

Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Свердловской области

«ЕКАТЕРИНБУРГСКИЙ ТЕХНИКУМ «АВТОМАТИКА»

Рекомендовано к реализации:

методическим советом,

Председатель методического совета

 Л.Н. Пахомова



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

ОП.04 ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

ППРКС СПО по профессии

15.01.32 Оператор станков с программным управлением

2017 г.

Аннотация

Практические работы для формирования у студентов общих и профессиональных компетенций разработаны на основе рабочей программы ОП.04 Основы материаловедения для группы ЧПУ, профессия Оператор станков с программным управлением

Организация-разработчик:

государственное автономное профессиональное образовательное учреждение Свердловской области «Екатеринбургский техникум «Автоматика»

(название юридического лица)

Разработчик:

преподаватель высшей квалификационной категории государственного автономного профессионального образовательного учреждения Свердловской области «Екатеринбургский техникум «Автоматика», Пономарева Татьяна Аркадьевна

(ФИО педагогического работника)

Правообладатель:

государственное автономное профессиональное образовательное учреждение Свердловской области «Екатеринбургский техникум «Автоматика», г.Екатеринбург, Надеждинская, 24. Тел/факс 324-03-79.

(название юридического лица)

Практическая работа №1

Физические и химические свойства металлов

Задачи работы:

- изучить физические и химические свойства металлов;
- рассмотреть методы борьбы с коррозией металлов;
- написать вывод о проделанной работе: для чего надо знать физические и химические свойства металлов.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задачи практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Запишите физические свойства металлов;
4. Запишите методы защиты металлов от коррозии
5. Запишите вывод о проделанной работе: для чего надо знать свойства металлов.
6. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Группы свойств металлов

Чтобы правильно выбрать марку конструкционного материала, режимы обработки заготовок, квалифицированный рабочий должен знать основные свойства металлов (конструкционных материалов) и их сплавов.

Все свойства конструкционных материалов подразделяются на следующие группы: физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные (рис. 1).

Физические свойства металлов и сплавов

Физические свойства — свойства конструкционных материалов, которые определяют состояние вещества при определенных условиях (нормальной или повышенной температуре, нагревании до жидкого и охлаждении до кристаллического состояния), поведение в электрическом или магнитном поле, при пропускании электрического тока или теплоты и т. д.

К физическим свойствам относятся цвет, плотность, плавкость (температура плавления), кристаллизация (температура затвердевания), линейное и объемное расширение при нагревании, электро- и теплопроводность, теплоемкость, способность намагничиваться и др.

Физические свойства имеют различные единицы измерения, которые дают сравнительную характеристику конструкционных материалов. Знание физических свойств металлов и их сплавов дает возможность научно обосновывать выбор технологии обработки и условия эксплуатации.

Химические свойства металлов и сплавов

Общие характеристики. В материаловедении под химическими свойствами понимают характер взаимодействия атомов металлов с другими металлами или неметаллами в процессе кристаллизации (затвердевания). В зависимости от механизма взаимодействия атомов соединяемых веществ образуются различные химические структуры (сплавы).

Рассмотрим химические свойства не с точки зрения механизма взаимодействия атомов соединяемых веществ, а с точки зрения механизма активности или инертности к внешней среде, взаимодействия с этой средой свободных поверхностей деталей, механизмов, машин и различных сооружений. Благодаря взаимодействию с внешней средой на свободных поверхностях конструкционных материалов происходят изменения химического состава. Эти изменения проявляются в различных формах в зависимости от степени активности материалов. Наиболее активно химическое взаимодействие происходит с кислородом и водой (происходит окисление). При этом железо покрывается толстым коричневым слоем коррозии

(ржавчины), медь — зеленым налетом, алюминий — серой пленкой, свинец быстро тускнеет и т. д. При нагревании железо и железоуглеродистые сплавы активно окисляются, превращаясь в окалину. Особенно это происходит в среде каких-нибудь газов. При активном образовании окалины при повышенной температуре уменьшается объем и масса металла. Этот процесс называется угаром металла. Из-за низкой химической стойкости некоторых конструкционных материалов (сталей, чугунов) особенно активно идет химическое изменение или разрушение и окисление поверхности деталей в таких средах, как воздух, морская вода, кислоты, щелочи и др.

Коррозия металлов. Коррозия (от лат. *corrosio* — разъедание) — это разрушение поверхностного слоя металлов под воздействием окружающей среды (рабочего тела). В процессе коррозии происходит потускнение поверхности, разъедание, травление и разрушение металла. Эти процессы ограничивают применение металлов.

Разрушение поверхности металла коррозией может быть вызвано несколькими причинами: искаженной формой атомно-кристаллической структуры, химической неоднородностью (ликвацией), остаточными напряжениями, окружающими физическими условиями и другими многочисленными факторами. Скорость процесса коррозии можно уменьшить или вообще приостановить, если точно определить ее природу, меняя физические условия работы деталей и механизмов или химический состав металла, его структуру.

В зависимости от рабочей среды, в которой постоянно находятся детали, механизмы и конструкции из металлов и их сплавов, процессы коррозии подразделяются:

- на газовую коррозию (в сухих газах);
- атмосферную коррозию (в условиях открытой атмосферы, влажного естественного воздуха);
- коррозию в жидких растворах (воде, электролитах, неэлектролитах, нефти и нефтепродуктах);
- почвенную коррозию.

Коррозионные разрушения металлов и сплавов бывают следующих видов (рис.):

- общая, или сплошная, коррозия поверхности металлов;
- язвенная коррозия;
- структурно-избирательная коррозия;
- межкристаллитная (интеркристаллитная) коррозия;
- местная коррозия;
- коррозия под напряжением;
- щелевая коррозия;
- биокоррозия.

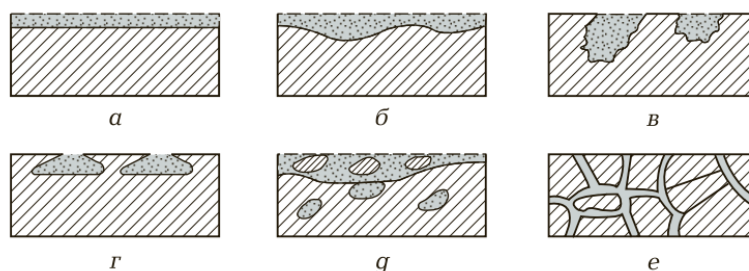


Рис. Виды коррозионных разрушений металлов и сплавов:

*а — сплошная равномерная коррозия; б — сплошная неравномерная коррозия;
в — язвенная коррозия; г — подповерхностная коррозия;
д — избирательная коррозия; е — межкристаллитная коррозия*

Все виды коррозии, изображенные на рис. 2, характерны тем, что в конструкциях происходит постепенное разрушение поверхности металла. В одних случаях это скрытое коррозионное разрушение, в других открытое. В зависимости от структуры сплава, химической прочности зерен и правильной или искаженной атомной кристаллической решетки, а также неоднородности по химическому составу (ликвации) кислород избирательно взаимодействует с металлом. Практика показывает, что структуры твердых растворов (аустенит) и химических соединений (карбид) обладают более высокой коррозионной стойкостью, чем

структура механических смесей и структура твердого раствора феррита. Особенно опасными являются подповерхностная, язвенная и межкристаллитная коррозия. Эти виды коррозии разрушают металл, что может привести к поломке деталей (конструкций).

По механизму воздействия на металл коррозия подразделяется на химическую и электрохимическую.

Химическая коррозия происходит под воздействием на поверхность металлов и сплавов сухого воздуха, газов, жидкостей, не взаимодействующих с электрическим током, различных нефтепродуктов и расплавленных солей. В результате воздействия перечисленных факторов поверхность металла покрывается тонкой оксидной пленкой. У некоторых металлов оксидная пленка плотная и прочная и при нормальных условиях препятствует дальнейшему распространению коррозии. Такие защитные оксидные пленки называются природными.

Электрохимическая коррозия — это образование множества мельчайших гальванических элементов (пар) под действием тока, при котором происходят движение электронов металла в электролит и разрушение этого металла.

Сущность электрохимической коррозии металлов заключается в том, что она протекает в различных жидкостях, проводящих электрический ток. В обычных условиях вода впитывает из атмосферы различные соли с образованием слабых электролитов. Между металлом и электролитами образуется электрическая пара (гальванический элемент). Под ее воздействием происходит медленное постоянное разрушение (коррозия) металла. При этом атомы, находящиеся в узлах кристаллических решеток металла (конструкций и сооружений), вступая в контакт с жидким раствором (электролитом), переходят в этот раствор, образуя коррозию. Электрохимической коррозии подвергаются все металлические конструкции, сооружения, машины, находящиеся под открытым небом, так как они постоянно взаимодействуют с влагой (водой), а также металлы, находящиеся в почве (трубопроводы, опоры линий электропередачи, мосты и т. д.).

Методы защиты металлов от коррозии. В практике разработаны различные эффективные методы защиты металлов от коррозии, которые широко применяются в различных отраслях промышленности и строительстве.

Неметаллические покрытия являются наилучшей временной защитой изделий машиностроения от коррозии. Как правило, в этом случае применяют густые консервационные материалы: защитные масла и смазки. Защитные смазки для изделий в машиностроении применяют для транспортировки и хранения, а также для консервации.

Использование защитных смазок сводится к временной изоляции металла от коррозионной среды. Защитить металлические поверхности изделий от коррозии маслами и смазками полностью не удастся. В процессе транспортировки и временного хранения изделия обортывают в промасленную или пропарафинированную бумагу для изоляции от влажного воздуха, атмосферных осадков и т. д.

Для повышения антикоррозионной защиты металлических поверхностей изделий в масла и смазки вводят ингибиторы, которые подавляют, нейтрализуют или временно замедляют процесс коррозии. Применение смазок и масел предохраняет металлические поверхности машинной техники, используемой сезонно (машины сельскохозяйственного назначения, военная и аварийная техника), и запасных частей к ней. Для защиты металлических поверхностей применяют смазку ГОИ-54, вазелин, кремний органический, вазелин технический, органический и др.

Лакокрасочные покрытия и фенолформальдегидные смолы изолируют металл от контакта с рабочей средой, увеличивают электрическое сопротивление, защищая металл от химического и электрохимического воздействия. Эти покрытия должны обладать большой механической прочностью, газо- и водонепроницаемостью. Лакокрасочными покрытиями предохраняют от коррозии почти все сооружения, эксплуатируемые в атмосфере, а также станки, трубопроводы, батареи отопления и т. д. Различные трубопроводы, контактирующие с агрессивной средой, покрывают смолами. В отдельных случаях используют покрытия пластмассами.

Металлические покрытия также защищают металлы от коррозии. Одним из способов получения многослойных антикоррозионных покрытий является плакирование. Этот вид покрытий заключается в прокатке листов (труб), лент и других изделий с металлами, устойчивыми к коррозии. В качестве металлов, предохраняющих от коррозии, применяют медь, алюминий, хром и тонкие листы коррозионно-стойкой стали. Получаемый в процессе проката тонкий наружный слой металла (с одной или двух сторон) устойчив к химической и электрохимической коррозии.

Другой способ получения многослойного металлического покрытия — лужение (окунание в жидкий расплавленный металл) медью, оловом, цинком и др.

В практике широко применяется производство листов, ленты, проволоки и другой продукции в виде луженых, хромированных, оцинкованных, алитированных и других видов проката, а также производство труб, покрытых цинком, алюминием, кремнием и другими металлами (сталь— медь, сталь— латунь, сталь— бронза, сталь— никель и др.). К этому типу покрытий относится также металлизация поверхности стальных деталей и заготовок методом напыления расплавленного антикоррозионного металла с помощью пистолета или электрической дуги (плазменное покрытие).

К разновидностям многослойных металлических покрытий относятся также гальванические покрытия. При гальванических покрытиях изделия основного металла, соединенного с отрицательным потенциалом, опускают в электролит, содержащий соли коррозионно-стойкого металла (медь, цинк, хром, никель и др.) или пластины из чистого металла. Эти пластины (или электролиты) заряжаются положительным потенциалом. Под действием разности потенциалов в электролит (пластины металла) выпадают электроны, которые оседают на основном (покрываемом) металле, предохраняя его от коррозии. Достоинством гальванических покрытий является равномерное образование на поверхности деталей коррозионно-стойкого металла — металла покрытия. Этим методом производят меднение, хромирование, цинкование, никелирование, серебрение, золочение и др.

К разновидности металлических антикоррозионных покрытий относятся также диффузионные покрытия — насыщение защищаемых поверхностей на небольшую глубину коррозионно-стойкими металлами: хромом, алюминием, серой и другими элементами. Этот метод получил название химико-термической обработки (ХТО).

Легирование — один из наиболее эффективных методов получения коррозионно-стойких конструкционных материалов. При легировании в конструкционные материалы в процессе плавки добавляются коррозионно-стойкие металлы и неметаллы. Легирующие элементы, составляющие сплав, образуют на поверхностях конструкционных материалов прочные и плотные оксидные пленки, предохраняющие металлы от коррозии, или образуют с железом структуру аустенита, который обладает высокой стойкостью к коррозии. В практике в качестве коррозионно-стойких конструкционных материалов выпускают хромистые, хромоникелевые, хромоникелевые с титаном и другие легированные стали и сплавы.

Химические покрытия нашли широкое применение в машиностроении. Сущность химических покрытий заключается в образовании на поверхности деталей пленки, состоящей из металла детали и присадочного материала.

В машиностроении применяются следующие виды химических покрытий: воронение, оксидирование и фосфатирование.

Воронение заключается в нагреве детали до температуры 270 ... 290 °С и протирании ее минеральным маслом. Разновидностью воронения является нагрев деталей до температуры 450 ... 550 °С и неоднократное опускание их в минеральное масло. После каждого съема детали тщательно насухо протирают.

В процессе воронения на поверхности деталей образуется пленка, состоящая из солей железа темно-синего или черного цвета. В связи с тем что пленка солей железа, образуемая при воронении, плотная и прочная, она не пропускает атомы кислорода и воды, предохраняя поверхность деталей от коррозионного разрушения.

Оксидирование заключается в кипячении деталей в водном растворе селитры, едкого натра или пероксида марганца. На поверхности деталей, также как и при воронении, образу-

ется прочная, плотная пленка синего или черного цвета, из магнитного оксида железа (Fe_3O_4), предохраняющая детали от коррозии.

Фосфатирование заключается в обработке деталей в смеси фосфорной кислоты и железистых и марганцевых солей. При этом на поверхности деталей образуется пленка, состоящая из фосфата железа и фосфата марганца. Пленка не растворяется в воде, не пропускает кислород, механически прочная и надежно защищает детали от коррозии. Цвет детали — черный.

Протекторная защита — это наиболее эффективный метод защиты сооружений из стали и чугуна (мосты, нефтепроводы, газопроводы, теплосистемы и другие объекты, имеющие важное народно-хозяйственное значение), для которых применение перечисленных методов защиты от коррозии невозможно из-за их высокой стоимости или больших габаритных размеров этих сооружений. Сущность этого метода заключается в том, что металлическая конструкция (котел) подключается в сеть постоянного тока (батарея) к отрицательному потенциалу — катоду. Рядом с металлическим сооружением на глубину промерзания в водоносные слои помещается пластина активного металла (цинк, свинец, магний и др.). Эта пластина соединяется с положительным потенциалом — анодом. Под действием ЭДС электроны катода (пластины, соединенной с отрицательным потенциалом) переходят к аноду. Пластины, разрушаясь, предохраняют основной металл от разрушения.

Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» разработал и предложил большую серию протекторных сплавов и конструкций протекторов, которые успешно применяются в судостроении, нефтедобывающей, нефтяной, газовой промышленности, машиностроении и коммунальном хозяйстве.

В настоящее время Богословский алюминиевый завод (Свердловская область) освоил выпуск алюминиевых сплавов, которые предназначены для производства протекторов широкого диапазона (марки АП-1, АП-2, АП-3 и др.). Из этих сплавов выпускают протекторы различных типов и конструкций: П-КОА-10, П-КОА-3 (одинарные), П-ККА-13, П-ПОА-10 (конечные), П-КЛА-15 (линейные). Выпуск протекторов различных конструкций и назначений предусматривают ГОСТ 26251—84* и ТУ 48-0102-113/0—90.

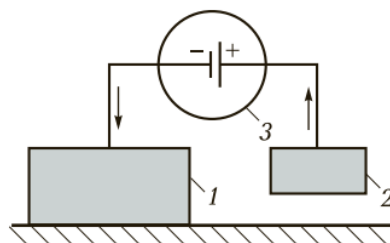


Рис. Протекторная защита металлических конструкций и сооружений:

1 — защищаемая металлическая конструкция (катод); 2 — пластина активно корродирующего металла (анод); 3 — источник ЭДС (батарея постоянного тока)

Протекторы характеризуются следующими параметрами: срок службы от 1 до 50 лет; зона защитного действия от 1 до 300 м². Срок службы зависит от массы протектора. На основании проведенных исследований электрохимических характеристик алюминиевых протекторов в пластовых и подтоварных водах для нефтегазовых устройств разработана система протекторной защиты от коррозии на срок службы не менее 10 лет при диаметре трубопроводов не менее 320 мм (система ПАКР). Эта система предназначена для протекторной защиты внутренних поверхностей резервуаров внутренних систем от электрохимической коррозии при любом уровне жидкой фазы.

Система состоит из протяженного гальванического анода — протектора, составленного из отдельных стержней, соединенных между собой электросваркой. Анод (протектор) размещается на днище резервуара. При уровне воды более 2 м стержни размещаются вертикально. Скорость анодного растворения не более 4 кг анодов в год. Срок службы не менее 5 лет. Степень защиты не менее 95 %.

Вывод о проделанной практической работе: для чего надо знать физические и химические свойства металлов.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Какие свойства металлов вам известны?
2. Перечислите физические свойства
3. Какие свойства металлов относятся к химическим свойствам?
4. Что называется коррозией металлов?
5. Какие существуют виды коррозионных разрушений металлов

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф.образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

Практическая работа №2

Механические свойства металлов

Задачи работы:

- изучить механические свойства металлов;
- написать вывод о проделанной работе: для чего надо знать механические свойства металлов.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задачи практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
2. Заполните таблицу Механические свойства металлов;
3. Решите задачу;
6. Запишите вывод о проделанной работе: для чего надо знать механические свойства металлов;
5. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Механические свойства металлов и сплавов

Механические свойства — это группа свойств, которые характеризуют способность конструкционных материалов выдерживать (или не выдерживать) различные механические нагрузки: прочность, пластичность, упругость, твердость и ударную вязкость. Под воздействием механических нагрузок детали машин и механизмы могут разрушаться (или не разрушаться) в зависимости от механических характеристик.

Для определения механических характеристик конструкционные материалы подвергают следующим видам механических испытаний: испытание на растяжение, сжатие, кручение, изгиб, усталость, динамические испытания (на удар), испытание при повторно-переменных нагрузках.

Прочность конструкционных материалов. Показателем работоспособности троса (подъема груза) является прочность конструкционного материала.

Прочность — это способность конструкционных материалов выдерживать (или не выдерживать) различные механические нагрузки не разрушаясь (или разрушаясь). Например, трос подъемного крана, изготовленный из стали, поднимает и перемещает груз определенной массы в пределах установленной для данной марки стали прочности. Железнодорожный мост рассчитан на строго заданную грузоподъемность. Прочность определяется пределом прочности при растяжении (временным сопротивлением), который характеризует напряжения или деформации, соответствующие максимальным (до разрушения образца) значениям нагрузки.

Предел прочности σ_b , МПа/мм², определяется по формуле: $\sigma_b = R_{max} / F_0$,
где R_{max} — наибольшая нагрузка, МПа (кгс/мм²); F_0 — площадь поперечного сечения образца (детали) до растяжения, мм². Эта величина также называется временным сопротивлением разрыву.

Пластичность конструкционных материалов. Пластичность — это способность конструкционных материалов изменять свою форму и размеры под действием нагрузки и сохранять остаточную деформацию после снятия нагрузки. Пластичность — свойство, обратное упругости. Пластичность характеризуется относительным удлинением и относительным сужением.

Относительное удлинение δ , %, показывает, на сколько увеличилась длина образца в процессе растяжения, и определяется по формуле: $\delta = ((l_1 - l_0) / l_0) * 100$

где l_0 — длина образца до растяжения, мм; l_1 — длина образца после растяжения, мм.

Относительное сужение Ψ , %, показывает, на сколько процентов уменьшится площадь поперечного сечения образца после растяжения, и определяется по формуле:

$$\Psi = ((F_0 - F_1) / F_0) * 100$$

где F_0 — площадь поперечного сечения образца до растяжения, мм²; F_1 — площадь поперечного сечения образца после растяжения, мм².

Величина пластичности зависит от физико-механических свойств конструкционных материалов, их хрупкости. Хрупкие материалы при растяжении или других видах деформаций разрушаются без удлинения (изгиба), внезапно (например, серые чугуны), поэтому хрупкость является отрицательным свойством материалов.

Свойство пластичности широко используется в производстве деталей из конструкционных материалов методом деформирования (прокатки, волочения,ковки, штамповки, слесарных операций и др.). При этом металл в горячем состоянии деформированию подвергается значительно легче, чем в холодном состоянии. При деформировании в холодном состоянии заготовки получают наклеп (упрочнение). Повышается твердость, прочность, ударная вязкость. Устраняется хрупкость, уменьшается пластичность. При горячем деформировании конструкционные материалы повышают механические свойства: твердость, пластичность, прочность и ударную вязкость; устраняется хрупкость.

Отсутствие пластичности приводит к внезапному разрушению деталей. Примеры пределов прочности, относительного удлинения и сужения некоторых материалов приведены в таблице.

Таблица Пределы прочности и пластичности конструкционных материалов			
Марка (группа) конструкционного материала	Предел прочности σ_b , МПа (кгс/мм ²)	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение Ψ , %
Сталь низкоуглеродистая (марок 08 — 10)	330 ... 350 (33 ... 35)	31 ... 33	55 ... 60
Сталь высокоуглеродистая (марок 75 — 85)	1 100 ... 1 150 (110 ... 115)	8 ... 9	30
Медь чистая (марка М1к)	220 ... 240 (22 ... 24)	45 ... 50	75
Чугун серый (марка СЧ30)	300 (30)	—	—

Ударная вязкость. Способность конструкционных материалов сопротивляться ударным нагрузкам называется ударной вязкостью (ударной прочностью). В процессе работы большинство деталей машин и механизмов испытывают ударные нагрузки, которые также называются динамическими нагрузками. Для определения условий работы конструкционных материалов при тех или иных динамических нагрузках существует метод испытания материалов на ударный изгиб при различных температурах (ГОСТ 9454—78*). Ударная вязкость (прочность) определяется на специальном приборе, называемом маятниковым копром (рис.).

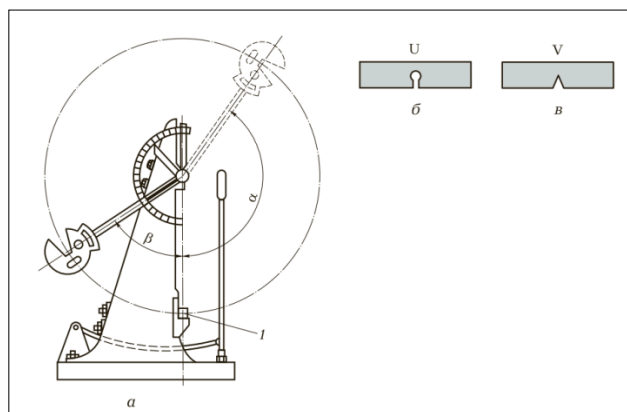


Рис. Маятниковый копер:

a — общий вид прибора; *б* — U-образный концентратор напряжения; *в* — V-образный концентратор напряжения; *1* — испытуемая деталь; *а* — угол подъема маятника; *б* — угол отклонения маятника после разрушения образца

Для определения ударной вязкости материалов изготавливают специальные образцы с концентраторами напряжений, которые испытывают на маятниковых копрах. Образцы изготавливают с U-, V-, Т-образными концентраторами. Образцы устанавливают на опоры маятникового копра посередине концентраторов напряжений. Далее разрушают образец. В результате разрушения определяют полную работу K , затраченную на разрушение образца при ударе (работа удара), или ударную вязкость K_C .

Таким образом, под ударной вязкостью понимают работу удара, отнесенную к начальной площади поперечного сечения образца в месте концентратора. Ударную вязкость обозначают K_{CU} , K_{CV} или K_{CT} в зависимости от вида концентратора (U-образный концентратор с радиусом 1 мм; V-образный концентратор с радиусом 0,25 мм; Т — трещина усталости, образованная в основании надреза). Ударная вязкость K_C , Дж/м² (кгс · м/см²), вычисляется по формуле: $K_C = K/S_0$,

где K — работа удара, Дж/м² (кгс · м/см²); S_0 — начальная площадь поперечного сечения образца в месте концентратора, м² (см²).

Таблица. Ударная вязкость некоторых конструкционных материалов			
Марка стали	Ударная вязкость K_{CU} , Дж/см ² , при 20 °С	Марка стали	Ударная вязкость K_{CU} , Дж/см ² , при 20 °С
Ст2кп	24 ... 64	15	120
Ст5сп	71	45	76 ... 80
Ст08	235	15Х	111 ... 156

При определении ударной вязкости, отличной от нормальной температуры, указывают цифровой индекс, соответствующий температуре испытания. Например, $K_{CU} 20$ означает, что испытание проведено при температуре 20 °С.

Таблица Механические свойства металлов

Свойство	Что характеризует	Обозначение, единицы измерения	Формула
Прочность			
Пластичность			
Ударная вязкость			

Задача 1.

Определите относительное удлинение и марку стали, если при испытании стандартного образца из этой стали на разрыв его начальные размеры составляли $d_0 = 10$ мм и $L_0 = 100$ мм. Длина образца после разрыва $L_k = 119$ мм.

Предлагаемые марки стали:

30 ($\delta = 20\%$)

35 ($\delta = 19\%$)

45 ($\delta = 17\%$)

Вывод о проделанной практической работе: для чего надо знать механические свойства металлов

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что характеризуют механические свойства?
2. С какой целью определяются механические свойства?
3. Что называется деформацией? Виды деформации деталей, возникающих в процессе работы?
3. Какие есть способы повышения прочности металлов и сплавов?
4. Какими параметрами характеризуется пластичность металлов?
5. Какие испытания металлических образцов вам известны?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф.образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

Лабораторно-практическая работа 3

Твердость конструкционных материалов.

Определение твердости по методу Бринелля

Задачи работы:

- изучить механическое свойство металлов – твердость;
- рассмотреть методы определения твердости;
- определить твердость металлов по методу Бринелля;
- написать вывод о проделанной практической работе: сравнить твердость образцов и дать характеристику материалам с самым высоким числом твердости НВ.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задачи практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Запишите понятие твердости материалов;
4. Заполните таблицу 1. Статистические методы определения твердости;
5. Определите твердость материалов по методу Бринелля;
6. Запишите результаты испытаний по определению твердости материалов по методу Бринелля
7. Запишите вывод о проделанной практической работе: сравнить твердость образцов и дать характеристику материалам с самым высоким числом твердости НВ.
8. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Твердость конструкционных материалов. Твердость — это способность конструкционных материалов противостоять проникающим нагрузкам. Свойство твердости проявляется при обработке материалов резанием, в подшипниках качения и скольжения, зубчатых зацеплениях и различных трущихся деталях и механизмах. Чем выше твердость деталей и инструмента, тем выше износостойкость и надежность работы механизмов и стойкость режущих инструментов. В зависимости от твердости обрабатываемого материала выбираются режимы обработки заготовок резанием. Твердость режущего инструмента обуславливает их стойкость (время работы от заточки до заточки). Конструкционные материалы в сыром состоянии имеют низкую твердость. Для повышения износостойкости деталей и инструмента их подвергают различным видам термической или химико-термической обработки, в процессе которой твердость повышается в 2 — 3 раза. В металловедении определение твердости конструкционных материалов основано на вдавливании в испытуемый образец какого-либо наконечника (индентора) под нагрузкой. В практике определения твердости металлов широкое применение нашли методы Бринелля, Роквелла, Виккерса, микротвердости, упругой отдачи, ударного отпечатка и метод царапания (резания).

Определение твердости металлов и сплавов по *методу Бринелля* проводится на шариковых твердомерах типа ТШ (рис. 5). Определение твердости конструкционных материалов в сыром состоянии (до закалки) по методу Бринелля предусматривает ГОСТ 9012—59*. Твердость по Бринеллю обозначается буквами НВ и числовым индексом, полученным в результате испытания. Например, 150 НВ.

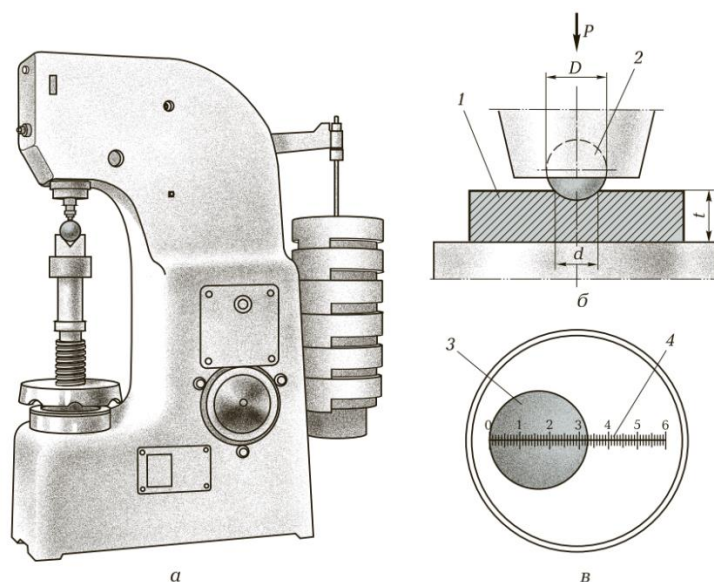


Рис. Твердомер Бринелля:

а — общий вид прибора; б — схема испытания; в — измерение диаметра отпечатка с помощью микрометрической лупы; 1 — образец; 2 — шарик; 3 — лунка; 4 — шкала лупы; P — нагрузка на шарик; D — диаметр шарика; d — диаметр лунки; t — толщина образца

Определение твердости конструкционных материалов вдавливанием в образцы алмазного конуса (шкалы А и С) или стального закаленного шарика (шкала В) под определенной нагрузкой (предварительной и основной) называется **методом Роквелла** (ГОСТ 9013—59*). Твердость по методу Роквелла определяется на приборах типа ТК (с электрическим приводом) и ТВ (с ручным приводом). На рис. 6 представлен твердомер типа ТК. Твердость, измеренная по методу Роквелла, обозначается символами HRC, HRA или HRB (А, В, С — соответствующие шкалы, зависящие от величины нагрузки) и цифрами (значения твердости). Нагрузка выбирается в зависимости от толщины и условий твердости испытываемых деталей. Так, стальные закаленные детали толщиной не менее 1 мм испытываются при предварительной нагрузке 100 Н (10 кгс) и основной нагрузке 1 400 Н (140 кгс). Общая нагрузка при этом составит 1 500 Н, или 150 кгс.

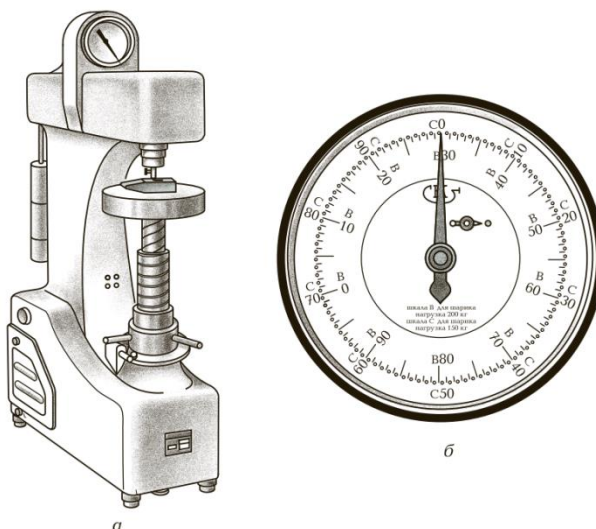


Рис. Твердомер Роквелла: а — общий вид прибора; б — шкала прибора

Методом Виккерса (ГОСТ 2999—75*) определяют твердость химико-термически обработанных, а также тонких закаленных деталей путем вдавливания четырехгранной алмазной пирамиды под нагрузкой 9,807 ... 980 Н (1 ... 100 кгс). На рис. приведен твердомер типа ТВ для определения твердости по методу Виккерса. При измерении твердости по методу Виккерса основными параметрами являются нагрузка $P = 294,2 \text{ Н}$ (30 кгс) и время выдержки 10 ... 15 с.

В этом случае твердость по Виккерсу обозначается индексом HV и числом твердости (например, 350 HV). При других условиях нагрузка и время выдержки даются после символа твердости (например, запись 200 HV 10 — 25 означает, что твердость образца по Виккерсу составляет 200 единиц при нагрузке 100,07 Н (10 кгс) и времени выдержки 25 с.

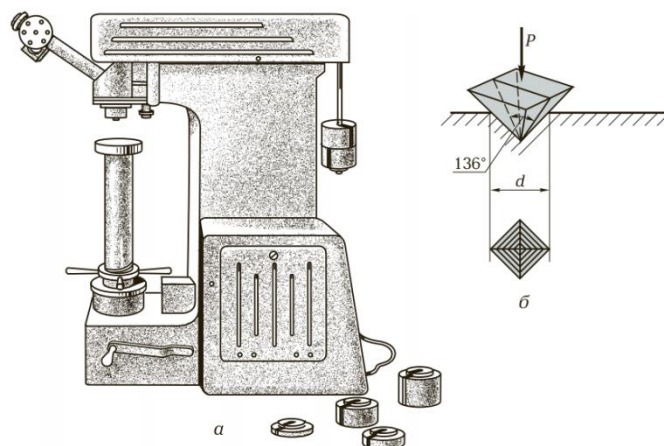


Рис. Твердомер Виккерса: а — общий вид прибора; б — схема испытания; Р — нагрузка, действующая на пирамиду; d — диагональ отпечатка

Числовое значение твердости по Бринеллю и Виккерсу в пределах 100 ... 450 единиц приблизительно совпадает с истинной твердостью конструкционных материалов.

В других случаях общего точного перевода чисел твердости по Виккерсу в числа твердости по другим методам или в прочность при растяжении не существует.

Выпускаются также универсальные приборы нового поколения для определения твердости одновременно по методу Виккерса и Бринелля — приборы мод. 2137ТУ, ХПО-250 и др.

Таблица 1. Статистические методы определения твердости

Метод	Сущность метода	Испытуемый материал	Условное обозначение показателя твердости

Порядок определения твердости материалов по методу Бринелля

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия твердомера.
2. В зависимости от испытуемого материала и типа образца выберите столик прибора, нагрузку, диаметр шарика, время выдержки под нагрузкой (таблица 2, таблица 3).
3. Установите образец на столик прибора. Подъемом столика к наконечнику индентора создайте предварительную нагрузку (1000 Н) на образец, затем приложите основную нагрузку.
4. После окончания испытания снимите образец и замерьте диаметр отпечатка, по величине которого определите значение твердости по формуле: $HV = 2P / \pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})$,
где Р — нагрузка, Н; D — диаметр шарика, мм; d— диаметр отпечатка, мм.
5. Заполните таблицу 4 Результаты испытаний

Таблица 2 Выбор нагрузки и диаметра шарика

Толщина испытываемого материала, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка Р, Н		
		Чугун, сталь	Медь, латунь, брон- за	Алюминиевые сплавы
Более 6	10	30000	10000	2500
3 ... 6	5	7500	2500	625
Менее 3	2,5	1875	625	156

Таблица 3 Выбор времени выдержки образца под нагрузкой в зависимости от диаметра шарика и нагрузки

Металлы	Твердость НВ	Толщина материала, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка Р, Н	Время выдерж- ки, с
Черные	Более 140	3...6 2...4	10 5	30000 7500	10
	Менее 140	Более 6	10	10000	10
Цветные	Менее 130	3...6	10	30000	30
		2...4	5	7500	
		Более 6	10	10000	
	35...130	3...9	10	10000	30
		3...9	5	2000	
		Менее 3	2,5	625	
	8...35	Более 6	10	2500	60
		3...4	5	625	
		Менее 3	2,5	165	

Таблица 4 Результаты испытаний по определению твердости материалов по методу Бринелля

№ испытания	Материал	Толщина материала, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка Р, Н	Диаметр отпечатка d, мм	Твердость НВ

Вывод о проделанной практической работе: сравнить твердость образцов и дать характеристику материалам с самым высоким числом твердости НВ.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называется твердостью?
2. В чем заключается сущность определения твердости по методу Бринелля?
3. Какими методами можно определить твердость материалов?
3. Какими приборами можно определить твердость материалов?
4. Что используется в качестве инденторов в приборах?
5. Как учитываются показатели твердости?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф.образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
Фазы и структуры железоуглеродистых сплавов.
Диаграмма состояния сплава «Железо-Углерод»

Задачи работы:

- изучить понятия фаза и структура железоуглеродистых сплавов;
- рассмотреть зависимость механических свойств сплавов от их структуры;
- изучить диаграмму состояния сплава железо-углерод;
- написать вывод о проделанной практической работе: практическое применение диаграммы состояния сплава железо-углерод.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задачи практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Запишите сущность понятий фаза и структура железоуглеродистых сплавов;
4. Заполните таблицу Зависимость механических свойств сплавов от их структуры;
4. Рассмотрите диаграмму состояния сплава Железо-Углерод. Поясните характерные точки диаграммы, лежащие на этих линиях;
5. Запишите вывод о проделанной работе: с какой целью строят диаграммы состояния сплавов
6. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Фазы и структуры железоуглеродистых сплавов

Железоуглеродистый сплав в зависимости от физических условий (температура, давление) может находиться в трех фазовых состояниях: жидкой, полужидкой и твердой фазе, каждая из которых, несмотря на однородность химического состава, имеет различные физические и механические свойства. При изучении свойств железоуглеродистых сплавов научно-практический интерес представляют различные структуры твердой фазы, которые при взаимодействии с углеродом образуют железо. Это химическое соединение цементит, твердые растворы аустенит и феррит, механические смеси перлит и ледебурит.

Цементит — химическое соединение углерода с железом (карбид железа) Fe_3C . Структура цементита представляет собой сложную ромбическую атомно-кристаллическую решетку со слабой металлической связью. Температура начала плавления цементита — 1147 °С, конца плавления — 1600 °С. Цементит с различными химическими элементами, находящимися в железоуглеродистых сплавах, образует твердые растворы замещения. При определенных условиях (температура и высокое давление) цементит распадается на свободный углерод (графит).

Цементит — ферромагнетик, аллотропных изменений не имеет, при температуре 217 °С теряет магнитные свойства. Количество углерода в цементите всегда постоянно и составляет 6,67 %. Цементит — самая твердая (700...800 НВ) и хрупкая структурная составляющая железоуглеродистых сплавов, режет стекло, не поддается обработке резанием. Пластичность цементита равна нулю. В изломе цементит имеет мелкозернистое или игольчатое строение, белый блестящий цвет и является типичной структурой белых передельных чугунов.

Феррит — твердый раствор внедрения углерода в α -железе. Это малонауглероженное железо с массовой долей углерода до 0,02 %. Феррит имеет твердость 60...80 НВ, прочность на растяжение $\sigma_B = 250$ МПа, пластичность 8...50 %, является микроструктурой низкоуглеродистых сталей, которая представляет собой крупные светлые зерна.

Аустенит — твердый раствор внедрения углерода в γ -железе. Максимальная концентрация углерода в аустените составляет 2,14 %, твердость — 170...220 НВ. Аустенит образуется при температуре 727 °С и имеет неустойчивую структуру, при охлаждении распадается. Структура аустенита обладает высокими механическими (прочность, пластичность, вязкость, твердость) и технологическими свойствами.

Перлит — механическая смесь твердого раствора феррита и химического соединения цементита. Такая смесь получила название эвтектоида (легкораспадающийся). Перлит имеет мелкопластинчатую или зернистую структуру. Массовая доля углерода в перлите составляет 0,83 %, твердость — 200...240 НВ, предел прочности на растяжение $\sigma_B = 1100... 1150$ МПа. Перлит — структура неустойчивая, при температуре 727 °С распадается на аустенит.

Ледебурит — механическая смесь аустенита и цементита. Ледебурит (эвтектика) содержит 4,3 % углерода, плавится при постоянной температуре 1147 °С.

Диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов

Диаграмма состояния железо—углерод — это наглядное универсальное графическое изображение физико-химических процессов, происходящих в железоуглеродистых сплавах.

Так как практическое применение находят железоуглеродистые сплавы с массовой долей углерода до 6,69 %, рассмотрим диаграммы состояния этих сплавов. В металловедении практическое применение нашли два вида диаграмм состояния железо-углерод: стабильная диаграмма — железо—графит (свободный углерод) и метастабильная диаграмма — железо—цементит (карбид железа).

Железо — вещество аллотропное. Углерод также обладает аллотропией (полиморфизмом).

В природе углерод, находясь в твердом агрегатном состоянии, может существовать в форме графита и в форме алмаза. При нормальных условиях графит является более устойчивой формой существования. При повышении температуры и давления графит приобретает структуру алмаза. Следовательно, алмаз — это метастабильная модификация графита. Графит имеет гексагональную атомно-кристаллическую решетку.

В связи с тем что железоуглеродистый сплав состоит из двух химических веществ, обладающих аллотропией (полиморфизмом), это свойство сохраняется и в сплаве. Таким образом, благодаря полиморфизму железоуглеродистый сплав будет иметь следующие фазы или структуры:

- жидкая фаза (Ж);
- полужидкая фаза (Ж + Ф; Ж + А; Ж + Ц);
- структура феррита (Ф или Fe- α);
- структура аустенита (А или Fe- γ);
- структура цементита (Ц);
- структура ледебурита (Л);
- структура перлита (П).

Следует отметить, что феррит, аустенит и ледебурит образуются при первичной кристаллизации, а перлит — при вторичной кристаллизации. Кроме того, цементит в сплаве может быть трех модификаций: первичный (выпадает из жидкого раствора); вторичный (выпадает из аустенита); третичный (выпадает из феррита).

Рассмотрим диаграмму состояния железо—цементит. По диаграмме можно определить структуру сплавов как после медленного охлаждения, так и после нагрева.

Критическая точка *A* соответствует температуре плавления железа (1539 °С). Критическая точка *H* — температуре плавления цементита (1600 °С). Точки *H* и *P* показывают массовую долю углерода в феррите: *H* — при температуре 1499 °С (высокотемпературная концентрация), *P* — при температуре 727 °С (низкотемпературная концентрация). Полиморфное превращение в железе происходит в точках Си *N*. Критическая точка *E* показывает наиболь-

шую массовую долю растворимости углерода в структуре аустенита — 2,14 % (наибольшую концентрацию). Температуре расплавления сплава (1147 °С) с массовой долей углерода 4,3 % при нагревании соответствует точка *C*. При охлаждении в этой точке выделяется ледебурит — механическая смесь первичного цементита и аустенита (эвтектика). Критическая точка *E* соответствует выделению 100 %-ного первичного цементита (температура 1147 °С).

Соединяя характерные точки, соответствующие фазовым состояниям микроструктур, с критическими точками железа, получаем поверхности раздела (границы), которые раскрывают все физико-химические процессы, происходящие в железоуглеродистых сплавах при нагревании (охлаждении). Рассмотрим эти линии (границы) для сплава с массовой долей углерода 6,67 %.

По достижении температур, соответствующих линии *ABCB* (линия ликвидуса), стали и чугуны при нагревании расплавляются и при охлаждении начинают затвердевать. Выше этой линии будет жидкая фаза, ниже — полужидкая.

При температурах, образующих линию *ASFECE* (линия солидуса), стали и чугуны начинают плавиться при нагревании и затвердевают при охлаждении.

Линия *PEK* лежит на горизонтальной прямой, соответствующей температуре 727 °С, при которой происходит первое аллотропное превращение (первичная кристаллизация). Второе аллотропное превращение (вторичная кристаллизация) происходит по линии *TЗД*.

Линия *KEI* — линия 100 %-ного химического соединения углерода с железом (цементит). Линия *PC* — линия низкоуглеродистого твердого раствора феррита и цементита.

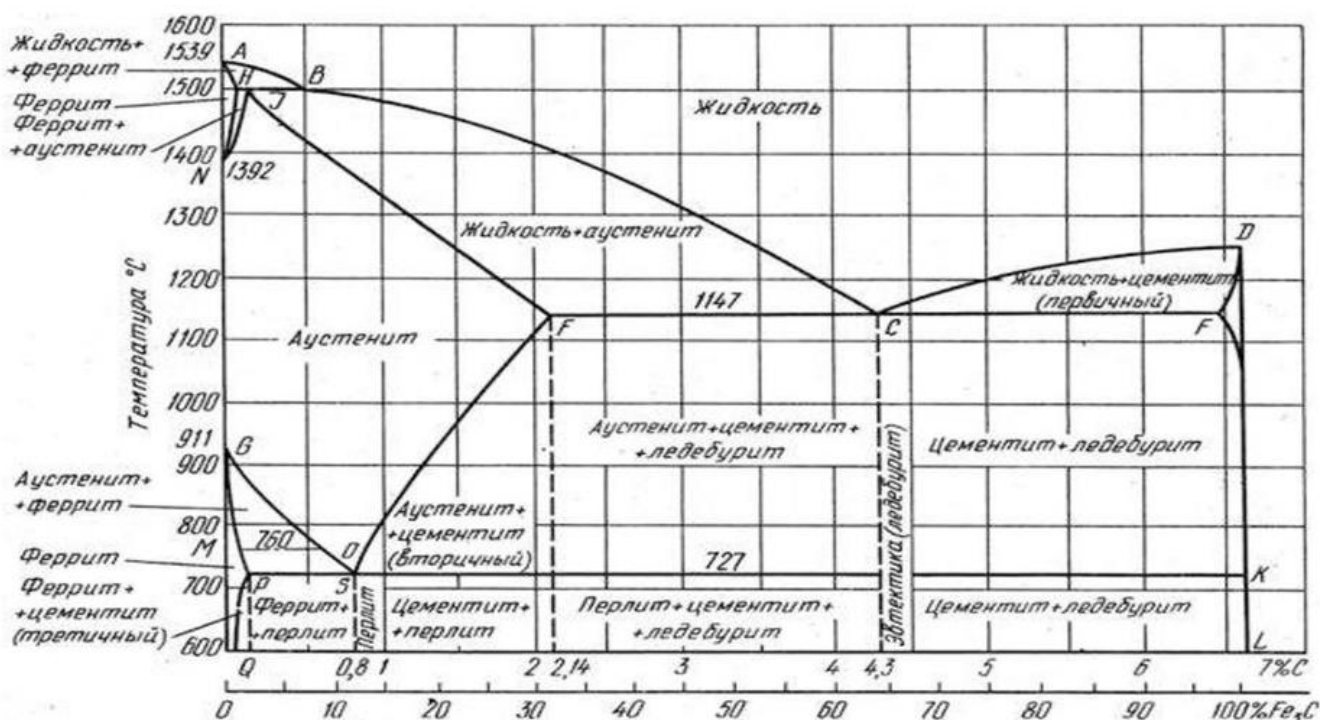


Рис. Диаграмма состояния сплава железо—углерод

Геометрическая фигура *ЛВГНМ* показывает область перитектического превращения сплава.

Диаграмма состояния железо—графит (Fe—C) представляет собой диаграмму, аналогичную диаграмме железо—цементит. Для более наглядного изучения диаграммы состояния железо—графит критические точки накладывают на диаграмму железо—цементит, что дает возможность лучше разобраться в физико-химических процессах обоих сплавов. На рис. 2.12 диаграмма состояния сплава Fe—C показана пунктирной линией.

В сплаве железо—графит несколько изменяются критические температуры аллотропных превращений. Например, эвтектоидное превращение происходит при температуре 738 °С и массовой доле углерода 0,7 %. В этом случае эвтектоид называется графитовым состо-

ящим из феррита и графита. Штриховыми линиями показаны границы раздела состояния системы. При температуре 1153 °С (линия $E'S'E'$) структура начинает расплавляться с образованием жидкого раствора и первичного графита. Линия $3'E'$ — граница выделения вторичного графита из аустенита. Линия $C'Г'$ — граница полного расплавления первичного графита. При температуре 1153 °С образуется эвтектика с массовой долей углерода 4,26 %, имеющая структуру аустенита и графита. Такая структура называется графитовой.

Железоуглеродистые сплавы кристаллизуются при условии медленного охлаждения и наличия в сплаве графитизирующих компонентов. Быстрота охлаждения железоуглеродистых сплавов способствует образованию сплава железо — цементит.

Зная конкретную массовую долю углерода в углеродистых сталях и чугунах, по диаграмме $Fe-Fe_3C$ на горизонтальной оси находим соответствующую точку. Из этой точки восстанавливаем перпендикуляры, а пересечения перпендикуляров с любыми плоскостями раздела (линиями) дадут нам критические точки для конкретных марок сталей и чугунов.

Рассмотрим пример определения температуры перекристаллизации и плавления стали марки 40 с массовой долей углерода 0,4 %.

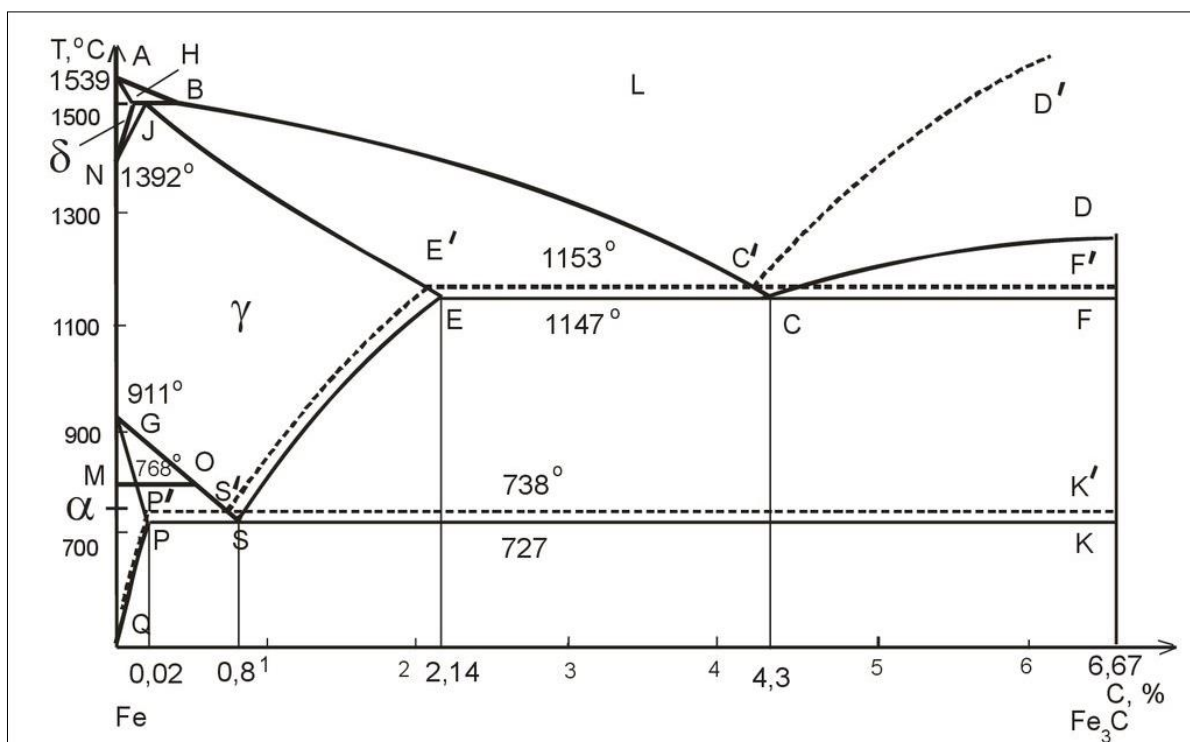
На диаграмме железо — цементит на оси ординат (концентрация углерода) из точки, соответствующей 0,4 % углерода, восстанавливаем перпендикуляр $1-1$. Перпендикуляр пересекает кривые диаграммы железо — цементит, образуя критические точки.

Сталь марки 40 с массовой долей углерода 0,4 % при нормальных условиях и до температуры 727 °С будет иметь структуру: 50 % феррита + 50 % перлита. В процессе нагревания при температуре 727 °С (точка 1) структура перлита будет медленно распадаться, образуя структуру аустенита. В связи с тем что в процессе распада структур происходит интенсивное поглощение энергии (теплоты), на кривой будет горизонтальный участок $7-7'$. После полного распада перлита в структуре стали до температуры 760 °С никаких изменений не происходит, сталь медленно нагревается (на диаграмме наклонная кривая $1-2$), структура стали феррит + аустенит. При пересечении перпендикуляра $7-7'$ (см. рис. 2.12) с линией GS (точка 2) начинается преобразование структуры феррита в структуру аустенита. На диаграмме это горизонтальный участок $2-2'$ (см. рис. 2.13), так как пока происходит распад феррита в аустенит, температура не повышается (происходит поглощение энергии). При дальнейшем нагревании от точки $2'$ до точки 3 (от 760 °С до 1480 °С) структура стали будет постоянной — аустенит. В точке 3 (1480 °С) происходит расплавление части аустенита. Пока часть аустенита расплавляется, температура стали остается постоянной, и на кривой будет горизонтальный участок $3-3'$. Между точками $3'$ и 4 структура стали будет аустенит + жидкая фаза.

Таблица Зависимость механических свойств сплавов от их структуры

Структура	Механические свойства		
	Прочность	Твердость	Пластичность
Феррит			
Цементит			
Перлит			
Ледебурит			

Схематично нанесите основные линии диаграммы состояния сплава Железо-Углерод в тетрадь. Укажите характерные точки диаграммы, лежащие на этих линиях.



1. Заполните таблицу

Критическая точка	T, °C	C, %	Значение точки
A			
D			
H			
P			
G			
N			
E			
C			
F			

2. Отметьте на диаграмме структуры железоуглеродистых сплавов.

Вывод о проделанной практической работе: практическое применение диаграммы состояния сплава железо-углерод.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что из себя представляет диаграмма состояния железо-углерод?
2. Утверждение, что железо и углерод вещества аллотропные, правильное?
3. В какой форме находится углерод в твердом агрегатном состоянии?
4. Какие структуры железоуглеродистых сплавов образуются при первичной кристаллизации? При вторичной кристаллизации?
5. Какие химические элементы вводят в железоуглеродистые сплавы с целью улучшения их свойств?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения (металлообработка): учеб. пособие. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Серый литейный чугун

Задачи работы:

- изучить получение, химический состав, свойства область применения серого чугуна;
- рассмотреть марки серого чугуна, правила расшифровки марок.
- написать вывод о проделанной работе: почему к названию серого чугуна добавлено литейный

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задача практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Напишите, как получают серый чугун
4. Заполнить таблицу Серый литейный чугун;
5. Выполнить задания
6. Запишите вывод о проделанной работе: почему к названию серого чугуна добавлено литейный
7. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Литейный серый чугун свое название получил благодаря высоким литейным свойствам (жидкотекучести и низкой усадке), а также из-за темно-серого цвета. В изломе имеет крупнозернистое строение. Мягкий, хорошо подвергается обработке резанием. Твердость литейных серых чугунов составляет 140...260 НВ. Предел прочности на растяжение $\sigma_B = 100...450$ МПа. Относительное удлинение $\delta = 0,2...0,5$ %. В отечественном машиностроении до 74 % всех ответственных отливок получают из литейного серого чугуна.

По микроструктуре литейные серые чугуны подразделяются на ферритно-графитные, ферритно-перлитные и перлитные. Углерод в этих чугунах находится в свободном состоянии в виде графита. Чем больше массовая доля углерода, тем больше в сером чугуне структуры графита и ниже его механические свойства, поэтому максимальное содержание углерода ограничено его доэвтектическими пределами, т.е. не более 4 %, а практически до 3,7 %.

Снижение содержания углерода понижает его литейные свойства. В связи с этим устанавливается нижний предел по массовой доле углерода. Он равен примерно 2,2 %. Нижний предел принимается для толстостенных отливок, верхний — для тонкостенных.

Доменные цеха выпускают серый чугун в виде чушек, которые поставляются в литейные цеха машиностроительных заводов.

Литейный серый чугун состоит из железа, углерода, а также других химических элементов, поэтому не является двухкомпонентным сплавом. Кроме углерода в своем составе он содержит кремний, марганец, серу и фосфор. Кремний и марганец влияют на процесс графитизации, на образование микроструктуры и на механические и технологические свойства отливок из серого чугуна.

Углерод влияет на свойства чугуна в зависимости от формы соединения с железом, т.е. от структуры, которая образуется в сплаве.

На образование структур в совокупности взаимодействуют условия плавки и охлаждения, а также наличие сопутствующих химических элементов: марганца, кремния и незначительно серы и фосфора.

Кремний с массовой долей 3...5 % в серых чугунах способствует выделению углерода в виде графита. Изменяя массовую долю кремния, можно получить отливки с различной структурой, а с изменением структуры изменяются и механические свойства чугуна. Например, чугун со структурой в виде пластинчатого графита имеет относительное удлинение $\delta =$

0,2... 1,1 %, а чугун со структурой графита хлопьевидной формы имеет относительное удлинение $\delta = 5 \dots 10$ %. Кремний способствует образованию микроструктуры графита, придает чугуна ряд ценных механических, технологических и эксплуатационных свойств, улучшает обрабатываемость резанием. Кроме того, графитовые включения (пористые, мягкие) быстро гасят вибрации, колебания и рассеивают по массе несущих деталей ударные нагрузки.

Детали из чугуна нечувствительны к механическим повреждениям. Благодаря структуре графита серый чугун обладает высокими антифрикционными свойствами. В этом случае графит действует как смазывающее вещество. В связи с вышеперечисленными свойствами кремний является постоянным и обязательным элементом в литейных серых чугунах.

Марганец препятствует графитизации чугуна, отбеливает его, способствует образованию структуры измельченного перлита (феррит + цементит), улучшая механические свойства. Массовая доля марганца в серых чугунах колеблется в пределах 0,2... 1,1 %, при этом прочность, износостойкость и твердость повышаются. При большем содержании марганца происходит уменьшение структуры перлита и феррита, увеличение структуры цементита, и чугун становится твердым, но хрупким.

Сера — вредная примесь. Она оказывает отрицательное действие на механические и литейные свойства серых чугунов, понижает жидкотекучесть, увеличивает усадку, способствует образованию трещин. Массовая доля серы для мелкого литья — 0,08 %, для крупного литья, в котором не требуется повышенная жидкотекучесть, — 0,10...0,12 %.

Фосфор в литейных чугунах является полезной примесью, так как он увеличивает жидкотекучесть. Кроме того, фосфор способствует образованию такой структуры, которая повышает общую твердость и износостойкость отливок. Высокое содержание фосфора (до 0,7 %) повышает хладостойкость чугуна, поэтому в отливках, работающих при нагрузках, массовая доля фосфора может достигать 0,3 %, а в отливках, работающих без нагрузок (художественное и бытовое литье), — 0,7 %.

На образование микроструктуры и графитизацию фосфор влияния не оказывает. На практике по структурным диаграммам в зависимости от массовой доли углерода и кремния в чугуне определяют его приблизительную микроструктуру в отливках с толщиной стенок 50 мм.

Согласно ГОСТ 1412—85 существуют следующие марки серого чугуна: СЧ10, СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35, СЧ40 и СЧ45, где буквы СЧ означают литейный серый чугун, а цифры — предел прочности на растяжение. Например, чугун марки СЧ15 имеет прочность на растяжение 15 кгс/мм^2 (150 МПа).

Таким образом, литейные серые чугуны имеют высокие механические свойства (σ_b — до 45 кгс/мм^2), а также высокие технологические свойства (литейные свойства, обрабатываемость резанием и др.). Кроме того, как уже отмечалось, литейный серый чугун обладает способностью гасить и рассеивать вибрации и нагрузки. Это свойство называется демпферным свойством. Оно широко используется в станкостроении. Из литейного серого чугуна, обладающего демпферным свойством, отливают станины станков, машин и другие несущие конструкции, которые позволяют создавать точность и жесткость системы станок—приспособление—инструмент—деталь (СПИД).

Главными технологическими свойствами являются высокая жидкотекучесть и обрабатываемость резанием. Отливки из литейного серого чугуна хорошо поддаются обработке на различных металлорежущих станках: точению, фрезерованию, строганию, сверлению, шлифованию и шабрению. В связи с широким диапазоном механических свойств (прочности и твердости) этот чугун находит применение в различных отраслях народного хозяйства. Например, низкосортный серый чугун применяется для изготовления отливок, работающих без нагрузок (бытовое и художественное литье, грузы, подставки, крышки, пробки, плиты, фланцы и т.д.). Литейный серый чугун с пределом прочности 200 МПа и более применяется для отливок деталей, работающих при средних нагрузках (трубы, станины, кронштейны, корпуса редукторов и т.д.). Чугун с пределом прочности 300 МПа и выше применяется для деталей, работающих при высоких нагрузках (корпуса подшипников, шкивы, зубчатые и червячные пары, блоки цилиндров, головки блоков, поршни, диски сцепления, корпуса насосов, цилиндры паровых турбин, коленчатые валы, звездочки, тормозные барабаны и др.).

Таблица Серый литейный чугун

Содержание углерода	Механические свойства	Технологические свойства	Область применения	Марка	Расшифровка марки

Задание 1.

Допишите определение, выбрав из вариантов ответов:

А). Скопление минералов, которое разрабатывается с целью добычи железных руд, называется ...

Б). Горная порода, содержащая помимо железа песок, глину и другие примеси, называется ...

В). Каменноугольная пыль, служащая топливом для доменной печи, называется...

Г). Вещество, предназначенное для очистки рабочего пространства печи от загрязнений, называется ...

Варианты ответов: кокс, месторождение, руда, флюс

Задание 2.

Используя информационный банк, запишите марки серых чугунов:

невысокой прочности –

повышенной прочности –

наибольшей твердости и прочности –

Информационный банк: СЧ10, СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35.

Вывод о проделанной практической работе: почему к названию серого чугуна добавлено литейный

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называется чугуном?
2. Какой химический состав чугуна?
3. Чем чугун отличается от стали?
4. Что получают в результате доменного процесса?
5. Какой чугун называют передельным?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф.образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6
Ковкий чугун. Высокопрочный чугун. Специальные чугуны.
Расшифровка марок чугунов

Задачи работы:

- изучить получение, химический состав, свойства область применения ковких, высокопрочных и специальных чугунов;
- рассмотреть марки ковких, высокопрочных и специальных чугунов, правила расшифровки марок чугунов.
- выполнить расшифровку легированных чугунов.
- написать вывод о проделанной работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом чугуна и его маркировкой.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задачи практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Заполнить таблицу Чугуны;
4. Выполнить задания
5. Запишите вывод о проделанной работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом чугуна и его маркировкой;
6. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Ковкий чугун

Ковким чугуном называют чугун, полученный из белого (половинчатого) чугуна путем длительного отжига (томления). Процесс получения ковкого чугуна заключается в следующем. В вагранках или электропечах расплавляют низкосортный (половинчатый) белый чугун, затем разливают его в земляные или металлические формы. После охлаждения отливки удаляют из форм и помещают в ящики с измельченной железной рудой или окалиной. Ящики нагревают в печах до температуры 900... 1000 °С, выдерживая 6... 10 сут. В процессе этой термической операции (томления) углерод из цементита, превращаясь в свободный углерод в виде графита (углерод отжига), а часть его выгорает.

В настоящее время внедрена технология ускоренного отжига отливок белого чугуна на ковкий чугун. Суть этой технологии заключается в проведении предварительной термической обработки отливок: нормализации или закалки и отпуска. Благодаря высокой пластичности этот чугун получил название ковкого чугуна, однако ковке этот чугун не подвергается, особенно его нельзя ковать (деформировать) в горячем состоянии, так как по границам зерен в горячем состоянии чугун приобретает хрупкость, появляются микротрещины. Послековки отливки становятся хрупкими. Отливки из ковкого чугуна подвергаются незначительному деформированию в холодном состоянии, гнутся, вытягиваются, рихтуются.

Структура ковкого чугуна в виде хлопьевидного графита обладает более высокой твердостью, прочностью и пластичностью по сравнению с серыми литейными чугунами. Отливки из ковкого чугуна имеют следующее содержание примесей: углерода - 2,4...2,9 %, кремния - 1,0... 1,6 %, марганца - 0,2... 1,0 %, серы - до 0,2 % и фосфора - до 0,18 %.

Структура в отливках ковкого чугуна в зависимости от режимов отжига может быть ферритной или ферритно-перлитной. Структуру феррита и углерода отжига получают отжигом. Отливки, полученные при ступенчатом отжиге, имеют пластичность до 12 %.

Согласно ГОСТ 1215—79 выпускают следующие марки ковкого чугуна: КЧ30-6, КЧ30-8, КЧ35-10, КЧ37-12, КЧ45-7, КЧ50-3, КЧ50-4, КЧ60-3, КЧ65-3, КЧ70-2, КЧ80-1.5, где

КЧ - ковкий чугун; первые цифры обозначают предел прочности при растяжении, цифры после дефиса — относительное удлинение.

Ковкие чугуны идут на изготовление деталей небольших сечений, работающих при тяжелых условиях: абразивном износе, ударных и знакопеременных нагрузках, в автомобильном, тракторном и текстильном машиностроении, котло-, вагоно- и дизельном строительстве.

Высокая прочность и плотность отливок ковкого чугуна дает возможность их широкого применения в качестве водо-, газопроводных установок и аппаратуры.

Недостаток ковких чугунов — высокая стоимость отливок из-за длительного отжига и металлургических агрегатов со специальным оборудованием.

Для изменения микроструктуры отливок из ковкого чугуна после механической обработки их подвергают различным видам термической обработки: нормализации, закалке и последующему отпуску. В процессе термической обработки меняется металлическая основа отливок, после чего повышаются твердость, износостойкость, прочность и ударная вязкость.

Высокопрочный чугун

Отечественная наука и практика разработали технологию получения отливок из серого литейного чугуна со структурой в виде шаровидного графита. Этот чугун по сравнению с обычным серым литейным чугуном обладает высокими механическими свойствами, сочетая в себе свойства стали и чугуна. Конструкционный материал, применяемый для литья деталей и изделий со структурой шаровидного графита, получил название высокопрочного чугуна. Технология получения высокопрочного чугуна заключается в следующем. Перед разливкой в форму в жидкий чугун, находящийся в разливочном ковше, вводят присадки магния в пределах 0,03...0,07 % от общей массы расплава. Этот процесс называется модифицированием. Модифицирование чистым магнием вызывает вспышку, поэтому магний вводят в испаритель (металлические или графитовые коробки с отверстиями) в виде лигатуры — сплавов магния с кремнием или никелем. В процессе модифицирования литейного серого чугуна в расплавленном состоянии при охлаждении отливок изменяется микроструктура. Получаемая микроструктура шаровидного графита не ослабляет металлические основы отливки. После модифицирования в чугунных отливках в несколько раз увеличивается твердость, прочность и ударная вязкость по сравнению с исходным материалом.

По ГОСТ 26358—84 выпускаются следующие марки высокопрочного чугуна: ВЧ38-17, ВЧ42-12, ВЧ45-5, ВЧ50-2, ВЧ50-7, ВЧ60-2, ВЧ70-2, ВЧ80-2, ВЧ100-2, ВЧ120-2. Буквы ВЧ означают высокопрочный чугун, цифры после букв — предел прочности на растяжение, через дефис — относительное удлинение. Например, чугун ВЧ50-2 имеет предел прочности на растяжение $\sigma_B = 50 \text{ кгс/мм}^2$ (500 МПа), а относительное удлинение $\delta = 2\%$.

Отдельные марки высокопрочного чугуна имеют твердость до 370 НВ, предел прочности на растяжение $\sigma_B = 120 \text{ кгс/мм}^2$ (1200 МПа).

Государственный стандарт предъявляет требования к механическим свойствам отливок из высокопрочного чугуна в зависимости от марок по следующим характеристикам: предел прочности на растяжение, предел текучести и относительное удлинение.

Для улучшения механических свойств отливки из высокопрочного чугуна подвергают различным видам термической обработки: закалке с последующим отпуском, отжигу и нормализации. Отливки из высокопрочного чугуна имеют высокую обрабатываемость резанием.

Массовая доля химических элементов в высокопрочных чугунах следующая: углерода — 2,7...3,6 %, кремния — 1,5...3,8 %, марганца — 0,3...0,7 %, серы — 0,01...0,02 %, фосфора — 0,1 %. Массовая доля этих элементов колеблется в зависимости от сечения отливок.

По структуре высокопрочные чугуны бывают ферритные (феррит + шаровидный графит), ферритно-перлитные (феррит + перлит + шаровидный графит) и перлитные (перлит + шаровидный графит). На рис. 4.11, а представлена микроструктура серого литейного чугуна марки СЧ30 ($\sigma_B = 30 \text{ кгс/мм}^2$ (300 МПа), твердость — 181...255 НВ) до модифицирования, на рис. 4.5, б — микроструктура отливки, полученная после модифицирования серого литейного чугуна марки СЧ30 — высокопрочный чугун марки ВЧ70 ($\sigma_B = 70 \text{ кгс/мм}^2$ (700 МПа), твердость - 229...300 НВ). Как видим, модифицирование серого литейного чугуна в процессе отливки изделий резко улучшает механические характеристики отливок.

Высокопрочные чугуны имеют высокие литейные свойства: жидкотекучесть практически всех марок высокопрочных чугунов — до 600 мм, усадка в отливках — до 1 мм. Ликвация у этих чугунов практически отсутствует. Кроме того, отливки из высокопрочных чугунов имеют высокую обрабатываемость резанием (точением, фрезерованием, шлифованием и др.), высокие упрочняемость и прокаливаемость. С целью изменения (исправления) структуры отливки из высокопрочных чугунов подвергаются различным видам термической обработки.

Важным эксплуатационным свойством деталей, изготовленных из высокопрочных чугунов, является их прирабатываемость в узлах трения и давления (траверса пресса, шобот ковочного молота и т.д.).

В турбостроении из высокопрочного чугуна изготавливают корпуса паровых турбин, лопасти направляющих аппаратов, в тракторо- и дизелестроении — коленчатые валы, поршни и т.п. Например, коленчатый вал легкового автомобиля «Волга» отливают из высокопрочного чугуна марки ВЧ70-2. При модифицировании магнием в этот чугун добавляют ферросилиций, который придает детали свойства стали и чугуна.

Высокопрочные чугуны находят широкое применение в автотранспортном машиностроении, в производстве прокатного, кузнечно-прессового, подъемно-транспортного и камнедробильного оборудования взамен крупногабаритного стального литья, поковок и штамповок весом до 48 т.

Специальные чугуны

К специальным чугунам относятся чугуны, которые кроме механических и технологических свойств имеют высокие износостойкость, теплостойкость, химическую стойкость, магнитные и другие свойства. Специальные чугуны получают путем добавок в расплавленный жидкий чугун, в зависимости от требуемых специальных свойств, различных легирующих элементов: марганца, кремния, никеля, хрома, алюминия и др. В настоящее время выпускаются антифрикционные и легированные (жаропрочные, жаростойкие, электротехнические, магнитные и кислотостойкие) чугуны.

Антифрикционные чугуны

По ГОСТ 1585—85 выпускаются следующие марки антифрикционных чугунов: АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3, АЧС-4, АЧС-5, АЧС-6, АЧВ-1, АЧВ-2, АЧК-1, АЧК-2.

В обозначении марок приняты следующие сокращения: АЧ — антифрикционный чугун; С — серый чугун с пластинчатым графитом; В — высокопрочный чугун с шаровидным графитом; К — ковкий чугун с компактным графитом. Цифры в маркировке чугунов соответствуют степени легирования.

Отливки из антифрикционного чугуна предназначены для работы в паре в узлах трения со смазкой (подшипники скольжения).

Антифрикционные чугуны представляют собой железоуглеродистый сплав с твердой металлической основой (матрицей) и мягкими графитовыми включениями, которые создают пористость. Благодаря пористости вкладыша в подшипниках длительное время удерживается смазка.

По структуре антифрикционные чугуны бывают с пластинчатым, шаровидным и хлопьевидным (компактным) графитом.

В поры, образуемые разнообразной структурой, постоянно поступает смазывающее вещество и благодаря своей консистенции под действием вращения вала растекается по всей плоскости. Таким образом, между валом и поверхностью подшипника образуется граничная смазка, которая обеспечивает постоянный режим жидкостного трения.

Для устранения износа вкладыша подшипника и вала антифрикционный чугун выбирают так, чтобы твердость вкладыша была ниже твердости вала.

Основными достоинствами антифрикционных чугунов являются их низкая стоимость и высокая механическая прочность, что позволяет использовать их в узлах трения с большими нагрузками.

Как недостаток следует отметить низкую стойкость к ударам, низкую прирабатываемость, что при незначительных недостатках смазывающих веществ приводит к быстрому износу и выходу из строя узла трения.

Применение антифрикционного чугуна предусматривает следующие условия:

- режимы работы деталей не должны превышать установленных норм;
- прирабатываемость узлов типа вал—подшипник должна проходить на холостом ходу при постоянном повышении рабочих нагрузок;
- не допускается искрение или нагрев узла трения, работа должна проходить при тщательном и постоянном смазывании;
- при монтаже должно быть точное соблюдение посадок, отсутствие перекосов;
- при нагреве должно быть предусмотрено повышение зазоров до 50 %.

При соблюдении этих требований подшипниковый узел из антифрикционного чугуна обеспечит надежность и долговечность работы механизма.

Легированные чугуны

По ГОСТ 7769—82 выпускаются легированные чугуны для отливок со специальными свойствами (жаростойкие, коррозионно-стойкие, износостойкие, жаропрочные, магнитные, немагнитные) следующих групп: хромистые, кремнистые, алюминиевые, марганцовистые, никелевые и др.

Приведем некоторые марки легированных чугунов: ЧХ1, ЧХ2 4Х16, 4Х28, 4С5, 4С15, 4Ю7С5, 4Ю30, 4Г6СЗШ, 4Н11Г7Ш, 4Н20Д2Ш и др., всего около 40 марок.

В маркировке чугунов приняты следующие обозначения: 4 — чугун; легирующие элементы обозначаются буквами: Х — хром, С — кремний, Г — марганец, Н — никель, М — молибден, Д — медь, Т — титан, П — фосфор, Ю — алюминий; буква Ш указывает на то, что структура чугуна имеет шаровидную форму. Цифры, стоящие после букв, обозначают примерное процентное содержание легирующих элементов.

Легированные чугуны обладают высокими механическими свойствами. Твердость отдельных марок достигает 400...500 НВ, предел прочности на растяжение $\sigma_B = 400...600$ МПа. Теплостойкость легированных чугунов достигает 1000 °С.

Легированные чугуны нашли широкое применение в различных отраслях машиностроения, электрических машинах, постоянных магнитах, деталях, работающих при высоких температурах, в среде активных газов, кислотах и щелочах. Кроме того, специальные легированные чугуны применяются в доменных и термических печах, агломерационных машинах, пресс-формах для стекольных изделий, кокилей, в насосах для перекачки абразивных смесей и активных жидкостей и другого различного оборудования, работающего в газовых средах, при высоких температурах и больших нагрузках.

Рабочая температура, как правило, составляет 500...700 °С, а отдельные марки выдерживают до 900... 1000 °С. Например, легированный чугун марки 4Х30 обладает кислотостойкостью, жаростойкостью и жаропрочностью при температуре до 1100 °С. Кроме того, этот чугун устойчив в сернистых средах против абразивного износа и идет на изготовление деталей печей обжига сернистых руд, сопел песко- и дробеметных установок, деталей алюминиевых электролизеров, химической аппаратуры.

Чугун марки 4Х1 обладает повышенной коррозионной стойкостью в газовой, воздушной и щелочной средах в условиях трения и абразивного износа. Из него делают холодильные плиты доменных печей, колошники агломерационных машин, детали газотурбинных двигателей и т.п.

Чугун марки 4ХЗТ имеет повышенную стойкость против абразивного износа в пылепроводах, насосах, идет на изготовление износостойких деталей гидромашин, футеровки пылепроводов и т.п.

Чугуны могут быть низколегированными и высоколегированными и имеют широкий диапазон по массовой доле химических элементов. Например, низколегированный чугун марки 4Х1 имеет массовую долю углерода 3,8 %, кремния — 1,5... 2,5 %, марганца — 1 %, хрома — 1 %. Высоколегированный чугун марки 4ХН20ДГШ содержит 1,8...2,5 % углерода, 3,5 % кремния, 1,5...2,0 % марганца, 0,5...1,0 % хрома, 19...21 % никеля, 1,5... 2,0 % меди и до 0,3 % алюминия.

Чугун обладает высокими эксплуатационными свойствами: жаропрочностью, коррозионной стойкостью в кислотах, щелочах, морской воде, паре. Применяется для изготовления деталей (коллекторы, клапаны, головки поршней, вентили и др.), в газовых турбинах, в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.

Легированные чугуны имеют высокие литейные свойства (жидкотекучесть, малую усадку и отсутствие ликвации), хорошую обрабатываемость различными способами механической обработки (точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием и др.). Кроме того, эти чугуны имеют высокую улучшаемость и прокаливаемость.

Отливки из легированного чугуна подвергают термической обработке: различным видам отжига, отпуска, закалке и нормализации. Вид термической обработки выбирается в зависимости от требуемых механических и эксплуатационных свойств.

Таблица Чугуны (ковкие, высокопрочные и специальные)

Чугуны	Содержание углерода	Механические свойства	Технологические свойства	Область применения	Марки	Расшифровка марки
Ковкие						
Высокопрочные						
Специальные						

Задание 1.

Раскрыть принцип маркировки легированных чугунов.

Задание 2.

Расшифровать следующие марки легированных чугунов: 4Х28, 4С15, 4Ю7С5, 4Ю30, 4Г6СЗШ, 4Н11Г7Ш, 4Н20Д2Ш

Вывод о проделанной практической работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом чугуна и его маркировкой;

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называется чугуном?
2. Какой химический состав чугуна?
3. Чем чугун отличается от стали?
4. Что получают в результате доменного процесса?
5. Какой чугун называют передельным?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф.образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества

Задачи работы:

- познакомиться с ГОСТ 380-94;
- рассмотреть химический состав, свойства, область применения углеродистой конструкционной стали обыкновенного качества;
- рассмотреть марки стали обыкновенного качества, правила расшифровки марок стали;
- написать вывод о проделанной работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом, свойствами стали и ее применением.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задача практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Записать нормативный документ по изготовлению углеродистой конструкционной стали обыкновенного качества; в виде чего выпускается; химический состав;
4. Заполнить таблицу Углеродистые стали обыкновенного качества;
5. Запишите вывод о проделанной работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом, свойствами стали и ее применением;
6. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Углеродистые стали обыкновенного качества дешевле, чем качественные. В процессе выплавки они меньше очищаются от вредных примесей. Углеродистые стали отливают в крупные слитки, вследствие чего в них развита ликвация, они нередко содержат большое количество неметаллических включений. Из них изготавливают детали менее ответственного назначения; горячекатаный сортовой прокат: прутки, швеллеры, уголки, а также листы, трубы и поковки, работающие при относительно невысоких напряжениях. Их широко применяют для строительных, сварных, клепаных и болтовых конструкций и для малоответственных деталей машин.

В зависимости от свойств стали обыкновенного качества подразделяют на три группы (ГОСТ 380-94).

Группа А - стали поставляют по механическим свойствам без уточнения их химического состава в виде листов и различных профилей без последующей обработки давлением, сваркой или термической обработки, поскольку их химический состав, определяющий режим обработки, не регламентируется и может сильно колебаться.

Маркировка. Углеродистые стали группы А обозначаются буквами «Ст» и цифрами: 1, 2, 3, ..., 6, например: Ст1, Ст2 и т. д. Чем больше это число, тем выше прочность и ниже пластичность.

Группа Б - стали, поставляемые с гарантируемым химическим составом.

Маркировка. В обозначении стали группы Б впереди ставится буква «Б», а в конце указывается степень раскисления: кп - кипящая сталь; сп - спокойная сталь; пс - полуспокойная сталь, например: БСт1кп, БСт2кп, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6. Чем выше число, тем больше в стали углерода. Например, сталь марки БСт3сп содержит 0,14-0,22 % С; марки БСт4кп - 0,18-0,27 % С; БСт6сп - 0,38-0,49 % С. В спокойной стали содержится 0,12-0,3 % кремния, в полуспокойной - 0,05-0,17 %, в кипящей - меньше 0,07 %.

Группа В - стали повышенного качества. Их поставляют с гарантированным химическим составом и механическими свойствами.

Маркировка. В обозначение сталей группы В ставится буква «В», например: ВСт1, ВСт2 и т. д. Состав стали соответствует аналогичной стали группы Б, а механические свойства - стали группы А (Ст1-Ст6).

Стали групп Б и В применяют в тех случаях, когда при производстве изделий используется сварка, горячая деформация или изделие необходимо упрочнять термической обработкой.

Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества применяют для автомобильных деталей, изготавливаемых с помощью сварки и работающих при небольших нагрузках. Например, стали СтО-Ст4 используются при производстве малонагруженных деталей кузовов автомобилей, крепежных деталей, гнутого профиля; Ст5, Ст6 - для средненагруженных осей, малоответственных болтов и гаек, клиньев, планок и т. д.

Таблица Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества

Группа	Механические свойства	Технологические свойства	Область применения	Марка	Расшифровка марки
А					
Б					
В					

Вывод о проделанной практической работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом, свойствами стали и ее применением.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называется сталью?
2. По каким признакам классифицируется стали?
3. На какие группы делятся стали по качеству?
4. Почему стали называют сталями обыкновенного качества?
5. На какие группы делятся стали по способу раскисления?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф.образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Углеродистые конструкционные качественные стали

Задачи работы:

- познакомиться с ГОСТ 1050-88;
- рассмотреть химический состав, свойства, область применения углеродистой конструкционной качественной стали;
- рассмотреть марки конструкционной качественной стали, правила расшифровки марок стали;
- написать вывод о проделанной работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом, свойствами стали и ее применением.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задачи практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Записать нормативный документ по изготовлению конструкционной качественной стали; в виде чего выпускается; химический состав;
4. Заполнить таблицу Углеродистая конструкционная качественная сталь;
5. Запишите вывод о проделанной работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом, свойствами стали и ее применением;
6. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Качественные углеродистые стали

Качественные углеродистые стали в соответствии с ГОСТ 1050-88 выплавляют с соблюдением более строгих условий в отношении состава шихты и ведения плавки и разливки. К ним предъявляют более высокие требования по химическому составу: содержание серы должно быть меньше 0,04 %, фосфора - меньше 0,035-0,04 %, а также меньше неметаллических включений. Кроме того, регламентированы макро- и микроструктуры.

Маркировка. В обозначение качественных углеродистых сталей входят цифры 08, 10, 15, 20 и т. д. до 85, которые указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, перед цифрами пишется слово «Сталь». Спокойные стали маркируют без индекса, полуспокойные и кипящие — с индексом: соответственно «пс» и «кп».

Низкоуглеродистые стали (05кп, 08, 07кп, 10, Юкп) обладают невысокой прочностью и высокой пластичностью. Без термической обработки их применяют для малонагруженных деталей. Тонколистовую холоднокатаную низкоуглеродистую сталь используют для холодной штамповки изделий. Эти стали можно использовать в автомобилестроении для изготовления деталей сложной формы.

Стали 15; 20; 25 применяют без термической обработки или в нормализованном виде. Они поступают в виде проката, поковок, труб, листов, ленты и проволоки и предназначены для менее ответственных деталей.

Низкоуглеродистые качественные стали используют и для ответственных сварных конструкций. С повышением содержания в стали углерода свариваемость ухудшается. Чем больше в стали углерода, тем выше склонность ее к образованию при сварке горячих и холодных трещин.

Среднеуглеродистые стали (30, 35, 40, 45, 50) применяют после нормализации, улучшения и поверхностной закалки для различных деталей во всех отраслях машиностроения. Эти стали в нормализованном состоянии по сравнению с низкоуглеродистыми сталями имеют более высокую прочность при более низкой пластичности. Стали в отожженном состоянии достаточно хорошо обрабатываются резанием. Наиболее легко обрабатываются доэвтектоидные стали со структурой пластинчатого перлита.

Высокоуглеродистые стали (60, 65, 70, 75, 80 и 85) и стали с повышенным содержанием марганца (60Г, 65Г, 70Г) в основном используют для изготовления пружин, рессор, высокопрочной проволоки и других изделий с высокой упругостью и износостойкостью.

Качественную конструкционную сталь, предназначенную для повышенной обрабатываемости резанием на станках-автоматах (автоматная сталь), маркируют буквой «А» (А20, А40). Повышенная обрабатываемость резанием достигается увеличением содержания в стали серы, фосфора и свинца. Такая сталь снижает износ металлорежущего инструмента и позволяет использовать автоматическое оборудование. В автомобилестроении конструкционные качественные углеродистые стали идут на изготовление деталей кузова, двигателей и нормалей.

Стали марок 08 и 10 применяют для штамповки кузовных облицовочных деталей, панелей крыши и дверей.

Стали марок 15-25 хуже деформируются, но хорошо свариваются и подвергаются химико-термической обработке. Они применяются для деталей, изготавливаемых штамповкой, высадкой и протяжкой (поперечины, распорки, усилители, рычаги, кронштейны, валы рулевых механизмов, тяги, шкивы, крепеж и пр.).

Стали марок 30-55 идут на изготовление методом горячей штамповки различных деталей широкого применения: валов, зубчатых колес, полуосей и т. д. Эти стали можно обрабатывать всеми видами термической обработки, значительно повышая эксплуатационные и прочностные свойства деталей.

Стали марок 60-85 обладают высокой прочностью и упругостью в результате закалки и отпуска. Из них изготавливают детали, работающие при больших статических и динамических нагрузках: крестовины карданных шарниров, диски сцепления, гибкие валы. Эти стали, а также стали марок 60Г и 70Г используют для изготовления пружин, рессорных листов и торсионов.

Автоматная сталь применяется для изготовления крепежных автомобильных деталей (болтов, гаек, шпилек) на автоматных станках.

Таблица Углеродистые конструкционные качественные стали

Стали	Механические свойства	Технологические свойства	Область применения	Марка	Расшифровка марки
Низкоуглеродистые					
Среднеуглеродистые					
Высокоуглеродистые					

Вывод о проделанной практической работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом, свойствами стали и ее применением.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Чем сталь отличается от чугуна ?
2. На какие группы делятся стали по составу?
3. На какие группы делятся стали по назначению?
4. На какие группы делятся стали по количеству углерода?
5. Что обозначает в маркировке стали буква "Г"?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф.образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

Углеродистые инструментальные стали

Задачи работы:

- познакомиться с ГОСТ 1435-99;
- рассмотреть химический состав, свойства, область применения углеродистой инструментальной стали;
- рассмотреть марки углеродистой инструментальной стали, правила расшифровки марок стали;
- написать вывод о проделанной работе: от каких параметров зависит выбор режущего инструмента, изготовленного из углеродистой инструментальной стали.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задача практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Записать нормативный документ по изготовлению углеродистой инструментальной стали; в виде чего выпускается; химический состав;
4. Заполнить таблицу Углеродистые инструментальные стали;
5. Запишите вывод о проделанной работе: от каких параметров зависит выбор режущего инструмента, изготовленного из углеродистой инструментальной стали;
6. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Инструментальные углеродистые стали

Инструментальные стали предназначены для изготовления режущего, измерительного инструмента, работающего при температуре 150-200 °С вследствие нагревания рабочей кромки. Основные свойства, необходимые для такого инструмента, - износостойкость и теплостойкость. Для обеспечения износостойкости инструмента необходима высокая поверхностная твердость, а для сохранения формы инструмента (снятия и выкрашивания рабочих кромок) сталь должна быть прочной, твердой и относительно вязкой.

Углеродистые инструментальные стали относятся к наиболее дешевым. В основном их применяют для изготовления малоответственного режущего инструмента. Углеродистые стали (ГОСТ 1435-90) бывают качественными (У7, У8, У9, У13) и высококачественными (У7А, У8А, У9А, У13А). Буква «У» в марке указывает на то, что сталь углеродистая, а цифра - среднее содержание углерода в десятых долях процента; буква «А» в конце обозначения - что сталь высококачественная.

Из-за невысокой твердости в состоянии поставки (187-217 НВ) углеродистые стали хорошо обрабатываются резанием и деформируются, что позволяет применять к ним накатку, насечку и другие высокопроизводительные методы изготовления инструмента.

Стали марок У7, У8, У9 подвергают полной закалке и отпуску при температуре 275-350 °С на троостит; так как они более вязкие, то их используют для производства деревообделочного, слесарного, кузнечного и прессового инструмента.

Заэвтектоидные стали марок У10, У11, У12 и У13 подвергают неполной закалке и низкому отпуску при 150-180 °С на структуру мартенсит отпуска с включениями цементита. Инструмент из этих сталей обладает повышенной износостойкостью и высокой твердостью на рабочих гранях. Необходимо учитывать, что при нагревании выше 200 °С твердость резко

снижается. Поэтому инструмент из этих сталей пригоден для обработки сравнительно мягких материалов при небольших скоростях резания.

Заэвтектоидные стали используют для изготовления измерительного инструмента (калибров), режущего инструмента (напильников, пил, метчиков, сверл, резцов и т. д.) и больших штампов холодной высадки и вытяжки, работающих при невысоких нагрузках.

Недостатком инструментальных углеродистых сталей является потеря прочности при нагревании выше 200 °С.

Таблица Углеродистые инструментальные стали

Стали	Свойства стали	Область применения	Марки	Расшифровка марки
Качественные				
Высококачественные				

Вывод о проделанной практической работе: от каких параметров зависит выбор режущего инструмента, изготовленного из углеродистой инструментальной стали.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Перечислите признаки по которым можно классифицировать углеродистые инструментальные стали?
2. Принципы маркировки углеродистой инструментальной стали?
3. Сколько углерода содержится в углеродистой инструментальной стали?
4. Какие есть достоинства и недостатки инструмента, изготовленного из углеродистой инструментальной стали?
5. Почему инструмент, изготовленный из углеродистой инструментальной стали нельзя отремонтировать при помощи сварки?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф.образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

Легированные конструкционные стали

Задачи работы:

- познакомиться с ГОСТ 4543-71;
- рассмотреть химический состав, свойства, область применения легированной конструкционной стали;
- рассмотреть марки легированной конструкционной стали, правила расшифровки марок стали;
- написать вывод о проделанной работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом, свойствами стали и ее применением.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задача практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Записать нормативный документ по изготовлению углеродистой конструкционной качественной стали; в виде чего выпускается; химический состав;
4. Из ГОСТ 4543-7 выбрать легированную сталь (количество легирующих элементов не менее 4-х), записать расшифровку выбранной марки и описать легирующие элементы;
5. Запишите вывод о проделанной работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом, свойствами стали и ее применением;
6. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Легированные конструкционные стали

Конструкционные легированные стали (ГОСТ 4543-71) широко применяются для деталей машин и механизмов, работающих в условиях сложного нагружения, т.е. под действием статических, динамических, знакопеременных нагрузок или при их одновременном действии (автомобильная промышленность, сельскохозяйственное и транспортное машиностроение, строительство и т.д.).

Для увеличения конструктивной прочности в сталь вводят один - два легирующих элемента. Для получения комплекса физико-химических свойств вводят несколько легирующих элементов.

Основное назначение легирующих элементов в конструкционных сталях:

- Хром (до 2%) растворяется в феррите и аустените, упрочняя твердый раствор, увеличивает прокаливаемость, задерживает распад мартенсита при отпуске, способствует получению высокой и равномерной твердости в стали. При содержании хрома более 12% сталь становится коррозионностойкой.

- Марганец (до 2%) растворяется в феррите, упрочняя твердый раствор и повышая свойства прочности, снижает красноломкость, увеличивает прокаливаемость. Однако марганец повышает порог хладноломкости, способствует росту зерна при нагреве, что может отрицательно сказаться на эксплуатационных свойствах стали. В специальных сталях количество марганца может быть увеличено до 14%.

- Никель (до 4%) увеличивает прочность без снижения пластичности и вязкости, увеличивает прокаливаемость, снижает температурный порог хладноломкости. Однако никель — дорогой материал, и на практике стараются ограничить использование никелевых сталей из-за их стоимости.

- Кремний (до 2%) растворяется в феррите, значительно упрочняя его и сохраняя при этом вязкость, повышает предел усталости, снижает чувствительность к надрезу, способствует повышению свариваемости, штампуемости. В сталь вводится в сочетании с другими элементами.

- Молибден (0,3-0,45%) снижает склонность к отпускной хрупкости; повышает прокаливаемость, понижает температурный порог хладноломкости, увеличивает статическую, динамическую и усталостную прочность, устраняет склонность к внутреннему окислению при цементации в среде эндогаза. В специальных сталях его количество может быть увеличено.

- Вольфрам (до 1,2%) снижает склонность к отпускной хрупкости II рода, увеличивает прокаливаемость, упрочняет сталь, но снижает пластичность. Вольфрам измельчает зерно аустенита, повышает вязкость.

- Ванадий, цирконий, титан, ниобий (0,15-0,30% каждого элемента) измельчают зерно, снижают температурный порог хладноломкости, уменьшают чувствительность к концентраторам напряжений. Но с увеличением их количества происходит снижение прокаливаемостиTM и сопротивления хрупкому разрушению, что обусловлено увеличением количества карбидных частиц на границах зерна.

- Бор в количестве 0,003—0,004% увеличивает прокаливаемость (затрудняет образование центров кристаллизации перлита на границах аустенитного зерна), однако повышает температурный порог хладноломкости.

Конструкционные машиностроительные стали предназначены для изготовления деталей машин и механизмов. Классифицируются по составу (низколегированные, среднелегированные), обработке (цементуемые, улучшаемые), назначению (рессорно-пружинные, подшипниковые и г.д.).

Цементуемые стали (ГОСТ 1050-88) - низкоуглеродистые (до 0,25 %) низко- и среднелегированные стали - ГОСТ 4543-71. Количество легирующих элементов (марганец, хром, кремний, никель с добавками молибдена, ванадия, титана, бора) должно обеспечивать требуемую прокаливаемость, прочностные свойства и контактную выносливость. Свойства стали определяет последующая термическая обработка (твердый поверхностный слой *HRC* 58-62 и вязкая сердцевина *HRC* 30-35) (табл. 9.4). Термическая обработка — цементация или нитроцементация с последующей одинарной или двойной закалкой и низким отпуском (возможна закалка с нагрева под цементацию).

Улучшаемые стали (ГОСТ 4543-71) - среднеуглеродистые (до 0,5% C), низко- и среднелегированные стали (табл. 9.5). Основные легирующие элементы - хром, никель, марганец, кремний, добавки ванадия, вольфрама, титана, молибдена, бора. Требования - высокая конструктивная прочность, прокаливаемость, низкий температурный порог хладноломкости, высокое сопротивление хрупкому разрушению.

Термическая обработка на структуру сорбит отпуска - закалка при температуре 820—880 °С в масло и высокий отпуск с 550-650 °С. Для деталей, которым требуется повышенная твердость поверхности, проводится закалка ТВЧ с низким отпуском.

Применение: шатуны, ступицы, валы, тяги, штанги толкателей, пальцы, валы карданные, втулки, и др. детали, работающие в условиях сложного нагружения при динамических нагрузках.

Рессорно-пружинные стали (ГОСТ 14959-79) - среднеуглеродистые (0,5-0,8% C), низко- и среднелегированные стали. Применение: рессоры и пружины различного назначения в разных областях машиностроения.

Маркировка. В обозначение легированной стали входят буквы и цифры: буквы указывают наличие в стали легирующих элементов (табл. 3.3); цифры, стоящие после букв, — примерное содержание соответствующего химического элемента в процентах (если в марке содержится до 1,5 % элемента, то число не ставится).

Таблица Обозначения химических элементов в марках сталей и сплавов

Элемент	Условное обозначение		Элемент	Условное обозначение	
	в таблице Менделеева	в марке стали		в таблице Менделеева	в марке стали
Марганец	Mn	Г	Титан	Ti	Т
Кремний	Si	С	Ниобий	Nb	Б
Хром	Cr	Х	Ванадий	V	Ф
Никель	Ni	Н	Кобальт	Co	К
Молибден	Mo	М	Медь	Cu	Д
Вольфрам	W	В	Бор	B	Р
Селен	Se	Е	Азот	N	А
Алюминий	Al	Ю	Цирконий	Zr	Ц

Марки высококачественной стали в конце обозначения имеют букву «А» (например, 12Х2МФА), а особовысококачественной - две буквы «А» (например, 15Х2НМФАА). В инструментальных легированных сталях и сплавах с особыми физическими свойствами, которые всегда высококачественные или особовысококачественные, буква «А» не указывается.

Буква «Ш» в конце обозначения означает, что сталь получена методом электрошлакового переплава и относится к особовысококачественным (например, 30ХГС-Ш).

Буква «А» в начале обозначения указывает, что данная сталь - автоматная.

Цифры перед буквами обозначают содержание углерода в сотых долях процента (без буквы «У» в обозначении) - для сталей, содержащих до 0,7 % углерода (конструкционных); в десятых долях процента - для сталей с большим содержанием углерода (инструментальных).

Некоторые конструкционные и инструментальные стали имеют в начале обозначения букву, определяющую область применения: «Ш» - шарикоподшипниковые стали; «Р» - быстрорежущие стали; «Е» - стали для постоянных магнитов. У сталей, используемых для литья (в отливке), в конце обозначения имеется буква «Л».

Например, сталь 30ХГТ содержит 0,30 % С (углерода) и по 1 % легирующих химических элементов: Cr ([хром), Mn (марганец) и Ti (титан); сталь 20Х2Н4 содержит 0,20 % С (углерода), 2 % Cr (хром) и 4 % Ni (никель).

Ниже приведены примеры применения легированных конструкционных сталей.

Хромоникелевая 20ХН3А — шестерни, валы, втулки, силовые шпильки, болты, муфты, червяки и другие цементируемые детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок и при отрицательных температурах.

Хромокремнемарганцевая 30ХГСА — ответственные штампованные улучшаемые детали: валы, оси, зубчатые колеса, фланцы, корпуса обшивки, лопасти компрессорных машин, работающие при температуре до 200 °С, рычаги, толкатели; различные сварные конструкции, работающие при знакопеременных нагрузках; крепежные детали, работающие при низких температурах.

Хромоникельмолибденовая 18ХН2М — рычаги привода клапанов.

Вывод о проделанной практической работе: от каких параметров зависит выбор режущего инструмента, изготовленного из углеродистой инструментальной стали.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Как классифицируются стали по назначению?
2. Принцип маркировки легированной инструментальной стали?
3. Объясните понятия «цементуемые стали», «улучшаемые стали»
4. Каково назначение легирующих элементов?
5. Какие параметры можно определить по марке стали?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф.образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

Легированные инструментальные стали

Задачи работы:

- познакомиться с нормативным документом ГОСТ 19265-73 по выпуску быстрорежущих сталей;
- рассмотреть химический состав, свойства, область применения легированных инструментальных сталей;
- рассмотреть марки легированных инструментальных сталей, правила расшифровки марок стали;
- написать вывод о проделанной работе: от каких параметров зависит выбор режущего инструмента, изготовленного из легированных инструментальных сталей.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задачи практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Записать нормативный документ по выпуску быстрорежущих сталей;
4. Рассмотреть марки легированной конструкционной стали, правила расшифровки марок стали. Заполнить таблицу Легированные инструментальные стали;
5. Запишите вывод о проделанной работе: от каких параметров зависит выбор режущего инструмента, изготовленного из легированной инструментальной стали;
6. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Инструментальные легированные стали

Инструментальные стали предназначены для режущего, измерительного и для штампового инструмента (холодного и горячего деформирования).

Инструментальные стали делят на четыре типа:

- 1) пониженной прокаливаемости (преимущественно углеродистые);
- 2) повышенной прокаливаемости (легированные);
- 3) штамповые;
- 4) быстрорежущие.

В особую группу инструментальных материалов входят так называемые твердые сплавы, применяемые для инструмента, работающего на особо высоких скоростях резания.

Углеродистые и легированные стали применяют для режущего инструмента при легких условиях работы и для измерительного инструмента. Быстрорежущие стали используют для изготовления режущего инструмента, работающего при повышенных режимах.

Инструментальные стали пониженной прокаливаемости

В данную группу входят все углеродистые инструментальные стали (см. разд. 3.14), а также стали с небольшим содержанием легирующих химических элементов. Поэтому они не очень отличаются от углеродистых по прокаливаемости.

Все стали указанной группы закаляют в воде, инструмент из этих сталей имеет, как правило, незакаленную сердцевину. Из углеродистых инструментальных сталей изготавливают метчики и развертки (У 10-У 12), зубила (У 7), матрицы для холодной штамповки (У 8-У 10), плашки (У 10). Твердость углеродистой инструментальной стали 60-65 НЯС.

Инструментальные стали повышенной прокаливаемости (легированные стали)

В эту группу входят стали, содержащие 1-3 % легирующих химических элементов, поэтому они обладают повышенной прокаливаемостью. Инструменты из этих сталей закаляют в масле. Прокаливаются они, как правило, полностью. Уменьшение скорости охлаждения при закалке снижает возможность образования трещин, деформации и коробления, что свойственно углеродистым инструментальным сталям. Это важно для инструментов сложной конфигурации. Так, стали 9ХС и ХВСГ характеризуются повышенной закаливаемостью и прокаливаемостью как при охлаждении в масле, так и при ступенчатой закалке и имеют высокую твердость (62-63 HRC). Кроме того, инструмент из этих сталей сохраняет высокую твердость режущей кромки при нагревании до температуры 225-250 °С. Эти стали используют для изготовления плашек, разверток, зенкеров. Сталь ХВ5 в закаленном и низкоотпущенном состоянии имеет твердость 67-69 HRC.

Быстрорежущие стали - высоколегированные инструментальные стали, обладающие красностойкостью (не теряют твердости при нагревании до температуры 600-640 °С). Режимы обработки инструментом из этой стали в 3-4 раза выше допустимых значений для углеродистых и низколегированных сталей.

Основными легирующими химическими элементами, обеспечивающими теплостойкость быстрорежущих сталей, являются вольфрам, молибден, ванадий и кобальт.

В обозначениях всех быстрорежущих сталей входят: буква «Р», число, указывающее содержание вольфрама (буква «В» пропускается), буквы «М», «Ф» и «К» с указанием после каждой числа, определяющего содержание соответственно молибдена, ванадия и кобальта. Массовое содержание хрома (около 4 %) в обозначении не указывается.

ГОСТ 19265-73 устанавливает следующие марки быстрорежущих сталей: Р18; Р12; Р9; Р6М3; Р9Ф5; Р5М5; Р6М5К5; Р9М4К8; Р14Ф4; Р9К5; Р9К10; Р10К5Ф5; Р18Ф2; Р18К5Ф2.

Стали марок Р9; Р12 и Р18 используют для изготовления всех видов режущих инструментов для обработки широкого круга конструкционных материалов; сталь Р6М5 - для резбонарезных инструментов, работающих с ударными нагрузками.

Штамповые стали

Для обработки металлов давлением применяют такие инструменты, как штампы, пуансоны, ролики, валики, деформирующие металл. Стали, применяемые для изготовления инструмента такого рода, называют штамповыми сталями (по наиболее распространенному инструменту).

Штамповые стали делятся на две группы: деформирующие металл в холодном состоянии и деформирующие металл в горячем состоянии, так как условия работы стали при различных видах штамповки значительно отличаются друг от друга.

Марки штамповых сталей для холодной штамповки: 4ХС; 6ХС; 5ХВ2С; Х12; Х12Ф1; Х6ВФ.

Марки штамповых сталей для горячей штамповки: 302ХВЗФ; 4Х5В2ФС и др.

Таблица Легированные инструментальные стали

Стали	Свойства стали	Область применения	Марки	Расшифровка марки
Повышенной прокаливаемости (легированные)				
Штамповые				
Быстрорежущие				

Вывод о проделанной практической работе: от каких параметров зависит выбор режущего инструмента, изготовленного из легированной инструментальной стали.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Перечислите признаки, по которым можно классифицировать легированные инструментальные стали?
2. Принцип маркировки легированной инструментальной стали?
3. Принцип маркировки быстрорежущей стали?
4. Сколько углерода содержится в быстрорежущей стали?
4. Какие есть достоинства у инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали?
5. Почему маркировка инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали начинается с буквы «Р»?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

Углеродистые и легированные стали специального назначения

Расшифровка марки стали. Определение свойств стали

Задачи работы:

- рассмотреть химический состав, свойства, область применения сталей специального назначения;
- выполнить расшифровку марок сталей специального назначения;
- определить легирующий элемент (группу легирующих элементов), который повлиял на то, что данная сталь относится к специальной стали;
- написать вывод о проделанной работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом, свойствами стали и ее применением.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задачи практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Заполнить таблицу Углеродистые и легированные стали специального назначения;
4. Выполнить расшифровку выбранных сталей специального назначения;
5. Определить легирующий элемент (группу легирующих элементов), который повлиял на то, что данная сталь относится к специальной стали;
6. Запишите вывод о проделанной работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом, свойствами стали и ее применением;
7. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Стали и сплавы с особыми свойствами

В эту группу входят автоматные, пружинные, шарикоподшипниковые, коррозионно-стойкие, теплоустойчивые, жаропрочные, электротехнические и другие стали и сплавы.

Автоматные стали

Для улучшения обрабатываемости резанием применяют углеродистые стали с повышенным содержанием серы (0,08—0,3 %) и фосфора (0,06 %). В этих сталях сера находится в виде сульфидов марганца, вытянутых вдоль направления прокатки, которые способствуют образованию короткой и ломкой стружки. При повышенном содержании серы уменьшается трение между стружкой и инструментом из-за смазывающего действия сульфида марганца. Фосфор, повышая твердость, прочность и порог хладноломкости, способствует образованию ломкой стружки и получению гладкой блестящей поверхности при резании.

Улучшение обрабатываемости стали достигается и микролегированием такими химическими элементами, как РЬ, Са, Ре и Те, которые образуют в структуре металлические и неметаллические включения. Эти включения работают в очаге резания как смазочный материал в виде тончайшего слоя, препятствующего схватыванию материала инструмента с материалом обрабатываемой детали, вследствие чего стружка легче отделяется. Легирование стали свинцом (0,15—0,3 %) повышает скорость резания на 20-35 %, а при сохранении постоянной скорости резания увеличивает стойкость инструмента в 2-7 раз.

Автоматные легированные стали делятся:

- на сернисто-марганцовистые свинецсодержащие: АС 14; АС35Г2; АС45Г2;
- легированные никелем свинецсодержащие: АС12ХН; АС14ХН;
- легированные никелем и молибденом свинецсодержащие АС19ХГН; АС20ХГНМ; АС30ХМ; АС38ХГМ; АС40ХГНМ.

Пружинные стали общего назначения

Пружины, рессоры и другие упругие детали испытывают упругую деформацию. В то же время многие из них испытывают циклические нагрузки. Поэтому основные требования к пружинным сталям - обеспечение высоких значений пределов упругости, текучести, выносливости, а также необходимой пластичности и сопротивления хрупкому разрушению.

Стали, используемые для пружин и рессор, содержат 0,5-0,75 % С. Их дополнительно легируют кремнием (до 2,8 %), марганцем (до 1,2 %), хромом (до 1,2 %), ванадием (до 0,25 %), вольфрамом (до 1,2 %) и никелем (до 1,7 %), при этом происходит измельчение зерна, способствующее возрастанию сопротивления стали малым пластическим деформациям, а следовательно стойкости против ослабления.

Широкое применение нашли кремнистые стали 55С2; 60С2А; 70С3А; 60С2ХФА; 65С2ВА; 60С2Н2А. Лучшими технологическими свойствами, чем кремнистые стали, обладает сталь 50ХФА, широко используемая для изготовления автомобильных рессор. Клапанные пружины изготавливают из стали 50ХФА, не склонной к обезуглероживанию и перегреву, но имеющей малую прокаливаемость.

Термическая обработка легированных пружинных сталей (температура закалки 850-880 °С, температура отпуска 380-550 °С) обеспечивает получение высоких пределов прочности и текучести.

Существенное (до двух раз) повышение предела выносливости рессор достигается их поверхностным наклепом посредством дробеструйной и гидроабразивной обработок.

Для изготовления пружин также используют холоднотянутую проволоку (или ленту) из высокоуглеродистых сталей: 65; 65Г; 70; У8; У10 и др.

Пружины и другие элементы специального назначения изготавливают из высокохромистых сталей и сплавов: 30Х13; 03Х12Н10Д2Т; 12Х18Н10Т; 09Х15Н8Ю.

Шарикоподшипниковые стали

Основной причиной выхода из строя подшипников качения является контактная усталость металла, проявляющаяся в выкрашивании частиц и отслаивании тонких пластин с рабочих поверхностей деталей (шелушение).

Для обеспечения работоспособности изделий шарикоподшипниковая сталь должна обладать высокой твердостью, прочностью и контактной выносливостью. Это достигается повышением качества металла — его очисткой от неметаллических включений и уменьшением пористости посредством использования электрошлакового или вакуумно-дугового переплава.

При изготовлении деталей подшипника широко используют шарикоподшипниковые (Ш) хромистые (Х) стали ШХ15 и ШХ15СГ (число 15 указывает содержание хрома в десятых долях процента). Эти стали содержат по 1 % С. Сталь ШХ15СГ дополнительно легирована кремнием (0,5 %) и марганцем (1,05 %) для повышения прокаливаемостиTM.

Отжиг стали на твердость порядка 190 Н В обеспечивает обрабатываемость полуфабрикатов резанием и штампуемость деталей в холодном состоянии.

Закалка деталей подшипника (шариков, роликов и колец) осуществляется в масле при температуре 840-860 °С. Перед отпуском детали охлаждают до 20-25 °С для обеспечения стабильности их работы (путем уменьшения количества остаточного аустенита). Отпуск стали проводят при температуре 150-170 °С в течение 1-2 ч. Оптимальные условия обеспечения работоспособности изделий достигаются в том случае, если шарики имеют несколько большую твердость (62-66 HRC) по сравнению с роликами и кольцами (61-65 HRC для стали ШХ15).

Детали подшипников качения, испытывающие большие динамические нагрузки, изготавливают из сталей 20Х2Н4А и 18ХГТ с последующей их цементацией и термической обработкой.

Коррозионностойкие (нержавеющие) стали и сплавы

Стали, устойчивые к электрохимической и химической коррозии, называют коррозионностойкими (нержавеющими). Устойчивость стали против коррозии достигается введением в нее химических элементов, образующих на поверхности плотные, прочно связанные с основой защитные пленки, препятствующие непосредственному контакту стали с агрессив-

ной средой, а также повышающие ее электрохимический потенциал в данной среде. Так, введение более 12—14 % Сг резко изменяет электрохимический потенциал стали с отрицательного на положительный и делает ее коррозионнотстойкой в окружающей среде, а также в других промышленных средах.

Коррозионнотстойкие стали делят на две группы: хромистые и хромоникелевые.

Хромистые коррозионнотстойкие стали изготавливают трех типов: с 13, 17 и 27 % Сг.

При этом в сталях с 13% Сг содержание углерода может изменяться, в зависимости от требований, от 0,08 до 0,40 %. Структура и свойства хромистых сталей зависят от количества хрома и углерода.

Стали с низким содержанием углерода (08X13, 12X13) пластичны, хорошо свариваются и штампуются. Их подвергают закалке в масле (температура 1000-1050 °С) с высоким отпуском при температуре 600—800 °С и используют для изготовления деталей, испытывающих ударные нагрузки (например, клапаны гидравлических прессов) или работающих в слабоагрессивных средах (например, лопаток гидравлических и паровых турбин и компрессора). Эти стали можно использовать при температурах до 450 °С (длительно) и до 550 °С (кратковременно). Стали 30X13 и 40X13 обладают высокой твердостью и повышенной прочностью. Эти стали закалывают при температуре 1000-1050 °С в масле и отпускают при температуре 200-300 °С. После такой обработки они сохраняют мартенситную структуру, характеризуются высокой твердостью (50-52 HRC) и достаточной коррозионной стойкостью. Стали 30X13 и 40X13 используют для изготовления карбюраторных игл, пружин, хирургических инструментов и т. д.

Высокохромистые стали ферритного класса (12X17, 15X25Т и 15X28) обладают более высокой коррозионной стойкостью по сравнению со сталями, содержащими 13 % Сг. Эти стали термической обработкой не упрочняются: они склонны к сильному росту зерна при нагревании свыше 850 °С. Для измельчения зерна и повышения сопротивления коррозии сталь легируют титаном (15X25Т).

Хромоникелевая сталь является коррозионно- и кислотостойкой. Ее используют для изготовления аппаратуры в нефтяной, химической и пищевой промышленности (стали марок 12X18Н9, 08X18Н ЮТ). Хромоникелевые стали дороги, поэтому по возможности их стараются заменить сталями, в которых часть никеля заменена марганцем (например, сталь 10X14Г14НЗТ).

Для получения аустенитной структуры, определяющей высокую коррозионную стойкость, сталь выдерживают при температуре 1150-1100 °С для растворения карбидов и охлаждают в масле или на воздухе.

Жаростойкие и жаропрочные стали

Жаростойкие стали и сплавы обладают стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах при температуре выше 550 °С, работают в нагруженном или слабонагруженном состоянии.

Жаропрочные стали и сплавы способны работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладают при этом достаточной жаростойкостью.

Для повышения жаростойкости сталь легируют хромом, алюминием и кремнием. Введение в высокохромистые стали (8-13 % хрома) вольфрама и ванадия совместно с молибденом способствует повышению их жаропрочности.

В качестве жаростойких сталей применяют стали мартенситного класса под общим наименованием силхромов (10X13СЮ, 40X9С2, 40X10С2М и др.). Их используют для изготовления клапанов газораспределительного механизма. Стали аустенитного класса 45X14Н14В2М обладают одновременно высокой жаростойкостью и жаропрочностью.

Электротехнические стали и сплавы.

В эту группу входят стали, которые применяют для изготовления трансформаторов, сердечников и полюсов электромагнитов и реле, статоров и роторов электродвигателей. Они имеют высокую магнитную проницаемость, а также характеризуются малыми потерями на гистерезис и вихревые токи, содержат до 4,8 % Si (определяющего высокое удельное сопро-

тивление) и относятся к ферритному классу. Углерод, сера, кислород и азот являются вредными примесями в таких сталях.

Стали марок ЕХЗ, ЕХ5К5, а также У8-У10 используют для изготовления постоянных магнитов. Они обладают малой магнитной проницаемостью, большой остаточной индукцией.

Стали и сплавы с высоким сопротивлением применяют в электрических печах. Хромоалюминиевые низкоуглеродистые стали (0,06-0,18% С) ферритного класса марок Х13Ю4, ОХ23Ю5, ОХ27Ю5А имеют удельное сопротивление 1,18-1,47 Ом • м и рабочую температуру 900-1250 °С. Однако эти стали малопластичны, а при высоких температурах становятся ползучими и могут провисать под действием собственной массы.

Никелевые сплавы (нихромы) марки Х20Н80 (20 % Сг; 80 % Ni) и др., а также ферро-нихромы марок Х25Н60 и Х25Н20 имеют удельное сопротивление 0,83-1,17 Ом • м и несколько меньшую (до 1150 °С) рабочую температуру. Однако они более пластичны и прочны при нагревании. Их применяют в промышленных электропечах и бытовых нагревателях. Эти материалы выпускаются в виде ленты, проволоки и прутков. Для реостатов используют сплав на основе меди - манганин.

Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения используют для деталей приборов, которые должны сохранять постоянные размеры при изменении температуры или иметь заданный коэффициент расширения. ГОСТ 10994-74 устанавливает несколько марок сплавов на железоникелевой основе. В системе сплавов Ре-Ni коэффициент линейного расширения уменьшается с увеличением массового содержания никеля, и при 36 % Ni и 64 % Ре он равен нулю. При увеличении содержания никеля он снова возрастает.

Для деталей приборов с заданным значением коэффициента расширения и спаев с электровакуумным стеклом используют другие марки сплавов на железоникелевой основе, некоторые из которых добавочно легируются кобальтом или медью. С этой же целью применяют более дешевые железохромовые сплавы (например, 18ХТФ).

Таблица Стали специального назначения

Стали	Легирующий элемент/элементы	Свойства стали	Область применения	Марка. Расшифровка марки
Автоматные				
Пружинные				
Шарики подшипниковые				
Коррозионностойкие				
Жаростойкие				
Электротехнические				
С высоким сопротивлением				

Вывод о проделанной практической работе: какая существует взаимосвязь между химическим составом, свойствами стали и ее применением.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. По каким признакам классифицируются стали?

2. Перечислите технологические свойства стали?
3. Принцип маркировки литейных сталей?
4. Какие стали относятся к высоколегированным сталям?
5. Какие основные легирующие элементы в коррозионно-стойких сталях?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф.образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13

Спеченные твердые сплавы

Задачи работы:

- познакомиться с нормативным документом ГОСТ 3882-74 Сплавы твердые спеченные. Марки;
- рассмотреть производство, химический состав, свойства, область применения спеченных твердых сплавов;
- рассмотреть три группы спеченных твердых сплавов, правила расшифровки марок сплавов;
- написать вывод о проделанной работе: от каких параметров зависит выбор режущих инструментов, оснащенных твердосплавными пластинами.

Порядок выполнения практической работы:

1. Практическая работа выполняется в рабочей тетради студента, записывается тема и задачи практической работы;
2. Изучите теоретические основы;
3. Записать нормативный документ ГОСТ 3882-74 Сплавы твердые спеченные. Марки;
4. Рассмотреть группы твердых сплавов, их марки, правила расшифровки марок сплавов.
5. Из нормативного документа выбрать по одной марке из каждой группы, заполнить таблицу Сплавы твердые спеченные;
6. Запишите вывод о проделанной работе: от каких параметров зависит выбор режущих инструментов, оснащенных твердосплавными пластинами;
7. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Теоретические основы:

Спеченные твердые сплавы

К ним относятся материалы, состоящие из высокотвердых и тугоплавких карбидов вольфрама, титана, тантала, соединенных металлической связкой.

Твердые сплавы изготавливают методом порошковой металлургии. Порошки карбидов смешивают с порошком кобальта, выполняющего роль связки, прессуют и спекают при 1400-1550°С. При спекании кобальт растворяет часть карбидов и плавится. В результате получается плотный материал, структура которого на 80-95 % состоит из карбидных частиц, соединенных связкой. Увеличение содержания связки вызывает снижение твердости, но повышение прочности и вязкости. Твердые сплавы производят в виде пластин, которыми оснащают резцы, сверла, фрезы и другие режущие инструменты. Такие инструменты сочетают высокую твердость HRA 85-92 (HRC 74-76) и износостойкость с высокой теплостойкостью (800-1000°С). По своим эксплуатационным свойствам они превосходят инструменты из быстрорежущих сталей и применяются для резания с высокими скоростями.

Твердые сплавы характеризуются также высоким модулем упругости (до $6,8 \cdot 10^5$ МПа) и пределом прочности на сжатие (до 6000 МПа). Недостатки: сложность изготовления фасонных изделий, высокая хрупкость.

В зависимости от состава карбидной основы спеченные твердые сплавы выпускают трех групп.

Первую (вольфрамовую) группу составляют сплавы системы WC-Co. Они маркируются буквами ВК и цифрой, показывающей содержание кобальта в процентах. Карбидная фаза состоит из зерен WC. При одинаковом содержании кобальта сплавы этой группы в от-

личии от двух других групп характеризуются наибольшей прочностью, но более низкой твердостью. Теплостойки до 800°C .

Сплавы ВК3-ВК8 применяют для режущих инструментов при обработке материалов дающих прерывистую стружку (чугуна, цветных металлов, фарфора, керамики и т. п.).

Сплавы ВК10 и ВК15, обладающие из-за повышенного содержания кобальта более высокой вязкостью, используют для волоочильных и буровых инструментов, стойкость которых в десятки раз превышает стойкость стальных инструментов. Сплавы с высоким содержанием кобальта (ВК20 и ВК25) применяют для изготовления штамповых инструментов. Их применяют так же как конструкционный материал для деталей машин и приборов, от которых требуется высокое сопротивление пластической деформации или изнашиванию.

Вторую группу (титановольфрамовую) образуют сплавы системы TiC-WC-Co. Они маркируются буквами Т, К и цифрами, показывающими содержание (в процентах) карбидов титана и кобальта. При температуре спекания карбид титана растворяет до 70 % WC и образует твердый раствор (Ti, W) C, обладающий более высокой твердостью, чем WC. Структура карбидной основы, зависит от соотношения карбидов в шихте. В сплаве Т30К4 образуется одна карбидная фаза - твердый раствор (Ti, W) C, который придает ему наиболее высокие режущие свойства, но пониженную прочность. В остальных сплавах этой группы количество WC превышает его предельную растворимость в TiC, поэтому карбиды вольфрама присутствуют в виде избыточных кристаллов.

Сплавы второй группы характеризуются более высокой, чем у сплавов первой группы, теплостойкостью ($900-1000^{\circ}\text{C}$), которая повышается по мере увеличения количества карбида титана. Их наиболее широко применяют для высокоскоростного резания сталей.

Третью группу (титанотанталовольфрамовую) образуют сплавы системы TiC-TaC-WC-Co. Цифра в марке после букв ТТ обозначает суммарное содержание (в процентах) карбидов TiC + TaC, а после буквы К - количество кобальта в процентах. Структура карбидной основы представляет собой твердый раствор (Ti, Ta, W) C и избыток WC. От предыдущей группы эти сплавы отличаются большей прочностью и лучшей сопротивляемостью вибрациям и выкрашиванию. Они применяются при наиболее тяжелых условиях резания (черновая обработка стальных слитков, отливок, поковок). Красностойкость титанотанталовольфрамовых сплавов составляет $900-1100^{\circ}\text{C}$. Пластинами из них оснащают сверла, фрезы, резцы и другой режущий инструмент. Например, ТТ8К6, ТТ7К12, ТТ10К8-Б применяют для оснащения инструмента для полужесткого и жесткого резания металла, в том числе с ударами, для обработки чугунных отливок, поковок, высокопрочных и легированных сталей, сплавов и чугунов.

Таблица Сплавы твердые спеченные

Группа сплавов	Химический состав	Применение	Тепло стойкость	Марка сплава. Расшифровка марки
Вольфрамовая				
Титановольфрамовая				
Титанотанталовольфрамовая				

Вывод о проделанной практической работе: от каких параметров зависит выбор режущих инструментов, оснащенных твердосплавными пластинами.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Какими свойствами обладают сплавы, полученные методом порошковой металлургии ?
2. Из чего состоят спеченные твердые сплавы?
3. Принцип маркировки твердых сплавов?
4. По каким признакам классифицируются твердые сплавы?
5. На какие группы делятся твердые сплавы по твердости ?

Список дополнительной литературы:

Моряков О.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования . - М.: Издательский центр «Академия», 2017. - 288 с.

Заплатин В.Н. Основы материаловедения(металлообработка): учеб.пособие.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 256 с.