




Департамент образования Ивановской области
областное государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение

«Шуйский технологический колледж»

155901 г. Шуя, Ивановская обл., Учебный городок, 1

 (49351) 4-70-81  www.prof4.ru  liceyshuya@mail.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для обучающихся

по выполнению практических и лабораторных работ
по учебной дисциплине

ОП.03 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Разработчик:

ОГБПОУ ШТК

Преподаватель первой квалификационной категории - Угаров Сергей
Эдуардович

Назначение:

Методические рекомендации предназначены для выполнения практических и лабораторных работ по учебной дисциплине ОП.03 Материаловедение для обучающихся по специальности **35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования**

Методические рекомендации разработаны в соответствии с рабочей программой по дисциплине ОП.03 Материаловедение по специальности **35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования**

Пояснительная записка

Практические и лабораторные занятия служат связующим звеном между теорией и практикой. Они необходимы для закрепления теоретических знаний, полученных на уроках теоретического обучения, а так же для получения практических знаний. Практические задания выполняются студентом самостоятельно, с применением знаний и умений, полученных на уроках, а так же с использованием необходимых пояснений, полученных от преподавателя при выполнении практического задания. К практическому занятию от студента требуется предварительная подготовка, которую он должен провести перед занятием. Список литературы и вопросы, необходимые при подготовке, студент получает перед занятием из методических рекомендаций к практическому занятию.

Практические задания разработаны в соответствии с учебной программой. В зависимости от содержания они могут выполняться обучающимися индивидуально или фронтально.

Зачет по каждой практической и лабораторной работе студент получает после её выполнения, а также ответов на вопросы преподавателя, если таковые возникнут при проверке выполненного задания.

Перечень практических и лабораторных занятий

Лабораторная работа №1. Методы оценки свойств машиностроительных материалов: определение твердости металлов: по Бринеллю, по Роквеллу, по Виккерсу.

Лабораторная работа №2. Термическая обработка углеродистой стали. Закалка и отпуск стали. Химико-термическая обработка легированной стали.

Лабораторная работа №3. Определение качества бензина, дизельного топлива. Определение качества пластичной смазки.

Практическая работа №1. Исследование структуры железоуглеродистых сплавов, находящихся в равновесном состоянии. Расшифровка различных марок сталей и чугунов. Выбор марок сталей на основе анализа их свойств для изготовления деталей машин.

Практическая работа №2. Изучение микроструктур цветных металлов и сплавов на их основе. Расшифровка различных марок сплавов цветных металлов

Практическая работа №3. Определение видов пластмасс и их ремонтпригодности. Определение строения и свойств композитных материалов

Практическая работа №4. Устройство автомобильных шин

Практическая работа №5. Подбор лакокрасочных материалов. Способы нанесения лакокрасочных материалов на металлические поверхности

Практическая работа №6. Расчет режимов резания при механической обработке металлов на различных станках.

Лабораторная работа №1.

Методы оценки свойств машиностроительных материалов: определение твердости металлов: по Бринеллю, по Роквеллу, по Виккерсу.

Цель работы: ознакомиться с методикой определения твердости металлов по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу

Оборудование: Твердомер Бринелля, Роквелла, Виккерса, образцы металла.

Основные положения

Твердость – это свойство металлов оказывать сопротивление пластической деформации или хрупкому разрушению в поверхностном слое при местных контактных воздействиях в определенных условиях испытания. Эта формулировка пригодна для методов внедрения и для методов царапания.

Разнообразие методов измерения твердости и разный физический смысл чисел твердости затрудняет выработку общего определения твердости как механического свойства. В разных методах и при различных условиях проведения испытаний числа твердости могут характеризовать упругие свойства, сопротивление малым или большим пластическим деформациям, сопротивление материала разрушению.

Измерение твердости отличается простотой и высокой производительностью, отсутствием разрушения образца, возможностью оценки свойств отдельных структурных составляющих и тонких слоев на малой площади.

Существующие методы измерения твердости отличаются друг от друга по форме применяемого индентора, условиям приложения нагрузки и способу расчета чисел твердости. Выбор метода определения твердости зависит от различных факторов: твердости образца (детали), его размеров, толщины слоя, твердость которого надо измерить.

Во всех методах испытания на твердость очень важно правильно подготовить поверхностный слой образца. Он должен наиболее полно характеризовать материал, твердость которого необходимо определить. Все поверхностные дефекты (окалина, выбоины, вмятины, грубые риски) должны быть удалены. Требования к качеству испытываемой поверхности зависят от применяемого индентора и величины прилагаемой нагрузки. Чем меньше глубина вдавливаемости индентора, тем меньше должна быть шероховатость поверхности и тем более строго нужно следить за тем, чтобы свойства поверхностного слоя не изменялись вследствие наклепа или разогрева при шлифовании и полировке.

Нагрузка должна прилагаться по оси вдавливаемого индентора перпендикулярно к испытываемой поверхности. Для соблюдения этого условия плоскость испытываемой поверхности образца должна быть строго параллельна опорной поверхности.

При определении твердости всеми методами (кроме микротвердости) измеряют сопротивление металла внедрению в него индентора, усредняющее твердость всех имеющихся структурных составляющих.

Твердость по Бринеллю

При стандартном (ГОСТ 9012-59) измерении твердости по Бринеллю стальной шарик диаметром D вдавливается в испытываемый образец под нагрузкой P , приложенной в течение определенного времени.

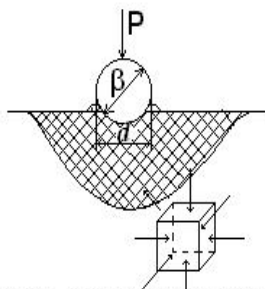


Рис.1. Схема напряженного состояния в зоне пластической деформации (заштрихована) при определении твердости по Бринеллю.

После снятия нагрузки измеряют диаметр d оставшегося на поверхности образца отпечатка (рис.1.1). В поверхностном слое под индентором идет интенсивная пластическая деформация, а диаметр отпечатка получается тем меньше, чем выше сопротивление металла образца деформации, производимой индентором. Число твердости по Бринеллю (HB) есть отношение нагрузки P , действующей на шаровой индентор диаметром D и площади F шаровой поверхности отпечатка:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{P}{D^2 \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2} \right]} \quad (1)$$

Размерность Н/мм²; 1Н/мм²=1МПа≈0,1кгс/мм²

Площадь отпечатка определяется по глубине вдавливаемого индентора:

$$F = \pi D h \quad (2)$$

Число твердости имеет размерность напряжения (кгс/мм², Н/мм²), но в соответствии со стандартом оно не пишется. При определении твердости HB шариком с D=10мм под нагрузкой P=3 000 кгс и времени выдержки τ=10 сек число твердости записывают так: HB 400, HB 250, HB 230 и так далее. При использовании других условий испытания индекс HB дополняют цифрами, указывающими диаметр использованного шарика (мм), нагрузку (кгс) и продолжительность выдержки (с). Например, HB 5(750)30=350 – означает: число твердости по Бринеллю 350, полученное при выдавливании шарика D=5мм, нагрузкой P=750кгс в течение τ=30 сек.

При определении твердости по Бринеллю используют инденторы с заваляцованными в них шариками следующих диаметров – 2,5; 5 или 10 мм. Шарика имеют твердость не менее 850 кгс/мм².

С помощью метода Бринелля можно испытывать металлы с твердостью от HB 8 до HB 450, при большой твердости образца шарик индентора претерпевает остаточную деформацию на величину, превышающую стандартный допуск.

Минимальная толщина испытуемого образца должна быть не меньше 10-кратной глубины отпечатка. При известной величине HB глубина отпечатка:

$$h = \frac{P}{\pi D \cdot HB}, \text{ мм}$$

Поверхность образца должна быть тщательно отшлифована, чтобы края отпечатка были достаточно отчетливы для измерения его диаметра с требуемой точностью (0,01-0,05 мм). Эти измерения проводят на инструментальных микроскопах или с помощью измерительной лупы. Величина отпечатка d весьма велика по сравнению с размерами отпечатка при других методах определения твердости, что позволяет получать достоверные средние значения HB по 3-5 отпечаткам.

Расстояния от центра отпечатки до края образца должно быть не менее 2,5d, а расстояние между центрами двух соседних отпечатков – не менее 4d (для металлов HB 35 соответственно 3d и 6d).

Из формулы (1) следует, что для получения одинаковых значений одного и того же образца при использовании шарика разного диаметра необходимо постоянство отношений P/D² и d/D. Это условие геометрического подобия отпечатков при использовании шарового индентора. На практике такого постоянства добиться невозможно. Отношение d/D поддерживается в пределах 0,2-0,6. Для получения отпечатков оптимальных размеров необходимо правильно подобрать соотношение между нагрузкой и диаметром шарика. В зависимости от твердости материала величина P/D² должна быть равной 30 (при HB>130), 10 (HB 35-130) и 2,5 (HB<35). Рекомендуемое время выдержки образца под нагрузкой для сталей 10с, для цветных металлов и сплавов 30с (при P/D² = 10 и 30) или 60с (при P/D² = 2,5). Зная данные при испытании P и D и измерив d, находят число твердости HB по стандартным таблицам.

Для определения твердости по Бринеллю применяют специальные приборы. На рис. 2. представлена схема прибора ТШ-2, широко используемого в лабораторной практике.

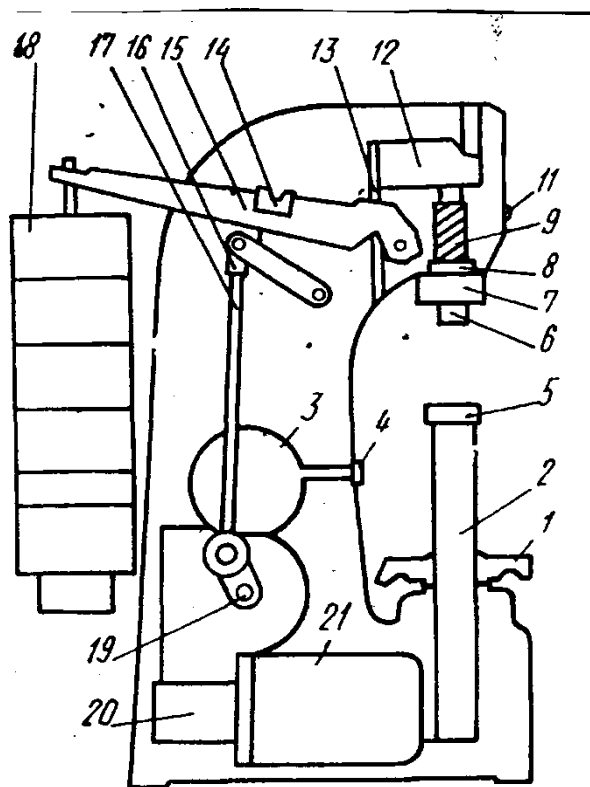
Прибор смонтирован в массивной станине. На подъемном винте 2, перемещающемся при вращении маховика 1, устанавливаются сменные спорные столики 5 для испытуемых образцов. В верхней части станины расположен шпиндель 6, в который вставляют сменные наконечники с шариками разных диаметров. Шпиндель опирается на пружину 9, предназначенную для приложения к образцу предварительной нагрузки 1000 МПа для устранения смещения образца во время испытания. Основная нагрузка прилагается через систему рычагов. На длинном плече основного рычага 15 размещена подвеска, на которую накладываются сменные грузы 18. Комбинацией грузов можно задать нагрузки от 0,62 до 300Н. Вращение вала электродвигателя 21 с помощью червячной передачи сообщается кривошипу 19, он опускается и нагрузка передается на шпиндель прибора. Продолжительность испытания задается передвижным упором. Когда шатун доходит до него, срабатывает концевой переключатель, и электродвигатель начинает вращаться в обратную сторону, вследствие чего шатун вновь подключается, и нагрузка снимается со шпинделя. По возвращении шатуна в исходное положение электродвигатель автоматически выключается.

Порядок работы на приборе

Сначала выбирают диаметр шарика и величину нагрузки. Закрепляют наконечник с нужным шариком в шпинделе установочным винтом.

Рис.1.2. (справа) Схема прибора ТШ-2 для определения твердости по Бринеллю

1 – маховик; 2 – подъемный винт; 3 – шкала для задания времени выдержки под нагрузкой; 4 – кнопка выключатель; 5 – опорный столик; 6 – шпиндель для индентора; 7 – упорный чехол; 8 – втулка; 9 – пружина; 10 – шпиндель; 11 – сигнальная лампа; 12,15 – рычаги; 13 – серьга; 14 – микропереключатель; 16 – вилка; 17 – шатун; 18 – грузы; 19 – кривошип; 20 – редуктор; 21 – электродвигатель.



На подвеску накладывают требуемое количество сменных грузов. Затем испытуемый образец устанавливают на столик и, вращая маховик, поднимают и прижимают его к индентору до смещения рисок на наконечнике, в который вставлен шарик. Нажав кнопку, приводят в движение электродвигатель. По окончании испытания вращением маховика в обратную сторону опускают столик, снимают образец, измеряют диаметр отпечатка и определяют число твердости.

Основной недостаток метода Бринелля – отсутствие геометрического подобия отпечатков, что делает не строгим количественное сопоставление чисел твердости разных материалов, полученных при разных значениях отношения d/D .

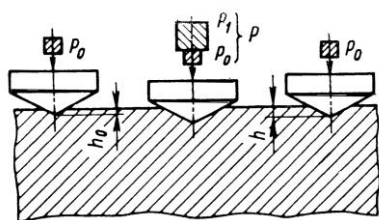
Величина НВ все-таки остается основной характеристикой твердости при статическом вдавливании шарового индентора. Для достаточно пластичных материалов ее физический смысл соответствует условному пределу прочности при растяжении. Для многих металлов и сплавов между НВ и σ_b существует линейная связь $\sigma_b = K \cdot \text{НВ}$. Коэффициент пропорциональности K тем больше, чем меньше степень равномерности деформации. Он зависит также от других констант материала. Величина K для большинства деформируемых алюминиевых сплавов примерно постоянна и близка к 0,25, для стали $K \approx 0,35$, для меди 0,48 и так далее.

Твердость по Роквеллу

При измерении твердости по Роквеллу индентор - алмазный конус с углом при вершине 120° и радиусом закругления 0,2 мм или стальной шарик диаметром 1,5875 мм (1/16 дюйма) - вдавливается в образец под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок: предварительной P_0 и общей P

$$P = P_0 + P_1,$$

где P_1 - основная нагрузка.



Число твердости по Роквеллу измеряют в условных единицах, и оно является мерой глубины вдавливания индентора под определенной нагрузкой.

Рис.1.3.Схема измерения твердости по Роквеллу

Схема определения твердости по Роквеллу при вдавливании алмазного конуса приведена на рис.3.

Сначала индентор вдавливается в поверхность образца под предварительной нагрузкой $P_0 = 1\text{Н}$, которая не снимается до конца испытания. Это обеспечивает повышенную точность испытания, так как исключает влияние вибраций и тонкого поверхностного слоя. Под нагрузкой P_0 индентор погружается в образец на глубину h_0 . Затем на образец подается полная нагрузка $P = P_0 + P_1$, и глубина вдавливания увеличивается. Глубина вдавливания h после снятия основной нагрузки P_1 , когда на индентор вновь действует только предварительная нагрузка P_0 , определяет число твердости по Роквеллу (HR). Чем больше глубина вдавливания h , тем меньше число твердости HR.

При использовании в качестве индентора алмазного конуса твердость по Роквеллу определяют по двум «шкалам» - А и С. При измерении по шкале А: $P_0 = 1\text{Н}$, $P_1 = 5\text{Н}$, $P = 6\text{Н}$, по шкале С: $P_0 = 1\text{Н}$, $P_1 = 14\text{Н}$, $P = 15\text{Н}$. Число твердости выражается формулой HRC или $\text{HRA} = 100 - I$,

$$I = \frac{h - h_0}{0,002}$$

где 0,002 (0,002мм – цена деления шкалы индентора твердости Роквелла).

Таким образом, единица твердости по Роквеллу - безразмерная величина, соответствующая осевому перемещению индентора на 0,002 мм.

Числа твердости по Роквеллу записываются так же как НВ: HRC 65, HRB 30, HRA 80 и так далее. Пределы измерения твердости по указанным шкалам приведены в таблице 1.1.

Пределы измерения твердости Таблица 1.1.

Шкала	Число твердости	Пределы измерения единицы твердости по Роквеллу	Соответствующие значения чисел твердости по Виккерсу
В	HRB	25 – 100	60 – 240
С	HRC	20 – 67	240 – 900
А	HRA	70 – 85	390 – 900

Поверхность образцов должна быть тщательно отполирована и свободна от наклепа. Расстояние между центрами двух соседних отпечатков или от центра какого-либо отпечатка до края образца должно быть не менее 3 мм. Минимальная толщина образцов зависит от твердости материала и должна быть не менее восьмикратной глубины вдавливания h .

На рис.1.4. приведена схема прибора марки ТК для измерения твердости по Роквеллу. На станине 14 с одной стороны расположены две стойки 16, которые поддерживают поперечину 1. С другой стороны в направляющей втулке 13 со шпонкой 12 помещен подъемный винт 17, на котором устанавливают в зависимости от формы образца различные столики 21-23 и 10. Подъем винта со столиком к образцам производят вращением маховичка 11. Приложение предварительной нагрузки к образцу осуществляется цилиндрической пружиной 19, действующей непосредственно на шпиндель 20. Грузовой рычаг второго рода 4, расположенный на поперечнике 1, имеет точку опоры на призме 8. К длинному плечу рычага 4 подвешивают грузы 15. В нерабочем положении прибора рычаг 4 опирается на подвеску 2 и нагрузка на шпиндель не действует. Для приложения основной нагрузки освобождают рукоятку 5. При этом подвеска 2 вместе с рычагом 4 плавно опускается, и последний действует на шпиндель. Плавное опускание рычага достигается благодаря масляному амортизатору 18, позволяющему регулировать скорость приложения основной нагрузки вращением штока 3. Соотношение плеч у грузового рычага 1:20 и поэтому действующий вес сменных грузов в 20 раз меньше их условного веса.

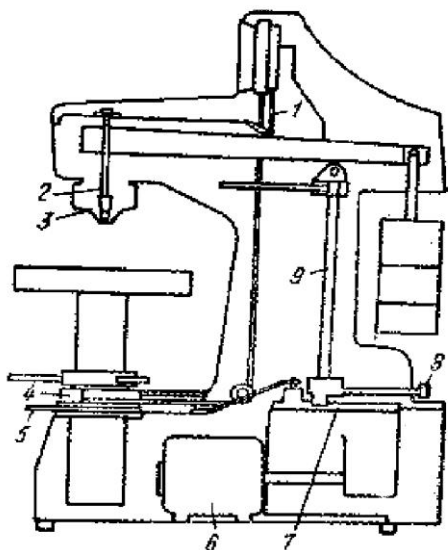


Рис.1.4. Приборы ТК-2 для измерения твердость по Роквеллу: 1 - качающаяся игла, обеспечивающая контакт рейки индикатора с рычагом; 2 - подвеска верхнего шпинделя; 3 - чехол для индентора; 4 - кольцо для перемещения шкалы индикатора; 5 - пусковая педаль; 6 - электромотор; 7 - редуктор; 8 - рукоятка для перемещения кулачков, задающих продолжительность испытания; 9 - шток, управляющий работой механизма нагружения.

Передача движения от шпинделя к стрелкам индентора 9 производится посредством рычага 7 с соотношением плеч 1:5. Призма шпинделя упирается на винт 6 на рычаге 7. С помощью винта 6 регулируется натяжение пружины 19, создающей предварительную нагрузку.

Порядок работы на приборе

В зависимости от материала и формы образца выбирают и устанавливают соответствующий индентор, опорный столик и необходимую нагрузку. Укладывают образец на столик и вращением маховичка 11 плавно поднимают винт 17 до тех пор пока индентор не окажется вдавленным в образец предварительной нагрузкой $P_0 = 10$ кгс. Этот момент будет достигнут, когда маленькая стрелка на вспомогательном лимбе индикатора 9 совпадает с красной точкой на шкале. Затем, если в качестве индикатора используют алмазный конус (по шкале А и С), необходимо повернуть ободок индикатора, чтобы ноль черной шкалы совместился с большой стрелкой. Если испытание проводят по шкале В (индикатор - стальной шарик), большую стрелку устанавливают на деление 30 красной шкалы. После этого, слегка нажимают рукоятку 5 и рычаг с грузом в течение 3-6 с плавно опускается вниз, передавая на шпиндель основную нагрузку. Через 1-3 с после остановки большой стрелки снимают основную нагрузку, плавно возвращая рукоятку 5 в начальное положение, и читают число твердости с точностью до половины деления шкалы. На каждом образце твердость измеряют не менее чем в 3-5 точках, подсчитывают среднее значение.

Более новая модификация твердомера Роквелла - прибор ТК-2 (рис.4) по принципу действия не отличается от ТК. Он снабжен электромеханическим приводом 6-7, который производит приложение, выдержку и снятие основной нагрузки.

Из рассмотренной методики определения твердости по Роквеллу видно, что это еще более условная характеристика, чем НВ. Наличие различных шкал твердости, определяемой без геометрического подобия отпечатков, условный и безразмерный численный результат испытания, сравнительно низкая чувствительность делают метод Роквелла лишь средством быстрого упрощенного технического контроля.

В заводских и лабораторных условиях его ценность велика именно благодаря простоте, высокой производительности, отсчету чисел твердости прямо по шкале прибора, возможности полной автоматизации испытания.

Числа твердости, полученные разными методами статического вдавливания индентора, связаны между собой. Зная, например, значение твердости по Бринеллю, можно перевести его с некоторым приближением в число твердости по Роквеллу или по Виккерсу. Приближенный пересчет чисел твердости производят с помощью таблицы 1.2.

Твердость по Виккерсу

При стандартном измерении твердости по Виккерсу (ГОСТ 2999-59) в поверхность образца вдавливают алмазный индентор в форме четырехгранной пирамиды с углом при вершине $\alpha = 136^\circ$. После удаления нагрузки P , действующей определенное время (10-15 с для черных или 30 с для цветных металлов), измеряют диагональ отпечатка d , оставшегося на поверхности образца.

Число твердости НВ (записывается без размерности, например НВ 230) определяют делением нагрузки в килограммах на площадь боковой поверхности полученного пирамидального отпечатка:

$$F = \frac{d^2}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \left[\frac{\text{мм}^2}{\text{мм}^2} \right]$$

$$HV = \frac{2P \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,8544 \frac{P}{d^2} \left[\frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} \right]; \text{МПа (3)}$$

Таким образом, в результате испытания измеряют только диагональ восстановленного отпечатка. Зная использованную нагрузку, можно найти число твердости по специальным таблицам, составленным с использованием формулы (3).

Относительно небольшие нагрузки и малая глубина вдавливания индентора обуславливают необходимость более тщательной подготовки поверхности, чем в случае измерения твердости по Бринеллю. Образцы для замера твердости должны быть, как правило, отполированы и их поверхность свободна от наклепа.

Минимальная толщина испытуемого образца должна превышать диагональ отпечатка в 1,2 (для сталей) или в 1,5 раза (для цветных металлов и сплавов). Расстояние между центром отпечатка и краем образца или краем соседнего отпечатка принимают не менее $2,5 d$. Обычно $d < 1$ мм, т.е. размеры отпечатка при определении твердости по Виккерсу значительно меньше, чем в методике Бринелля.

При грубой обработке образца это может вызывать большой разброс значений в разных точках образца по сравнению с разбросом НВ. Для получения достоверных средних значений НВ приходится делать на каждом образце не менее 5-10 замеров.

Таблица перевода чисел твердости

Таблица 1.2.

Твердость по Роквеллу		Твердость по Виккерсу	Твердость по Бринеллю	Твердость по Роквеллу по шкале В	Твердость по Бринеллю НВ
по шкале С	по шкале А				
70	86,5	1076	—	100	240
69	86,0	1004	—	99	234
68	85,5	942	—	98	228
67	85,0	894	—	97	222
66	81,5	854	—	96	216
65	84,0	820	—	95	210
64	83,5	789	—	94	205
63	83,0	763	—	93	200
62	82,5	739	—	92	195
61	81,5	715	—	91	190
60	81,0	695	—	90	185
59	80,5	675	—	89	180
58	80,0	655	—	88	176
57	79,5	636	—	87	172
56	79,0	617	—	86	169
55	78,5	598	—	85	165
54	78,0	580	—	84	162
53	77,5	562	—	83	159
52	77,0	545	—	82	156
51	76,5	528	—	81	153
50	76,0	513	—	80	150
49	75,5	498	—	79	147
48	74,5	485	448	78	144
47	74,0	471	437	77	141
46	73,5	458	425	76	139
45	73,0	446	415	75	137
44	72,5	435	393	74	135
42	71,5	413	372	72	130
40	70,5	393	352	70	125
38	—	373	332	68	121
36	—	353	313	66	117
34	—	334	297	64	114
32	—	317	283	62	110
30	—	301	270	60	107
28	—	285	260		
26	—	271	250		
24	—	257	240		
22		246	230		
20		236			

Схема прибора марки ТП для измерения твердости по Виккерсу показана на рис.1.5. Прибор смонтирован на станине 1. Образец помещают на опорный столик 5. Нагрузка

[illegible]

Затем с помощью рукоятки 23 вводится механизм грузового привода и производится его включение нажатием на педаль 2. При этом ломаный рычаг 17 выводит из мертвого положения и пустотелый шпиндель 16 связанный с маслинным амортизатором 19, опускается вниз. Движение поршня амортизатора с укрепленным на нем грузом 20 вызывает опускание подъемного штыря 13, на котором лежит грузовой рычаг прибора.

верхней части передней панели твердомера.

Физический смысл числа твердости по Виккерсу аналогичен НВ. Величина НВ тоже является усредненным условным напряжением в зоне контакта индентор - образец и характеризует обычно сопротивление материала значительной пластической деформации.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методиками измерения твердости металлов по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу.
2. Измерить твердость трех образцов по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу.
3. С помощью таблицы 2 найти соотношение между показателями твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу.
4. Найденные показатели твердости занести в таблицу отчета по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое твердость?
2. Как определяется твердость?
3. В чем преимущество определения предела прочности материала, исходя из определения твердости, перед непосредственным измерением прочности при растяжении?
4. Как производится испытание на твердость по Бринеллю?
5. Что такое число твердости по Бринеллю, и какова его размерность?
6. Чем и как измеряется диаметр отпечатка?
7. Какова связь между диаметром отпечатка и числом твердости по Бринеллю?
8. Как выбрать диаметр шарика и величину нагрузки при испытаниях на твердость по Бринеллю?
9. Как производится испытание на твердость по Роквеллу?
10. В зависимости от чего выбирается форма вдавливаемого тела при испытаниях на твердость по Роквеллу?
11. Опишите порядок испытания твердости по Роквеллу.
12. Опишите порядок испытания твердости по Виккерсу.
13. Сравнить методы измерения твердости по Бринеллю и Роквеллу, их достоинства и недостатки.

Лабораторная работа №2.

Термическая обработка углеродистой стали. Закалка и отпуск стали.

Химико-термическая обработка легированной стали.

Цель работы: Изучить влияние термической обработки на структуру и свойства углеродистых сталей.

Основные положения

Свойства сплавов зависят не только от их химического состава, но и от структуры (внутреннего строения). Сталь относится к группе сплавов, у которых структура может быть достаточно легко изменена с помощью термической обработки.

Термическая обработка заключается в нагреве сплавов до определенной температуры, выдержке их при этой температуре и последующем охлаждении. Причем, если в сплавах (а к ним относятся и стали) при нагреве и охлаждении в твердом состоянии происходят фазовые превращения, то с помощью термической обработки можно в широких пределах изменять их механические свойства.

В зависимости от условий термической обработки стали одного и того же химического состава можно получить самые различные соотношения характеристик прочности, пластичности, упругости и вязкости. С этой целью применяют следующие виды термической обработки:

Отжиг – нагрев стали выше температуры фазовых превращений, выдержка и медленное охлаждение (с печью). Отжиг применяется для получения равновесной структуры, уменьшения твердости и внутренних напряжений, улучшения обрабатываемости резанием.

Нормализация – нагрев стали выше температуры фазовых превращений, выдержка и охлаждение на воздухе. Для низкоуглеродистой стали нормализация применяется для тех же целей, что и отжиг, но она проще и дешевле. Для высокоуглеродистых и легированных сталей нормализации не может заменить отжиг, так как возможно получение неравновесных структур.

Закалка – нагрев стали выше температуры фазовых превращений, выдержка и охлаждение со скоростью больше критической скорости охлаждения $V_{кр}$.

В результате закалки получают неравновесную структуру, которая обладает высокой прочностью, твердостью и износостойкостью.

При охлаждении стали, нагретой до высокой температуры, возможны два варианта превращения аустенита:

– *диффузионное* (эвтектоидное) превращение, в результате которого образуется смесь феррита и цементита и возникают фазы с различным содержанием углерода. Такое превращение происходит при отжиге и нормализации;

– *бездиффузионное* превращение, когда при быстром охлаждении в результате полиморфного превращения $Fe_\gamma \rightarrow Fe_\alpha$ получается структура *мартенсита* – пересыщенного твердого раствора углерода в Fe_α . Так как это превращение не сопровождается диффузией, то в кристаллической решетке Fe_α сохранится столько углерода, сколько его было в аустените. Такой характер превращения аустенита реализуется при закалке.

Наименьшая скорость охлаждения, при которой не происходит диффузионного распада аустенита и получается структура мартенсита, называется *критической скоростью охлаждения* $V_{кр}$. Поэтому для закалки стали, нагретой до аустенитного состояния, необходима скорость охлаждения, превышающая $V_{кр}$.

Структура мартенсита, полученная после закалки, является неустойчивой. Она обладает высокой прочностью, твердостью, но одновременно имеет очень большие внутренние напряжения и хрупкость. Для уменьшения внутренних напряжений и получения необходимого комплекса механических свойств после закалки проводят отпуск.

Отпуск – нагрев закаленной стали ниже температуры фазовых превращений. При отпуске неустойчивая структура мартенсита распадается и переходит в более стабильное состояние. При этом структура и свойства получающейся стали зависят от температуры отпуска. Чем выше температура отпуска, тем меньше твердость и прочность, но больше пластичность и вязкость стали.

Температура нагрева при термической обработке стали определяется по диаграмме состояния $Fe-Fe_3C$ (рис. 2.1).

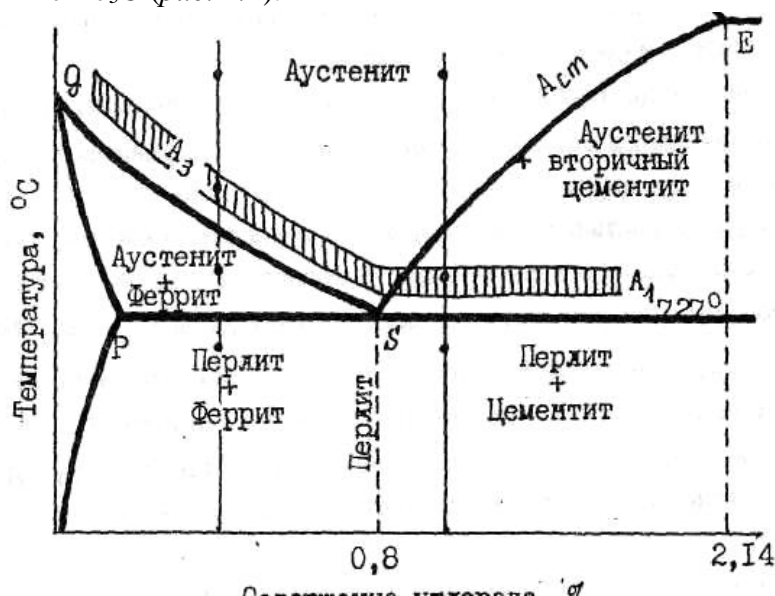


Рис. 2.1. Фрагмент диаграммы $Fe-Fe_3C$ и интервал температуры нагрева стали при термической обработке

В практике термической обработки принято называть:

- горизонтальную линию PSK (727 °C) линией A_1 ;
- линию GS – A_3 ;
- линию SE – A_{cm} .

Если при термической обработке сталь нагревают выше линии $A_3-A_{сг}$, то такую термическую обработку называют *полной*. Если нагрев проводят выше линии A_1 , то ниже линии $A_3-A_{сг}$, термическую обработку называют *неполной*.

Для доэвтектоидных сталей применяется полная термическая обработка. Доэвтектоидные стали называют *конструкционными*; из них изготавливают детали машин (валы, шестерни, пружины и т.д.) и различные конструкции.

При отжиге, нормализации и закалке оптимальная температура нагрева доэвтектоидных сталей составляет $A_3 + (30 + 50 \text{ }^{\circ}\text{C})$. При этой температуре структура стали состоит из мелких зерен аустенита.

При медленном охлаждении происходит диффузионный распад аустенита, поэтому доэвтектоидная сталь после отжига получает равновесную структуру феррита и перлита. После нормализации структура стали аналогична отожженной, но из-за ускоренного охлаждения она несколько мельче, что вызывает незначительное повышение твердости и прочности.

Для превышения критической скорости охлаждения при закалке углеродистых сталей часто используют в качестве охлаждающего агента – воду. Структура доэвтектоидной стали после закалки с температуры $A_3 + (30 + 50 \text{ }^{\circ}\text{C})$ – мелкоигольчатый мартенсит (2-5 % аустенита, остающегося всегда после закалки, на свойства не влияют).

Температура нагрева стали при закалке имеет важное значение. Если доэвтектоидную сталь нагреть значительно выше линии A_3 (перегрев), то произойдет заметный рост зерен аустенита. В результате при закалке образуется крупноигольчатый мартенсит. Такой мартенсит имеет пониженную твердость, прочность и повышенную хрупкость.

При закалке доэвтектоидных сталей с температурой выше A_1 , но ниже A_3 (неполной закалке) в структуре кроме мартенсита сохранится мягкий феррит, что приводит к снижению прочности и твердости стали.

Если углеродистые стали закаливать в растительном или минеральном масле, то скорость охлаждения будет не только меньше, чем при охлаждении в воде, но и меньше критической скорости охлаждения $V_{кр}$. При таком охлаждении часть аустенита будет распадаться диффузионным путем на мелкодисперсную смесь феррита и цементита – *троостит*. Оставшийся аустенит при достижении температуры M_n превращается в мартенсит. Структура, состоящая из мартенсита и троостита, уступает по твердости и прочности чисто мартенситной.

Заэвтектоидные стали получили название *инструментальных*. Из них изготавливают различный режущий, штамповый и измерительный инструмент: резцы, сверла, матрицы, пуансоны, линейки, скобы и т. д. Инструмент должен иметь высокую прочность, твердость, износостойкость, стабильность размеров.

Для заэвтектоидных сталей применяют неполную термическую обработку. При этом их нагревают с целью отжига или закалки до температуры $A_3 + (30 + 50 \text{ }^{\circ}\text{C})$. При такой температуре структура заэвтектоидной стали состоит из аустенита и цементита. При отжиге в результате эвтектоидного превращения аустенит превращается в перлит, и структура заэвтектоидной стали состоит из перлита и цементита.

После закалки заэвтектоидная сталь имеет структуру мартенсита и цементита с небольшим количеством остаточного аустенита. Наличие цементита в структуре инструментальной стали дополнительно повышает ее твердость и износостойкость (твердость цементита больше твердости мартенсита). Нагрев заэвтектоидных сталей выше линии $A_{сг}$ (полная термическая обработка) не применяется. Медленное охлаждение (отжиг) с температурой выше $A_{сг}$ приводит к образованию структуры с очень грубой цементитной сеткой и повышенной хрупкостью. Закалка с такой температуры приводит к образованию крупноигольчатого мартенсита и повышенного количества

остаточного аустенита, в результате сталь приобретает пониженную твердость, прочность и повышенную хрупкость.

Термическая обработка закаленной стали заканчивается отпуском. В зависимости от назначения и условий работы деталей для обеспечения необходимого комплекса механических свойств применяют три вида отпуска:

Низкий отпуск ($T = 150-200\text{ }^{\circ}\text{C}$) служит для уменьшения внутренних напряжений, хрупкости при сохранении высокой твердости и прочности. Мартенсит закали превращается в мартенсит отпуска. Этот вид отпуска применяют, как правило, для режущего и измерительного инструмента. В зависимости от содержания углерода в стали твердость мартенсита составляет 550-650 НВ.

Средний отпуск ($T = 300-450\text{ }^{\circ}\text{C}$) приводит к распаду мартенсита и образованию высокодисперсной смеси феррита и цементита, которая называется трооститом отпуска. Структура троостита обладает пониженной прочностью и повышенной вязкостью по сравнению с мартенситом. Сталь со структурой троостита отпуска характеризуется самой высокой упругостью среди других структур. Поэтому такой отпуск применяется для рессор и пружин различного назначения. Твердость троостита лежит в пределах 400-550 НВ.

Высокий отпуск ($T = 450-600\text{ }^{\circ}\text{C}$) приводит к укрупнению цементитных частиц, появившихся при температуре среднего отпуска. Такая, менее дисперсная, смесь феррита и цементита называется *сорбитом отпуска*. Сорбит обладает оптимальным сочетанием высокой пластичности и ударной вязкости с хорошей прочностью. Твердость сорбита 250-350 НВ. Термическая обработка, состоящая из закали и высокого отпуска, называется *улучшением*. Большинство деталей машин ответственного назначения подвергают улучшению.

Порядок выполнения работы:

1. Выбрать по диаграмме $Fe-Fe_3C$ температуру нагрева под полную и неполную закалку сталей 50 и У12 и занести в *табл. 9.1* и *9.2*.

2. Провести полную и неполную закали сталей 50 и У12 и нормализацию. Для этого:

- измерить сечение образцов и выбрать время выдержки для нагрева под нормализацию, полную и неполную закалку и занести в *табл. 9.1* и *9.2*;

- поместить образцы в лабораторные печи, разогретые до заданных температур, выдержать их в течение необходимого времени и охладить в выбранных средах;

- измерить твердость нормализованных и закаленных образцов (шкала HRB, HRC). На каждом образце сделать не менее 3 уколов и среднее значение занести в *табл. 9.1* и *9.2*;

- записать в *табл. 9.1* и *9.2* предполагаемые структуры, проанализировав полученные результаты.

Примечание: микроструктуру углеродистых сталей после различной ТО изучают на специально подготовленной коллекции микрошлифов, которая включает микрошлифы сталей 50 и У12 после отжига, нормализации, полной и неполной закали, а также после закали и отпуска.

3. Подвергнуть закаленные образцы стали У12 низкому, а стали 50 среднему и высокому отпуску, предварительно выбрав температуры. Измерить твердость (по шкале HRB, HRC) отпущенных образцов и данные занести в *табл. 3.1* и *3.2*.

4. Зарисовать микроструктуру предложенных микрошлифов. Под каждым рисунком указать травитель, увеличение, марка стали и режим термообработки. При зарисовке микроструктуры надо придерживаться определенной схемы с указанием стрелками структурных составляющих.

5. Описать микроструктуры. Справа от рисунка дать описание микроструктуры с обязательным указанием условий ее получения и свойств.

6. Построить график зависимости твердости от вида проведенной термической обработки.

7. Составить отчет.

Таблица 2.1

Термообработка стали 50

Вид ТО	Режим ТО			Твердость по:		Структура
	Температура, °С	Выдержка, мин.	Охлаждающая среда	Роквеллу	Бринеллю	
Отжиг						
Нормализация						
Закалка						
Высокий отпуск						
Средний отпуск						

Таблица 2.2

Термообработка стали У12 (или стали У8)

Вид ТО	Режим ТО			Твердость по:		Структура
	температура, °С	выдержка, мин.	охлаждающая среда	Роквеллу	Бринеллю	
Отжиг						
Нормализация						
Закалка						
Низкий отпуск						
Средний отпуск						

Содержание отчета

1. Название работы и цель.
2. Заполненные *таблицы 2.1* и *2.2*.
3. Графики зависимости твердости (*НВ*) сталей 50 и У12 от вида термообработки.
4. Рисунки и описание микроструктур.
5. Выводы.

Лабораторная работа №3.

Определение качества бензина, дизельного топлива. Определение качества пластичной смазки

Цель работы: ознакомиться и закрепить знания по основным маркам дизельных топлив, с нормативно-технической документацией по качеству дизельных топлив (ГОСТами на показатели качества и методы их определения), ознакомиться и изучить методы проведения контрольного анализа дизельных топлив (определение плотности, вязкости и температуры застывания топлива), а также приобрести навыки по контролю и оценке качества дизельных топлив, и по определению пригодности их для применения в двигателях внутреннего сгорания.

Основные положения

В результате выполнения лабораторной работы, подготовки и защиты отчета студенты должны:

знать:

основные марки дизельных топлив (ДТ), применяемых на автомобильном транспорте, их свойства и особенности;

основные нормативно-технические документы по качеству дизельных топлив (ГОСТы на показатели качества и методы их определения);

основные методы проведения контрольного анализа дизельных топлив: определение плотности, вязкости, температуры застывания топлива и других.

уметь:

дать характеристику определённым видам автомобильных дизельных топлив;

использовать нормативно-технические документы по качеству дизельных топлив (ГОСТы на показатели качества и методы их определения);

применять основные методы проведения контрольного анализа дизельных топлив: определение плотности, вязкости, температуры застывания топлива и других;

применять навыки по контролю, оценке качества дизельных топлив и установлению условий их применения на автомобильном транспорте в качестве топлив для двигателей внутреннего сгорания.

Порядок выполнения работы

Рассмотреть требования к качеству дизельных топлив, свойства и показатели дизельных топлив, влияющих на смесеобразование, подачу топлива, процесс сгорания, образование отложений и коррозионную активность, основные марки дизельных топлив и их применение.

Оценить испытуемый образец топлива по внешним признакам: прозрачность, цвет, запах, наличие воды и видимых невооруженным глазом механических примесей. Ознакомиться с имеющейся в лаборатории коллекцией стандартных дизельных топлив, а затем сравнить с ними по внешним признакам испытуемый образец топлива и дать предварительное заключение о принадлежности образца к той или иной марке дизельного топлива.

Определить плотность дизельного топлива при 20 °С.

Определить кинематическую вязкость при 20 °С.

Определить температуру помутнения и застывания.

Произвести расчет цетанового числа исследуемого топлива.

Установить по имеющимся стандартным параметрам марку исследуемого дизельного топлива, соответствие его ГОСТу и решить вопрос о применении его для автомобилей в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания.

Выполнить необходимые работы, оговоренные в задании.

Оформить отчет, сделать техническое заключение. Ответить на контрольные вопросы.
Краткие теоретические сведения, состав и последовательность выполнения работы.

Оценка дизельных топлив по внешним признакам

Дизельные топлива (ДТ) предназначены для дизелей и являются нефтяными фракциями, выкипающими при температуре от 200 до 350 °С. По химическому составу они представляют собой смесь нормальных алканов, изоалканов, циклоалканов и небольшого количества ароматических углеводородов. ДТ должны отвечать следующим требованиям: иметь определенные плотность, поверхностное натяжение, испаряемость и самовоспламеняемость; сохранять текучесть при низких температурах; быть химически и физически стабильными; обладать минимальным коррозионным воздействием; не содержать воды и механических примесей.

Оценку дизельных топлив по внешним признакам следует выполнять теми же методами, которые рассмотрены применительно к бензинам в описании работы №1, кроме характерных особенностей, относящихся к цвету и запаху топлив.

Все дизельные топлива окрашены, что связано с наличием в них растворенных смол. В зависимости от природы и количества смол цвет топлив изменяется от желтого до светло-коричневого (определяется при помощи стеклянных цилиндров диаметром 40-55 мм). Чем меньше интенсивность окраски топлива (т.е. чем оно светлее), тем меньше в нем смолистых веществ и тем выше его качество.

В большинстве случаев запах дизельных топлив не резкий. По своему характеру он является типичным для многих нефтепродуктов (за исключением бензинов и керосинов). Зимние и особенно арктические сорта дизельных топлив мало отличаются по фракционному составу от керосинов, поэтому и по запаху они схожи с керосинами.

Оборудование: стеклянный цилиндр диаметром 40-55 мм; образец испытуемого дизельного топлива.

Порядок выполнения работы:

Проводится теми же методами, которые рассмотрены в работе № 1.

Измерение плотности дизельного топлива

Оборудование: стеклянные мерные цилиндры на 250 мл; набор ареометров (нефтеденсиметров); термометр ртутный стеклянный (в том случае, если ареометр без термометра) до 50 °С с ценой деления в 1 °С.

Порядок выполнения работы:

Проводится теми же методами, которые рассмотрены в работе № 1.

Определение кинематической вязкости

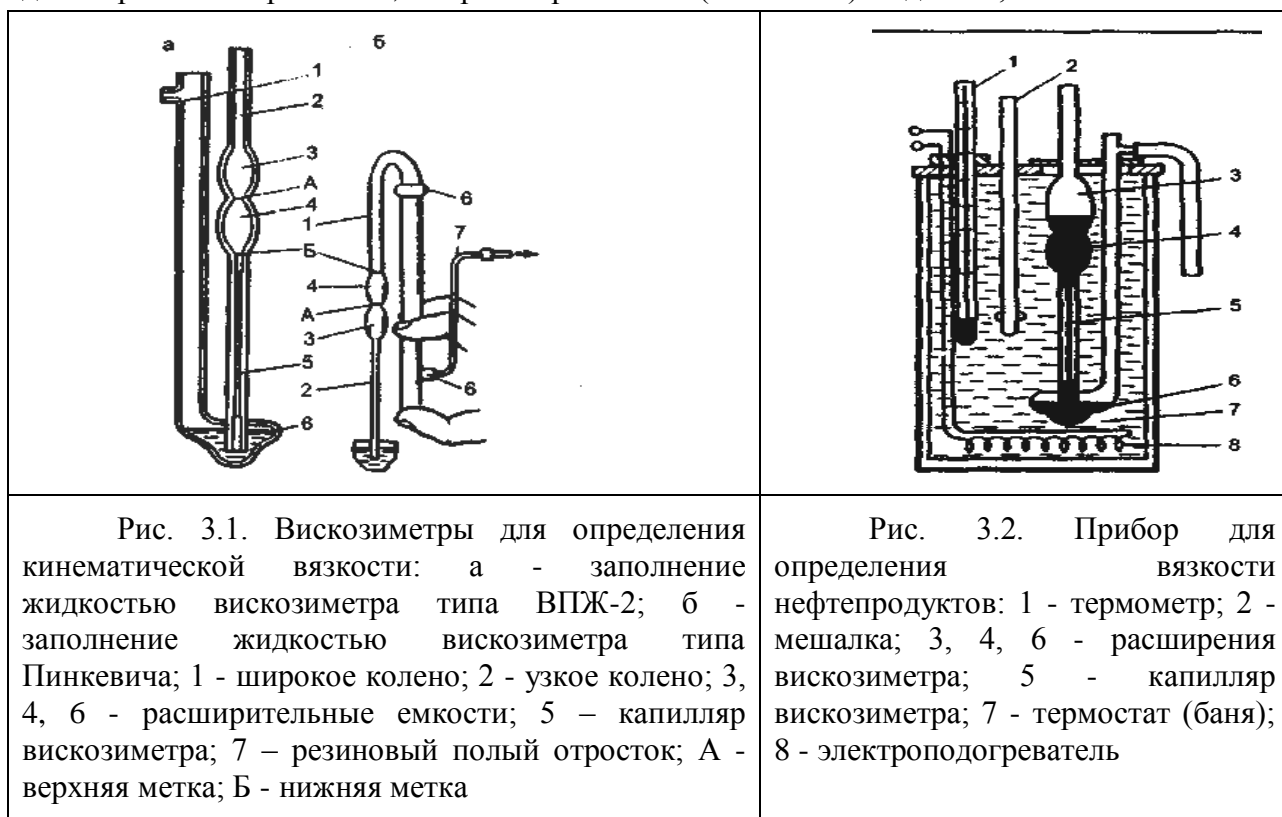
Вязкостью называется свойство жидкости оказывать сопротивление при сдвиге или скольжении ее слоев. Препятствие перемещению слоев жидкости создают силы межмолекулярного притяжения. Внешне вязкость проявляется в степени подвижности: чем меньше вязкость, тем жидкость подвижнее, и наоборот. Величину вязкости выражают в единицах динамической или кинематической вязкости. За единицу динамической вязкости η принята вязкость такой жидкости, которая оказывает сопротивление силой в 1 Н, вызванным взаимным сдвигом двух слоев этой жидкости площадью 1 м², находящихся на расстоянии 1 м друг от друга и перемещающихся со скоростью 1 м/с. Динамическая вязкость измеряется в Па • с. В ГОСТах на нефтепродукты указывается кинематическая вязкость ν , которая равна отношению динамической вязкости вещества к его плотности ρ . Кинематическая вязкость измеряется в мм²/с.

$$\nu = \eta / \rho$$

В практической деятельности, как правило, пользуются кинематической вязкостью, которая характеризует эксплуатационные свойства топлив и масел в зависимости от температуры и позволяет решать вопрос о пригодности нефтепродуктов для данного двигателя и о надежности его работы на всех возможных режимах эксплуатации. Кинематическую вязкость определяют по ГОСТу 33-2000 в капиллярном вискозиметре (рис. 2.1) по времени перетекания определенного объема жидкости (от метки А до метки Б) под действием силы тяжести при заданной температуре. Чем больше время перетекания жидкости через капилляр, тем выше ее вязкость. Кинематическую вязкость ν , мм²/с, рассчитывают по формуле:

$$\nu = C \cdot \tau$$

где C - калибровочная постоянная вискозиметра, зависящая от длины и диаметра капилляра мм²/с²; τ - время протекания (истечения) жидкости, с.



Зависимость между кинематической вязкостью и динамической выражается формулой

$$\eta = \nu \cdot \rho \cdot 10^{-3}$$

где η - динамическая вязкость жидкости, МПа • с; ρ - плотность жидкости при той же температуре, при которой определялась кинематическая вязкость, кг/м³.

Для определения вязкости нефтепродуктов используются вискозиметры типа ВПЖ-2, ВПЖТ-2 или типа Пинкевича (ВПЖ-4, ВПЖТ-4). При этом вискозиметры типа ВПЖ-2, ВПЖТ-2 используются для определения кинематической вязкости прозрачных нефтепродуктов с вязкостью от 0,6 до 30000 мм²/с, а вискозиметры типа ВПЖ-4, ВПЖТ-4 - для жидкостей с пределами вязкости 0,6-10000 мм²/с. Каждый диапазон кинематической вязкости требует ряда вискозиметров.

Капиллярный вискозиметр представляет собой U-образную трубку с тремя расширениями, в узкое колено которой впаян капилляр. Вискозиметры выпускают с разными диаметрами капилляра (0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; до 4,0 мм). Над капилляром помещены два расширения, между которыми и над капилляром имеются кольцевые метки. Нижнее расширение служит резервуаром, куда перетекает жидкость при определении вязкости. Оно расширено с той целью, чтобы высота столба жидкости, под действием которого происходит истечение, оставалась примерно постоянной. В верхней части высокого колена имеется патрубок, который служит для присоединения резиновой груши. На верхних расширениях нанесены номер вискозиметра и

номинальный диаметр капилляра. На каждый экземпляр вискозиметра должен иметься паспорт, в котором указывается постоянная вискозиметра «С» в $\text{мм}^2/\text{с}^2$.

Для заполнения вискозиметра топливом на боковой отвод его надевают резиновую трубку с грушей, переворачивают на 180° и погружают узкое колено в стаканчик с испытуемым топливом. Закрыв пальцем отверстие широкого колена, топливо с помощью груши засасывают в узкое колено вискозиметра до метки между капилляром и расширением.

После этого вискозиметр переворачивают в нормальное положение и тщательно обтирают узкое колено от топлива.

Внимание: - Используемые в работе вискозиметры представляют собой очень хрупкие и дорогие приборы. В связи с этим при работе с ними надо проявлять максимум осторожности и, в частности, держать и закреплять их следует только за одно колено. Наиболее часто поломка вискозиметров происходит при надевании и снятии резиновой трубки, поэтому при этой операции нужно держать их именно за то колено, на которое надевается или снимается резиновая трубка.

- Следует учитывать, что при попадании во внутреннюю полость вискозиметра воды или даже ее паров он становится неработоспособен.

Затем вискозиметр погружают в термостат (баню) так, чтобы шарик вискозиметра оказался полностью в термостатной жидкости (рис. 2.2). Выдерживают вискозиметр в термостате не менее 15 мин при температуре 20°C . При заполнении и выдерживании вискозиметра в нем не должно образовываться разрывов и пузырьков воздуха. Затем, не вынимая вискозиметр из термостата, при помощи резиновой груши создают разрежение в трубке 7 (см. рис. 2.1), медленно набирая в шарик 3 несколько выше метки А топливо (из расширения 6). Подняв топливо выше метки А, отключают резиновую грушу и наблюдают за перетеканием топлива через капилляр 5 и расширение 6. В момент достижения уровня топлива метки А пускают секундомер, а в момент прохождения уровня метки Б, его останавливают. Замер времени производят с точностью до 0,1 с.

С той же порцией топлива испытание проводят несколько раз. Необходимо получить пять результатов времени истечения топлива, максимальная разность между которыми не превышала бы 1 % от абсолютного значения одного из них.

Для заполнения термостата применяют следующие жидкости: при температуре 100°C - нефтяное прозрачное масло или глицерин, при 50°C - воду, при 0°C - смесь воды со льдом, при более низких температурах - этиловый спирт с твердой углекислотой.

Оборудование: капиллярный вискозиметр (набор вискозиметров); термостойкий стакан вместимостью 2000мл (прибор для определения кинематической вязкости); резиновая трубка с грушей; секундомер; стакан емкостью 50-100мл; дистиллированная вода; термометр с ценой деления шкалы $0,1^\circ\text{C}$.

Порядок выполнения работы:

При использовании набора вискозиметров, выбрать вискозиметр с требуемым диаметром капилляра. При выборе исходить из того, чтобы время истечения топлива находилось в пределах не менее 200 секунд (ГОСТ 33-2000). При меньшем времени истечения уменьшается точность замера времени секундомером, а при большем - удлиняется время анализа. В зависимости от температуры испытания и вязкости топлива рекомендуются капилляры с диаметрами, которые указаны в мм в таблице 3.1.

Размеры капилляров

Таблица 3.1.

Температура	$+50^\circ$	$+20^\circ$	0°
Диаметр капилляра	0,4-0,6	0,8-1,0	1,0-1,2

1. В стакан емкостью 50-100 мл налить 30-40 мл испытуемого образца, не содержащего воды и механических примесей.
2. Надев на отвод вискозиметра резиновую трубку длиной 15-20 см, перевернуть вискозиметр на 180° и погрузить его узкое колено в сосуд с испытуемым топливом.
3. Зажать большим пальцем правой руки широкое колено и засосать дизельное топливо с помощью груши так, чтобы оно заполнило без пузырьков и разрывов всю внутреннюю полость от конца колена до метки В (рис. 3.2). В тот момент, когда уровень топлива (при засасывании) достигнет метки В, повернуть вискозиметр в нормальное положение, освободить от зажатия пальцем широкое колено, протереть узкое колено 2 (рис. 3.1) от топлива.
4. Надеть на узкое колено резиновую трубку, погрузить вискозиметр (при этом верхняя метка должна быть ниже уровня воды) в воду, налитую в стакан емкостью 2000 мл и закрепить его в зажиме штатива, обратив внимание на то, чтобы вискозиметр принял строго вертикальное положение.
5. Установить и поддерживать в термостате необходимую для испытания температуру $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$. При нагреве жидкости в термостате до заданной температуры необходимо избегать перегрева ее, что достигается медленным нагреванием стакана, начиная с того момента, когда температура на $3-5^\circ\text{C}$ ниже заданной. Температуру термостата во время работы поддерживать постоянной. Допускается отклонение не более $0,1^\circ\text{C}$.
6. Выдержать вискозиметр с дизельным топливом в термостате при температуре испытания 20°C в течение 15-20 мин.
7. Сжатием груши перегнать топливо в узкое колено несколько выше кольцевой метки между расширениями (немного выше метки А), следя за тем, чтобы в капилляре и расширении не образовалось пузырьков воздуха и разрывов жидкости. При этом вискозиметр находится в термостате, а широкое колено его закрывается пальцем. Отнять палец от широкого колена и вести наблюдение за перетеканием топлива в расширение, когда уровень топлива достигнет верхней метки А (см. рис. 3.1), включить секундомер и выключить его, когда уровень топлива минует нижнюю метку Б. Записав время истечения, отмеченное секундомером с точностью до 0,2 с, повторить опыт не менее трех-пяти раз (отличия в результатах не должны превышать 0,5%).
8. Вычислить кинематическую вязкость испытуемого дизельного топлива при температуре испытания по формуле (3.2). Постоянную вискозиметра, взять из паспорта на вискозиметр. Значение τ берется как среднее арифметическое из трех измерений времени истечения испытуемого топлива. Результаты вычисления выразить в сСт ($\text{мм}^2/\text{с}$) и округлить три значащие цифры.
9. Результаты работы занести в отчет по работе.

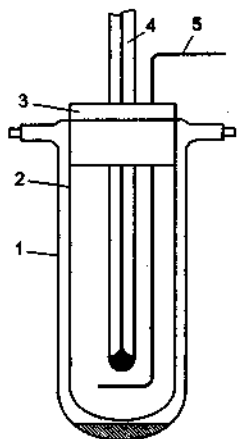
Определение температуры застывания

Основные нарушения в системе подачи топлива при низких температурах связаны с температурой помутнения и застывания топлива. В отличие от бензинов в дизельных топливах может находиться довольно много углеводородов с высокой температурой плавления, в первую очередь парафиновых (алкановых) и ароматических углеводородов.

При понижении температуры наиболее высокоплавкие углеводороды выпадают из топлива в виде кристаллов различной формы, топливо мутнеет. Наивысшая температура, при которой топливо теряет прозрачность, называется температурой помутнения. При этом топливо не теряет свойство текучести. Значение вязкости при повышении температуры увеличивается незначительно, однако кристаллы, проникая через фильтр грубой очистки, образуют непроницаемую для топлива пленку на фильтре тонкой очистки, что приводит к прекращению подачи топлива. Температура помутнения, как правило, должна быть на $3-5^\circ\text{C}$ ниже температуры

окружающей среды. При дальнейшем охлаждении ДТ наступает срашивание отдельных кристаллов в каркас, который пронизывает все топливо, сковывая его. Топливо теряет текучесть.

При дальнейшем охлаждении топлива кристаллы высокоплавких углеводородов начинают соединяться, образуя пространственную решетку, в ячейках которой остаются жидкие углеводороды. Затем образующаяся структура настолько упрочняется, что топливо теряет текучесть - застывает. Наивысшую температуру, при которой топливо теряет текучесть, называют температурой застывания. Она должна быть на 8-12 °С ниже температуры окружающей среды. Температурой застывания считается температура, при которой налитое в пробирку дизельное топливо при охлаждении в определенных условиях не изменяет положения мениска в течение 1 мин при наклоне пробирки под углом 45° от вертикали (ГОСТ 20287-91). Температура застывания дизельного топлива - величина условная и служит лишь ориентиром для определения условий применения топлива.



Оборудование: прибор для определения температуры помутнения топлива; штатив лабораторный; реактивы для охлаждающих смесей (соль-лед для температуры до минус 20 °С; спирт и углекислота - сухой лед - для температуры ниже минус 20 °С); пробирка; образец топлива; серная кислота.

Рис. 3.3. Прибор для определения температуры помутнения и застывания топлива: 1 - пробирка наружная; 2 - пробирка внутренняя; 3 - пробка; 4 - термометр; 5 - мешалка

Порядок выполнения работы:

Сущность определения температуры помутнения топлива заключается в глубоком его охлаждении и визуальном наблюдении за изменением его состояния. Сущность определения температуры застывания заключается в глубоком охлаждении топлива до состояния потери подвижности.

1. Испытуемое топливо тщательно перемешать и налить во внутреннюю пробирку до метки (40 мм от дна нанесена метка). Пробирку закрыть корковой пробкой с термометром. Термометр вставить так, чтобы его ртутный шарик находился в пробирке на расстоянии 15 мм от дна и на равном расстоянии от стенок.

2. Налить испытуемое топливо в другую пробирку, которую использовать в качестве эталона прозрачности.

3. Заполнить сосуд прибора охлаждающей смесью, уровень которой поддерживать на 30-40 мм выше уровня топлива в пробирке. Температура охлаждающей смеси при испытании все время должна быть на 15 ± 2 °С ниже температуры испытуемого топлива.

4. Укрепить внутреннюю пробирку с топливом и термометром во внешней пробирке. Во избежание запотевания внутренних стенок между пробирками заливают серную кислоту в количестве 0,5-1,0 мл.

5. Поместить собранный прибор в охлаждающую смесь. Топливо во время охлаждения все время перемешивать.

6. За 5 °С до ожидаемой температуры помутнения пробирку вынуть из охлаждающей смеси, быстро вытереть ватой, смоченной спиртом, и сравнить с эталоном. Продолжительность определения сравнения не более 12 с.

7. Если топливо по сравнению с прозрачным эталоном не изменилось, то пробирку снова опускают в сосуд прибора и дальнейшее наблюдение производят через каждый градус, понижая температуру топлива. Эти сравнительные наблюдения с прозрачным эталоном производят до тех пор, пока топливо не станет отличаться от эталона, т. е. когда в нем появится муть. При определении температуры помутнения неизвестного образца топлива сначала устанавливают

значения этих температур приблизительно путем наблюдения за состоянием топлива через каждые 5 °С.

8. Для определения температуры застывания топлива в соответствии с пунктами 1 и 2 подготовить прибор с испытуемым обезвоженным (с помощью свежeproкаленного хлористого кальция) топлива. Подготовленный прибор поместить в сосуд с охлаждающей жидкостью. Температура охлаждающей смеси должна быть на 5 °С ниже предполагаемой температуры застывания топлива.

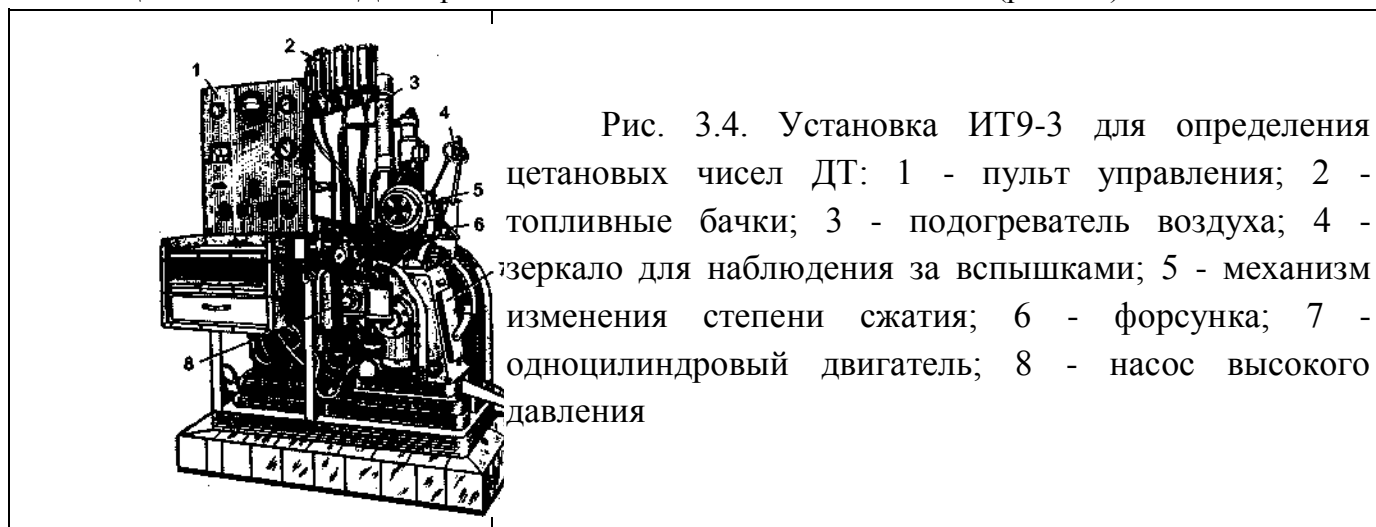
9. Не вынимая из охлаждающей смеси, наклонить прибор под углом 45° и держать в таком положении в течение одной минуты, до тех пор, пока испытуемое топливо в пробирке примет температуру, соответствующую температуре его застывания.

10. Вынуть пробирку из охлаждающей смеси, протереть стенки ватой, смоченной в спирте, и наблюдать, не сместился ли мениск топлива. Если мениск не сместился, то топливо остается застывшим, и наоборот. Если температура топлива неизвестна даже приблизительно, испытание по смещению мениска проводят через каждые 5 °С понижения температуры топлива. Температуру смеси в этом случае поддерживают на 4-5° ниже температуры топлива. После проведения испытания прибор и рабочее место привести в первоначальное положение. Полученную температуру сравнить с показателями ГОСТ.

Определение цетанового числа дизельного топлива расчетным методом

Способность ДТ самовоспламеняться оценивают цетановым числом (ЦЧ). Метод оценки самовоспламеняемости топлив для быстроходных дизелей аналогичен методу оценки детонационной стойкости бензинов. В качестве эталонных топлив для определения самовоспламеняемости выбирают два углеводорода: цетан $C_{16}H_{34}$ и альфаметилнафталин $C_{10}H_7CH_3$. Самовоспламеняемость первого углеводорода условно принята за 100, второго - за 0. Смешивая их можно получить смесь с самовоспламеняемостью от 0 до 100. Таким образом, цетановым числом называется условный показатель, численно равный процентному содержанию цетана в такой его смеси с альфаметилнафталином, которая по самовоспламеняемости соответствует испытуемому образцу.

Цетановое число ДТ определяют методом совпадения вспышек (рис. 3.4).



Для безотказной работы современных двигателей требуется топливо с цетановым числом летом - не менее 45, зимой - 50. При цетановом числе ниже 45 дизели работают жестко, особенно зимой, а выше 45 - мягко. Однако использовать топлива с цетановым числом выше 60 нерентабельно, так как жесткость работы при этом изменяется незначительно, а удельный расход топлива возрастает. Последнее объясняется тем, что при повышении ЦЧ свыше 55 период задержки воспламенения (время с момента начала подачи топлива в цилиндр двигателя до начала горения) настолько мал, что топливо воспламеняется вблизи форсунки, и воздух, находящийся

дальше от места впрыска, почти не участвует в процессе сгорания. В результате топливо сгорает не полностью, снижается экономичность двигателя.

ДТ не всегда обеспечивают необходимую самовоспламеняемость, поэтому возникает необходимость в повышении цетанового числа. Существуют два основных метода: изменение химического состава и введение специальных присадок.

Что касается надежности холодного пуска двигателя при различных температурах окружающей среды, то он в большей степени зависит от конструкции двигателя и режима пуска, чем от ЦЧ топлива. При температуре в камере сгорания ниже 350-400 °С горючая смесь уже не будет в состоянии воспламениться. Минимальная пусковая частота вращения коленчатого вала дизеля должна быть 100-120 мин⁻¹. И чем выше пусковая частота, тем выше температура сжимаемого воздуха, а значит и условия пуска двигателя.

Цетановое число зависит от содержания и строения углеводородов, входящих в состав ДТ. Цетановые числа алканов - самые высокие, самые низкие числа имеют ароматические углеводороды. Углеводороды, входящие в состав ДТ, по ЦЧ располагаются следующим образом: 1 - алканы, 2 - циклоалканы, 3 - изоалканы, 4 - ароматические углеводороды. Увеличение числа углеродных атомов в молекулах углеводородов приводит к увеличению цетанового числа. Таким образом, повышение содержания н-алканов приводит к увеличению ЦЧ. Однако н-алканы имеют высокую температуру кристаллизации, что приводит к ухудшению низкотемпературных свойств ДТ.

Введение в ДТ специальных кислородсодержащих присадок способствует легкому выделению активного кислорода. К таким присадкам относятся органические перекиси, сложные эфиры азотной кислоты, которые, попадая в камеру сгорания, ускоряют образование перекисей, от разложения которой ускоряется процесс самовоспламенения. Так, добавление 1 % изопропилнитрата повышает ЦЧ на 10-12 единиц и улучшает пусковые свойства ДТ в зимнее время. Существует эмпирическая зависимость цетанового числа топлива от его октанового числа.

$$\text{ЦЧ} = 60 - \text{ОЧ} / 2,$$

где ЦЧ - цетановое число; ОЧ - октановое число.

Чем выше октановое число, тем ниже его цетановое число и наоборот. Поэтому добавление в дизельное топливо бензиновых фракций всегда ведет к снижению его цетанового числа.

Цетановое число приближенно может быть подсчитано по формуле (полученный результат отличается от действительного на 2-3 единицы):

$$\text{Ц.Ч.} = 1,5879 \cdot (v_{20} + 17,8) / \rho_{20},$$

где v_{20} - вязкость топлива в сСт при 20°С ; ρ_{20} - плотность топлива при 20°С, г/см³.

Оформление отчета.

После выполнения работы студент выполняет отчет, в котором должно быть записано:

1. тема и цель работы;
2. результаты экспериментального исследования дизельного топлива.

Практическая работа №1.

Исследование структуры железоуглеродистых сплавов, находящихся в равновесном состоянии. Расшифровка различных марок сталей и чугунов. Выбор марок сталей на основе анализа их свойств для изготовления деталей машин.

Цель работы: Ознакомление с методикой приготовления макрошлифов и освоение методов выявления макроскопического строения и дефектов стали.

Оборудование: шлифовальный станок, фарфоровая чашка, щипы, бинокулярный микроскоп, лупа, реактив для, 5%-ный раствор серной кислоты, фиксатор, глянцевая бромсеребряная бумага.

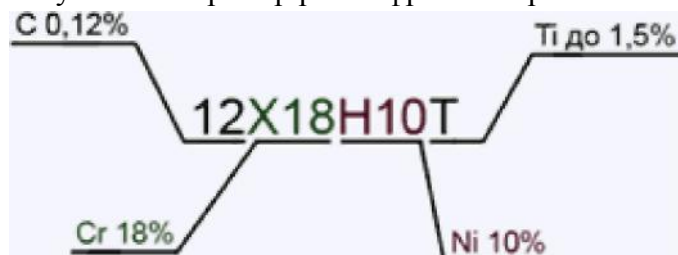
Теоретическая часть

1.Расшифровка марок металлов и сплавов.

Сочетания букв и цифр дают характеристику *легированной стали*. Если впереди марки стоят две цифры, они указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Одна цифра впереди марки указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если впереди марки нет цифры, это значит, что углерода в ней либо 1%, либо выше 1%. Цифры, стоящие за буквами, указывают среднее содержание данного элемента в процентах, если за буквой отсутствует цифра – значит содержание данного элемента около 1% (не более 1,5%). Буква А в конце марки, как и в углеродистой, так и в легированной стали, обозначает высококачественную сталь, т.е. сталь, содержащую меньше серы и фосфора.

Указанная система маркировки (Рис.1.1. охватывает большинство существующих легированных сталей. Исключение составляют отдельные группы сталей, которые дополнительно обозначаются определенной буквой: Р – быстрорежущие, Е – магнитные, Ш – шарикоподшипниковые, Э – электротехнические.

Рисунок 1.1. Пример расшифровки марки стали



Легировующие элементы и их влияние на свойства стали

Хром (Х)– наиболее дешевый и распространенный элемент. Он повышает твердость и прочность, незначительно уменьшая пластичность, увеличивает коррозионную стойкость; содержание большого количества хрома делает сталь нержавеющей и обеспечивает устойчивость магнитных сил.

Никель (Н) сообщает стали коррозионную стойкость, высокую прочность и пластичность, увеличивает прокаливаемость, оказывает влияние на изменение коэффициента теплового расширения. Никель – дорогой металл, его стараются заменить более дешевым.

Вольфрам (В) образует в стали очень твердые химические соединения – карбиды, резко увеличивающие твердость и красностойкость. Вольфрам препятствует росту зерен при нагреве, способствует устранению хрупкости при отпуске. Это дорогой и дефицитный металл.

Ванадий (Ф) повышает твердость и прочность, измельчает зерно. Увеличивает плотность стали, так как является хорошим раскислителем, он дорог и дефицитен.

Кремний (С) в количестве свыше 1% оказывает особое влияние на свойства стали: содержание 1-1,5% Si увеличивает прочность, при этом вязкость сохраняется. При большем

содержании кремния увеличивается электросопротивление и магнитопроницаемость. Кремний увеличивает также упругость, кислотостойкость, окислостойкость.

Марганец (Г) при содержании свыше 1% увеличивает твердость, износостойчивость, стойкость против ударных нагрузок, не уменьшая пластичности.

Кобальт (К) повышает жаропрочность, магнитные свойства, увеличивает сопротивление удару.

Молибден (М) увеличивает красностойкость, упругость, предел прочности на растяжение, антикоррозионные свойства и сопротивление окислению при высоких температурах.

Титан (Т) повышает прочность и плотность стали, способствует измельчению зерна, является хорошим раскислителем, улучшает обрабатываемость и сопротивление коррозии.

Ниобий (Б) улучшает кислотостойкость и способствует уменьшению коррозии в сварных конструкциях.

Алюминий (Ю) повышает жаростойкость и окислостойкость.

Медь (Д) увеличивает антикоррозионные свойства, она вводится главным образом в строительную сталь.

Примеры расшифровки обозначения сталей:

12ХНЗА: содержание углерода - 0,12%, хрома - 1,0%, никеля - 3,0%, высокого качества;

30ХГСА: содержание углерода - 0,30%, хрома, марганца, кремния по одному проценту, буква "А" обозначает высокое качество;

08Х21Н6М2Т: содержание углерода - 0,08%, хрома - 21%, никеля - 6%, молибдена - 2%, титана - до 1 процента.

09Х16Н15МЗБ: содержание углерода - 0,09%, хрома - 16%, никеля - 15%, молибдена - 3,0%, ниобия - до 1 процента.

Стали обыкновенного качества изготавливают по ГОСТ 380–94. Выплавка их обычно производится в крупных мартеновских печах и кислородных конвертерах. Обозначают их буквами «Ст» и цифрами от 0 до 6, например: Ст0, Ст1, Ст6. Буквы «Ст» обозначают «Сталь», цифры — условный номер марки стали в зависимости от ее химического состава. В конце обозначения марки стоят буквы «кп», «пс», «сп», которые указывают на способ раскисления: «кп» — кипящая, «пс» — полуспокойная, «сп» — спокойная.

Буква «А» в конце марки любой стали указывает, что сталь относится к категории высококачественной (30ХГСА, У7А), в середине обозначения марки — что сталь легирована азотом (16Г2АФ), в начале марки — что сталь автоматная повышенной обрабатываемости резанием (А35Г). Буквы АС в начале марки указывают, что сталь автоматная со свинцом (АС35Г2).

В конце марки конструкционной стали могут быть дополнительные буквенные обозначения: ПП — сталь пониженной прокаливаемости, Л — литейная, К — сталь для котлов и др.

Маркировка чугуна.

Чугун маркируется буквами СЧ и цифрами, первая из которых характеризует предел прочности чугуна данной марки при растяжении, вторая - при изгибе (кг/мм²). Наибольшее распространение получили чугуны марок: СЧ12-28; СЧ15-32; СЧ18-36; СЧ 21-40; СЧ 24-44; СЧ 28-48; СЧ 32-52; СЧ 38-60, причем первые пять марок имеют перлитно-ферритную металлическую основу, последние три - перлитную. Прочность серых чугунов всех марок при сжатии значительно превышает прочность при растяжении. Например, для чугуна марки СЧ 24-44, имеющего предел прочности при растяжении 24 кгс/мм², предел прочности при сжатии составляет 85 кгс/мм². Для увеличения прочности чугуна графитовым включением придают шарообразную форму путем

введения магния в ковш перед разливкой. При этом чугун приобретает и некоторую пластичность. Высокопрочные чугуны маркируют буквами ВЧ и цифрами, первая из которых характеризует временное сопротивление чугуна при растяжении (кгс/мм^2), вторая - относительное удлинение (%). Например, ВЧ 60-2 или ВЧ 40-10.

Ковкие чугуны маркируют буквами КЧ и цифрами, обозначающими временные сопротивления при растяжении (кгс/мм^2) и относительное удлинение (%). Примерами марок ковких чугунов могут служить КЧ 38-8; КЧ 35-10; КЧ 37-12; КЧ 30-6 с ферритной металлической основой и КЧ 45-6; КЧ 50-4 и КЧ 60-3, имеющие ферритно-перлитную основу.

2.Макроанализ по виду излома

Излом – поверхность, образующаяся после разрушения образца или изделия. Различают изломы хрупкий (например, у керамики, закаленных сталей); вязкий со следами местной пластической деформации на поверхности излома; усталостный – после разрушения в результате многократного нагружения. Анализ и правильное — чтение || изломов играют важную роль при установлении причин аварий и поломок. Макроскопический анализ структуры изломов называется *фрактографией*.

По виду излома можно судить о величине зерна металла или сплава, наличии перегрева, причине разрушения (усталостный излом), о наличии расслоения, рыхлости и др. Изломы бывают кристаллические (зернистые), волокнистые и смешанные, продольные и поперечные.

Вязкий (волокнистый) излом обычно наблюдается после пластической деформации образца с появлением шейки перед разрушением. Волокнистый излом имеет место в отожженных доэвтектоидных сталях, а также в сталях, улучшенных термической обработкой (закалка полная, отпуск высокий). Вязкие изломы не имеют кристаллического блеска, характеризуют доброкачественную структуру металла (рис.1,а).

Хрупкие (кристаллические) изломы. Хрупкому разрушению подвержены закаленные стали, поверхности изломов состоят из множества блестящих площадок. Различают следующие разновидности хрупких изломов: транскристаллический (проходит по телу зерна), межкристаллический

(интеркристаллический), крупнозернистый (грубозернистый, крупнокристаллический), мелкозернистый (мелкокристаллический), нафталинистый, камневидный, шиферный, черный, усталостный.

Нафталинистый - транскристаллический излом, по внешнему виду напоминающий блеск нафталина, встречается у быстрорежущих сталей при нарушении режима термической обработки.

Камневидный излом - межкристаллический, имеющий крупнозернистое строение, появляется в сталях в процессе перегрева при горячей механической обработке, признак недоброкачественности структуры.

Шиферный (слоистый) излом - характеризуется древовидным расположением волокон в продольных изломах стали. Встречается в среднеуглеродистых сталях, загрязненных неметаллическими включениями и перенасыщенных газами.

Черный излом является следствием выделения графита из сталей с высоким содержанием углерода и кремния после длительного отжига при низких температурах или закалки с отпуском при температуре 700°C .

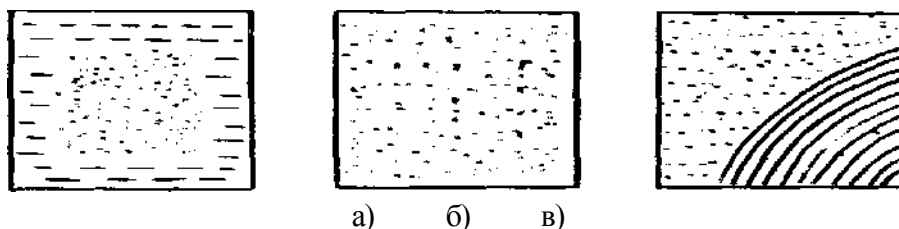


Рис.1.2. Строение вязкого (а), хрупкого (б) и усталостного (в) изломов

Усталостный излом встречается в деталях, работавших при циклических нагрузках (рельсы, оси, валы, шестерни, штоки, клапанные пружины и др.). На изломе поверхности разграничиваются на очаг разрушения (риски, забоины, трещины, неметаллические, газовые включения), зону постепенного развития усталостной трещины и зону излома. Усталостная трещина, развиваясь, постепенно ослабляет поперечное сечение детали. Пораженное трещиной сечение не может противодействовать нагрузке на деталь и разрушается. Зона излома может иметь признаки или хрупкого, или вязкого разрушения (рис. 1.2,в).

Излом с закалочной трещиной имеет два характерных участка: темный - окисленная поверхность закалочной трещины и светлый - мелкозернистый хрупкий излом. Закалочная трещина возникает при чрезмерно высокой скорости охлаждения стали. Образование поперечной закалочной трещины в рельсе связано с местным нагревом рельс до закалочной температуры при буксовании колеса локомотива и последующим очень быстрым отводом тепла.

Нагревание буксы вызывает излом шейки оси (рис. 1.3). В сечении излома отломившейся части выделяются следующие слои: 1 слой – основной металл, 2 слой имеет крупнозернистую структуру и явные следы скручивания металла, 3 слой – сердцевина ||, более темная по цвету.

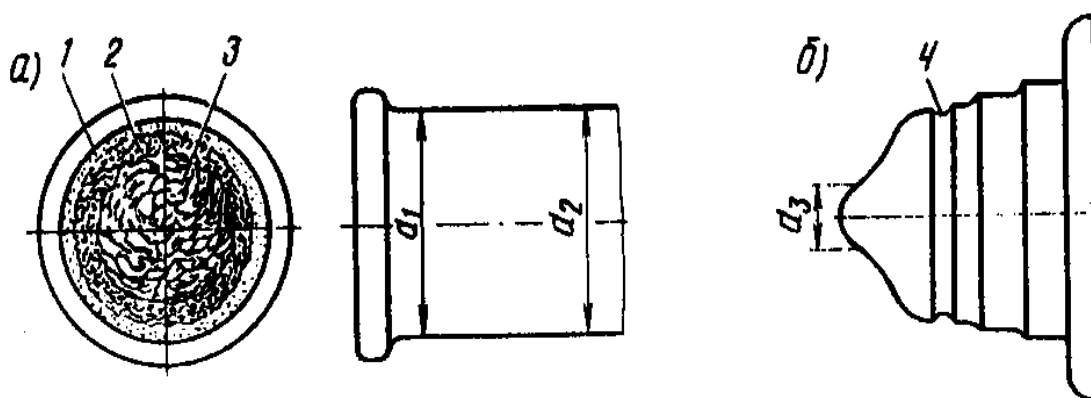


Рис. 1.3.Характерные признаки излома шейки оси в результате нагревания буксы а – отломившаяся часть; б – оставшаяся часть

Макроанализ при помощи макрошлифов

Исследование на макрошлифах с применением реактивов проводят с целью выявления направления волокон в детали, определения места наплавки после ремонта деталей, равномерности распределения углерода, серы, фосфора в сечении, выявления пор, раковин, трещин и других дефектов, а в сварных соединениях - исследуются особенности структуры сварного шва.

Макрошлиф - это образец, одна поверхность которого специально подготавливается для проведения исследований.

На рис.3 показана макроструктура болта с правильным (рис. 1.4, б) и неправильным (рис.1.4, а) расположением волокон в детали. Волокна болта, изготовленного ковкой с высадкой, соответствуют его конфигурации. Волокна болта, выточенного из заготовки, расположены параллельно его оси, что влечет за собой резкое снижение ударной вязкости в месте перехода от головки к стержню.

Химическая неоднородность стали может быть выявлена наиболее наглядно только при помощи макроанализа, так как общий химический состав стали дает представление лишь о среднем количественном содержании элементов, входящих в металл, но не характеризует распределения их по сечению.

Выявление общей ликвации углерода, фосфора производят травлением шлифованной поверхности реактивом Гейне. На продольных макрошлифах наблюдаются темные полосы в виде волокон - это ликвационные зоны, обогащенные углеродом и фосфором (рис.1.5). На поперечных шлифах волокон нет.

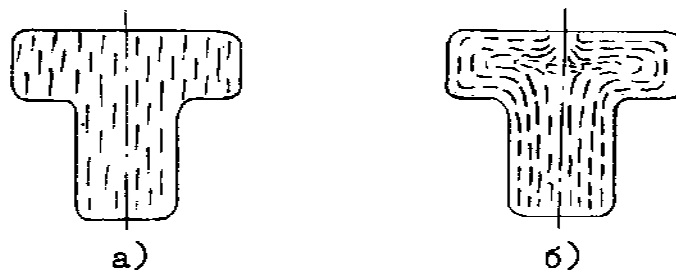


Рис 1.4. Макроструктура болта, изготовленного резанием (а) и ковкой с высадкой (б)

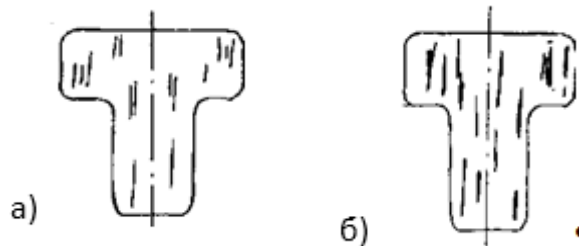


Рис. 1.5. Общая ликвация в стали: болт (а) с небольшим и болт (б) с большим содержанием углерода и фосфора

Ликвацию серы определяют методом серного отпечатка на фотобумаге (по Бауману). По результатам исследований отмечается, как распределена (равномерно или неравномерно) сера по сечению детали. Неравномерное распределение серы ускоряет разрушение металла в процессе эксплуатации.

Качество сварных соединений определяется различными методами макроанализа. Визуальный осмотр сварных швов позволяет вскрыть отклонения в размерах и форме сварного шва. Дендритное строение сварного шва, зону термического влияния, мелкие трещины и поры обычно выявляют при травлении исследуемых поверхностей сварного шва реактивом Гейне (рис. 1.6).

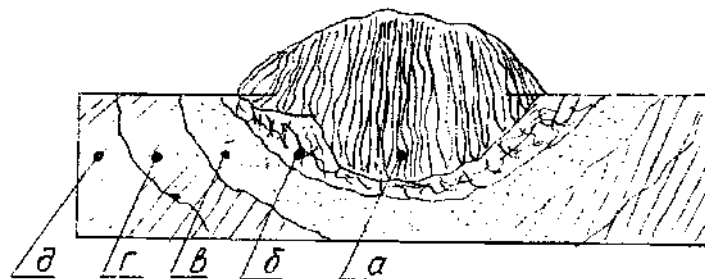


Рис. 1.6. Макроструктура сварного шва: шов (а), участок перегрева (б), участок мелкого зерна (в), участок перекристаллизации (г), исходная сталь (д)

Порядок выполнения работы:

По выданному заданию произвести расшифровку марки сплавов и выбрать один из них для изготовления заданной детали по заданию.

1. По выданному заданию произвести расшифровку марки сплавов и выбрать один из них для изготовления заданной детали по заданию
2. Подготовить макрошлифы. Одна поверхность образца шлифуется наждачной бумагой различных номеров в последовательности от более крупного до более мелкого № 220 – 320. При этом водят по шлифу бумагой, а не наоборот. Подготовленную поверхность протирают ватой, смоченной спиртом для обезжиривания перед травлением. Травление макрошлифа производят крепкими и сильнодействующими реактивами.
3. Выявить в темплетах трещины, поры, раковины глубоким травлением подогретым до 60 – 70 °С водным раствором соляной кислоты (по 50 см³ HCl и H₂O). Время травления 10-45 мин. Поверхность после травления промыть, обработать 15% раствором азотной кислоты и просушить. Выявленные

видимые дефекты зарисовать. Этим методом выявляют и направления в расположении волокон.

4. Выявить ликвацию серы, применяя метод Баумана, на двух образцах. Листы фотобумаги, замоченные в 5% растворе серной кислоты наложить на подготовленную поверхность эмульсионной стороной (не допускать сдвига и поглаживанием удалять выделяющийся газ), выдержать 3-4 минуты. Бумагу промыть, зафиксировать отпечаток, выдержав в течение 20-30 мин в 20% растворе гипосульфита, после чего снова промыть и просушить.

5. Выявить ликвацию углерода, фосфора травлением отшлифованной поверхности в реактиве, состоящем из 85 г хлорной меди и 53 г хлористого аммония в 1000 см³ воды. Образец подготовленной поверхностью погрузить в реактив и выдержать 1-2 мин. Образовавшийся на поверхности слой меди смыть струей воды, макрошлиф протереть мокрой ватой и просушить. Темные (глубоко протравленные) участки характеризуют распределение углерода, фосфора.

6. Рассмотреть, зарисовать поверхность изломов образцов и охарактеризовать их по размеру зерна (мелкозернистая, крупнозернистая структура) и другим основным признакам.

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
3. Теоретические положения: перечень классов железоуглеродистых сплавов (ЖУС); особенности маркировки ЖУС; особенности макроанализа по виду излома и шлифами.
4. Методика проведения работы и полученные результаты. Зарисовка схем расшифровок сплавов коллекции шлифов; наименование сплава, марка, химический состав, обработка, структурные составляющие.

В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний студентами по вопросам для самопроверки. Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

Составить схемы расшифровок сплавов; написать выбранный сплав для изготовления детали и объяснить свой выбор; краткие сведения из теории макроанализа; зарисовки изломов; зарисовки характера общей ликвации и направления волокон; отпечаток на фотобумаге характера распределения серы; ликвации углерода, фосфора; зарисовки макрошлифа сварного соединения, поверхности изломов; выводы по результатам анализов.

Контрольные вопросы:

5. Макроскопический анализ и его цель.
6. Виды макроанализа.
7. Как готовят макрошлиф?
8. Как выявляют дефекты, нарушающие целостность поверхности детали?
9. Как выявляют ликвацию серы?
10. Как выявляют ликвацию углерода, фосфора?
11. Макроструктура сварного соединения.
12. Виды изломов.
13. Причины, вызывающие возникновение усталостных изломов.

Практическая работа №2.

Изучение микроструктур цветных металлов и сплавов на их основе.

Расшифровка различных марок сплавов цветных металлов

Цель работы: изучить классификацию, микроструктуру, свойства и назначение типовых цветных сплавов машиностроения.

Оборудование: металлографические микроскопы и коллекции микрошлифов.

Краткие теоретические сведения.

К цветным относится обширная группа металлов следующих классов:

- *легкие* металлы являются основой сплавов для машиностроения, судостроения, самолетостроения. Это преимущественно алюминий и титан, реже магний;

- *легкоплавкие* металлы преимущественно используются для изготовления антифрикционных сплавов: это свинец, олово, цинк. Такие сплавы часто в виде тонкого слоя наносятся на рабочую поверхность стальной основы подшипников скольжения машин и механизмов;

- *редкоземельные* металлы применяются в качестве добавок к различным сплавам (сталям и др.) с целью улучшения их свойств;

- *благородные* металлы (золото, серебро, платина и др.) используются в электротехнике, электронике, радиотехнике;

- *урановые* металлы получили применение в атомной энергетике;

- *тугоплавкие* металлы (ниобий, тантал, молибден, вольфрам) применяются для изготовления изделий, работающих при особо высоких температурах до 1500...2000 °С.

Из цветных металлов наибольшее использование имеет **алюминий**, содержание которого в земной коре равно 8,8 %. Алюминиевые сплавы применяют для кузовов, рам, элементов дверей, радиаторов, колес автомобилей, блоков цилиндров, головок блоков, поршней двигателей внутреннего сгорания и других деталей машин.

Алюминиевые сплавы остаются одним из основных конструкционных материалов в производстве летательных аппаратов. Из них изготавливают элементы конструкций самолетов, воспринимающие действие механических сил: шпангоуты, лонжероны, нервюры и др. Сплавы в виде листов применяют для обшивки корпусов ракет и самолетов, изготовления топливных и масляных баков (сплав алюминий-магний, дуралюмин, алюминий - литые сплавы и др.). Поковки и штамповки получают из ковочных сплавов марок 1360 (АК6) и 1380 (АК8). В серийном производстве освоены новые алюминиевые сплавы, имеющие в два раза меньшее содержание вредных примесей и повышенное сопротивление к образованию трещин. Из этих сплавов промышленность производит листы длиной до 9 метров и плиты длиной до 25 метров.

Расширяется применение титановых сплавов преимущественно в судостроении и авиационной технике. Сплавы обычно получают способом вакуумно-дуговой плавки с расходуемым электродом. Выплавляемые титановые слитки имеют диаметр 500...800 мм, массу 5...8 тонн и далее подвергаются обработке давлением: ковке на молотах, прокатке на станах и др. Основными видами деформируемых титановых полуфабрикатов являются поковки, штамповки, прутки, профили, трубы.

Описание микроструктур цветных сплавов лабораторной коллекции шлифов дано в табл. 2.1, а схемы микроструктур приведены на рис. 2.1. Применяемые в современной технике цветные материалы на основе алюминия, меди, титана и других металлов подразделяются на деформируемые и литейные. Из *деформируемых сплавов* получают различными способами горячей и холодной обработки давлением кованные и штампованные заготовки, прутки, листы и прочие полуфабрикаты. Основу их структуры составляют твердые растворы.

Детали из *литейных сплавов* не обрабатываются давлением и ставятся в конструкцию машин в литом состоянии в виде фасонных отливок. Для изготовления из них отливок они должны обладать хорошими литейными технологическими свойствами: высокой способностью

жидких сплавов к заполнению полостей литейной формы (жидкотекучестью), малой усадкой, небольшой склонностью к образованию трещин и др.

Таблица 2.1. Перечень лабораторной коллекции микрошлифов цветных сплавов.

№ шл и- фа	Наименование	Марка	ГОСТ	Химический состав, %	Обработка сплава	Структурные составляющие
42	Дуралюмин	1160	4784-74	Al-основа; 3,8...4,8Cu; 1,2...1,8Mg; 0,3...0,9Mn.	Отжиг	α -раствор и частицы интерметаллидов
43	Медно-цинковый сплав (латунь)	Л68	15527-70	Cu – основа 30-33 Zn	Холодная деформация и отжиг	Зерна α -раствора с двойниковыми кристаллами (светлые и темные)
44	Титановый сплав	BT3-1	19807-91	Ti-основа; 5,5...7Al; 2...3Mo; 1...2...5Cr; 0,15...0,4 Si; 0,2...0,7 Fe.	Отжиг	α -раствор (светлый) и β -раствор (темный)
45	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё без модифицирования	Эвтектика (α +Si) и крупные кристаллы Si.
46	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё с модифицированием	Дисперсная эвтектика (α +Si) и α -раствор (светлый)
47	Магниево-цинковый сплав	МЛ5	2856-79	Mg – основа 7,5...9 Al; 0,2...0,8 Zn; 0,15...0,5 Mn.	Литьё и закалка	Перенасыщенный α -раствор и Mg_2Al_3
48	Бронза оловянная	БрО10Ф1	-	Cu – основа 9...11 Sn; 0,8...1,2 P	Литьё	Дендриты α -раствора (темные), эвтектоид (светлый) и Cu_3P
49	Баббит	Б83	1320-74	Sn – основа; 10...12 Sb; 5,5...6,5 Cu	Литьё	α -раствор, светлые крупные кристаллы β и мелкие Cu_3Sn

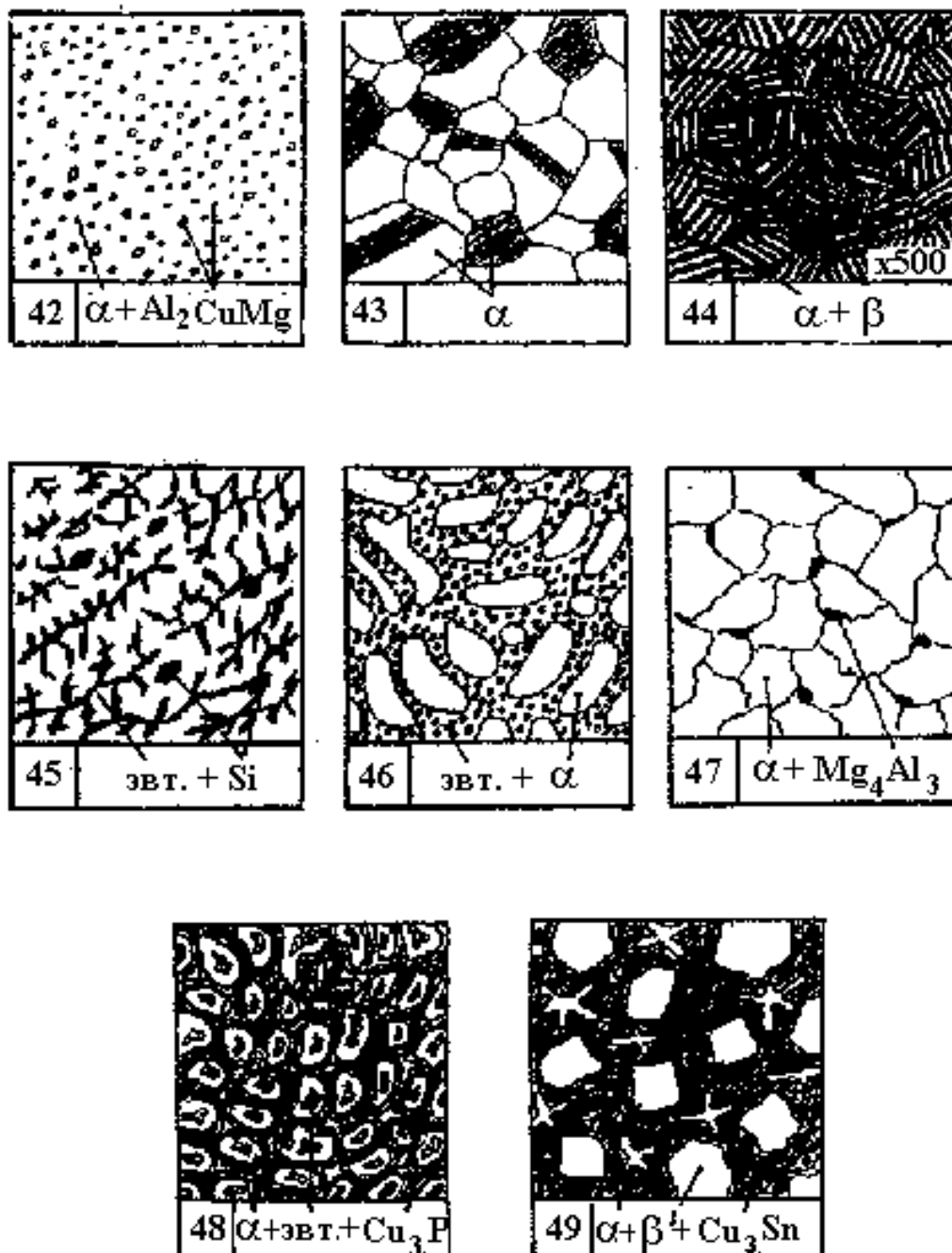


Рис. 2.1. Схемы микроструктур цветных сплавов.

Широкое использование получили материалы алюминий – медь – магний, дополнительно легированные марганцем (*дуралюмины*). В отожженном состоянии при содержании 3,8...4,8 % меди микроструктура дуралюминов состоит из α - твердого раствора меди в алюминии и вторичных дисперсных включений интерметаллических соединений CuAl_2 , Al_2CuMg (S-фазы).

Наиболее распространенными деформируемыми медными сплавами являются **медно-цинковые сплавы** (латуни). Двухкомпонентные сплавы медь-цинк при содержании до 39 % цинка имеют микроструктуру из одного α -твердого раствора цинка в меди (латунь Л68). Микроструктура образца, подвергнутого холодной деформации и рекристаллизационному отжигу, состоит из равновесных зерен твердого раствора α , имеющих вследствие анизотропии (зависимости свойств от направления) различных цвет от светлого до разных оттенков темного. Эти латуни применяются для получения ленты, трубок.

У латуней с содержанием 39...46 % цинка микроструктура состоит из зерен α - твердого раствора и фазы β' (упорядоченный твердый раствор на основе соединения CuZn). Такие

двухфазные латуни имеют повышенную прочность при пониженной пластичности и изготавливаются в виде прутков и других полуфабрикатов.

Большинство деформируемых промышленных *титановых сплавов* получают после отжига микроструктуры из α - раствора или $\alpha+\beta$ - растворов на основе титана. Твердый раствор α на основе $Ti\alpha$ имеет гексагональную кристаллическую решетку, β - раствор на основе $Ti\beta$ - решетку объемно-центрированного куба. Титановые сплавы характеризуются высокой удельной прочностью, хорошей сопротивляемостью коррозии.

Широкое применение имеют литейные сплавы алюминий-кремний (*силумины*). У заэвтектического сплава микроструктура состоит из эвтектики и первичных более крупных кристаллов кремния, например, у силумина АК12. Эвтектика представляет собой смесь α - твердого раствора кремния в алюминии и грубых игольчатых кристаллов кремния, играющих роль внутренних надрезов (концентраторов напряжения). При модифицировании жидкого силумина натрием в количестве 0,05...0,08 % эвтектика измельчается и состоит из α раствора и мелких зерен кремния. Микроструктура модифицированного доэвтектического силумина имеет первичные светлые дендриты твёрдого раствора α и мелкозернистую эвтектику. Измельчение эвтектики и отсутствие в микроструктуре грубых кристаллов первичного хрупкого кремния позволяет несколько повысить прочность и пластичность силумина. Силумины применяют для изготовления фасонных отливок сложной формы.

Из литейных сплавов меди используются наиболее широко *бронзы*. Литая оловянная бронза с содержанием олова до 5...6 % имеет структуру α - твердого раствора олова в меди с развитой дендритной ликвацией. Микроструктура литой бронзы, содержащей более 6 % олова, состоит из дендритов твердого раствора α и извилистых светлых включений хрупкого эвтектоида (дисперсной смеси двух фаз: α - раствора и $Cu_{31}Sn_8$ (δ -фазы)).

Оловянная бронза, раскисленная фосфором, дополнительно имеет в микроструктуре небольшие включения химического соединения Cu_3P светло-голубого цвета, например, бронза марки БрО10Ф1. Оловянные бронзы применяются для изготовления сложных по форме отливок, подшипников скольжения, арматуры.

Из *магниевого* литейных сплавов наиболее широко используются сплавы магний – алюминий – цинк, например, марки МЛ5. В литом состоянии микроструктура сплава МЛ5 состоит из α -твердого раствора алюминия и цинка в магнии и включений хрупкого химического соединения Mg_4Al_3 . Применение длительного нагрева отливок при 400 °С приводит к растворению части включений химического соединения в твердом растворе, что позволяет повысить пластические свойства. Охлаждение в воде дает перенасыщенный α -раствор с частицами Mg_4Al_3 (закалка). Магнєвые сплавы характеризуются небольшой плотностью (1,7 г/см³).

Для заливки вкладышей подшипников скольжения широкое применение получили сплавы олово – сурьма – медь, например, *оловянный баббит* Б83. Микроструктура баббита состоит из мягкого α -твердого раствора сурьмы в олове и крупных светлых кристаллов упорядоченной β' - фазы на основе химического соединения $SnSb$ с высокой твердостью. Введение небольшого количества меди обеспечивает кристаллизацию в жидком растворе олова с сурьмой разветвленных дендритов ранее затвердевающего химического соединения $Cu_{31}Sn_8$, которые препятствуют ликвации в сплаве по плотности ("всплыванию") кристаллов β' - фазы.

Наличие в микроструктуре баббита мягкой, пластичной основы из раствора α и включений кристаллов химических соединений с высокой твердостью обеспечивает сочетание прирабатываемости подшипника к валу с износостойкостью и небольшой коэффициент трения между валом и подшипником при наличии жидкостного трения.

Порядок выполнения работы:

Практическая часть работы заключается в изучении микроструктуры типовых цветных сплавов машиностроения: алюминиевых, медных, титановых, магниевых, баббита. Микроанализ проводится, как правило, при увеличении микроскопа $\times 100$. Студентам предоставляется лабораторная коллекция микрошлифов, подготовленных для анализа.

При изучении микроструктуры с помощью описания в табл. 17 и схем микроструктур (рис. 2.1.) устанавливают, какие структурные составляющие имеет каждый образец, наименование и марку сплава, химический состав и обработку.

Содержание отчета:

Итоги проведенной работы оформляют в отчете, который должен содержать следующие разделы:

14. Цель работы.
15. Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
16. Теоретические положения: перечень классов цветных металлов; краткие сведения о типовых литейных и деформируемых цветных сплавах машиностроения.
17. Методика проведения работы и полученные результаты. Зарисовка схем микроструктур всех цветных сплавов коллекции шлифов; наименование сплава, марка, химический состав, обработка, структурные составляющие.

В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний студентами по вопросам для самопроверки. Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируются цветные металлы?
2. Где применяются редкоземельные, благородные, урановые, тугоплавкие, легкие, легкоплавкие металлы?
3. Какие типичные цветные металлы используются в качестве основы для создания конструкционных материалов машиностроения?
4. Какие цветные металлы применяются в качестве основы для антифрикционных сплавов подшипников скольжения?
5. Какое применение находит алюминий и его сплавы в машиностроении?
6. Какие требования предъявляются к микроструктуре деформируемых и литейных цветных сплавов?
7. Какую микроструктуру должны иметь антифрикционные сплавы?

Практическая работа №3.

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

Цель работы: изучить состав и свойства пластмасс, области их применения в техники.

Оборудование: образцы пластмасс, каталоги.

Теоретическая часть

Пластмассами называют искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связующих веществ. Полимерами называют вещества, макромолекулы которых состоят из многочисленных элементарных звеньев (мономеров) одинаковой структуры. Молекулярная масса их составляет от 5000 до 1000000. Длина цепи в несколько тысяч раз больше их поперечного сечения, поэтому макромолекулам полимера свойственна гибкость. При таких больших размерах макромолекул свойства веществ определяются не только химическим составом этих молекул, но и их взаимным расположением.

По составу все полимеры подразделяются на органические, элементоорганические и неорганические. Органические полимеры составляют наиболее обширную группу соединений. Представителями органических полимеров являются смолы и каучуки.

Пластмассы являются важнейшими современными конструкционными материалами. Они обладают рядом ценных свойств: малой плотностью (до 2 г/см³), высокой удельной прочностью, низкой теплопроводностью, химической стойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами, звукоизоляционными свойствами. Некоторые пластмассы обладают оптической прозрачностью, фрикционными и антифрикционными свойствами, стойкостью к истиранию и др. Кроме того, пластмассы имеют хорошие технологические свойства: легко формуются, прессуются, обрабатываются резанием, их можно склеивать и сваривать. Недостатками пластмасс являются низкая теплостойкость, низкая ударная вязкость, склонность к старению для ряда пластмасс. В таблице 3.1 приведены физико-механические свойства некоторых видов пластмасс.

Пластмассы в зависимости от поведения при повышенных температурах подразделяют на две основные группы: термопластичные полимеры (термопласты) и термореактивные (реактопласты).

Термопласты (полиэтилен, полипропилен, полиамид, поливинилхлорид, полистирол, фторопласт, органические стекло и др.) размягчаются и плавятся при повышении температуры и вновь затвердевают при охлаждении. Переход термопластов из твердого или высокоэластичного состояния в вязкотекучее и обратно может происходить неоднократно без изменения их химического состава.

Реактопласты (текстолит, гетинакс и др.) при нагреве легко переходят в вязкотекучее состояние, но с увеличением продолжительности действия повышенных температур в результате химической реакции переходят в твердое нерастворимое состояние. Отвердевшие реактопласты нельзя повторным нагревом вновь перевести в вязкотекучее состояние.

В зависимости от числа компонентов все пластмассы подразделяются на простые и композиционные. Простые пластмассы (полиэтилен, полистирол и др.) состоят из одного компонента – синтетической смолы; а композиционные (гетинакс, текстолит и др.) – из нескольких составляющих, каждая из которых выполняет определенную функциональную роль. В композиционных пластмассах смола является связующим для других составляющих. Содержание связующего в пластмассах достигает 30-70%.

Помимо связующих, в состав композиционных пластмасс входят следующие составляющие.

Наполнители различного происхождения (древесная мука, целлюлоза, хлопчатобумажная ткань, бумага,

графит, кварц, стекловолокно, стеклоткань и др.). Служат для повышения механической прочности, теплостойкости, снижения стоимости пластмассы.

Пластификаторы (дибутилфталат, кастровое масло и др.). Служат для увеличения эластичности, текучести, гибкости и уменьшают хрупкость пластмасс.

Смазывающие вещества (стеарин, олеиновая кислота и др.). Служат для увеличения текучести, уменьшают трение между частицами композиций.

Катализаторы (известь, магнезия и др.). Служат для ускорения отверждения пластмасс.

Красители (сурик, мумия, нигрозин и др.). Служат для придания пластмассам нужного цвета.

По назначению пластмассы делятся на конструкционные, химически стойкие, прокладочные и уплотнительные, фрикционные и антифрикционные, теплоизоляционные и теплозащитные, электроизоляционные, оптически прозрачные, облицовочно-декоративные и отделочные. Ниже приведены описания некоторых видов пластмасс.

Полиэтилен $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ – продукт полимеризации бесцветного газа этилена. Полиэтилен химически стоек и при нормальной температуре нерастворим ни в одном из известных растворителей. Длительно полиэтилен можно применять при температуре до $60-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Хладостойкость достигает $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Недостатком полиэтилена является его подверженность к старению. Полиэтилен применяют для изготовления труб, литых и прессованных несилевых деталей (вентили, контейнеры, части насосов, фильтры, различные емкости), полиэтиленовых пленок, для изоляции проводов и кабелей, чехлов для машин и инструмента и т.д.

Полипропилен $(-\text{CH}_3-\text{CHCH}_3-)_n$ является производной этилена. Это жесткий нетоксичный материал с высокими физико-механическими свойствами. По сравнению с полиэтиленом этот пластик более теплостоек и более прочен. Недостатком пропиленов является его невысокая морозостойкость (от -10 до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Полипропилен применяют для изготовления труб, конструкционных деталей автомобилей, мотоциклов, холодильников, текстильных машин, различных предметов общего обихода.

Полистирол $(-\text{CH}_2-\text{CHC}_6\text{H}_5-)_n$ – твердый, жесткий, прозрачный, аморфный полимер. Удобен для механической обработки, хорошо окрашивается, растворим в бензоле. Полистирол наиболее стоек к воздействию ионизирующего излучения по сравнению с другими термопластами. Недостатками полистирола являются его невысокая теплостойкость, склонность к старению, образование трещин. Ударопрочный полистирол представляет собой блоксополимер стирола с каучуком (УПС). Из полистирола изготавливают детали для радиотехники, телевидения и приборов, детали машин (корпусы, ручки, диски, червячные колеса водомеров), сосуды для воды и химикатов, как основа магнитофонных лент.

Фторопласт-4 $(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$ – продукт полимеризации тетрафторэтилена. Длительно эксплуатировать его можно до температуры $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Разрушение материала происходит при температуре выше $415\text{ }^{\circ}\text{C}$. Фторопласт-4 стоек к действию растворителей, кислот, щелочей, окислителей, не смачивается водой. Это наиболее высококачественный диэлектрик. Фторопласт-4 обладает очень низким коэффициентом трения ($f=0,04$), который не зависит от температуры. Его недостатком является хладотекучесть, выделение токсичного фтора при высокой температуре и трудность его переработки (вследствие отсутствия пластичности). Из фторопласта-4 изготавливают трубы для химикатов, детали, работающие в сильно коррозионных средах, уплотнительные прокладки, манжеты, электрорадиотехнические детали, антифрикционные покрытия на металлах.

Органическое стекло – прозрачный аморфный термопласт на основе сложных эфиров акриловой и метакриловой кислот. Материал более чем в 2 раза легче минеральных стекол, отличается высокой атмосферостойкостью, оптической прозрачностью. При температуре $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ органическое стекло начинает размягчаться; при температуре $105-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ появляется пластичность. Материал стоек к действию разбавленных кислот и щелочей, углеводородных топлив и смазочных материалов. Старение органического стекла в естественных условиях протекает медленно.

Недостатком органического стекла является невысокая поверхностная твердость. Из органического стекла изготавливают светотехнические детали, оптические линзы и др.

Поливинилхлорид $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$ - продукт полимеризации винилхлорида – бесцветного газа. Материал имеет хорошие электроизоляционные характеристики, стоек к химикатам, не поддерживает горение, атмосферостоек. Из поливинилхлорида изготавливают трубы для подачи агрессивных газов, жидкостей и воды; защитные покрытия для электропроводки, детали вентиляционных установок, теплообменников, строительные облицовочные плитки.

Полиамиды – группа пластмасс с известными названиями (капрон, нейлон, амид и т.д.). В составе макромолекул полимера присутствует амидная группа $(-\text{NH}-\text{CO}-)$, а также метиленовые группы $(-\text{CH}_2-)$, повторяющиеся от 2 до 10 раз. Свойства разных видов полиамидов довольно близки. Они имеют низкий коэффициент трения ($f < 0,05$), продолжительное время могут работать на истирание; кроме того, полиамиды имеют высокую ударную прочность и способны поглощать вибрацию. Стойки к щелочам, бензину, спирту, устойчивы в тропических условиях. К недостаткам полиамидов относятся некоторая гигроскопичность и подверженность старению вследствие окисляемости при переработке. Из полиамидов изготавливают шестерни, втулки, болты, гайки, шкивы, детали ткацких станков, колеса центробежных насосов.

Гетинакс получается на основе модифицированных фенольных, анилиноформальдегидных и карбамидных смол и различных сортов бумаги. Гетинакс можно применять при температуре 120-140 °С. Он устойчив к действию химикатов, растворителей, пищевых продуктов. Используется для внутренней облицовки пассажирских кабин самолетов, железнодорожных вагонов, кают судов, в строительстве при изготовлении электротехнических плат.

Текстолит (связующее – термореактивные смолы, наполнитель – хлопчатобумажные ткани) обладает способностью поглощать вибрационные нагрузки, хорошо сопротивляться раскалыванию. Однако его рабочая температура невысока (80-90 °С). Текстолит применяют для изготовления зубчатых колес, вкладышей подшипников, деталей прокатных станов, центробежных насосов, турбин и др.

Таблица 3.1 - Физико-механические свойства пластмасс

Материал	Плотность, кг/м ³	Твердость по Бринеллю, кгс/мм ²	Температура плавления, °С	Предел прочности, МПа			Относительное удлинение при разрыве, %
				при растяжении	при сжатии	при изгибе	
Полиэтилен	913-953	1,4-5,8	105-125	10-35	12-36	12-38	50-1000
Полипропилен	900	6-6,5	160-170	25-40	11	-	200-800
Полистирол	1050-1080	1,05-1,08	170-230	37-48	90-100	65-105	1-4
Фторопласт-4	1900-2200	10-13	Разлаг. при 415	15-35	10-12	14-18	250-500
Органическое стекло	1200	1-30	90-120	63-100	100-105	90-120	2,5-20

Поливинил-хлорид	1400	1-16	80-140	40-120	80-160	40-120	5-100
Полиамиды	110-1140	75-150	210-264	38-60	-	35-70	70-280
Гетинакс	1300-1400	-	Нет	80-100	160-290	80-100	1-3
Текстолит	1400	18,6-30	Нет	65-100	120-150	120-160	1-3
Пенополистирол	25-200	-	Нет	0,7-4,2	0,1-3	1-6	-
Поролон	30-70	-	Нет	0,1	-	-	-

Пенополистирол и поролон являются пенопластами – материалами с ячеистой структурой, в которой газообразные наполнители изолированы друг от друга и от окружающей среды тонкими слоями полимерного связующего. Замкнуто-ячеистая структура обеспечивает хорошую плавучесть и высокие теплоизоляционные свойства. Коэффициент теплопроводности низкий – от 0,003 до 0,007 Вт/(м·К). Прочность пенопластов невысока и зависит от плотности материала. Пенопласты применяют для теплоизоляции кабин, контейнеров, приборов, холодильников, рефрижераторов, труб и т.п. Мягкие и эластичные пенопласты (типа поролон) применяют для амортизаторов, мягких сидений, губок.

Порядок выполнения работы:

Ознакомиться с образцами различных пластмасс.

Описать состав, свойства и применение исследуемых пластмасс в технике. Результаты свести в сводную таблицу.

Таблица.3.2. Состав, свойства и применение пластмасс.

№ обр.	Название пластмассы	Состав пластмассы	Основные свойства	Применение в технике
1.				
2.				
3.				

Содержание отчета:

Цель работы.

Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.

Теоретические положения: разновидности, свойства и состав пластмасс и их композиций.

Методика проведения работы и полученные результаты. Составить таблицу.

В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний студентами по вопросам для самопроверки. Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

Контрольные вопросы:

1. Что такое пластмассы?
2. Что такое полимеры?
3. Термореактивные и термопластичные пластмассы.
4. Состав пластмасс.
5. Основные свойства пластмасс.
6. Недостатки пластмасс.
7. Применение пластмасс.

Практическая работа №4.

Устройство автомобильных шин.

Цель работы: изучить устройство колес и пневматических шин; освоить технологию работ по изучению структуры шин, изучить особенности маркировок предоставленных образцов.

Оборудование: колеса и шины различных типов; образцы разрезов шин, стенды для монтажа и демонтажа шин; предохранительная решетка для накачки шин; ключ для гаек колес; насос и манометр, монтажные лопатки.

Теоретическая часть

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, на 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 сдоев 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 М.25R20 (240R508), на автомобилях ЗИЛ-433100 — шины 260-508 типа Р, на ЗИЛ-433100 — шины 260-508 типа Р. 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 слойности 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 допускаемой 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 — вискозный (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 закраинам 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.

Порядок выполнения работы:

Практическая часть работы заключается в изучении структуры шины в разрезе. Для этого необходимо изучить образцы шины и сопоставить их между собой. Произвести зарисовки, обозначить позиции на рисунке и описать их различия.

Содержание отчета:

Итоги проведенной работы оформляют в отчете, который должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы.
2. Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
3. Теоретические положения: конструкция шины, составные части, виды шин, преимущества различных видов шин.
4. Методика проведения работы и полученные результаты. Зарисовка структуры шины, описание их конструктивных особенностей и их разновидностей, составление методики расшифровки марок шин.

В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний студентами по вопросам для самопроверки. Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

Контрольные вопросы:

1. Как осуществляется крепление шины на ободе колеса?
2. Назовите, какие бывают конструкции покрышек?
3. Какое давление воздуха должно быть в шинах легкового транспорта?
4. Как осуществляется крепление шины на ободе колеса?
5. Как осуществляется крепление одинарных и двойных колес на ступице?
6. Как устроены камерная и бескамерная шины?
7. Каковы достоинства и недостатки бескамерной шины?
8. Опишите устройство шин типа P и обычных.
9. Объясните влияние нарушения нормы давления воздуха на ресурс шин.
10. Какие надписи имеются на шине и что они означают?

Практическая работа №5.

Подбор лакокрасочных материалов. Способы нанесения лакокрасочных материалов на металлические поверхности

Цель работы: Знакомство с методами определения контроля качества лакокрасочных материалов и покрытий, приобретение навыков по контролю и оценке качества лакокрасочных материалов и покрытий.

Оборудование: образец краски, растворитель №646, бензин, пробирки с пробками, вискозиметр ВЗ-4, секундомер, стеклянная пластинка, весы, кисть, шахматная доска.

Теоретическая часть:

Лакокрасочные материалы в зависимости от назначения делят на несколько групп:
атмосферостойкие – окрашивают наружные поверхности тракторов, автомобилей и другое оборудование, работающее на открытом воздухе;
водостойкие – окрашивают моечное оборудование и т.д.
маслобензостойкие – производится окраска топливных баков, картеров двигателей, трансмиссии и т.д.

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 краски измеряется в секундах, потребных для вытекания 100мл ее из вискозиметра ВЗ-4 через отверстие в дне диаметром 4мм при температуре 18-20⁰С. 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.

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 же время как другие являются совместимыми с бензином. Краски же на основе нитроцеллюлозы хорошо совмещаются с растворителем №646.

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

Укрывистость измеряется количеством краски 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 краски и число слоев краски в покрытии. Укрывистость автоэмалей находится в пределах от 30 до 70г сухой пленки на 1м² окрашиваемой поверхности.

Перед выполнением работы следует уяснить, что покраска или восстановление лакокрасочного покрытия – очень важный этап в продлении срока службы автомобиля, трактора, комбайна и другой сложной техники, применяемой в сельскохозяйственном производстве.

Важным этапом перед покраской является подготовкой поверхности:

- очищают от пыли и грязи, следов коррозии;
- обезжиривают, применяя различные растворители;
- грунтуют с целью улучшения адгезии лакокрасочного покрытия;
- шпатлюют для придания поверхности первоначальной формы.

Для обработки поверхности детали после высыхания шпатлевки часто используют шлифовальную водостойкую шкурку. Шлифовку производят специальной шлифмашиной или вручную. Последний слой обычно шлифуют мокрым способом. Ваша задача – подобрать необходимый материал для восстановления лакокрасочного покрытия детали автомобиля или трактора (например, крыла автомобиля ГАЗ-53).

Необходимо составить технологическую карту последовательно выполняемых операций, выбрать режимы нанесения покрытий и сушки их в зависимости от марки.

Порядок выполнения работы:

1. Определение типа краски.

- Налить краску в две пробирки примерно до уровня 30мм от дна каждой.
- Добавить такое же количество в одну пробирку бензина, в другую растворитель №646.
- Заткнуть пробками и энергично встряхнуть.
- Осмотреть полученный раствор и определить по совместимости краски с растворителями ее тип.
- Записать результат определения.

2. Измерение вязкости краски в вискозиметре ВЗ-4.

- Заполнить вискозиметр испытуемой краской в количестве 100мл.
- 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 записать результат.
- вымыть вискозиметр ВЗ-4 при помощи соответствующего растворителя.

3. Определение укрывистости лакокрасочного материала.

- Взвесить стеклянную пластинку с точностью до 0,1г.
 - 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 60⁰С не менее 10мин.
 - Вновь взвесить окрашенную пластинку и рассчитать укрывистость краски.
 - Записать результат расчета.
- ### 4. Сделать заключение о пригодности лакокрасочного материала.

Содержание отчета:

Итоги проведенной работы оформляют в отчете, который должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы.
2. Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
3. Теоретические положения: определение типа краски, таблица измерений вязкости краски, определение укрывистости, заключение о пригодности к работе, поэтапное приготовление поверхности к покраске.
4. Методика проведения работы и полученные результаты. Описание и указания проведения всех видов работ, необходимых для подбора лакокрасочных материалов для работы.

В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний студентами по вопросам для самопроверки. Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к ЛКМ?
2. как готовится поверхность деталей к окраске?
3. Какими показателями оцениваются малярные свойства красок?
4. Как вязкость краски влияет на качество покрытия?
5. Что такое укрывистость ЛКМ?
6. На что влияет укрывистость ЛКМ?

Практическая работа №6.

Расчет режимов резания при механической обработке металлов на различных станках.

Цель работы: Приобретение практических навыков по расчету режимов резания при заданных условиях обработки аналитическим способом и по справочным таблицам

Оборудование: инструкционная карта, справочная литература, паспортные данные станка, калькулятор.

Теоретическая часть

Точение является наиболее распространенным методом обработки наружных, внутренних и торцовых поверхностей тел вращения (цилиндрических, конических, сферических и фасонных поверхностей).

Точение выполняется на токарных станках токарными резцами различных типов. Заготовку крепят в шпинделе станка, и она вращается, а резец, закрепленный в резцедержателе, совершает продольное или поперечное поступательное движение.

Применяется для удаления наружных, внутренних и торцовых поверхностных слоев заготовок (цилиндрических, конических и фасонных). Рассматривают следующие виды точения:

1) черновое точение («обдирка») - удаление дефектных слоев заготовки, разрезка, отрезка и подрезка торцов заготовки. Срезается поверхностная «корка» и основная (70%) часть припуска на обработку, позволяет получать шероховатость 50...12,5 Ra;

2) получистовое точение - снятие 20...25% припуска и позволяет получать шероховатость 6,3...3,2 Ra и точность 10...11-го квалитетов. Заготовка получает форму, близкую к детали.

3) чистовое точение - обеспечивает получение шероховатости 3,2...1,6 Ra и точность 7-9-го квалитетов. Деталь получает окончательную форму и размеры;

4) тонкое точение - позволяет при срезании очень тонких стружек получать на поверхностях детали шероховатость 0,40..0,20 Ra и точность 5-7-го квалитетов.

Определение режимов резания состоит в выборе по заданным условиям обработки наиболее выгодного сочетания глубины резания, подачи и скорости резания, обеспечивающих наименьшую трудоемкость и себестоимость выполнения операции.

Порядок выполнения работы:

Режимы резания устанавливаются в следующем **порядке**:

1. Определение глубины резания t мм и числа проходов i . При черновом точении весь припуск целесообразно снимать за один проход (в ряде случаев, когда имеется лимит мощности станка, бывает выгодно снимать припуск за несколько проходов). Целесообразность этого должна определяться сравнительным расчетом продолжительности оперативного времени. Деление припусков на несколько проходов производится также при получистовом и чистовом точении, а также при обработке резцами с дополнительной режущей кромкой ($j_1=0$).

2. Выбор подачи S мм/об. Подача выбирается в зависимости от площади сечения державки резца, диаметра обработки и глубины резания. Выбранная подача проверяется на допустимость по мощности электродвигателя, прочности державки резца, прочности пластин из твердого сплава и от заданной чистоты поверхности.

3. Определение нормативной скорости резания V м/мин. И соответствующей ей частоты вращения n , мин⁻¹. По значению скорости выбирается необходимая частота вращения шпинделя, которая корректируется по паспорту станка.

4. Определяются усилия и мощности резания по выбранным значениям t , S и V .

5. Проверка возможности осуществления выбранного режима резания на заданном станке по его эксплуатационным данным. Если найденный режим не может быть осуществлен на заданном станке, а выбранная подача удовлетворяет, необходимо уменьшить скорость резания. Уменьшение скорости V осуществляется вводом поправочного коэффициента изменения скорости K_v в зависимости от отношения мощности на шпинделе, допустимой станком, к мощности по нормативам.

6. Корректировка выбранного режима по станку в соответствии с его паспортными данными.

Содержание отчета:

Таблица 6.1.Определение и запись исходных данных.

№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	D, мм	D, мм	L, мм
1	Сталь жаропрочная 12X18H9T 141 HB	Поковка	75	72	50
2	Серый чугун HB 160	Отливка	30	26	120
3	Сталь 20 $\sigma_B=500$ МПа	Прокат	125	122	35

4	Серый чугун HB 180	Отливка	50	46	40
5	Сталь 38X $\sigma_b=680$ МПа	Прокат	30	28	64
6	Сталь 40X $\sigma_b=700$ МПа	Поковка	50	46	80
7	Серый чугун HB 200	Отливка	100	96	32
8	Сталь 45XH $\sigma_b=750$ МПа	Поковка	30	26	125
9	Сталь Ст5 $\sigma_b=600$ МПа	Прокат	50	48	78
10	Серый чугун HB 180	Отливка	75	72	18

2. Выбор элементов режимов резания.

2.1. Определение глубины резания:

$$t = \frac{D-d}{2}, \text{мм}$$

где D—диаметр заготовки, мм (из таблицы исходных данных),
d — диаметр детали, мм (из таблицы исходных данных).

Определение частоты вращения шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{мин}^{-1}$$

V выбираем из таблицы приложения 2 по материалу заготовки, диаметру обрабатываемой заготовки и глубине резания, определенной в п.1. Затем по приложению 1 из паспорта станка выбираем близкую по значению частоту вращения шпинделя n_d .

Определение скорости резания:

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\partial}}{1000}, \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Определение скорости движения подачи:

$$V_s = S_{\text{м}} = S_0 \cdot n_s \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

где S_0 принимаем из таблицы приложения 2 по материалу заготовки, диаметру и глубине резания. S_{0d} принимаем по паспорту станка, выбирая близкое к расчетному значение.

Определение длины рабочего хода:

$$L_{px} = l_{\text{рез}} + y + \Delta$$

где $L_{\text{рез}}$ —длина резания, мм.

y- величина врезания, мм (принимаем 1,5 мм);

Δ - величина перебега, мм (принимаем 1,5 мм);

Определение основного машинного времени:

$$T_o = \frac{L_{px}}{n_{\partial} \cdot S_{\partial\partial}}, \text{мин}$$

Контрольные вопросы:

1. Каким образом выполняется точение на токарных станках?
2. Для чего выполняется точение?
3. Виды точения.
4. В чем состоит определение режимов резания?
5. В каком порядке устанавливаются режимы резания?