



Инструментальные стали и сплавы.

Поток 1А

Лекция 14 (рздел 5, тема 17)

Лектор доц. Дощечкина И .В.

(lect_13_1A_TKMiM_DIV_08-05-2015 ppt)

(Использованы материалы электронного ресурса [www.google.com.ua / search](http://www.google.com.ua/search))

План лекции

14.1. Классификация инструментальных сталей.

14.2. Стали для мерительного инструмента.

14.3. Стали для режущего инструмента.

**14.4. Теплостойкие инструментальные стали –
быстрорежущие.**

14.4.1. Легирование и маркировка быстрорежущих сталей.

14.4.2. Термообработка быстрорежущих сталей.

14.4.3. Применение быстрорежущих сталей для инструмента.

14.5. Стали для штампового инструмента.

14.5.1 Стали для штампов холодного деформирования.

14.5.2 Стали для штампов горячего деформирования.

14.1.Классификация инструментальных сталей.

Инструментальные стали предназначены для обработки металла резанием или давлением и должны обладать высокими значениями твердости, износостойкости и теплостойкости.

Стали классифицируют по химсоставу, по назначению, по теплостойкости и прокаливаемости.

По химическому составу стали делятся на:

Углеродистые

Легированные

Высоколегированные

По назначению инструментальные стали классифицируют:

Для мерительного
инструмента.

Для режущего
инструмента.

Для штампового
инструмента.

Штампы используют **для деформирования металла в холодном состоянии** (вытяжные, сгибающие) **и в горячем состоянии** (ковочные, обрезные, прошивочные). В зависимости от условий работы штампов **выбирают разные стали** для их изготовления.

КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО ТЕПЛОСТОЙКОСТИ.

Теплостойкость - важнейшая характеристика сталей для режущего инструмента.

В зависимости от теплостойкости стали делятся на 3 группы.



ПРИМЕНЕНИЕ НЕТЕПЛОСТОЙКИХ И ПОЛУТЕПЛОСТОЙКИХ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Стали
Х, 9ХС

Стали
ХВГ,ХВСГ

Стали
ХВ4,В2ФВ

Стали
Х12, Х12Ф1Ф



Свёрла.



Протяжки.



Развёртки.



Плашки.



Пила по металлу.



Зенкеры.



Кёрна.

Чем **более легированная сталь**, тем больше критический диаметр и тем **большой по размеру инструмент** можно изготовить.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ПРОКАЛИВАЕМОСТИ

Стали с небольшой
прокаливаемостью



Нетеплостойкие
углеродистые стали

Стали с повышенной
прокаливаемостью



Нетеплостойкие
низколегированные
стали

Стали с высокой
прокаливаемостью



Полутеплостойкие и
теплостойкие

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1. Для чего предназначены инструментальные стали? Какими свойствами они должны обладать?**
- 2. По каким признакам классифицируют инструментальные стали?**
- 3. Приведите примеры марок сталей различной теплостойкости и их применения?**

14.2. СТАЛИ ДЛЯ МЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА.

Мерительный инструмент при эксплуатации не нагревается.

Основные требования к инструменту- высокие твердость и износостойкость, а также стабильность линейных размеров и формы.

Необходимы **хорошая обрабатываемость** для получения высокого класса чистоты поверхности и **незначительная деформация при термической обработке.**

Чаще всего **используют углеродистые У8-У12** и низколегированные стали марок **Х,ХВГ,9ХС**, которые содержат **~1%С** и до **1,5%Cr**.

После заковки и низкого отпуска твердость **60 -- 64HRC**.



Для обеспечения **стабильности размеров** необходимо избавиться от остаточного аустенита. Для этого **инструмент подвергают обработке холодом (-70° С)** с последующим длительным (30ч) отпуском при **120-150°С**.

Плоские и длинные инструменты (линейки скобы) изготавливают из сталей **15Х,20Х** с последующей цементацией заковкой и низким отпуском.

Для инструмента большого размера и сложной формы (гравюра штампа) используют **азотируемые стали** (**38Х2МЮА**).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1. Основные требования к мерительному инструменту?**
- 2. Из каких марок сталей изготавливают различный мерительный инструмент?**
- 3. Какой термической обработке подвергают стали для мерительного инструмента?**

14.3.СТАЛИ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.

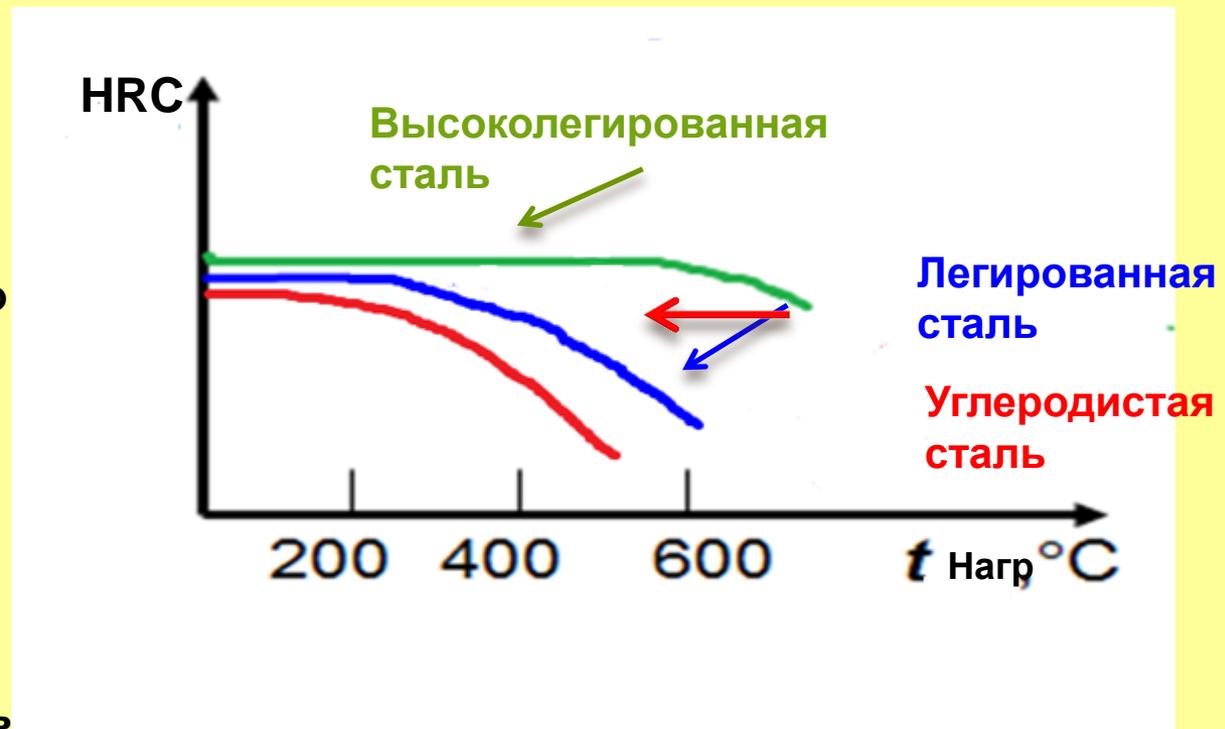
Наиболее важные свойства для металлорежущего инструмента – твердость, износостойкость и теплостойкость.

Режущая кромка инструмента после закалки и низкого отпуска(порядка 200°C) должна сохранять твердость 62-64HRC на протяжении всего времени эксплуатации.

Углеродистые стали теряют свою твердость при температуре 200°C .
У легированных сталей твердость сохраняется до $250-260^{\circ}\text{C}$.

У высоколегированных сталей (при одинаковом содержании углерода) твердость не падает до температур $600-640^{\circ}\text{C}$.

Это обуславливает высокую теплостойкость сталей.



Инструментальные стали легируют с целью повышения теплостойкости (красностойкости).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1. Какие основные требования к сталям для режущего инструмента?**
- 2. Что такое теплостойкость?**
- 3. С какой целью легируют инструментальные стали?**

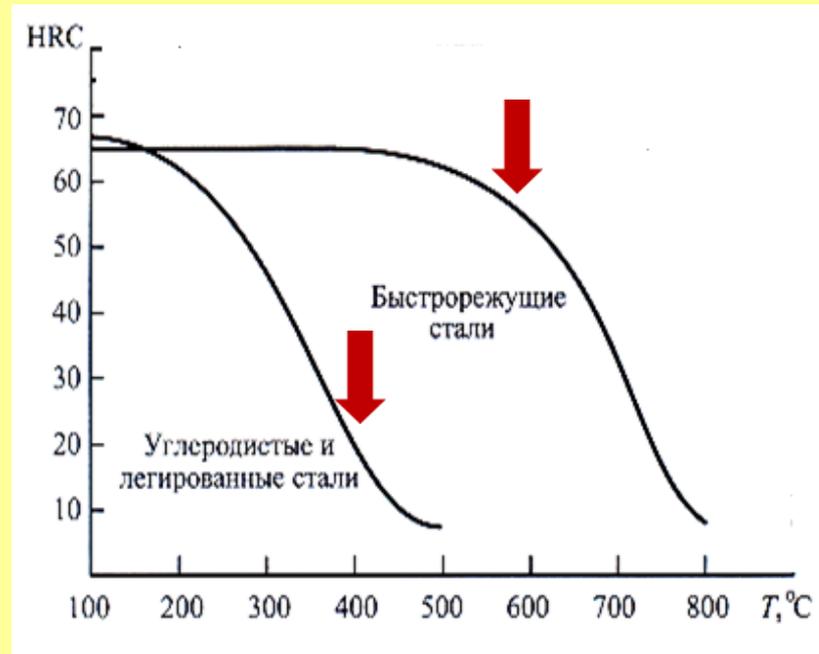
14.4. ТЕПЛОСТОЙКИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ – БЫСТРОРЕЖУЩИЕ.

Это **высоколегированные стали**, которые используются для инструмента, предназначенного для труднообрабатываемых материалов с **высокой скоростью резания (30 – 60 м/мин)**.

Стали **обладают высокой теплостойкостью (красностойкостью)** и сохраняют высокую твердость, прочность и износостойкость при повышенных температурах режущей кромки в условиях резания с большой скоростью.

При нагреве до **400°C** твердость углеродистых и большинства легированных инструментальных сталей **понижается до 20HRC**.

Быстрорежущие стали имеют **высокую твердость до 600-640°C**.



Высокая твердость объясняется сохранением при нагреве **мартенситной структуры** и **очень дисперсных специальных карбидов**.

Использование быстрорежущих сталей позволяет **в 2-4 раза повысить скорость резания** и **в 20-30 раз увеличить стойкость инструмента**.

КЛАССИФИКАЦИЯ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ.

По теплостойкости стали делятся на 2 группы:



Повышение теплостойкости на 20°С увеличивает стойкость инструмента в 1,5 раза.

Чтобы повысить теплостойкость (красностойкость) необходимо сталь легировать большим количеством карбидообразующих элементов для образования очень дисперсных специальных карбидов с большой твёрдостью.

14.4.2. ЛЕГИРОВАНИЕ И МАРКИРОВКА БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ.

Основными легирующими элементами быстрорежущих сталей, определяющими их теплостойкость до 620°C , являются вольфрам и молибден.

Краснотойкость (640°C) и твердость после термообработки $65 - 67 \text{ HRC}$ обеспечивает кобальт и в меньшей мере ванадий.

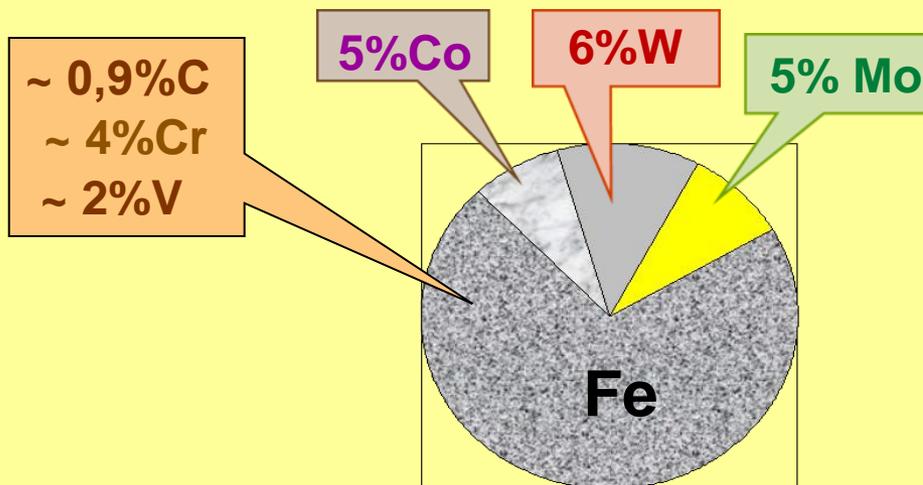
Стали умеренной теплостойкости

P6, P9, P12, P18, P6M5

Стали высокой теплостойкости

P6M5K5, P18K5Ф2

Химсостав - P6M5K5



www.oborudunion.ru

	Марка	W	Mo	V	Co	C	Cr
Вольфрамовые	P18	18	1	1		0.9	4
Вольфрамо ванадиевые	P9Ф5	9	1	5		0.8	4
Вольфрамо молибденовые	P6M5	6	6	2		0.8	4
Вольфрамо кобальтовые	P6K5	6	1	2	5	0.9	4
Вольфрамо кобальтованадиевые	P18K5Ф2	18	1	2	5	0.8	4
Вольфрамо молибденкобальтовые	P6M5K5	6	5	2	5	0.8	4

14.4.2. ТЕРМООБРАБОТКА БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

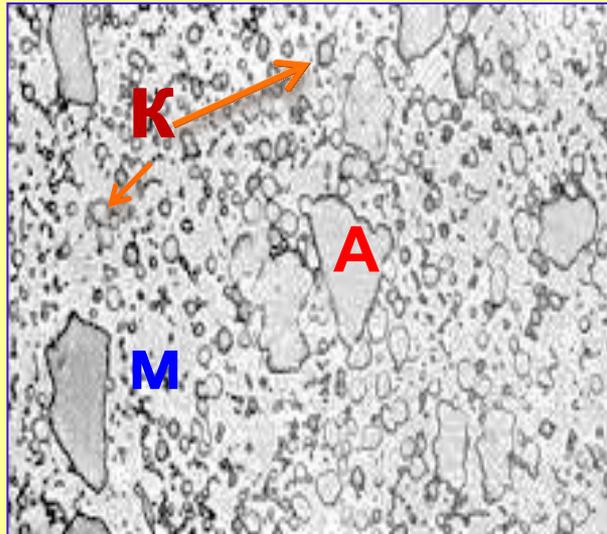
Температура нагрева под закалку **1220 – 1280 °С** в зависимости от марки стали (**P18 – 1280 °С, P6M5 – 1220 °С**).

Охлаждение **в масле**.

Нагрев под закалку производят **в соляных ваннах** для защиты режущей кромки инструмента от окисления и обезуглероживания.

Так как сталь имеет низкую теплопроводность **нагревают её с изотермическими выдержками (ступенчато)**.

При высокой температуре карбиды растворяются и насыщают легирующими элементами аустенит.



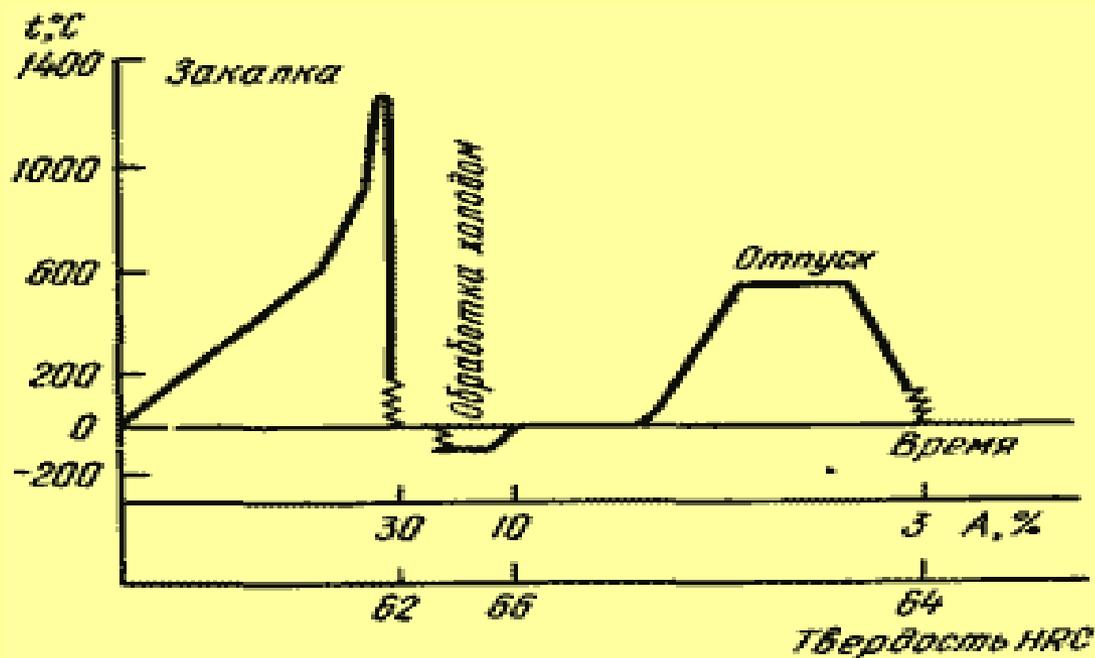
После быстрого охлаждения в масле сталь имеет структуру **высоколегированного мартенсита** (который не распадается при нагреве до **620-640 °С**) и **избыточных дисперсных карбидов**. У легированного аустенита точки **Mn и M_с** понижены и после закалки **в структуре присутствует ~ 30% остаточного аустенита**.

Чтобы **избавиться от остаточного аустенита** сталь подвергают **трёхкратному отпуску** при температуре **550- 570 °С** с выдержкой **45-60 мин**,
Охлаждают на воздухе.

Количество остаточного аустенита уменьшается от **30 до 2 %** и твердость повышается до **64 HRC**.

ВТОРОЙ ВАРИАНТ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Закалка – обработка холодом (-80°C) – отпуск.



Для повышения износостойкости инструмента в некоторых случаях используют **цианирование**.

Для изготовления инструмента также используют **порошковую быстрорежущую сталь**. Основные её преимущества : равномерное распределение легирующих элементов, дешевый исходный материал (стружка), гибкое изменение химсостава, уменьшение энергозатрат.

Износостойкость инструмента, изготовленного методом порошковой металлургии, **в 1,5-2 раза выше**.

14.4.3. Применение быстрорежущих сталей для инструмента.

Вольфрамовые	P18	<ul style="list-style-type: none">• резцы• сверла• развертки, зенкеры• метчики, плашки• протяжки, прошивки• фрезы• зуборезный инструмент
Вольфрамо-ванадиевые	P9Ф5	
Вольфрамо-молибденовые	P6M5	
Вольфрамо-кобальтовые	P6K5	
Вольфрамо-кобальтованадиевые	P18K5Ф2	
Вольфрамо-молибденкобальтовые	P6M5K5	

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1. Для каких целей используют быстрорежущие стали?**
- 2. Приведите несколько марок сталей. Каковы особенности их маркировки?**
- 3. Чем объясняется очень высокая твердость быстрорежущих сталей?**
- 4. На какие группы по теплостойкости делятся быстрорежущие стали?**
- 5. Какой термической обработке подвергается инструмент из быстрорежущей стали?**

14.5. СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА.

Из этих сталей изготавливают **шампы, пуансоны, матрицы, фильеры, И пресс-формы** для литья под давлением.



Эти стали по назначению делятся:

Стали для
штампов
холодного
деформирования

Стали работают в условиях
больших переменных
динамических нагрузок.

Выходят из строя
вследствие усталости,
хрупкого разрушения,
износа и смятия.

Стали для
штампов горячего
деформирования

Стали работают при
многократных теплосменах и
динамических нагрузках.

Выходят из строя вследствие
смятия, образования сетки
разгара (трещин) и износа
рабочей поверхности.

14.5.1.СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВ ХОЛОДНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ.

К первой группе относятся стали для вытяжных и вырубных штампов.

Основные требования к сталям: высокие прочность, твердость и износостойкость при удовлетворительной вязкости.

В процессе работы стали могут нагреваться до 250 - 350°C и должны иметь достаточную теплостойкость (до400°C.)

Легконагруженные штампы

изготавливают из сталей У10 - У12 и низколегированных - Х, ХВГ, ХВСГ.

После закалки и отпуска (150 -180°C) твердость поверхности 60HRC.

Из-за низкой прокаливаемости сталей сердцевина вязкая и воспринимает ударные нагрузки.



Вытяжной штамп.



Вырубной штамп.



Для крупных и более нагруженных штампов используют стали Х12М, Х12Ф1.

Стали имеют более глубокую прокаливаемость и высокую износостойкость из-за значительного количества карбидов хрома.

После закалки и низкого отпуска твердость 62 - 63 HRC.

Наилучшими являются стали Х6Ф4М, Х12Ф4М.

Ванадий и молибден обеспечивают получение мелкого зерна и увеличение ударной вязкости..

Специальные карбиды ванадия и молибдена в 2 раза повышают износостойкость этих сталей по сравнению со сталью Х12М.

СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВ И ПРЕССОВ ХОЛОДНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ПОД БОЛЬШИМ ДАВЛЕНИЕМ.

Ко второй группе относится **сталь 6Х4М2ФС**.

Сталь должна оказывать **повышенное сопротивление пластической деформации** и обладать **высокой прочностью**.

После закалки сталей в структуре возможно **присутствие остаточного аустенита**, что **недопустимо**.



Штамп.



Пресс.

Для чеканочных (монеты, медали, знаки) штампов, которые работают в условиях высоких ударных нагрузок используют **сталь 7Х3**.

Поэтому **после закалки** сталь подвергают **высокому отпуску при 520-540°C**.

После термообработки сталь имеет **достаточную ударную вязкость, теплостойкость и высокую износостойкость**.

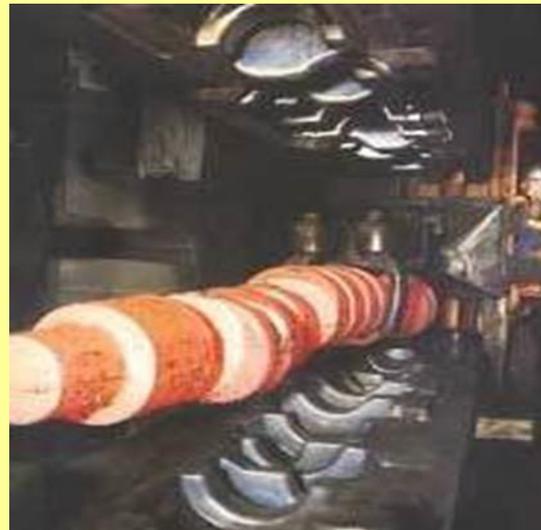


14.5.2. СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ.

Материал штампа контактирует с горячим металлом. **Нагрев** постоянно чередуется с **охлаждением**.

Обязательным требованием является **разгаростойкость** стали (способность выдерживать многократный нагрев и охлаждение без образования трещин).

Стали должны сочетать достаточную **прочность** и **вязкость** при **повышенных температурах**. Иметь **высокую износостойкость** и **хорошую теплопроводность** для лучшего отвода тепла от заготовки.



Стали содержат **пониженное содержание углерода (0,4 - 0,6%)** для обеспечения **достаточной ударной вязкости**. Для **крупных штампов** необходима **достаточная прокаливаемость**.

Стали **легируют**, главным образом, **молибденом** и **вольфрамом** для обеспечения прокаливаемости, измельчения зерна и уменьшения склонности к отпускной хрупкости.

СТАЛИ УМЕРЕННОЙ И ПОВЫШЕННОЙ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ С ДОСТАТОЧНОЙ ВЯЗКОСТЬЮ.

Стали умеренной теплостойкости **5ХНМ, 5ХНВ, 5ХГМ**, наиболее часто применяемые для молотовых и прессовых штампов, нагреваемых до **500-530°C**.

Основное требование к ним – **повышенная ударная вязкость** в большом сечении - (700 – 800мм).



Стали подвергаются **закалке в масле от температуры 840°C**. Охлаждение осуществляют до **150-200°C** после чего производят отпуск. **Температура отпуска** очень крупных штампов **550-580°C** для получения твердости **35-38HRC**. Для более мелких штампов - **500-540°C** и твердость **40-45 HRC**.

Структура после отпуска троосто-сорбит.

Для средненагруженного инструмента, работающего с **разогревом поверхности до 600 °C** применяют **стали 4Х5МФ1С, 4Х5В2ФС**.

После закалки и отпуска стали обладают повышенной прочностью за счет выделения специальных карбидов при отпуске и хорошей вязкостью. Они теплостойки и разгаростойки.

СТАЛИ ВЫСОКОЙ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ.

Для крупногабаритных тяжело нагруженных прессовых и молотовых штампов, горизонтально ковочных машин, работающих в условиях нагрева до 700°C , используют стали $3\text{X}2\text{B}8\text{Ф}$, $5\text{X}3\text{B}3\text{M}\text{ФC}$.



Стали подвергают **закалке** в масле от температуры 1050°C и последующему отпуску при температуре $500-550^{\circ}\text{C}$..

Получаемая **структура троостита** обеспечивает необходимую вязкость. Прочность достигается за счет дисперсионного твердения при отпуске.

Сталь $3\text{X}2\text{B}8\text{Ф}$ широко используется для пресс-форм литья под давлением и прессования медных и алюминиевых сплавов

Её недостатком является низкая технологичность, что не позволяет изготовить инструмент больших размеров.

Кроме того сталь **содержит** значительное количество **дефицитного вольфрама**.

Заменителем является более дешевая сталь $3\text{X}2\text{M}2\text{Ф}$. Её использование позволяет **повысить стойкость инструмента** в 1,5-5 раз.



ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1. Какие стали применяют для штампов холодного деформирования? Какие требования к ним предъявляются?**
- .2. Из каких сталей изготавливают штампы горячего деформирования? Какие требования к ним предъявляются?**
- 3.Какой термической обработке подвергаются штампы для горячего деформирования?**

Вопросы для самостоятельной работы

- 1. Объяснить почему быстрорежущие стали подвергаются обработке холодом, а для углеродистых инструментальных сталей такая обработка не требуется.**
- 2. Необходимо изготовить протяжку диаметром 25мм. Выберите сталь и назначьте режим термической обработки.**
- 3. Выберите сталь и назначьте режим термической обработки для напильника.**
- 4. Для режущего инструмента, предназначенного для труднообрабатываемого материала, выберите марку стали и необходимый режим термической обработки.**



Литература

- ✘ 1. Дьяченко С.С. Материаловедение : учебник / С.С. Дьяченко, И.В. Дощечкина, А.А. Мовлян, Э.И. Плешаков.- Харьков: Издательство ХНАДУ, 2010.-464 с. (стр.261–270).
- ✘ 2. Гладкий И.П. Технология конструкционных материалов и материаловедение : учебное пособие / И.П. Гладкий, В.И. Мощенок, В.П. Тарабанова, Н.А. Лалазарова, Д.Б. Глушкова.
- Харьков: ХНАДУ, 2011.-460 с.(стр.372-380).





Кафедра технології металів и
матеріалознавства

Доц. Дощечкина Ирина Васильевна

E-mail: div_khadi@ukr.net

Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ

