

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
Сибирский колледж транспорта и строительства

Методические указания для выполнения практических работ
ОП.04 «Материаловедение»

для специальности

23.02.07 «Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов
автомобилей»

*базовая подготовка
среднего профессионального образования*

Иркутск 2023

РАССМОТРЕНО:

Цикловой методической комиссией специальности

23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных,
строительных, дорожных машин и оборудования и специальности

23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей,
систем, агрегатов автомобилей

Протокол № 9

«25» мая 2023 г.

Председатель ЦМК: А.А. Прыгунов

Методические указания для выполнения практических работ разработаны в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по специальности среднего профессионального образования 23.02.07 «Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов» автомобилей, базовой подготовки, утвержденного приказом Министерства образования и науки от 09 декабря 2016 г. № 1568 и на основе примерной основной образовательной программы, для СПО ППССЗ, разработанной Федеральным государственным бюджетным учреждением дополнительного профессионального образования «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте» (ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ»).

РАЗРАБОТЧИКИ: Сергеев А.А., преподаватель Сибирского колледжа транспорта и строительства ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения».

Содержание

Введение	4
1. Тематический план практических работ	7
2. Методические указания по выполнению практических работ	9
3. Литература	55

ВВЕДЕНИЕ

Материаловедение изучает состав, структуру, свойства и поведение материалов в зависимости от воздействия окружающей среды. Воздействие бывает тепловым, электрическим, магнитным и т. д. Любой компонент конструкций или сооружений подвергается нагрузкам как со стороны других компонентов, так и со стороны внешней среды.

Классификация материалов: металлические, неметаллические и композиционные материалы. Металлические материалы подразделяются на цветные металлы, порошковые материалы. Неметаллические материалы: резина, стекло, керамика, пластические массы, ситаллы. Композиционные материалы являются составными материалами, в состав которых входят два и более материалов (стеклопластики).

Существует классификация материалов в зависимости от вида полуфабрикатов: листы, порошки, гранулы, волокна, профили и т. д.

Техника создания материалов положена в основу классификации по структуре.

Металлические материалы подразделяются на группы в соответствии с тем компонентом, который лежит в их основе. Материалы черной металлургии: сталь, чугуны, ферросплавы, сплавы, в которых основной компонент – железо. Материалы цветной металлургии: алюминий, медь, цинк, свинец, никель, олово.

Основу современной техники составляют металлы и металлические сплавы. Сегодня металлы являются самым универсальным по применению классом материалов. Для того чтобы повысить качество и надежность изделий, требуются новые материалы. Для решения этих проблем применяются композиционные, полимерные, порошковые материалы.

Металлы – вещества, которые обладают ковкостью, блеском, электропроводностью и теплопроводностью. В технике все металлические материалы называют металлами и делят на две группы.

Простые металлы – металлы, которые имеют небольшое количество примесей других металлов.

Сложные металлы – металлы, которые представляют сочетания простого металла как основы с другими элементами.

Три четверти всех элементов в периодической системе являются металлами.

Материаловедение или наука о материалах получила свое развитие с древнейших времен. Первый этап развития материаловедения начинается со специализированного изготовления керамики. Особый вклад в становление материаловедения в России был сделан М.В. Ломоносовым (1711–1765) и Д.И. Менделеевым (1834–1907). Ломоносов разработал курс по физической химии и химической атомистики, подтвердил теорию об атомно-молекулярном строении вещества. Менделееву принадлежит заслуга

разработки периодической системы элементов. Оба ученых немалое внимание уделяли проблеме производства стекла.

В XIX в. вклад в развитие материаловедения внесли Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, Е.С. Федоров, В.А. Обручев, А.И. Ферсман, Н.Н. Белолюбский. Начинают производиться новые материалы: портландцемент, новые гипсы, цементные бетоны, полимерные материалы и т. д.

В машиностроении широкое применение получили металлы и сплавы металлов, именно поэтому материаловедение является важной частью материаловедения.

Материаловедение как наука возникло в России в XIX в. Оно является научной основой для разработки новых оптимальных технологических процессов: термической обработки, литья, прокатки штамповки сварки. Сочетание высокой прочности и твердости с хорошей пластичностью, вязкостью и обрабатываемостью, не встречающееся у других материалов, явилось причиной использования металлов в качестве основного конструкционного материала во всех областях техники.

Впервые установил существование связи между строением стали и ее свойствами выдающийся русский ученый П.П. Аносов (1799–1851 гг.), раскрывший давно утраченный секрет изготовления и получения древними мастерами Востока булатной стали, которая идет для производства клинков. Булатная сталь Аносова славилась во всем мире и даже вывозилась за границу. Клинки, которые были изготовлены из этой стали, отличались высокой твердостью и вязкостью. П.П. Аносов считается «зачинателем» производства высококачественной стали, он впервые применил микроскоп для определения строения стали и положил начало изучению закономерной связи между структурой и свойствами сплавов.

Основоположник научного материаловедения Д.К. Чернов (1839–1921 гг.), который открыл в 1868 г. фазовые превращения в стали. Открытие Д.К. Черновым критических точек а и б (по современному обозначению A1 и A3) совершило революцию в познании природы металлических сплавов и позволило объяснить ряд «таинственных» явлений, которые происходят при термической обработке сталей.

Огромный вклад в развитие науки о металлах внесли Н.С. Курнаков, А.А. Байков, Н.Т. Гудцов, А.А. Бочнар, Г.В. Курдюмов, С.С. Штейнберг, А.П. Гуляев, а также другие советские ученые.

Большое значение в развитии материаловедения и термической обработки имели работы Осмонда (Франция), Зейтца, Бейна и Мейла (США), Таммана и Ганемана (Германия).

В XX веке были достигнуты крупные достижения в теории и практике материаловедения, созданы высокопрочные материалы для инструментов, разработаны композиционные материалы, открыты и использованы свойства полупроводников, совершенствовались способы упрочнения деталей термической и химико-термической обработкой.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны:

уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов;

знать:

- строение и свойства машиностроительных материалов;
- методы оценки свойств машиностроительных материалов;
- область применения материалов;
- классификацию и маркировку основных материалов;
- методы защиты от коррозии;
- способы обработки материалов.

Практическая работа студентов играет огромную роль в изучении данной дисциплины. На практическую работу отводится 24 часа, которые включают в себя закрепление теоретических знаний и выполнение практических работ во время занятия и во внеурочное время.

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Номер темы или раздела	Вид, название и краткое содержание задания	Кол-во часов	Форма отчетности и контроля
Раздел 1. Физико-химические основы материаловедения			
Тема 1.2. Металлы	Практическая работа № 1 «Изучение процесса кристаллизации металлов».	2	Проверка работы в тетради
Тема 1.5. Свойства металлов и сплавов	Практическая работа № 2 «Определение твердости материала различными методами».	2	Проверка работы в тетради
Тема 1.6. Сплавы железа с углеродом	Практическое занятие № 3 «Работа с диаграммой состояний железо-углерод».	2	Проверка работы в тетради
Раздел 2. металлы и сплавы			
Тема 2.5. Технология металлов	Практическое занятие № 4 «Способы соединения деталей в сборочных единицах».	2	Проверка работы в тетради
Раздел 5. Сварка, резка и пайка металлов			
Тема 5.5 Резка и сварка	Практическое занятие № 5 «Методика расчета режимов резания для различных видов обработки».	2	Проверка работы в тетради
Тема 5.6. Чугуны	Практическое занятие № 6 «Расшифровка марок чугунов. Выбор области применения чугунов по их назначению и условиям эксплуатации».	2	Проверка таблицы
Тема 5.7. Стали	Практическое занятие № 7 «Расшифровка марок стали. Выбор области применения сталей по их назначению и условиям эксплуатации».	2	Проверка таблицы

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема: «Изучение процесса кристаллизации металлов».

Цель работы: изучить механизм кристаллизации металлов и энергетические условия протекания процесса кристаллизации.

Приобретаемые умения и навыки: формирование знаний строения и свойств машиностроительных материалов.

Норма времени: 2 часа.

Оснащение рабочего места: раздаточный материал.

Алгоритм выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения.

2. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. В каких агрегатных состояниях может существовать материал?

2. Что называется фазовым превращением I рода?

3. Какой процесс называется кристаллизацией, к какому типу фазового превращения он относится?

4. Опишите механизм кристаллизации металла и условия, необходимые для его запуска.

5. Что такое дендрит?

6. Опишите структуру металлического слитка.

Теоретический материал.

Общее свойство металлов и сплавов - их кристаллическое строение, которое характеризуется определенным расположением атомов в пространстве. Для описания атомно-кристаллической структуры применяют понятие кристаллической ячейки - наименьшего объема, трансляция которого по всем измерениям может полностью воспроизвести структуру кристалла. В реальном кристалле атомы или ионы сближены друг с другом до состояния непосредственного соприкосновения, но для простоты их заменяют схемами, где центры притяжения атомов или ионов изображены точками; наиболее характерные для металлов ячейки показаны на рисунке 1.

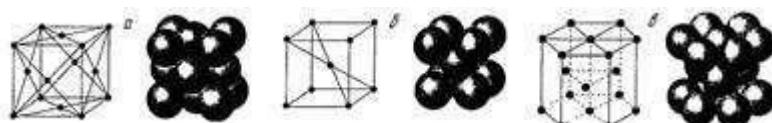


Рисунок 1. Типы кристаллических решеток и расположение в них атомов:

- а) гранецентрированная (ГЦК), б) объемноцентрированная (ОЦК), в) гексагональная плотноупакованная (ГШ)

Любое вещество может находиться в трех агрегатных состояниях: твердом, жидким и газообразном, а переход из одного состояния в другое происходит при определенной температуре и давлении. Большинство технологических процессов происходит при атмосферном давлении, тогда фазовые переходы характеризуются температурой кристаллизации (плавления), сублимации и кипения (испарения).

При увеличении температуры твердого тела растет подвижность атомов в узлах кристаллической ячейки, увеличивается их амплитуда колебаний. При достижении температуры плавления энергии атомов становится достаточно, чтобы покинуть ячейку - она разрушается с образованием жидкой фазы. Температура плавления является важной физической константой материалов. Среди металлов самую низкую температуру плавления имеет ртуть ($-38,9^{\circ}\text{C}$), а наибольшее - вольфрам (3410°C).

Обратная картина имеет место при охлаждении жидкости с ее дальнейшим затвердеванием. Вблизи температуры плавления образуются группы атомов, упакованных в ячейки, как в твердом теле. Эти группы являются центрами (зародышами) кристаллизации, на них потом нарастает слой кристаллов. При достижении той же температуры плавления материал переходит в жидкое состояние с образованием кристаллической решетки.

Кристаллизация - переход металла из жидкого состояния в твердое при определенной температуре. Согласно закону термодинамики, любая система стремится перейти в состояние с минимальным значением свободной энергии - составной внутренней энергии, которая изотермически может быть преобразована в работу. Поэтому металл затвердевает, когда меньше свободной энергией обладает твердое состояние и плавится, когда меньше свободная энергия в жидкком состоянии.

Процесс кристаллизации состоит из двух элементарных процессов: зарождения центров кристаллизации и роста кристаллов из этих центров. Как отмечалось выше, при близкой к кристаллизации температуре начинается образование новой структуры - центра кристаллизации. С увеличением степени переохлаждения увеличивается количество таких центров, вокруг которых начинают расти кристаллы. В то же время в жидкой фазе образуются новые центры кристаллизации, поэтому увеличение твердой фазы одновременно происходит как за счет возникновения новых центров, так и за счет роста существующих. Суммарная скорость кристаллизации зависит от хода обоих процессов, причем скорости зарождения центров и роста кристаллов зависят от степени переохлаждения ΔT . На рисунке 2 схематично показан механизм кристаллизации.

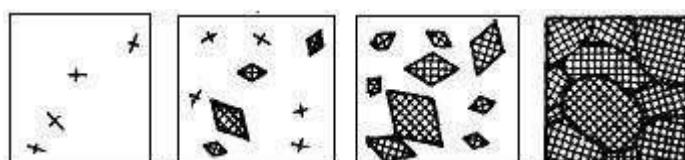


Рисунок 2. Механизм кристаллизации

Реальные кристаллы называются кристаллитами, они имеют неправильную форму, что объясняется их одновременным ростом. Зародышами кристаллизации могут быть флуктуации основного металла, примеси и различные твердые частицы.

Размеры зерен зависят от степени переохлаждения: при малых значениях ΔT скорость роста кристаллов велика, поэтому образуется незначительное количество крупных кристаллитов. Увеличение ΔT приводит к увеличению скорости образования зародышей, количество кристаллитов существенно увеличивается, а их размеры уменьшаются. Однако главную роль при формировании структуры металла играют примеси (неметаллические включения, окислы, продукты окисления) - чем их больше, тем меньше размеры зерен. Иногда специально проводят модификацию металла - намеренное введение примесей с целью уменьшения размеров зерен.

При образовании кристаллической структуры важную роль играет направление отвода теплоты, ведь кристалл растет быстрее именно в этом направлении. Зависимость скорости роста от направления приводит к образованию разветвленных древовидных кристаллов - дендритов (рис. 3).



Рисунок 3. Дендритный кристалл

При переходе из жидкого состояния в твердое всегда имеет место избирательная кристаллизация - в первую очередь твердеет более чистый металл. Поэтому границы зерен больше обогащены примесями, а неоднородность химического состава в пределах дендритов называется дендритной ликвацией.

На рисунке 4 показано строение стального слитка, в котором можно выделить 3 характерные зоны: мелкозернистую 1, зону столбчатых кристаллов 2 и зону равновесных кристаллов 3. Зона 1 состоит из большого количества неориентированных в пространстве кристаллов, образованных под действием значительной разницы температур между жидким металлом и холодными стенками.

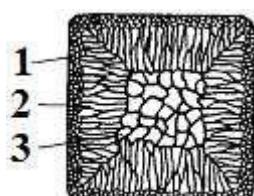


Рисунок 4. Строение стального слитка

После образования внешней зоны условия отвода теплоты ухудшаются, переохлаждения уменьшается и центров кристаллизации возникает меньше. Из них начинают расти кристаллы в направлении отвода теплоты (перпендикулярно стенкам формы), образуя зону 2. В зоне 3 не существует четкого направления отвода теплоты, а зародышами кристаллизации в ней есть посторонние частицы, вытесненные при кристаллизации предыдущих зон.

Вопросы для самопроверки:

1. Что называется металлом?
2. Как классифицируются металлы?
3. Назовите два этапа процесса кристаллизации металлов.
4. Опишите строение слитка.
5. Чем вызвана дендритная форма кристаллов?
6. Какими методами изучается структура металлов?

Литература:

1. Материаловедение: Учебник для ВУЗов. / Под ред. Арзамасова Б.Н. – М.: МГТУ им. Баумана, 2008.
2. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело: Учеб. пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, 2009.

Интернет источники:

1. Электронный ресурс [http://studopedia.ru/17_143628_prakticheskaya-rabota-.html]
2. Электронный ресурс [<http://bib.convdocs.org>]
3. Электронный ресурс [http://studopedia.ru/6_52709_issledovanie-strukturi-metalla.html]
4. Электронный ресурс [http://nsportal.ru/shkola/raznoe/library/2014/11/09/kristallizatsiya_metallov]

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема: «Определение твердости материала различными методами».

Цель работы: усвоить понятие твердости. Изучить сущность определения твердости различными методами.

Приобретаемые умения и навыки: формирование умения выполнять испытание твердости и испытания на ударную вязкость и кручение.

Норма времени: 2 часа.

Оснащение рабочего места: раздаточный материал.

Алгоритм выполнения работы:

1. Запишите: практическая работа № 1, тема, цель.
2. Дайте определение твердости.
3. Перечислите методы измерения твердости.

4. Оформите работу в виде таблицы:

Наименование метода			
Сущность метода			
Индентор			
Продолжительность выдержки			
Схема определения твердости			
Схема прибора для измерения твердости			

Теоретический материал.

Твердость – это сопротивление материала проникновению в его поверхность стандартного тела (индентора), не деформирующегося при испытании.

Это неразрушающий метод контроля. О твердости судят либо по глубине проникновения индентора (метод Роквелла), либо по величине отпечатка от вдавливания (методы Бринелля, Виккерса).

Во всех случаях происходит пластическая деформация материала. Чем больше сопротивление материала пластической деформации, тем выше твердость.

Наибольшее распространение получили методы Бринелля, Роквелла и Виккерса. Схемы испытаний представлены на рисунке 1.

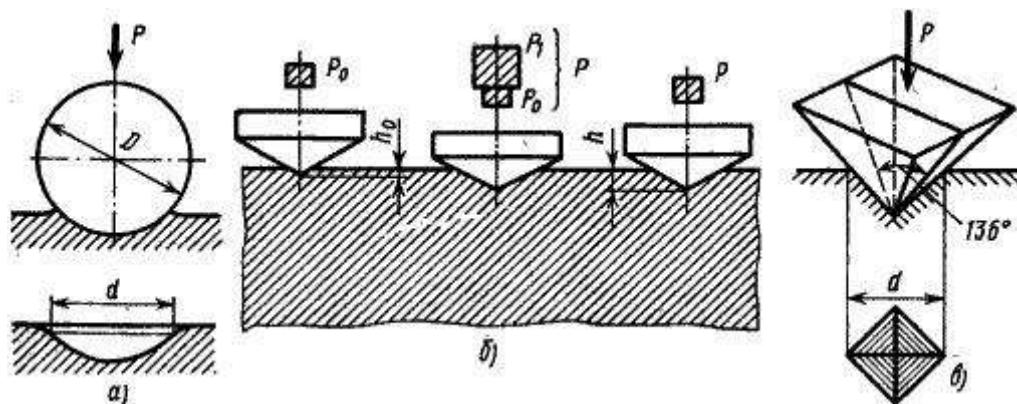


Рисунок 1. Схемы определения твердости: а – по Бринеллю; б – по Роквеллу; в – по Виккерсу

Твердость по Бринеллю.

Испытание проводят на твердомере Бринелля (рисунок 1, а).

В качестве индентора используется стальной закаленный шарик диаметром D 2,5; 5; 10 мм, в зависимости от толщины изделия.

Нагрузка Р, в зависимости от диаметра шарика и измеряемой твердости: для термически обработанной стали и чугуна – $P=30D^2$, литой бронзы и латуни – $P=10D^2$, алюминия и других очень мягких металлов – $P=2,5D^2$.

Продолжительность выдержки: для стали и чугуна – 10 с, для латуни и бронзы – 30 с.

Полученный отпечаток измеряется в двух направлениях при помощи лупы Бринелля.

Твердость по Бринеллю обозначается НВ 250.

Испытание по Бринеллю.

Наиболее распространенным прибором для испытания на твердость по Бринеллю является автоматический рычажный пресс.

Схема автоматического рычажного пресса показана на рисунке 2. В верхней части станины 1 имеется шпиндель 2, в который вставляется наконечник с шариком 3. Может быть установлен один из трех наконечников — с шариком диаметром 10,5 или 2,5 мм. Столик 4 служит для установки на нем испытываемого образца 5. Вращением по часовой стрелке рукоятки 6 приводят в движение винт 7, который, перемещаясь вверх, поднимает столик 4, и образец 5 прижимается к шарику 3. При вращении рукоятки 6 до тех пор, пока указатель 8 не станет против риски, пружина 9 сжимается до отказа и создается предварительная нагрузка в 100 кГ.

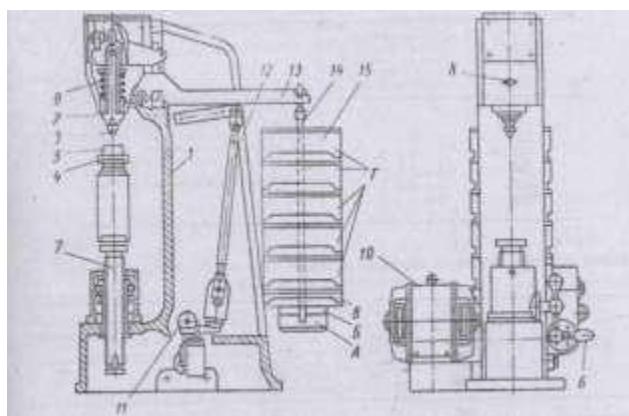


Рисунок 2. Схема автоматического рычажного пресса
для определения твёрдости

Электродвигатель 10, который включают нажатием кнопки, расположенной сбоку пресса, приводит во вращение эксцентрик 11. При вращении эксцентрика 11 шатун 12, перемещаясь вниз, опускает рычаг 13 и соединенную с ним

подвеску 14 с грузами 15, создавая этим нагрузку на шарик, который вдавливается в образец. При дальнейшем вращении эксцентрика И шатун 12, перемещаясь вверх, поднимает рычаг 13 и подвеску 14 с грузами 15, снимая этим нагрузку с шарика. Когда рычаг и подвеска с грузами достигнут исходного положения, автоматически дается сигнал звонком и автоматически выключается электродвигатель. Вращением рукоятки 6 против часовой стрелки опускают столик

4. В зависимости от грузов, установленных на подвеске 14, создается различная нагрузка

Метод Роквелла.

Основан на вдавливании в поверхность наконечника под определенной нагрузкой (рисунок 1, б)

Индентор для мягких материалов (до НВ 230) – стальной шарик диаметром 1/16" ($\varnothing 1,6$ мм), для более твердых материалов – конус алмазный.

Нагрузка осуществляется в два этапа. Сначала прикладывается предварительная нагрузка P_0 (10 ктс) для плотного соприкосновения наконечника с образцом. Затем прикладывается основная нагрузка P_1 , в течение некоторого времени действует общая рабочая нагрузка P . После снятия основной нагрузки определяют значение твердости по глубине остаточного вдавливания наконечника h под нагрузкой P_0 .

Испытание по Роквеллу.

Рассмотрим прибор типа Роквелла ТК-2. Общий вид и схема прибора ТК-2 показаны на рисунке 3 и 4. Шпиндель 1 прибора (см. рис. 4) служит для закрепления на его конце с помощью винта 2 оправки 3 с шариком или алмазным (или из твердого сплава) конусом. Постоянный груз 4 создает нагрузку 50 кГ если на постоянный груз 4 установлен груз 5 (40 кГ), то создается нагрузка 90 кГ, если на постоянный груз 4 установлен груз 5 и груз 6 (50 кГ), то создается нагрузка 140 кГ. Стол 7 служит для установки на нем испытываемого образца

8. При вращении по часовой стрелке маховика 9 приводится во вращение винт 10, который, перемещаясь вверх, поднимает стол 7 и образец 8 подводится к оправке 3 с шариком или алмазным конусом. При дальнейшем вращении маховика 9 сжимается пружина 11, шарик, или алмазный конус, начинает внедряться в испытываемый образец 8, а стрелки поворачиваются по шкале индикатора

12. При вращении маховика 9 до тех пор, пока образец не упрется в ограничительный чехол 13, малая стрелка индикатора дойдет до красной точки, а большая стрелка установится приблизительно в вертикальном положении (с погрешностью ± 5 делений), создается предварительная нагрузка 10 кГ. Точную установку шкалы индикатора на нуль производят при помощи барабана 14 (см. рис. 4) тросиком 15, закрепленным на ранце индикатора. Циферболт индикатора имеет две шкалы — черную (С) и красную (В). Независимо от того,

что вдавливается в испытываемый образец — алмазный конус или шарик, с большой стрелкой индикатора всегда совмещается нуль черной шкалы со значком «С».

Большую стрелку с нулевым штрихом красной шкалы со значком «В» не совмещают ни в каком случае.

Приведение в действие основной нагрузки осуществляется с помощью привода 16 от электродвигателя, работающего непрерывно и отключаемого с помощью тумблера 17 только при длительных перерывах в работе прибора.

Нажатием клавиши 18 приводят в действие кулачковый блок 19 механизма привода 16, передача от которого к грузовому рычагу 20 осуществляется с помощью штока 21. При этом подвеска 22 с грузами 4—6 опускается, и этим обеспечивается действие основной нагрузки и создается общая нагрузка (предварительная + основная).

Под действием основной нагрузки шарик, или алмазный конус, все глубже проникает в испытываемый образец, при этом большая стрелка индикатора поворачивается против часовой стрелки. После окончания вдавливания основная нагрузка, действовавшая на образец, автоматически снимается и остается предварительная нагрузка. При этом большая стрелка индикатора перемещается по часовой стрелке и указывает на шкале индикатора число твердости по Роквеллу. При испытании алмазным конусом под нагрузкой 150 или 60 кГ отсчет производят по черной шкале, а при испытании шариком под нагрузкой 100 кГ

— по красной шкале.

По окончании цикла испытания кулачковый блок автоматически отключается и фиксируется в исходном положении. Нормальная продолжительность цикла испытания 4 сек при положении рукоятки 23 (см. рис. 4) указателя против буквы Н.



Рисунок 3. Прибор ТК-2

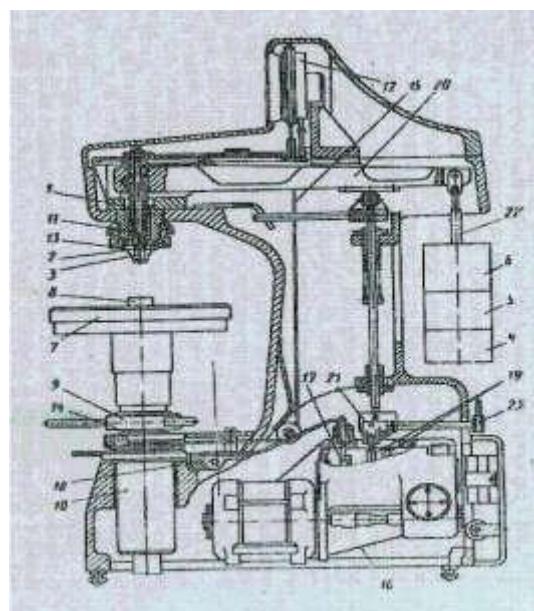


Рисунок 4. Схема прибора ТК-2

Метод Виккерса.

Твердость определяется по величине отпечатка (рисунок 1, в).

В качестве индентора используется алмазная четырехгранная пирамида с углом при вершине 136°.

Нагрузка Р составляет 5...100 кгс. Диагональ отпечатка d измеряется при помощи микроскопа, установленного на приборе.

Преимущество данного способа в том, что можно измерять твердость любых материалов, тонкие изделия, поверхностные слои. Высокая точность и чувствительность метода.

Испытание по Виккерсу.

Основной частью прибора типа Виккерса (рис. 5) является поворотная головка 1, в которой смонтирована оправка с алмазной пирамидой 2, закрытой чехлом 3; специальный измерительный микроскоп 4 для измерения длины диагонали отпечатка и рабочий шпиндель 5.

При повороте рукояткой 6 головки 1 в крайнее левое положение прибор приводится в рабочее состояние, при котором ось рабочего шпинделя 5 совмещается с осью промежуточного шпинделя 7. При повороте рукояткой 6 головки 1 в крайнее правое положение прибор приводится в положение, при котором оптическая ось микроскопа 4 совмещается с центром отпечатка. При установке прибора в рабочее положение пружина 8 соединяет промежуточный шпиндель 7 с призмой 9 грузового рычага 10. На подвеске VI грузового рычага 10 устанавливают сменные грузы 12.

Столик 13 служит для установки на нем испытываемого образца 14. При вращении по часовой стрелке маховика 15 приводится во вращение винт 16, который, перемещаясь вверх, поднимает столик 13, и образец 14 прижимается к чехлу 3. В правой части прибора имеется грузовой привод с масляным амортизатором 17 при помощи которого приложение нагрузки, выдержка под нагрузкой и снятие нагрузки осуществляются механически за счет энергии опускающегося груза 18. В связи с этим до прижима образца 14 к чехлу 3 грузовой привод должен быть введен, что осуществляется нажимом рукоятки 19. При этом подъемный шток 20 удерживается во введенном положении рычагом 21, жестко связанным с рукояткой 19 ввода, а рычаг 22 запирает всю систему привода во введенном положении.

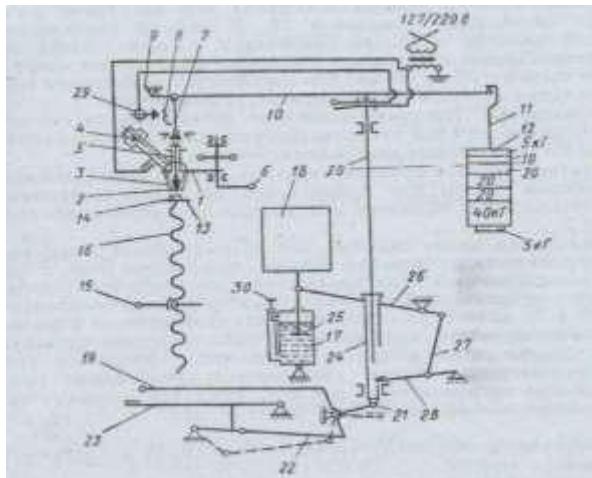


Рисунок 5. Кинематическая схема прибора типа Виккерса

Привод включают нажимом на педаль 23 пускового механизма. При этом приводится в движение рычаг 22 и под действием груза 18 опускается втулка 24, опирающийся на нее подъемный шток 20 и поршень 25 масляного амортизатора 17. Одновременно опускается грузовой рычаг 10, который опирается на шток 20, при этом алмазная пирамида 2 вдавливается в поверхность образца 14. При опускании втулки 24, шарнирно связанной с рычагом 26, соединенным с тягой 27 происходит подъем рычага 28 навстречу штоку 20. Когда шток 20 опустится приблизительно на 16 мм, его нижний конец встречается с рычагом

28. При дальнейшем опускании втулки 24 продолжается подъем рычага 28, при этом поднимается шток 20 и грузовой рычаг 10. К концу хода поршня 25 масляного амортизатора 17 шток 20 придет в начальное положение и снимет нагрузку.

Продолжительность выдержки образца под нагрузкой регистрируется сигнальной лампочкой 29. В момент приложения нагрузки сигнальная лампочка зажигается и гаснет, когда нагрузка снята. Продолжительность выдержки образца под нагрузкой может быть от 10 до 60 сек, что достигается изменением скорости опускания штока амортизатора регулятором 30.

Вопросы для самоконтроля:

1. Обозначение твердости по Роквеллу, минимальные и максимальные ее значения.
2. Обозначение твердости по Бринеллю, минимальные и максимальные ее значения.
3. Обозначение твердости по Виккерсу, минимальные и максимальные ее значения.

Литература:

1. Барташевич А.А. Материаловедение. – Ростов н/Д.: Феникс, 2011 Барташевич А.А. Материаловедение. – Ростов н/Д.: Феникс, 2011
2. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело: Учеб. пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, 2009
3. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение: Учебник для СПО. – Ростов н/Д.:

Интернет источники:

1. Электронный ресурс [<http://libmetal.ru/prop/tverd.htm>]
2. Электронный ресурс [<http://www.studfiles.ru/preview/1493387/>]
3. Электронный ресурс [http://www.conatem.ru/tehnologiya_metallov/metody-opredeleniya-tverdosti-metalla.htmlu]
4. Электронный ресурс [http://studopedia.ru/10_122948_sposobi-opredeleniya-tverdosti-metallov.html]

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема: «Работа с диаграммой состояний железо-углерод».

Цель работы: научиться рассматривать процесс охлаждения сплавов с учетом фазовых превращений, описываемых диаграммой железо-цементит. Ознакомиться с основными микроструктурами железоуглеродистых сплавов и их характеристиками.

Приобретаемые умения и навыки: закрепить знание принципов построения диаграмм. Приобрести навыки в построении кривых охлаждения.

Норма времени: 2 часа.

Оснащение рабочего места: раздаточный материал.

Алгоритм работы:

1. Ознакомится с теоретическим материалом и выполнить задание.

Задание.

Построить для заданных сплавов кривые охлаждения и описать процесс охлаждения от температуры 1600°C до комнатной с учетом фазовых превращений. Дать определения и характеристики структур по заданному сплаву.

В таблице приведены исходные данные для выполнения индивидуального задания, указана массовая доля углерода (колонка 2 табл. 1).

Таблица 1. Варианты заданных сплавов

№ варианта	% углерода (по массе)	№ варианта	% углерода (по массе)
1	0,5; 5,0	11	0,1; 2,7
2	1,2; 4,3	12	0,2; 3,5
3	1,0; 4,7	13	0,9; 4,0
4	0,25; 3,0	14	1,1; 3,9
5	0,8; 4,5	15	0,15; 4,4
6	0,4; 6,0	16	2,0; 6,6
7	1,3; 2,5	17	1,5; 2,8
8	0,45; 2,2	18	0,35; 3,0
9	0,6; 5,5	19	0,7; 4,3
10	1,9; 6,3	20	1,8; 2,5

- В соответствии с номером варианта из таблицы 1 выберите массовую долю углерода контрольных сплавов.
- На листе формата А4 вычертите диаграмму состояния Fe-Fe₃C. Обозначьте структурные составляющие во всех областях диаграммы.
- Нанесите на диаграмму вертикальные линии контрольных сплавов, выполните построение необходимых горизонтальных линий.
- Постройте кривые охлаждения контрольных сплавов. Дайте подробное описание микроструктур при медленном охлаждении. Приведите необходимые реакции.
- Определите, к какой группе железоуглеродистых сплавов относятся заданные сплавы, по возможности приведите марку рассмотренного сплава, его применение.
- Схематически изобразите микроструктуры сплавов в интервале температур первичной кристаллизации и при комнатной температуре. На рисунке отметьте структурные составляющие.

Теоретический материал.

Представлена диаграмма состояния железо-цементит (Fe-Fe₃C), которая рассматривает процессы кристаллизации железоуглеродистых сплавов (стали и чугуна) и превращения в их структурах при медленном охлаждении от жидкого расплава до комнатной температуры.

Диаграмма (рис. 1) показывает фазовый состав и структуру сплавов с концентрацией от чистого железа до цементита (6,67% С). Сплавы с содержанием углерода до 2,14% называют сталью, а от 2,14 до 6,67% – чугуном. Диаграмма состояния Fe-Fe₃C представлена в упрощенном виде.

Первичная кристаллизация, т. е. затвердевание жидкого сплава, начинается при температурах, соответствующих линии ликвидуса ACD. Точка А на этой диаграмме соответствует температуре 1539° плавления (затвердевания) железа, точка D – температуре ~1600°C плавления (затвердевания) цементита. Линия солидуса AECF соответствует температурам конца затвердевания. При температурах, соответствующих линии AC, из жидкого сплава кристаллизуется **аустенит**, а линии CD – **цементит**, называемый первичным цементитом.

В точке С при 1147°C и содержании углерода 4,3% из жидкого сплава одновременно кристаллизуется аустенит и цементит (первичный), образуя эвтектику – **ледебурит**. При температурах, соответствующих линии солидуса AE, сплавы с содержанием углерода до 2,14% окончательно затвердевают с образованием аустенита. На линии солидуса ECF сплавы с содержанием углерода от 2,14 до 6,67% окончательно затвердевают с образованием эвтектики (ледебурита) и структур, образовавшихся ранее из жидкого сплава,

а именно: в интервале 2,14-4,3% С – аустенита, а в интервале 4,3-6,67% С – цементита первичного (см. рис. 1). В результате первичной кристаллизации во всех сплавах с содержанием углерода до 2,14%, т. е. в сталях, образуется однофазная структура – аустенит. В сплавах с содержанием углерода более 2,14%, т. е. в чугунах, при первичной кристаллизации образуется эвтектика ледебурита.

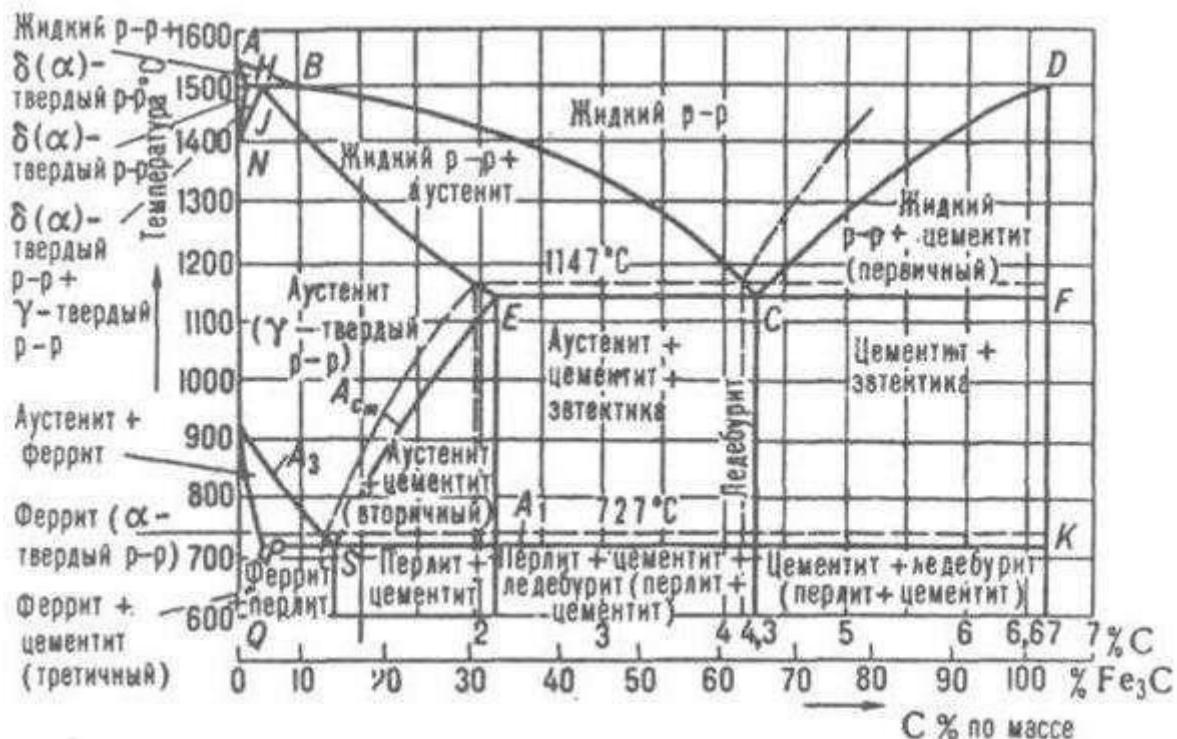
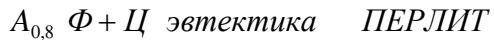


Рисунок 1. Диаграмма состояния железо-цементит

Вторичная кристаллизация (превращение в твердом состоянии) происходит при температурах, соответствующих линиям GSE, PSK и GPQ. Превращения в твердом состоянии происходят вследствие перехода железа из одной аллотропической модификации в другую (γ в α) и в связи с изменением растворимости углерода в аустените и феррите. С понижением температуры растворимость уменьшается. Избыток углерода выделяется из твердых растворов в виде цементита. В области диаграммы AGSE находится аустенит. При охлаждении сплавов аустенит распадается с выделением феррита при температурах, соответствующих линий GS, и цементита, называемого вторичным, при температурах, соответствующих линии SE. Вторичным называют цементит, выделяющийся из твердого раствора аустенита, в отличие от первичного цементита, выделяющегося из жидкого расплава. В области диаграммы GSP находится смесь феррита и

распадающегося аустенита. Ниже линии GP существует только феррит. При дальнейшем охлаждении до температур, соответствующих линии PQ, из феррита выделяется цементит (третичный). Линия PQ показывает, что с понижением температуры растворимость углерода в феррите уменьшается от 0,02% (т. P) при 727°C до 0,006% при комнатной температуре (т. Q).

В точке S при содержании 0,8% углерода и температуре 727°C весь аустенит распадается и превращается в механическую смесь феррита и цементита – **перлит**:



Сталь, содержащую 0,8% углерода, называют **эвтектоидной**. Стали, содержащие от 0,02 до 0,8% углерода, называют **доэвтектоидными**, а от 0,8 до 2,14% углерода – **заэвтектоидными**.

При температурах, соответствующих линии PSK, происходит распад аустенита, оставшегося в любом сплаве системы, с образованием перлита, представляющего собой механическую смесь феррита и цементита. Линию PSK называют линией перлитного превращения. При температурах, соответствующих линии SE, аустенит насыщен углеродом, и при понижении температуры из него выделяется избыточный углерод в виде цементита (вторичного). Вертикаль DFK означает, что цементит имеет неизменный химический состав. Меняется лишь форма и размер его кристаллов, что существенно отражается на свойствах сплавов. Самые крупные кристаллы цементита образуются, когда он выделяется при первичной кристаллизации из жидкости.

Диаграмма железо-цементит показывает структуры белых чугунов, в которых весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита.

Белый чугун, содержащий 4,3% углерода, называют **эвтектическим**. Белые чугуны, содержащие от 2,14 до 4,3% углерода, называют **доэвтектическими**, а от 4,3 до 6,67% углерода – **заэвтектическими**.

По достижении температуры 727°C (линия PSK) аустенит, обедненный углеродом до эвтектоидного состава (0,8% углерода), превращается в перлит. После окончательного охлаждения доэвтектические белые чугуны состоят из перлита, ледебурита, состоящего из перлита и цементита, и цементита вторичного. Чем больше в структуре такого чугуна углерода, тем меньше в нем перлита и больше ледебурита. Белый эвтектический чугун (4,3% углерода) при температурах ниже 727°C состоит только из ледебурита. Белый заэвтектический чугун, содержащий более 4,3% углерода, после

окончательного охлаждения состоит из цементита первичного и ледебурита. Следует отметить, что при охлаждении ледебурита ниже линии PSK входящий в него аустенит превращается в перлит, т. е. ледебурит при комнатной температуре представляет собой уже смесь цементита и перлита. При этом цементит образует сплошную матрицу, в которой размещены колонии перлита. Такое строение ледебурита является причиной его большой твердости ($\text{HB} > 600$) и хрупкости.

Цементит (Fe_3C) – химическое соединение железа с углеродом (карбид железа), содержит 6,67% углерода. Аллотропических превращений не испытывает. Кристаллическая решетка цементита состоит из ряда октаэдров, оси которых наклонены друг к другу. Температура плавления цементита точно не установлена (1250, 1550°C). При низких температурах цементит слабо ферромагнитен, магнитные свойства теряет при температуре около 217°C. Цементит имеет высокую твердость (более 800 HB) легко царапает стекло, но чрезвычайно низкую, практически нулевую, пластичность. Такие свойства являются следствием сложного строения кристаллической решетки. Цементит способен образовывать твердые растворы замещения. Атомы углерода могут замещаться атомами неметаллов: азотом, кислородом; атомы железа – металлами: марганцем, хромом, вольфрамом и др. Такой твердый раствор на базе решетки цементита называется легированным цементитом. Цементит – соединение неустойчивое и при определенных условиях распадается с образованием свободного углерода в виде графита. Этот процесс имеет важное практическое значение при структурообразовании чугунов.

Ледебурит – эвтектическая механическая смесь аустенита и цементита, образующаяся в результате эвтектической кристаллизации из жидкости, содержащей 4,3% углерода.

Ледебурит представляет собой колонную структуру, основу которой составляют пластины цементита, проросшие разветвленными кристаллами аустенита. Ледебурит, состоящий из эвтектической смеси аустенита и цементита, устойчив в температурном интервале от эвтектической (ECF, 1147°C) до эвтектоидной (PSK, 727°C) линии на диаграмме железо-углерод. При понижении температуры ниже 727°C аустенит в составе ледебурита претерпевает эвтектоидное превращение, в результате чего при комнатной температуре ледебурит представляет собой эвтектическую смесь перлита с цементитом. Строение перлита в ледебурите такое же, как и в сплавах с меньшим содержанием углерода (сталих). Ледебурит, как и

цементит, образующий его основу, твёрд, износостоек и обладает практически нулевой пластичностью. Эти свойства ледебурита лежат в основе использования такой структуры в белых чугунах, используемых в качестве одних из наиболее износостойких материалов.

Перлит – это эвтектоидная механическая смесь двух фаз: феррита и цементита. Механические свойства перлита определяются его структурным состоянием. Экспериментально определенные значения твердости пластинчатого перлита, сорбита и троостита, соответственно, равны 170...230, 230...330 и 330...400 НВ. Эти структуры имеют одну природу, но отличаются степенью дисперсности частиц, их образующих (феррит и цементит). Таким образом, можно видеть, что чем выше степень дисперсности ферритоцементитной смеси, тем выше его твёрдость.

Феррит (Φ) – твердый раствор внедрения углерода в α -железо. Феррит имеет переменную предельную растворимость углерода: минимальную – 0,006% при комнатной температуре, максимальную – 0,02% при температуре 727°C (т. Р). Углерод располагается в дефектах объемно центрированной кубической решетки. При температуре выше 1392°C существует высокотемпературный феррит δ , с предельной растворимостью углерода 0,1% при температуре 1499°C. Свойства феррита близки к свойствам железа. Феррит мягок твердость – 130 НВ, пластичен, магнитен до 768°C.

Аустенит (A) – твердый раствор внедрения углерода в γ -железо. Углерод занимает место в центре гранецентрированной кубической ячейки. Аустенит имеет переменную предельную растворимость углерода: минимальную – 0,8% при температуре 727°C (точка S), максимальную – 2,14% при температуре 1147°C (точка E). Аустенит имеет твердость НВ 200...250, пластичен, парамагнитен. При растворении в аустените других элементов могут изменяться свойства и температурные границы существования.

Диаграмма состояния железо-цементит имеет большое практическое значение. Ее применяют для определения тепловых режимов термической обработки и горячей обработки давлением (ковка, горячая штамповка, прокатка) железоуглеродистых сплавов. Ее используют также в литейном производстве для определения температуры плавления, которую необходимо знать для назначения режима заливки жидкого железоуглеродистого сплава в литейные формы.

На рисунке 2 показаны структуры сталей, а на рисунке 3 показаны структуры белых чугунов в соответствии с диаграммой железо-цементит.

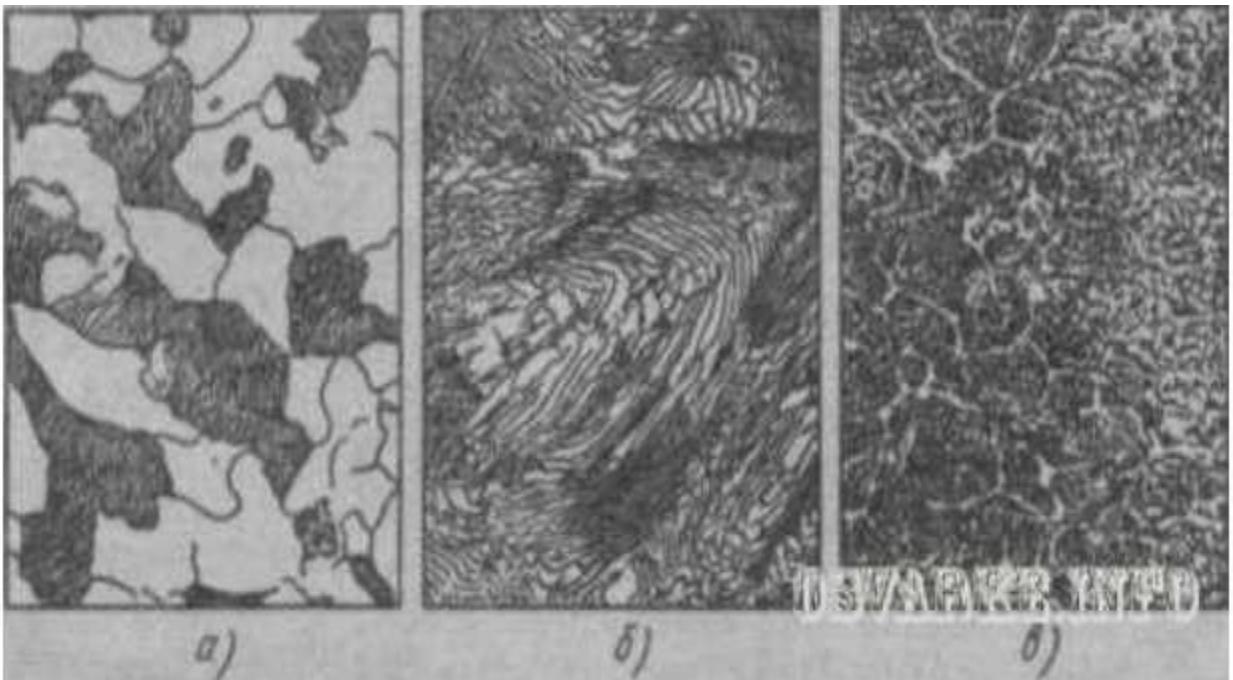


Рисунок 2. Микроструктура стали:

- а – доэвтектоидная сталь – феррит (светлые участки) и перлит (темные участки) при 500х увеличении;
б – эвтектоидная сталь – перлит (1000х);
в – заэвтектоидная сталь – перлит и цементит в виде сетки (200х)

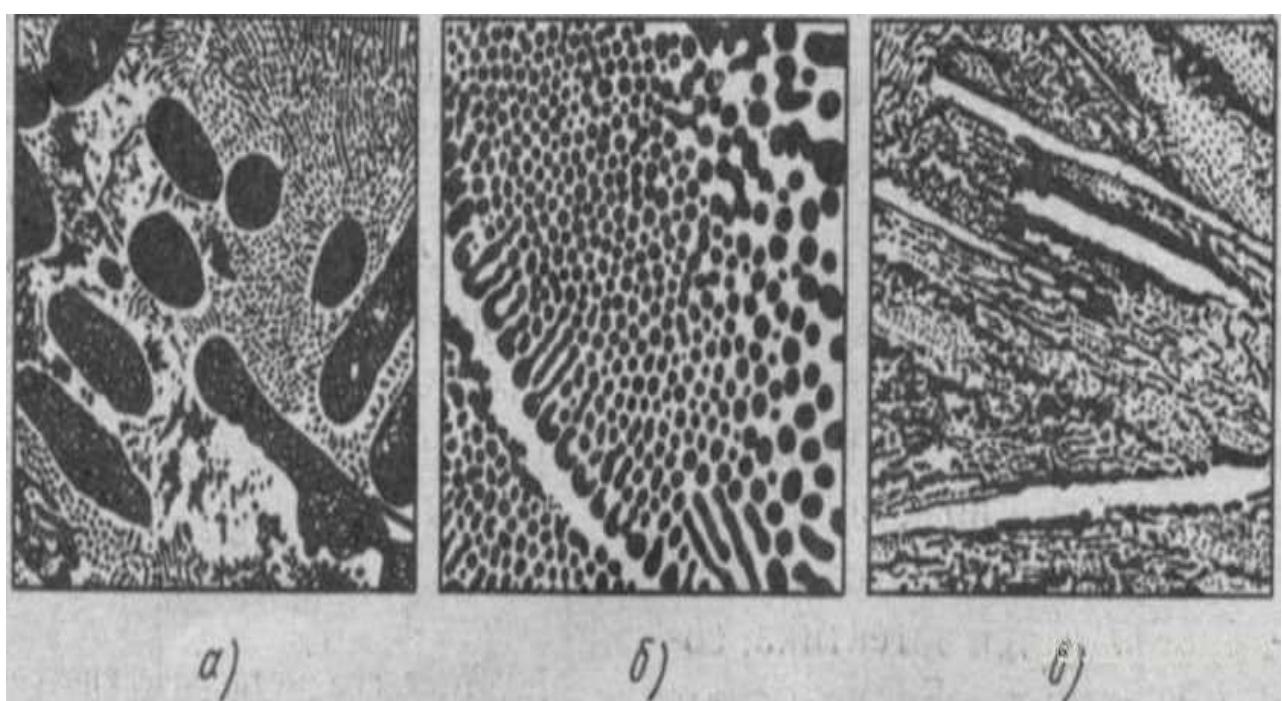


Рисунок 3. Микроструктура белого чугуна при 500х увеличении:
а – доэвтектический чугун – перлит (темные участки) и ледебурит

(цементит вторичный в структуре не виден);
б – эвтектический чугун – ледебурит (смесь перлита и цементита);
в – заэвтектический чугун – цементит (светлые пластины) и ледебурит

Вопросы для самопроверки:

1. Какое превращение происходит в железоуглеродистых сплавах при температуре 1147°C?
2. Какое превращение происходит в железоуглеродистых сплавах при температуре 727°C?
3. Чем отличаются структурные составляющие «цементит первичный», «цементит вторичный», «цементит третичный»?
4. Что называют перлитом, ледебуритом, аустенитом, ферритом?
5. Какая фаза первично кристаллизуется в заэвтектических белых чугунах?
6. Какая фаза первично кристаллизуется в доэвтектических белых чугунах?
7. Какой сплав называют техническим железом?

Литература

1. Адаскин, А. М. Материаловедение (металлообработка): учеб. для нач. проф. образования / А. М. Адаскин. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.
2. Колесник, П. А. Материаловедение на автомобильном транспорте / П. А. Колесник. – М.: Издательский центр «Академия», 2010.
3. Пейсаход, А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов / А. М. Пейсаход, А. М. Кучер. – СПб.: Издательство Михайлова В.А., 2004.
4. Материаловедение и технология металлов / Г. П. Фетисов [и др.]. – М.: Высшая школа, 2002.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема: «Способы соединения деталей в сборочных единицах».

Цель работы: изучить способы соединения материалов.

Приобретаемые умения и навыки: формирование навыка выбора способа соединения деталей в сборочных единицах. Умение выбирать способы соединения деталей.

Норма времени: 2 часа.

Оснащение рабочего места: раздаточный материал.

Алгоритм работы:

1. Ознакомится с теоретическим материалом и выполнить задание.

Задание.

Заполните таблицу:

Способ соединения	Вид соединения	Достоинства	Недостатки	Область применения
Винтовое соединение				
Болтовое соединение				
Шпоночное соединение				
Заклепочное соединение				
Сварное соединение				
Стыковое соединение				
Нахлесточное соединение				
Соединение пайкой				
Соединение склеиванием				
Клеммовое соединение				
Зубчатое (шлищевое) соединение				
Соединение деталей посадкой с насадкой				

Теоретический материал.

Любые машины, их узлы и агрегаты состоят из множества различных отдельных деталей. Все эти детали определенным образом взаимодействуют

между собой, составляя единый целый функционирующий механизм. Взаимодействие это определяет виды соединения деталей. Соединения могут быть как разъемными, так и неразъемными.

Разъемные соединения – это те, при помощи которых возможно, как правило, неоднократно произвести сборку и разборку узлов механизма. Примеры разъемных соединений – это резьбовые, шплинтовые, штифтовые, зубчатые и пр. В свою очередь, они могут быть как подвижными, так и неподвижными.

Разъемные соединения получили широкое применение там, где необходима периодическая замена одной детали на другую в связи с регламентным обслуживанием или ремонтом механизма, смены какого-либо рабочего элемента машины (приспособление, инструмент), для постоянной или временной фиксации детали, периодическим взаимодействием деталей механизмов друг на друга в процессе их работы и т.д. Такие соединения образуются при помощи крепежных резьбовых элементов (болты, резьбовые шпильки, различные гайки, винты), ходовых винтов (червячных, шнековых), шлицов (зубьев) сопрягаемых деталей, шпонок, штифтов, шплинтов, клиньев, а также комбинацией нескольких таких элементов. Возможно разъемное соединение способом сочленения специальных выступов на скрепляемых деталях. **Неразъемные соединения** – это те, разборка которых невозможна без механических воздействий, разрушающих и/или повреждающих сопрягаемые детали. Образовываться такие соединения могут при помощи сварки, пайки, склепки и даже склеивания деталей между собой.

Для неразъемного соединения применяют методы: сварки, склепки, склейки, развальцовки, посадки с натягом, сшивания, кернения.

Такие соединения имеют место там, где оно работает весь срок службы машины, механизма, агрегата или узла, и требуется неподвижная фиксация деталей относительно друг друга.

Резьбовые соединения.

Соединение деталей с помощью резьбы является одним из старейших и наиболее распространенных видов разъемного соединения. К ним относятся соединения с помощью болтов, винтов, шпилек, винтовых стяжек и т.д.

Резьба – выступы, образованные на основной поверхности винтов или гаек и расположенные по винтовой линии.

Основные типы крепежных деталей.

Для соединения деталей применяют болты, винты, шпильки с гайками (рис.1).

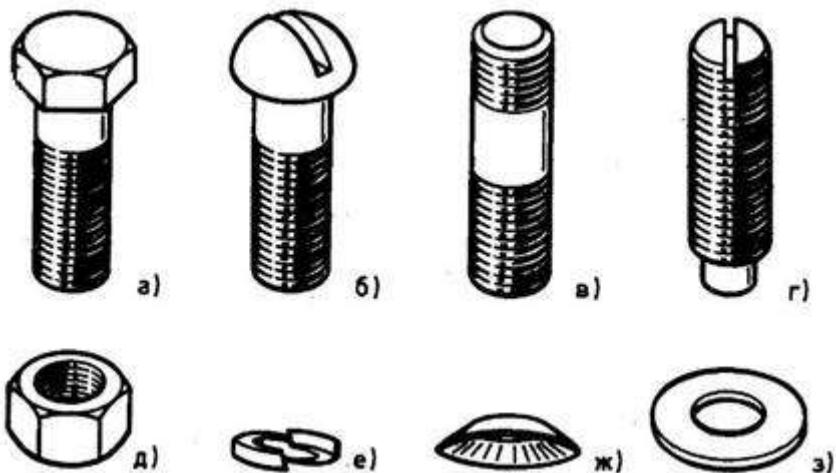


Рисунок 1. Основные типы крепежных деталей
а — болт; б — винт; в - шпилька; г — установочный винт; д — гайка; е — пружинная шайба; ж — деформируемая шайба; з — плоская шайба

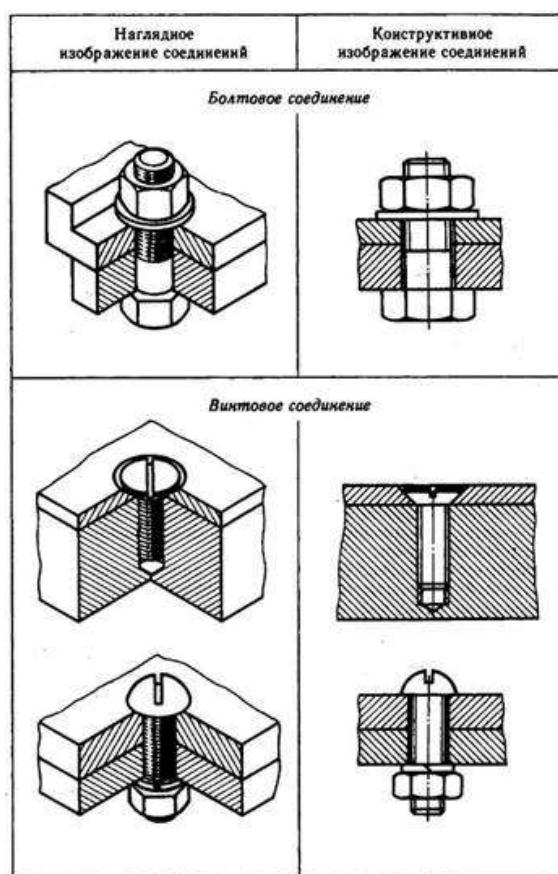


Рисунок 2. Болтовое и винтовое соединения

Основным преимуществом болтового соединения (рис.2) является то, что при нем не требуется нарезать резьбу в соединяемых деталях. К недостаткам можно отнести следующее: обе соединяемые детали должны иметь место для расположения гайки или головки винта; при завинчивании и отвинчивании гаки необходимо удерживать головку винта от проворачивания; по сравнению с

винтовым болтовое соединение несколько увеличивает массу изделия и искажает его внешние очертания.

Винты и шпильки применяют в тех случаях, когда постановка болта невозможна или нерациональна. Например, нет места для размещения гайки, нет доступа к гайке, при большой толщине детали необходимо глубокое сверление и длинный болт и т.п.

Если при эксплуатации деталь часто снимают и затем снова ставят на место, то ее следует закреплять болтами или шпильками, так как винты в многократном завинчивании может повредить резьбу в детали. Повреждение резьбы в этом случае более вероятно, если деталь изготовлена из малопрочных хрупких материалов, например из чугуна, дюралиюминия и т.п.

Подкладную шайбу ставят под гайку или головку винта для уменьшения смятия детали (гайкой, если деталь сделана из менее прочного материала (пластмассы, дерева и т.д.), предохранения чистых поверхностей деталей от царапин при завинчивании гайки(винта); перекрытия большого зазора отверстия. В других случаях подкладную шайбу использовать нецелесообразно. Кроме подкладных шайб применяют стопорные или предохранительные шайбы, которые предохраняют соединение от самоотвинчивания.

Шпонки – это конструктивный элемент, служащий для соединения с валом деталей передающих вращательное и колебательное движение. По конструкции шпонки делятся на призматические, сегментные, клиновые (рис.13).

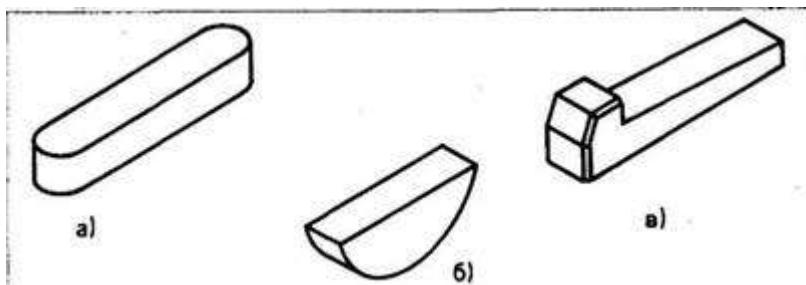


Рисунок 3. Шпонки: а – призматическая; б – сегментная, в – клиновая.

Заклепочные соединения

Клепаное соединение - неразъемное. В большинстве случаев его применяют для соединения листов и фасонных профилей. Соединение образуют расклепыванием стержня заклепки, вставленное в отверстие деталей.

При расклепывании вследствие пластических деформаций образуется замыкающая головка, а стержень заклепки заполняет зазор в отверстии. Силы, вызванные упругими деформациями деталей и стержня заклепки, стягивают детали. Относительному сдвигу деталей оказывают сопротивление стержни заклепок и частично силы трения в стыке.

Отверстия в деталях продавливают или сверлят. Сверление менее производительно, но обеспечивает повышенную прочность. При продавливании листы деформируются, по краям отверстия появляются мелкие

трещины, а на выходной стороне отверстия образуется острая кромка, которая может вызвать подрез стержня заклепки. Поэтому продавливание иногда сочетают с последующим рассверливанием.

Клепку (осаживание стержня) можно производить вручную или машинным способом. Машинная клепка дает соединения повышенного качества, так как она обеспечивает однородность посадки заклепок и увеличивает силы сжатия деталей. Стальные заклепки малого диаметра (до 10 мм) и заклепки из цветных металлов ставят без нагрева – холодная заклепка. Стальные заклепки диаметром больше 10 мм перед установкой в детали нагревают – горячая клепка. Предварительный нагрев заклепок, облегчает процесс клепки и повышает качество соединения (достигаются лучшее заполнение отверстия и повышенный натяг в стыке деталей, связанный с тепловыми деформациями при остывании).

Клепаные соединения применяются для деталей, материал которых плохо сваривается, и в тех конструкциях, где важно растянуть во времени развития процесс разрушения. Например: разрушение одной или нескольких из тысяч заклепок крыла самолета еще не приводит к его разрушению, но уже может быть обнаружено и устранено при контроле и ремонте.

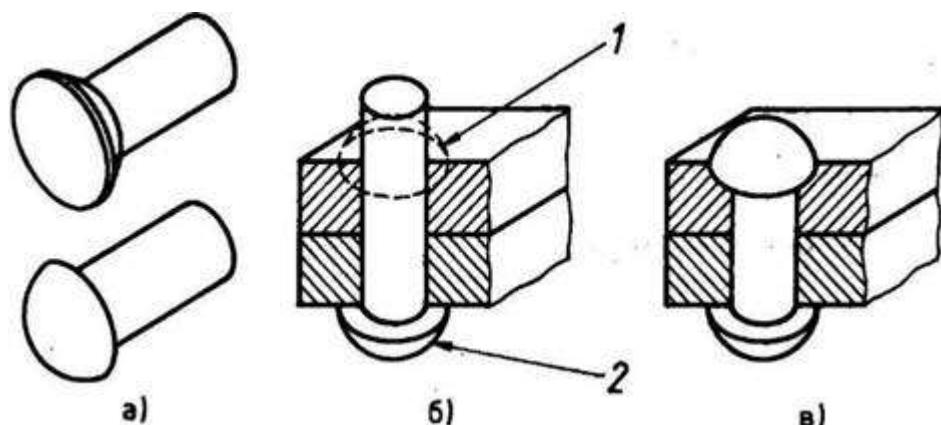


Рисунок 4. Клепаное соединение

Сварные соединения

Сварное соединение – неразъемное. Оно образуется путем сваривания материалов деталей в зоне стыка и не требует никаких вспомогательных элементов. Прочность соединения зависит от однородности и непрерывности материала сварного шва и окружающей его зоны. Сварное соединение является наиболее совершенным из неразъемных соединений, так как лучше других приближает составные детали к цельным. При сварном соединении проще обеспечить условия равнопрочности, снижения массы и стоимости изделия.

Применяемые в современном машиностроении виды сварки весьма разнообразны. Каждый из них имеет свои конкретные области применения. Из всех видов сварки наиболее широко распространена электрическая.

Различают два вида электрической сварки:

1. Электродуговая сварка: основана на использовании теплоты электрической дуги для расплавления металла. Для защиты расплавленного металла от вредного действия окружающего воздуха на поверхность электрода наносят толстую защитную обмазку, которая выделяет большое количество шлака и газа, образуя изолированную среду. Этим обеспечивают повышение качества металла сварного шва, механические свойства которого могут резко ухудшиться под влиянием кислорода и азота воздуха.

С той же целью производят сварку под флюсом. Этот вид сварки в настоящее время считается основным видом автоматической сварки. Производительность автоматической сварки в 10 – 20 раз и более выше ручной. Повышение производительности достигают путем применения тока 1000 – 3000 А вместо 200 – 500 А при ручной сварке. Это обеспечивает более рациональное формирование шва и повышает скорость сварки.

В то время как при ручной сварке образование шва достигается в основном за счет металла электрода, при автоматической сварке шов формируется в значительной степени за счет расплавленного основного металла, что не только сокращает время сварки, но и значительно снижает расход электродного материала. Автоматическая сварка под слоем флюса обеспечивает высокие и, что особенно важно, однородные, на зависящие от индивидуальных качеств сварщика механические свойства соединений.

В электрошлаковой сварке источником нагрева служит теплота, выделяющаяся при прохождении тока от электрода к изделию через шлаковую ванну. Электрошлаковая сварка предназначена для соединения деталей большой толщины. Толщина свариваемых деталей практически не ограничивается. Толщина свариваемых деталей практически не ограничивается. Электрошлаковая сварка позволяет заменять сложные и тяжелые цельнолитые и цельнокованые конструкции сварными из отдельных простых отливок, поковок и листов, что значительно облегчает и снижает стоимость производства. Эта сварка применена и для чугунных отливок.

2. Контактная сварка основана на использовании повышенного омического сопротивления в стыке деталей и осуществляется несколькими способами.

При стыковой контактной сварке через детали пропускают ток, сила которого достигает нескольких тысяч ампер. Основное количество теплоты выделяется в месте стыка, где имеется наибольшее сопротивление; металл в этой зоне разогревается до пластического состояния или даже до поверхностного оплавления. Затем ток выключают, а разогретые детали сдавливают с некоторой силой – происходит сварка металла деталей по всей поверхности стыка. Этот вид сварки рекомендуют применять для стыковых соединений деталей, площадь поперечного сечения которых сравнительно невелика.

При точечной контактной сварке соединение образуется не по всей поверхности стыка, а лишь в отдельных точках, к которым подводят электроды

варочной машины.

При шовной контактной сварке узкий непрерывный или прерывистый шов расположен вдоль стыка деталей. Эту сварку выполняют с помощью электродов, имеющих форму дисков, которые катятся в направлении сварки. Точечную и шовную сварку применяют в нахлестных соединениях преимущественно для листовых деталей толщиной не более 3 – 4 мм и тонких стенок арматурных стенок. В отличии от точечной шовная сварка образует герметичное соединение.

Все рассмотренные виды контактной сварки высокопроизводительны, их широко используют в массовом производстве для сварки труб, арматуры, кузовов автомобилей, металлической обшивки железнодорожных вагонов, корпусов самолетов, тонкостенных резервуаров и т.д.

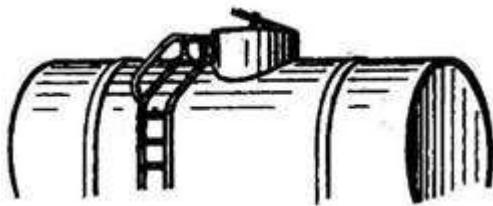


Рисунок 5. Сварное соединение

Стыковое соединение

Стыковое соединение во многих случаях является наиболее простым и надежным. Его следует применять везде, где допускает конструкция изделия. В зависимости от толщины соединяемых деталей соединение выполняют с обработкой или без обработки кромок, с подваркой и без подварки с другой стороны.

При малых толщинах обработка кромок не обязательна, а при средних и больших толщинах она необходима по условию образования шва на всей толщине деталей. Автоматическая сварка под флюсом позволяет увеличить предельные толщины листов, свариваемых без обработки кромок, примерно в два раза.

Сварить встык можно не только листы или полосы, но также трубы, уголки, швеллеры и другие фасонные профили. Во всех случаях составная деталь получается близкой к целой.

Стыковое соединение может разрушаться по шву, месту сплавления металла шва с металлом детали в зоне термического влияния. Зоной термического влияния называют прилегающий ко шву участок детали, в котором в результате нагревания при сварке изменяются механические свойства металла. Понижение механических свойств в зоне термического влияния особенно значительно при сварке термически обработанных, а также наклепанных сталей. Для таких соединений рекомендуют термообработку и наклеп после сварки. Практикой установлено, что при качественном выполнении сварки разрушение соединения стальных деталей происходит

преимущественно в зоне термического влияния.

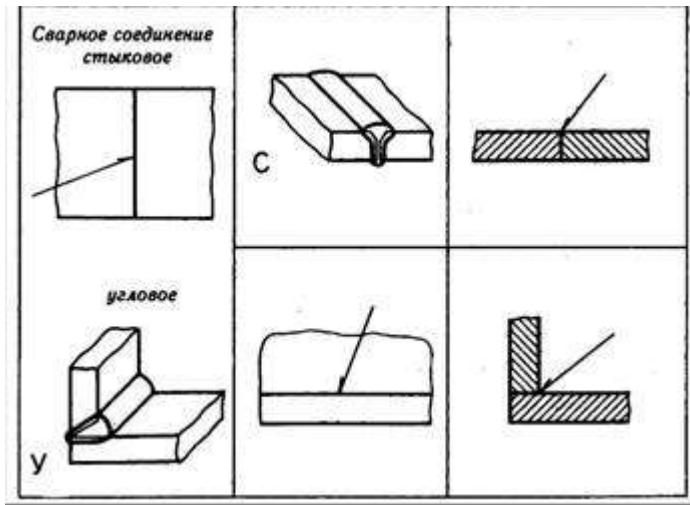


Рисунок 6. Виды сварных соединений

Нахлесточное соединение

Выполняется с помощью угловых швов.

В зависимости от формы поперечного сечения различают угловые швы:

- нормальные – наиболее распространены на практике;
- улучшенные;

-вогнутые – снижают концентрацию напряжений и рекомендуются при действии переменных нагрузок. Вогнутость шва достигается обычно механической обработкой, которая значительно увеличивает стоимость соединения. Поэтому такой шов применяют только в особых случаях, когда оправдываются дополнительные расходы;

-выпуклые – образуют резкое изменение сечения деталей в месте соединения, что является причиной повышенной концентрации напряжений. В нагруженных силовых конструкциях не рекомендуется.

Соединение пайкой и склеиванием

В отличии от сварки пайка и склеивание позволяют соединять детали не только из однородных, но и из неоднородных материалов, например: сталь с аллюминием, металлы со стеклом, графитом, фарфором, керамика с полупроводниками: пластмассы, дерево, резина и пр.

При пайке и склеивании кромки детали не расплавляются, что позволяет более точно выдерживать их размеры и форму, а также производить повторные ремонтные соединения. По прочности паяные и клеевые соединения уступают сварным в тех случаях, когда материал деталей обладает достаточно хорошей свариваемостью. Исключение составляют соединения тонкостенных элементов типа оболочек, когда имеется опасность прожога деталей при сварке.

Применение пайки и склеивания в машиностроении возрастает в связи с широким внедрением новых конструкционных металлов (например, пластмасс) и высокопрочных легированных сталей, многие из которых плохо свариваются. Примерами применения пайки и склеивания в машиностроении могут служить радиаторы автомобилей и тракторов, камеры сгорания жидкостных реактивных

двигателей, лопатки турбин, топливные и масляные трубопроводы и др.

Пайка и склеивание является одним из основных видов соединения в приборостроении, в том числе и радиотехнике, где они являются преимущественно связующими, а не силовыми соединениями.

Процессы пайки и склеивания сравнительно легко поддаются механизации и автоматизации. Во многих случаях применение пайки и склеивания приводит к значительному повышению производительности труда, снижению массы и стоимости конструкций.

Эффективность применения паяных и клеевых соединений, их прочность и другие качественные характеристики в значительной степени определяются качеством технологического процесса: правильным подбором типа припоя и клей, температурным режимом, очисткой поверхностейстыка, их защитой от окисления и др.

Соединение пайкой образуется в результате химических связей материала деталей и присадочного материала, называемого припоем. Температура плавления припоя (например, олово) ниже температуры плавления материала деталей, поэтому в процессе пайки детали остаются твердыми. При пайке расплавленный припой растекается по нагретым поверхностямстыка деталей. Поверхности детали обезжиривают, очищают от окислов и прочих посторонних частиц. Без этого нельзя обеспечить хорошую смачиваемость поверхности припоеем и заполнение зазора встыке.

Размер зазора встыке деталей в значительной мере определяет прочность соединения. Уменьшение зазора до некоторого предела увеличивает прочность. Это связано, во-первых, с тем, что при малых зазорах появляется эффект капиллярного течения, способствующий заполнению зазора расплавленным припоеем; во-вторых, диффузионный процесс и процесс растворения материалов деталей и припоя может распространяться на всю толщину паяного шва (диффузионный слой и слой раствора прочнее самого припоя). Чрезмерно малые зазоры препятствуют течению припоя. Размер оптимального зазора зависит от типа припоя и материала деталей. Для пайки стальных деталей тугоплавкими припоями (серебряными и медными) приближенно рекомендуется зазор 0,003 – 0,15 мм, при легкоплавких припоях (оловянных) - 0,05 – 0,2 мм.

Необходимость малых и равномерно распределенных зазоров является одним из недостатков пайки, ограничивающим ее применение, в особенности для крупногабаритных конструкций. По сравнению со сваркой пайка требует более точной механической обработки и сборки деталей перед пайкой.

Нагрев припоя и деталей при пайке осуществляется паяльником, газовой горелкой, ТВЧ в термических печах, погружением в ванну с расплавленным припоеем и др.

Для уменьшения вредного влияния окисления поверхностей деталей применяют специальные флюсы (на основе буры, хлористого цинка, канифоли); паяют в среде нейтральных газов (аргона) или в вакууме.

В качестве припоев применяют как чистые металлы, так и сплавы. Чаще других применяют сплавы на основе олова, меди, серебра.

При соединении стальных деталей прочность материала деталей обычно больше прочности материала шва. В побочных случаях условие равнопрочности можно обеспечить только для нахлестных соединений.

Конструкция kleевых соединений подобна конструкции паяных, только припой здесь заменен kleem, а образование соединения выполняют без нагрева деталей. Соединение осуществляется за счет сил адгезии (сил сцепления) в процессе затвердевания твердого kleя. Имеются kleевые составы с избирательной адгезией к каким – либо определенным металлам – это специальные kleи (например, резиновые); с высокой адгезией к различным металлам (например, к металлам, керамике, дереву, пластмассам и др.) – это универсальные kleи.

В процессе склеивания выполняют ряд последовательных операций: подготовку поверхностей деталей, нанесение kleя, сборку соединения, выдержку при соответствующих давлении и температуре. Подготовка деталей обычно заключается в их взаимной пригонке, образовании шероховатости путем зачистки наждачной шкурки или пескоструйным аппаратом, удалении пыли и обезжиривании с помощью органических растворителей. Шероховатость увеличивает поверхность склеивания. Kleй наносят кистью или пульверизатором. Сравнительно длительная выдержка, необходимая для полимеризации, является одним из недостатков kleевых соединений.

Прочность kleевого соединения в значительной степени зависит от толщины слоя kleя, которую рекомендуется назначать в пределах 0,05-0,15 мм. Толщина слоя kleя зависит от его вязкости и давления при склеивании. Kleевые соединения лучше работают на сдвиг, хуже на отрыв. Поэтому предпочтительны нахлестные соединения. Для повышения прочности применяют комбинацию kleевого соединения с резьбовым, сварным или заклепочным.

Качество kleевого соединения характеризуется не только его прочностью, но и водостойкостью, теплостойкостью и другими показателями.

Клеммовые соединения

Применяют для закрепления деталей на осях и валах, цилиндрических колоннах, кронштейнах и т.д.

По конструктивным признакам различают два типа клеммных соединений: а) со ступицей, имеющей прорезь; б) с разъемной ступицей. Разъемная ступица несколько увеличивает массу и стоимость соединения, но при этом становится возможным устанавливать клемму в любой части вала независимо от формы соседних участков и других расположенных на валу деталей.

При соединении деталей с помощью клемм используют силы трения, которые возникают от затяжки болтов, но клеммные соединения не рекомендуют применять для больших нагрузок.

Достоинство клеммного соединения: простота монтажа и демонтажа, предохранение от перегрузки, а также возможность перестановки и регулировки взаимного расположения деталей как в осевом, так и в окружном направлениях. Наличие больших зазоров в соединении может привести к разрушению клеммы от напряжений изгиба. Практически конструкция с большим зазором считается дефектной.

Шпоночные и зубчатые (шлифовые) соединения

Служат для закрепления деталей на осях и валах. Такими деталями являются шкивы, зубчатые колеса, муфты, маховики, кулачки и т.д. Соединения в основном нагружаются вращающим моментом.

Шпоночные соединения

Все основные виды шпонок можно разделить на клиновые и призматические. Первая группа шпонок образует напряженные (в соединении образуется напряжение до приложения внешней нагрузки), а вторая – ненапряженные соединения.

1. Соединение клиновыми шпонками (например, врезной клиновой шпонкой) характеризуется свободной посадкой ступицы на вал (с зазором); расположением шпонки в пазе с зазорами по боковым граням (рабочими являются широкие грани шпонки); передачей вращающегося момента от вала к ступице в основном силами трения, которые образуются в соединении от запрессовки шпонки. Запрессовка шпонки смешает центры вала и ступицы на величину Δ , равную половине зазора и деформации деталей. Это смещение вызывает дисбаланс и неблагоприятно сказывается на работе механизма при больших частотах вращения.

Клиновая форма шпонки может вызвать перекос детали, при котором ее торцевая плоскость не будет перпендикулярна оси вала. Обработка паза в ступице с уклоном шпонки, создает дополнительные технологические трудности и часто требует индивидуальной пригонки шпонки по пазу. Такая пригонка совершенно недопустима в условиях массового производства. Эти недостатки послужили причиной того, что применение клиновых шпонок резко сократилось в условиях современного производства. Значительное сокращение применения клиновых шпонок позволяет не рассматривать в настоящем курсе их конструктивные разновидности и расчет на прочность.

2. Соединение призматическими шпонками ненапряженное. Оно требует изготовление вала и отверстия с большой точностью. Во многих случаях посадка ступицы на вал производится с натягом. Момент передается с вала на ступицу боковыми узкими гранями шпонки. При этом на них возникает напряжение смятия $\sigma_{\text{см}}$, а в продольном сечении шпонки – напряжение среза τ .

Параллельность граней призматической шпонки позволяет осуществлять подвижные в осевом направлении соединения ступицы с валом (коробки скоростей и др.). силы трения, возникающие при перемещении ступицы в подвижном соединении могут нарушить правильное положение шпонки, поэтому ее рекомендуют крепить к валу винтами. В некоторых конструкциях

подвижных соединений целесообразно применять короткие шпонки, прикрепленные к ступице.

Оценка соединений призматическими шпонками и их применение

Призматические шпонки широко применяют во всех отраслях машиностроения. Простота конструкции и сравнительно низкая стоимость – главные достоинства этого вида соединений.

Отрицательные свойства: соединение ослабляет вал и ступицу шпоночными пазами; концентрация напряжения в зоне шпоночной канавки снижает сопротивление усталости вала; прочность соединения ниже прочности вала и ступицы, в особенности при переходных посадках или посадках с зазором. Поэтому шпоночные соединения не рекомендуются для быстроходных динамически нагруженных валов. Технологическим недостатком призматических шпонок является трудность обеспечения их взаимозаменяемости, т.е. необходимость пригонки или подбора шпонки по пазу, что ограничивает их применение в крупносерийном и массовом производстве. Пригонкой стремятся обеспечить устойчивое положение шпонки в пазах, так как перекос (выворачивание) шпонки значительно ослабляет соединение. Сегментная шпонка с глубоким пазом в этом отношении обладает преимуществом перед простой призматической шпонкой. Ее предпочитают применять при массовом производстве.

Зубчатые (илицевые) соединения

Зубчатые соединения образуются при наличии наружных зубьев на валу и внутренних зубьев в отверстии ступицы. Размеры зубчатых соединений, а также допуски на них стандартизованы.

Зубья на валах получают фрезерованием, строганием или накатыванием. Протягивание – высокопроизводительный способ и широко применяется в массовом производстве. Для отделочных операций используют шлифование, дорнирование и др.

Стандартом предусмотрены три серии соединений:

- Легкая;
- Средняя;
- Тяжелая.

Они отличаются высотой и числом зубьев, число зубьев изменяется от 6 до 20. У соединений тяжелой серии зубья выше, а их число больше, что позволяет передавать большее нагрузки.

По форме профиля различают зубья

- Прямобочные - соединения с прямобочными зубьями выполняют с центрированием по боковым граням, по наружному или внутреннему диаметрам.

- Эвольвентные - соединения с эвольвентными зубьями предпочтительны для больших диаметров валов, когда для нарезания зубьев в отверстии и на валу могут быть использованы весьма совершенные технологические способы, применяемые для зубчатых колес. Для сравнительно малых и средних

диаметров преимущественно применяют соединения с прямобочными зубьями, так как эвольвентные протяжки дороже прямобочных. (это связано с трудностями образования режущих кромок на боковых поверхностях фасонных профилей эвольвентных зубьев протяжки).

Соединения деталей посадкой с натягом

Соединение двух деталей по круговой цилиндрической поверхности можно осуществить непосредственно без применения болтов, шпонок и др. Для этого достаточно при изготовлении деталей обеспечить натяг посадки, а при сборке запрессовать одну деталь в другую.

Натягом N называется положительная разность диаметров вала и отверстия: $N = B - A$. После сборки вследствие упругих и пластических деформаций диаметр d посадочных поверхностей становится общим. При этом на поверхности возникают удельное давление p и соответствующие ему силы трения. Силы трения обеспечивают неподвижность соединения и позволяют воспринимать врачающий момент в осевую силу. Защемление вала во втулке позволяет, кроме того, нагружать соединение изгибающим моментом.

Нагрузочная способность соединения, прежде всего, зависит от натяга, величину которого устанавливают в соответствии с нагрузкой. Практически натяг не очень невелик, он измеряется микрометрами и не может быть выполнен точно. Неизбежные погрешности приводят к рассеиванию натяга, а следовательно и к рассеиванию нагрузочной способности соединения.

Сборку соединения выполняют одним из трех способов: прессованием, нагревом втулки, охлаждением вала.

Прессование – распространенный и несложный способ сборки. Однако этому способу свойственны недостатки: смятие и частичное срезание (шабровка) шероховатостей посадочных поверхностей, возможность неравномерных деформаций деталей и повреждения от торцов. Шабровка и смятие шероховатостей приводят к ослаблению прочности соединения до полутора раз по сравнению со сборкой нагревом или охлаждением. Для облегчения сборки и уменьшения шабровки концу вала и краю отверстия рекомендуется придавать коническую форму.

Шабровка поверхностей контакта устраняется полностью при сборке по методу нагревания втулки ($200 - 400^{\circ}\text{C}$) или охлаждения вала (твердая углекислота -79°C). Недостатком метода нагревания является возможность изменения структуры металла, появления окалины и коробления. Метод охлаждения свободен от этих недостатков.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие виды соединений вы знаете? Дайте их характеристики.
2. Приведите примеры разъемных соединений.
3. Методы получения не разъемных соединений.
4. Отличия болтового и винтового соединения.
5. Заклепочные соединения.
6. Виды сварных соединений.

7. Соединение пайкой и склеиванием.

8. Клеммовые соединения.

Литература:

1. Технология металлов. Кнорозов Б.В., Усова Л.Ф., Третьяков А.В., Арутюнова И.А., Шабашов С.П., Ефремов В.К. М., «Металлургия», 1978. 940 с

2. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение: Учебник для СПО. – Ростов н/Д.: Феникс, 2011

3. Вишневецкий Ю.Т. Материаловедение для технических колледжей: Учебник. – М.: Дашков и Ко, 2011

Интернет источники:

1. Электронный ресурс [<http://www.mehanica-kvs.narod.ru/razdel4/r45>]

2. Электронный ресурс [<http://www.studfiles.ru/preview/5398875/page:3/>]

3. Электронный ресурс [http://www.eope.ee/_download/euni_repository/file/3095/Keedituse%20alused%201.zip/1__.html]

4. Электронный ресурс [http://www.razlib.ru/hobbi_i_remesla/vstroennaja_mebel/p4.php]

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема: «Методика расчета режимов резания для различных видов обработки».

Цель работы: научиться выбирать и рассчитывать режимы резания для различных видов обработки.

Приобретаемые умения и навыки: формирование навыков выбора режимов резания. Умение рассчитывать режимы резания.

Норма времени: 2 часа.

Оснащение рабочего места: раздаточный материал. Справочная литература.

Алгоритм работы:

1. Пользуясь инструкцией и дополнительной литературой, изучить методику определения режима резания. Ознакомиться со справочниками. Ознакомиться с условием задания.

Задание:

1. Выполнить эскиз обработки.

2. Выбрать режущий инструмент.

3. Назначить глубину резания.

4. Определить подачу.

5. Рассчитать скорость резания.

6. Определить частоту вращения шпинделя и скорректировать по паспорту станка.

7. Определить действительную скорость резания.

8. Рассчитать основное технологическое время.

9. Составить отчет по данной форме.

Номер варианта	Заготовка, материал и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости	D, мм	d, мм	l, мм
1	2	3	4	5	6
1	Прокат. Сталь 20, $\sigma_b=500$ МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	90	82h12	260
2	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB160	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	110h12	310
3	Поковка. Сталь 12Х18Н9Т, HB180	Обтачивание в упор Ra=1,6 мкм	52	50e9	400
4	Прокат. Сталь 14Х17Н2, HB200	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	90	93H11	30
5	Отливка без корки СЧ30, HB220	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	80	83H11	50
6	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB210	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	124H12	100
7	Прокат. Сталь 38ХА, $\sigma_b=680$ МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	76	70h12	315
8	Обработанная. Сталь 35, $\sigma_b=560$ МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	97	100H11	75
9	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, HB170	Обтачивание в упор Ra=12,5 мкм	129	120h12	340
10	Обработанная. Серый чугун СЧ 10, HB160	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	80	0	3,5
11	Поковка. Сталь 40ХН, $\sigma_b=700$ МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	77	80H11	45

12	Обработанная. Сталь Ст3, $\sigma_b=600$ МПа	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	90	0	5
13	Прокат. Сталь 40Х, $\sigma_b=750$ МПа	Обтачивание в упор Ra=0,8 мкм	68	62e9	250
14	Обработанная. Сталь Ст5, $\sigma_b=600$ МПа	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	73	80H12	35
15	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB180	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	62	58h12	210
16	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB200	Подрезание втулки Ra=3,2 мкм	80	40	2,5
17	Поковка. Сталь 20Х, $\sigma_b=580$ МПа	Растачивание сквозное Ra=1,6 мкм	48	50H9	50
18	Обработанная. Сталь 50, $\sigma_b=750$ МПа	Подрезание торца втулки Ra=3,2 мкм	60	20	2,0
19	Отливка с коркой. Бронза Бр АЖН 10-4, HB170	Обтачивание на проход Ra=1,6 мкм	88	85e12	140
20	Прокат. Латунь ЛМцЖ 52-4-1, HB220	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	48	53H11	65
21	Обработанная. Серый чугун СЧ 30, HB220	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	65	0	1,5
22	Обработанная. Серый чугун СЧ 20, HB220	Обработка в упор Ra=3,2 мкм	74	80H11	220
23	Поковка. Сталь 30ХН3А, $\sigma_b=800$ МПа	Обработка на проход Ra=12,5 мкм	105	115H12	260
24	Прокат. Сталь 30ХМ, $\sigma_b=780$ МПа	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	80	0	2,5

25	Обработанная. Сталь 45, $\sigma_b=650$ МПа	Обработка на проход Ra=1,6 мкм	72	80Н9	100
----	--	--------------------------------	----	------	-----

Теоретический материал.

Назначать основные элементы режимов резания – это значит определить глубину резания, подачу и скорость; при этом оптимальными из них будут те, которые обеспечивают на данном станке наименьшую себестоимость процесса обработки детали. Такой порядок назначения элементов режима резания, когда для заданного инструмента сначала выбирается максимально возможная глубина резания t , затем максимально возможная подача s , а потом уже подсчитывается (с учетом оптимальной стойкости и других конкретных условий обработки) скорость резания V , объясняется тем, что для обычных резцов на температуре резания, а следовательно на износ и стойкость резца наименьшее влияние оказывает глубина резания, большее – подача и еще большее – скорость резания.

Методика назначения элементов режима резания при точении:

1. Глубина резания определяется в основном величиной припуска на обработку: $t = \frac{D - d}{2}$,

где D - диаметр заготовки в мм; d - диаметр обработанной поверхности в мм.

Глубина резания оказывает большое влияние на силы резания, увеличение которых может привести к снижению точности обработки. Поэтому, когда обработанной поверхности предъявляются повышенные требования, глубину резания назначают меньшей. Так, при получистовой обработке глубина резания назначается в пределах 0,5-2 мм, а при чистовой - в пределах 0,1-0,4 мм.

2. Подача. Для уменьшения машинного времени, т. е. повышения производительности труда, целесообразно работать с максимально возможной подачей с учетом факторов, влияющих на ее величину. Подача обычно назначается из таблиц справочников по режимам резания, составленных на основе специально проведенных исследований и опыта работы машиностроительных заводов. После выбора величины подачи из справочников ее корректируют по кинематическим данным станка, на котором будет вестись обработка (берется ближайшая меньшая).

3. Скорость резания также назначается из таблиц справочников по режимам резания, с учетом предварительно назначенной величины оптимальной стойкости.

4. Частота вращения шпинделя станка (заготовки) подсчитывается по найденной скорости резания:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

и корректируется по станку (берется ближайшее меньшее или большее,

если оно не превышает 5%), т. е. находится паспортное значение n_n , с которой будет вестись обработка.

5. Действительная скорость резания подсчитывается с учетом паспортного значения частоты вращения шпинделя:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_n}{1000}$$

6. Проверка выбранных элементов режима резания. При черновой обработке назначенная подача обязательно проверяется по прочности деталей механизма подачи станка, а в отдельных случаях (при нежестких и тяжелых условиях резания) — по прочности и жесткости инструмента, жесткости заготовки и прочности деталей механизма главного движения станка.

Проверяем рас-

четный режим по мощности. Резание возможно, если

$$N_{pes} \leq N_{un},$$

где N_{pes} - мощность потребная на резание, кВт;

N_{un} - фактически развивающаяся мощность на шпинделе станка, кВт.

Мощность, затрачиваемая на резание:

$$N_{pes} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт}$$

где P_z – тангенциальная сила резания, Н.

Если окажется, что мощности электродвигателя данного станка, на котором должна происходить обработка, не хватает, т.е. $N_{pes} = N_{un}$, то необходимо уменьшить скорость резания.

7. Основное время на обработку подсчитывается с учетом паспортных значений частоты вращения шпинделя и подачи.

$$T_o = \frac{L}{S_n \cdot n_n}$$

где L - длина рабочего хода инструмента в мм.

Вопросы для самопроверки:

1. Что значит назначить основные элементы режимов резания?
2. Порядок их определения.
3. Какие элементы режимов резания находятся по таблицам справочной литературы?
4. Какие из элементов режимов резания корректируются по паспортным данным станка?

Литература:

1. Технология металлов. Кнорозов Б.В., Усова Л.Ф., Третьяков А.В., Арутюнова И.А., Шабашов С.П., Ефремов В.К. М., «Металлургия», 1978. 940 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Т.2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Т.2. Под ред. А.А. Малова. – М.: Машиностроение, 1972.

Интернет источники:

1. Электронный ресурс [http://studopedia.ru/8_131379_metodika-naznacheniya-rezhimov-rezaniya.html]
2. Электронный ресурс [www.studfiles.ru/preview/2900456/]
3. Электронный ресурс [http://revolution.allbest.ru/manufacture/00297265_0.html]
4. Электронный ресурс [<https://infourok.ru/material.html?mid=34213>]

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Тема: «Расшифровка марок чугунов. Выбор области применения чугунов по их назначению и условиям эксплуатации».

Цель работы: усвоить алгоритм расшифровки марок чугунов и их основных свойств. Изучить области применения данного материала.

Приобретаемые умения и навыки: формирование умений расшифровки марок чугунов. Навыков определения по свойствам марки чугуна его назначения.

Норма времени: 4 часа.

Оснащение рабочего места: раздаточный материал.

Алгоритм работы:

1. Изучить теоретический материал и выполнить задание.

Задание

1. Выберите марки чугунов для изготовления следующих изделий:

- Станина
- Коленчатый вал
- Зубчатое колесо
- Валки прокатных станов
- Трубы
- Ступицы колес для автомобилей

2. Расшифруйте марки сплавов: СЧ10, ВЧ45, КЧ 37-12, СЧ24, ВЧ120, КЧ 45-6

3. Заполните таблицу:

Вид чугуна	Форма графита
Серый	
Высокопрочный	
Ковкий	

Теоретический материал.

Сплав железа с углеродом(>2,14%C) называется чугуном. Присутствие эвтектики в структуре чугуна обуславливает его использование исключительно в качестве литейного сплава. Углерод в чугуне может находиться в виде цемента или графита. Цементит придает излому специфический белый светлый блеск, поэтому чугун называется белым. Графит придает излому чугуна серый цвет. В зависимости от формы графита и условий его образования различают

следующие группы чугунов: серый, высокопрочный с шаровидным графитом и ковкой.

Серые чугуны согласно требованиям ГОСТ 1412 – 85 маркируются буквами СЧ. Цифры после букв указывают значение минимального временного сопротивления при растяжении (в мегапаскалях, умноженных на 10^{-1}). Марки серых чугунов СЧ10, СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35. Из них модифицированные СЧ18, СЧ21, СЧ24.

Например, расшифровка марки чугуна СЧ10: 10 – временное сопротивление при растяжении, то есть $\sigma_b = 100(10)$ МПа (кгс/мм²).

Модифицированные чугуны получаются в том случае, если в расплав серого чугуна с пониженным содержанием углерода перед разливкой ввести модификаторы в количестве 0,3 – 04 % от массы жидкого чугуна. Модификаторами являются ферросилиций, силикокальций и др. Структура модифицированных чугунов будет состоять из мелких, равномерно расположенных в металлической основе включений графита. Маркируются модифицированные чугуны так же, как и серые (по ГОСТ 1412 – 85).

Серый чугун находит применение:

- в станкостроении (базовые, корпусные детали, кронштейны, зубчатые колеса, станины, направляющие);
- в автостроении для изготовления блоков цилиндров, гильз, поршневых колец, распределительных валов, толкателей, седел клапанов, головок цилиндров, дисков сцепления;
- в электромашиностроении;
- для изготовления товаров массового потребления.

Износстойкость изделий из серых чугунов можно повысить термической обработкой.

Высокопрочный чугун получается из перлитного серого чугуна путем двойного модифицирования добавкой в жидкий чугун незадолго перед разливкой магния в количестве 0,03 – 0,07 % от массы чугуна и ферросилиция.

Магний способствует получению графита в форме шаров, кроме того, он повышает прочность металлической основы. Маркируются высокопрочные чугуны буквами ВЧ и последующими цифрами (ГОСТ 7293-85). Цифры марки показывают минимальное значение временного сопротивления при растяжении (в МПа · 10^{-1}). Марки высокопрочных чугунов: ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45, ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ100.

Например, чугун марки ВЧ60 имеет временное сопротивление при растяжении $\sigma_b = 600$ (60) МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$);

Высокопрочный чугун находит применение как новый конструкционный материал и как заменитель углеродистой стали, ковкого и серого чугуна. Из высокопрочного чугуна изготавливают как мелкие тонкостенные отливки (поршневые кольца), так и отливки массой до 15 т (шаботы ковочных молотов, станины и рамы прессов и прокатных станов).

Из высокопрочного чугуна изготавливают отливки коленчатых валов массой от нескольких килограммов до 2...3 т взамен кованых валов из стали. Чугунные валы по сравнению со стальными имеют более высокую циклическую вязкость, малочувствительны к внешним концентраторам напряжений, имеют лучшие антифрикционные свойства и значительно дешевле стальных валов. Хорошие литейные свойства при достаточно высокой прочности и пластичности позволяют во многих случаях заменять стальное литье и прокат. При этом достигается снижение массы деталей на 8...10 % и обеспечивается значительная экономия материала.

Применение высокопрочного чугуна взамен серого дает экономический эффект в тех случаях, когда за счет более высокой прочности снижается масса отливок или обеспечивается возможность упрощения монтажных работ (например, монтаж трубопроводов сваркой). Из высокопрочного чугуна изготавливают трубы, валки прокатных станов, детали турбин, изложницы, суппорты, резцодержатели, планшайбы и другие детали станков.

Ковкие чугуны получаются путем специальной графитизирующего отжига (томления) белых доэвтектических чугунов, содержащих от 2,2 до 3,2 % углерода.

Для получения ковкого чугуна необходимо отливки из малоуглеродистого белого чугуна, содержащего не более 2,8 % углерода, медленно нагревать в течение 20 – 25 ч в нейтральной среде до температуры 950 – 1000 $^{\circ}\text{C}$ и при этой температуре длительно (10 – 15 ч) выдерживать (первая стадия графитизации). Затем медленно охлаждать до температуры немного ниже эвтектоидного превращения (700 – 740 $^{\circ}\text{C}$ – в зависимости от состава чугуна) и длительное время (около 30 ч) выдерживать при данной температуре (вторая стадия графитизации). Далее вести охлаждение на воздухе.

Ковкие чугуны маркируются буквами КЧ с цифрами (ГОСТ 1215 – 79). Первые две цифры указывают временное сопротивление разрыву (в мегапаскалях), вторые цифры – относительное удлинение в процентах.

Ферритный ковкий чугун имеет следующие марки (ГОСТ 26358 – 84): КЧ 37 – 12 (362-12), КЧ35 – 10 (333-10), КЧ33 – 8 (323-8), КЧ 30 – 6 (294-6).

Перлитный ковкий чугун:

КЧ45 – 7; КЧ 50 – 5; КЧ 55 – 4; КЧ60 – 3; КЧ65 -3; КЧ70 – 2, КЧ80 – 1,5.

Отливки из ковкого чугуна должны соответствовать ГОСТ 26358 – 84.

Они хорошо сопротивляются ударам и вибрационным нагрузкам, хорошо обрабатываются резанием, обладают достаточной вязкостью.

К легированным (специальным) чугунам относятся:

1. Износостойкие чугуны: их обозначают буквами ИЧ и они маркируются по содержанию легирующих элементов, как и стали.

Чугуны марок ИЧХ4Г7Д; ИЧХ3ТД; ИЧХ28Н2; ИЧХ15М3 и др. применяют для изготовления лопаток дробометных турбин, шаров и броневых плит для мельниц, деталей насосов, лопастей шнеков.

2. Антифрикционные чугуны имеют в маркировке букву А. Они изготавливаются на основе серых, ковких и высокопрочных чугунов и предназначены для работы в узлах трения в паре с закаленными деталями.

Бывают следующих марок: АСЧ – 1 (с добавками Cr и Ni); АСЧ – 2 (с добавками Ti и Cu); АКЧ – 1; АКЧ – 2; АВЧ – 1; АВЧ – 2.

3. Жаростойкие чугуны ЖЧХ – 0,8; ЖЧХ – 2,5; ЖЧХ – 1,5 применяют для элементов конструкций доменных, термических и мартеновских печей, работающих при температуре до 650 °С. Высокохромистые чугуны ЖЧХ – 30 (28 – 30 % Cr) применяют для изготовления горелок, форм и др., работающих при температурах до 900 °С.

4. Коррозионно – стойкие чугуны – они стойки в щелочах, растворах соды, морской воде.

Вопросы для самоконтроля:

1. Напишите определение чугуна.

2. Что необходимо загрузить в доменную печь для получения чугуна?

3. Опишите способы получения ковкого и высокопрочного чугунов.

Литература:

1. Барташевич А.А. Материаловедение. – Ростов н/Д.: Феникс, 2011.

2. Материаловедение: Учебник для СПО. / Адаскин А.М. и др. Под ред. Соломенцева Ю.М. – М.: Высш. шк., 2011.

3. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение: Учебник для СПО. – Ростов н/Д.: Феникс, 2011.

4. Справочник по конструкционным материалам. / Под ред.

Арзамасова Б.Н. – М.: МГТУ им. Баумана, 2012.

Интернет источники:

1. Электронный ресурс [<http://www.studfiles.ru/preview/1755859/page:2/>]

2. Электронный ресурс [<http://mirsplava.ru/poleznaya-informatsiya/chuguni>]

3. Электронный ресурс [http://studopedia.ru/5_76618_markirovka-i-primenenie-chugunov.html]

4. Электронный ресурс [<http://nzse.ru/markirovka-i-rashifrovka-chugunov/>]

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Тема: «Расшифровка марок стали. Выбор области применения сталей по

их назначению и условиям эксплуатации».

Цель работы: усвоить алгоритм расшифровки марок сталей и их основных свойств. Изучить области применения данного материала.

Приобретаемые умения и навыки: формирование умений расшифровки марок сталей. Навыков определения по свойствам марки стали ее назначения.

Норма времени: 4 часа.

Оснащение рабочего места: раздаточный материал.

Алгоритм работы:

Повторить ранее пройденный и ниже представленный теоретический материал. Выполнить задание.

Задание.

1. Из приведенных букв и цифр составьте марки сталей: **У, Ш, 7, Р, 40, А, Х, 6, Х, 10, Ф, А, Х, 13, М, 5, 4**. Одну и ту же букву и цифру в марке нельзя использовать дважды.

2. Напишите основные легирующие элементы для конструкционных сталей и область применения.

Марка	Наименование	Обозначение марки		Области применения
		Символы	Содержание	
БСт3пс		Б		
		Ст		
		3		
		пс		
05кп		05		
		кп		
45		45		
30ХГСА		30		
		Х		
		Г		
		С		
		А		
Р6М5		Р		
		6		
		М		
		5		
33ХС		33		

X	
C	

3. Определите химический состав конструкционных легированных сталей по их маркам: **12Х18Н9Т, 15Х28, 12Х25Н16Г7АР.**

4. Определите химический состав инструментальных легированных сталей по их маркам: **7ХФ, Х6ВФ, Р10К5Ф5.**

Теоретический материал.

Сталь - сплав железа с углеродом, содержащий углерода не более 2,14 %, а также ряд других элементов

Классификация для правильного прочтения марки необходимо учитывать ее место в классификации стали по химическому составу, назначению, качеству, степени окисления. По химическому составу стали подразделяют на углеродистые и легированные. Стали по назначению делят на конструкционные, инструментальные и стали специального назначения с особыми свойствами. Стали по качеству классифицируют на стали обыкновенного качества, качественные, высокоизносостойкие и особо высокоизносостойкие. Классификация по степени окисления. Стали по степени раскисления классифицируют на спокойные, полуспокойные и кипящие.

Таблица 1. Классификация сталей

Стали по химическому составу			
Углеродистые		Легированные	
низкоуглеродистые (до 0,25% C) среднеуглеродистые (0,25-0,6% C) высокоуглеродистые (более 0,6% C)		низколегированную (с суммарным содержанием легирующих элементов до 2,5%) среднелегированную (от 2,5 до 10%) высоколегированная (свыше 10%)	
По назначению			
инструментальные		конструкционные	
по качеству (содержанию вредных примесей)			
обыкновенного качества со- держат до 0,06% S и 0,07% P	качественные — до 0,035% S и 0,035% P	высококачественные - не более 0,025% S и 0,025% P	особо высококачественные - не более 0,015% S и 0,025% P.

Конструкционные стали – стали, предназначенные для изготовление различных деталей, узлов механизмов и конструкций.

Инструментальные стали – стали, применяемые для обработки материалов резанием или давлением, а также для изготовления измерительного инструмента

Специальные стали — это высоколегированные (свыше 10%) стали, обладающие особыми свойствами - коррозионной стойкостью, жаростойкостью, жаропрочностью, износстойкостью и др.

Углеродистые стали

К углеродистым сталим относят стали, не содержащие специально введенные легирующие элементы.

Конструкционные углеродистые стали

Стали углеродистые обыкновенного качества (сталь с достаточно высоким содержанием вредных примесей S и P) обозначают согласно ГОСТ 380-94. Эти наиболее широко распространенные стали поставляют в виде проката в нормализованном состоянии и применяют в машиностроении, строительстве и в других отраслях. Углеродистые стали обыкновенного качества обозначают буквами Ст и цифрами от 0 до 6. Цифры—это условный номер марки. Чем больше число, тем выше содержание углерода, выше прочность и ниже пластичность. Перед символом Ст указывают группу гарантированных свойств: А, Б, В. Если указание о группе отсутствует, значит предполагается группа А. Например, СТ3; БСТ4; ВСТ2. Сталь обыкновенного качества выпускается также с повышенным содержание марганца (0,8-1,1% Mn). В этом случае после номера марки добавляется буква Г. Например, БСТЗГпс. После номера марки стали указывают степень окисления: кп - кипящая, пс - полуспокойная, сп - спокойная сталь. Например, ВСТ3пс.

Таблица 2. Структура обозначения углеродистых сталей

Группа стали	Обозначение	Номер стали	Степень раскисления	Категория
А	Ст	0	-	1,2,3
		1,2,3,4	кп, пс, сп	
		5,6	пс, сп	
Б	БСт	1,2,3,4	кп, пс, сп	1,2
		5,6	пс, сп	
В	ВСт	1,2,3,4	кп, пс, сп	1,2,3,4,5
		5	пс, сп	

Таблица 3. Значение букв и цифр, употребляющихся при маркировке сталей обыкновенного качества

Обозначение	Расшифровка обозначения
А	Группа сталей, поставляемая с гарантированными механическими свойствами. Обычно при обозначении сталей букву А опускают

Б	Группа сталей, поставляемая с гарантированным химическим составом
В	Группа сталей, поставляемая с гарантированными химическим составом и механическими свойствами
Ст	Сокращенное обозначение термина «сталь»
0-6	Условные марки стали Г Наличие буквы Г после номера стали означает повышенное содержание марганца
Кп	Сталь «кипящая», окисленная только ферромарганцем
Пс	Сталь «полуспокойная», окисленная ферромарганцем и алюминием
Сп	Сталь «спокойная», то есть полностью оскисленная

Примеры обозначения и расшифровки:

1. БСТ2кп – сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества, группы Б, поставляемая с гарантированным химическим составом, номер 2, кипящая.

2. СТ5Гпс – сталь конструкционная обыкновенного качества, группы, поставляемая с гарантированными механическими свойствами, номер 5, содержание марганца до 1%, полуспокойная.

3. ВСт3сп - сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества, группы В, поставляемая с гарантированным химическим составом и механическими свойствами, номер 3, спокойная.

Качественная конструкционная сталь – сталь с заметно меньшим содержанием серы, фосфора и других вредных примесей. Обозначается согласно ГОСТ 1050-88. Сталь маркируют двузначными числами, которые обозначают содержание углерода в сотых долях процента, и поставляют с гарантированными показателями химического состава и механических свойств. По степени окисления сталь подразделяют на кипящую (кп), полуспокойную (пс), спокойную (без указания индекса). Буква Г в марках сталей указывает на повышенное содержание марганца (до 1%).

Примеры обозначения и расшифровки:

1. Сталь 05кп – сталь конструкционная низкоуглеродистая, качественная, содержащая углерода 0,05%, кипящая. 2. Сталь 25 - сталь конструкционная низкоуглеродистая, качественная, содержащая углерода 0,25%, спокойная. 3. Сталь 60Г - сталь конструкционная среднеуглеродистая, качественная, содержащая углерода 0,6%, марганца 1%, спокойная.

Инструментальные углеродистые стали маркируют в соответствии с ГОСТ 1435-90.

Инструментальные углеродистые стали выпускают следующих марок: У7.У8ГА.У8Г, У9, У 10, У 11, У 12 и У13. Цифры указывают на содержание углерода в десятых долях процента. Буква Г после цифры означает, что сталь имеет повышенное содержание марганца. Марка инструментальной углеродистой стали высокого качества имеет букву А.

Примеры обозначения и расшифровки:

1. У12 – сталь инструментальная, высокоуглеродистая, содержащая 1,2% углерода, качественная.
2. У8ГА - сталь инструментальная, высокоуглеродистая, содержащая 0,8% углерода, 1% марганца, высококачественная
3. У9А - сталь инструментальная, высокоуглеродистая, содержащая 0,9% углерода, высококачественная.

Легированной называют сталь со специально введенным одним или более легирующим элементом.

Обозначение легированных сталей

Легированные стали маркируются комбинацией цифр и заглавных букв алфавита. В обозначении нет слова «сталь» или символа «Ст». Например, 40Х, 38ХМ10А, 20Х13. Первые две цифры обозначают содержание углерода в сотых долях процента. Следующие буквы являются сокращенным обозначением элемента. Цифры, стоящие после букв, обозначают содержание этого элемента в целых процентах. Если за буквой не стоит цифра, значит содержание этого элемента до 1%.

Таблица 4. Обозначение элементов марка

Алюминий	Al	Ю	Молибден	Mo	М
Кремний	Si	С	Селен	Se	Е
Азот	N	А	Вольфрам	W	В
Бор	B	Р	Никель	Ni	Н
Марганец	Mn	Г	Цирконий	Zr	Ц
Медь	Cu	Д	Железо	Fe	Ж
Ванадий	V	Ф	Титан	Ti	Т
- Ниобий	Nb	Б	Кобальт	Co	К
Тантал	Ta	Та	Хром	Cr	Х

Для изготовления измерительных инструментов применяют Х, ХВГ. Стали для штампов: 9Х, Х12М, 3Х2Н8Ф. Стали для ударного инструмента: 4ХС, 5ХВ2С.

Обозначение быстрорежущих сталей

Все быстрорежущие стали являются высоколегированными. Это стали для оснащения рабочей части резцов, фрез, сверл и т.д. Маркировка быстрорежущих сталей всегда начинается с буквы Р и числа, показывающего содержание вольфрама в процентах. Наиболее распространенными марками являются Р9, Р18, Р12.

Легированные стали с особыми свойствами.

1. Коррозионностойкие стали. Коррозионностойкой (или нержавеющей) называют сталь, обладающую высокой химической стойкостью в агрессивных средах. Коррозионностойкие стали получают легированием низко- и среднеуглеродистых сталей хромом, никелем, титаном, алюминием, марганцем. Антикоррозионные свойства сталям придают введением в них большого

количества хрома или хрома и никеля. Наибольшее распространение получили хромистые и хромоникелевые стали. Например, хромистые стали 95Х18, 30Х13, 08Х17Т.

Хромоникелевые нержавеющие имеют большую коррозийную стойкость, чем хромистые стали, обладают повышенной прочностью и хорошей технологичностью в отношении обработки давлением. Например, 12Х18Н10Т, 08Х10Н20Т2.

2. Жаростойкие обладают стойкостью против химического разрушения в газовых средах, работающие в слабонагруженном состоянии.

3. Жаропрочные стали – это стали, способные выдерживать механические нагрузки без существенных деформаций при высоких температурах. К числу жаропрочных относят стали, содержащие хром, кремний, молибден, никель и др. Например, 40Х10С2М, 11Х11Н2В2МФ.

4. Износстойкие – стали, обладающие повышенной стойкостью к износу: шарикоподшипниковые, графитизированные и высокомарганцовистые. Особенности обозначения подшипниковых сталей.

Маркировка начинается с буквы Ш, цифра, стоящая после буквы Х, показывает содержание хрома в десятых долях процента. Например, ШХ9, ШХ15ГС.

Примеры обозначения и расшифровки

1. 40ХГТР – сталь конструкционная, легированная, качественная, содержащая 0,4% углерода и по 1% хрома, марганца, титана, бора, остальное – железо и примеси.

2. 38Х2МЮА – сталь конструкционная, легированная, высококачественная, содержащая 0,38% углерода, 2% хрома, 1% молибдена, алюминия, остальное железо и примеси.

3. ХВГ – сталь конструкционная, легированная, качественная, содержащая 1% углерода и по 1% хрома, марганца, остальное – железо и примеси.

4. ШХ15 – сталь подшипниковая, инструментальная, качественная, содержащая 1% углерода, 1,5% хрома, остальное – железо.

5. Р10К5Ф5 – сталь быстрорежущая, инструментальная, качественная, содержащая 1% углерода, 10% вольфрама, 5% кобальта, 5% ванадия, остальное – железо

Вопросы для самоконтроля:

1. Как подразделяются стали по способу производства?
2. Обозначение высококачественной стали.
3. Какие легирующие элементы повышают коррозионные свойства стали?
4. Что такое легирующий элемент? Его назначение.

Литература:

1. Вишневецкий Ю.Т. Материаловедение для технических колледжей: Учебник. – М.: Дашков и Ко, 2011.

2. Материаловедение: Учебник для СПО. / Адаскин А.М. и др. Под ред. Соломенцева Ю.М. – М.: Высш. шк., 2011.
3. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение: Учебник для СПО. – Ростов н/Д.: Феникс, 2011.
4. Справочник по конструкционным материалам. / Под ред. Арзамасова Б.Н. – М.: МГТУ им. Баумана, 2012.

Интернет источники:

1. Электронный ресурс [<http://www.studfiles.ru/preview/5873045/page:5/>]
2. Электронный ресурс [<http://met-all.org/stal/marki-stali-tablitsa-markirovka-rasshifrovka.html>]
3. Электронный ресурс [<http://tehtab.ru/guide/guidematerials/metalls/steelsandsteelalloys/approxapplicationssteels/>]
4. Электронный ресурс [<http://promplace.ru/vidy-metallov-i-klassifikaciya-staty/marki-stali-1512.htm>]

3. Литература

1. Барташевич А.А. Материаловедение. – Ростов н/Д.: Феникс, 2011.
2. Вишневецкий Ю.Т. Материаловедение для технических колледжей: Учебник. – М.: Дашков и Ко, 2011.
3. Материаловедение: Учебник для СПО. / Адаскин А.М. и др. Под ред. Соломенцева Ю.М. – М.: Высш. шк., 2011.
4. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение: Учебник для СПО. – Ростов н/Д.: Феникс, 2011.
5. Справочник по конструкционным материалам. / Под ред. Арзамасова Б.Н. – М.: МГТУ им. Баумана, 2012.

Дополнительные источники:

6. Заплатин В.Н. Справочное пособие по материаловедению (металлообработка): Учеб. пособие для НПО. – М.: Академия, 2008.
7. Материаловедение: Учебник для ВУЗов. / Под ред. Арзамасова Б.Н. – М.: МГТУ им. Баумана, 2008.
8. Материаловедение: Учебник для СПО. / Под ред. Батиенко В.Т. – М.: Инфра-М, 2006.
9. Моряков О.С. Материаловедение: Учебник для СПО. – М.: Академия, 2008.
10. Основы материаловедения (металлообработка): Учеб. пособие для НПО. / Заплатин В.Н. – М.: Академия, 2008.
11. Ржевская С.В. Материаловедение: Учебник для ВУЗов. – М.: Университетская книга Логос, 2006.
12. Солнцев Ю.П. Материаловедение: Учебник для СПО. – М.: Академия,

2008.

13. Технология металлов. Кнорозов Б.В., Усова Л.Ф., Третьяков А.В., Арутюнова И.А., Шабашов С.П., Ефремов В.К. М., «Металлургия», 1978. 940 с.
14. Черепахин А.А. Материаловедение: Учебник для СПО. – М.: Академия, 2006.
15. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело: Учеб. пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, 2009.

Интернет ресурсы:

1. Электронный ресурс [<http://libmetal.ru>]
2. Электронный ресурс [<http://www.studfiles.ru>]
3. Электронный ресурс [<http://www.conatem.ru>]
4. Электронный ресурс [<http://studopedia.ru>]
5. Электронный ресурс [<http://www.mehanica-kvs.narod.ru>]
6. Электронный ресурс [<http://www.eope.ee>]
7. Электронный ресурс [<http://www.razlib.ru>]
8. Электронный ресурс [<http://revolution.allbest.ru>]
9. Электронный ресурс [<https://infourok.ru>]
10. Электронный ресурс [<http://mirsplava.ru>]
11. Электронный ресурс [<http://nzse.ru>]
12. Электронный ресурс [<http://met-all.org>]
13. Электронный ресурс [<http://tehtab.ru>]
14. Электронный ресурс [<http://promplace.ru>]