

Термическая обработки при  
изготовлении инструментов.  
Изменение твердости образцов  
стали в исходном состоянии и  
после термообработки

ГРУППА: ТШБО-01-18

ВЫПОЛНИЛИ РАБОТУ: БАЛАНДИН М.А., ВИКУЛОВ Д.  
А.



# Термическая обработка

- ▶ **Термическая обработка** формирует физико-механические свойства инструмента: теплостойкость, прочность, твердость, износостойкость. Для изготовления инструмента используют такие виды термической обработки, как отжиг, закалка, отпуск, химико-**термическая обработка**. При неправильно выбранных или при нарушении заданных режимов термической обработки инструмент может оказаться вообще неработоспособным. Поэтому высокая культура термической обработки, особенно закалки и отпуска, предопределяет высокое качество инструмента.

# Основное назначение термической обработки

- ▶ подготовка, выравнивание структуры, устранение пористости, рыхлоты, расслоения и других металлургических дефектов, улучшение обрабатываемости материала для ускоренной диффузии;
- ▶ снятие остаточных напряжений от структурных и фазовых превращений, а также предварительной обработки для восстановления изотропных свойств, повышение точности геометрии изделий за счёт уменьшения коробления и деформации;
- ▶ повышение механических свойств готовых изделий путём воздействия на микроструктуру (размер зерна, создание субструктуры, распределение избыточных фаз);
- ▶ создание специальных свойств (прочность, трещиностойкость, ударная вязкость, устойчивость против коррозии).

# Виды термической обработки

- ▶ Отжиг
- ▶ Закалка
- ▶ Нагрев
- ▶ Охлаждение
- ▶ Нормализация
- ▶ Отпуск:
  1. Нормальный отпуск
  2. Обработка холодом
  3. Высокий отпуск
  4. Низкий отпуск

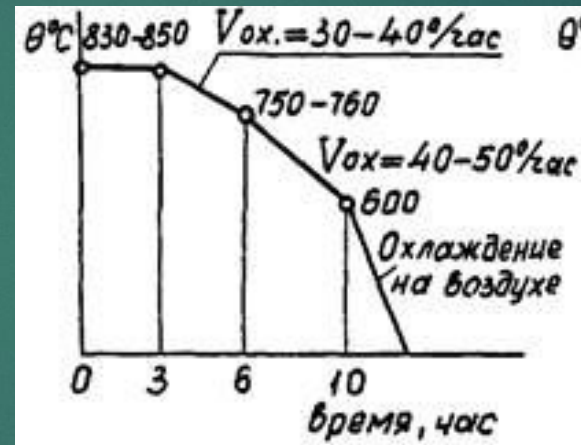


Рис. 3.18. Отжиг быстрорежущей стали.  $V_{ох}$  — скорость охлаждения, град/час

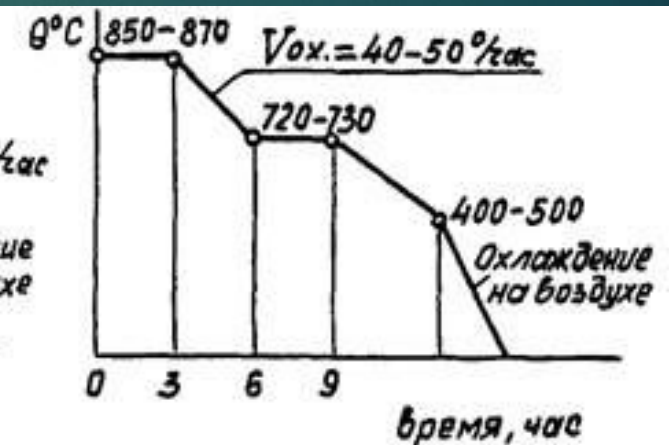
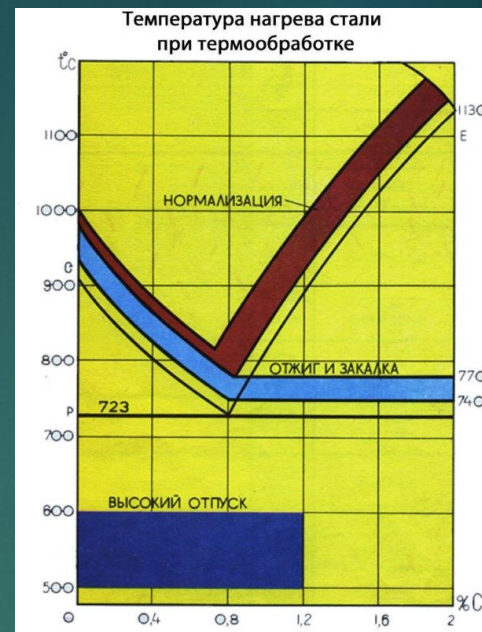


Рис. 3.19. Изотермический отжиг быстрорежущей стали  $V_{ох}$  — скорость охлаждения, град/час





Отжиг стали



Температура нагрева стали при термообработке



Закалка стали



Процесс нормализации стали

# ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

- ▶ К режущим инструментам относят резцы, сверла, метчики, фрезы, протяжки и т. п. В процессе резания режущая (рабочая) часть инструмента внедряется в обрабатываемую деталь и отрывает частицы металла (в виде стружки). Для этого необходима высокая твердость рабочей части режущего инструмента, превышающая твердость детали. Инструмент с недостаточной твердостью не может резать: его форма и размеры быстро изменяются. В процессе работы происходит непрерывное трение — износ поверхности режущей кромки инструмента. Поэтому режущий инструмент должен обладать высокой износостойкостью. Механическая энергия превращается в тепловую, происходит нагрев инструмента, обрабатываемой детали и стружки. При обработке с большими скоростями резания и при снятии стружки большого сечения режущий инструмент находится в тяжелых условиях работы, режущая кромка инструмента нагревается до высокой температуры. Поэтому режущий инструмент должен обладать также теплостойкостью, т. е. режущая кромка должна сохранять высокую твердость при нагреве до высокой температуры.



**Термическую обработку режущего инструмента** разделяют на три стадии: 1) предварительную термическую обработку - отжиг, высокий отпуск, улучшение - для снижения твердости, улучшения обрабатываемости резанием, снятия наклепа и подготовки структуры к последующим операциям термической обработки; 2) окончательную термическую обработку - закалка и отпуск, формирующие эксплуатационные свойства инструмента; 3) дополнительную обработку после шлифования и заточки - цианирование, обработка паром, низкотемпературный отпуск для повышения стойкости, антикоррозионных свойств и улучшения товарного вида инструмента.

- ▶ Основными видами **термической обработки режущих инструментов** являются отжиг, нормализация, закалка и отпуск.
- ▶ Основными видами **термической обработки режущих инструментов** являются отжиг, закалка и отпуск.
- ▶ К основным операциям **термической обработки режущих инструментов** относятся: отжиг, нормализация, закалка и отпуск.
- ▶ Для каких целей осуществляют **термическую обработку режущего инструмента**, штампов и пресс-форм.
- ▶ Термическая обработка малогабаритных штампов и их деталей осуществляется **аналогично термической обработке режущего инструмента** и деталей штампов для холодной штамповки и производится на том же оборудовании. При этом не предъявляются требования к сохранению формы и размеров детали, поскольку механическая обработка выполняется после термической.
- ▶ Новым видом термической обработки является промышленная обработка деталей при температурах значительно ниже нуля. Такая **термическая обработка режущих инструментов** из быстрорежущих сталей и цементованных деталей повышает стойкость и твердость металла. Обработка холодом впервые была применена П. П. Аносовым в 1827 г., но в производство этот метод был внедрен на наших заводах советскими учеными-проф.
- ▶ Низкий отпуск, осуществляемый в интервале температур 150 - 250 С. Низкий отпуск применяют при **термической обработке режущего инструмента** из углеродистой и малолегированной стали, а также измерительного инструмента и деталей, прошедших цементацию и поверхностную закалку.

# Инструментальные стали

## Общие сведения

Сталь, процент углерода в которой составляет более 0,7%, называют инструментальной. В основе фазовой структуры лежит мартенсит и только в некоторых случаях ледебурит.

Используется главным образом в машиностроении в качестве материала для производства инструмента по обработке черных и цветных сплавов.

Инструментальную сталь отличает ряд особенностей по сравнению с конструкционной. Среди них наиболее важными являются:

- Повышенная твердость, которая составляет 60-65 единиц по шкале Роквелла.
- Дополнительная прочность. Временное сопротивление на разрыв не должно быть ниже 900 МПа.
- Способность сопротивляться воздействию абразивного износа.
- Высокая прокаливаемость - свойство сталей термически упрочняться.
- Красностойкость, которая характеризует металл с точки зрения способности сохранять свои прочностные характеристики при увеличении температурного воздействия на него.



Согласно государственным стандартам предусмотрены следующие разновидности инструментальных марок, исходя из их технологического назначения:

- Инструментальные углеродистые стали ГОСТ 1435-99. Помечаются буквой «У» в начале маркировки. Цифра, следующая далее в обозначении, показывает углеродистую составляющую: У12, У10 и т.д. Размерность берется в сотых долях процента. В конце может ставиться буква «А» (например, У10А), которая показывает, что данная инструментальная сталь имеет уменьшенное количество отрицательных включений. В частности, это относится к сере и фосфору, элементам, ответственным за ухудшение механических свойств стального сплава.
- Легированные инструментальные стали ГОСТ 5950-2000. Цифра, стоящая в начале, показывает сотую долю процента карбидов в стали. В случае ее отсутствия значение данного параметра принимается равным 1%. Далее следует буквенное обозначение легирующих элементов с указанием цифрами их содержания в целых долях процента: Х, 5ХВГ, 9ХС и прочее.
- Быстрорежущие инструментальные стали ГОСТ 19265-73. В технической документации маркируются буквой «Р». Цифрой за ней обозначают ориентировочное содержание вольфрама – базового химического компонента для данной стали. Помимо него быстрорезы могут включать в своем составе кобальт и ванадий. Они также указываются в маркировке соответствующими буквами: К и Ф. Содержание хрома во всех быстрорежущих сталях колеблется в пределах 3-4%. По этой причине его не обозначают в маркировке.
- Штампованные инструментальные стали ГОСТ 1265-74. Маркируется данный вид сталей аналогично легированным. По характеру применения они бывают штампованными сталями холодной и горячей деформации.

## Инструментальная углеродистая сталь

Данный класс в машиностроении используется как материал для производства режущего инструмента с минимальным габаритным размером не более 13 мм. Причина этого ограничения кроется в их ограниченной прокаливаемости. Более крупные габаритные размеры возможны только если большая часть режущей кромки находится на поверхности (короткие свёрла, зенкера и прочее).

Для большинства режущего инструмента - зенковки, ножовки и фрезы - применяются стали У13, У11 и У10. В случае если стальной сплав работает в условиях сильных ударных воздействий, рекомендуется использовать марки типа У8 и У7. Они обладают большим коэффициентом ударной вязкости и, соответственно, способны выдержать большие динамические нагрузки.



Преимуществом инструментальных сталей приведенного класса является низкая цена, приемлемая податливость резанию в отожжённом состоянии и умеренная твердость. Для повышения их механических свойств применяют разного рода термообработку. Прежде всего, это закалка в соляном растворе или воде при 820 °С плюс низкий отпуск, главное назначение которого - снятие внутренних напряжений.

Главным недостатком углеродистой инструментальной стали — это узкий диапазон температур закаливания, что усиливает внутренние деформации стали при ее термообработке. По этой причине использование данных сплавов ограничивается инструментом, работающим с низкими скоростями резания и температурами нагрева до 220 °С.



## Легированная инструментальная сталь

По сравнению с вышеописанной легированная обладает большей толщиной прокаливаемого слоя и меньшей склонностью к перегреву, что позволяет существенно снизить риск образования трещин во время термообработки инструмента. Благодаря этому минимальный габаритный размер инструмента увеличивается с 12 до 40 мм.

Низколегированные стали марок типа 11X и 13X рекомендуются для изготовления метчиков, ножей и напильников толщиной 1-15 мм. Особенно если указанный инструмент при этом имеет большую длину.

Стали 9XC и ХВГС обладают повышенной красностойкостью с критической температурой 250 °С. Они используются для сверл, плашек, гребенок и прочего инструмента диаметром до 80 мм. Недостатком их является небольшая хрупкость в отожженном состоянии и чувствительность к образованию трещин во время шлифовки.

Также легированная инструментальная сталь отлично зарекомендовала себя в изготовлении разного рода измерительного инструмента - штангенциркули, линейки, скобы и прочее - за счет низкого значения коэффициента теплового расширения. Наиболее подходящими из них послужили стали типа X и ХГ.

## Быстрорежущая инструментальная сталь

Быстрорежущих инструментальных сталей от всех выше представленных видов инструментальных стальных сплавов отличает более высокая красностойкость. Данные сплавы не изменяют своих механических характеристик при температурном режиме до 650 °С. Как результат, скорость резания увеличивается в 5 раз, а долговечность инструментария в 32 раз.

Это стало возможным благодаря включению в их химический состав вольфрама или его аналога молибдена. Также на теплостойкость положительно влияет добавление в сталь таких металлов как кобальт, ванадий и хром. Наиболее востребованными марками в машино- и станкостроении являются P18, P12, P6M4 и P10K5Ф5. Из данной группы инструментальных сталей стоит отметить P12, т.к. она обладает лучшей технологичностью: более податлива обработке давлением.

Термическая обработка данных стальных сплавов включает в себя закалку при 1250 °С и многократный низкий отпуск при 350 °С. Превышение указанных температур крайне нежелательно, т.к. это приводит к резкому снижению механических характеристик, в частности образования хрупкости. Иногда для улучшения коррозионностойких свойств быстрорезы дополнительно обрабатываются паром.

## Штампованная сталь

Штампованная инструментальная сталь используется в производстве матриц и пуансонов штампов. Как было сказано ранее, она подразделяется на сталь холодного и горячего деформирования.

Инструментальная сталь холодной деформации работают при температуре 250-300 °С. Сюда относят X12M и X12Ф1, в основе которых лежит фазовая структура ледибурит. Их отличие — это высокое значение прокаливаемости, красностойкости и твердости (64 HRC). Из них изготавливают массивные штампы сложной формы, ролики для накатывания резьбы и т.д.



Штампованные стали горячей деформации работают с более горячим металлом, температура которого может достигать до 550 °С. Поэтому, помимо всего прочего, они должны обладать разгаростойкостью - способностью выдерживать многократные перегревы и не трескаться при этом. Наиболее востребованными марками здесь являются 5ХНМ и ХГМ.

Инструментальные стали в свое время совершили технологический прорыв в области обработки металлов. Их использование позволило повысить скорость резания почти в 5 раз. Но прогресс не стоит на месте. Сейчас они становятся все менее актуальными. Особенно на фоне новостей об усовершенствовании керамических сплавов.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!