
Вода	600
Минеральное масло	150
Воздух	10
Вместе с печью	0,5

4.3.2 Изучение влияния отпуска на свойства закаленной стали

Закаленные в воде образцы испытать на твердость по Роквеллу и в случае получения удовлетворительных результатов закалки (HRC 50-55) подвергнуть отпуску.

Отпуск провести при температурах 200, 400, 650°C. Время выдержки при каждой температуре 30 мин.

В печь, нагретую до заданной температуры отпуска, загрузить образцы и выдержать при постоянной температуре 30 мин. После выдержки образцы охладить на воздухе, зачистить на абразивном круге до появления металлического блеска, измерить твердость по Роквеллу (шкала С) не менее чем в двух точках.

Полученные результаты измерения твердости занести в таблицу 4.3.

На основании результатов опыта построить график в координатах твердость (по оси ординат) – температура отпуска (по оси абсцисс). На этом же графике показать качественно, в каком направлении изменяются при отпуске предел прочности и относительное удлинение стали.

Таблица 4.3

№ пп	Температура нагрева °С	Время выдержки, мин	Охлаждающая среда	Твердость после закалки	Твердость после отпуска				
					I HR С	II HR С	III HR С	HRC ср	HB
1	200	30	Воздух						
2	400	30	Та же						
3	600	30	Та же						

4.3.3 Изучение микроструктуры термически обработанной стали

Из образцов после всех видов термической обработки приготовить микрошлифы, подвергнуть их травлению в 4%-м спиртовом растворе азотной кислоты (эту работу выполняет лаборант кафедры) и структуру изучить с помощью микроскопа.

Зарисовать и охарактеризовать структуру всех исследованных

образцов стали, обращая особое внимание на форму и размеры зерен. Результаты оценки микроструктуры представить в виде таблицы 4.4.

4.4 Содержание отчета

Отчет должен содержать: название работы и ее цель, краткие теоретические сведения, ход работы, а также следующие результаты экспериментов:

- расчеты по определению режимов нагрева для отжига, нормализации и закалки;
- фактические режимы термообработки в виде графиков, в координатах «температура – время»;
- данные по таблицам 4.1 – 4.4;
- диаграмму влияния скорости охлаждения на твердость стали;
- график влияния температуры нагрева закаленной стали на ее твердость;
- рисунки микроструктур образцов после всех исследованных видов термической обработки (в кругах диаметром 35–40 мм).

Таблица 4.4

Марка стали	Содержание элементов, %					Вид термообработки	Наименование полученной структуры
	C	Mn	Si	Cr	Ni		
						Отжиг	
						Нормализация	
						Закалка в воде	
						Закалка в масле	
						Закалка + отпуск при $t = 200^{\circ}\text{C}$	
						Закалка+отпуск при $t = 400^{\circ}\text{C}$	
						Закалка + отпуск при $t = 650^{\circ}\text{C}$	

Лабораторная работа № 3

Химико - термическая обработка легированной стали

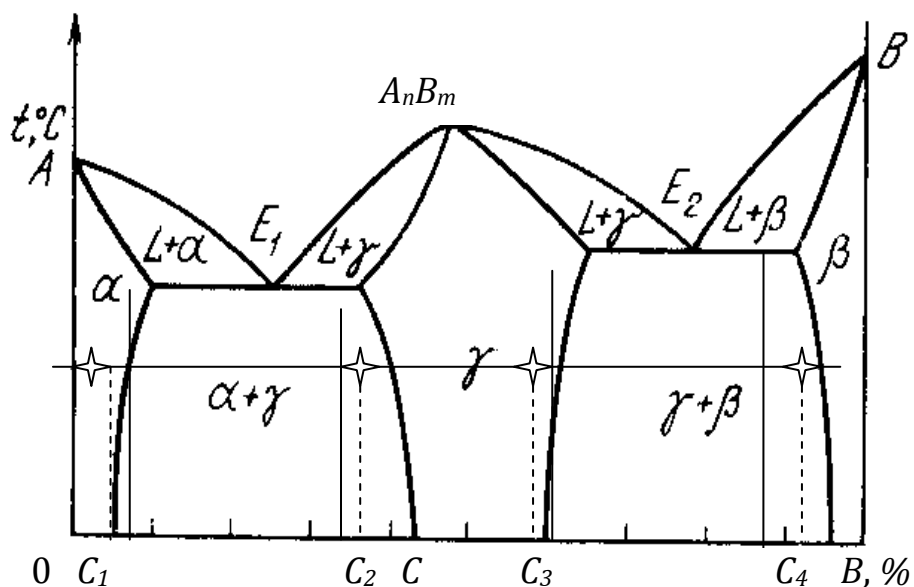
Цель работы: ознакомление с основными положениями теории химико-термической обработки; изучение технологических процессов важнейших видов химико-термической обработки и структуры слоев стали после ХТО.

Химико-термической обработкой (ХТО) называют технологические процессы, приводящие к диффузионному насыщению поверхностного слоя деталей различными элементами. ХТО применяют для повышения твердости, износостойкости, сопротивления усталости и контактной выносливости, а также для защиты от электрохимической и газовой коррозии. При ХТО деталь помещают в среду, богатую насыщающим элементом. При ХТО происходят три элементарных процесса: *диссоциация, абсорбция и диффузия.* *Диссоциация* протекает в газовой среде и состоит в распаде молекул и образовании активных атомов диффундирующего элемента. Степень распада молекул газа называется *степенью диссоциации.* *Абсорбция* происходит на границе «газ–металл» и заключается в поглощении поверхностью металла насыщающего элемента. Под *диффузией* понимают проникновение элемента вглубь насыщаемого металла. В результате ХТО образуется диффузионный слой.

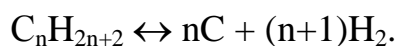
Наибольшая концентрация насыщаемого элемента наблюдается на поверхности изделия, по мере удаления от поверхности она снижается. Фазовые и структурные изменения, происходящие при ХТО в диффузионном слое, и его строение определяются изотермическим разрезом диаграммы состояния «обрабатываемый металл – насыщающий элемент» при температуре диффузионного насыщения.

Предположим, что системе «обрабатываемый металл А – насыщающий элемент В» соответствует диаграмма состояния, представленная на рисунке 15.1, а насыщение происходит при температуре t_1 . Если процессы диссоциации, абсорбции и диффузии протекают активно и времени насыщения достаточно, то на поверхности образуется слой твердого раствора А и В переменной концентрации. Под ним будет находиться слой твердого раствора А и В в химическом соединении A_nB_m переменной концентрации и далее твердый раствор В и А, убывающий от предела насыщения до нуля. На границах раздела слоев концентрация изменяется скачкообразно в соответствии с диаграммой состояния системы. Распределение насыщающего элемента по толщине диффузионного слоя и его строение приведены на рисунке 15.2. Двухфазные области в диффузионном слое в процессе ХТО не образуются. Однако эти области возникают при медленном охлаждении от температуры диффузионного насыщения в сплавах, испытывающих

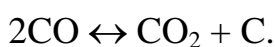
вторичную кристаллизацию. Наиболее распространенными видами химико-термической обработки являются *цементация, азотирование, цианирование (нитроцементация), борирование, хромирование.*



Цементация стали. Технологический процесс диффузионного насыщения углеродом называется **цементацией**. Цель цементации – получить детали машин и механизмов с твердой и износоустойчивой поверхностью при сохранении вязкой, хорошо выдерживающей динамические нагрузки сердцевины. Цементированные изделия предназначены для работы при знакопеременных нагрузках и в условиях трения и износа. Цементации подвергают зубчатые колеса, валы, оси, распределительные валики, кулачки, червяки, изготовленные, как правило, из малоуглеродистой стали с содержанием углерода не более 0,3 %. Цементация проводится путем нагрева и длительной выдержки деталей в науглероживающей среде при температуре аустенитного состояния стали (900–950 °С). Цементацию наиболее часто осуществляют в газовой среде или в твердом карбюризаторе. При газовой цементации образование атомарного углерода происходит в результате диссоциации предельных углеводородов



При цементации в твердом карбюризаторе атомарный углерод образуется в результате диссоциации оксида углерода



Содержание углерода в поверхностной зоне определяется пределом его растворимости в аустените при температуре цементации (линия SE диаграммы «железо–цементит»). Обычно цементацию проводят таким образом, чтобы содержание углерода в поверхностной зоне

диффундирующего слоя не превышало 1,2 %. По мере удаления от поверхности в глубину изделия содержание углерода постепенно снижается, доходя до исходного состояния в цементируемой стали. После медленного охлаждения от температуры цементации поверхностная зона имеет структуру заэвтектоидной стали и состоит из перлита и карбидов (цементита). Это, так называемая заэвтектоидная зона. Далее следует эвтектоидная зона, представляющая собой перлит. Содержание углерода в эвтектоидной зоне углеродистых сталей около 0,8 %. Под эвтектоидной находится доэвтектоидная зона со структурой перлита и феррита. Микроструктура поверхностной области стали после цементации приведена на рисунке 15.3.

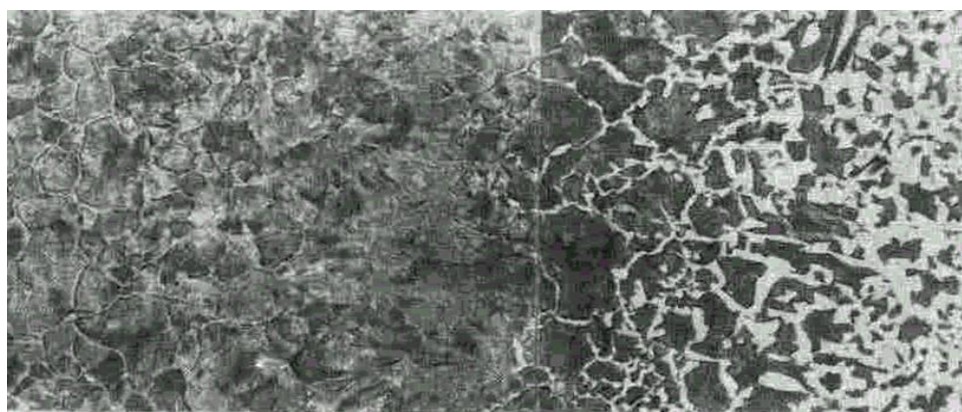


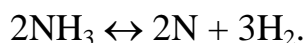
Рисунок 15.3 – Микроструктура поверхностной области стали, подвергнутой цементации

После цементации изделия подвергаются неполной закалке с последующим низким отпускком. В результате термической обработки высокоуглеродистая поверхностная зона приобретает структуру отпущенного мартенсита с включением карбидов (цементита). Твердость ее достигает значения HRC 62.

После термической обработки твердость сердцевины определяется химическим составом стали и находится в пределах HRC 15–35. В зависимости от упрочнения сердцевины цементируемые стали делятся на три группы: *углеродистые стали с неупрочняемой сердцевиной, низколегированные стали со слабо упрочняемой сердцевиной, высоколегированные стали с упрочняемой сердцевиной*. К первой группе относятся стали 10, 15, 20. В этом случае даже после закалки в воде сердцевина имеет феррито-перлитную структуру. При закалке в масле сердцевина низколегированных сталей *второй группы* к которым относятся 15X, 20X, 15XP, 20XН, претерпевает бейнитное превращение и заметно упрочняется. В сердцевине высоколегированных цементируемых сталей 20ХГР, 20ХНР, 18ХГТ, 30ХГТ, 12ХНЗ, 12Х2Н4, 18Х2Н4В после охлаждения в масле и далее на воздухе образуется структура нижнего

бейнита или мартенсита, что приводит к весьма интенсивному упрочнению.

Азотированием называется процесс поверхностного насыщения стали азотом. Оно применяется в целях повышения твердости, износостойкости и предела усталости, а также коррозионной стойкости деталей машин. Процесс азотирования проводится при 480–650 °С в течение 1–90 ч в среде газообразного аммиака, диссоциирующего по реакции



Образовавшийся атомарный азот адсорбируется поверхностью и диффундирует в металл. Изменения микроструктуры поверхностной зоны (рисунок 15.4, б), происходящие при азотировании, можно представить на основании диаграммы «железо–азот» (рисунок 15.4, а). В этой системе возможно образование следующих фаз: α – азотистый феррит; γ – азотистый аустенит; γ' – нитрид Fe_4N ; ε – нитрид Fe_3N . Со многими легирующими элементами азот также образует химические соединения – нитриды (CrN , Cr_2N , MnN , TiN , MoN , AlN , и др.)

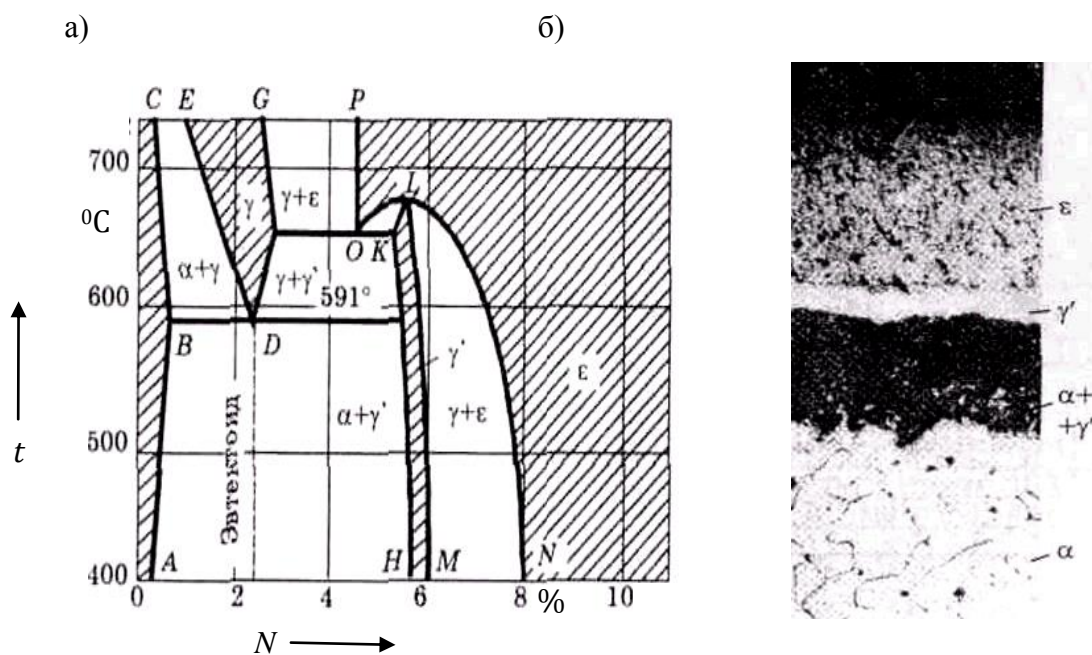


Рисунок 15.4 – Диаграмма системы Fe–N (а) и микроструктура поверхностной области стали, подвергнутой азотированию (б)

При температуре азотирования **железа** ниже эвтектоидной (591 °С) азотированный слой состоит из трех последовательно расположенных друг за другом фаз: ε (Fe_3N), γ' (Fe_4N) и α ($\text{Fe}_\alpha(\text{N})$). В процессе медленного охлаждения с этих температур γ -фаза при 591 °С испытывает эвтектоидное превращение на α и γ' , а при быстром охлаждении претерпевает мартенситное превращение.

В отличие от железа наличие углерода в **стали** приводит к образованию на поверхности диффузионного слоя карбонитридных фаз типа $\text{Fe}_3(\text{C}, \text{N})$.

При азотировании **легированных** сталей наряду с вышеперечисленными фазами – ϵ , γ' , γ , α , одновременно образуются нитриды легирующих элементов. Для повышения твердости и износоустойчивости процессу азотирования подвергают специальные стали, получившие название *нитраллои*. Они содержат алюминий, хром, молибден, которые образуют стойкие против коагуляции и роста нитриды. Наиболее часто азотированию подвергают стали 35ХМЮА, 38ХМЮА, 38Х2МЮА, 35ХМА. Азотирование проводится при 500–520 °С. В процессе охлаждения нитраллоев от температуры азотирования до комнатной, вследствие уменьшения растворимости легирующих элементов, в α -зоне происходит образование очень дисперсных спецнитридов CrN, MoN, AlN. Эти дисперсные частицы препятствуют движению дислокаций и, тем самым, повышают твердость азотированного слоя до 1000 HV.

Твердость обычных конструкционных сталей после азотирования невысока. Для повышения **усталостной прочности** азотируют обычные конструкционные хромоникелевые стали.

С целью повышения коррозионной стойкости азотированию могут подвергаться любые стали. Процесс проводится при 600–700 °С в течение 0,5–1,0 ч. Коррозионная стойкость повышается в результате образования на поверхности изделия сплошной зоны из ϵ -фазы.

Азотирование является окончательной обработкой. Термическая обработка – улучшение, заключающаяся в закалке и высоком отпуске, предшествует азотированию. Азотированию подвергают такие детали, как гильзы гидроцилиндров и коленчатые валы дизелей, валы, шпиндели, ходовые винты и трубчатые изделия в станкостроении, зубчатые колеса.

Цианированием называется процесс одновременного насыщения поверхности деталей углеродом и азотом. Различают высокотемпературное и низкотемпературное цианирование.

Высокотемпературное цианирование проводят при 800–900 °С. Цель его повысить твердость, износостойкость и усталостную прочность деталей машин из малоуглеродистых и среднеуглеродистых простых и легированных сталей. После высокотемпературного цианирования следует закалка и низкий отпуск.

Низкотемпературное цианирование проводят при 540–580 °С и применяют в основном для повышения стойкости окончательно термически обработанного инструмента из быстрорежущей стали.

Процесс цианирования осуществляется в жидких и газообразных средах. Жидкое цианирование осуществляется в ваннах в смеси расплавленных цианистых солей типа NaCN, KCN с нейтральными солями типа NaCl, BaCl₂, BaCO₃. Недостатками процесса жидкостного цианирования являются большая ядовитость цианистых солей и высокая их стоимость.

Газовое цианирование называют **нитроцементацией**. Этот процесс осуществляют в смеси науглероживающих и азотирующих газов. В качестве науглероживающего может быть любой газ, применяемый при газовой цементации. Азотирующим газом является аммиак. Структура цианированного слоя определяется количеством углерода и азота, находящихся в нем. На состав и свойства цианированного слоя особое влияние оказывает температура цианирования. Повышение ее увеличивает содержание углерода в слое, снижение – увеличивает содержание азота.

После цианирования на поверхности возникает тонкий карбонитридный слой $Fe_3(C, N)$, который часто металлографически не обнаруживается. Под ним лежит слой азотистого феррита. После закалки и низкого отпуска цианированный слой представляет собой карбонитридный мартенсит с включениями карбонитридных фаз.

В настоящее время высокотемпературное газовое цианирование (нитроцементация) широко внедряется вместо газовой цементации. Высокотемпературное цианирование проводят при более низких температурах, не вызывающих рост зерна как, например, при газовой цементации. Кроме этого цианированные изделия по твердости и износостойкости превосходят цементированные. Это объясняется наличием в диффузионном слое не только углерода, но и азота.

Борирование – это диффузионное насыщение поверхностного слоя бором. Процесс проводится с целью повышения поверхностной твердости и износостойкости, а также коррозионной стойкости. Наиболее перспективны для промышленного использования борирования в порошкообразных смесях, в расплавах солей и газовое борирование.

Твердое борирование проводят в порошковых смесях на основе технического карбида бора (B_4C) или в металлотермических смесях, основу которых составляют оксид бора (B_2O_3) и алюминий. Борирование из обмазок целесообразно применять при необходимости упрочнения крупногабаритных изделий или для местного борирования отдельных участков деталей. Поставщиками бора при насыщении из обмазок являются карбид бора или оксид бора. На поверхность обрабатываемого изделия обмазки наносят кистью. Наиболее часто применяются обмазки, состоящие из двух слоев – активного и защитного. Защитный слой предохраняет активный от окисления в процессе борирования в кислородосодержащей атмосфере.

Борирование в расплавах солей и окислов делится на электролизное и безэлектролизное. Электролизное борирование проводят в расплаве буры ($Na_2B_4O_7$). Обрабатываемая деталь является катодом. Безэлектролизное борирование осуществляют в расплавах боросодержащих веществ (B , B_4C и др.) и нейтральных солей.

Газовое борирование проводят в среде, полученной разложением газообразных соединений бора. Наиболее часто применяется *диборан* (B_2H_6) и *треххлористый бор* (BCl_3), которые разбавляют газами, не содержащими бор (H_2 , Ar , N_2).

Борирование сталей проводят при температурах 800–1050 °С в течение 2–10 ч. Борированный слой состоит из двух зон: зоны боридов и переходной зоны (рисунок 15.5, а). Зона боридов имеет характерное игольчатое строение и представляет собой химические соединения бора и железа. При жидкостном борировании зона имеет однофазное строение и состоит из фазы Fe₂B, во всех остальных случаях состоит из двух фаз – FeB и Fe₂B. Углерод резко снижает содержание боридов FeB в слое, а легирующие элементы за исключением алюминия и меди – увеличивают. Легирующие элементы в сталях собственных боридов не образуют, а легируют бориды железа.

Под зоной боридов располагается переходная зона, отличающаяся по своей структуре от сердцевины. Она представляет собой твердый раствор бора, а также углерода и легирующих элементов в железе. Толщина переходной зоны определяется глубиной проникновения бора. Легирующие элементы уменьшают толщину переходной зоны.

Средне-, тяжело нагруженные детали после борирования подвергаются закалке и отпуску.

Борирование используют для упрочнения различных деталей машин, технологической оснастки и инструмента, работающих в условиях интенсивного износа.

Хромирование – это процесс диффузионного насыщения поверхностных деталей хромом. Хромирование железа и сталей с содержанием углерода менее 0,2 % проводят с целью повышения коррозионной стойкости в различных агрессивных средах и жаростойкости. Стали с содержанием углерода более 0,3 % подвергают хромированию прежде всего для повышения твердости и износостойкости, а также коррозионной стойкости и жаростойкости.

Хромирование осуществляют в порошковых смесях, в газовой и жидкой средах. Порошковая смесь для хромирования состоит из поставщика хрома, в качестве которого используют порошки хрома, феррохрома, оксиды хрома и веществ, предотвращающих спекание хромосодержащих частиц и прилипание их к поверхности изделий. При хромировании в газовой среде также, как и при насыщении в порошковых смесях источником активных атомов хрома служат галлогениды хрома, находящиеся в газообразном состоянии.

Жидкой средой при хромировании являются расплавы солей хлоридов хрома (CrCl₂ и CrCl₃), а также соли-стабилизатора, в качестве которой используют одно из следующих соединений BaCl₂, CaCl₂, MgCl₂.

Диффузионное превращение хромом проводится при температурах 900–1200 °С в течение 4–10 ч.

При хромировании железа и стали с содержанием углерода менее 0,2 % образующийся диффузионный слой представляет собой твердый раствор хрома в α-железе. Содержание хрома на поверхности слоя достигает 70 %. Толщина слоя не превышает 0,2 мм. Диффузионный слой сталей, содержащих более 0,3 % углерода, состоит из трех зон: карбидной,

промежуточной и обезуглероженной. С увеличением углерода до 0,8 % толщина карбидной и промежуточной зон возрастает. Карбидная зона представляет собой сплошной слой карбидов хрома ($Cr_{23}C_6$, Cr_7C_3) толщиной до 0,02 мм. Промежуточная зона имеет перлитное строение и состоит из феррита и карбидов хрома. Содержание углерода в обезуглероженной зоне ниже, чем в сердцевине. Микроструктура стали У8 после хромирования представлена на рисунке 15.5, б. При необходимости, после хромирования средне- и тяжело нагруженные детали подвергают закалке с последующим отпуском. Хромирование применяется для повышения стойкости штампового инструмента, пресс-форм литья под давлением алюминиевых сплавов, различных деталей двигателей и газовых турбин, работающих при высоких температурах, фильтров нефтяных скважин, деталей насосов и турбобуров, крепежных деталей.

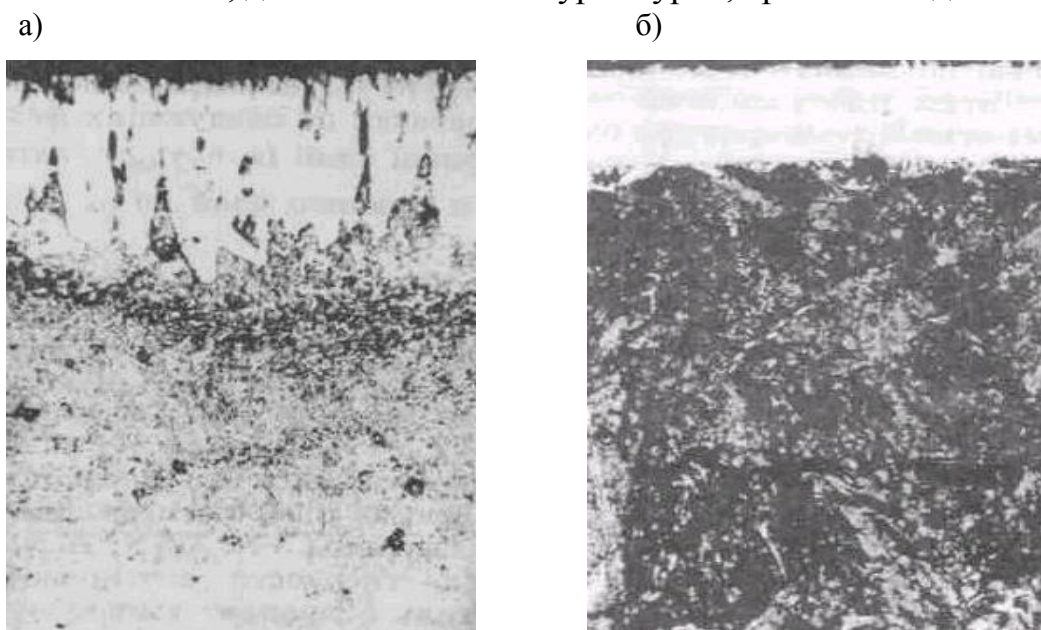


Рисунок 15.5 – Микроструктура поверхностной области стали, подвергнутой борированию (а) и хромированию (б)

Задание по работе

- 1 Изучить теорию и технологию химико-термической обработки.
- 2 Провести микроанализ шлифов, подвергнутых химико-термической обработке, определить и записать микроструктуру диффузионных слоев и сердцевины, указать их свойства.

Таблица 15.1 Основные виды и режимы химико-термической обработки, свойства поверхностных слоев

Вид ХТО	Цементация	Нитроцементация	Азотирование		Хромирование		Борирование
Среда	СО	СО + NH ₃	NH ₃		Пасты, содержащие хром		Пасты, содержащие В ₄ С, В ₂ О ₃
Температура, °С	≈ 950	550/800	550		≈ 1000		1000
Продолжительность, час	4-8	3-8	1 (Углеродистые стали)	30 (Нитраллои) 38ХМЮ А...	4-10		2-10
Фазы, образуемые в поверхностном слое	П+Fe ₃ С	П+Fe ₃ (CN)	!!!!	CrN, AlN...	Fe _α (Cr) (низкоуглеродистые)	Cr ₇ С ₃ (среднеуглеродистые)	FeВ, Fe ₂ В
Свойства поверхностных слоев	Высокая твердость и износостойкость (после закалки и низкого отпуска)	Высокая твердость и износостойкость (после закалки и низкого отпуска), коррозионная стойкость	Повышенные усталостная прочность, коррозионная стойкость	Высокая износостойкость, коррозионная стойкость	коррозионная стойкость	Высокая износостойкость, коррозионная стойкость	Наибольшая износостойкость, коррозионная стойкость
Примечания	Крупнозернистая структура (перегрев)	Мелкозернистая структура		Азотирование – окончательный вид обработки (после улучшения и шлифования)		При необходимости – закалка и отпуск	При необходимости – закалка и отпуск

Лабораторная работа № 4

Определение качества бензина, дизельного топлива.

Определение качества пластичной смазки

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с методикой определения качества трансформаторного масла, бензина и топлива, приобрести навыки в проведении испытаний

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ: Вискозиметры ВПЖ-2, пробирка с меткой, пробирка-муфта термометр, штатив, образцы масел

Определение кинематической вязкости

Вязкость - одна из важнейших характеристик масел. От вязкости масла зависят легкость пуска двигателя в холодную погоду, износ трущихся деталей, расход масла, а также мощность двигателя (потери на трение). Особо важное значение при эксплуатации механизмов в широком интервале температур приобретает зависимость вязкости от температуры. При пуске холодного

двигателя температура масла, как правило, равна температуре окружающей среды. При работе двигателя температура масла растет и может превышать 100°C . Для облегчения пуска двигателя вязкость масла должна быть как можно меньше, а при работе прогретого двигателя желательно, чтобы вязкость была достаточно высокой для обеспечения жидкостного трения между его деталями. Вязкостно-температурные свойства масел оцениваются индексом вязкости (ИВ). Чем меньше меняется вязкость смазочного масла с изменением температуры, тем выше его индекс вязкости. Индекс вязкости зависит от группового углеводородного состава и структуры углеводородов. Наибольшим индексом вязкости обладают парафиновые углеводороды, наименьшим – полициклические ароматические с короткими боковыми цепями.

Подготовка к испытанию

Для испытания применяют вискозиметры ВПЖ-2 (рис 16.) со следующими номинальными диаметрами (внутренние) капилляров: 0,99, 1,31, 1,77. Диаметры вискозиметра следует выбирать с таким расчетом, чтобы время истечения исследуемого нефтепродукта (масел) было в пределах 300 ± 180 с. (ГОСТ 33-2000).

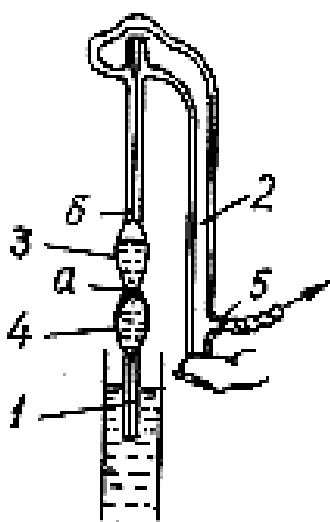


Рис 2



Рис.3

Выбранный для анализа вискозиметр наполняют

испытуемым топливом или маслом. Для этого надевают на отводную трубку 5 резиновую трубку. Зажав пальцем колено 2 и перевернув вискозиметр, опускают колено 1 в сосуд с нефтепродуктом, который засасывают (при помощи резиновой груши) до метки "б" (рис 2), следя за тем, чтобы в капилляре и в расширениях 3 и 4 не образовалось пузырьков воздуха и разрывов. Когда уровень жидкости достигнет метки "б", вискозиметр вынимают из сосуда и быстро переворачивают его в нормальное положение. Снимают с внешней стороны колена 1 избыток нефтепродукта и резиновую трубку с отводной трубки 5.

Проведение испытания

Для определения вязкости вискозиметр устанавливают вертикально в термостате, где поддерживается заданная температура, и выдерживают 15 минут (рис 3).

При определении кинематической вязкости испытуемый нефтепродукт при помощи каучуковой трубки, надетой на колено 1, засасывают в расширение 3 (рис 1) немного выше метки "а", следя за тем, чтобы в капилляре и расширении не образовалось пузырьков воздуха и разрывов.

Наблюдая за опусканием жидкости в колене 1, пускают секундомер в тот момент, когда уровень жидкости достигнет метки "а", и останавливают секундомер в тот момент, когда уровень жидкости достигнет метки "б".

Время, отмеченное на секундомере, записывается; определение повторяют с точностью до 0,1 с не менее 4 раз. Во внимание применяются только те отсчеты, которые отличаются от среднего арифметического не более, чем на $\pm 0,5\%$.

Порядок расчета

Кинематическую вязкость испытуемого нефтепродукта при температуре t в $\text{мм}^2/\text{с}$ (v_t) вычисляют по формуле:

$$v_t = c * \tau$$

где c – постоянная вискозиметра, $\text{мм}^2/\text{с}^2$

τ – среднее арифметическое учитываемых отсчетов времени истечения испытуемого нефтепродукта.

Пример:

Постоянная вискозиметра равна $0,478 \text{ мм}^2/\text{с}^2$.

Отсчеты времени истечения испытуемого нефтепродукта при 50°C (с):

218,0 222,4 222,6 221,0

Среднее арифметическое отсчетов времени:

$$\tau_{50} = (218,0 + 222,4 + 222,6 + 221,0) / 4 = 221,5.$$

Допустимое отклонение от среднего арифметического отсчетов времени равно:

$$(221,5 * 0,5) / 100 = 1,1 \text{ с.}$$

Следовательно, отсчет времени 218,0с нужно отбросить, как отклоняющийся более 1,1 с (0,5%) от среднего арифметического, а для расчета принять отсчеты 222,4 222,6 и 221,0 с, как отклоняющиеся от среднего арифметического не более 1,1 с (0,5%).

Среднее арифметическое учитываемых отсчетов времени:

$$\tau_{50} = (222,4 + 222,6 + 221,0) / 3 = 222,0 \text{ с.}$$

Кинематическая вязкость испытуемого нефтепродукта равна:

$$\nu_{50} = c * \tau_{50} = 0,478 * 222,0 = 106,1 \text{ мм}^2/\text{с.}$$

Определение температуры застывания масел

Температура, при которой масло теряет подвижность в заданных условиях, называется температурой застывания.

Этот показатель имеет большое значение при транспортировании и применении нефтепродуктов в зимних условиях. Для определения температуры застывания используется пробирка стандартных размеров, на наружной поверхности которой на расстоянии 30 мм от дна имеется кольцевая метка (ГОСТ 20287-91). Пробирка вставляется в пробирку-муфту больших размеров (рис 4).

Подготовка к испытанию

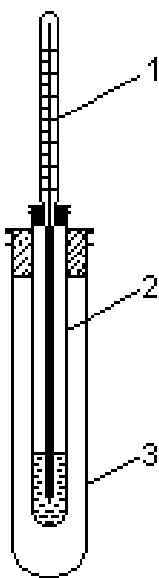


Рис 4

Обезвоженный продукт осторожно наливают в пробирку до метки так, чтобы он не растекался по стенкам пробирки. При помощи корковой пробки вставляют термометр и помещают в водяную баню, нагретую до $50 \pm 1^\circ\text{C}$. Пробирки выдерживают до тех пор, пока продукт не примет температуру бани.

Проведение испытания

Пробирку с нефтепродуктом 2 и термометром 1 вынимают из водяной бани, вытирают ее снаружи и укрепляют при помощи корковой пробки в пробирке-муфте 3. Прибор закрепляют в держателе штатива в вертикальном положении и оставляют при комнатной температуре до тех пор, пока

продукт не охладится до температуры $35 \pm 5^\circ\text{C}$. Затем прибор помещают в сосуд с охлаждающей смесью, температура которой на 5°C ниже предполагаемой температуры застывания. Температура охлаждающей смеси поддерживается с точностью до $\pm 1^\circ\text{C}$.

Когда продукт в пробирке примет предполагаемую температуру застывания, пробирку наклоняют под углом 45° и, не вынимая из охлаждающей смеси, держат в таком положении в течение одной минуты. После этого пробирку с муфтой осторожно вынимают из охлаждающей смеси, быстро вытирают муфту и наблюдают, не сместился ли мениск испытуемого нефтепродукта.

В случае смещения мениска пробирку вынимают из муфты, снова подогревают до температуры $50 \pm 1^\circ\text{C}$ и производят новое определение при температуре на 4°C ниже предыдущей. И так до тех пор, пока мениск не перестанет смещаться. Если мениск не сместился, пробирку вынимают из

муфты, снова подогревают до температуры $50 \pm 1^\circ\text{C}$ и определение повторяют при температуре на 4°C выше предыдущей.

После нахождения границы застывания определение повторяют, понижая и повышая температуру на 2°C до тех пор, пока не будет установлена такая температура, при которой мениск продукта остается неподвижным. За температуру застывания принимается та температура, при которой мениск будет неподвижным.

За температуру застывания принимается среднее арифметическое значение при двух параллельных испытаниях. Расхождения должны быть не более 2°C .

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Оборудование и материалы
3. Ход работы
4. Выводы по результатам измерений

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое кинематическая вязкость?
2. Как определяется температуры застывания масел
3. Область применения масел

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Общие положения:

Самостоятельная работа является неотъемлемой частью образовательного процесса, связанного с формированием компетенций обучающихся. Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и

систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Цели самостоятельной (внеаудиторной) работы студентов:

-Обучение навыкам самостоятельной организации учебного и рабочего процесса;

-Формирование навыков работы с справочной и специальной литературой,

Задачи самостоятельной работы студентов:

-систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;

- углубление и расширение теоретических знаний;

-развитие познавательных способностей, активности студентов, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

-формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы обучающегося:

Выполнение рефератов или подготовка презентаций с использованием информационных ресурсов Интернета, основной и дополнительной литературы.

Тема 1.1. Строение и свойства машиностроительных материалов

Самостоятельная работа:

Выполнение рефератов или подготовка презентаций с использованием информационных ресурсов Интернета, основной и дополнительной литературы.

Тематика: «Сплавы, образующие химические соединения»

Трудоемкость – 1 час.

Тема 1.2. Сплавы железа с углеродом

Самостоятельная работа:

Выполнение рефератов или подготовка презентаций с использованием информационных ресурсов Интернета, основной и дополнительной литературы.

Тематика: «Влияние углерода и примесей на свойства сталей»

Трудоемкость – 1 час

Тема 1.4 Цветные металлы и сплавы

Самостоятельная работа обучающихся

Работа с техническими справочниками: расшифровка марок сплавов; определение механических характеристик сплавов; выбор режимов термической обработки сплавов; выбор сплавов для изготовления деталей; выбор способа изготовления детали. Подготовка презентаций или выполнение рефератов с использованием информационных ресурсов Интернета, основной и дополнительной литературы.

Тематика: «Применение цветных сплавов»

Трудоемкость – 1 час.

Тема 2.1. Пластмассы, антифрикционные, композитные материалы.

Самостоятельная работа обучающихся

Выполнение рефератов или подготовка презентаций с использованием информационных ресурсов Интернета, основной и дополнительной литературы.

Тематика: «Строение пластмасс»

Трудоемкость – 1 час.

Тема 2.2. Автомобильные эксплуатационные материалы

Самостоятельная работа обучающихся

Выполнение рефератов или подготовка презентаций с использованием информационных ресурсов Интернета, основной и дополнительной литературы.

Тематика: «Особенности применения топлив»

Трудоемкость – 1 час.

Тема 2.3 Обивочные, прокладочные, уплотнительные и электроизоляционные материалы

Самостоятельная работа обучающихся

Выполнение рефератов или подготовка презентаций с использованием информационных ресурсов Интернета, основной и дополнительной литературы.

Тематика: «Строение уплотнительных и электроизоляционных материалов»

Трудоемкость – 1 час.

Тема 2.5. Лакокрасочные материалы

Самостоятельная работа обучающихся

Выполнение рефератов или подготовка презентаций с использованием информационных ресурсов Интернета, основной и дополнительной литературы.

Тематика: «Строение и свойства лакокрасочных материалов»

Трудоемкость – 1 час.

Тема 3.1 Способы обработки материалов.

Самостоятельная работа обучающихся

Выполнение рефератов или подготовка презентаций с использованием информационных ресурсов Интернета, основной и дополнительной литературы.

Тематика: «Виды и работа металлорежущих станков»

Трудоемкость – 1 час.

Требования к оформлению реферата

Представляемый научному руководителю реферат должен быть набран на компьютере шрифтом 12, через 1,5 интервала на одной стороне бумаги стандартного формата А 4 с полями слева – 2,5 см, справа – 1,5 см, сверху и снизу - не менее 2 см.

Страницы текста должны быть обязательно пронумерованы. Нумерация работы является сквозной и начинается со страницы 3 (первая и вторая страница – это титульный лист и план работы, которые не нумеруются). Номер страницы проставляется вверху в середине или справа. Объем реферата не должен превышать 16 - 20 страниц.

Структура реферата:

- 1) титульный лист;
- 2) план работы с указанием страниц каждого вопроса, под-вопроса (пункта);
- 3) введение;
- 4) текстовое изложение материала, разбитое на вопросы и подвопросы (пункты, подпункты) с необходимыми ссылками на источники, использованные автором;
- 5) заключение;
- 6) список использованной литературы;
- 7) приложения, которые состоят из таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, схем. Приложения подшиваются последовательно, согласно заголовкам, отражающим их содержание. Реферат оценивается научным руководителем исходя из установленных кафедрой показателей и критериев оценки реферата.

Критерии оценки:

Оценка «5» ставится, если содержание презентации полностью соответствует теме, логично и убедительно раскрыто содержание, студент имеет глубокие знания по излагаемой теме. Презентация оформлена в едином стиле, использованы иллюстрации, схемы, графики.

Оценка «4» ставится, если содержание презентации полностью соответствует теме, логично и убедительно раскрыто содержание, студент имеет достаточные знания по излагаемой теме. Презентация оформлена в едином стиле, использованы иллюстрации, схемы, графики. Оценка «3» ставится, если содержание презентации полностью соответствует теме, студент имеет удовлетворительные знания по излагаемой теме. Презентация оформлена в едином стиле, фрагментарно использованы иллюстрации, схемы, графики.

Оценка «2» ставится, если содержание не соответствует заявленной теме, разнородность стилей. Отсутствуют иллюстрации, нарушена логичность раскрытия темы.

Шкала оценивания реферата/презентации.

<i>Оценка</i>	<i>Критерий</i>
«Отлично»	<p>Содержание работы соответствует теме, объем укладывается в заданные рамки: 20–25 страниц. Текст отформатирован согласно основным рекомендациям, везде, где необходимо, сопровождается сносками на источники и литературу (в том числе Интернет-ресурсы), оформленными надлежащим образом.</p> <p>В тексте представлен анализ основных проблем, заявленных во Введении.</p> <p>Все разделы работы логично связаны. Продемонстрировано владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины (уместность употребления, аббревиатуры, толкование и т.д.), отсутствуют ошибки в употреблении терминов. Показано отличное использование категорий и терминов дисциплины в их ассоциативной взаимосвязи. Высокая степень самостоятельности и оригинальности представленного материала: стилистические обороты, манера изложения, словарный запас. Отсутствуют стилистические и орфографические ошибки в тексте. Заключение содержит все необходимые выводы по результатам исследования и соответствует поставленной во Введении цели. Список источников и литературы содержит все упомянутые в основном тексте документы и литературу, ошибок в оформлении нет.</p>
«Хорошо»	<p>Содержание работы соответствует теме, объем укладывается в заданные рамки: 20–25 страниц. Текст отформатирован согласно основным рекомендациям, везде, где необходимо, сопровождается сносками на источники и литературу (в том числе Интернет-ресурсы), оформленными надлежащим образом. Основная часть работы включает в себя несколько разделов или минимум две главы, разбитые на параграфы. В тексте представлен анализ основных проблем, заявленных во Введении. Все разделы работы логично связаны. Продемонстрировано владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины (уместность употребления, аббревиатуры, толкование и т.д.), отсутствуют ошибки в употреблении терминов. Показано умелое использование категорий и терминов дисциплины в их ассоциативной взаимосвязи. Средняя степень самостоятельности и оригинальности представленного материала: стилистические обороты, манера изложения, словарный запас. Отсутствуют серьезные стилистические и орфографические ошибки в тексте. Заключение содержит основные выводы по результатам исследования и соответствует поставленной во Введении цели. Список источников и литературы содержит все упомянутые в основном тексте документы и литературу, в оформлении имеются незначительные ошибки.</p>
«Удовлетворительно»	<p>Содержание работы соответствует теме, объем несколько больше или меньше заданного. Текст отформатирован согласно основным рекомендациям, не везде, где необходимо, есть сноски на источники и литературу (в том числе Интернет-ресурсы), которые оформлены с некоторыми ошибками. Основная часть работы включает в себя несколько разделов или минимум две главы, разбитые на параграфы. Не все заявленные во Введении проблемы проанализированы в основном содержании. Разделы логично связаны. Продемонстрировано владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины. Выводы</p>

	<p>самостоятельны, но присутствуют стилистические, пунктуационные, орфографические ошибки. Заключение содержит основные выводы по результатам исследования, частично соответствует поставленной во Введении цели. Список источников и литературы содержит не все упомянутые в основном тексте документы и литературу (больше или меньше наименований), в оформлении имеются ошибки.</p>
«Неудовлетворительно»	<p>Содержание работы не соответствует теме задания или соответствует ему в очень малой степени, объем значительно больше или меньше заданного. Текст не отформатирован согласно основным рекомендациям, отсутствуют сноски на источники и литературу (в том числе Интернет-ресурсы). Структура работы представляет собой либо сплошной текст без разбивки на главы и параграфы, либо нарушена логика последовательности разделов. Нарушена логика изложения, имеются многочисленные стилистические ошибки, которые приводят к существенному искажению смысла. Большое число пунктуационных и орфографических ошибок. Заключение содержит выводы, не соответствующие поставленной во Введении цели. Список литературы содержит не всю упомянутую в основном тексте литературу (больше или меньше наименований), в оформлении повсеместно имеются ошибки.</p>