

Инструментальные стали

Группа АЭС 2

Материаловедение

Задание на 12.12.25

Изучить материал лекции и

заполнить таблицу на

последнем слайде

Критерии выбора инструментальных материалов

1. Назначение

(вид работы –резание, штамповка, прессование и т.д.)

2. Технологичность изготовления

(обрабатываемость)

3. Экономичность

(стоимость металла, обработки, эксплуатации, ремонта и т.д.)

Основные свойства инструментальных сталей

- 1. Твердость
- 2. Вязкость
- 3. Сопротивление малым деформациям
- 4. Прочность
- 5. Теплостойкость (красностойкость)
- 6. Износостойкость
- 7. Прокаливаемость
- 8. Разгаростойкость
- 9. Окалиностойкость
- 10. Шлифуемость

Твердость

- **Твердость**- основное важнейшее свойство инструментальных сталей. Показатель качества инструмента. В зависимости от назначения может изменяться от 45 до 68 HRC.
- **Твердость** зависит от хим.состава (кол. углерода, карбидообразующих элементов, размера зерна), а также от термообработки

Вязкость

(сопротивление ударным нагрузкам)

- **Вязкость** характеризует сопротивление образованию трещин и последующему разрушению металла под действием ударных нагрузок .
- **Вязкость** определяет эксплуатационную надежность и срок службы инструмента
- **Вязкость** зависит от размеров зерна количества карбидной фазы, состояния границ зерен

По соотношению твердость-вязкость стали подразделяют на:

- Стали повышенной твердости (60-68 HRC) и пониженной вязкости
- Стали с повышенной вязкостью и пониженной твердостью (42-50HRC)

Сопротивление малым деформациям

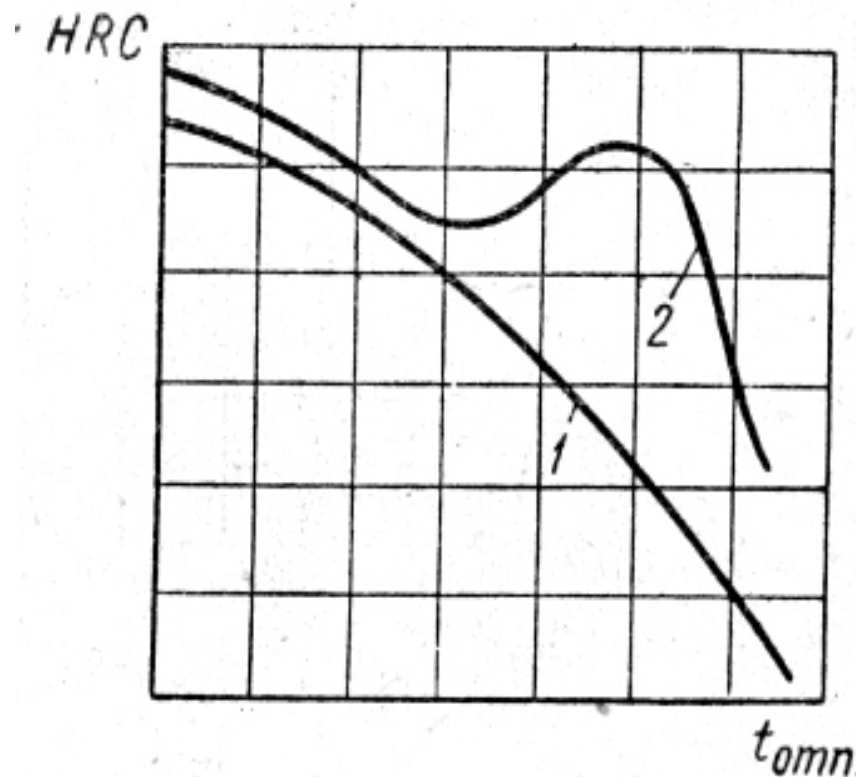
- Это свойство определяет устойчивость рабочей поверхности инструмента против смятия в условиях высоких давлений при эксплуатации
- Оно определяется величиной предела упругости и зависит от твердости

Прочность

- Прочность определяет сопротивление рабочим напряжениям и определяет эксплуатационную стойкость всего инструмента

Теплостойкость (красностойкость)

- Теплостойкость - способность стали сохранять структуру и свойства при повышенных температурах



Износостойкость –

**способность материала инструмента
сопротивляться износу рабочей поверхности при
соприкосновении с деформируемым материалом**

Виды износа:

- **Износ схватыванием (адгезионный)**
- **Окислительный износ**
- **Тепловой износ**
- **Усталостный износ**
- **Абразивный износ**

Прокаливаемость

- Прокаливаемость – способность материала закаливаться на максимальную глубину. Она определяет размеры инструмента, который можно изготовить из данной стали.

Зависит от содержания углерода и легирующих элементов

Разгаростойкость

- Разгаростойкость – (сопротивление термической усталости) характеризует устойчивость стали против образования поверхностных трещин при многократном нагреве и охлаждении

Окалиностойкость

- Окалиностойкость – стойкость против окисления в воздушной среде при рабочих температурах горячего деформирования
- Обеспечивается повышением содержания в стали хрома и методами ХТО

Шлифуемость

- Шлифуемость – (относительная легкость шлифовки) возможность получать поверхность с минимальной шероховатостью без образования прижогов и поверхностных трещин

Классификация инструментальных сталей

К **инструментальным** относятся стали, применяемые для обработки материалов резанием и давлением.

Инструментальные стали подразделяются на:

- стали для режущего инструмента;
- штамповые стали для холодного деформирования;
- штамповые стали для горячего деформирования;
- стали для измерительного инструмента.

Стали для режущего инструмента

Требования к сталям: высокая твердость, прочность, износостойкость и теплостойкость при достаточной вязкости.

Теплостойкость - это способность материала сохранять высокую твердость в течении длительного времени при повышенных температурах.

Маркировка: углеродистые инструментальные стали маркируют буквой **У**, за ней следуют цифры, которые показывают среднее содержание углерода в десятых долях процента.

Сталь **У10** содержит около 1% С.

Маркировка легированных сталей начинается с цифры, показывающей среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если содержание углерода около 1 % цифра не ставится.

Сталь **9ХС** содержит около 0,95 %С, а сталь **ХВГ** около 1%.

Стали для режущего инструмента



Обработка резанием

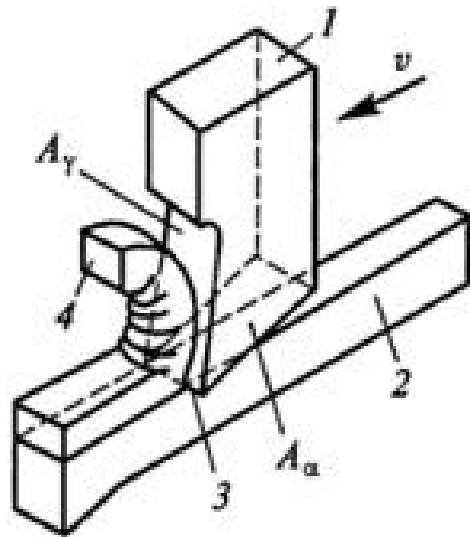


Рис. 2.1. Схема обработки резанием:

1 — лезвие инструмента; 2 — заготовка; 3 — режущая кромка; 4 — стружка; A_γ — передняя поверхность лезвия инструмента; A_α — задняя поверхность лезвия инструмента; v — скорость резания

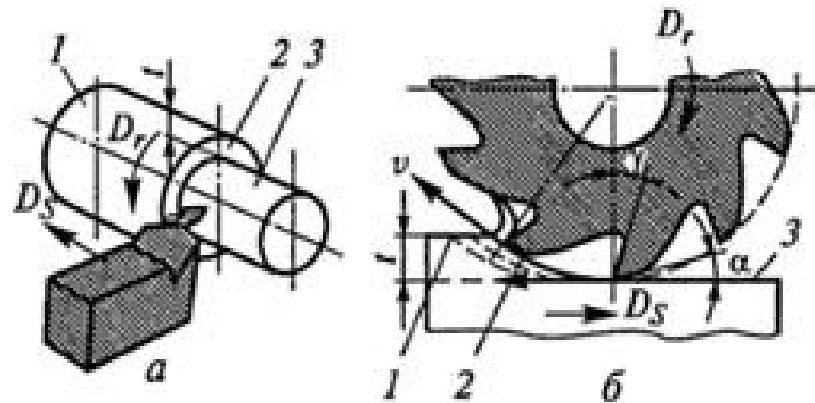
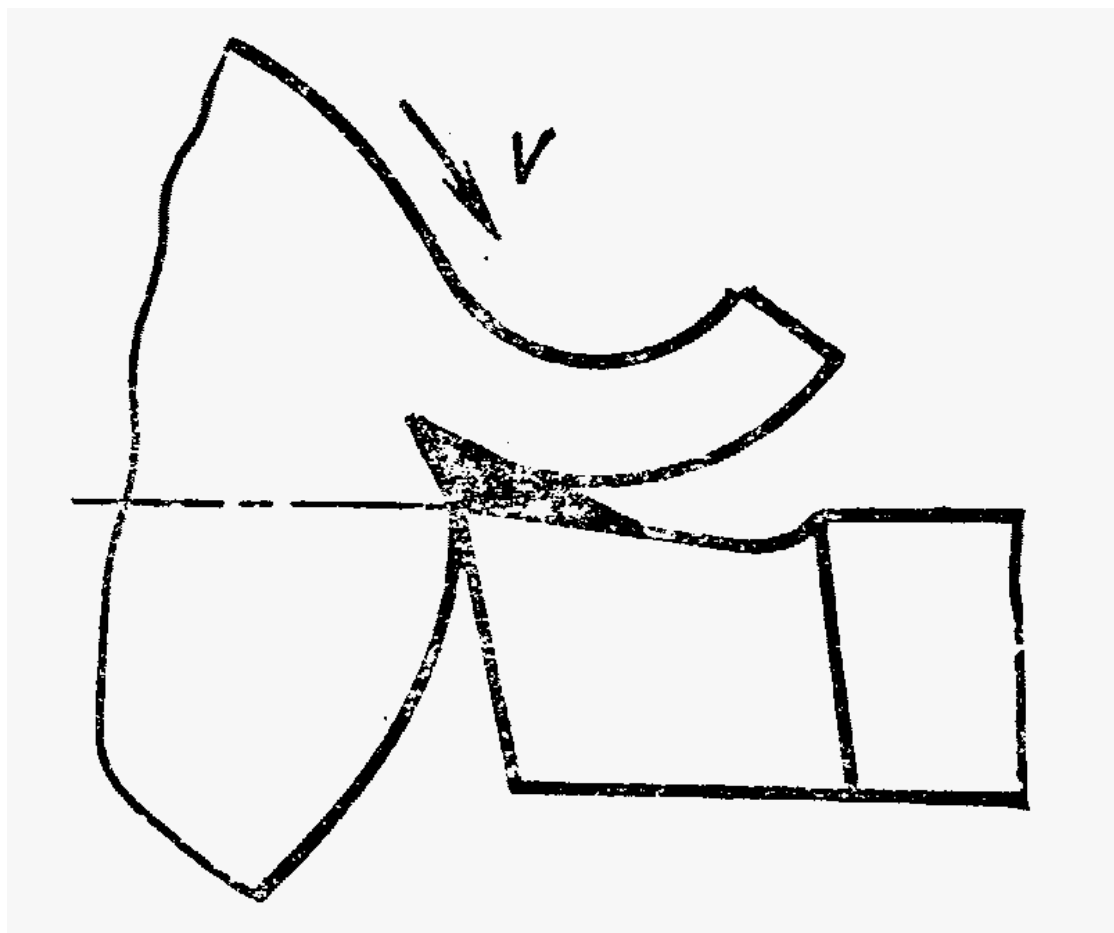


Рис. 2.2. Процессы обработки резанием:

a — точение; b — фрезерование; 1 — обрабатываемая поверхность; 2 — поверхность резания; 3 — обработанная поверхность; D_r — направление движения резания; D_s — направление движения подачи; v — скорость резания; l — глубина резания; α — задний угол; γ — передний угол

Схема процесса резания



Термообработка инструментальных сталей

- **Мартенситное превращение**

ТО: Закалка + низкий отпуск

Теплостойкость 250° С

- Углеродистые стали
- Углеродистые легированные стали

- **Дисперсионное твердение**

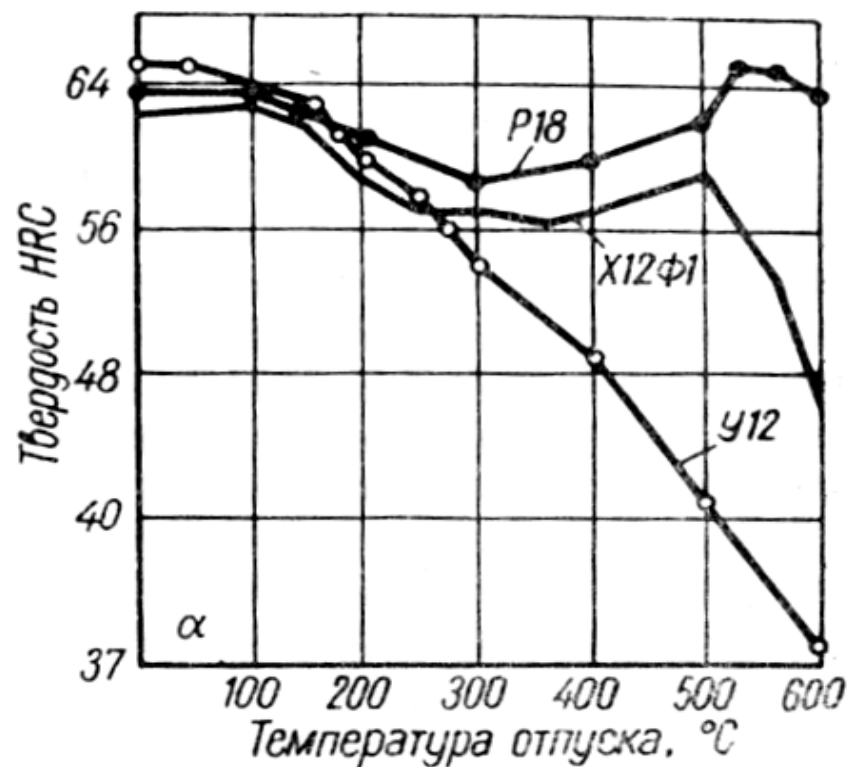
ТО: Закалка + высокий отпуск

Теплостойкость 500-700° С

- Быстрорежущие стали
- Высоколегированные стали

Красностойкость – способность сохранять твердость при повышенных температурах

- Изменение твердости инструментальных сталей в зависимости от температуры отпуска



Стали для режущего инструмента

- Простые углеродистые

У7-У13

- Углеродистые легированные

Неглубокой прокаливаемости 7ХФ, 9ХФ, 11ХФ, ХВ4, В2Ф

Глубокой прокаливаемости 9Х, 9ХС, ХГС, ХВГ

- Быстрорежущие

Р9, Р18, Р6М5, Р6М5К5, Р6М5Ф3

Углеродистые стали

- **Достоинства**

- Высокая твердость + вязкая сердцевина

- Малая стоимость

- **Недостатки**

- Малая прокаливаемость

- Склонность к образованию закалочных трещин
и короблению

Термообработка : Закалка + низкий отпуск

Режущий инструмент

сталь У7 – У10



Стали для режущего инструмента

Стали с низкой теплостойкостью

Высокая твердость этих сталей сохраняется до температур нагрева 200-250°C.

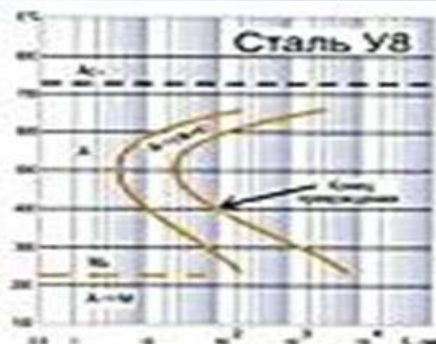
К этой группе сталей относятся:

- углеродистые стали небольшой прокаливаемости;
- легированные стали повышенной прокаливаемости.

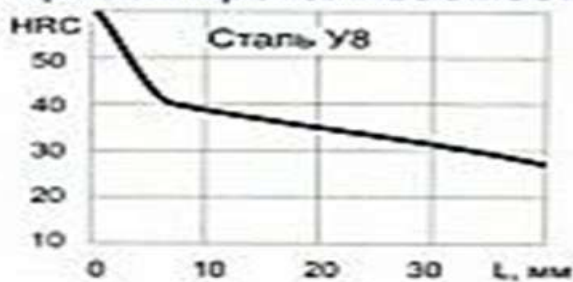
1. Углеродистые стали небольшой прокаливаемости:

У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13. Эти стали содержат от 0,7 до 1,3% С и подвергаются закалке и низкому отпуску.

Марка стали	Термическая обработка		Твердость, HRC
	$t_{\text{зак.}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{отп.}}, ^\circ\text{C}$	
У7	800- 820	150-160 275-325	61-63 48-55
У8	780- 800	150-160 200-220	61-63 57-59
У9 - У13	760- 780	150-160 200-220	62-63 58-59



Кривая прокаливаемости



Углеродистые легированные стали

- **Достоинства**

 - Высокая твердость

 - Глубокая прокаливаемость

 - Малая склонность к короблению

- **Недостатки**

 - более высокая стоимость

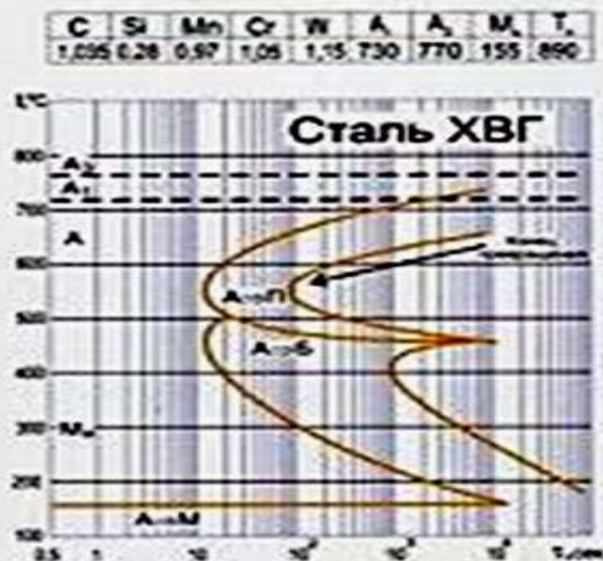
Термообработка : Закалка + низкий отпуск

Стали для режущего инструмента

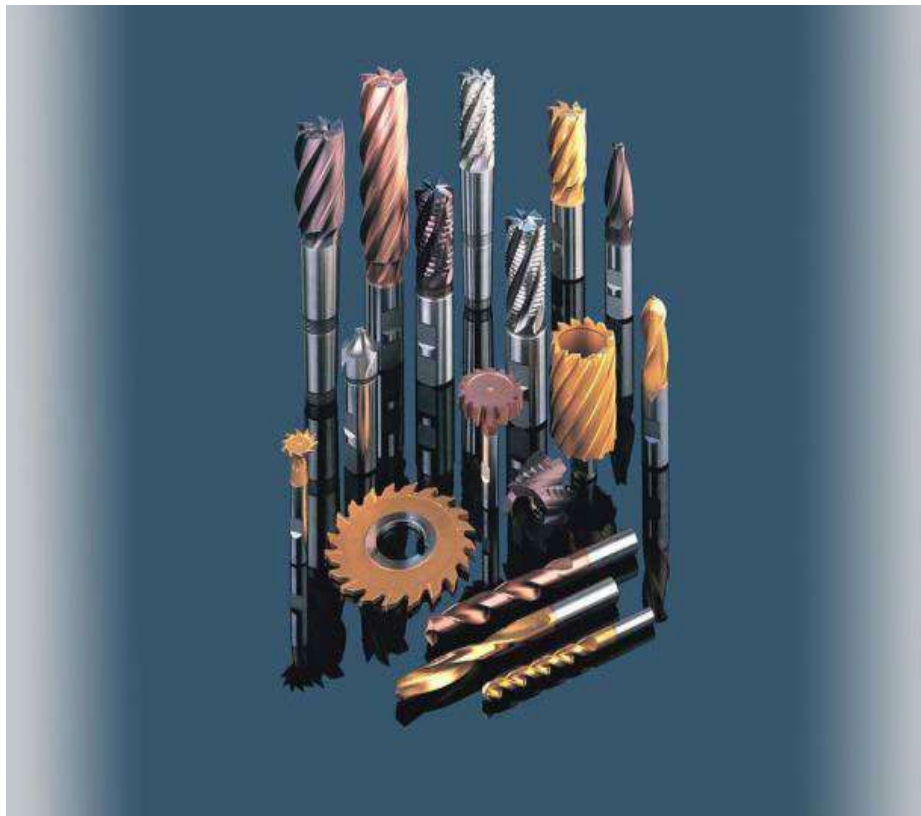
Стали с низкой теплостойкостью и повышенной прокаливаемостью

Стали применяются для изготовления инструмента сечением до 30-100 мм. Они подвергаются закалке и низкому отпуску.

Марка стали	Содержание, %					Термообработка		Твердость, HRC
	C	Mn	Si	Cr	другие	$t_{\text{заг}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{отп}}, ^\circ\text{C}$	
9ХФ	0,8-0,9	0,3-0,6	0,15-0,35	0,4-0,7	V 0,15-0,3	820-840	200-220	58-60
9ХС	0,85-0,95	0,3-0,6	1,2-1,6	0,95-1,25	-	850-880	140-160	62-65
ХВГ	0,9-1,05	0,8-1,1	0,15-0,35	0,9-1,2	W 1,2-1,6	830-850	140-160	62-65
ХВГС	0,95-1,05	0,6-0,9	0,65-1,0	0,6-1,1	W 0,5-0,8 V 0,05-0,15	840-860	140-160	62-64



Режущий инструмент



Быстрорежущие стали



Быстрорежущие стали

- **Достоинства:**

- Высокая красностойкость 620-650° С

- Глубокая прокаливаемость

- **Недостатки:**

- Высокая стоимость

- Сложная технология обработки

Состав быстрорежущих сталей

- Вольфрам 6 – 18%
- Молибден до 5,5%
Соотношение $(W + 1,5 Mo) = 12-13\%$ P6M5
- Хром 3,8 – 4,2%
- Кобальт 3 – 5%
- Ванадий 2 – 5%
- Азот 0,05 – 0,10%

Стали для режущего инструмента

Быстрорежущие стали

Высокая твердость этих сталей сохраняется при нагреве до $600-640^{\circ}\text{C}$. Инструмент из этих сталей работает с высокими скоростями резания.

Маркировка: Марка стали начинается с буквы **P**, за которой следует число, обозначающее содержание **вольфрама**.

Марка стали	Содержание, %				
	C	W	Mo	Cr	V
P18	0,7-0,8	17-19	0,5-1,0	3,8-4,4	1,0-1,4
P9	0,85-0,95	8,5-10,5	до 1,0	3,8-4,4	2,0-2,6
P6M5	0,82-0,90	5,5-6,5	5,0-5,5	3,8-4,4	1,7-2,1

Структура стали P18

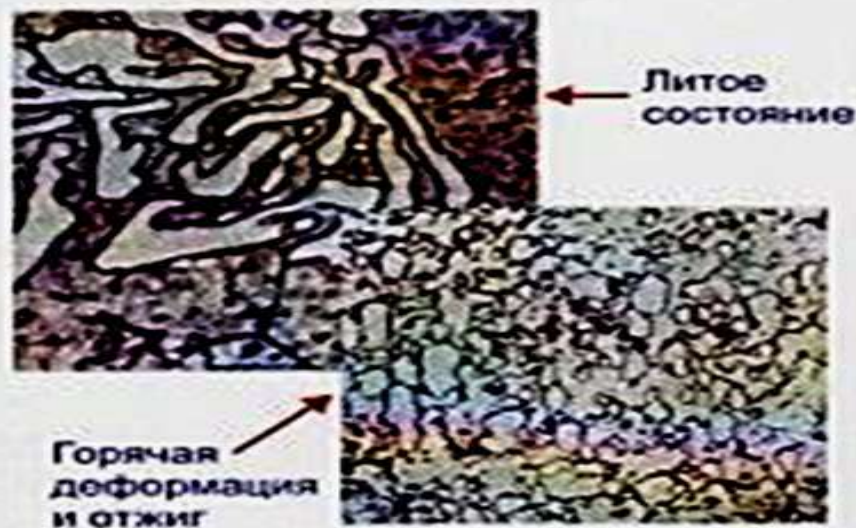
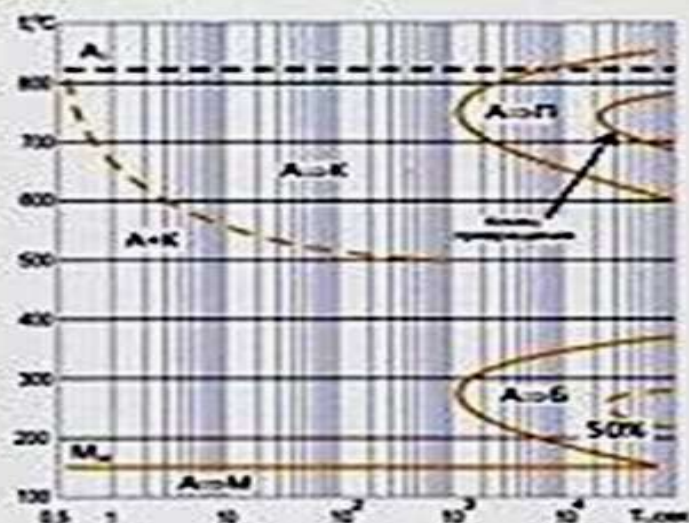
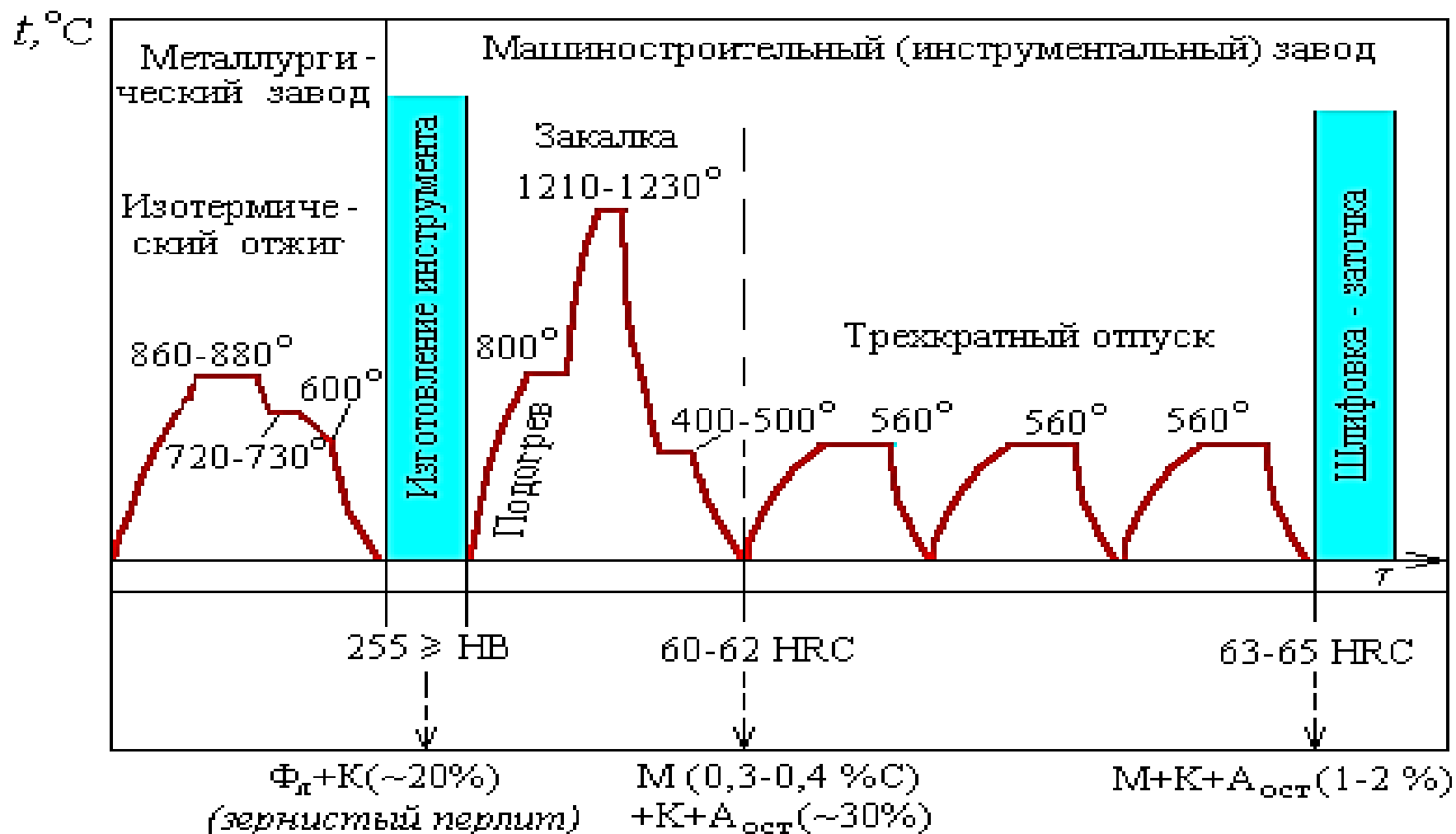


Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита стали P6M5



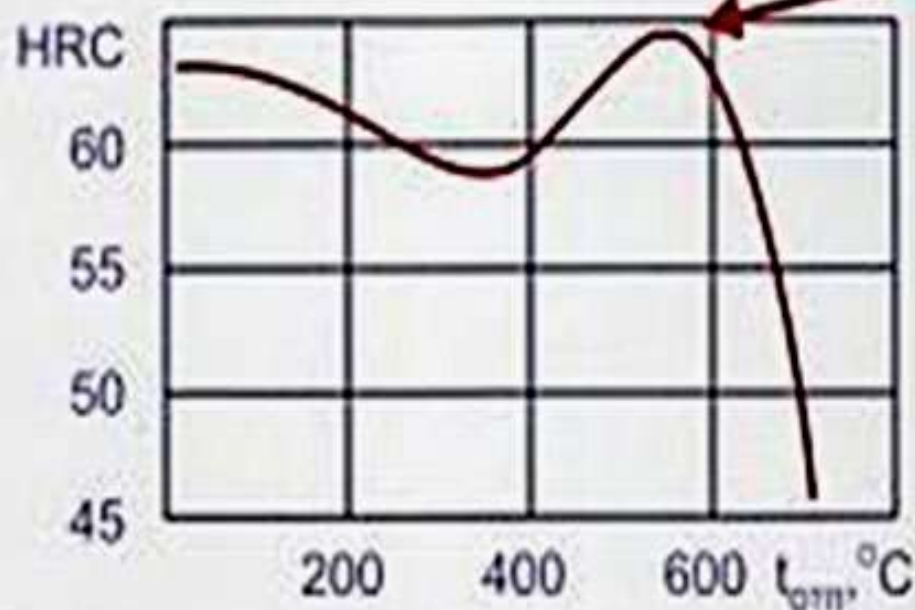
Термообработка быстрорежущей стали



Термическая обработка быстрорежущих сталей

Основные легирующие элементы образуют специальные карбиды: Me_6C - на основе молибдена и вольфрама, MeC - на основе ванадия и Me_{23}C_6 на основе хрома.

Изменение твердости закаленной стали P6M5 при отпуске



Вторичное твердение, обусловленное выделением специальных карбидов

Назначение основных марок быстрорежущих сталей

- Резцы

P18, P12Ф3, P6M5, P12 Ф4 K5

- Сверла

P6M5, P12, P12Ф3, P6M5K5 , B11M7K23

- Фрезы

P6M5, P12, P12Ф3, P6M5K5, P12M3Ф2K8

- Метчики, плашки

P6M5, P18, P8M3, P12Ф2K8M3 ,

Твердые сплавы

(теплостойкость 800 – 1000⁰С)



<http://uklegion.tiu.ru>

Твердые сплавы для режущего инструмента

Твердые сплавы - это сплавы, изготовленные методом порошковой металлургии и состоящие из карбидов тугоплавких металлов (WC , TiC , TaC), соединенных кобальтовой связкой.

Твердые сплавы сочетают высокую **твердость** (74-76HRC) и **износостойкость** с высокой **теплостойкостью** и применяются для резания с высокими скоростями.

Различают 3 группы сплавов.

1. **Вольфрамовые** сплавы (система **$WC-Co$**).

ВК3, ВК6, ВК8, ВК10, ВК20 и другие.

Они маркируются буквами **ВК** и цифрой, показывающей содержание кобальта в процентах.

2. **Титановольфрамовые** сплавы (система **$TiC-WC-Co$**).

T30K4, T15K6, T5K10 и другие.

Они маркируются буквами **Т** и **К** и цифрами, стоящими за этими буквами, показывающими содержание в процентах титана и кобальта.

3. **Титанотанталовольфрамовые** сплавы (система **$TiC-TaC-WC-Co$**).

TT7K12, TT8K6 и другие.

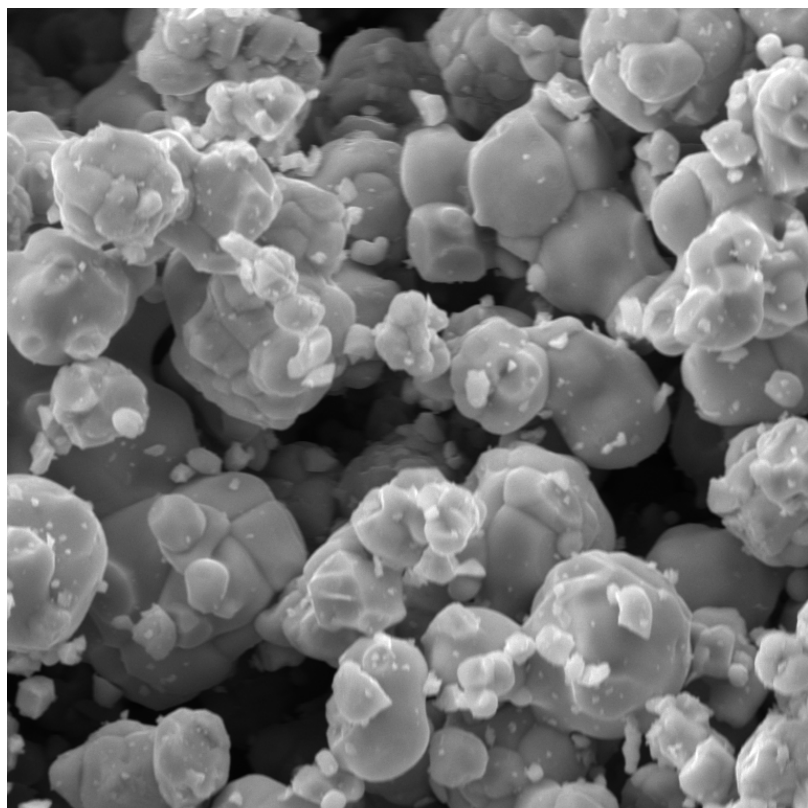
В маркировке после букв **ТТ** стоит цифра, указывающая количество карбидов титана и вольфрама в процентах.

Цифра после буквы **К** указывает содержание кобальта.

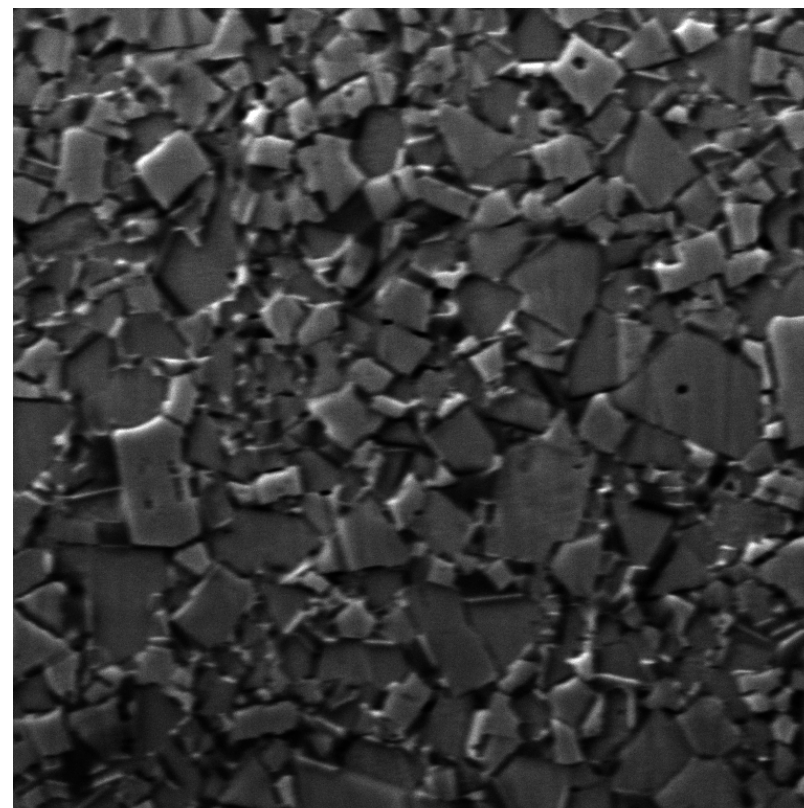
Технология получения инструмента из твердого сплава

- Подготовка порошка
- Приготовление шихты
(смешивание порошков твердого сплава, кобальта и связующего компонента)
- Прессование заготовки режущего элемента
- Спекание заготовки в вакууме
- Заточка режущей кромки

Твердый сплав ВК



SEM HV: 30.00 kV Date(m/d/y): 04/03/12
View field: 41.08 μm Det: SE
SEM MAG: 5.27 kx Name: тв.сплав 127
VEGA\\ TESCAN
Performance in nanospace
WC твердый сплав (обр №127)



SEM HV: 30.00 kV Date(m/d/y): 04/03/12
View field: 43.34 μm Det: SE
SEM MAG: 5.00 kx Name: тв.сплав 2(-)
VEGA\\ TESCAN
Performance in nanospace
WC твердый сплав (обр -)

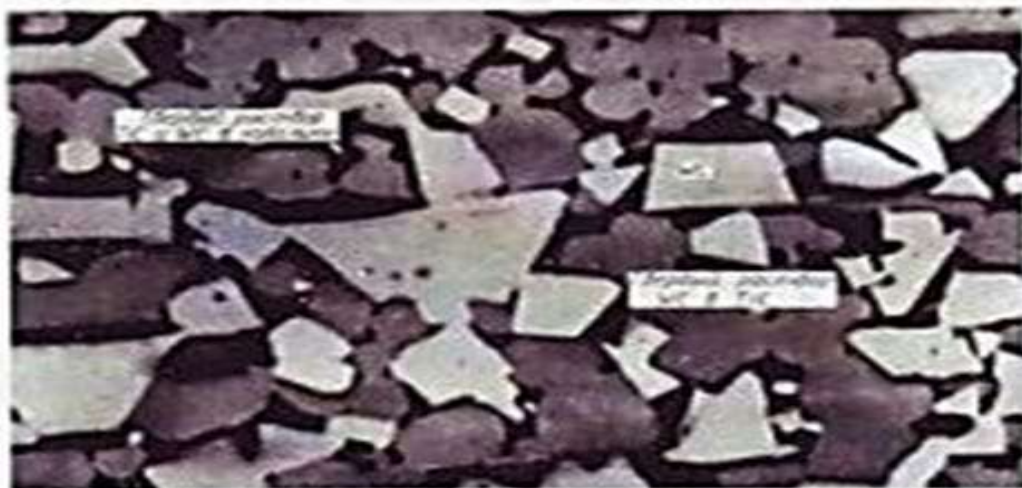
Твердые сплавы для режущего инструмента

Микроструктура вольфрамового сплава ВК15.



X3000

Микроструктура титановольфрамового сплава Т15К6



X3000

Режущие элементы из твердых сплавов



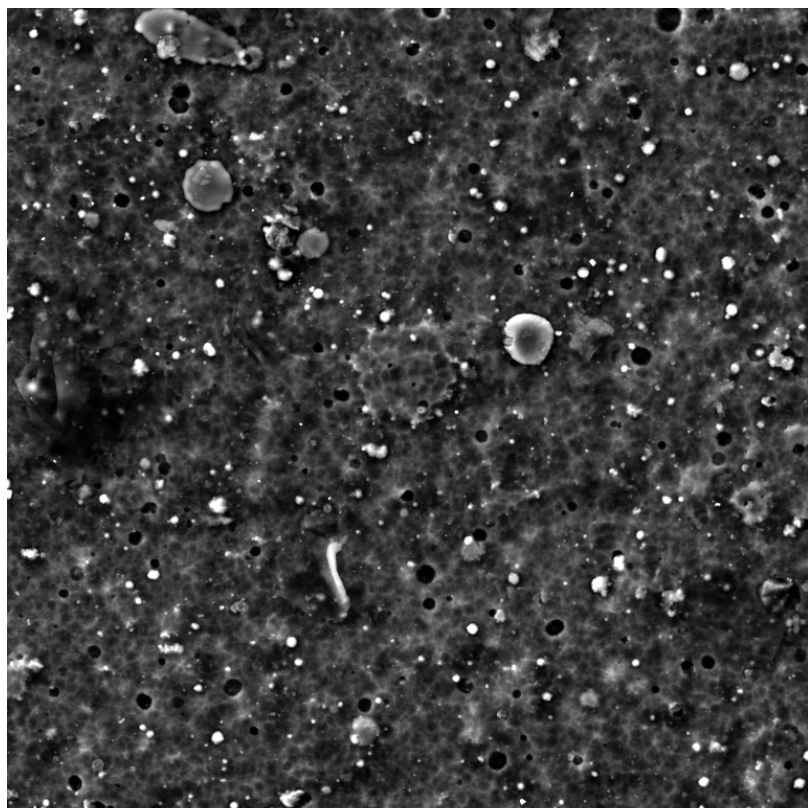
Напыление нитрида титана



Напыление нитридом титана (а) и нитридом циркония (б)

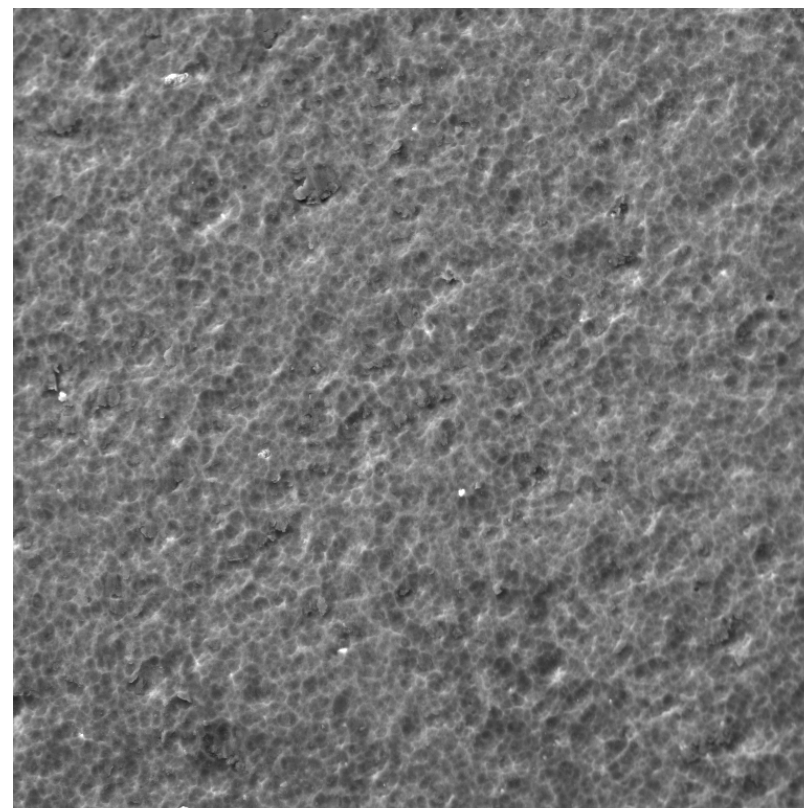
а

б



SEM HV: 30.00 kV Date(m/d/y): 12/07/11
View field: 216.7 µm Det: SE
SEM MAG: 1.00 kx Name: нт 1

Performance in nanospace
Твердый сплав с напылением нитрида титана



SEM HV: 30.00 kV Date(m/d/y): 12/07/11
View field: 216.7 µm Det: SE
SEM MAG: 1.00 kx Name: нц 1

Performance in nanospace
Твердый сплав с напылением нитрида циркония (Германия)

Инструмент с использованием твердых сплавов



Применение твердых сплавов

- ВК3- чистовая обработка чугунов, цветных металлов, резка стекла
- ВК4 – черновое точение чугуна, титановых сплавов
- ВК6 – черновое и чистовое точение серого чугуна и неметаллов
- ВК6-ОМ - чистовая обработка закаленных сталей, сплавов титана
- ВК8 – черновое прерывистое точение, обработка титановых и жаропрочных сплавов
- ВК15 – обработка дерева

Безвольфрамовые твердые сплавы

- ТН 20 (20% Ni 80% Ti C)
- ТН 30 (30% Ni 70% Ti C)
- ТН 50 (50% Ni 50% Ti C)

износостойкие элементы деталей машин

Сверхтвердые материалы (теплостойкость 1100 – 1300 С)

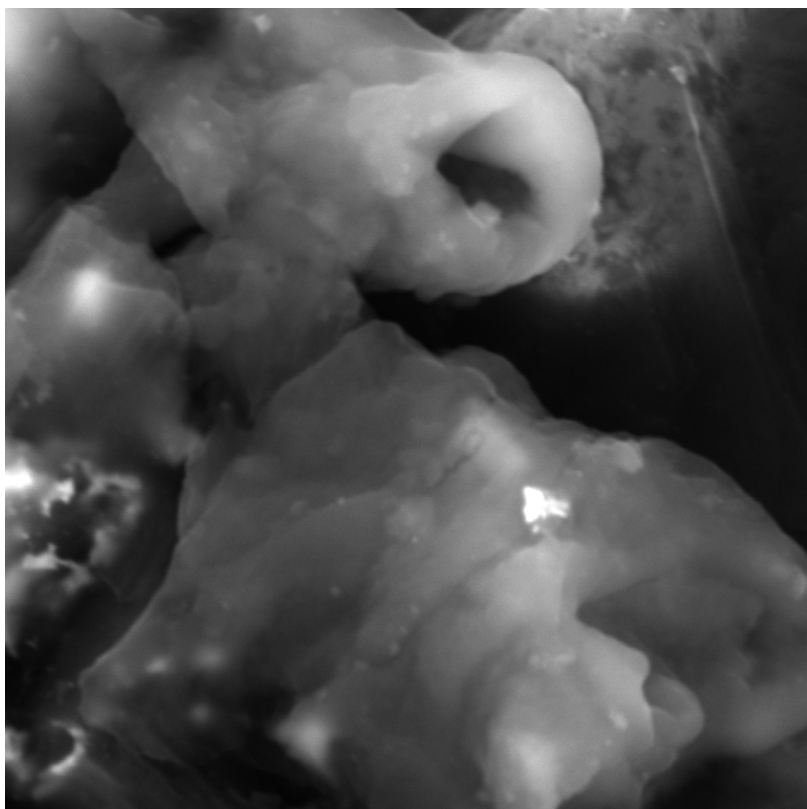
- Алмаз
- Нитрид бора
(Эльбор)
- Нитрид кремния
- Оксид алюминия



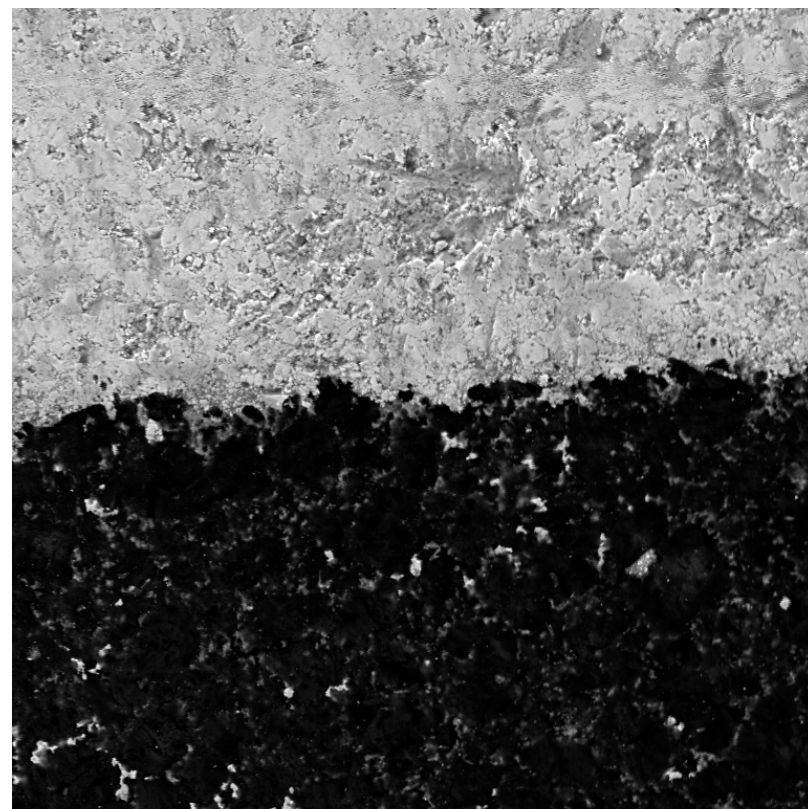
Резцы со вставками из сверхтвёрдых материалов



Синтетический алмаз



SEM HV: 30.00 kV Date(m/d/y): 02/14/12 VEGA\\ TESCAN
View field: 21.66 μm Det: SE 5 μm
SEM MAG: 10.01 kx Name: Ал 15
Performance in nanospace 
Алмазная таблетка. Зерна



SEM HV: 30.00 kV Date(m/d/y): 02/13/12 VEGA\\ TESCAN
View field: 216.7 μm Det: SE 50 μm
SEM MAG: 1.00 kx Name: Ал 5
Performance in nanospace 
Алмазная таблетка. Зона соединения

Штамповые стали



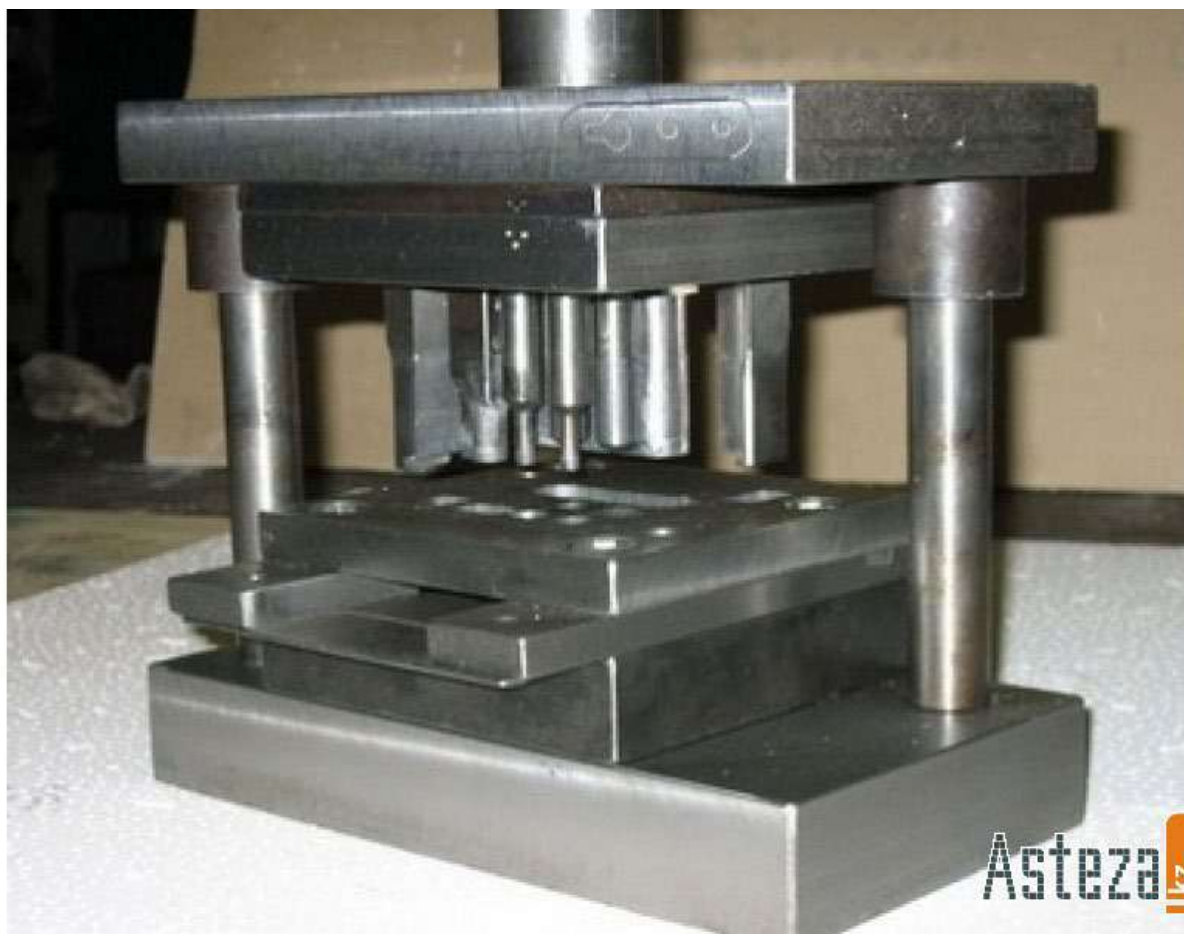
Классификация штамповых сталей

- Стали для штампов холодной штамповки
- Стали для штампов горячей штамповки
- Стали для валков прокатных станов

Холодная штамповка



Стали для штампов холодной штамповки



Основные требования к сталям для штампов холодной штамповки

- Износостойкость
- Необходимый уровень твердости и прочности
- Высокое сопротивление пластической деформации
- Теплостойкость
- Хорошая шлифуемость
- Необходимый запас вязкости
- Прокаливаемость

Основные операции холодной штамповки

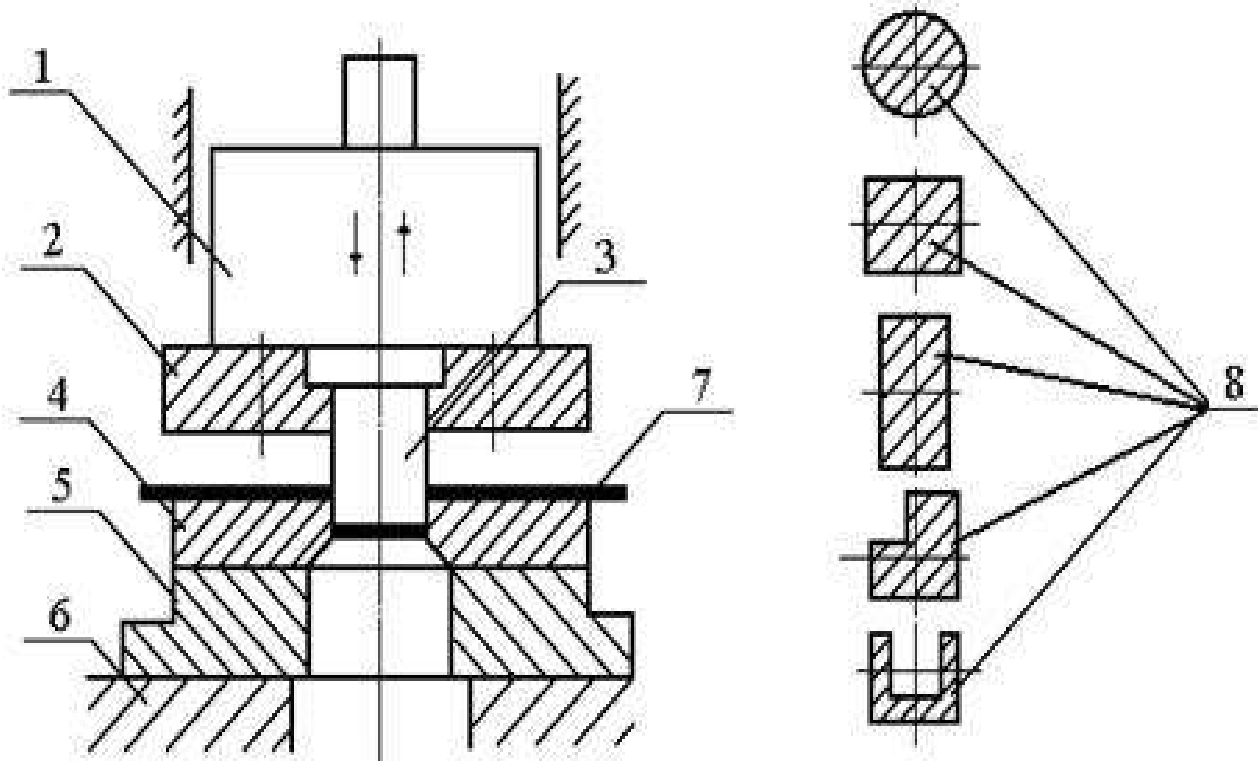
1. Вырубка, пробивка
2. Вытяжка, формовка, обтяжка
3. Высадка, выдавливание
4. Чеканка

Классификация сталей для штампов холодной штамповки

- **Стали с высокой твердостью**
(вырубка, пробивка)
- **Стали с высокой износостойкостью**
(вытяжка, формовка, обтяжка)
- **Стали с повышенной теплостойкостью**
(высадка, выдавливание)
- **Стали с высокой ударной вязкостью**
(чеканка)

Вырубка - пробивка

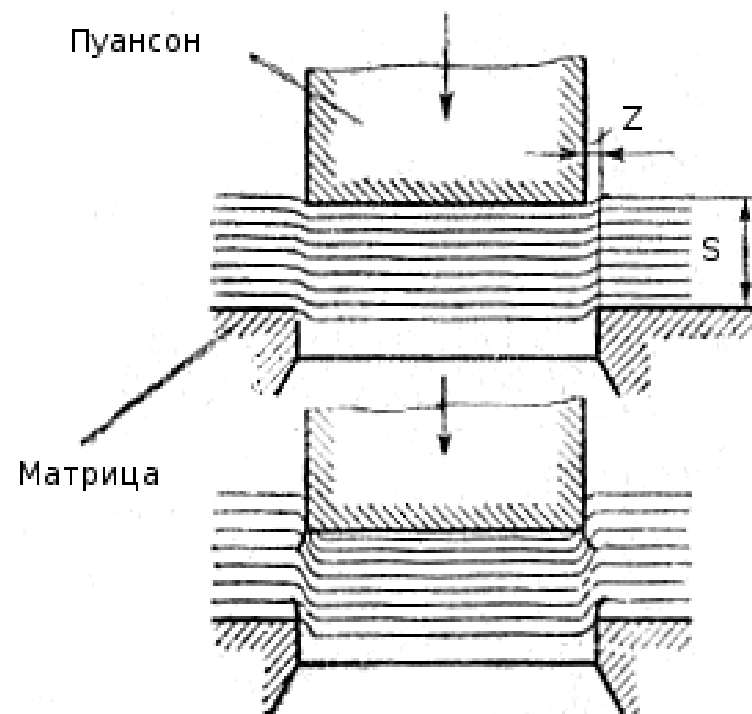
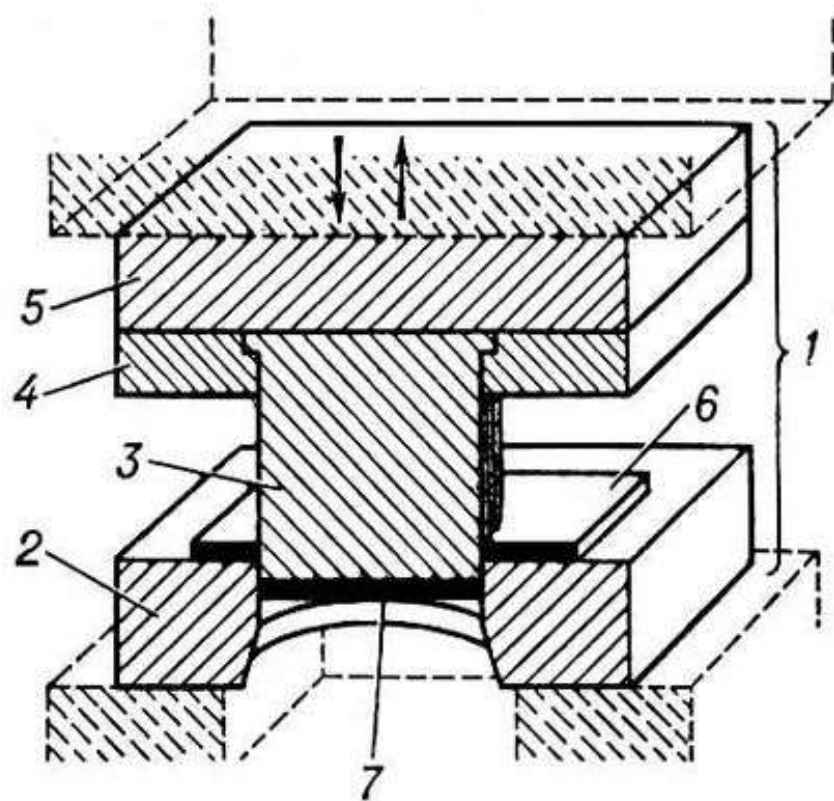
- Стали с высокой твердостью



Детали получаемые вырубкой и пробивкой



Сема пробивки отверстия



Стали для вырубных и пробивных штампов

Стали для режущего инструмента

Стали с низкой теплостойкостью

Высокая твердость этих сталей сохраняется до температур нагрева 200-250°C.

К этой группе сталей относятся:

- углеродистые стали небольшой прокаливаемости;
- легированные стали повышенной прокаливаемости.

1. *Углеродистые стали небольшой прокаливаемости:*

У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13. Эти стали содержат от 0,7 до 1,3% С и подвергаются закалке и низкому отпуску.

Марка стали	Термическая обработка		Твердость, HRC
	$t_{\text{зак.}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{отп.}}, ^\circ\text{C}$	
У7	800- 820	150-160 275-325	61-63 48-55
У8	780- 800	150-160 200-220	61-63 57-59
У9 - У13	760- 780	150-160 200-220	62-63 58-59

Стали для режущего инструмента

Стали с низкой теплостойкостью и повышенной прокаливаемостью

Стали применяются для изготовления инструмента сечением до 30-100 мм. Они подвергаются закалке и низкому отпуску.

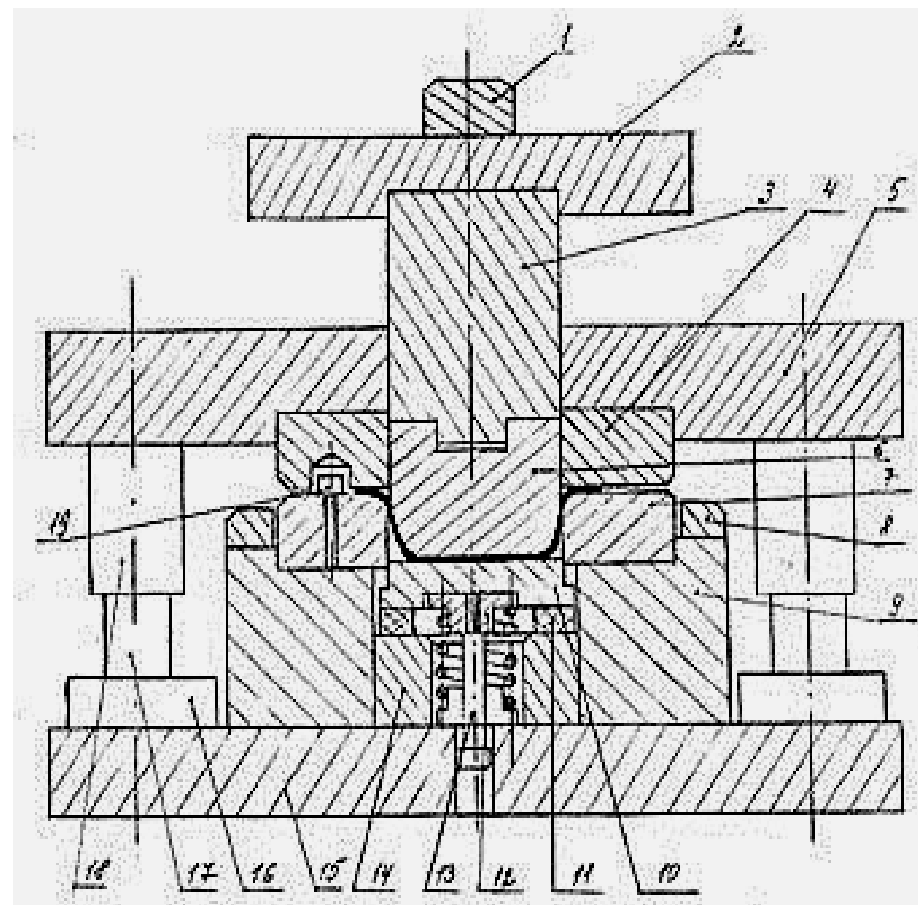
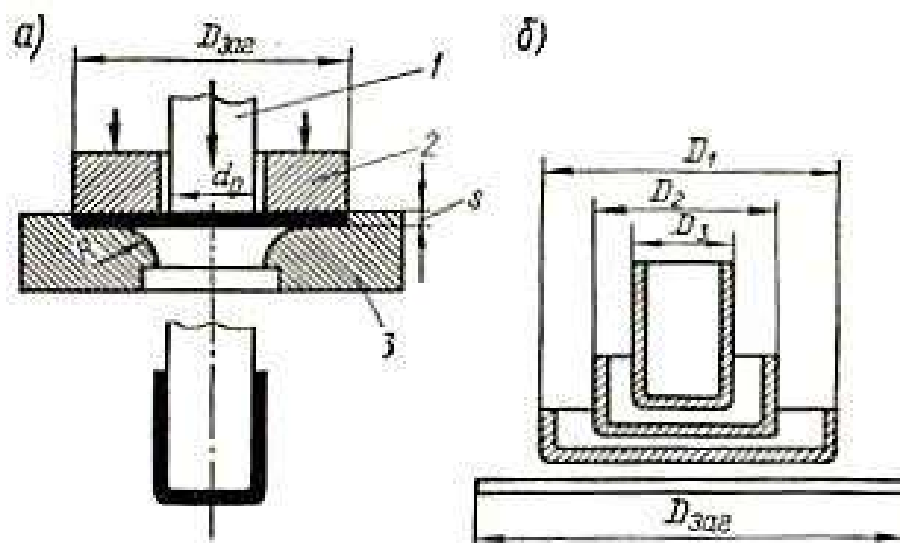
Марка стали	Содержание, %					Термообработка		Твердость, HRC
	С	Mn	Si	Cr	другие	$t_{\text{зак.}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{отп.}}, ^\circ\text{C}$	
9ХФ	0,8-0,9	0,3-0,6	0,15-0,35	0,4-0,7	V 0,15-0,3	820-840	200-220	58-60
9ХС	0,85-0,95	0,3-0,6	1,2-1,6	0,95-1,25	-	860-880	140-160	62-65
ХВГ	0,9-1,05	0,8-1,1	0,15-0,35	0,9-1,2	W 1,2-1,6	830-850	140-160	62-65
ХВГС	0,95-1,05	0,6-0,9	0,65-1,0	0,8-1,1	W 0,5-0,8 V 0,05-0,15	840-860	140-160	62-64

Вытяжка, формовка, обтяжка

- Стали с повышенной износостойкостью



Схема вытяжки





Изделия получаемые вытяжкой

Холодная листовая штамповка



Штамповые стали для холодного деформирования

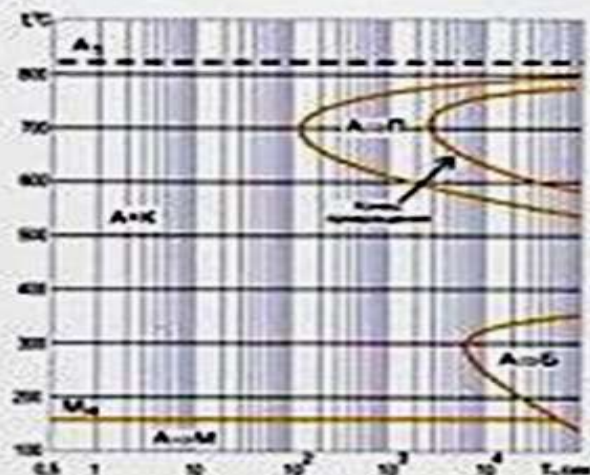
Требования к сталям: высокая **твердость**, **прочность** и **износостойкость** в сочетании с удовлетворительной вязкостью.

1. Стали повышенной износостойкости

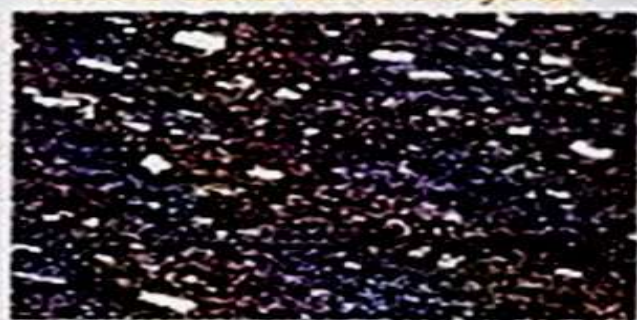
К этой группе относятся высоколегированные стали с высоким содержанием **хрома** (6-12%). Высокую их износостойкость в основном обеспечивает наличие в стали карбидов **Me₃C₂** на основе хрома, объемная доля которых достигает 12-24%.

Марка стали	Содержание, %				Термообработка		Твердость, HRC
	C	Cr	V	другие	t _{зак.} , °C	t _{отп.} , °C	
X12Φ1	1,25-1,45	11-12,5	0,7-0,9	-	1000-1020	170-200	61-63
X12M	1,45-1,65	11-12,5	0,15-0,3	Mo 0,4-0,6	1000-1020	170-200	61-63
X6BΦ	1,05-1,15	5,5-6,5	0,5-0,8	W 1,1-1,5	980-1000	150-170	61-63

Диаграмма изотермического распада аустенита стали X12M

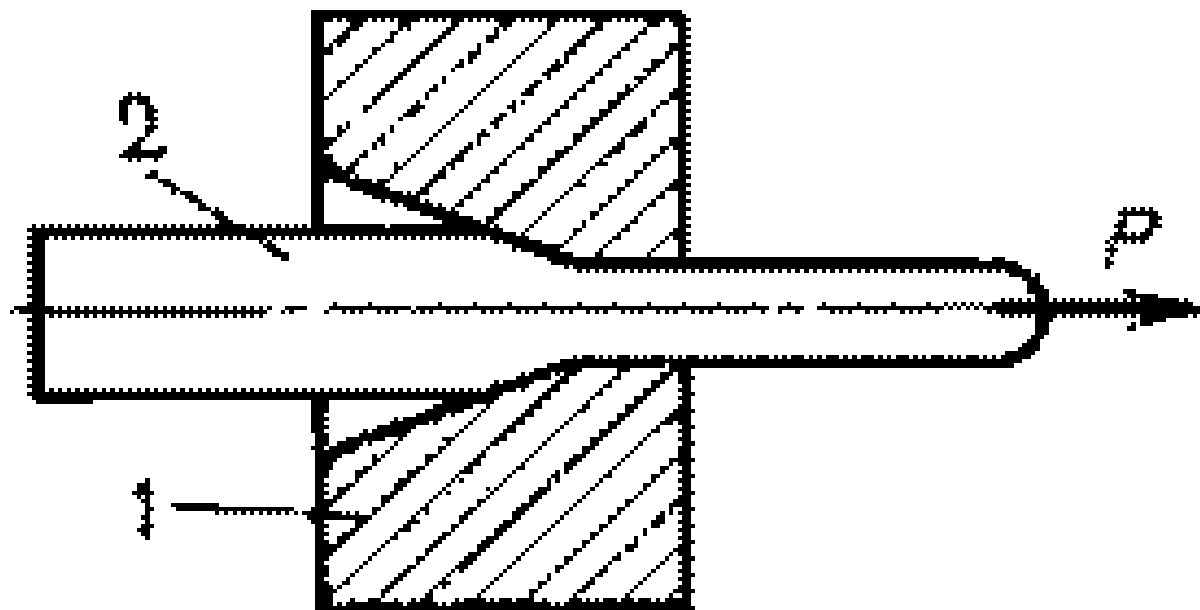


Структура стали X12M после закалки и отпуска



Сквозная прокаливаемость при охлаждении в масле до 100 мм для сталей **X12Φ1** и **X12M** и до 80 мм для стали **X6BΦ**

Схема волочения (волока сталь X12)



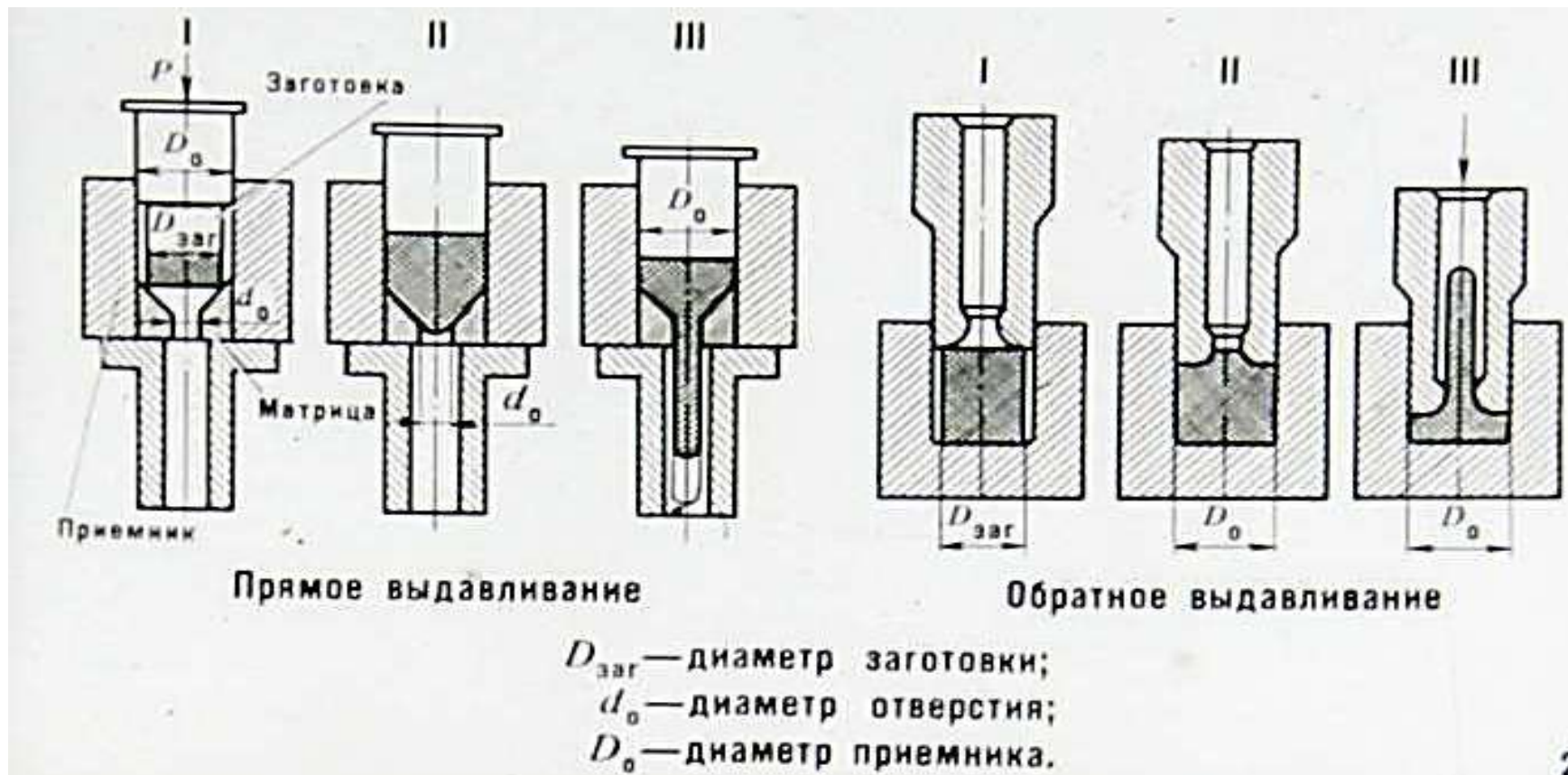
Гибка

- Сталь Х12М,
- 7ХГНМ



Стали с повышенной теплостойкостью

Холодная объемная штамповка



Изделия получаемые холодной объемной штамповкой



Стали с повышенной теплостойкостью (500-600° С)

8X4B2C2MФ

Закалка 1050-1150°С

8X4B3M3Ф2

отпуск 530-550°С

11X4B2MФ3C2

Стали с высокой ударной вязкостью

- Пуансоны для чеканки



Стали с высокой ударной вязкостью

7ХГ2ВМ

Закалка 770-780⁰С

7ХГНМ

Отпуск 220-250⁰С

6Х6В3МС

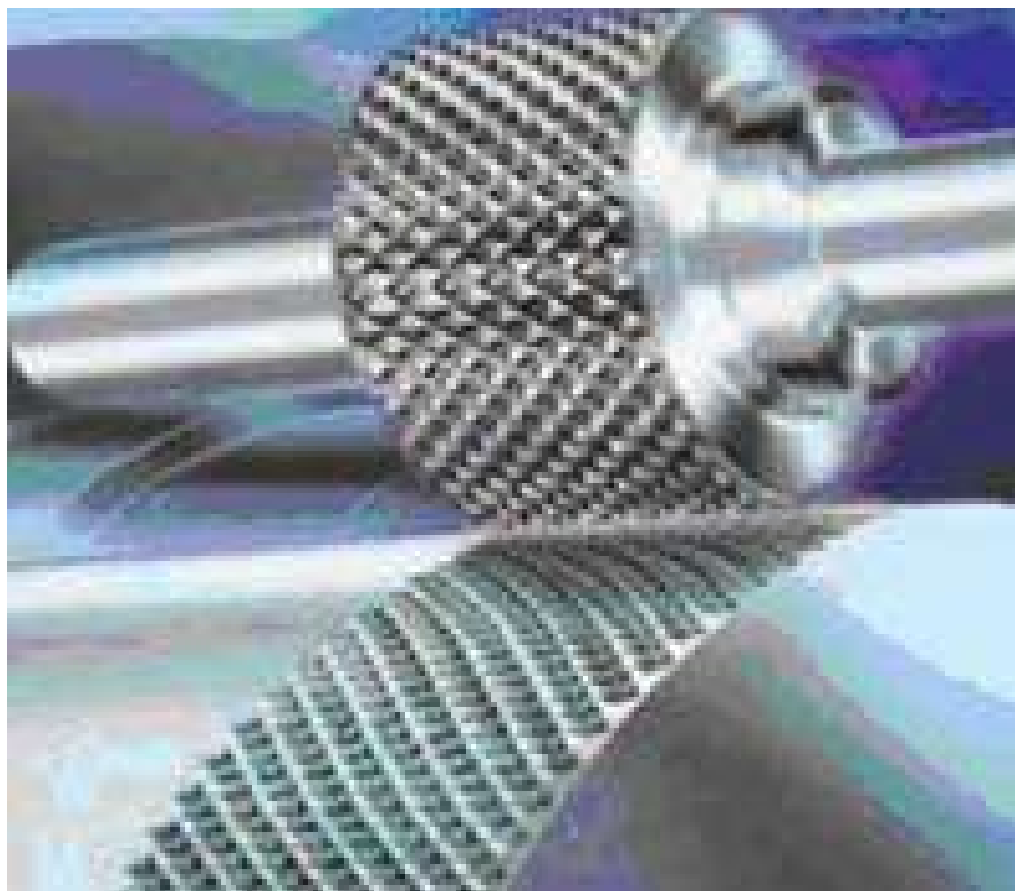
Закалка 1050-1075⁰С

6Х4М2ФС

Отпуск 520-540⁰С

Схема накатки роликами

- Сталь 6Х6В3МФС, Х6ВФ



Стали с высокой ударной вязкостью

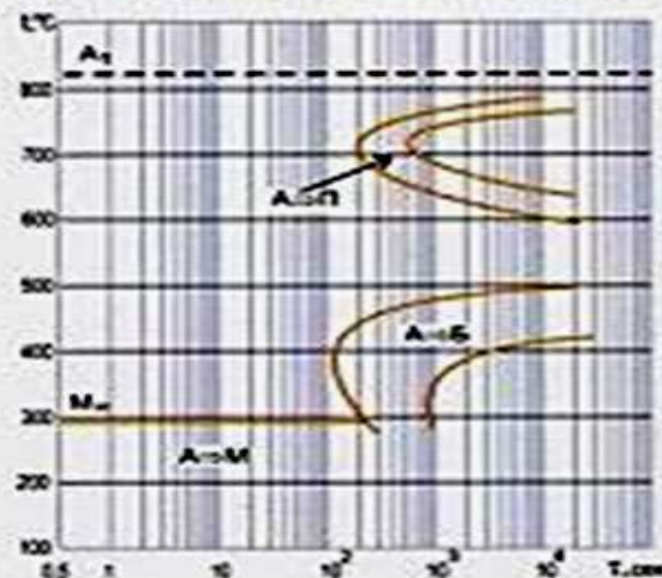
- Клейма сталь 6ХС



Стали для ударного инструмента

Марка стали	Содержание, %				Термообработка		Твердость, HRC
	C	Si	Cr	W	$t_{\text{наг}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{отп}}, ^\circ\text{C}$	
4XB2C	0,35-0,45	0,6-0,9	1,0-1,3	2,0-2,5	860-900	200-250	54-59
5XB2C	0,45-0,55	0,8-1,1	0,9-1,2	1,8-2,3	860-900	430-470	47-52
6XB2C	0,55-0,80	0,5-0,8	1,0-1,3	2,2-2,7	860-900	430-470	47-52

Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита стали 5XB2C



Стали 5XB2C и 6XB2C подвергают изотермической закамке. Для стали 5XB2C ее режим: нагрев до **980-1000°C** - охлаждение в расплаве солей до **300°C**, выдержка **30 мин** - охлаждение на воздухе. Такая обработка при твердости около **52 HRC** обеспечивает ударную вязкость **0,6-0,7 МДж/м²**, тогда как после закамки на мартенсит и отпуски на такую же твердость, ударная вязкость равна **0,2-0,25 МДж/м²**.

Горячая штамповка



Стали для штампов горячего деформирования

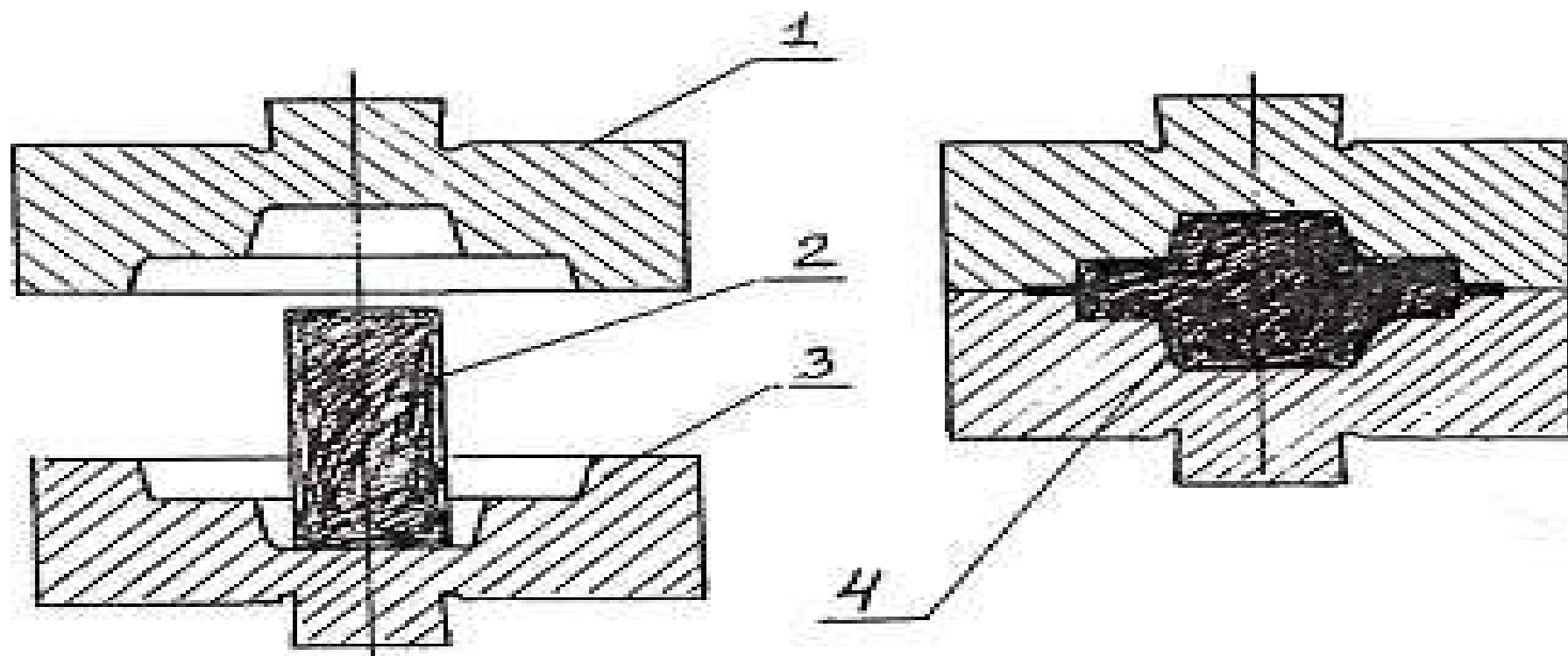
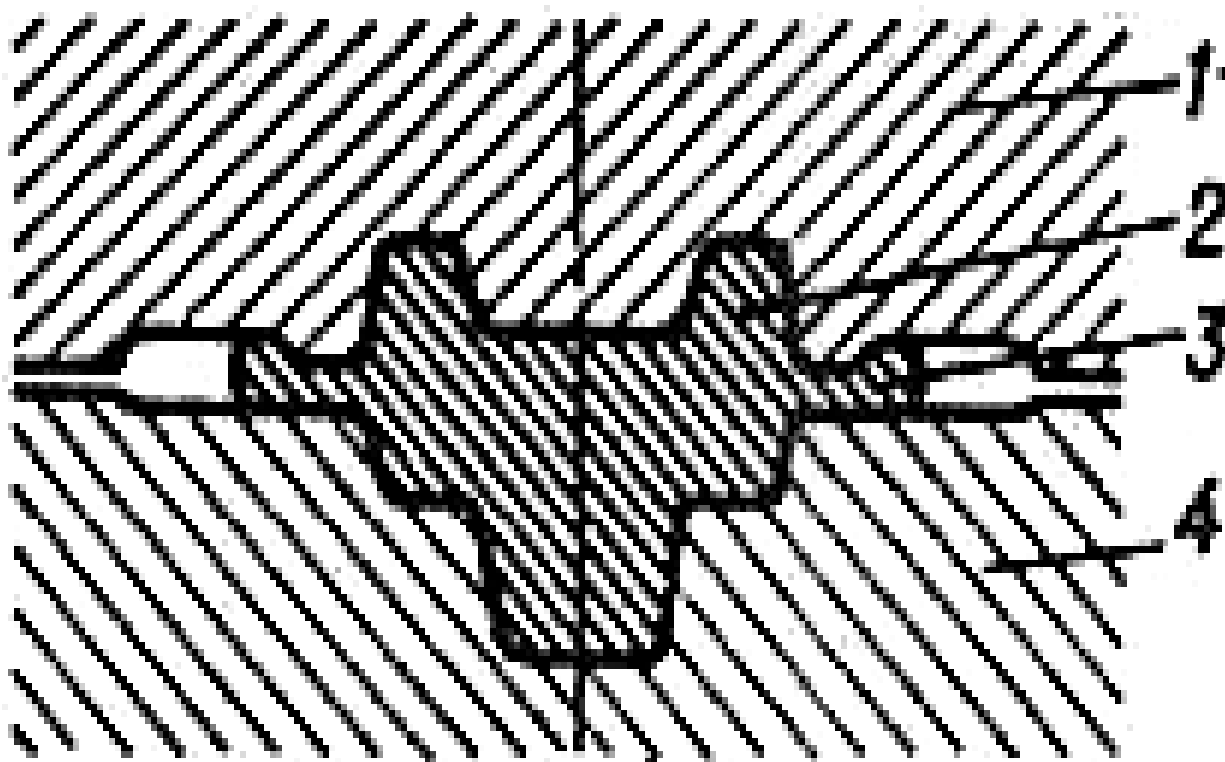


Схема горячей штамповки

Схема горячей штамповки



Основные требования к сталям для штампов горячей штамповки

- Высокое сопротивление пластической деформации
- Износостойкость
- Теплостойкость
- Высокая вязкость
- Разгаростойкость
- Окалиностойкость
- Прокаливаемость
- Теплопроводность

Классификация сталей для горячих штампов

- 1.Стали умеренной теплостойкости и повышенной вязкости.**
- 2.Стали повышенной теплостойкости и вязкости**
- 3.Стали высокой теплостойкости**

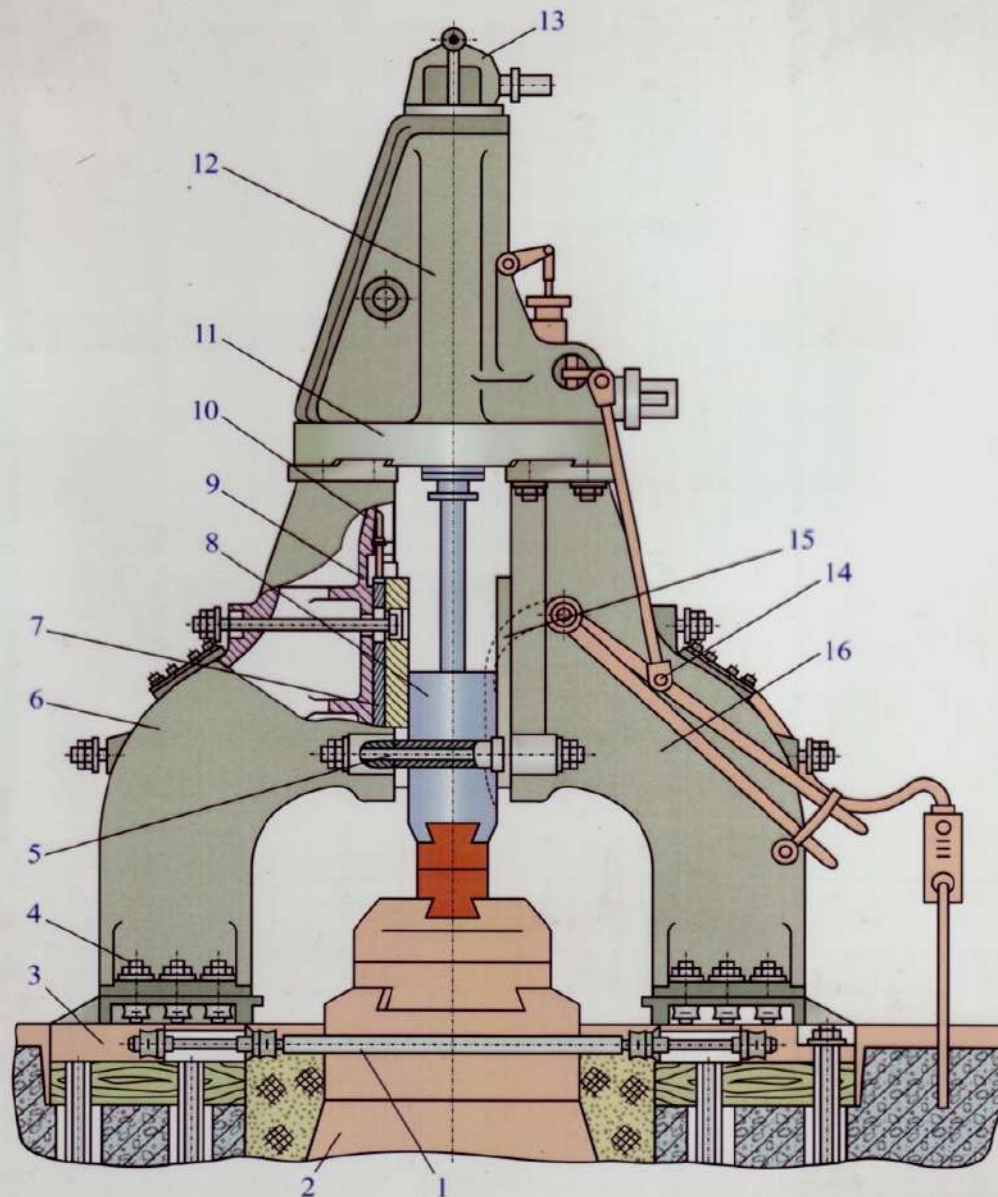
1.Стали умеренной теплостойкости и повышенной вязкости.



Ковка и штамповка на молотах

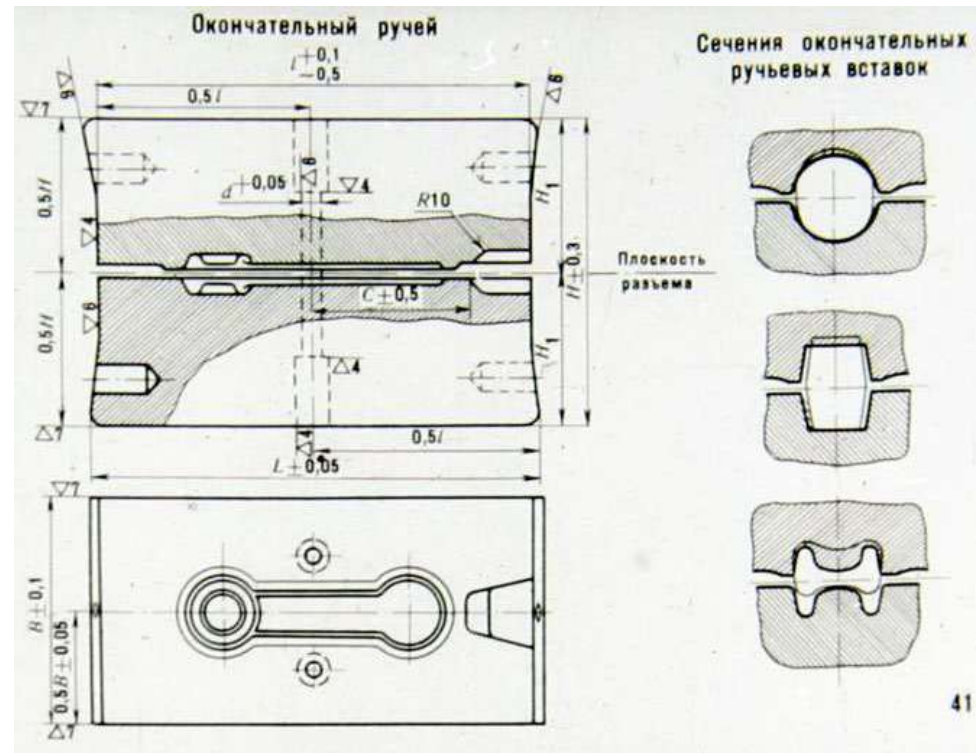
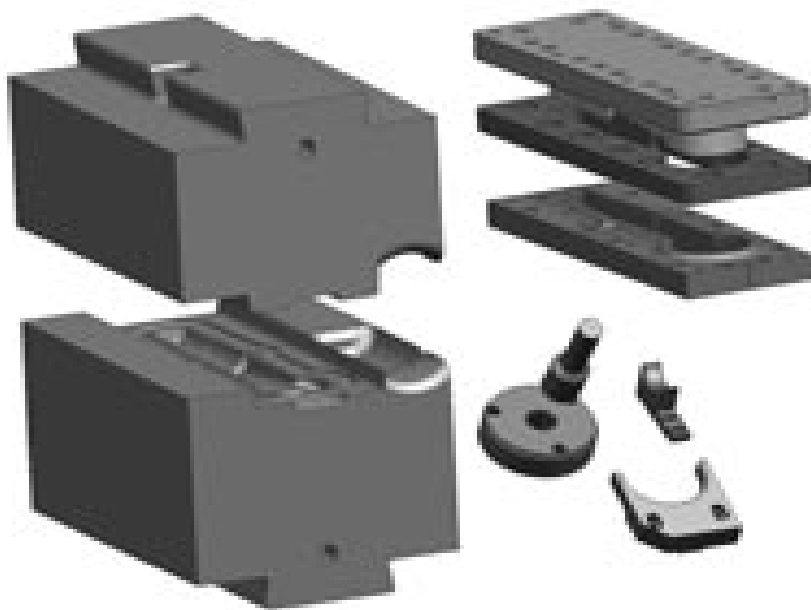


ТИПОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПАРОВОЗДУШНОГО КОВЕЧНОГО МОЛОТА



- 1 - стяжные болты; 2 - шабот; 3 - фундаментные плиты; 4 - крепежные болты; 5 - стяжки
6, 16 - левая и правая стойки; 7 - направляющие; 8 - баба; 9 - клинья; 10 - болты с
гайками; 11 - подцилиндровая плита; 12 - цилиндр; 13 - буфер;
14 - рукоятки управления; 15 - саблеобразный рычаг

Схема штампа для горячей штамповки



Поковки получаемые горячей объемной штамповкой



Заготовки полученные на молоте

свободной ковкой



штамповкой



Поковка шатуна автомобильного двигателя



Поковка коленчатого вала автомобильного двигателя



Штамповка гаечного ключа



Диски колес полученные штамповкой на прессе



Стали для молотовых штампов

Требования к сталям: высокая прочность при повышенных температурах, высокая теплостойкость, износостойкость и разгаростойкость при достаточной вязкости.

Разгаростойкость - это способность стали выдерживать многократные нагревы и охлаждения без образования трещин. Стали данной группы содержат **0,3-0,6%** углерода и подвергаются **закалке и высокому отпуску**.

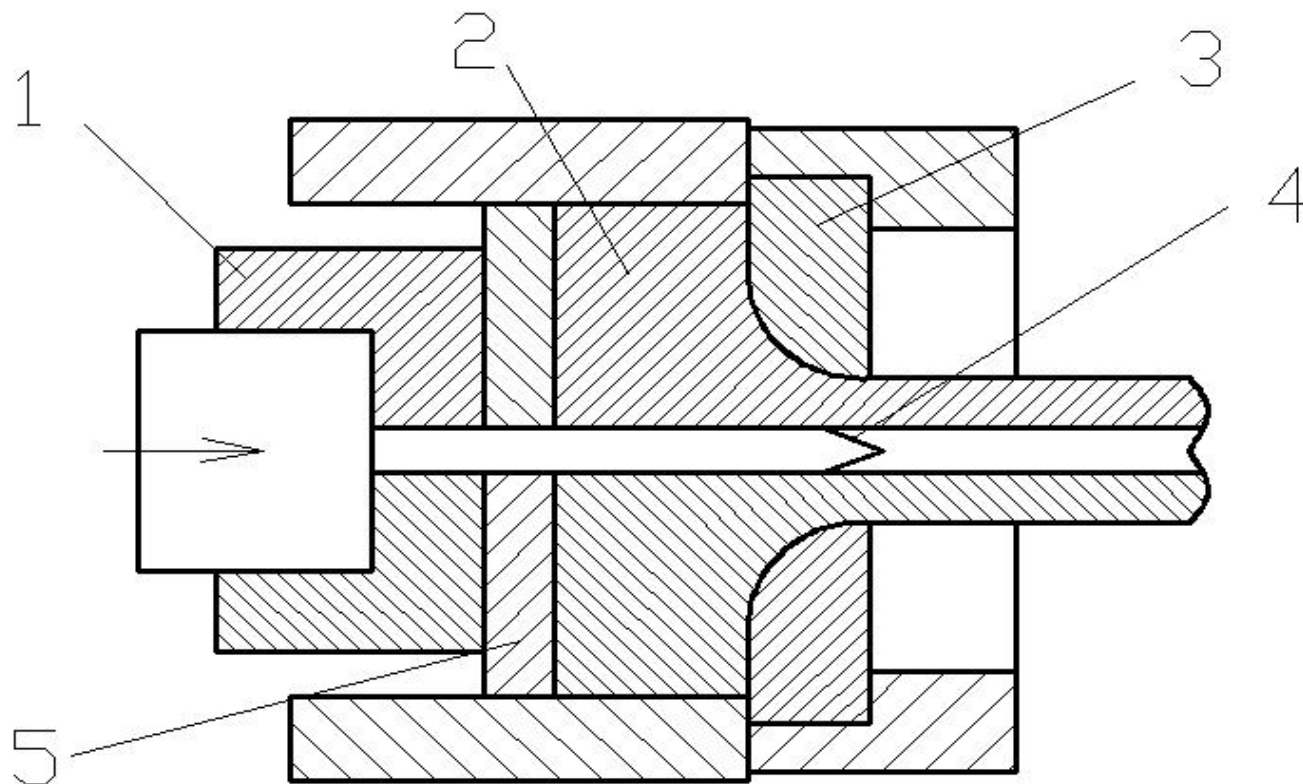
1. Стали для изготовления крупных штампов, работающих с ударными нагрузками, при относительно невысоких температурах (500 - 550°С).

Марка стали	Содержание, %				Термообработка		Твердость, HRC
	C	Cr	Ni	другие	$t_{\text{закал.}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{отп.}}, ^\circ\text{C}$	
5XHM	0,50-0,60	0,5-0,8	1,4-1,8	Mo 0,15-0,3	840 - 860	500 - 550	40-45
5XHB	0,50-0,60	0,5-0,8	1,4-1,8	W 0,4-0,7	840 - 860	500 - 550	40-45

2.Стали повышенной теплостойкости и вязкости



Схема прессования профилей



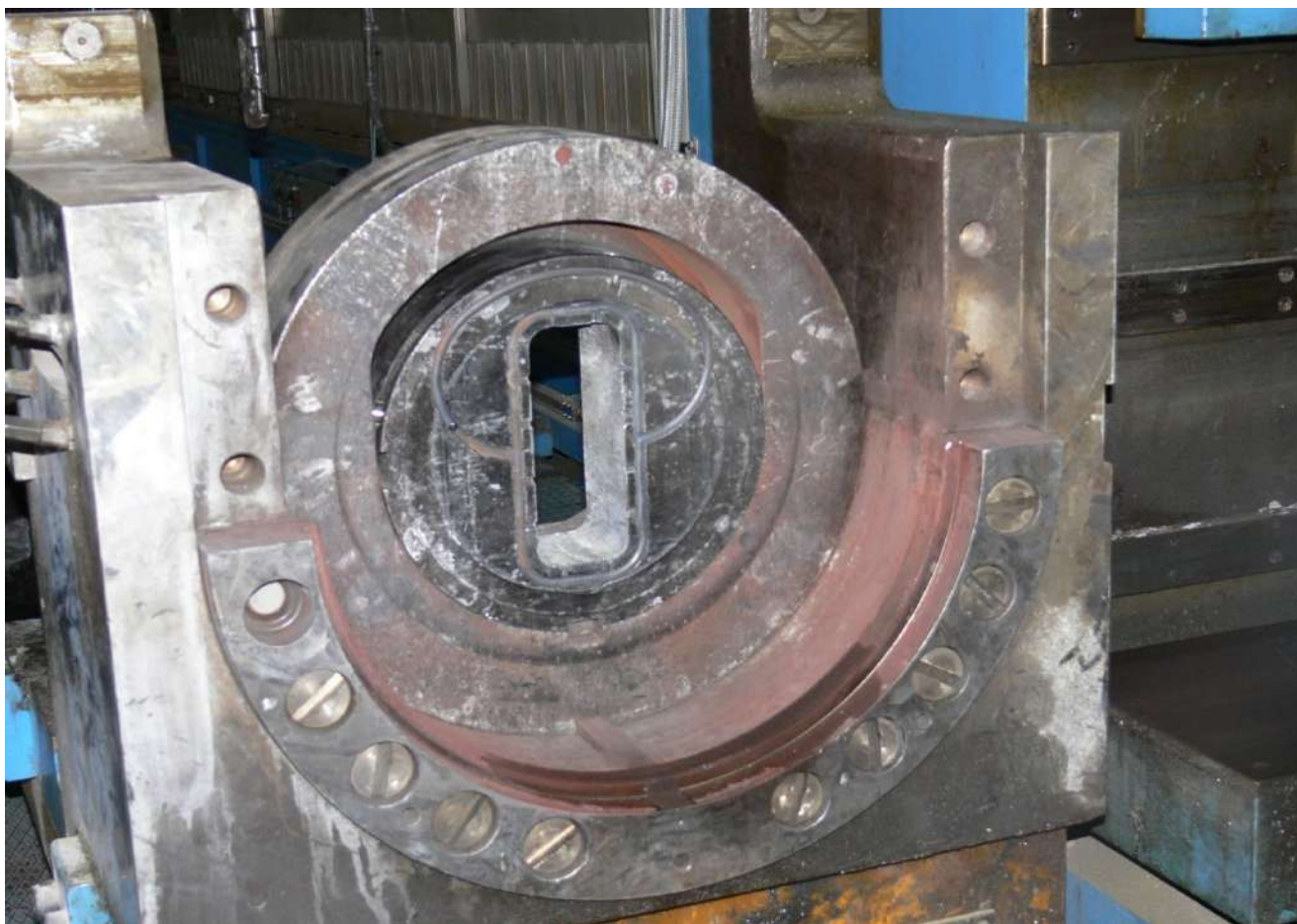
Пресс для горячего прессования алюминиевых профилей



Контейнер пресса



Матрица



Выход из пресса готового профиля



Штамповые стали для горячего деформирования

2. Стали для изготовления штампов, работающих при температурах до 600 - 700°C.

К этой группе относятся **вторичноотверждающие** стали. Основные упрочняющие фазы, выделяющиеся при отпуске - **MeC** на основе ванадия и **Me₆C** на основе молибдена и вольфрама.

Марка стали	Содержание, %				Термообработка		Твердость, HRC
	C	Si	Cr	другие	t _{нагр} , °C	t _{отп} , °C	
4X5MΦC	0,32-0,40	0,9-1,2	4,5-5,5	Mo 1,2-1,5 V 0,3-0,5	1000 - 1020	540 - 560	48-50
4X4BMΦC	0,37-0,44	0,6-1,2	3,2-4,0	Mo 0,6-0,9 W 0,8-1,2 V 0,6-0,95	1050 - 1070	620 - 640	48-50
3X2B8Φ	0,30-0,40	0,15-0,4	2,2-2,7	W 7,5-8,5 V 0,2-0,5	1130 - 1150	630 - 660	44-47

Механические свойства штамповых сталей при 600°C

Марка стали	σ _B , МПа	δ, %	ψ, %	KCU, МДж/м²
5XHB	500	42	85	1,2
4X5MΦC	980	15	58	0,5
4X4BMΦC	1100	15	50	0,5
3X2B8Φ	1180	11	32	0,35

3. Штамповые стали повышенной теплостойкости



3. Штамповые стали повышенной теплостойкости

Карбидные

3X2B8Ф, 4X2B5МФ Закалка 1130-1150° С
 отпуск 630-650° С

Карбидо-интерметаллидные

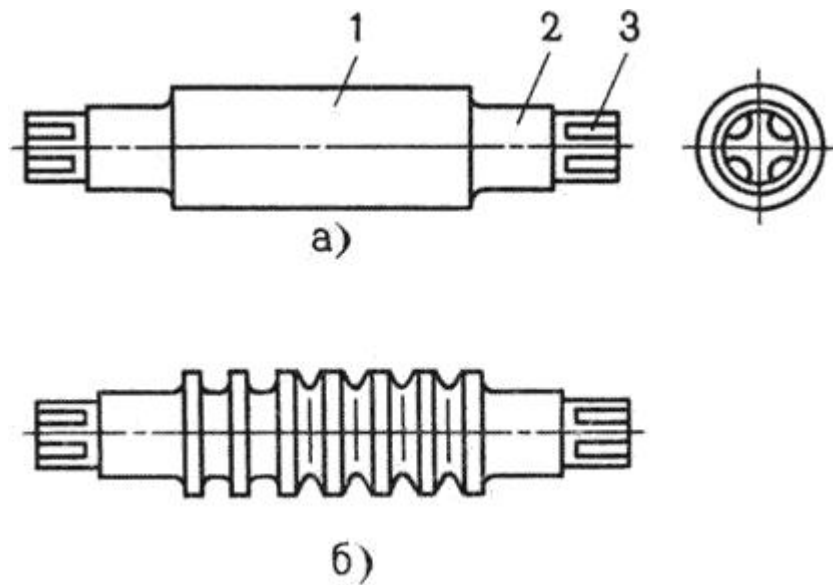
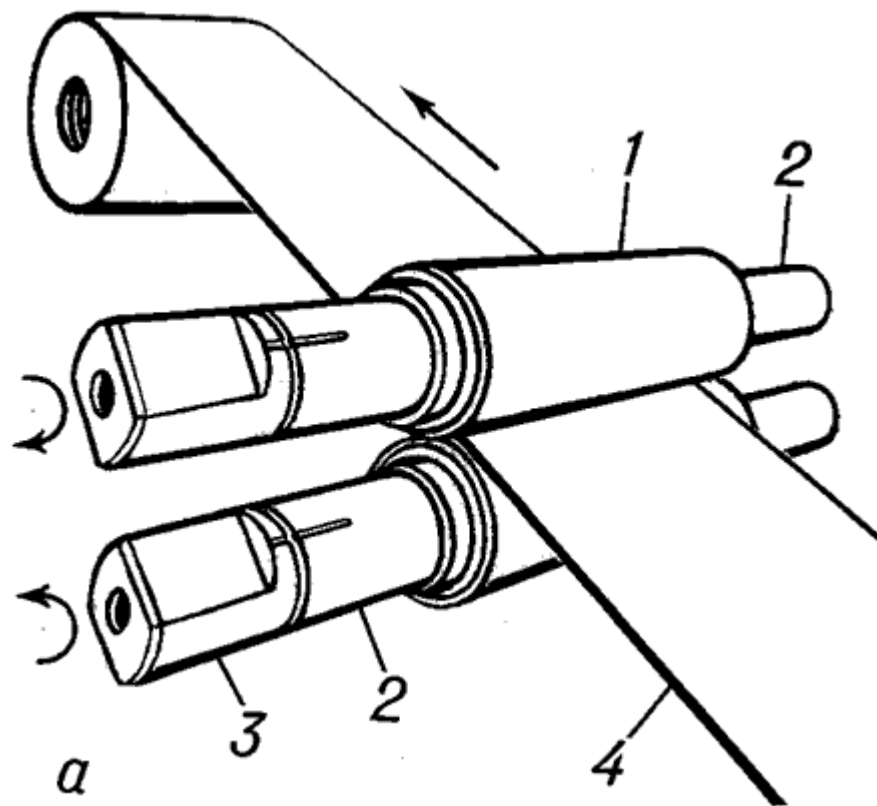
2X6B8M2K8, 3X10B7M2K10

Закалка 1180-1200° С
отпуск 670-690° С

Прокатка металла



Схема прокатки металла



Валки прокатного стана



Стали для валков прокатных станов

Горячая прокатка

55X, 60XН,
150XНМ, 180СXНМ

1. Закалка (нормализация) + В.отпуск
2. Двойная (тройная) нормализация + В.отпуск

Холодная прокатка

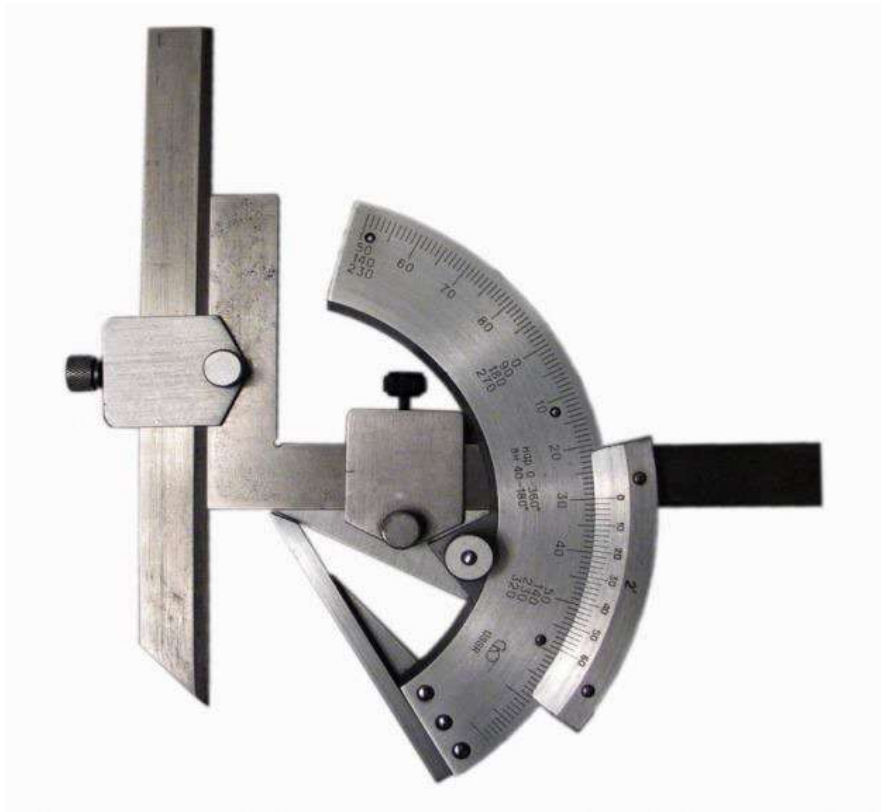
9X, 9X2, 9X2МФ
75XСМФ, 8X5СМФК

Закалка 850-950° С
отпуск 150- 450° С

Измерительный инструмент



Измерительный инструмент



Измерительный инструмент



Стали для измерительных инструментов

Требования к сталям: высокая твердость и износостойкость, сохранение постоянных линейных размеров и формы, способность получать высокую чистоту поверхности при полировании.

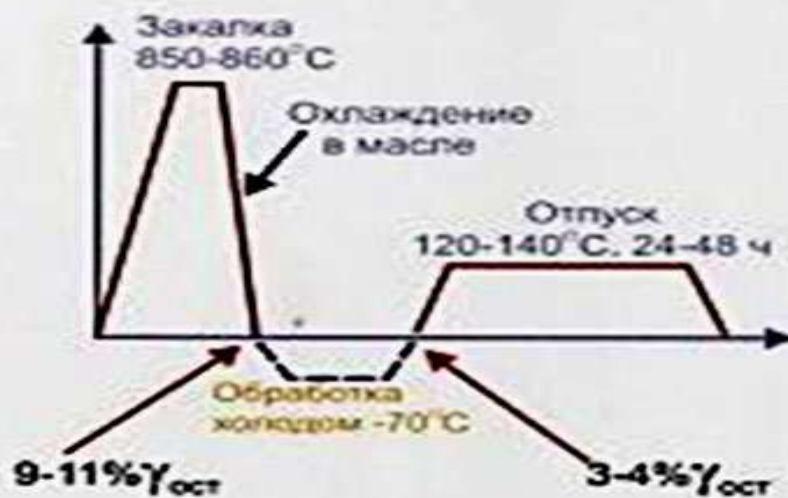
Для изготовления измерительных инструментов используют высокоуглеродистые хромистые стали.

Марка стали	Содержание, %		
	C	Mn	Cr
X	0,95-1,10	0,15-0,4	1,36-1,65
12X1	1,15-1,25	0,3-0,6	1,30-1,65
XГ	0,95-1,10	0,4-0,7	1,30-1,60

Термическая обработка: закалка и низкий отпуск. Твердость стали после термообработки - 62-64 HRC.

Для уменьшения количества остаточного аустенита в закаленной стали используют обработку холодом.

Режим термической обработки стали X



Заполнить таблицу

Назначение	Марка стали и состав (насколько примеров)	Свойства стали	ТО
Режущий инструмент			
Штамповые стали			
Измерительный инструмент			