

Т: Строение и свойства материалов.

Темы для самостоятельного изучения

Современные физико-химические методы анализа металлов и сплавов:

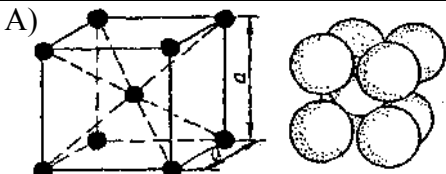
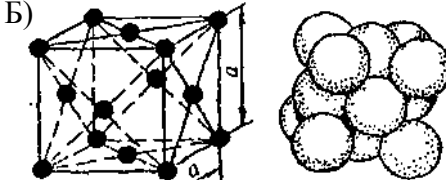
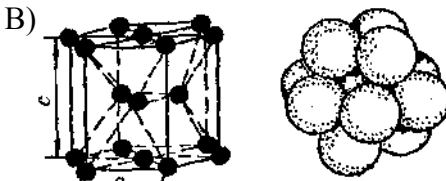
Атом, молекула. Химическая связь.

Фазовое состояние вещества.

Газ, жидкость, твердое тело.

Тестовое задание по теме:

1. СООТНЕСИ НАЗВАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТОК ИХ СХЕМАТИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ...

1) кубическая гранецентрированная	А) 
2) гексагональная	Б) 
3) кубическая объемно- центрированная	В) 

Эталон: 1Б, 2В, 3А

2. ПРОЦЕСС ПЕРЕХОДА МЕТАЛЛА ИЗ ЖИДКОГО СОСТОЯНИЯ В ТВЕРДОЕ НАЗЫВАЕТСЯ...

- 1) полиморфное превращение
- 2) гидролиз
- 3) кристаллизация
- 4) дефрагментация

Эталон: 3

3. ПЕРЕСТРОЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ (МОДИФИКАЦИИ) В МЕТАЛЛАХ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ, НАЗЫВАЕТСЯ...

- 1) полиморфное превращение
- 2) гидролиз
- 3) кристаллизация
- 4) дефрагментация

Эталон: 1

4. КРИСТАЛЛИТЫ, ЗАТВЕРДЕВШИЕ В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВОВ МЕТАЛЛОВ, НАЗЫВАЮТСЯ...

- 1) зерна
- 2) почки
- 3) клетки
- 4) семечки

Эталон: 1

5. ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ С УПОРЯДОЧЕННЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ АТОМОВ КОМПОНЕНТОВ В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТКАХ, НАЗЫВАЮТСЯ...

- 1) сверхметаллы
- 2) суперсоставы
- 3) сверхструктуры
- 4) суперрастворы

Эталон: 3

Т : Основные положения теории сплавов.

Темы для самостоятельного изучения

Понятие сплавы. Типы сплавов. Диаграммы состояния сплавов.

Тестовое задание по теме:

1. ФАЗОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ НЕ ЯВЛЯЕТСЯ...

- 1) жидкий раствор
- 2) твердый раствор
- 3) химическое соединение
- 4) газовая смесь

Эталон: 4

2. СООТНЕСТИ НАЗВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯМ...

1) сжатие	А) деформация тела с одним закрепленным концом под действием пары равных противоположно направленных сил, плоскость которых перпендикулярна к оси тела
2) растяжение	Б) уменьшение объема тела под действием сдвливающих сил
3) кручение	В) деформация тела двумя направленными навстречу друг другу силами, лежащими не на одной прямой, но близко друг к другу
4) сдвиг (срез)	Г) изменение кривизны деформируемого тела
5) изгиб	Д) увеличение длины тела при приложении к его концам сил, равнодействующие которых направлены вдоль оси тела

Эталон: 1Б, 2Д, 3А, 4В, 5Г

3. СПОСОБНОСТЬ МЕТАЛЛА, НЕ РАЗРУШАЯСЬ, ИЗМЕНЯТЬ ФОРМУ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАГРУЗКИ И СОХРАНЯТЬ ИЗМЕНЕННУЮ ФОРМУ ПОСЛЕ СНЯТИЯ НАГРУЗКИ НАЗЫВАЕТСЯ...

- 1) прочность
- 2) пластичность
- 3) вязкость
- 4) твердость

Эталон: 2

4. СПОСОБНОСТЬ МЕТАЛЛА СОПРОТИВЛЯТЬСЯ РАЗРУШЕНИЮ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНИХ СИЛ НАЗЫВАЕТСЯ...

- 1) прочность
- 2) пластичность
- 3) выносливость
- 4) твердость

Эталон: 1

5. СПОСОБНОСТЬ МЕТАЛЛА СОПРОТИВЛЯТЬСЯ ПРОНИКНОВЕНИЮ В НЕГО БОЛЕЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА, НЕ ПОЛУЧАЮЩЕГО ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ, НАЗЫВАЕТСЯ...

- 1) прочность
- 2) пластичность
- 3) вязкость
- 4) твердость

Эталон: 4

6. УСТАЛОСТЬ МЕТАЛЛОВ ЭТО ЯВЛЕНИЕ ИХ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ...

- 1) многократном нагружении
- 2) значительном нагружении
- 3) критическом нагружении

Эталон: 1

7. НАИБОЛЬШЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ, КОТОРОЕ ВЫДЕРЖИТ МЕТАЛЛ, НЕ РАЗРУШАЯСЬ ПОСЛЕ ЗАДАННОГО ЧИСЛА ПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗОК, НАЗЫВАЕТСЯ...

- 1) прочность
- 2) пластичность
- 3) выносливость
- 4) твердость

Эталон: 3

8. СПОСОБНОСТЬ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ БЕЗ РАЗРУШЕНИЯ ИЗМЕНЯТЬ СВОЮ ФОРМУ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ НАЗЫВАЕТСЯ...

- 1) свариваемость
- 2) ковкость
- 3) прокаливаемость

Эталон: 2

Т: Сплавы железа с углеродом.

Темы для самостоятельного изучения

Форма углерода в сплавах с железом. Диаграмма железо углерод.

Сталь, чугун.

Тестовое задание по теме:

1. ОСНОВОЙ ЧЕРНЫХ СПЛАВОВ (СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ) ЯВЛЯЮТСЯ СПЛАВЫ ЖЕЛЕЗА С...

- 1) кислородом
- 2) водородом
- 3) углеродом
- 4) азотом

Эталон: 3

2. ПОРОГ ДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ НА СТАЛИ И ЧУГУНЫ...

- 1) 0,8% углерода
- 2) 1,13% углерода
- 3) 1,2% углерода
- 4) 2,14% углерода
- 5) 2,98% углерода

Эталон: 4

3. ПРОЦЕСС ВВЕДЕНИЯ В СПЛАВ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ЦЕЛЬЮ ИЗМЕНЕНИЯ ЕГО СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ НАЗЫВАЕТСЯ...

- 1) гофрирование
- 2) цементирование
- 3) перфорирование
- 4) кремирование
- 5) легирование

Эталон: 5

4. ПОВЫШЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА (В ПОСЛЕДСТВИИ ЦЕМЕНТИТА) В СТАЛИ ПРИВОДИТ К...

- 1) повышению прочности и твердости, уменьшению пластичности и вязкости
- 2) уменьшению прочности и твердости, повышению пластичности и вязкости
- 3) повышению прочности и пластичности, уменьшению твердости и вязкости

Эталон: 1

5. СЕРА В ЧУГУНЕ ЯВЛЯЕТСЯ...

- 1) вредной примесью
- 2) легирующим элементом
- 3) побочным продуктом
- 4) недавним открытием

Эталон: 1

6. ВАЖНЕЙШЕЙ, ПОСЛЕ УГЛЕРОДА, ПРИМЕСЬЮ В ЧУГУНЕ И СПОСОБСТВУЮЩЕЙ ВЫДЕЛЕНИЮ УГЛЕРОДА В ВИДЕ ГРАФИТА, ЯВЛЯЕТСЯ...

- 1) сера
- 2) марганец
- 3) фосфор
- 4) кремний

Эталон: 4

7. СООТНЕСТИ ВИДЫ ЧУГУНОВ ИХ ОТЛИЧИТЕЛЬНЫМ ОСБЕННОСТЯМ...

1) Серый чугун	А) в зависимости от назначения, производят износостойкий, антифрикционный, жаростойкий и коррозионностойкий, в зависимости от применяемых добавок
2) Высокопрочный чугун	Б) весь углерод находится в химически связанном состоянии в виде цементита; высокая твердость, хрупкость и плохая обрабатываемость режущим инструментом; высокая износостойкость, в том числе при воздействии абразивных сред (применяется в поршневых кольцах)
3) Белый чугун	В) получается путем обжига белого чугуна определенного хим. Составы с пониженным содержанием графитизирующих элементов; используется для мелких и тонкостенных отливок ответственного назначения, работающих при знакопеременных динамических нагрузках (приводы, коробки передач, тормозные колодки, шестерни, ступицы и т.д); малоперспективен из-за сложной технологии и длительности производства деталей из него
4) Легированный чугун	Г) сплав системы Fe-C-Si с примесями марганца, фосфора и серы; углерод преимущественно в виде графита пластичной формы; свойства металлической матрицы близки к стали; графит улучшает обрабатываемость резанием и увеличивает износостойкость образованием защитной пленки
5) Ковкий чугун	Д) высокие прочность и пластичность, обусловленные наличием в структуре шаровидного графита; является наиболее перспективным литейным сплавом при решении задачи уменьшения массы конструкций; используется для изготовления ответственных деталей в автомобилестроении (коленвалы, цилиндры, зубчатые колеса и т.д.)

Эталон: 1Г, 2Д, 3Б, 4А, 5В

8. СООТНЕСТИ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ГРУППАМ СТАЛИ...

1) Ж	А) хромоникелевая нержавеющая сталь
2) Я	Б) хромистая нержавеющая сталь
3) Р	В) электротехническая сталь
4) Ш	Г) быстрорежущая сталь

5) Е	Д) шарикоподшипниковая сталь
------	------------------------------

Эталон: 1Б, 2А, 3Г, 4Д, 5В

9. ЛЕГИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОВЫШАЮТ КОНСТРУКЦИОННУЮ ПРОЧНОСТЬ СТАЛИ, РАСТВОРЯЯСЬ В ОСНОВНОЙ СТРУКТУРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ – ...

- 1) графите
- 2) ледебурите
- 3) цементите
- 4) феррите

Эталон: 4

Реферат по любому из металлов или сплавов: « область применения, химический состав, строение, общие сведения о металле или сплаве, механические свойства, физические и химические свойства и т.д»

Т: Цветные металлы и сплавы.

Темы для самостоятельного изучения

Алюминий и сплавы, медь и сплавы, антифрикционные сплавы.

Тестовое задание по теме:

1. САМЫМ РАСПРОСТРАНЕННЫМ В ЗЕМНОЙ КОРЕ МЕТАЛЛОМ ЯВЛЯЕТСЯ...

- 1) алюминий
- 2) никель
- 3) медь
- 3) ванадий
- 4) чугуний

Эталон: 1

2. ЛАТУНЬ И БРОНЗА ЯВЛЯЮТСЯ СПЛАВАМИ...

- 1) титана
- 2) меди
- 3) серебра
- 4) чугуна

Эталон: 2

3. ТИТАН ИМЕЕТ ВЫСОКОЕ СРОДСТВО К...

- 1) кислороду
- 2) водороду
- 3) углероду
- 4) азоту

Эталон: 1

Реферат по любому из металлов или сплавов: « область применения, химический состав, строение, общие сведения о металле или сплаве, механические свойства, физические и химические свойства и т.д»

Т: Основы термической обработки металлов и сплавов.

Темы для самостоятельного изучения

Виды термической обработки. Фазовые и структурные превращения. Влияние термической обработки на механические свойства. Отжиг, закалка, химико -термическая обработка.

Тестовое задание по теме:

1. ПРИ ИНДУКЦИОННОЙ ЗАКАЛКЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ...

- 1) ток высокой частоты
- 2) сжатый воздух
- 3) природный газ
- 4) микроволновое излучение

Эталон: 1

2. ИНДУКЦИОННАЯ ЗАКАЛКА ВОЗДЕЙСТВУЕТ НА...

- 1) сердцевину изделия
- 2) поверхностный слой
- 3) все тело изделия

Эталон: 2

3. К ВИДАМ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НЕ ОТНОСЯТСЯ...

- 1) цементация
- 2) азотирование
- 3) цианирование
- 4) диффузионная металлизация
- 5) обезуглероживание

Эталон: 5

4. ИСХОДНЫМ ПРОДУКТОМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ ЯВЛЯЕТСЯ...

- 1) предельный чугу́н
- 2) литейный чугу́н
- 3) переплавленный чугу́н
- 4) преобразованный чугу́н

Эталон: 1

Т: Топливо смазочные материалы.

Темы для самостоятельного изучения

Производство автомобильных ТСМ. Бензины. Дизельное топливо. Газовое топливо. Масла. Пластичные смазки. Эксплуатационные жидкости.

Электронные презентации по темам. Реферат по одной из тем ТСМ. «Октаное или цетановое число, скорость нормального и детонационного сгорания, иодное число, содержание серы, коксовое число, область применения, химические и физические свойства, механические свойства и т.д»

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ №1

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Цель работы:

- научиться проводить статистические испытания на растяжение стальных цилиндрических образцов для определения нескольких важных показателей механических свойств материалов

Студент должен уметь:

- определять свойства материалов

Общие сведения:

Методы определения механических свойств металлов

Как было отмечено, в результате пластической деформации происходит изменение свойств металла.

Под механическими свойствами понимают совокупность свойств, характеризующих сопротивление металла действию приложенных к нему внешних механических сил (нагрузок). Силы могут быть приложены в виде статической (плавно возрастающей), динамической (возрастающей резко и с большой скоростью), повторно-переменной (многократно прикладываемой, изменяющейся по величине или величине и направлению) нагрузки.

Механические испытания в зависимости от характера изменения и времени действия нагрузки разделяют на статические испытания (на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, твердость), динамические испытания (на ударный изгиб), усталостные испытания (при повторно-переменном приложении нагрузки). Отдельную группу составляют длительные высокотемпературные механические испытания (на ползучесть, длительную прочность и др.).

Испытание на растяжение

Среди статических испытаний наиболее часто применяют испытание на растяжение (ГОСТ 1497—73), позволяющее по результатам одного опыта определить несколько важных механических свойств, характеризующих прочность, т.е. сопротивление металла деформации, и пластичность — способность к остаточной деформации без разрушения.

При испытании на специальных разрывных машинах образец растягивается двумя равными и противоположными силами, приложенными к его оси.

В соответствии с ГОСТ 1497—73 для испытания на растяжение используют стандартные образцы — цилиндрические диаметром от 3 мм и более или плоские толщиной от 0,5 мм и более (рис. 65). Плоские образцы обычно применяют для испытаний листовых материалов. Длина расчетной части образцов l_0 зависит от площади поперечного сечения F_0 . Используют образцы длинные с $l_0 = 11,3\sqrt{F_0}$ и короткие - с $l_0 = 5,65\sqrt{F_0}$. Перед испытанием на образцы наносят расчетную длину l_0 неглубокими кернами, рисками или другими метками.

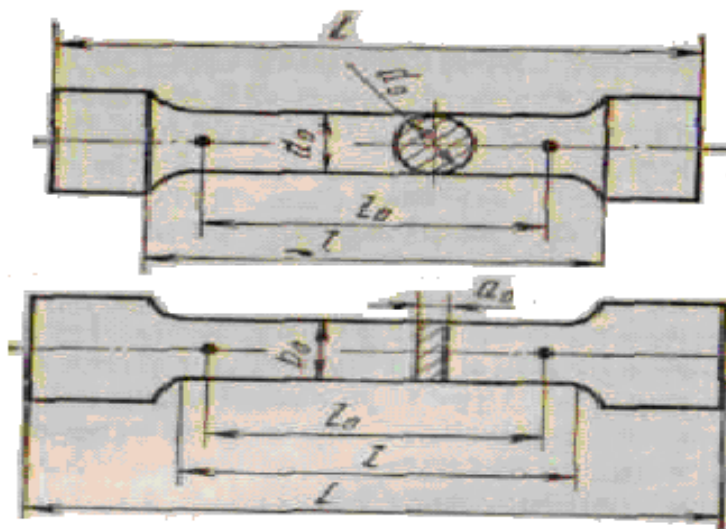


Рис.65 Образцы для испытания на растяжение:

а-круглый цилиндрический;

б - плоский

С помощью записывающего устройства машины получают диаграммы растяжения в координатах «нагрузка P — деформация Δl ».

Типичные диаграммы растяжения показаны на рис. 66. Для большинства пластичных материалов характерна диаграмма растяжения с постепенным переходом от упругой в пластическую область (рис. 66, а). Для некоторых пластичных материалов (например, низкоуглеродистая сталь) свойственна диаграмма растяжения с переходом в пластическую область в виде площадки текучести (рис. 66, б). Диаграмма, показанная на рис. 66, в, получается при растяжении образцов, изготовленных из мало-пластичных материалов, разрушающихся при малых остаточных деформациях (например, закаленная инзкоотпущенная сталь, серый чугун и др.).

На рис. 67 отмечены характерные точки диаграммы растяжения, по которым определяют механические свойства металла: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, временное сопротивление разрыву, истинное сопротивление разрыву.



$$\delta_{пц} = P_{пц} / F_0.$$

При определении предела пропорциональности допускается некоторая условность, связанная с трудностью точного определения значения нагрузки, которая соответствует пределу пропорциональности. Поэтому задается стандартный допуск на отклонение линейной зависимости $P — \Delta l$ в точке $P_{пц}$

При экспериментальном определении под пределом пропорциональности принимают напряжение, при котором отступление от линейной зависимости между нагрузкой и удлинением достигает такого значения, что тангенс угла наклона, образованного касательной к кривой $P — \Delta l$ в точке $P_{пц}$ с осью нагрузок, увеличивается на 50% своего значения на линейном упругом участке (рис. 68). Ордината точки e , расположенной в непосредственной близости от точки p , определяет нагрузку предела упругости:

$$\alpha_{упр} = P_{упр} / F_0.$$

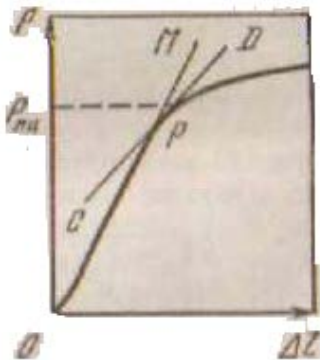


рис.68. Определение по диаграмме растяжения нагрузки предела пропорциональности (нагрузки $P_{пц}$ определяют по точке касания p прямой CD с кривой растяжения)

При экспериментальном определении предела упругости задается стандартный допуск на остаточное удлинение.

Под пределом упругости понимают напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,05 % {иногда меньше — до 0,005 %} от расчетной длины образца. Допуск указывается в обозначении предела упругости (например, $\delta_{0,05}$; $\delta_{0,02}$).

Положение площадки текучести s — s' на диаграмме растяжения определяет нагрузку P_T , знание которой позволяет рассчитать физический предел текучести — наименьшее напряжение, при котором образец деформируется без заметного увеличения нагрузки:

$$\sigma_T = P_T / F_0.$$

Если на диаграмме растяжения нет площадки текучести, то находят нагрузку $P_{0,02}$, по которой рассчитывают условный предел текучести — напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,2 % от расчетной длины образца:

$$\sigma_{0,02} = P_{0,02} / F_0.$$

Ордината точки В определяет максимальную нагрузку, которую выдерживает образец во время испытания. Отношение наибольшей нагрузки P_B отмеченной за время испытания, к первоначальной площади поперечного сечения образца F_0 называется временным сопротивлением (или пределом прочности) σ_B :

$$\sigma_B = P_B / F_0.$$

Точка к на диаграмме растяжения соответствует моменту разрушения образца. Ордината P_K определяет нагрузку, которую испытывает образец при разрыве.

Истинным сопротивлением разрыву S_K называется отношение нагрузки в момент разрыва P_K к площади поперечного сечения в шейке образца после разрыва F_K :

$$S_K = P_K / F_K.$$

Пластические свойства материала при испытании на растяжение оценивают по значениям относительного удлинения δ и относительного сужения ψ образцов после разрыва.

Относительным удлинением образца называется отношение приращения расчетной длины образца после разрыва к первоначальной расчетной длине, выраженное в процентах:

$$\delta = [(l_k - l_0) / l_0] 100\%,$$

где l_k — длина расчетной части образца после разрыва; для определения ее разрушенные части образца плотно складывают так, чтобы их оси образовали прямую линию.

Относительным сужением образца называется отношение уменьшения площади поперечного сечения образца к первоначальной площади, выраженное в процентах. Относительное сужение определяют по формуле:

$$\psi = [(F_0 - F_K) / F_0] 100\%,$$

где F_K — площадь поперечного сечения образца после разрыва.

Для определения относительного сужения ψ измеряют минимальный диаметр образца после разрыва в двух взаимно перпендикулярных направлениях. По среднему арифметическому из полученных значений рассчитывают площадь поперечного сечения F_k .

Представленная на диаграмме рис. 67 зависимость между удлинением и нагрузкой будет меняться с изменением размера образца. Для того чтобы исключить влияние размеров образца на характер диаграммы, ее строят в координатах напряжение σ — относительное удлинение ε . Подсчитывают σ делением действующей в данный момент нагрузки на первоначальную площадь поперечного сечения F_0 образца ($\sigma = P/F_0$), а ε — делением получающегося в данный момент абсолютного удлинения Δl рабочей части образца на исходную (до нагружения) ее длину l_0 ($\varepsilon = \Delta l/l_0$). Полученная таким образом диаграмма называется диаграммой условных напряжений. Так как значения P и Δl делят на постоянные для данных условий испытания значения F_0 и l_0 соответственно, то вид диаграммы при переходе от координат $P - \Delta l$ к координатам $\sigma - \varepsilon$ не меняется. Нагрузка после достижения максимального значения понижается, как будто образец разупрочняется. В действительности это не так. При испытании образца наблюдается неравномерное его растяжение, образование «шейки» вблизи места разрушения образца.

Если учитывать изменение площади поперечного сечения образца в момент образования шейки и нагрузку относить к действительной в данный момент площади сечения, то будет не понижение, а, наоборот, повышение напряжений. В этом случае получается диаграмма истинных напряжений.

Определение механических свойств металлов и сплавов имеет очень важное значение и широко используется в промышленности. В качестве обязательных контролируемых свойств при сдаче готовой продукции металлургических заводов являются характеристики: временное сопротивление (предел прочности) σ_B , предел текучести $\sigma_{0,2}$, относительное удлинение δ и относительное сужение ψ .

Для испытаний на растяжение имеются специальные испытательные машины (например, универсальная разрывная машина Р-5 с механическим приводом и маятниковым силоизмерителем, машина с электронным силоизмерителем УПЭ-Ю Т и др.).

Для измерения с высокой точностью удлинения рабочей части образца в процессе испытания современные испытательные машины имеют навесные электрические датчики деформации, которые укрепляют на образце.

В комплект некоторых испытательных машин входят нагревательные устройства для испытания образцов с нагревом и криогенные камеры для испытания при минусовых температурах.

Современные универсальные испытательные машины для научных исследований позволяют проводить испытания по различным режимам в широком диапазоне нагрузок и скоростей деформирования, они все чаще оснащаются ЭВМ и представляют собой сложные и дорогостоящие установки.

Современные специализированные машины для массовых контрольных и приемочных испытаний стандартных образцов частично или полностью автоматизированы. Так, для

массовых испытаний на растяжение применяется машина-автомат горизонтального типа РМА-5 с наибольшей испытательной нагрузкой 49кН(5тс) и с полностью автоматизированным циклом испытаний.

Испытание на твердость

Твердостью называется сопротивление материала проникновению в него другого более твердого тела. Из всех видов механических испытаний твердость определяют чаще всего. Это объясняется простотой и высокой производительностью метода измерения твердости, а также тем, что испытание можно проводить на самом изделии (полуфабрикаты или детали), не вызывая его повреждения.

Основными методами определения твердости являются методы внедрения в поверхность испытываемого металла стандартных наконечников из твердых недеформирующихся материалов под действием статических нагрузок: методы Бринелля, Роквелла и Виккерса.

Значения твердости выражаются числами твердости в различных шкалах. Кроме указанных методов измерения твердости массивных образцов, деталей и полуфабрикатов, используются методы измерения микротвердости, т.е. измерение твердости отдельных составляющих микроструктуры сплавов.

При измерении твердости любым способом поверхность испытываемого образца или детали должна быть плоской, так как при измерении твердости цилиндрических образцов наконечник вдавливается глубже, чем при испытании плоских образцов той же твердости, поэтому твердость получается заниженной,

Поверхность образца или изделия должна быть горизонтальной и не иметь таких дефектов, как окалина, забоины, грязь, различные покрытия. Все поверхностные дефекты должны быть удалены мелкозернистым наждачным кругом, напильником или наждачной бумагой. При обработке поверхности образца недопустимо изменение твердости вследствие нагрева или наклепа поверхности. При нанесении отпечатка на испытываемое изделие или образец расстояние между соседними отпечатками и до края образца должно быть не менее 3 мм

Исходные данные:

Ход занятия:

1. Статистические испытания предусматривают медленное и плавное нарастание 2. нагрузки, прилагаемой к испытываемому образцу
3. По результатам измерений строится диаграмма растяжения
4. Определяется предел упругости, предел текучести, предел прочности
5. Вычисляется относительное удлинение и относительное сужение

Контрольные вопросы:

1. Перечислите механические свойства материалов.
2. Перечислите испытания по способу приложения нагрузок.

3.Перечислите методы измерения твердости.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МАТЕРИАЛОВ (МЕТАЛЛОВ, ДРЕВЕСИНЫ) НА ТВЕРДОМЕРЕ ТИПА ПИМ

Цель:

Оборудование и материалы:

1. Твердомер типа ПИМ.
2. Наконечники диаметром 2,5 мм и 1,588мм.
3. Рукоятка.
4. Индикатор (цена деления 0,01 мм).
5. Образцы металлов (бронза, латунь, медь, сталь обыкновенного качества)

Ход занятия:

1. Изучить устройство прибора типа ПИМ.
2. Подготовить образцы для опыта.
3. Подготовить прибор к проведению опыта.
4. Проведение опыта (определение твердости по Бринеллю и Роквеллу)
5. Оформить результаты измерения.
6. Ответить на вопросы сдать зачет по лабораторной работе.

Общие сведения:

Твердость является одним из основных механических свойств любого конструкционного материала. Твердость - это сопротивление материала проникновению в него другого тела более твердого, не получающий остаточных деформаций. При испытании твердости методом (ТК). В данной работе применяется прибор типа ПИМ. Перед проведением опыта следует изучить устройство прибора, подготовить образец для опыта.

Устройство прибора

Прибор для определения механических свойств материалов (рис.1) состоит из литого корпуса 1, в средней части которого находится отсчетное устройство, состоящие из шкалы 2, стрелки 3 и реечной передачи. Регулировка стрелки со скобой осуществляется винтами 5. Посредством реечной передачи стрелка 3 соединена со столиком 6, который служит для установки испытуемого образца материалов. Опорой столика служит набор плоских пружин 7. Для выверки

приборов по усилию предусмотрена гайка с накаткой 8. Нагрузка на испытуемый образец создается при помощи рукояток 9, винтовой пары 10 и наконечника 11. Рукоятка 9 соединяется с винтовой парой посредством винта 12. При помощи кронштейна 13 к наконечнику крепится индикатор часового типа 14. Индикатор служит для измерения глубины вдавливания шарика в испытуемый образец.

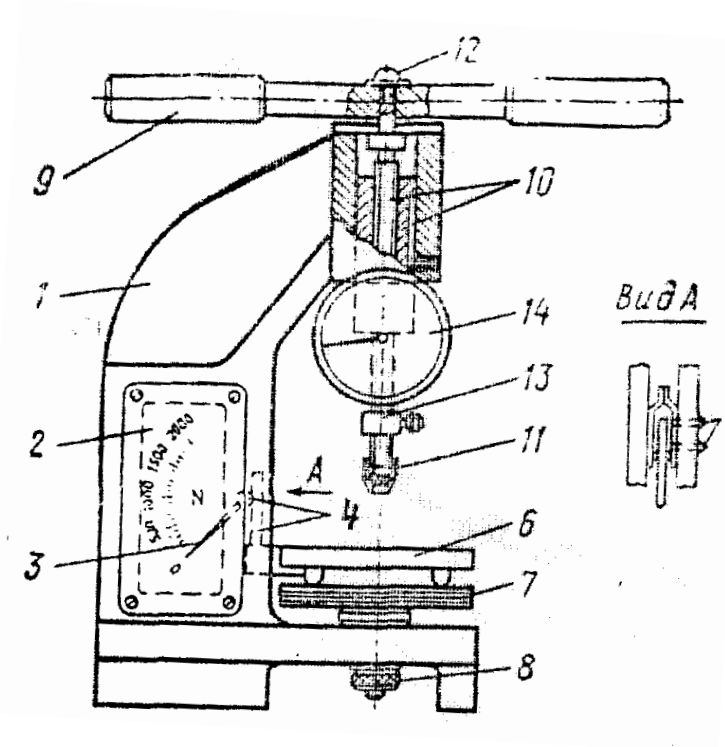


Рис.1

Для испытания на твердость образцов из металлов и сплавов служат два наконечника с шариками ,0*2,5 мм и ,0X588 мм на концах, или цельные наконечники с фасонными хвостовиками, соответствующими профилю шариков.

Для испытания на твердость образцов из дерева в комплект прибора входит наконечник с полусферой на конце.

1) По индикатору определяем глубину вдавливания (цена деления 0,01 мм).

2) По таблице 1 определяем площадь отпечатка F.

3) Определяем твердость по формуле: $HV = P/F$

4) Результаты испытаний и вычислений записать в таблицу 2.

5) По твердости (HV) определяем предел прочности = 0,34 HV

Примечание: Выдержка под нагрузкой для:

Черных металлов — 10 сек.

Цветных металлов - 30 сек.

Испытания повторяют ещё 2 раза. Расстояние между соседними отпечатками не менее 3 мм.

1) Определение твердости по Роквеллу.

2) Устанавливаем наконечник с шариком диаметром 1.588 мм.

3) Наконечник под нагрузкой вдавливаются в образец (изделие) при помощи винтовой пары (рукоятки). Нагрузка $P=1000\text{ Н}$;

4) По индикатору определяет глубину вдавливания. Цена деления 0,01 мм

5) Определение твердости

$HRB=K-h/c$

h -глубина вдавливания

K -постоянная величина $K = 0,26$

C - углубление шарика на 0,02 мм, соответствующие одному делению циферблата

Индикатора.

6) Результат испытания и вычислений донести в таблицу 3.

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит выбор твердомера?

2. Как выбрать диаметр шарика, нагрузка и время выдержки при определении твердости металлов прибором Бринелля?

3. Как выбрать вид наконечника и общую нагрузку при определении твердости металлов прибором Роквелла?

4. В чем отличие методов измерения цветных металлов и сталей?

ТАБЛИЦА № 1

№ п/п	Глубина вдавливания шарика, мм	Площадь отпечатка, мм ²
1.	0,04	0,314
2.	0,05	0,393
3.	0,06	0,471
4.	0,07	0,5509
5.	0,08	0,628
6.	0,09	0,706
7.	0,10	0,785
8.	0,11	0,8635
9.	0,12	0,942
10.	0,13	1,0205
11.	0,14	1,099
12.	0,15	1,177
13.	0,16	1,256

14.	0,17	1,334
15.	0,18	1,413
16.	0,19	1,492
17.	0,20	1,57

ТАБЛИЦА № 2

Испытания на твердость твердомером типа ТШ (прибором Бринелля)

№ образца	Материал образца	№ отпечатака	Условия испытания			Диаметр отпечатка			Твердость		Примечание
			Нагрузка на Р	Диаметр шарика d,	Время выдержки под	Первое изме-	Второе изме-	Среднее зна-	Подсчитанная по	По ГОСТу	

ТАБЛИЦА № 3 Испытания на твердость твердомером типа ТК (прибором Роквелла)

№ образца	Материал образца	Условия испытания			Измерения			Среднее значение измерения
		Нагрузка R,	Вид нако-	Обозначение шкалы	Первое	Второе	Третье	

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Цель:

Студент должен уметь:

- определять механические свойства материалов.

Общие сведения:

Механические свойства.

Способность металла сопротивляться воздействию внешних сил характеризуется механическими свойствами. Поэтому при выборе материала для изготовления деталей машин необходимо, прежде всего, учитывать его механические свойства: прочность, упругость, пластичность, ударную вязкость, твердость и выносливость. Эти свойства определяют по результатам механических испытаний, при которых металлы подвергаются воздействию внешних сил (нагрузок). Внешние силы могут быть статическими, динамическими или циклическими (повторно-переменными). Нагрузка вызывает в твердом теле напряжение и деформацию.

Напряжение - величина нагрузки, отнесенная к единице площади поперечного сечения испытываемого образца.

Деформация - изменение формы и размеров твердого тела под влиянием приложенных внешних сил. Различают деформации растяжения (сжатия), изгиба, кручения, среза (рис. 1). В действительности материал может подвергаться одному или нескольким видам деформации одновременно.

Для определения упругости и пластичности металлы в виде образцов круглой или плоской формы испытывают на статическое растяжение. Испытание проводится на разрывных машинах. В результате испытаний получают диаграмму растяжения (рис. 2). По оси абсцисс этой диаграммы откладывают значение деформации, а по оси ординат - нагрузки, приложенные к образцу.

Прочность—способность материала сопротивляться разрушению под действием нагрузок оценивается пределом прочности и пределом текучести. Важным показателем прочности материала является также удельная прочность — отношение предела прочности материала к его плотности. Предел прочности σ_b (временное сопротивление) - это условное напряжение в МПа, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующей разрушению образца: $\sigma = P_{max} / F_0$, где P_{max} -наибольшая нагрузка, Н; F_0 - начальная площадь поперечного сечения рабочей части образца, м². Истинное сопротивление разрыву S_k - это напряжение определяемое отношением нагрузки P_k в момент разрыва к площади минимального поперечного сечения образца после разрыва F_k ($S_k = P_k / F_k$)



Рис. 1. Виды деформаций: а - сжатие, б - растяжение; в - кручение, г - срез, д - изгиб.

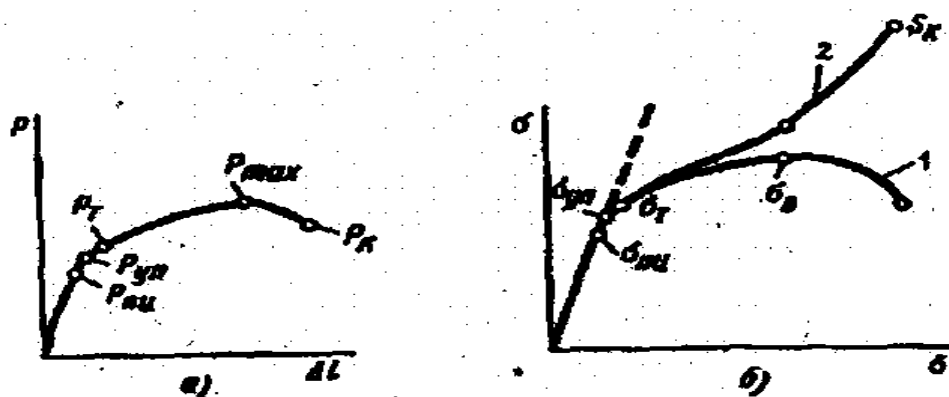


Рис. 2.

Диаграмма растяжения: а — условная диаграмма в координатах $P — \Delta l$, б—условная диаграмма напряжений и диаграмма истинных напряжений.

Предел текучести (физический) σ_t - это наименьшее напряжение (в МПа), при котором образец деформируется без заметного увеличения нагрузки: $\sigma_t = P_t / F_0$, где P_t —нагрузка, при которой в диаграмме растяжения наблюдается площадка текучести, Н.

Площадку текучести имеют в основном только малоуглеродистая сталь и латуни. Другие сплавы площадки текучести не имеют. Для таких материалов определяют предел текучести (условный), при котором остаточное удлинение достигает 0,2% от расчетной длины образца: $\sigma_{0,2} = P_{0,2} / F_0$.

Упругость - способность материала восстанавливать первоначальную форму и размеры после прекращения действия нагрузки $P_{уп}$ оценивают пределом пропорциональности $\sigma_{пц}$ и пределом упругости $\sigma_{уп}$.

Предел пропорциональности $\sigma_{пц}$ - напряжение (МПа), выше которого нарушается пропорциональность между прилагаемым напряжением и деформацией образца $\delta_{пц} = P_{пц} / F_0$.

Предел упругости (условный) $\sigma_{0,05}$ - это условное напряжение в МПа, соответствующее нагрузке, при которой остаточная деформация впервые достигает 0,05% от расчетной длины образца 10: $\sigma_{0,05} = P_{0,05} / F_0$, где $P_{0,05}$ - нагрузка предела упругости, Н.

Пластичность - это способность материала принимать новую форму и размеры под действием внешних сил, не разрушаясь. Характеризуется относительным удлинением и относительным сужением.

Относительное удлинение (после разрыва) δ - это отношение приращения $(l_k - l_0)$ расчетной длины образца после разрыва к его первоначальной расчетной длине l_0 , выраженное в процентах $\delta = [(l_k - l_0) / l_0] 100\%$.

Относительное сужение (после разрыва) α — это отношение разности начальной и минимальной площадей $(F_0 - F_k)$ поперечного сечения образца после разрыва к начальной площади F_0 поперечного сечения, выраженное в процентах: $\alpha = [(F_0 - F_k) / F_0] 100\%$.

Чем больше значения относительного удлинения и сужения для материала, тем он более пластичен. У хрупких материалов эти значения близки к нулю. Хрупкость конструкционного материала является отрицательным свойством.

Ударная вязкость — это способность материала сопротивляться динамическим нагрузкам. Определяется как отношение затраченной на излом образца работы W (в МДж) к площади его поперечного сечения F (в m^2) в месте надреза $KC = W/F$.

Для испытания изготавливают специальные стандартные образцы, имеющие форму квадратных брусочков с надрезом. Испытывают образец на маятниковых копрах. Свободно падающий маятник копра ударяет по образцу со стороны, противоположной надрезу. При этом фиксируется работа, затраченная на излом.

Определение ударной вязкости особенно важно для некоторых металлов, работающих при минусовых температурах и проявляющих склонность к хладноломкости. Чем ниже порог хладноломкости, т. е. температура, при которой вязкое разрушение материала переходит в хрупкое, и чем больше запас вязкости материала, тем больше ударная вязкость материала. Хладноломкость — снижение ударной вязкости материалов при низких температурах.

Циклическая вязкость — это способность материалов поглощать энергию при повторно-переменных нагрузках. Материалы с высокой циклической вязкостью быстро гасят вибрации, которые часто являются причиной преждевременного разрушения. Например, чугун, имеющий высокую циклическую вязкость, в некоторых случаях (для станин и других корпусных деталей) является более ценным материалом, чем углеродистая сталь.

Твердостью называют способность материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела a . Высокой твердостью должны обладать металлорежущие инструменты: резцы, сверла, фрезы, а также поверхностно-упрочненные детали. Твердость металла определяют способами Бринелля, Роквелла и Виккерса (рис. 3).

Способ Бринелля основан на том, что в плоскую поверхность металла вдавливают под постоянной нагрузкой стальной закаленный шарик. Диаметр шарика и величину нагрузки устанавливают в зависимости от твердости и толщины испытываемого металла. Твердость по Бринеллю определяют на твердомере ТШ (твёрдомер шариковый). Испытание проводят следующим образом; На поверхности образца, твердость которого нужно измерить, напильником или абразивным кругом зачищают площадку размером 3-5 см². Образец ставят на столик прибора и поднимают до соприкосновения со стальным шариком, который укреплен в шпинделе прибора. Груз опускается и вдавливает шарик в испытываемый образец. На поверхности металла образуется отпечаток. Чем больше отпечаток, тем металл мягче.

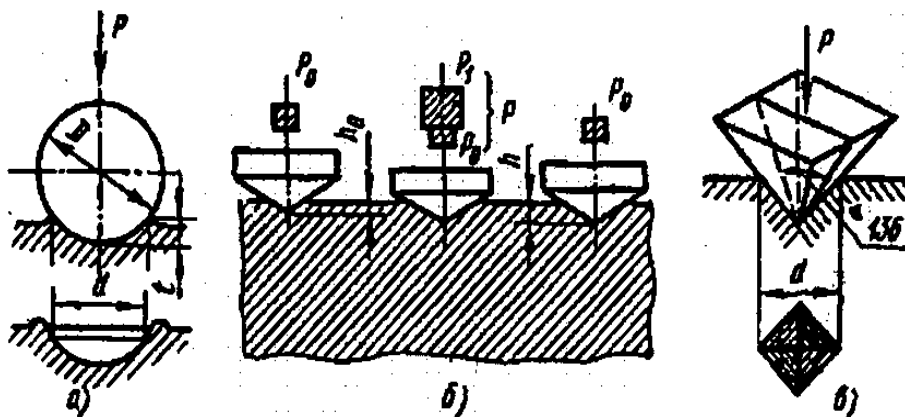


Рис. 3. Определение твердости металла методами Бринелля (а), Роквелла (б) и Виккерса (в)

За меру твердости НВ принимают отношение нагрузки к площади поверхности отпечатка диаметром d и глубиной t , который образуется при вдавливании силой P шарика диаметра D (см. рис. 3, а).

Числовое значение твердости определяют так: измеряют диаметр отпечатка с помощью оптической лупы (с делениями) и по полученному значению находят в таблице соответствующее число твердости.

Преимущество способа Бринелля заключается в простоте испытания и точности получаемых результатов. Способом Бринелля не рекомендуется измерять твердость материалов с $HV > 450$, например закаленной стали, так как при измерении шарик деформируется и показания искажаются.

Для испытания твердых материалов применяют способ Роквелла. В образец вдавливают алмазный конус с углом при вершине 120° или стальной закаленный шарик диаметром 1,59 мм. Твердость по Роквеллу измеряется в условных единицах. Условная величина единицы твердости "соответствует осевому перемещению наконечника на 0,002 мм. Испытание проводят на приборе ТК. Значение твердости определяют по глубине отпечатка h и отсчитывают по циферблату индикатора, установленному на приборе. Во всех случаях предварительная нагрузка P_0 равна 100 Н.

При испытании металлов с высокой твердостью применяют алмазный конус и общую нагрузку $P = P_0 + P_1 = 1500$ Н. Твердость отсчитывают по шкале "С" и обозначают HRC.

Если при испытании берется стальной шарик и общая нагрузка 1000 Н, то твердость

При испытании очень твердых или тонких изделий используют алмазный конус и общую нагрузку 600 Н. Твердость отсчитывается по шкале "А" и обозначается HRA. Пример обозначения твердости по Роквеллу: HRC 50 - твердость 50 по шкале "С".

При определении твердости способом Виккерса в качестве вдавливаемого в материал наконечника используют четырехгранную алмазную пирамиду с углом при вершине 136°. При испытаниях применяют нагрузки от 50 до 1000 Н (меньшие значения нагрузки для определения твердости тонких изделий и твердых, упрочненных поверхностных слоев металла), Числовое значение твердости определяют так: измеряют длины обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки и с помощью микроскопа и по полученному среднему арифметическому значению длины диагонали находят в таблице соответствующее число твердости. Пример обозначения твердости по Виккерсу - HV 500.

Для оценки твердости металлов в малых объемах, например, на зернах металла или его структурных составляющих применяют способ определения микротвердости. Наконечник (индентор) прибора представляет собой алмазную четырехгранную пирамиду (с углом при вершине 136°, таким же, как и у пирамиды при испытании по Виккерсу). Нагрузка на индентор невелика и составляет 0,05-5 Н, а размер отпечатка 5-30 мкм. Испытание проводят на оптическом микроскопе ПМТ-3, снабженном механизмом нагружения. Микротвердость оценивают по величине диагонали отпечатка.

Усталостью называют процесс постепенного накопления повреждений материала под действием повторно-переменных напряжений, приводящий к образованию трещин и разрушению. Усталость металла обусловлена концентрацией напряжений в отдельных его объемах, в которых имеются неметаллические включения, газовые пузыри, различные местные дефекты и т. д. Характерным является усталостный излом, образующийся после разрушения образца в результате многократного нагружения и состоящий из двух разных по внешнему виду частей. Одна часть 1 излома с ровной (затертой) поверхностью образуется вследствие трения поверхностей области трещин, возникших от действия повторно-переменных нагрузок, другая часть 2 с зернистым изломом возникает в момент разрушения образца. Испытания на усталость проводят на специальных машинах. Наиболее распространены машины для повторно-переменного изгибания вращающегося образца, закрепленного одним или обоими концами, а также машину для испытаний на растяжение-сжатие и на повторно-переменное кручение. В результате испытаний определяют предел выносливости, характеризующий сопротивление усталости.

Выносливость-свойство материала противостоять усталости. Предел выносливости -это максимальное напряжение, которое может выдержать металл без разрушения заданное число циклов нагружения. Между пределом выносливости и пределом прочности существует приближенная зависимость: $\sigma_{-1} \approx 0,43 \delta_B$; $\sigma_{-1P} \approx 0,36\delta_B$, где σ_{-1} и σ_{-1P} — соответственно пределы выносливости при изгибе и растяжении-сжатии.

Исходные данные:

1 вариант

1. Образец из углеродистой стали диаметром 20 мм при испытании на растяжение выдержал, не разрушаясь, наибольшую нагрузку, равную 157 000 Н. Определите временное сопротивление при растяжении.

2. Определите ударную вязкость образца, если на его разрушение была затрачена работа, равная 90 Дж. Сечение образца в месте надреза - 8,5 x 10,2 мм.

3. Расшифруйте механические свойства материалов: 185HB; 90HRA; 45HRC; 58HRB; 500HV; $\sigma_b = 500$ МПа; $\delta_{10} = 20\%$

2 вариант

1. Болт изготовлен из стали с $\sigma_b = 600$ МПа, имеет резьбу с глубиной витка 2 мм и радиусом закругления 0,5 мм. Что будет происходить с болтом, если от действующей нагрузки в нем возникает напряжение $\sigma_{ср} = 200$ МПа?

2. При испытании на растяжение два образца $D_1 = 10$ мм и $D_2 = 20$ мм из разных металлических материалов выдержали без разрушения одинаковую нагрузку 40 000 Н. Какой из двух материалов прочнее и во сколько раз?

3. Определите предел прочности при растяжении, если образец из углеродистой стали диаметром 10 мм при испытании на растяжении выдержал наибольшую нагрузку, равную 96000 Н?

3 вариант

1. Из таблицы «Механические свойства стали углеродистой конструкционной качественной» укажите марки самой прочной, пластичной и самой вязкой стали.

Марки стали	Механические свойства		
	σ_b , МПа	δ_5 , %	KCU, Дж/см ²
25	450	23	88
35	530	20	69
40	570	19	59
45	600	16	49

2. Два образца из разных материалов с начальной длиной 100 и 200 мм удлинились после испытания на растяжение на 20 мм каждый. Какой из материалов пластичнее и во сколько раз?

3. Вычислите относительное удлинение, если расчетная длина стального образца до испытания была 100 мм, а после разрыва стала 120 мм.

4 вариант

1. Определите ударную вязкость образца, если на его разрушение была затрачена работа 90 Дж. Сечение образца в месте разреза 8,5 x 10,2 мм. Решите в СИ.

2. Как определяется твердость различных материалов по методу Роквелла? Укажите марку стали обладающую наибольшей твердостью: 30, У7, Ст6.

3. Определите относительное сужение образца, если его первоначальный диаметр был равен 20 мм, а после разрыва — 17 мм.

5 вариант

1. Выберите и обоснуйте способ определения твердости для азотируемой шестерни. Опишите этот способ. Укажите его достоинства, недостатки, область применения.

2. Назовите характеристики пластичности. Нарисуйте диаграмму растяжения в масштабе. Приведите формы определения характеристик пластичности.

3. Определите относительное сужение образца, если его первоначальный диаметр был равен 5 мм, а после разрыва - 3,6 мм.

Задачи на дополнительный балл.

1. Заполните таблицу «Шкалы прибора Роквелла» по приведенному образцу:

Шкала	Применяемый наконечник	Полная нагрузка, Н	Цвет шкалы твердости	Обозначение твердости
А				
В				
С				

2. Заполните таблицу «Определите твердость металлов по Виккерсу»:

Определение твердости	Единица твердости	Обозначение твердости	Особенности применения данного метода

3. Выберите и обоснуйте методы определения твердости для следующих деталей: а) токарного резца черного точения; б) штамповки из алюминиевого сплава.

4. Выберите и обоснуйте методы определения твердости для следующих деталей: а) отливки из серого чугуна, б) цианированной шестерни.

Ход занятия:

1. Прочитать инструкцию.
2. Повторить пройденный материал.
3. Согласно списочного состава определить свой вариант (всего 5 вариантов)
4. Приступить к решению задач.
5. Оформить отчет (тема, цель, задачи, решение, ответы на контрольные вопросы).
6. Сдать отчет преподавателю.
7. Примечание: Вы можете выполнить дополнительное задание, и претендовать на оценку «ОТЛИЧНО»

Контрольные вопросы:

1. Какое назначение имеет диаграмма растяжения образца, и что выражают ее характерные точки и участки? Будет ли площадка текучести на диаграмме растяжения чугуна?
2. С какой целью и как производится микроскопическое исследование металлов и сплавов?
3. Что такое конструктивная прочность и какие параметры используются для ее оценки?
4. Почему испытания на растяжение наиболее широко применяются по сравнению с другими видами испытаний?

5. В каких случаях применяют испытания на статический изгиб?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА

Цель:

Студент должен знать:

методы исследования материалов

Студент должен уметь:

проводить исследования и испытания материалов

Общие сведения:

Структурные методы исследования

Макроскопический анализ

Макроскопический анализ (макроанализ) заключается в исследовании макроструктуры металлов и сплавов. Макроструктурой называется строение металла, видимое невооруженным глазом или через лупу при небольших увеличениях (до 30 раз).

Макроструктуру можно изучать непосредственно на поверхности заготовки) или детали, на специально вырезанном образце (темплете), а также на изломе в месте разрушения образца или детали.

Макрошлифом называется поверхность образца (темплета), подготовленная для исследования макроструктуры.

Методом макроанализа определяют не только собственно структуру, т. е. форму и размеры зерен, из которых состоит металл, но и макродефекты в виде пор, трещин, раковин, неметаллических включений, а также микрохимическую неоднородность или ликвацию некоторых элементов в сплавах.

Для успешного проведения макроанализа необходимо выбрать наиболее характерное для данного изделия место вырезки образцов и определить, в каком сечении будет изучаться макроструктура. Условия отбора образцов для макроанализа обычно указывают в стандартах и технических условиях, определяющих требования к макроструктуре данного вида металлопродукции.

Изготовление макрошлифа. Поверхность вырезанного образца выравнивают на наждачном круге (для образцов небольшого размера — напильником, для крупных образцов — на строгальном станке), а затем шлифуют на наждачной бумаге разных номеров.

После шлифования образцы травят в специальном реактиве. Травление происходит неравномерно по подготовленной поверхности образца. Места скопления примесей, различные несплошности (поры, раковины, трещины) и другие дефектные участки структуры травятся сильнее. На поверхности макрошлифа появляются углубления, попадая в которые отраженный

свет рассеивается и эти участки воспринимаются глазом, как темные, в то время как гладкие, менее сильно травящиеся, участки поверхности кажутся светлыми.

Для выявления макроструктуры применяют реактивы глубокого и поверхностного травления, а также используют метод отпечатков.

Глубокое травление применяют для выявления микродефектов (пор, раковин, трещин и др.). В этом случае в качестве реактивов для травления сталей используют концентрированные растворы кислот или их смесей. Широко распространен реактив состава 100 мл соляной кислоты, 100 мл воды. Травление осуществляют погружением образца в горячий реактив ($t = 60\text{—}80\text{ }^\circ\text{C}$), продолжительность травления 5—45 мин. Реактив рекомендуется для сталей всех составов, кроме специальных.

Для поверхностного травления стали с целью выявления несплошностей применяют реактив Гейна, содержащий 53 г NH_4Cl и 85 г SiCl_4 , растворенных в 1000 мл воды. Режим травления: $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$, $\tau = 0,5\text{—}1$ мин. При погружении в реактив образца происходит обменная реакция: железо растворяется и вытесняет из раствора медь, которая оседает на поверхности образца. На участках, недостаточно защищенных медью (поры, раковины, трещины, неметаллические включения), травление происходит сильнее. Осевшую на поверхности медь осторожно снимают ватным тампоном под струей воды. Эти реактивы глубокого и поверхностного травления выявляют также дендритное строение слитков, их химическую и структурную неоднородность, волокнистость ковальной или катаной стали.

Для выявления строения литых алюминиево-медных сплавов применяют поверхностное травление в 10—15 %-ном растворе едкого натра. Макроструктуры медных сплавов определяют травлением в 15 %-ном растворе персульфата аммония, никелевых сплавов — в реактиве, содержащем 10 г FeCl_3 , 30 мл соляной кислоты и 120 мл воды. Используют и другие реактивы, составы которых обычно указаны в справочной литературе.

Метод отпечатков основан на том, что изображение структуры проявляется не на самом шлифе, а на бумаге, ткани или пленке, на которые нанесен соответствующий реактив. Материал с нанесенным на него реактивом прижимают к поверхности шлифа. В результате взаимодействия реактива с отдельными структурными составляющими на бумаге или другом материале образуются характерные окрашенные продукты. Таким способом, например, выявляют неравномерное распределение (ликвацию) серы в стали.

Сера находится в стали в виде сернистых соединений— сульфидов марганца MnS и железа FeS . Для выявления скоплений этих включений используют метод серного отпечатка (метод Баумана). Лист фотобумаги, соответствующий по размеру подготовленной поверхности образца, выдерживают на свету в течение 5—8 мин в 2—5 %-ном водном растворе серной кислоты, затем слегка просушивают между листами фильтровальной бумаги для удаления излишнего раствора и плотно прижимают эмульсионной стороной к хорошо отшлифованной и очищенной от загрязнений поверхности образца. Сверху бумагу поглаживают рукой или резиновым валиком для удаления оставшихся пузырьков воздуха.

Между сернистыми включениями и серной кислотой происходит реакция: $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$. Образующийся сероводород непосредственно в месте выделения взаимодействует с бромистым серебром фотоэмульсии: $2\text{AgBr} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{HBr} + \text{Ag}_2\text{S}$. Сернистое серебро имеет темный цвет, появление темных участков на фотобумаге характеризует распределение сернистых включений в стали.

После выдержки в течение 2—3 мин фотобумагу с образца снимают, промывают ее в воде, фиксируют в растворе гипосульфита, как обычную фотографию, затем снова промывают в воде и высушивают.

Анализ изломов. Этот метод наиболее прост и доступен. Объектом исследования является естественная поверхность разрушения образца или детали, не требующая специальной обработки. Для контроля качества металла по излому образец надрезают и разрушают ударной нагрузкой по месту надреза.

Вид излома свидетельствует о характере разрушения металла. Изломы разделяют на кристаллические (хрупкие) и волокнистые (вязкие). Кристаллический излом позволяет судить о том, что в данном состоянии обработки металл хрупкий и разрушается без заметной пластической деформации. Волокнистый излом показывает, что металл вязкий и его разрушению предшествует значительная пластическая деформация.

По виду хрупкого кристаллического излома можно получить представление о макроскопическом строении металла — в изломе можно видеть зерна. Волокнистый вязкий излом не выявляет истинного строения металла, так как в процессе пластической деформации, предшествующей разрушению, форма зерен искажается — они вытягиваются. Такой излом имеет волокнистую матовую поверхность.

По излому можно судить об изменениях структуры, связанных с обработкой металла, в частности с обработкой давлением и термической обработкой. Известно, что анализ изломов был основным методом изучения структурных изменений в работах Д.К. Чернова, положивших начало учению о термической обработке стали.

В заводских условиях анализ изломов позволяет оперативно выявить и установить природу дефектов макро- структуры металлургического и другого происхождений. С помощью этого метода можно обнаружить шлаковые включения, грубые раскатанные поры и газовые пузыри; флокены в стали — тонкие внутренние трещины овальной формы, образование которых связано с наличием в стали водорода (флокены выявляются в изломе в виде своеобразных белых пятен; рис. 29 (альбом, с. 3); следы перегрева при ковке и термической обработке (камневидный излом, нафталинистый излом) и другие дефекты.

При оценке вида излома необходимо учитывать характер прилагаемой нагрузки, так как один и тот же материал в одном и том же структурном состоянии может иметь волокнистый излом при статическом нагружении и кристаллический излом — при ударном нагружении.

Микроскопический анализ

Микроскопический анализ (микроанализ) применяют для изучения микроструктуры металлов. Микроструктурой называют внутреннее строение металла, наблюдаемое с помощью оптических микроскопов, обеспечивающих увеличение от 50 до 2000 раз. Впервые микроскопический анализ был применен выдающимся русским металлургом П. П. Аносовым в 1831 г. для исследования микроструктуры стали.

Микроанализ — один из наиболее часто используемых методов исследования внутреннего строения металлов и сплавов. Задачи микроанализа разнообразны. При помощи микроанализа можно изучить форму и размер кристаллических зерен, из которых состоит металл, установить, какие изменения внутреннего строения происходят в исследуемом материале под влиянием различного рода воздействий при термической и химико-термической обработке, обработке давлением, сварке и пр. Наиболее важным преимуществом микроанализа является возможность различить (увидеть) в структуре сплава зерна (частицы), имеющие разный химический состав,

называемые фазами сплава. Методом микроанализа фазовый состав сплава определить невозможно, при наблюдении же под микроскопом частицы фаз четко дифференцируются по характерной для них форме зерен и окрашиванию реактивом травителя. Микроанализ позволяет обнаружить неметаллические включения, несплошности различного происхождения, размеры которых нельзя увидеть невооруженным глазом.

Для проведения микроанализа из испытуемого материала вырезают образец и путем шлифования, полирования, травления подготавливают его для исследования под микроскопом. Подготовленная для исследования поверхность образца называется микрошлифом.

Изготовление микрошлифа. Размеры микрошлифа ограничены. Удобно использовать микрошлиф с площадью поперечного сечения порядка 1 см^2 и высотой около 10 мм. На практике приходится изготавливать образцы большего или меньшего размера. Образец вырезают из заготовки или детали на металлорежущих станках, механической или ручной ножовкой или при помощи тонкого наждачного круга (для материалов с высокой твердостью, например, для закаленной стали). Затем с помощью напильника или шлифовального круга выравнивают поверхность, предназначенную для микроанализа. Полученную плоскую поверхность образца шлифуют на шлифовальной бумаге различных номеров механически или вручную, при этом постепенно переходят от бумаги с более крупным к бумаге с более мелким шлифовальным зерном.

После шлифования на самой мелкозернистой шлифовальной бумаге на поверхности образца остаются мелкие риски, которые удаляют последующим полированием. Эту операцию — механическое полирование осуществляют на полировальном станке с вращающимися кругами, обтянутыми сукном, фетром или другой тканью в зависимости от полируемого материала. Сукно или другую ткань смачивают на круге полировальной жидкостью, которая представляет собой взвесь тонкого абразива ($\text{Сг}_2\text{О}_3$, Al_2O_3 и др.) в воде. Для полирования твердых материалов используют специальные пасты (например, пасту с алмазным порошком). Полирование проводят до появления зеркального блеска на поверхности образца.

Вместо механического полирования применяют также электролитическое полирование в электролите определенного состава при наложении электрического тока извне. Схема установки для электролитического полирования показана на рис. 31.

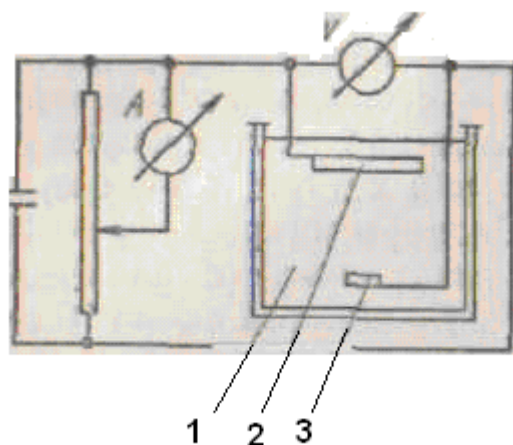


Рис. 31. принципиальная схема установки для электролитического полирования: 1- электролит; 2- анод; 3- катод

Образец устанавливают в сосуд с электролитом в качестве анода. Шлифованную поверхность образца размещают против катода (пластинка из коррозионностойкой стали, свинца или другого металла). При определенной плотности тока и температуре происходит преимущественное растворение выступов на подготовленной поверхности образца, в результате чего поверхность выравнивается и становится зеркальной.

Для электролитического полирования сталей, чугунов, сплавов цветных металлов применяют разного состава электролиты и режимы электрополирования. Для алюминиевых сплавов может быть использован электролит состава: серная кислота 200 мл, ортофосфорная кислота 400 мл, вода 140 мл. Режим электрополирования: плотность тока 750 А/дм^2 , температура электролита $95 \text{ }^\circ\text{C}$. При электролитическом полировании поверхность образца получается без царапин, что особенно важно для мягких сплавов, у которых при механическом полировании получить качественную (без царапин) поверхность трудно. Кроме того, электрополирование устраняет наклеп, возникший в поверхностном слое образца при шлифовании и искажающий структуру исследуемого материала. Это особенно важно учитывать при полировании легко наклепываемых материалов (механическое полирование не устраняет деформированного слоя). Получение зеркальной поверхности при электролитическом полировании происходит быстрее, чем при механическом, что ускоряет процесс приготовления микрошлифа.

Электролитическое полирование применимо для всех чистых металлов, однофазных сплавов и гетерофазных сплавов, у которых анодное растворение отдельных фаз происходит примерно с одинаковой скоростью, в частности для большинства сталей.

После полирования любым способом образец промывают водой, полированную поверхность осторожно протирают ватой, смоченной спиртом, а затем просушивают фильтровальной бумагой.

Получаемая после полирования зеркальная поверхность под микроскопом имеет вид светлого круга и не позволяет судить о строении металла или сплава. Только неметаллические включения (например, сульфиды в стали, графит в сером чугуне) вследствие их окрашенности в различные цвета выделяются на светлом фоне полированного микрошлифа.

Травление микрошлифов. Для выявления микроструктуры подготовленную поверхность подвергают травлению. Для травления применяют растворы кислот, щелочей, солей. Травление осуществляют погружением образца в реактив или нанесением реактива на полированную поверхность образца с помощью ватного тампона.

Наиболее распространенными реактивами; для травления углеродистых, низко- и среднелегированных сталей, чугуна, а также выявления структуры цементованной и азотированной стали являются 2—4 %-ный спиртовой раствор азотной кислоты или 4 %-ный спиртовой раствор пикриновой кислоты.

Для травления меди и медных сплавов — солянокислый раствор хлорного железа (10 г хлорного железа, 25 мл соляной кислоты, 100 мл воды).

Для выявления структуры алюминиевых сплавов используют плавиковую кислоту (0,5 мл HF, 99,5 мл воды) или раствор кислот: 1 мл плавиковой кислоты, 1,5 мл соляной кислоты, 2,5 мл азотной кислоты, 95 мл воды

Для травления титановых сплавов применяют реактивы, состоящие, например, из 25 % плавиковой кислоты, 25 % азотной кислоты, 50 % глицерина.

Для выявления структуры высоколегированных специальных сталей (коррозионностойких, жаропрочных и др.), чугунов и сплавов цветных металлов наряду с травлением в реактиве выбранного состава используют электролитическое травление. Так, для травления коррозионностойких сталей пользуются электролитическим травлением в растворе щавелевой кислоты (2—10 г щавелевой кислоты, 100 мл воды; $V = 3—6$ В)

Продолжительность травления зависит от состава сплава, его структуры, но обычно достаточно выдержка в несколько секунд. После травления микрошлиф промывают водой, протирают ваткой, смоченной в спирте, и просушивают фильтровальной бумагой.

При травлении в результате различной интенсивности растворения отдельных структурных составляющих на поверхности микрошлифа образуется рельеф. При освещении микрошлифа падающим светом на металлографическом микроскопе лучи света будут по-разному отражаться от неодинаково протравившихся участков. Те из них, которые протравились слабо, отразят в поле зрения микроскопа больше света и поэтому под микроскопом будут казаться светлыми. Другие, протравившиеся сильно, — будут казаться темными вследствие рассеяния света (в поле зрения микроскопа попадет меньше лучей света, рис. 32).

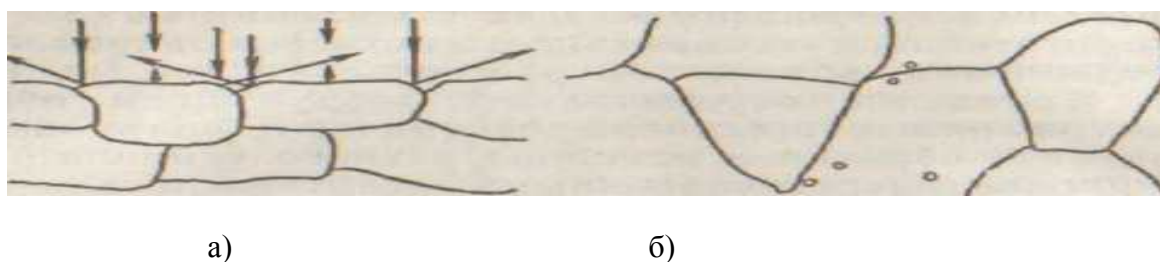


Рис. 32. Схема, поясняющая видимость границ зерен под микроскопом (а) и микроструктура металла с ясными очертаниями границ зерен (б)

Кроме рассмотренных методов травления, которые применяются очень широко, в некоторых случаях используют другие (например, метод окисления, метод избирательного испарения вещества при нагреве в вакууме).

Метод окисления основан на том, что при нагреве образца в окислительной атмосфере на его поверхности образуется тонкая оксидная пленка. Если поверхность химически неоднородна, то толщина этой пленки будет различной. Тонкие оксидные пленки (до 25—40 нм) прозрачны и бесцветны, а при толщине более 40 нм они окрашиваются в различные цвета — сначала слабой окраски, затем более интенсивной. Поэтому изучаемая микроструктура оказывается по-разному окрашенной.

Вакуумное травление используется в высокотемпературной металлографии, позволяющей определять структуру, не обнаруживаемую обычным микроанализом.

Вакуумное травление образцов с подготовленной полированной поверхностью проводят в вакуумированном пространстве с остаточным давлением $10^{-4} - 10^{-5}$ Па. Для этого применяют вакуумные печи или специальные установки, позволяющие наблюдать в микроскоп за микроструктурой нагретых образцов и фотографировать ее. В отличие от химического травления, при нагреве в вакууме травления как такового не происходит, а выявление структуры (образование рельефа на подготовленной поверхности) обеспечивается в основном избирательным испарением атомов, протекающим с различной скоростью внутри зерен и в пограничном слое. Испарение атомов в приграничной области происходит быстрее, что и

приводит к выявлению границ. Пользуясь этим методом, можно наблюдать за изменениями структуры, происходящими в исследуемом материале при нагреве (например, за перемещением границ зерен).

Исходные данные:

Ход занятия:

1. Прочитать инструкцию.
2. Согласно списочного состава определить свой вариант (всего 5 вариантов).
3. Приступить к решению задач.
4. Оформить отчет (тема, цель, задача, решение, ответы на контрольные вопросы).
5. Сдать отчет преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Объясните схему рентгеновского просвечивания металлов.
2. В чем сущность ультразвуковой дефектоскопии?
3. Укажите область применения люминесцентного метода контроля металлов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель:

Студент должен уметь:

выбирать режим термической и химико-термической обработки.

Общие сведения:

Отжиг и нормализация

Отжиг состоит в нагреве до определенной температуры с последующей выдержкой и медленным охлаждением в печи для получения равновесной, менее твердой структуры, свободной от остаточных напряжений.

Проведение отжига I рода не связано с фазовыми превращениями в твердом состоянии. В зависимости от назначения различают следующие виды отжига I рода: диффузионный, рекристаллизационный и отжиг для снятия внутренних напряжений.

Диффузионный или гомогенизирующий отжиг применяют для устранения химической неоднородности, образовавшейся при кристаллизации металла. Диффузионному отжигу подвергают обычно слитки или отливки высоколегированных сталей, склонных к ликвации. Его проводят при высокой температуре 1000—1100°C. Крупное зерно устраняется последующими операциями термообработки. Рекристаллизационный отжиг применяют для снятия наклепа после

холодной пластической деформации. Отжиг для снятия внутренних напряжений производят с целью уменьшения напряжений, образовавшихся в металле при ковке, литье, сварке, способных вызвать коробление и разрушение деталей.

Отжиг II рода или фазовая перекристаллизация может быть полным и неполным. Полный отжиг состоит в нагреве до 30—50°C выше A_{c3} , выдержке при этой температуре до полной перекристаллизации и медленном охлаждении. При полном отжиге образующаяся аустенитная структура полностью превращается в мелкозернистую феррито-цементитную смесь. Полный отжиг обычно применяют для доэвтектоидных сталей с целью измельчения зерна. Полный отжиг повышает пластические свойства литой стали. Он также применяется для улучшения обрабатываемости резанием.

Неполный отжиг производится при температуре выше A_{c1} но ниже A_{c3} или A_{cm} . Неполному отжигу на зернистый перлит или сфероидизации обычно подвергают заэвтектоидные инструментальные стали. В результате такого неполного отжига карбиды приобретают округлую форму, исчезает сетка вторичного цементита, которая ухудшает обрабатываемость.

Для улучшения обрабатываемости легированных сталей применяют изотермический отжиг, состоящий в нагреве на 30—50 °C выше A_{c3} , охлаждении ниже $Ar1$ изотермической выдержке при этой температуре для получения равновесной перлитной структуры и последующем охлаждении на воздухе. Такой изотермический отжиг более стабилен, так как температуру на заданном уровне легче поддерживать, чем регулировать скорость охлаждения.

Изотермический отжиг позволяет добиться превращения устойчивого аустенита легированной доэвтектоидной стали в перлит и феррит, что значительно облегчает ее обрабатываемость резанием.

Если охлаждение после нагрева производится на воздухе, то такая операция термической обработки носит название нормализации.

При нормализации сталь нагревают до аустенитного состояния. В результате нормализации уменьшаются внутренние напряжения, эвтектоид приобретает более тонкое строение, в заэвтектоидных сталях устраняется грубая сетка цементита. Иными словами, сталь приобретает более «нормальную» структуру.

Благодаря полной фазовой перекристаллизации при нормализации устраняется крупнозернистая структура, полученная при литье, прокатке или ковке.

Нормализация является более экономичной операцией, чем отжиг. Для низкоуглеродистых сталей нет разницы в свойствах между отожженным и нормализованным состояниями; различие в свойствах становится заметным с ростом содержания углерода. Нормализацию широко применяют вместо закалки и отпуска для улучшения свойств крупногабаритных стальных отливок.

Нормализация и особенно отжиг обычно первичные операции термической обработки; их основное назначение состоит в устранении дефектов предыдущих технологических операций (ковки, литья) и в подготовке структуры с целью улучшения обрабатываемости режущим инструментом; улучшения штампуемости в холодном состоянии, а также в подготовке структуры к последующим процессам окончательной термической обработки. При получении удовлетворительных механических свойств или в случае сложности проведения закалки и отпуска отжиг и особенно нормализация могут быть окончательными операциями термической обработки.

Закалка стали.

Закалка углеродистой стали состоит в нагреве ее выше температур фазовых превращений, выдержке для завершения всех превращений и охлаждении с высокой скоростью с целью сохранения при комнатной температуре неравновесных структур, обеспечивающих более высокую прочность и твердость стали.

В зависимости от температуры нагрева различают полную и неполную закалку. При полной закалке нагрев осуществляется на 30—50 °С выше A_{c3} , или A_{cm} и при быстром охлаждении достигается мартенситная структура с некоторым количеством остаточного аустенита.

При неполной закалке сталь нагревается на 30—50 °С выше A_{c1} но ниже A_{c3} , или A_{cm} . В этом случае в нагретом состоянии структура доэвтектоидных сталей состоит из аустенита и феррита, а заэвтектоидных — из аустенита и вторичного цементита. При быстром охлаждении аустенит превращается в мартенсит. Твердость мартенсита закалки зависит от содержания углерода в стали.

После неполной закалки в доэвтектоидных сталях структура состоит из мартенсита и зерен феррита, а в заэвтектоидных — из мартенсита и округлых зерен вторичного цементита. Наличие феррита в структуре закаленной доэвтектоидной стали снижает твердость; поэтому такая закалка применяется реже. Наличие избыточного цементита в структуре закаленной заэвтектоидной стали, наоборот, полезно.

Заэвтектоидные стали обычно используют для изготовления инструмента. Важнейшим требованием, предъявляемым к инструментальным сталям, является твердость. Твердость заэвтектоидных сталей после полной закалки снижается из-за резкого возрастания в структуре наряду с мартенситом остаточного аустенита. Остаточного аустенита тем больше, чем большее количество углерода переходит в твердый раствор при нагреве стали.

Округлые включения цементита не только не уменьшают, но даже увеличивают твердость, а следовательно, и износостойкость стали.

Кроме того, благодаря тому, что нагрев ведется ниже A_{cm} уменьшается рост зерна, снижаются термические напряжения при закалке и менее интенсивно обезуглероживается поверхность металлов.

Наиболее благоприятная структура заэвтектоидных сталей достигается тогда, когда включения вторичного цементита имеют форму сфероидов — зернистую форму. Цементитная сетка по границам зерен недопустима, так как увеличивает хрупкость стали. Поэтому закалке заэвтектоидных сталей должен предшествовать отжиг — сфероидизация.

На прокаливаемость оказывает влияние состав стали (содержание углерода и легирующих элементов) и характер закалочной среды. Легированные стали имеют значительно более высокую прокаливаемость по сравнению с углеродистыми. Прокаливаемость углеродистых сталей зависит от содержания углерода. С понижением углерода прокаливаемость падает. Уменьшение скорости охлаждения приводит к снижению прокаливаемости. При закалке в масле сквозная прокаливаемость деталей из среднеуглеродистой стали составляет всего лишь 3—4 мм, в воде до 10 - 15 мм. С увеличением размеров заготовки прокаливаемость резко уменьшается. Так, в заготовке диаметром 40 мм из стали 45 при закалке в воде мартенситная структура достигается на глубине всего лишь 4 мм.

Прокаливаемость является одним из основных критериев и при выборе марки стали рассматривается наряду с ее механическими свойствами, технологичностью и себестоимостью.

В некоторых случаях необходимая прокаливаемость может быть меньше сквозной. Если детали работают на кручение и изгиб, то возникающие в них напряжения уменьшаются от максимальных

на поверхности до нуля в середине. Для таких деталей сквозная прокаливаемость необязательна, достаточно иметь прокаливаемость на $1/2—1/4$ радиуса от поверхности.

Способы закалки стали.

Выбор способа охлаждения нагретой под закалку стальной детали зависит от ее формы и размеров и химического состава стали.

Чем сложнее форма и больше сечение детали, тем выше напряжения, возникающие при закалке, и больше опасность образования трещин. Чем больше содержание углерода в стали, тем большие объемные изменения протекают при превращении, тем больше опасность деформации и трещин, тем тщательнее должен быть выбор способа охлаждения при закалке.

Идеальная кривая охлаждения должна характеризоваться максимальной скоростью в начале охлаждения при прохождении интервала наименьшей устойчивости аустенита и минимальной скоростью в конце охлаждения при мартенситном превращении.

Наиболее простой способ закалки — это закалка в одном охладителе, при котором нагретая деталь погружается в охлаждающую жидкость и остается там до полного охлаждения. Недостатком этого способа является возникновение значительных внутренних напряжений. Для углеродистых сталей сечением более 5 мм закалочной средой является вода, для деталей меньших размеров и легированных сталей — масло.

Для уменьшения внутренних напряжений применяется закалка в двух средах, при которой деталь сначала охлаждают в воде до $300—400$ °С, а затем для окончательного охлаждения переносят в масло. Недостатком этого способа является трудность регулирования выдержки деталей в первой охлаждающей жидкости.

Точное регулирование времени выдержки детали в первой охлаждающей жидкости достигается при ступенчатой закалке (кривая 3). При этом способе деталь быстро охлаждается погружением в соляную ванну с температурой, немного превышающей (на $30 - 50$ °С) температуру мартенситного превращения данной стали M_n , выдерживается при этой температуре до достижения одинаковой температуры по всему сечению, после чего охлаждается на воздухе. Мартенситное превращение происходит при медленном охлаждении на воздухе, что резко снижает внутренние напряжения и возможность коробления.

Недостатком этого способа является ограничение размера деталей. Из-за низкой скорости охлаждения в сравнительно нагретой среде при закалке крупных деталей в их центральных зонах скорость охлаждения может оказаться ниже критической. Максимальный диаметр деталей из углеродистых сталей, закаливаемых этим способом, составляет 10 мм. легированных $20—30$ мм.

В отличие от ступенчатой, при изотермической закалке сталь выдерживается в соляных ваннах до окончания изотермического превращения аустенита. Температура соляной ванны обычно составляет $250—350$ °С. В результате изотермической закалки получается структура бейнита с твердостью HRC 45 - 55 при сохранении повышенной пластичности и вязкости. Длительность выдержки определяется с помощью диаграмм изотермического превращения аустенита.

Закалка с самоотпуском применяется в случае термообработки инструмента типа зубил, молотков, которые должны сочетать высокую твердость и вязкость. В этом случае изделия

Таким образом, для доэвтектоидных сталей рационально применять полную закалку, для заэвтектоидных — неполную.

При закалке для достижения максимальной твердости стремятся получать мартенситную структуру. Минимальная скорость охлаждения, необходимая для переохлаждения аустенита до мартенситного превращения, называется критической скоростью закалки. Скорость охлаждения определяется видом охлаждающей среды. Критическая скорость закалки определяется по диаграмме изотермического распада аустенита. Из диаграммы изотермического превращения аустенита следует, что быстрое охлаждение необходимо в области наименьшей устойчивости аустенита (500—650 °С) с тем, чтобы предотвратить его превращение в феррито-цементитную смесь.

Ниже 300 °С, наоборот, целесообразно медленное охлаждение. При чрезмерно высоких скоростях охлаждения в металле могут возникнуть такие внутренние напряжения, которые способны привести к короблению или растрескиванию деталей.

Внутренние напряжения при закалке образуются из-за разницы температур по сечению деталей при их охлаждении и различного по времени протекания фазовых превращений в разных участках детали. Возникновение фазовых напряжений обусловлено большим удельным объемом мартенсита по сравнению с аустенитом.

При охлаждении закаливаемой детали в жидкой среде различают три периода, характеризующиеся разной скоростью охлаждения:

1. Период пленочного кипения, когда теплопередаче препятствует образование паровой рубашки, из-за чего скорость охлаждения сравнительно невелика.

2. Период пузырьчатого кипения, при котором паровая рубашка разрушается и интенсивность охлаждения резко возрастает.

3. Период конвективного теплообмена, когда температура детали ниже температуры кипения жидкости, а скорость охлаждения резко падает.

Применение растворов солей и щелочей уменьшает период пленочного кипения. Скорость охлаждения сталей в различных средах приведена в таблице.

Данные таблицы показывают, что нет идеальной закалочной среды, удовлетворяющей условию достижения оптимальной скорости охлаждения при закалке при разных температурах. Растворы солей и щелочей при образовании мартенсита могут вызвать коробление и трещины, а масло, имеющее хорошие свойства при этих температурах, менее выгодно при температурах 650—550 °С.

Прокаливаемостью стали называется глубина проникновения закаленной зоны. Несквозная прокаливаемость обусловлена тем, что при закалке деталь охлаждается быстрее с поверхности и медленнее в сердцевине. Распределение скорости охлаждения по сечению детали показывает, что у поверхности скорость охлаждения максимальная, а в центре — минимальная. Глубина проникновения закаленной зоны соответствует заштрихованному слою, т. е. проходит до точки пересечения кривых критической скорости закалки $v_{кр}$ и скорости охлаждения $v_{охл}$. Чем меньше $v_{кр}$, тем глубже прокаливаемость. Прокаливаемость, как и критическая скорость охлаждения, тесно связана со скоростью превращения аустенита и, следовательно с положением кривых на диаграмме изотермического превращения.

Критический диаметр $D_{кр}$ есть диаметр максимального сечения, прокаливающегося в данном охладителе насквозь. В этом случае минимальная скорость охлаждения в центре детали $v_{охл} > v_{кр}$

Критический диаметр при охлаждении в воде больше, чем при охлаждении в масле. Наиболее простой метод определения критического диаметра — метод торцевой закалки. После закалки производят измерение твердости на боковой поверхности по высоте образца.

Прокаливаемость является важной характеристикой стали. При сквозной прокаливаемости по сечению изделий механические свойства одинаковы, при несквозной прокаливаемости в сердцевине наблюдается снижение прочности, пластичности и вязкости металла. Чем выше категория прочности, больше сечение и ответственнее деталь, тем большее значение имеет прокаливаемость.

В структуре стали, закаленной при комнатной температуре, присутствует некоторое количество остаточного аустенита. Остаточный аустенит снижает твердость и износостойкость деталей и может приводить к изменению их размеров при эксплуатации при низких температурах из-за самопроизвольного образования мартенсита из аустенита. Для уменьшения остаточного аустенита в структуре применяют обработку холодом.

Обработка холодом состоит в охлаждении закаленной стали ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до температур конца мартенситного превращения M_k (обычно не ниже $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$), получаемых в смесях сухого льда со спиртом. Обработка холодом должна производиться сразу же после закалки во избежание стабилизации аустенита.

Исходные данные:

1- вариант

1. Какие структурные составляющие имеют доэвтектоидные стали после полного отжига?
2. Какой упрочняющей обработке (термической или химико-термической) нужно подвергнуть шестерни из сталей марок 45 и 38Х2МЮА, чтобы поверхность зубьев стала твердой и износостойкой, а сердцевина осталась более мягкой и вязкой? Обоснуйте свой выбор.

2- вариант

1. Почему при высокотемпературном цианировании сталь в большей мере насыщается углеродом, а при низкотемпературном - азотом?
2. Подберите вид закалки и отпуска для ручного метчика из стали У12А. Обоснуйте свой ответ.

3- вариант

1. Почему доэвтектоидные стали при закалке нагреваются выше критической точки A_{c3} , а заэвтектоидные — выше A_{c1} ?
2. Как повысить окалиностойкость цементационных ящиков?

4- вариант

1. Какие из перечисленных сталей закаливаются: ШХ15, 05кп, 15кп, 50, УНА, АН, 15пс, 45? Обоснуйте свой ответ.
2. Почему после цементации необходимы закалка и отпуск?

5- вариант

1. Как устранить химическую неоднородность в стальных отливках?
2. Подберите вид закалки и отпуска для пружины из стали 65Г. Обоснуйте свой выбор.

6- вариант

1. Определите температуру нагрева под закалку изделий из сталей марок 45 и У12.
2. Когда больше твердость и толщина азотированного слоя стали после процесса азотирования: при 500 °С в течение 24 ч или при 600 °С в течение такого же времени?

7- вариант

1. Какую структуру имеет деталь из стали 45 после улучшения?
2. Какие из перечисленных сталей подвергаются цементации: 15кп, 85, Р6М5, 15Х, 10, У10, 20, 40ХН? Как это определить?

8- вариант

1. Почему один из видов отжига называется неполным? Назначение этого отжига?
2. Какой термообработке нужно подвергнуть пружину из стали 65Г, чтобы достичь твердости 46HRCэ?

9-вариант

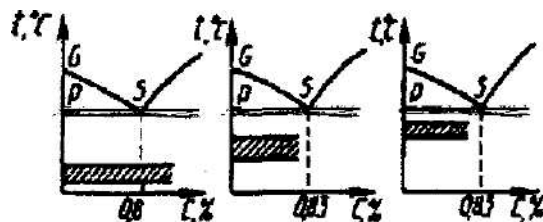
1. Какие структурные составляющие имеют заэвтектоидные стали после неполного отжига?
2. Шатун из стали 45 при закалке был нагрет до температуры 750 °С и охлажден в воде. При помощи диаграммы состояния сплавов «железо — углерод» объясните, почему деталь после закалки получила недостаточную твердость.

10- вариант

1. Чем отличается процесс нормализации от отжига? Определите температуру нагрева изделия из стали 30 под нормализацию.
2. Почему после азотирования поверхность стали получает очень высокую твердость и износостойкость?

11- вариант

1. Какие виды отпуска изображены на графиках? Для каждого вида укажите температуру нагрева, получаемую структуру и назначение.



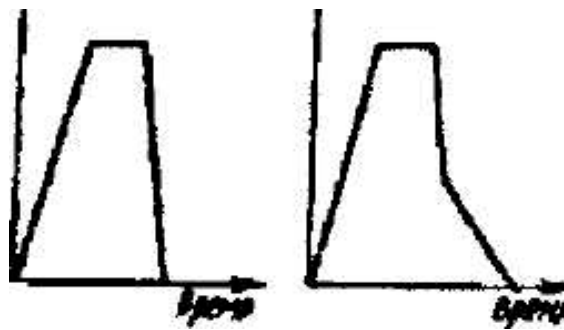
2. В чем проявляется пережог и перегрев стали? Какой из этих дефектов можно исправить и каким образом?

12 - вариант

1. Какие структурные составляющие получают низко-, средне-, и высокоуглеродистые стали после нормализации?
2. Почему инструменты из быстрорежущей стали подвергаются после закалки двух-, трехкратному отпуску? Какую химико-термическую обработку необходимо применить для инструментов из быстро режущей стали? С какой целью это делается?

13-вариант

1. Какие стали и с какой целью обрабатывают холодом?
2. Какие виды закалки изображены на графиках? Для каких изделий они применяются?



14 - вариант

1. В чем заключается прогрессивность метода термомеханической обработки?
2. Основное преимущество цианирования по сравнению с цементацией и азотированием?

15 - вариант

1. Два ручных метчика из стали У12А подвергли закалке: один полной, второй неполной. Какой инструмент будет тверже и почему?
2. Какие из перечисленных сталей подвергаются цементации: 38Х2МЮА, Р6М5, 50, У10, 10пс, 80, 15Г, 15ХА, 45, 20Х? Чем следует руководствоваться при выборе сталей?

16 - вариант

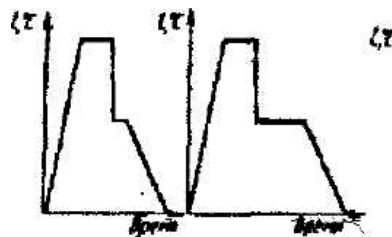
1. Сталь марки У8А имела исходную структуру — перлит. Какую структуру получила сталь после закалки? Как это повлияет на ее механические свойства? 2. Что произойдет, если скорость охлаждения этой стали будет меньше критической?
3. Назовите преимущества и недостатки азотирования по сравнению с цементацией.

17- вариант

1. На какую глубину закалится валик из стали 40, если при закалке токами высокой частоты применить ток частотой 2 кГц?
2. В результате чего поверхность чугунных отливок отбеливается? Как устранить отбел?

18 - вариант

1. Какие виды закалок изображены на графиках? В чем их различия?
2. Почему для изготовления режущих инструментов применяются стали, легированные вольфрамом, ванадием, хромом, молибденом?



19-вариант

1. Два пальца изготовлены из сталей марок 20 и 45. Какой упрочняющей обработке нужно подвергнуть пальцы, чтобы их поверхность стала твердой и износостойкой, а сердцевина осталась мягкой и вязкой? Укажите вид упрочняющей обработки для каждого пальца.
2. Определите температуру нагрева под диффузионный отжиг крупных отливок из стали 45Л.

20 - вариант

1. Почему детали из углеродистых сталей закалывают, как правило, в воде (кроме деталей сложной геометрической формы), а из легированных — в масле?
2. Какие стали наиболее целесообразно подвергать азотированию? Приведите примеры марок таких сталей и расшифруйте их.

21 - вариант

1. Какие из перечисленных сталей закалываются: А12, 08пс, 45, 80, У12А, Р6М5, 20Х, У10, 10? Почему?
2. Определите температуру нагрева изделия из стали 45 под полный отжиг. Назначение полного отжига?

22- вариант

1. Как уменьшить продолжительность процесса азотирования?

2. Почему при закалке возникают большие внутренние напряжения?

23- вариант

1. Какие процессы термической обработки нужны для повышения механических свойств следующих изделий: а) валика из стали марки 35; б) зубила из стали марки У7А?

2. Назовите преимущества газовой цементации по сравнению с цементацией в твердом карбюризаторе.

24- вариант

1. На Минском тракторном заводе для поковки коленчатого вала из стали 45Х вместо закалки в масле используется прерывистая закалка (закалка в двух средах): до температуры начала мартенситного превращения охлаждение производится сначала в воде, а затем на воздухе. Преимущество такой закалки перед закалкой в масле?

2. Определите и обоснуйте вид отпуска для шатуна из стали 45, фрезы из стали 9ХС, пружины из стали 70Г.

25- вариант

1. На детали из низкоуглеродистой стали марки 15 необходимо получить диффузионный слой толщиной 1,5 мм и твердостью 60 HRC3. Как достичь этого?

2. Определите вид термической обработки: а) заготовка из стали У12 нагрета до 760°C, выдержана при этой температуре и охлаждена вместе с печью; б) режущий

инструмент из стали У12 нагрет до 780 °С, выдержан при этой температуре, а затем охлажден сначала в воде до 400 °С, затем в масле.

Ход занятия:

1. Прочитать инструкцию.

2. Внимательно повторить материал (общие сведения).

3. Согласно своему варианту выполнить задания.

4. Оформить отчет: (тема, задание, решение, ответы на контрольные вопросы)

5. Сдайте отчет преподавателю.

Контрольные вопросы

1. Что такое полный отжиг?

2. Что такое закаливаемость и прокаливаемость стали?

3. Зачем проводят цементацию?

4. В чем различия цементации и нитроцементации?

5. Почему после поверхностной закалки повышается предел выносливости?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

РАСШИФРОВКА МАРКИРОВКИ СТАЛЕЙ

Цель:

Студент должен уметь:

- уметь расшифровывать марки сталей.

Общие сведения:

Инструментальные стали и сплавы

Инструментальным и сталями называют углеродистые и легированные стали, обладающие высокой твердостью, прочностью и износостойкостью. Их применяют для изготовления режущих, измерительных инструментов и штампов. В инструментальных сталях содержится 0,7—1,5 % углерода.

Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435—74) маркируют буквой У (углеродистая); следующая за буквой У цифра (У7, У8, У10 и т. д.) показывает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Буква А в конце марки указывает, что сталь высококачественная (например, У8А).

Легированные инструментальные стали (ГОСТ 5950—73) Х, 9ХС, 9ХФ, 7ХЗ и т.д. маркируют цифрой, показывающей среднее содержание углерода в десятых долях процента, если его содержание менее 1 %. При содержании углерода около 1 % цифру не пишут. Буквы обозначают легирующие элементы, а следующие за ними цифры указывают содержание (в целых процентах) соответствующего легирующего элемента.

Быстрорежущие стали маркируют буквой Р (ГОСТ 19265—73). Следующая за пей цифра указывает среднее содержание основного легирующего элемента быстрорежущей стали — вольфрама в процентах. Среднее содержание молибдена, ванадия и кобальта в стали обозначают цифрой за буквами М, Ф и К.

Стали для режущих инструментов. Твердость режущей кромки сверл, метчиков, разверток, резцов, фрез и другого режущего инструмента после закалки и низкого отпуска должна быть в пределах HRC 60—65 и значительно превышать твердость обрабатываемого материала. Кроме того, режущая часть инструмента должна иметь высокую износостойкость, а также достаточную прочность при некоторой вязкости для предупреждения поломок инструмента в процессе работы. Углеродистые инструментальные стали У7, (У7А), У10(У10А), У11(У11А), У12(У12А) вследствие малой устойчивости переохлажденного аустенита имеют небольшую прокаливаемость, их применяют для изготовления инструментов небольших размеров.

Достоинствами углеродистых инструментальных сталей являются дешевизна, невысокая твердость после отжига (НВ 1660—1920) и хорошая обрабатываемость резанием и давлением в отожженном состоянии.

Крупные недостатки их: узкий интервал закалочных температур и необходимость закалки с охлаждением в воде или водных растворах щелочей (солей), что усиливает деформацию и коробление инструмента и способствует образованию трещин. Поэтому инструменты сложной формы с резкими переходами и большим соотношением длины к диаметру из углеродистых сталей не изготавливают. Стали проходят закалку и низкий отпуск (HRC60—63).

Углеродистые стали можно использовать для мелкого инструмента, работающего из-за низкой их теплостойкости с малыми скоростями резания, так как при нагреве выше 190—200 °С твердость его сильно понижается.

Легированные инструментальные стали меньше чувствительны к перегреву, имеют большую прокаливаемость и позволяют проводить охлаждение при закалке в масле, что уменьшает деформацию и коробление инструмента. Поэтому из легированных сталей изготавливают инструменты сложной формы с большим отношением длины к диаметру (например, протяжки).

Так, стали 9ХС и ХВСГ характеризуются повышенной закаливаемостью и прокаливаемостью, вследствие чего они получают высокую твердость (HRC 62—63) как при охлаждении в масле, так и при ступенчатой закалке. Кроме того, инструмент из этих сталей сохраняет высокую твердость режущей кромки при нагреве до 225—250 °С. При ступенчатой закалке деформация инструментов незначительна.

Недостатком сталей 9ХС, ХВСГ является склонность их к обезуглероживанию при нагреве и повышенная твердость в отожженном состоянии (HВ 1870—2410), что ухудшает обрабатываемость этих сталей резанием.

Указанные стали используют для изготовления круглых плашек, разверток, зенкеров.

Такие легированные инструментальные стали, как 9ХС и ХВСГ, не обладают высокой устойчивостью против отпуска и пригодны только для резания с небольшой скоростью.

Легированные стали закалывают в масле и подвергают отпуску при 150—160°С для сохранения твердости HRC61—64.

Быстрорежущая сталь. Быстрорежущие стали в отличие от других инструментальных сталей обладают высокой теплостойкостью (красностойкостью), т. е. способностью сохранять мартенситную структуру и соответственно высокую твердость, прочность и износостойкость при повышенных температурах, возникающих в режущей кромке при резании с большой скоростью. Эти стали сохраняют мартенситную структуру при нагреве до 600—620 °С. Поэтому применение быстрорежущих сталей позволяет значительно повысить скорость резания (в 2—4 раза) и стойкость инструментов (в 10—30 раз).

Основными легирующими элементами, обеспечивающими теплостойкость быстрорежущих сталей, являются вольфрам и его химический аналог молибден, а также ванадий. Сильно повышает теплостойкость быстрорежущих сталей кобальт.

Составы, %, широко применяемых быстрорежущих сталей, имеющих примерно одинаковую умеренную теплостойкость и режущие свойства. Из этих сталей изготавливают сверла, фрезы, долбяки, протяжки, развертки, пилы, напильники для твердых металлов и другой инструмент.

Наиболее широко используют сталь Р6М5 с меньшим содержанием вольфрама.

Быстрорежущие стали относятся к карбидному (ледебуритному) классу. Их фазовый состав в отожженном состоянии представляет собой легированный феррит и карбиды M_6C $M_{23}C_6$, MC , M_3C . В феррите растворена большая часть хрома; почти весь вольфрам (молибден) и ванадий находятся в карбидах.

Для снижения твердости, улучшения обработки резанием и подготовки структуры стали к закалке быстрорежущую сталь после копки подвергают отжигу при $860\text{—}880^\circ\text{C}$.

Для придания стали теплостойкости инструменты подвергают закалке и многократному отпуску (рис. 1). Сталь P18 закаливают с температуры $1270\text{—}1290^\circ\text{C}$, а P6M5 — с $1210\text{—}1230^\circ\text{C}$. Высокие температуры закалки необходимы для более полного растворения вторичных карбидов и получения при нагреве высоколегированного хромом, вольфрамом, молибденом и ванадием аустенита. Это обеспечивает получение после закалки мартенсита, обладающего высокой устойчивостью против отпуска, т.е. теплостойкостью. Для быстрорежущих сталей, имеющих много избыточных (эвтектических и вторичных) карбидов, характерно сохранение мелкого зерна (балл 11 —10), даже при нагреве до указанных выше очень высоких температур закалки. Во избежание образования трещин в инструменте при нагреве до температуры закалки его подогревают.

Выдержка при температуре закалки должна быть непродолжительной — от 8 до 9 с на каждый миллиметр диаметра или наименьшей толщины инструмент при нагреве в расплавленной соли (чаще в $BaCl_2$) и 12—14 с при нагреве в печи. Охлаждающей средой при закалке чаще является масло. Для уменьшения деформации инструментов применяют ступенчатую закалку в расплавленных солях (KNO_3) при $400\text{—}500^\circ\text{C}$, а для крупного фасонного инструмента — при $600\text{—}650^\circ\text{C}$. Структура быстрорежущей стали после закалки представляет собой высоколегированный мартенсит, содержащий 0,3—0,4 % C, нерастворенные избыточные карбиды и остаточный аустенит. Остаточный аустенит понижает режущие и механические свойства стали, ухудшает ее шлифуемость и стабильность размеров инструмента.

После закалки следует трехкратный отпуск при $550\text{—}570^\circ\text{C}$, вызывающий превращение остаточного аустенита в мартенсит и дисперсное твердение за счет выделения карбидов. Первый отпуск уменьшает количество остаточного аустенита до 15 %, второй до 5 % и третий до 1—2 %.

Режущие свойства инструмента, не подвергающегося переточке по всем граням (сверла, развертки, метчики, фрезы), можно повысить азотированием при $550\text{—}560^\circ\text{C}$.

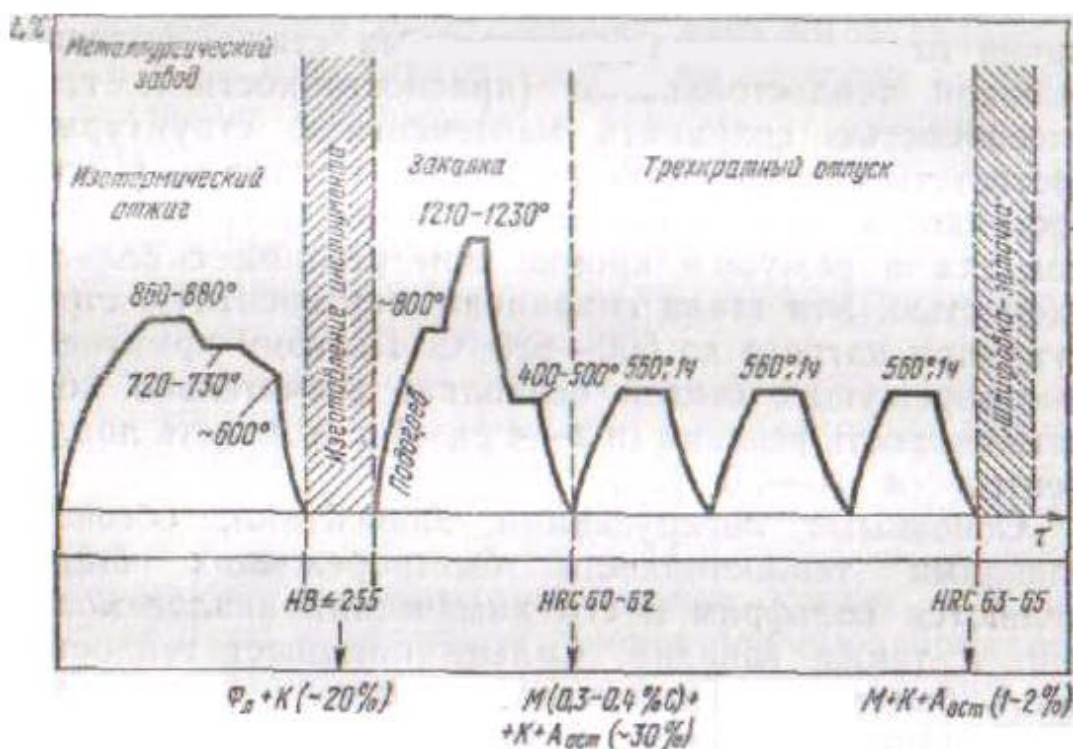


Рис.1. Схема термической обработки быстрорежущей стали Р6М5. Фл — легированный феррит; К — карбид; М — мартенсит; А_{ост} — остаточный аустенит. В скобках показано количество углерода в мартенсите и количество остаточного аустенита в структуре стали, %

Качественные углеродистые стали (ГОСТ 1050-74) выплавляют с соблюдением более строгих условий в отношении состава шихты и ведения плавки и разлива. К ним предъявляют более высокие требования по химическому составу; содержание серы < 0,04 %, фосфора < 0,035—0,04 %, а также меньшее количество неметаллических включений, регламентированные макро- и микроструктура.

Качественные углеродистые стали маркируют цифрами 08, 10, 15, 20 и далее до 85; цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Низкоуглеродистые стали 05кп 08, 07кп, 10, 10_{кп} обладают невысокой прочностью и высокой пластичностью. Механические свойства после нормализации: $\sigma_s = 340$ МПа, $\sigma_{0,2} = 200 \div 210$ МПа и $\delta = 31 \div 33$ %. Эти стали без термической обработки применяют для малонагруженных деталей. Тонколистовую холоднокатаную низкоуглеродистую сталь используют для холодной штамповки изделий. Штампуемость стали тем хуже, чем больше в ней углерода. Кремний, повышая предел текучести, снижает штампуемость, особенно способность стали принимать вытяжку, поэтому для холодной штамповки, особенно для вытяжки, более широко используют полуспокойные и кипящие стали 08пс, 08кп, 08Фкп (микролегирована ванадием в количестве 0,02—0,04 %).

Штампуемость в большой степени зависит от величины зерна. Рекомендуется сталь с зерном балла 6-8.

Стали 15, 20, 25 ($\sigma_s = 380 \div 460 \text{ МПа}$; $\sigma_{0,2} = 230 \div 280 \text{ МПа}$, $\delta = 27 \div 23\%$) применяют без термической обработки или в нормализованном виде. Стали поступают в виде проката, поковок, труб, листов, ленты и проволоки и предназначаются 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 (при низких температурах) трещин.

Среднеуглеродистые стали 30, 35, 40, 45, 50 применяют после нормализации, улучшения и поверхностной закалки для самых разнообразных деталей во всех отраслях машиностроения. Эти стали в нормализованном состоянии по сравнению с низкоуглеродистыми имеют более высокую прочность при более низкой пластичности ($\sigma_s = 500 \div 610 \text{ МПа}$; $\sigma_{0,2} = 300 \div 360 \text{ МПа}$; $\delta = 21 \div 16\%$) Стали в отожженном состоянии достаточно хорошо обрабатываются резанием. Наиболее легко обрабатываются доэвтектоидные стали со структурой пластинчатого перлита. После улучшения стали 40, 45, 50 имеют следующие механические свойства: $\sigma_s = 600 \div 700 \text{ МПа}$; $\sigma_{0,2} = 400 \div 600 \text{ МПа}$; $\psi = 50 \div 40\%$ и $KCU = 0,4 \div 0,5 \text{ МДж} / \text{м}^2$. Прокаливаемость сталей невелика. Критический диаметр после закалки в воде не превышает 10—12 мм (95 % мартенсита). В связи с этим их следует применять для изготовления небольших деталей или более крупных, но не требующих сквозной прокаливаемости.

Стали 60, 65, 70, 80 и 86 обладают более высокой прочностью, износостойкостью и упругими свойствами; применяют их после закалки и отпуска, нормализации и отпуска и поверхностной закалки для деталей, работающих в условиях трения при наличии высоких статических вибрационных нагрузок. Из этих сталей изготавливают пружины и рессоры, шпиндели, замковые шайбы, прокатные валки и т. д.

Исходные данные:

1 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) 20Х13; 2) ЛЦ40МцЗЖ; 3) Бр05Ц5С5; 4) Л96; 5) сталь 20

2 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) Д16; 2) БрБ2; 3) СЧ25; 4) СтО; 5) АН

3 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) СтЗсп; 2) ЛЦ40С; 3) У7; 4) Х6ВФ; 5) 20Х

4 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) Д18П; 2) Ст6пс; 3) СтО; 4) 50Н; 5) БрХ1

5 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) А12; 2) Д16; 3) КЧ37-12; 4) Х18Н10Т;

5) Т15К6

6 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) Д16; 2) У10А; 3) ЕХ5К5; 4) АЛ4; 5) БрОФ7-0,2

7 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) ВТ16; 2) СЧ25; 3) 5ХНВА; 4) БСтЗкп; 5) ВК3М

8 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) АЛ7; 2) 12Х13; 3) Б83; 4) Л70; 5) ВЧ100-2

9 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) 60С2; 2) Т30К4; 3) ВТ5; 4) ВЧ2-12; 5) АК4

10 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) 37ХН3А; 2) ЛС59-1; 3) Б16; 4) 12ХН3А;

5) ЛК80-3

11 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) СЧ45; 2) МА5; 3) ДСП; 4) 9ХС; 5) Л96;

12 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) АЛ9; 2) 38ХМЮА; 3) ЕХ5К5; 4) Д1; 5) БК2

13 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) 9Х18; 2) ВК8; 3) СЧ25; 4) БрБ2; 5) 60Г

14 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) МЛ12; 2) БрКМц3-1; 3) ШХ5; 4) ХВГ;

5) КЧ80-1,5

15 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) В96; 2) 15ХФ; 3) ВЧ120-2; 4) ПМЦ54;

5) ТЗОК4

16 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) А20; 2) БрЖН1С-4-4; 3) АМ2; 4) Р10К5Ф5;

5) ЛН65-5

17 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) ОТ4; 2) ВЧ38-17; 3) 60С2ХА; 4) БрС30;
5) ВК10

18 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) 18Х2Н4МА; 2) КЧ35-10; 3) БрА5; 4) ВТ25;
5) АЧС-1

19 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) ЕХ9К15М2; 2) ВСт1; 3) СЧ10; 4) ПОС60;
5) 12Х13

20 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) Д16; 2) Л96; 3) 50Н; 4) АК4; 5) 38ХМЮА

21 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) сталь 20; 2) Бр05Ц5С5; 3) СЧ25; 4) А12;
5) МЛ12

22 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) 9Х18; 2) 12ХН3А; 3) СЧ45; 4) 60Г; 5) ХВГ

23 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) ЛЦ40МцЗЖ; 2) У7; 3) Д18П; 4) А12; 5) СЧ10

24 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) ВТ25; 2) ВК10; 3) 15ХФ; 4) АМ2; 5) У10А

25 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) ЕХ5К5; 2) АЛ4; 3) Д16; 4) СЧ25; 5) 5ХНВА

26 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) ВТ16; 2) ВК3М; 3) Т15К6; 4) Х18Н10Т;
5) БСтЗкп

27 вариант

Расшифруйте следующие материалы: 1) 60С2; 2) Л96; 3) ШХ5; 4) БК2; 5) СЧ25

Ход занятия:

1. Внимательно прочитать общие сведения
2. Определить № вашего варианта (вариант выбирается согласно списочного состава группы, например, по списку ваш № 5- значит ваш вариант 5)
3. Решить задание с помощью общетехнического справочника (на оценку 4)
4. Решить задание без справочника (на 5)
5. Ответить на контрольные вопросы
6. Сдать работу преподавателю

Контрольные вопросы:

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

ВЫБОР СТАЛЕЙ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ

Цель:

- научиться выбирать материал и его обработку, при использовании которых в наибольшей степени обеспечивается надежность деталей в условиях эксплуатации.

Общие сведения:

Выбор стали для деталей машин.

Выбор стали для изготовления той или другой детали машин и метод ее упрочнения определяется уровнем требуемой конструкционной прочности, технологичностью механической, термической и химико-термической обработки, объемом производства, дефицита остью, стоимостью материала и себестоимостью упрочняющей обработки.

При выборе стали и упрочняющей обработки исходят из общих требований, приведенных ниже.

Эксплуатационное требование. Сталь должна удовлетворять условиям работы в машине, т.е. обеспечивать заданную конструкционную прочность, что вначале определяется расчетными данными. Деталей, рассчитываемых на статическую прочность, сравнительно мало. Это детали с большим начальным натягом, детали котлов и сосудов высокого давления, диски компрессоров и турбин и некоторые детали с малым числом плавных нагружений (иногда проводится расчет на малоцикловую усталость). Многие детали машин работают в условиях, когда возникают напряжения, переменные по времени. Расчеты сопротивления усталости этих деталей при стационарном нагружении ведут по пределу выносливости с учетом конструктивных и технологических факторов.

По критерию жесткости (E — модуль упругости) рассчитывают станины, корпусные детали машин, станков, валы коробок передач, шпиндели станков и т.д. Однако какими бы точными не были расчеты, только по ним нельзя судить о надежности работы детали. Необходимы натурные испытания, т. е. испытания самих деталей как на специальных стендах, так и непосредственно в эксплуатации. Имея информацию о стойкости деталей, можно установить комплекс прочностных и других параметров, которые находятся в наибольшей корреляции с эксплуатационными свойствами деталей машин. При установлении этих параметров кроме стандартных механических свойств (σ_s , $\sigma_{0,2}$, δ , ψ , KCU) с учетом прокаливаемости стали должны учитываться работа распространения трещины КСТ, трещиностойкость K_{1c} , предел выносливости σ_{-1} , $\sigma_{-1к}$, сопротивление контактной усталости, сопротивление износу и т.д.

Элементы машин и конструкций могут работать в экстремальных условиях, при низких или высоких температурах, испытывать большие динамические, статические и циклические перегрузки, воздействие агрессивных сред и т.д., приводящие к отказам деталей машин. При перегрузках в деталях из пластичных материалов возможна пластическая деформация (изгиб оси и валов, растяжение болтов, слияние посадочных поверхностей в крепежных деталях и т.д.) или вязкое разрушение. При длительной эксплуатации при высоких температурах за счет ползучести нередко наблюдаются недопустимые деформации. Ползучесть материала лопаток и дисков турбин, паропроводов и других деталей ограничивает срок их службы.

В соответствии со статистическими данными деформация и вязкое разрушение являются причиной 15—20% всех отказов. Образование хрупких трещин чаще происходит при низких температурах эксплуатации, наличии исходных дефектов типа трещин, повышенных остаточных напряжениях, возникновении статических и динамических перегрузок, а также при увеличении размеров начальных дефектов под действием циклических эксплуатационных нагрузок и коррозии. Хрупкое разрушение судов, мостов, кранов, строительных и дорожных машин обычно начинается в зонах концентрации напряжений и происходит после некоторой наработки. Это говорит о роли накопления эксплуатационных повреждений и увеличения вероятности одновременного сочетания факторов, способствующих снижению сопротивления хрупкому разрушению.

Повышение сопротивления деталей машин (конструкции) хрупкому разрушению не может быть достигнуто повышением запасов статической прочности, т. е. снижением их номинальной напряженности и увеличением сечения. Это должно достигаться использованием более стойких к переходу в хрупкое состояние материалов, надлежащих конструктивных форм и технологии изготовления, повышением требований к дефектоскопическому контролю на стадии изготовления машин или конструкций для отбраковки некачественного металла или некачественно изготовленных деталей.

Следует отметить, что интенсивное изучение критериев надежности материалов началось с момента широкого применения в технике высокопрочных металлических материалов, характерной особенностью которых является склонность к хрупкому разрушению. Надежность работы конструкции во многом определяется сопротивлением материала распространению трещины, т.е. его вязкостью разрушения K_{Ic} . Конструктивную прочность сплавов нередко оценивают с помощью так называемых диаграмм конструктивной прочности.

Для многих строительных и машиностроительных сталей ($\sigma_g < 1000$ МПа) определение вязкости разрушения K_{Ic} затруднено. Поэтому о сопротивлении хрупкому разрушению судят не по вязкости разрушения K_{Ic} , а по температурному порогу хладноломкости t_{50} . Наиболее низкую конструктивную прочность имеют горячекатаные стали обыкновенного качества (Ст2, Ст3, Ст4 и др.) с ферритно-перлитной структурой. Чем больше в них содержание углерода, тем выше σ_T и t_{50} .

Термическое упрочнение углеродистых сталей повышает σ_T и несколько снижает порог хладноломкости.

Низколегированные стали имеют более высокую конструктивную прочность в горячекатаном и нормализованном состояниях. После термической обработки низколегированных сталей σ_T возрастает, а t_{50} практически не меняется. Верхняя часть области НД_{ГК} относится к сталям с карбидным упрочнением (МГ2ЛФ, 15Г2СФ и др.), а нижняя — к сталям 14Г2, 10Г2С1, 1БХСНД и др. Высокой конструктивной прочностью обладают низколегированные строительные стали после контролируемой прокатки. Машиностроительные легированные стали после закалки и низкого отпуска имеют высокую прочность σ_T , но склонны к хрупкому разрушению. Улучшение в зависимости от температуры отпуска и состава стали обеспечивает низкий порог хладноломкости при достаточной прочности σ_T . Наилучший комплекс механических свойств (σ_T, K_{1c}, t_{50}) легированные стали имеют после ТМО.

Для изделий, требующих высоких значений КСУ, КСТ, K_{1c} , низкого порога хладноломкости (работающих при низких температурах с высокими скоростями приложения нагрузки и при наличии концентраторов напряжений), следует применять мелкозернистые, спокойные стали, предпочтительно легированные никелем и молибденом.

Работоспособность зубчатых колес, валов, осей железнодорожных вагонов, коленчатых валов, штоков, рам транспортных и грузоподъемных машин, сварных соединений и многих других деталей и конструкции определяет сопротивление усталости. Для оценки характеристик сопротивления усталости натуральных деталей проводят их усталостное испытание для определения предела выносливости детали $\sigma_{-1д}$. Значение $\sigma_{-1д}$ обычно в 2—6 раз меньше $\sigma_{-1с}$, определенного на образцах. Эта разность характеризуется коэффициентом снижения предела выносливости K , отражающим влияние всех факторов на сопротивление усталости: $K = \sigma_{-1} / \sigma_{-1д}$. Коэффициент при растяжении-сжатии или изгибе определяют по формуле (ГОСТ 25504—82):

$$K = \left(\frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}} + \frac{1}{R_{F\sigma}} - 1 \right) \frac{1}{K_v}.$$

Величины, входящие в выражение для коэффициента K , учитывают влияние концентраторов напряжений K_σ , масштабный фактор (размер поперечного сечения) $K_{d\sigma}$, качество обработки поверхности $K_{F\sigma}$ и технологические методы упрочнения поверхности K_v . Чем ближе к единице значения K_σ , $K_{d\sigma}$, $K_{F\sigma}$ и больше K_v , тем меньше влияние этих факторов на несущую способность детали.

Концентрации напряжений возникают у галтели при переходе от одного сечения вала к другому, галтелей основания зуба шестерни, у дна канавки резьбы, шпоночного паза,

около отверстий в деталях, у дна выточек и др. Фактическое снижение предела выносливости детали вследствие концентрации напряжений характеризуется коэффициентом

$$K_{\sigma} = \sigma_{-1d} / \sigma_{-1D},$$

где σ_{-1d} — предел выносливости образца без концентрации напряжений, диаметр d которого совпадает с размером поперечного сечения детали. Для расчета на выносливость имеет значение и теоретический коэффициент концентрации напряжений α_{σ} :

$$\alpha_{\sigma} = \sigma_{\max} / \sigma_H,$$

показывающий, во сколько раз максимальное напряжение в зоне концентрации σ_{\max} превышает номинальное. Можно предположить, что если напряжение в зоне концентраций возросло в α_{σ} раз, то во столько раз снизится σ_{-1d} . Такая зависимость справедлива при диаметре $d > 40$ мм из сталей, имеющих $\sigma_B > 1000$ МПа и $\alpha_{\sigma} < 2$, в других случаях эта зависимость дает погрешность. Поэтому большое значение для повышения сопротивления усталости имеет оптимизация форм изделия с целью снижения концентраций напряжений. Для снижения концентраций напряжений необходимо придавать деталям плавные очертания, скруглять внутренние углы, применять разгрузочные канавки (отверстия), размещать источники концентраций напряжений в зонах малых номинальных напряжений или смещать максимум местных напряжений от разных источников.

Качество обработки поверхности существенно влияет на сопротивление усталости, так как неровности, образующиеся от механической обработки, являются источниками концентраций напряжений. Это влияние характеризуется концентраторами напряжений, снижающими предел выносливости, и учитывается коэффициентом $K_F \sigma = \sigma'_{-1} / \sigma_{-1}$, где σ'_{-1} — предел выносливости образца с данной шероховатостью, а σ_{-1} — предел выносливости образца с тщательно полированной поверхностью. По сравнению с полированными образцами стали ($\sigma_B = 1000$ МПа) предел выносливости шлифованных образцов снижается на 10—15 %, а фрезерованных — на 45—50 %.

С увеличением сечения детали (масштабный фактор) σ_{-1} снижается, что является следствием влияния металлургических и технологических факторов.

Масштабный фактор характеризуется коэффициентом $K_{d\sigma} = \sigma_{-1d} / \sigma_{-1}$ (σ_{-1d} — предел выносливости произвольного образца, σ_{-1} — предел выносливости гладкого образца с $d = 7,5$ мм). Экспериментально установлено, что для $d = 50$ мм $K_{D\sigma} = 0,85$, т.е. снижается примерно на 15 %, а для $d = 200$ мм $K_{D\sigma} = 0,6-0,7$ и σ_{-1} снижается на 30—40 %.

Предел выносливости возрастает с увеличением σ_B и $\sigma_{0,2}$, однако у высокопрочных сталей, обладающих высокой чувствительностью к концентраторам напряжений, предел выносливости может быть пониженным. У высокопрочных сталей сильно возрастает коэффициент K вследствие резкого увеличения коэффициента K_σ по мере роста $\sigma_{0,2}$ и снижения коэффициентов $K_{d\sigma}$ (масштабный фактор) и $K_{F\sigma}$, учитывающего качество обработки поверхности. Снижается и вязкость разрушения K_{1c} , а следовательно, и сопротивление росту усталостной трещины (живучесть). Это нужно учитывать, когда из соображений снижения массы конструкции выбирают сталь с высоким $\sigma_{0,2}$.

Компромиссное решение в данном случае заключается в том, чтобы при проектировании среди конкурирующих сталей выбрать: сталь с более низким $\sigma_{0,2}$. Это ведет к некоторому увеличению массы конструкции, но повышает предел выносливости, живучесть и сопротивление хрупкому разрушению. Возможно и применение более дорогих сталей, например мартенситно-старяющихся или прошедших ТМО.

Наличие на поверхности напряжений сжатия затрудняет образование усталостных трещин, приводит к повышению предела выносливости и живучести. Для повышения предела выносливости и уменьшения влияния концентраторов напряжений широко применяют закалку при индукционном нагреве, химико-термическую обработку, пластическую поверхностную деформацию и другие технологические процессы, упрочняющие поверхность и создающие на поверхности остаточные напряжения сжатия.

Выбор того или другого метода упрочнения зависит от условий эксплуатации детали, характера производства, формы, размера и материала детали и других факторов.

Все виды коррозии снижают σ_{-1} . Влияние коррозии оценивается коэффициентом $K_{кор} = \sigma_{-1кор} / \sigma_{-1}$. С учетом влияния коррозии коэффициент K определяется по формуле

$$K = \left(\frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}} + \frac{1}{K_{кор}} - 1 \right) \frac{1}{K_v}$$

Предел выносливости детали определяют по формуле

$$\sigma_{-1Д} = \sigma_{-1} / K,$$

где σ_{-1} — предел выносливости образца $d = 7,5$ мм, изготовленного из заготовки такого же размера, как и деталь.

Большинство отказов деталей машин (до 80—90 %) связано с различного рода изнашиванием вследствие потери точности, снижения КПД и повышения амплитуды переменных нагрузок, что вызывает усталостное разрушение.

Уменьшение износа достигается правильной конструкцией узлов трения (выбор вида трения в опорах, системы смазки, создание устройств для очистки воздуха и смазочного масла и др.), применением износостойких материалов, упрочнением поверхности закалкой, химико-термической обработкой, наплавкой износостойкими сплавами, нанесением на поверхность тонкого слоя нитридов или карбидов и др.

Такие детали, как подшипники качения, зубья колес, железнодорожные колеса, и многие другие детали подвержены усталостному изнашиванию (контактной усталости). Контактная усталость тем выше, чем больше твердость. Отношение предела контактной выносливости σ_{-1}^K при числе циклов нагружения $N = 10^7$ к твердости HRC поверхности является постоянной величиной.

$$\sigma_{-1}^K = K \cdot HRC,$$

где K — коэффициент, зависящий от твердости и вида термической обработки.

Например, ГОСТ 21354—87 для цементованных (нитроцементованных) сталей с твердостью 58—62 HRC принимает предел контактной выносливости, равный 23 HRC. Однако опыт показывает, что при наличии дефектов диффузионного слоя (трооститной сетки, темной составляющей и др.) допустимые напряжения следует снизить на 20—25 %.

Повышение предела контактной выносливости достигается упрочнением поверхности, повышением предела прочности материала, снижением нагрузки в зоне контакта, улучшением чистоты поверхности, а также повышением вязкости масла.

Перспективным, но еще недостаточно изученным методом повышения сопротивления износу является избирательный перенос при движении сочлененных деталей машин. При избирательном переносе в зоне контакта образуется тонкая металлическая пленка, обладающая свойствами: 1) многократной деформации без разрушения; 2) регенерации массы, так как частицы износа вновь схватываются с изнашиваемой поверхностью; 3) неокисляемости.

Такая пленка обычно образуется на основе меди при трении стали по бронзе в восстановительных смазках (глицерин, спиртоглицериновые смеси, консистентные смазки типа ЦИАТИМ-201).

В этом случае можно говорить о безыносных или малоизносных парах трения.

Для тяжелых нагруженных пар трения («сталь по стали», «сталь по чугуну») «возбуждение» избирательного переноса достигается металлоплакированием при использовании смазочных материалов, содержащих порошки мягких металлов (Си, РЬ, Sn и др.) или нанесением медных (латунных, бронзовых) покрытий на поверхности пары трения.

Узлы трения являются самыми массовыми и наиболее повреждаемыми, поэтому повышение долговечности этих узлов не только увеличит долговечность машин, но и высвободит значительные сварные и прочие ресурсы.

Технологическое требование.

Сталь должна удовлетворять требованиям минимальной трудоемкости изготовления детали. В частности, сталь должна обладать хорошей обрабатываемостью резанием и давлением, и поэтому особое значение приобретает выбор правильного режима предварительной термической обработки заготовок, который назначается с учетом последующих процессов упрочнения.

Предварительная термическая обработка осуществляется в заготовительных цехах и сводится к нормализации (углеродистые стали), нормализации и высокому отпуску при 600—670 °С (легированные стали), отжигу, изотермическому отжигу или высокому отпуску на твердость 156—220 НВ.

Экономическое требование.

Материал должен быть возможно дешевле, с учетом всех затрат, включающих не только стоимость стали, но и изготовление деталей и, наконец, их эксплуатационную стойкость в машинах, в которых они должны работать. В первую очередь нужно стремиться выбрать менее дорогую сталь, углеродистую или низколегированную. Стоимость этих сталей 106—230 р. за 1 т. Дорогие же легированные конструкционные стали (140—600 р. за 1 т), содержащие дефицитные Ni, Mo, W и другие элементы, следует применять лишь в тех случаях, когда более дешевые стали не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к изделию. Легированные стали применяют, когда нужно обеспечить требуемую надежность и долговечность (низкий порог хладноломкости, высокую прокаливаемость, сопротивление усталости, износостойкость и др.), получение особых свойств (коррозионной стойкости, жаропрочности, магнитных свойств и т. д.), улучшение технологических свойств (обработки резанием, штампуемости и т. д.), а также снизить расход металла на единицу готовой продукции или повысить мощность машины. Применение легированной стали должно быть технически и экономически целесообразно и оправданно в том случае, если оно дает экономический эффект за счет повышения долговечности деталей и уменьшения расхода запасных частей и, таким образом, экономии металлопроката.

Эти общие требования к материалу нередко противоречивы. Так, например, более прочные материалы менее технологичны, труднее обрабатываются при резании, холодной объемной штамповке, сварке и т. д. Решение при выборе материала обычно компромиссно между указанными требованиями к стали. В массовом машиностроении предпочитают упрощение технологии и снижение трудоемкости в процессе изготовления детали, некоторой потере свойств или увеличению массы детали. В специальных отраслях машиностроения, где проблема прочности (или проблема удельной прочности) играет решающую роль, выбор материала и последующая технология термической обработки должны рассматриваться из условия достижения только максимальных эксплуатационных свойств. Вместе с тем не следует стремиться

к излишне высокой долговечности деталей по отношению к долговечности самой машины.

При решении вопроса о выборе стали для получения требуемых механических свойств и других характеристик также важно установить оптимальный вид упрочняющей термической или химико-термической обработки. Вопросы выбора материала и технологии термической обработки следует рассматривать применительно к конкретным производственным условиям. Один и тот же процесс термической обработки в различных производственных условиях приводит к разным экономическим результатам. На экономичность технологических процессов влияют объем выпуска продукции, использование энергоресурсов, возможность создания или применения оборудования и другие организационно-экономические условия производства.

При выборе упрочняющей обработки, особенно в условиях массового производства, предпочтение следует отдавать наиболее экономичным и производительным технологическим процессам, например поверхностной закалке при поверхностном или глубинном индукционном нагреве, газовой цементации, нитроцементации и т. д.

Для проведения упрочняющей обработки на каждую деталь составляется технологическая карта с указанием марки стали, режима термической обработки, применяемого оборудования, приспособления, контроля качества и т. д.

Обычно рассматривается возможность применения нескольких марок стали и способов упрочнения. Это позволяет выбрать наиболее рациональный вариант, обеспечивающий наряду с высокими эксплуатационными свойствами детали хорошую технологичность при выполнении механической и термической обработки.

Для выбора и проектирования наиболее экономичных вариантов термической и химико-термической обработки в настоящее время широко используется ЭВМ.

Исходные данные:

1 вариант

Зубчатые колеса в зависимости от условий работы и возникающих напряжений можно изготавливать из стали обыкновенного качества, качественной углеродистой и легированной с различным содержанием легирующих элементов. Выбрать, руководствуясь техническими и экономическими соображениями, сталь для изготовления колес диаметром 50 мм и высотой 30 мм с пределом текучести не ниже 360—380 МПа. Указать термическую обработку колес, механические свойства и структуру выбранной стали в готовом изделии и для сравнения механические свойства и структуру сталей 45 и 4рХН после улучшающей термической обработки.

2 вариант

Выбрать сталь для изготовления валов диаметром 50 мм для двух редукторов. По расчету сталь для одного из валов должна иметь предел текучести не ниже 350 МПа, а для другого — не ниже 500 МПа. Указать: состав и марку выбранных сталей; рекомендуемый режим термической обработки; структуру после каждой операции термической обработки; механические свойства в готовом изделии. Можно ли применять углеродистую сталь обыкновенного качества для изготовления валов требуемого сечения и прочности?

3 вариант

В последнее время с целью снижения расхода металлических материалов, а также уменьшения трудоемкости изготовления из них изделий без каких-либо отходов и без обычных операций резания строгания, сверления, точения и т. п. используют технологию порошковой металлургии. Указать, каким должен быть метод изготовления деталей (колец, подшипников) и каково должно быть исходное состояние материала, чтобы упростить и удешевить технологический процесс их изготовления и процесс последующей термической обработки, повышающей плотность и одновременно увеличивающей износостойкость.

4 вариант

Завод должен изготовить три вала двигателей. Они должны иметь временное сопротивление растяжению не ниже 750 МПа. Однако первый вал имеет диаметр 35 мм, второй 50 мм и третий 120 мм. Выбрать сталь для изготовления валов, обосновать сделанный выбор, рекомендовать режим термической обработки и указать структуру в готовом вале.

5 вариант

На заводе изготавливали валы двигателей внутреннего сгорания диаметром 60 мм из стали с пределом текучести 200—230 МПа и относительным удлинением 20—22%. В дальнейшем был получен заказ на валы такого же диаметра для более мощных двигателей; завод должен был гарантировать предел текучести; для валов одного типа не ниже 600 МПа и ударную вязкость не ниже 600 кДж/м²; для валов, другого типа не ниже 800 МПа и ударную вязкость не ниже 800 кДж/м².

Указать стали, режим термической обработки, структуру и механические свойства после окончательной обработки. Указать, как изменится отношение $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ у выбранных сталей в результате выполнения улучшающей термической обработки.

6 вариант

Станкостроительный завод изготавливает шпиндели токарных станков. Шпиндели работают с большой скоростью в условиях повышенного износа; поэтому твердость в поверхностном слое должна быть HRG, 58—62. Выбрать стали для шпинделей диаметром 40 и 75 мм. Привести состав и марку выбранной стали и рекомендовать режим обработки, обеспечивающий получение заданной твердости в поверхностном слое в условиях скоростной термической обработки. Указать структуру стали в

поверхностных слоях и в сердцевине шпинделя, механические свойства сердцевины после окончательной термической обработки.

7 вариант

Заводу необходимо изготовить шпиндели для токарных станков, работающих в условиях износа, и для шлифовальных станков, которые, кроме того, должны обеспечить высокую точность обработки. Поэтому деформация шпинделей шлифовальных станков при окончательной термической обработке должна быть минимальной, а шпиндели, кроме того, должны иметь повышенную износостойкость. Выбрать стали для шпинделей обоих типов рекомендовать режим обработки. Указать структуру стали и твердость поверхностного слоя и сердцевины после окончательной обработки.

8 вариант

Станины станков изготавливают литьем. Временное сопротивление растяжению должно быть 200—250 МПа. Выбрать марку сплава, пригодного для изготовления станины, имеющей неодинаковую толщину в разных сечениях, и указать режим термической обработки станины и структуры сплава. При решении задачи учесть, что в литой детали необходимо иметь возможно меньше напряжений и термическая обработка должна предупредить деформацию (коробление) станины в процессе обработки и эксплуатации станка.

9 вариант

Коленчатый вал двигателя легкового автомобиля экономично изготавливать из чугуна — материала, мало чувствительного к надрезу и хорошо гасящего вибрации. Для этого назначения используют чугун повышенного качества. Выбрать класс и марку чугуна с временным сопротивлением растяжению не ниже 400 МПа и относительным удлинением 2—3 %. Указать структуру выбранного чугуна и форму выделения графита и объяснить, какие изменения в этом случае надо внести в условия выплавки.

10 вариант

Конические зубчатые колеса диаметром 50 мм в электротележке работают в условиях динамических нагрузок и повышенного износа. По требованию конструктора сталь должна обладать высоким сопротивлением вязкому и хрупкому разрушению изделия в сердцевине.

Выбрать углеродистую цементуемую сталь, указать состав, рекомендовать режим термической обработки для получения максимальной вязкости в сердцевине изделия, если цементация выполняется в твердом карбюризаторе. Одновременно для сравнения указать режим термической обработки после цементации в газовой среде. Указать механические свойства стали в сердцевине изделия и твердость на поверхности после окончательной термической обработки, и объяснить, целесообразно ли применение для этой цели стали обыкновенного качества.

11 вариант

Палец шарнира диаметром 30 мм работает на изгиб, и срез должен, кроме того, обладать высокой износостойкостью на поверхности и высоким сопротивлением хрупкому и вязкому разрушению в сердцевине. Выбрать углеродистую сталь, привести ее состав и марку, рекомендовать режим химико-термической и термической обработки и указать структуру, механические свойства в сердцевине и твердость на поверхности после окончательной обработки. Указать желательную толщину твердого поверхностного слоя. Объяснить, в каких случаях необходимо выбрать легированную сталь и какие механические свойства можно гарантировать в стали указанных различных типов.

12 вариант

Заводу нужно изготовить зубчатые колеса сложной формы диаметром 50 мм и высотой 100 мм. Они должны иметь твердость на поверхности не ниже HRC3 58—60, а в сердцевине временное сопротивление растяжению не ниже 400 МПа и ударную вязкость не ниже 500—600 кДж/м². Завод изготовил первую партию зубчатых колес из углеродистой цементуемой стали, однако некоторые зубчатые колеса получили деформацию при закалке. Выбрать сталь и рекомендовать режим термической обработки после цементации для получения заданных механических свойств и предупреждения брака по деформации. Указать структуру стали в сердцевине и поверхностном слое после окончательной обработки и причины, вызывающие деформацию при закалке.

13 вариант

Завод изготавливает коленчатые валы диаметром 35 мм; сталь в готовом изделии должна иметь предел текучести не ниже 300 МПа и ударную вязкость не ниже 500 кДж/м². Кроме того, вал должен обладать повышенной износостойкостью не по всей поверхности, а только в шейках, т. е. в участках, сопряженных с подшипниками и работающих на истирание. Привести марку стали, рекомендовать режим термической обработки всего вала для получения заданных свойств и высокопроизводительный режим последующей термической обработки, повышающей твердость только в отдельных участках поверхности вала; указать необходимое для этого оборудование. Привести структуру и твердость стали в поверхностном слое шейки вала и структуру и механические свойства в остальных участках.

14 вариант

Направляющие станин станков изготавливают из чугуна. Однако, в дальнейшем для повышения износостойкости этих направляющих их изготавливают из стали. Рекомендовать состав стали для таких деталей и режим скоростной поверхностной упрочняющей обработки. Привести значения твердости, которые при этом могут быть достигнуты. Для сравнения указать марку чугуна, который используется для подобных деталей.

15 вариант

Завод изготавливал червячные колеса диаметром 150 мм и толщиной 40 мм из серого чугуна. В дальнейшем потребовалось изготовить колеса из чугуна, обладающего временным сопротивлением в 1,5 раза более высоким, и относительным удлинением не менее 2—3 %. Указать структуру серого чугуна, обладающего наиболее высокими механическими свойствами, которые можно получить в отливке указанной толщины. Привести способ получения чугуна, имеющего прочность в 1,5 раза больше прочности указанного серого чугуна, и охарактеризовать его структуру.

16 вариант

Завод изготавливает чугунные детали двух типов: а) массивные сложной формы (без внутренних отверстий); б) тонкостенные.

Детали воспринимают в эксплуатации динамические нагрузки. Поэтому чугун в обоих случаях должен иметь повышенные механические свойства, в том числе относительное удлинение не ниже 5 %. Выбрать тип и марку чугуна для деталей каждого из указанных типов и обосновать.

Ход занятия:

1. Прочитать задание
 2. Определить ваш вариант
 3. Выполнить задание согласно вашего варианта
 4. Проанализировать условия работы изделий — деталей машин, инструментов и др.
 5. Выяснить напряженное состояние, которое возникает в них в условиях службы, возможные виды разрушений и другие причины выхода их из строя, так как от этого зависит выбор материала и способа обработки.
 6. Определить группу материалов (например, конструкционных сталей общего назначения, чугунов, жаропрочных сталей и сплавов, инструментальных сталей, полимерных материалов и т. п.), обладающих свойствами, близкими к требуемым.
- Для решения задания рекомендуется ознакомиться с классификацией, составом и назначением основных материалов, используемых в технике и приведенных в общетехническом справочнике.
7. Оформить отчет (тема, цель, решение, ответы на контрольные вопросы)

Контрольные вопросы:

1. Можно ли кипящую сталь использовать для изготовления конструкций и деталей машин, работающих при температурах от -40 до -50 °С?
2. Какие углеродистые стали обычного качества можно применять для конструкций и деталей машин, подвергаемых сварке или упрочняемых термической обработкой?

3. Какие стали относятся к низколегированным? Где их применяют? Какие существуют методы их упрочнения?