




Департамент образования Ивановской области
областное государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Шуйский технологический колледж»
155901 г. Шуя, Ивановская обл., Учебный городок, 1
 (49351) 4-70-81  www.prof4.ru  liceyshuya@mail.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

**по общепрофессиональному циклу
ОП.03 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

**по специальности
35.02.07 Механизация сельского хозяйства**

Введение

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по учебной дисциплине ОП.03 Материаловедение предназначены для студентов по профессиям среднего профессионального образования с учетом профиля подготовки (технический профиль).

В данном методическом пособии приведены указания по выполнению практических и лабораторных работ по темам дисциплины, указаны темы и содержание лабораторных и практических работ, формы контроля по каждой теме и рекомендуемая литература.

Данные рекомендации способствуют развитию Ваших общих и профессиональных компетенций, постепенному и целенаправленному развитию познавательных способностей. Рекомендованы к использованию при изучении учебной дисциплины ОП.03 Материаловедение в учреждениях среднего профессионального образования с учетом специфики профиля подготовки (технический профиль).

В результате освоения данной учебной дисциплины студент должен**уметь:**

- распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- подбирать материалы по их назначению и условиям эксплуатации для выполнения работ;
- выбирать и расшифровывать марки конструкционных материалов;
- определять твердость металлов;
- определять режимы отжига, закалки и отпуска стали;
- подбирать способы и режимы обработки металлов (литьем, давлением, сваркой, резанием и др.) для изготовления различных деталей;

В результате освоения данной учебной дисциплины студент должен**знать:**

- основные виды конструкционных и сырьевых, металлических и неметаллических материалов;
- классификацию, свойства, маркировку и область применения конструкционных материалов, принципы их выбора для применения в производстве;
- основные сведения о назначении и свойствах металлов и сплавов, о технологии их производства;
- особенности строения металлов и их сплавов, закономерности процессов кристаллизации и структурообразования;
- виды обработки металлов и сплавов;
- сущность технологических процессов литья, сварки, обработки металлов давлением и резанием;
- основы термообработки металлов;
- способы защиты металлов от коррозии;
- требования к качеству обработки деталей;
- виды износа деталей и узлов;
- особенности строения, назначения и свойства различных групп неметаллических материалов;
- характеристики топливных, смазочных, абразивных материалов и специальных жидкостей;
- классификацию и марки масел;
- эксплуатационные свойства различных видов топлива;
- правила хранения топлива, смазочных материалов и специальных жидкостей;
- классификацию и способы получения композиционных материалов;

В современной системе среднего профессионального образования большая роль отводится практико-ориентированному обучению, следовательно, в

содержании каждой учебной дисциплины должно быть определено количество лабораторных и практических работ.

Лабораторные и практические работы позволят Вам сформировать практические навыки работы, профессиональные компетенции. Они входят в структуру изучения учебной дисциплины ОП.03 «Материаловедение».

Лабораторные и практические работы представляют собой элемент учебной дисциплины и оцениваются по критериям, представленным ниже:

Оценка «5» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, студент показывает системные и полные знания и умения по данному вопросу;
- работа оформлена в соответствии с рекомендациями преподавателя;
- объем работы соответствует заданному;
- работа выполнена точно в сроки, указанные преподавателем.

Оценка «4» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, студент допускает небольшие неточности или некоторые ошибки в данном вопросе;
- работа оформлена с неточностями в оформлении;
- объем работы соответствует заданному или чуть меньше;
- работа сдана в сроки, указанные преподавателем, или позже, но не более чем на 1-2 дня.

Оценка «3» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, но в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы или тематика изложена нелогично, не четко представлено основное содержание вопроса;
- работа оформлена с ошибками в оформлении;
- объем работы значительно меньше заданного;
- работа сдана с опозданием в сроках на 5-6 дней.

Оценка «2» выставляется студенту, если:

- не раскрыта основная тема работы;
- работа оформлена не в соответствии с требованиями преподавателя;
- объем работы не соответствует заданному;
- работа сдана с опозданием в сроках больше 7 дней.

Лабораторные и практические работы по своему содержанию имеют определенную структуру, предлагаем рассмотреть ее: ход работы приведен в начале каждой практической и лабораторной работы; при выполнении практических работ студентами выполняется задание, которое указано в конце работы; при выполнении лабораторных работ Вами составляется отчет по ее выполнению, содержание отчета указано в конце лабораторной работы.

При выполнении лабораторных и практических работ студентами выполняются определенные правила, рассмотрите их ниже: лабораторные и практические работы выполняются во время учебных занятий; допускается окончательное оформление лабораторных и практических работ в домашних условиях; разрешается использование дополнительной литературы при выполнении лабораторных и практических работ; перед выполнением лабораторной и практической работы необходимо изучить основные теоретические положения по рассматриваемому вопросу.

Содержание.

Введение

Практическая работа № 1 «Расшифровка марок металлов и сплавов».

Практическая работа № 2 «Выбор инструментальных сталей».

Лабораторная работа № 1 «Макроисследование металлов и сплавов».

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Расшифровка марок металлов и сплавов.

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

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

Пример расшифровки марки стали



Легировующие элементы и их влияние на свойства стали

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

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

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

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

Кремний в количестве свыше 1% оказывает особое влияние на свойства стали: содержание 1-1,5% Si увеличивает прочность, при этом вязкость сохраняется. При большем содержании кремния увеличивается электросопротивление и магнитопроницаемость. Кремний увеличивает также упругость, кислотостойкость, окислительную стойкость.

Марганец при содержании свыше 1% увеличивает твердость, износостойкость, стойкость против ударных нагрузок, не уменьшая пластичности.

Кобальт повышает жаропрочность, магнитные свойства, увеличивает сопротивление удару.

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

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

Ниобий улучшает кислотостойкость и способствует уменьшению коррозии в сварных конструкциях.

Алюминий повышает жаростойкость и окалиностойкость.

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

Примеры расшифровки обозначения сталей:

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

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

19ХГН: содержание углерода - 0,19%, хрома, марганца, никеля по одному проценту;

15Х25Т: содержание углерода - 0,15%, хрома - до 25%, титана - до 1%;

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

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

Условные обозначения легирующих элементов:

азот (N) - А

алюминий (Al) -

Юбериллий (Be) -

Л бор (В) - Р

ванадий (V) - Ф

висмут (Bi) - Ви

вольфрам (W) - В

кобальт (Co) - К

кремний (Si) - С

магний (Mg) - Ш

марганец (Mn) - Г

свинец (Pb) - АС

медь (Cu) - Д

молибден (Mo) - М

никель (Ni) - Н

ниобий (Nb) - Б

титан (Ti) - Т

углерод (C) - У

фосфор (P) - П

хром (Cr) - Х

цирконий (Zr) - Ц.

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

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

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

Маркировка чугуна

Чугун маркируется буквами СЧ и цифрами, первая из которых характеризует предел прочности чугуна данной марки при растяжении, вторая - при изгибе (кг/мм²). Наибольшее распространение получили чугуны марок: СЧ12-28; СЧ15-32; СЧ18-36; СЧ 21-40; СЧ 24-44; СЧ 28-48; СЧ 32-52; СЧ 38-60, причем первые пять марок имеют перлитно-ферритную металлическую основу, последние три - перлитную. Прочность серых чугунов всех марок при сжатии значительно превышает прочность при растяжении. Например, для чугуна марки СЧ 24-44, имеющего предел прочности при растяжении 24 кгс/мм², предел прочности при сжатии составляет 85 кгс/мм². Для увеличения прочности чугуна графитовым включением придают шарообразную форму путем введения магния в ковш перед разливкой. При этом чугун приобретает и некоторую пластичность. Высокопрочные чугуны маркируют буквами ВЧ и цифрами, первая из которых характеризует временное сопротивление чугуна при растяжении (кгс/мм²), вторая - относительное удлинение (%). Например, ВЧ 60-2 или ВЧ 40-10.

Ковкие чугуны маркируют буквами КЧ и цифрами, обозначающими временные сопротивления при растяжении (кгс/мм²) и относительное удлинение (%). Примерами марок ковких чугунов могут служить КЧ 38-8; КЧ 35-10; КЧ 37-12; КЧ 30-6 с ферритной металлической основой и КЧ 45-6; КЧ 50-4 и КЧ 60-3, имеющие ферритно-перлитную основу.

Маркировка латуней и бронз.

Марки обозначаются следующим образом. Первые буквы в марке означают: Л - латунь и Бр. - бронза. Буквы, следующие за буквой Л в латуни или Бр. в бронзе, означают: А - алюминий, Б - бериллий, Ж - железо, К - кремний, Мц - марганец, Н - никель, О - олово, С - свинец, Ц - цинк, Ф. - фосфор.

Цифры, помещенные после буквы, указывают среднее процентное содержание элементов. Порядок расположения цифр, принятый для латуней, отличается от порядка, принятого для бронз.

В марках латуни первые две цифры (после буквы) указывают содержание основного компонента - меди. Остальные цифры, отделяемые друг от друга через тире, указывают среднее содержание легирующих элементов. Эти цифры расположены в том же порядке, как и буквы, указывающие присутствие в сплаве того или иного элемента.

В марках бронзы (как и в сталях) содержание основного компонента - меди - не указывается, а определяется по разности. Цифры после букв, отделяемые друг от друга через тире, указывают среднее содержание легирующих элементов; цифры расположенные в том же порядке, как и буквы, указывающие на легирование бронзы тем или иным компонентом.

Например: маркой Бр. ОЦС4-4-2,5 обозначают бронзу, содержащую 4% олова, 4% цинка, 2.5% свинца и 89,5% меди ($100-(4+4+2.5)=89,5\%$).

Например,

1 латунь с содержанием меди 63 процента обозначается как «Л63».

2. ЛАЖ60-1-1» – латунь, содержащая 60 процентов меди, 1 процент алюминия и 1 процент железа.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Выбор инструментальных сталей.

Цель работы: получить навыки выбора материалов для изготовления режущего, штампового и измерительного инструмента в зависимости от условий его работы и научиться назначать упрочняющую термическую и химико-термическую обработку.

1. Требования, предъявляемые к инструментальным сталям

Инструментальные стали предназначены для изготовления режущего, измерительного инструмента и штампов холодного и горячего деформирования (табл. 14 приложения). В процессе эксплуатации все виды инструмента, особенно металлорежущий и штампы, подвергаются истиранию, испытывают высокие давления, а также высокие напряжения, чаще всего, изгиба или кручения. Для обеспечения износостойкости инструментальным сталям должна быть присуща высокая твердость, а для сохранения формы инструмента, предупреждения его поломок и выкрашивания рабочих кромок – высокая прочность при удовлетворительной вязкости.

К важному свойству инструментальных сталей, подвергающихся при резании или деформировании существенному нагреву, относится теплостойкость (красностойкость), т.е. устойчивость против отпуска с соответствующим изменением свойств (снижением твердости и износостойкости), а также разгаростойкость – отсутствие склонности к образованию поверхностных трещин при многократных циклах нагревания и охлаждения.

Стали для измерительного инструмента должны иметь высокую чистоту поверхности и стабильность размеров в готовом изделии.

2. Углеродистые инструментальные стали

Углеродистые стали поставляют после отжига на зернистый перлит с гарантией на химический состав и твердость.

Благодаря невысокой твердости в состоянии поставки (HВ187...217) углеродистые стали хорошо обрабатываются резанием и деформируются, что позволяет применять накатку, насечку и другие высокопроизводительные методы изготовления инструмента.

Из-за низкой прокаливаемости (табл. 15 приложения) углеродистые стали пригодны для мелкого инструмента или для инструмента сечением до 25 мм с незакаленной сердцевиной, в которой режущая часть приходится на поверхностный слой (метчики, развертки, напильники и т.п.). Несквозная закалка уменьшает деформации инструмента и повышает за счет вязкой сердцевины его устойчивость к ударам и вибрациям. В сечениях более 25 мм закаленный слой получается тонким и продавливается во время работы.

Стали У7-У9 подвергают полной, а стали У10-У13 – неполной закалке. Инструмент сечением более 15 мм охлаждают в воде или водных растворах солей и щелочей. Инструменты меньшего сечения для уменьшения деформаций и опасности растрескивания закалывают в масле или расплавах солей при 160...200 °С.

Стали У7, У8, У9, обеспечивающие более высокую вязкость, применяют для инструментов, подвергающихся ударам: деревообделочного, слесарного, кузнечного, а также пуансонов, матриц и др. После закалки их отпускают при 275...350 °С на троостит (HRC48...51). Заэвтектоидные стали У10, У11, У12 используют после низкого отпуска (150...180 °С) со структурой мартенсита и включениями карбидов, обеспечивающих повышенную износостойкость. Их применяют для инструментов с высокой твердостью на рабочих гранях (HRC62...64): режущего (напильники, пилы, метчики, сверла, резцы и т.д.), измерительного (калибры простой формы и невысоких классов точности) и небольших штампов холодной высадки и вытяжки, работающих при невысоких нагрузках.

Сталь У13 применяют для инструментов, требующих наиболее высокой твердости: шаберов, гравировального инструмента.

Высококачественные стали имеют то же назначение, что и качественные, но из-за несколько лучшей вязкости их чаще используют для инструментов с более тонкой режущей кромкой.

3. Легированные стали для режущего инструмента

По теплостойкости эти стали делятся на две группы:

- низколегированные стали, не обладающие теплостойкостью;
- высоколегированные быстрорежущие стали с теплостойкостью до 600...640 °С.

Низколегированные стали содержат повышенное количество углерода и до 5 % легирующих элементов. По структуре они относятся к заэвтектоид-ным сталям перлитного класса. Их подвергают неполной закалке от температуры несколько выше A_1 и низкому отпуску. Стали имеют структуру мартенсита и избыточных карбидов (легированный цементит) и характеризуются высокой твердостью (HRC 62...69) и износостойкостью. Однако, как и углеродистые, они не обладают теплостойкостью и имеют практически одинаковые с ними режущие свойства. Их применяют для инструмента, работающего при небольших скоростях резания, не вызывающих нагрева свыше 200...260 °С. В отличие от углеродистых они меньше склонны к перегреву и позволяют изготавливать инструмент больших размеров и более сложной формы.

Сталь ХВ4 отличается особо высокой твердостью и износостойкостью благодаря тому, что в ней, кроме легированного цементита, присутствуют карбиды вольфрама типа M_6C , которые практически не растворяются при температуре закалки. Из-за высокой твердости (HRC 67...69) ее называют алмазной

и применяют для чистовой обработки твердых материалов. Стали X, 9XC, ХВГ, ХВСГ закаливаются в масле и относятся к сталям глубокой прокаливаемости. Сталь 9XC в отличие от стали X (1,5 % Cr), благодаря присутствию кремния имеет более высокую устойчивость против отпуска (до 260 °С), повышенные режущие свойства и применяется для изготовления фрез, сверл, резьбонарезного и другого инструмента сечением до 35 мм. Недостаток стали 9XC – склонность к обезуглероживанию. Сталь ХВГ из-за присутствия марганца характеризуется малой деформацией при закалке. Ее применяют для длинного стержневого инструмента (сверл, разверток, протяжек и т.п.) сечением до 45 мм. Слож-нолегированная сталь ХВСГ сочетает в себе лучшие свойства сталей 9XC и ХВГ и используется для инструментов большого сечения (до 100 мм).

Быстрорежущие стали – группа высоколегированных сталей, предназначенных для изготовления высокопроизводительного инструмента.

Основное свойство этих сталей – высокая теплостойкость, которая обеспечивается введением большого количества вольфрама совместно с другими карбидообразующими элементами (Mo, V), а также кобальтом. Инструмент из этих сталей сохраняет высокую горячую твердость до 600...640 °С и допускает в 3...5 раз более производительные режимы резания, чем из сталей, не обладающих теплостойкостью.

Особенности термической обработки, структуры и свойств быстрорежущих сталей рассмотрим на примере сталей P18 и P9, которые по количеству легирующих элементов (W, Cr, V) обозначают 18-4-1 и 9-4-2.

По структуре отжига быстрорежущие стали относятся к ледебуритному классу. В литом виде имеют ледебуритную эвтектику. Ее устраняют горячей деформацией путем измельчения первичных карбидов. Для снижения твердости (до HB 207...255) деформированную сталь перед механической обработкой подвергают изотермическому отжигу. Структура отожженных сталей состоит из сорбитообразного перлита, вторичных и более крупных первичных карбидов. Общее количество карбидов в стали P18 составляет примерно 28 %, в стали P9 – 17 %. Основным карбидом стали P18 является сложный карбид вольфрама переменного состава Fe_3W_3C (M_6C), который растворяет в себе часть ванадия и хрома. В остальных случаях, кроме M_6C и небольшого количества карбида $(Fe, Cr)_{23}C_6$, присутствует карбид VC (MC).

В карбидах находится 80...95 % вольфрама и ванадия и около половины хрома. Остальная часть растворена в феррите.

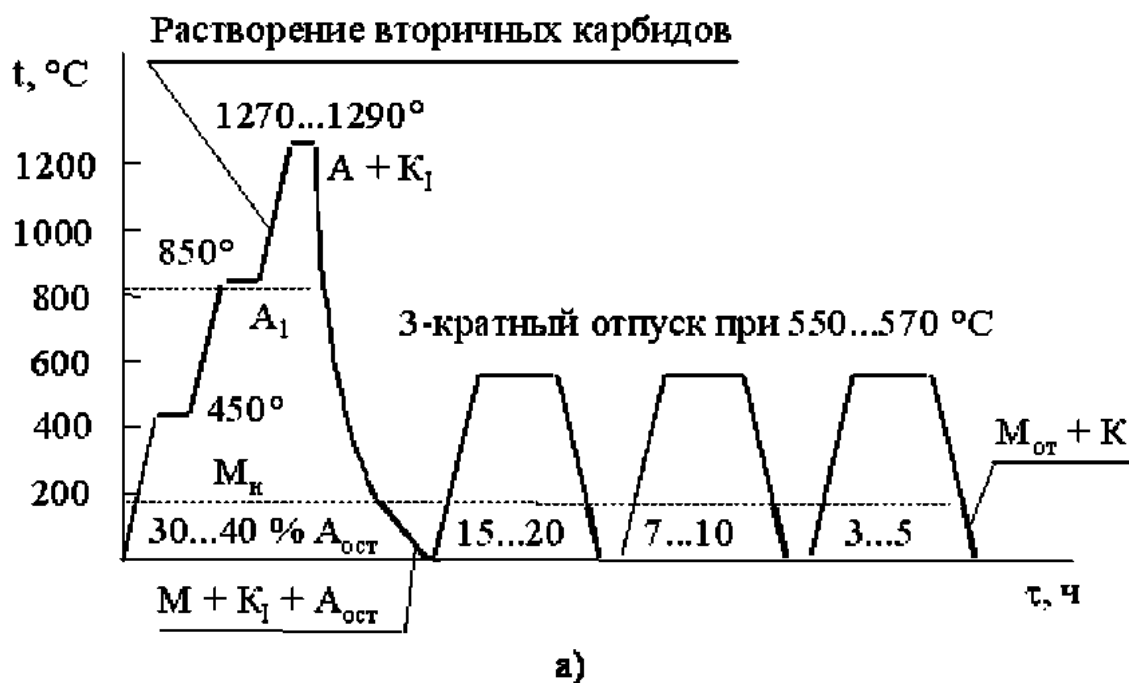


Рис. 6.1. Схема термической обработки быстрорежущей стали: а) – без обработки холодом; б) – с обработкой холодом. Высокие режущие свойства инструмент из быстрорежущих сталей приобретает после закалки и трехкратного отпуска (рис. 6.1, а). Из-за низкой теплопроводности быстрорежущие стали при закалке нагревают медленно с прогревами при 450 и 850°C , применяя соляные ванны для уменьшения окисления и обезуглероживания. Особенность закалки быстрорежущих сталей – высокая температура нагрева. Она необходима для обеспечения теплостойкости – получения после закалки высоколегированного мартенсита в результате перехода в раствор максимального количества специальных карбидов.

Степень легирования аустенита (мартенсита) увеличивается с повышением температуры нагрева. При температуре 1300°C достигается предельное насыщение аустенита – в нем растворяется весь хром, около $8\% \text{ W}$, $1\% \text{ V}$ и $0,4...0,5\% \text{ C}$.

Легирование аустенита происходит при растворении вторичных карбидов. Первичные карбиды не растворяются и тормозят рост зерна аустенита. Благодаря им при нагреве, близком к температуре плавления, быстрорежущие стали сохраняют мелкое зерно.

Быстрорежущие стали по структуре нормализации относятся к мартен-ситному классу. С температуры закалки мелкий инструмент охлаждают на воздухе, крупный – в масле. Сложный

инструмент для уменьшения деформаций подвергают ступенчатой закалке с выдержкой в горячих средах при температуре 500...550 °С.

После закалки стали не обладают максимальной твердостью (HRC 60...62), так как в структуре, кроме мартенсита и первичных карбидов, содержится 30...40 % остаточного аустенита, присутствие которого вызвано снижением точки М ниже 0 °С. Остаточный аустенит превращают в мартенсит при отпуске или обработке холодом.

Быстрорежущие стали – вторично твердеющие; наибольшая твердость достигается после отпуска при 550...570 °С. В процессе выдержки при отпуске из мартенсита и остаточного аустенита выделяются дисперсные карбиды M_6C . Аустенит, обедняясь углеродом и легирующими элементами, становится менее устойчивым и при охлаждении ниже M_n испытывает мартенситное превращение. Однократный отпуск не обеспечивает превращения всего остаточного аустенита. Применяют двух-, трехкратный отпуск с выдержкой по 1 ч и охлаждением на воздухе. При этом количество аустенита снижается до 3...5 %. Применение после закалки обработки холодом сокращает цикл термической обработки (рис. 6.1,б). В термически обработанном состоянии быстрорежущие стали имеют структуру, состоящую из мартенсита отпуска и карбидов, и твердость HRC 62...65. Режущие свойства дополнительно улучшают низкотемпературным цианированием (табл. 16 приложения).

По своим режущим свойствам быстрорежущие стали делят на две группы: нормальной и повышенной производительности.

Группу *нормальной производительности* образуют вольфрамовые (P18, P12, P9, P9Ф5) и вольфрамомолибденовые (P6M3, P6M5) стали, сохраняющие твердость не ниже HRC58 до температуры 620 °С. Из-за одинаковой теплостойкости эти стали имеют близкие режущие свойства и отличаются главным образом механическими и технологическими свойствами. Лучшей обрабатываемостью давлением и резанием, а также прочностью и вязкостью обладают стали P6M3 и P6M5. Стали P9, P9Ф5 отличаются плохой шлифуемостью из-за присутствия твердых карбидов ванадия.

К группе с *повышенной производительностью* относятся стали, содержащие кобальт или повышенное количество ванадия: P18Ф2, P14Ф4, P6M5K5, P9M4K8, P9K5, P9K10, P10K5Ф5, P18K5Ф2. Они превосходят стали первой группы по теплостойкости (630...640 °С), твердости ($HRC \geq 64$) и износостойкости, но уступают им по прочности и пластичности. Стали повышенной производительности применяют для обработки высокопрочных сталей, коррозионностойких и жаропрочных сталей с аустенитной структурой и других труднообрабатываемых материалов, где их высокая стоимость окупается более высокими режущими свойствами.

4. Твердые сплавы

Спеченные твердые сплавы – материалы, состоящие из высокотвердых и тугоплавких карбидов вольфрама, титана, тантала, сцементированных металлической связкой.

Твердые сплавы изготавливают методом порошковой металлургии. Порошки карбидов смешивают с порошком кобальта, выполняющим 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 доли связки вызывает снижение твердости, но повышает прочность и вязкость. Твердые сплавы производят в виде пластин, которые напаивают на державку из углеродистой стали. Твердые сплавы применяют для резцов, сверл, фрез и другого инструмента. Такой инструмент сочетает высокую твердость

HRA85...92 (HRC74...76), износостойкость с наиболее высокой теплостойкостью (800-1000 °С). По своим режущим свойствам он превосходит быстрорежущие стали и применяется для наиболее тяжелых условий резания, в том числе с наиболее высокими скоростями.

Твердые сплавы характеризуются также высоким модулем упругости (48000-68000 кгс/мм²) и пределом прочности на сжатие (до 600 кгс/мм²). Недостатки – сложность изготовления фасонных изделий, высокая хрупкость.

В зависимости от состава карбидной смеси 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 (табл. 17 приложения). Сплавы этой группы превосходят прочие по прочности, но уступают по твердости. Теплостойки до 800 °С.

Сплавы ВК3-ВК8 применяют для режущего инструмента 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 волочильного и бурового инструмента, стойкость которого в десятки раз превышает стойкость стального инструмента. Сплавы с высоким содержанием кобальта (ВК20 и ВК25) используют для штампового инструмента. Их применяют также как конструкционный материал для деталей машин и приборов, от которых требуется высокое сопротивление пластической деформации или износу.

Вторую группу (титановольфрамовую) образуют сплавы системы TiC -WC-Co. Они маркируются буквами Т, К и цифрами, показывающими содержание карбидов титана и кобальта в процентах. 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 теплостойкостью (900-1000 °С), 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 карбидов TiC+TaC , а после буквы К – количество кобальта. 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 для наиболее тяжелых условий резания (черновая обработка стальных слитков, отливок, поковок).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Макроисследование металлов и сплавов.

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

Оборудование: шлифовальный станок, фарфоровая чашка, щипы, бинокулярный микроскоп, лупа, реактив для травления (хлористая медь CuCl_2 85 г + хлористый аммоний NH_4Cl 53 г + вода H_2O 1000 мл – реактив Гейне), 5%-ный раствор серной кислоты, фиксатор (тиосульфат натрия), глянцевая бромсеребряная бумага, фильтровальная бумага, вата, образцы сплавов.

Макроанализ по виду излома

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

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

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

Хрупкие (кристаллические) изломы. Хрупкому разрушению подвержены закаленные стали, поверхности изломов состоят из множества блестящих площадок. Различают следующие разновидности хрупких изломов: транскристаллический (проходит по телу зерна), межкристаллический (интеркристаллический), крупнозернистый (грубозернистый, крупнокристаллический), мелкозернистый (мелкокристаллический), нафталинистый, камневидный, шиферный, черный, усталостный.

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

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

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

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

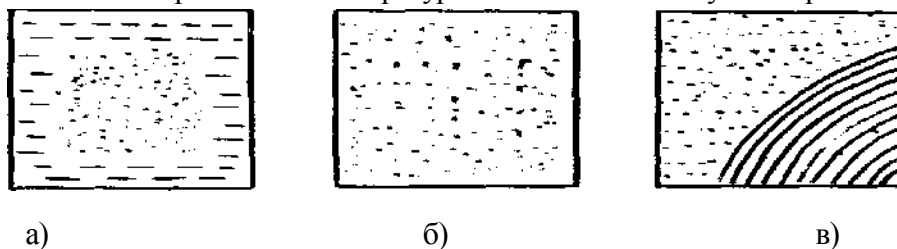


Рис.1. Строение вязкого (а), хрупкого (б) и усталостного (в) изломов

Усталостный излом встречается в деталях, работавших при циклических нагрузках (рельсы, оси, валы, шестерни, штоки, клапанные пружины и др.). На изломе поверхности разграничиваются на очаг разрушения (риски, забоины, трещины, неметаллические, газовые включения), зону постепенного развития усталостной трещины и зону излома. Усталостная трещина, развиваясь, постепенно ослабляет поперечное сечение детали. Не пораженное трещиной сечение не может противодействовать нагрузке на деталь и разрушается. Зона излома может иметь признаки или хрупкого, или вязкого разрушения (рис.1,в).

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

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

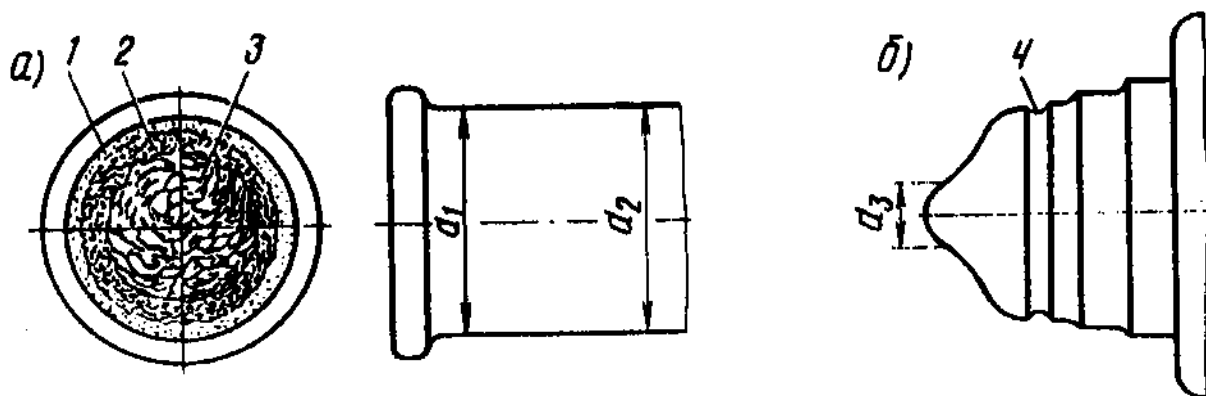


Рис. 2. Характерные признаки излома шейки оси в результате нагревания буксы а – отломившаяся часть; б – оставшаяся часть

Макроанализ при помощи макрошлифов

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

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

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

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

Выявление общей ликвации углерода, фосфора производят травлением шлифованной поверхности реактивом Гейне. На продольных макрошлифах наблюдаются темные полосы в виде волокон - это ликвационные зоны, обогащенные углеродом и фосфором (рис.4). На поперечных шлифах волокон нет.

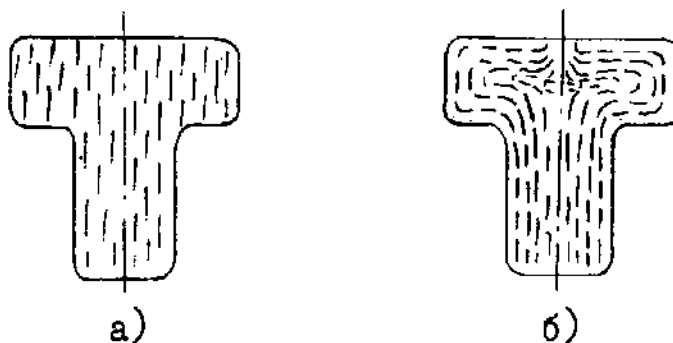


Рис 3. Макроструктура болта, изготовленного резанием (а) и ковкой с высадкой (б)

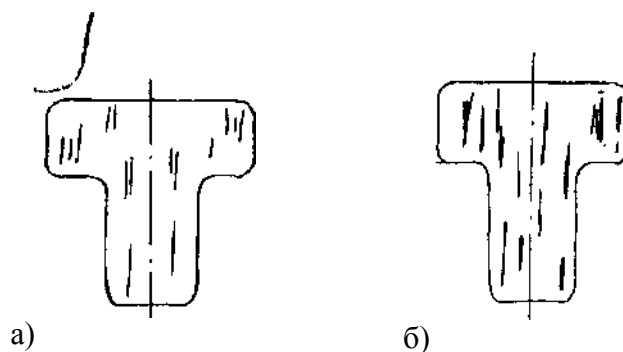


Рис. 4. Общая ликвация в стали: болт (а) с небольшим и болт (б) с большим содержанием углерода и фосфора

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

Качество сварных соединений определяется различными методами макроанализа. Визуальный осмотр сварных швов позволяет вскрыть отклонения в размерах и форме сварного шва. Дендритное строение сварного шва, зону термического влияния, мелкие трещины и поры обычно выявляют при травлении исследуемых поверхностей сварного шва реактивом Гейне (рис.5).

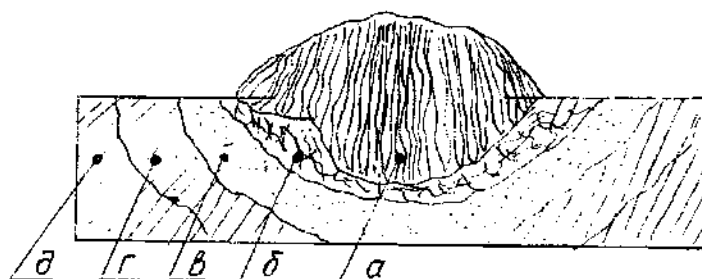


Рис.5. Макроструктура сварного шва: шов (а), участок перегрева (б), участок мелкого зерна (в), участок перекристаллизации (г), исходная сталь (д)

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить макрошлифы. Одна поверхность образца шлифуется наждачной бумагой различных номеров в последовательности от более крупного до более мелкого № 220 – 320. При этом водят по шлифу бумагой, а не наоборот. Подготовленную поверхность протирают ватой, смоченной спиртом для обезжиривания перед травлением. Травление макрошлифа производят крепкими и сильнодействующими реактивами.
2. Выявить в темплетах трещины, поры, раковины глубоким травлением подогретым до 60 – 70 °С водным раствором соляной кислоты (по 50 см³ HCl и H₂O). Время травления 10-45 мин. Поверхность после травления промыть, обработать 15% раствором азотной кислоты и просушить. Выявленные видимые дефекты зарисовать. Этим методом выявляют и направления в расположении волокон.
3. Выявить ликвацию серы, применяя метод Баумана, на двух образцах. Листы фотобумаги, замоченные в 5% растворе серной кислоты наложить на подготовленную поверхность эмульсионной стороной (не допускать сдвига и поглаживанием удалять выделяющийся газ), выдержать 3-4 минуты. Бумагу промыть, зафиксировать отпечаток, выдержав в течение 20-30 мин в 20% растворе гипосульфита, после чего снова промыть и просушить.
4. Выявить ликвацию углерода, фосфора травлением отшлифованной поверхности в реактиве, состоящем из 85 г хлорной меди и 53 г хлористого аммония в 1000 см³ воды. Образец подготовленной поверхностью погрузить в реактив и выдержать 1-2 мин. Образовавшийся на поверхности слой меди смыть струей воды, макрошлиф протереть мокрой ватой и просушить. Темные (глубоко протравленные) участки характеризуют распределение углерода, фосфора.
5. Рассмотреть, зарисовать поверхность изломов образцов и охарактеризовать их по размеру зерна (мелкозернистая, крупнозернистая структура) и другим основным признакам.

Содержание отчета:

цель работы; краткие сведения из теории макроанализа; зарисовки изломов; зарисовки характера общей ликвации и направления волокон; отпечаток на фотобумаге характера распределения серы; ликвации углерода, фосфора; зарисовки макрошлифа сварного соединения, поверхности изломов; выводы по результатам анализов.

Контрольные вопросы:

1. Макроскопический анализ и его цель.
2. Виды макроанализа.
3. Как готовят макрошлиф?
4. Как выявляют дефекты, нарушающие сплошность детали?
5. Как выявляют ликвацию серы?
6. Как выявляют ликвацию углерода, фосфора?
7. Макроструктура сварного соединения.
8. Виды изломов.
9. Причины, вызывающие возникновение усталостных изломов.