

# Инструментальные материалы

# Критерии выбора инструментальных материалов

- **1. Назначение**

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

- **2. Технологичность изготовления**

(обработываемость)

- **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

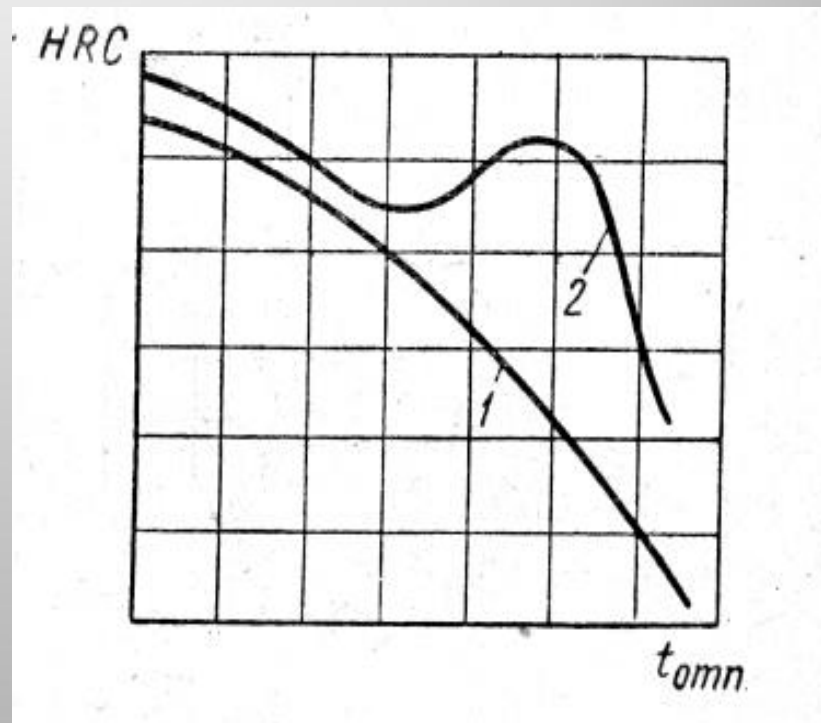
# Прочность

- 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

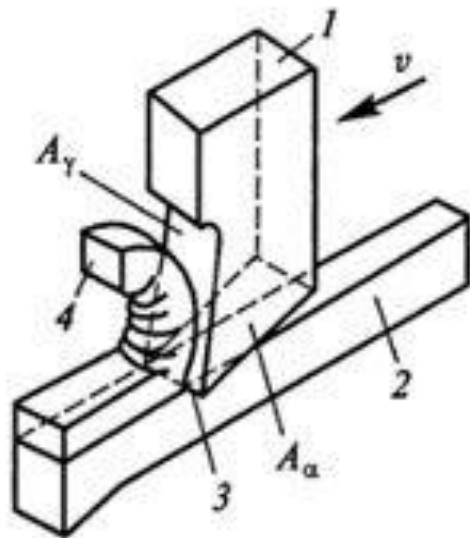


Рис. 2.1. Схема обработки резанием:

$l$  — лезвие инструмента;  $2$  — заготовка;  $3$  — режущая кромка;  $4$  — стружка;  $A_\gamma$  — передняя поверхность лезвия инструмента;  $A_\alpha$  — задняя поверхность лезвия инструмента;  $v$  — скорость резания

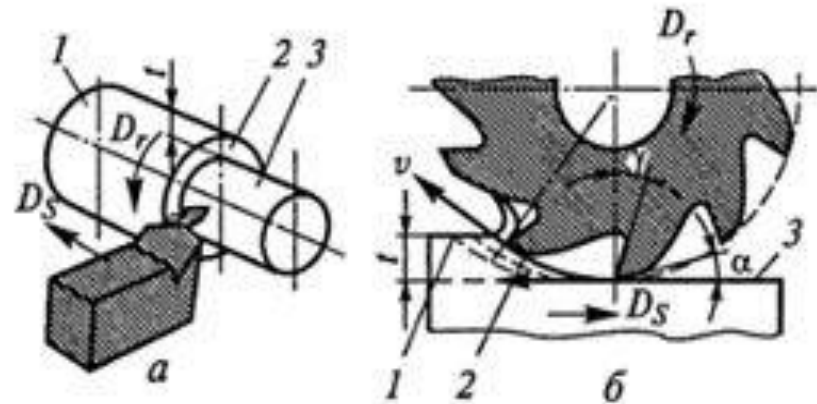
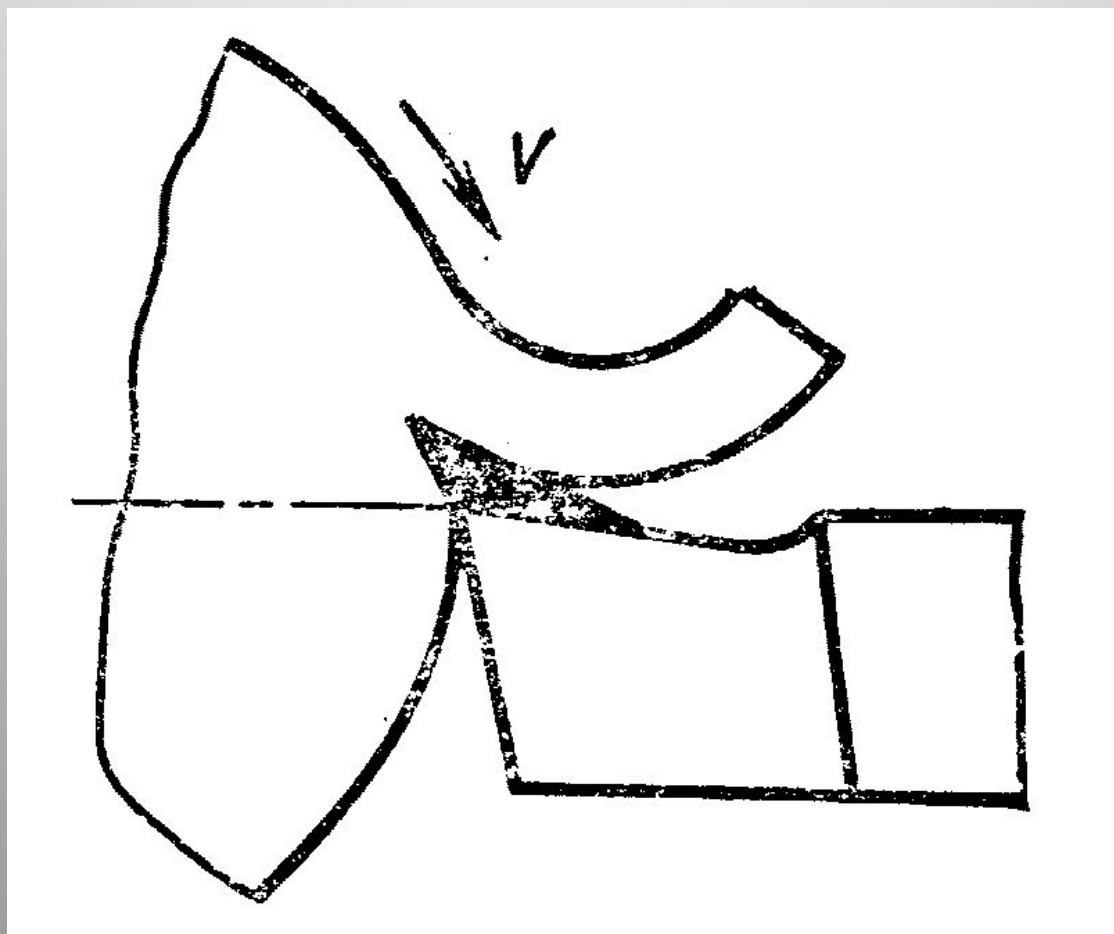


Рис. 2.2. Процессы обработки резанием:

$a$  — 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;  $\alpha$  — задний угол;  $\gamma$  — передний угол

# Схема процесса резания



# Термообработка инструментальных сталей

- **Мартенситное превращение**

ТО: Закалка + низкий отпуск

Теплостойкость 250<sup>0</sup> С

- Углеродистые стали
- Углеродистые легированные стали

- **Дисперсионное твердение**

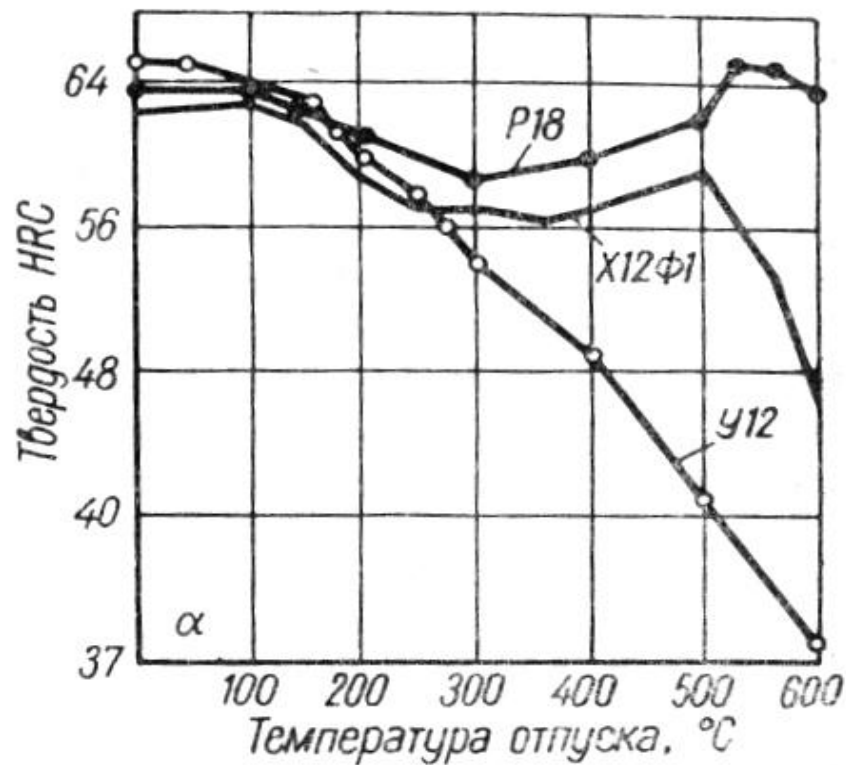
ТО: Закалка + высокий отпуск

Теплостойкость 500-700<sup>0</sup> 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

P9, P18, P6M5, P6M5K5, P6M5Ф3

# 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.

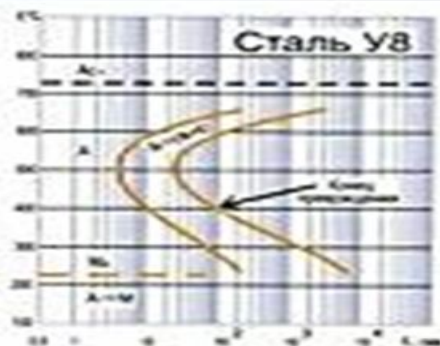
К этой группе сталей относятся:

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

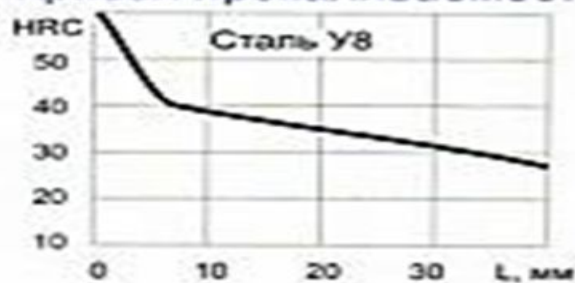
*1. Углеродистые стали небольшой прокаливаемости:*

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

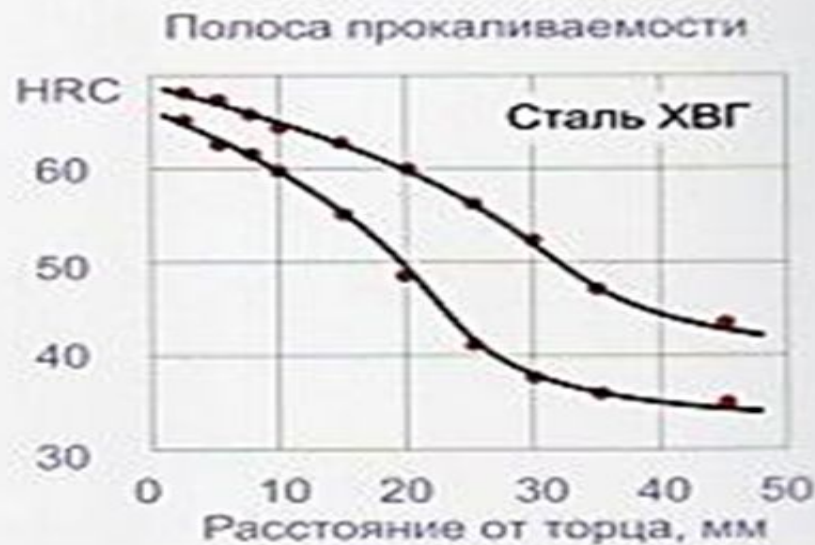
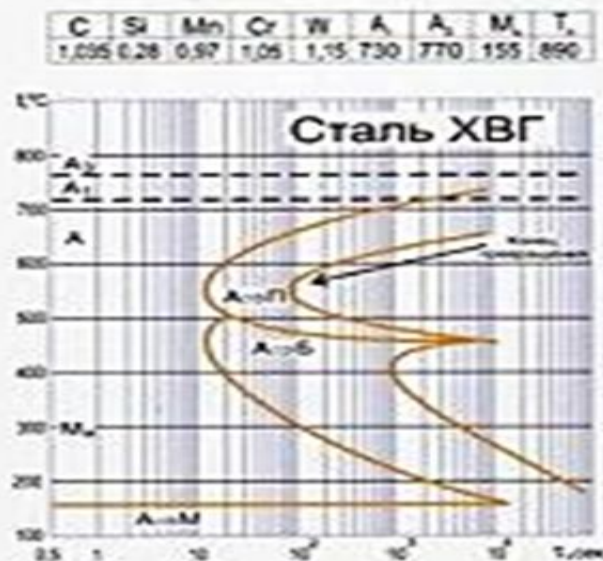
Термообработка : Закалка + низкий отпуск

# Стали для режущего инструмента

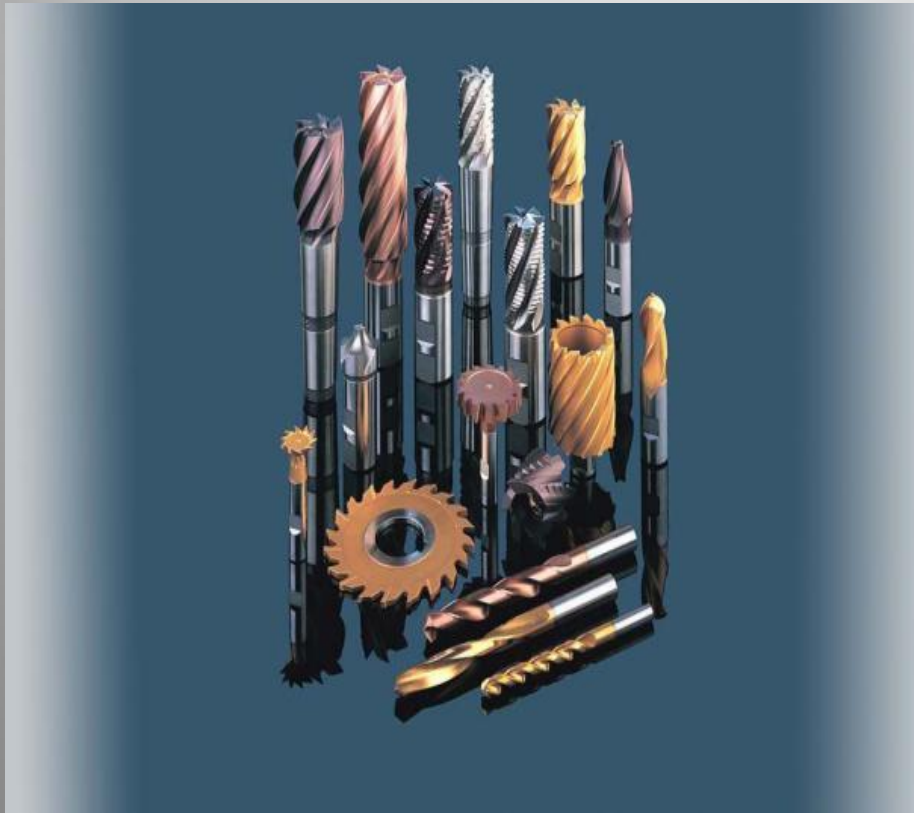
Стали с низкой теплостойкостью и повышенной прокаливаемостью

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	$t_{\text{зак.}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{отп.}}, ^\circ\text{C}$	
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	-	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	0,8-1,1	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<sup>0</sup> 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

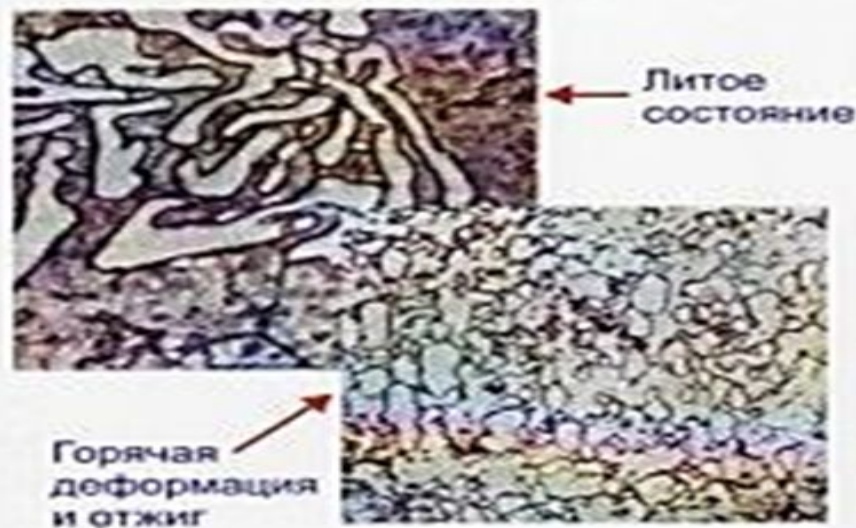
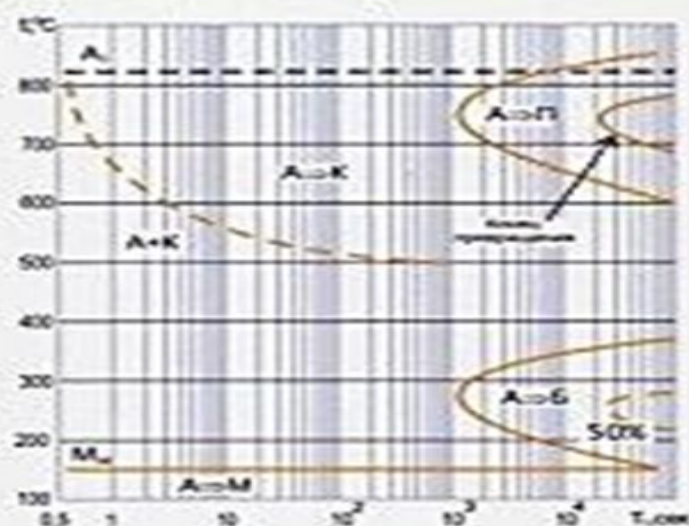
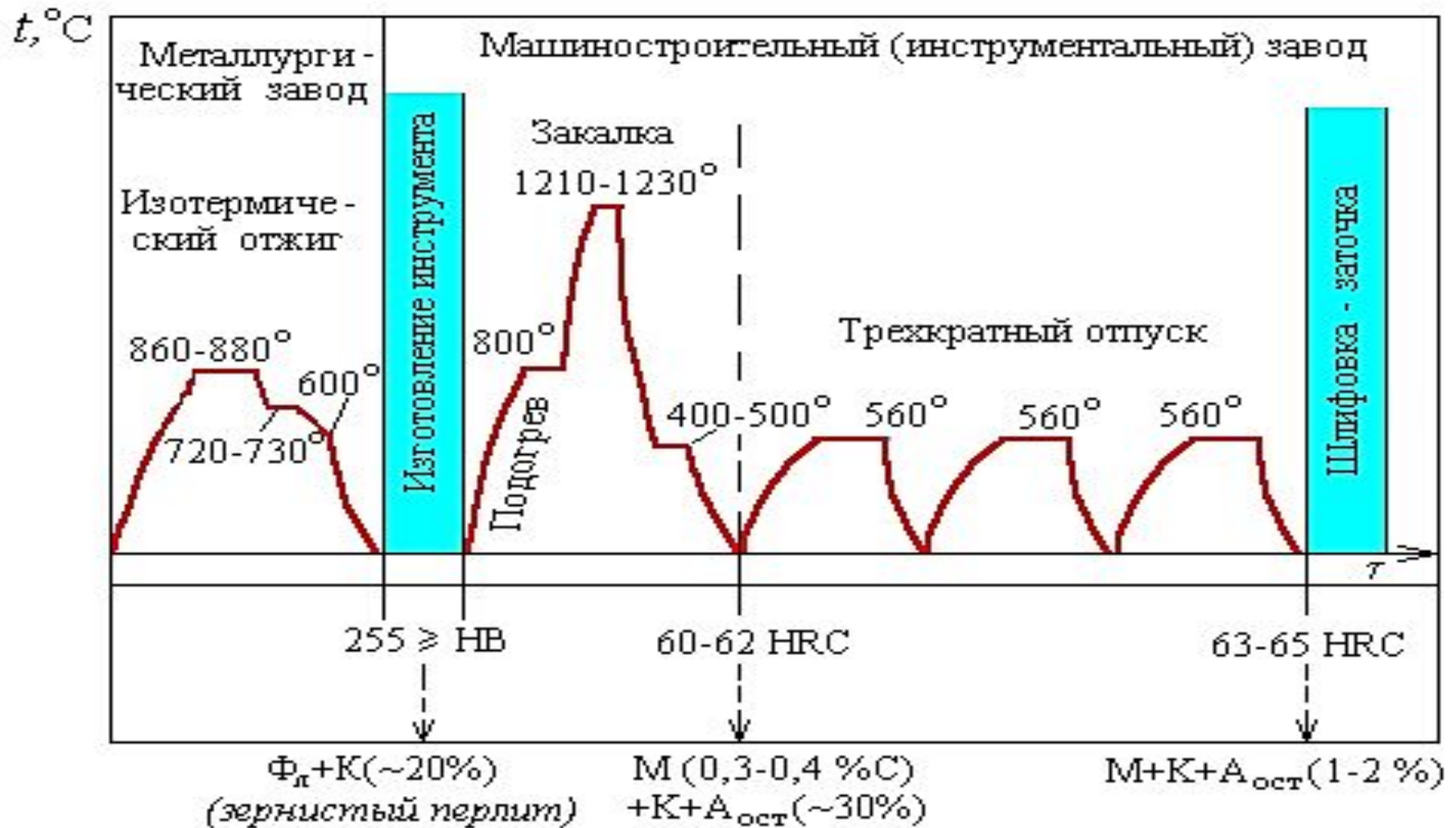


Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита стали P6M5



# Термообработка быстрорежущей стали

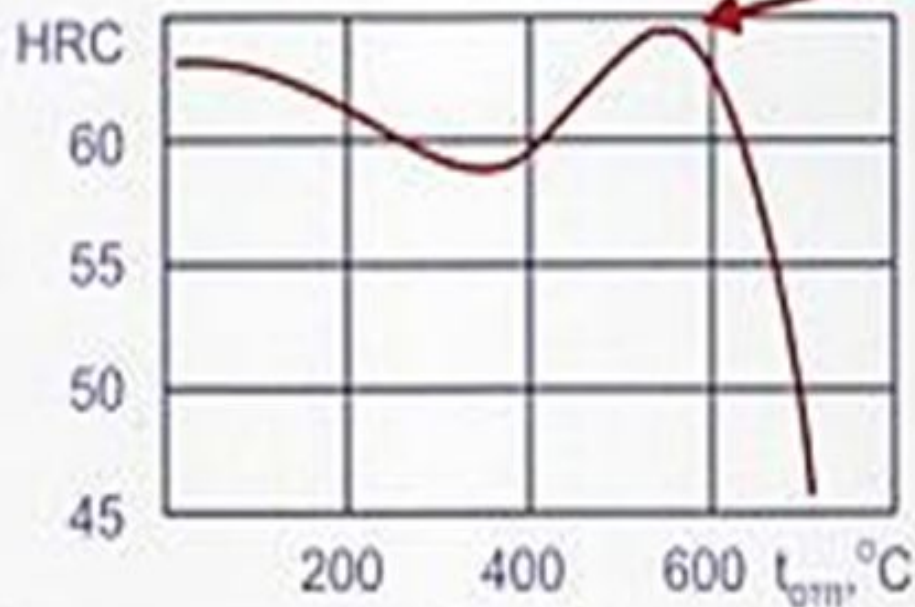




## Термическая обработка быстрорежущих сталей

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 – 1000<sup>0</sup>С)



<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  **$TiC-WC-Co$** ).

**Т30К4, Т15К6, Т5К10** 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  **$TiC-TaC-WC-Co$** ).

**ТТ7К12, ТТ8К6** и другие.

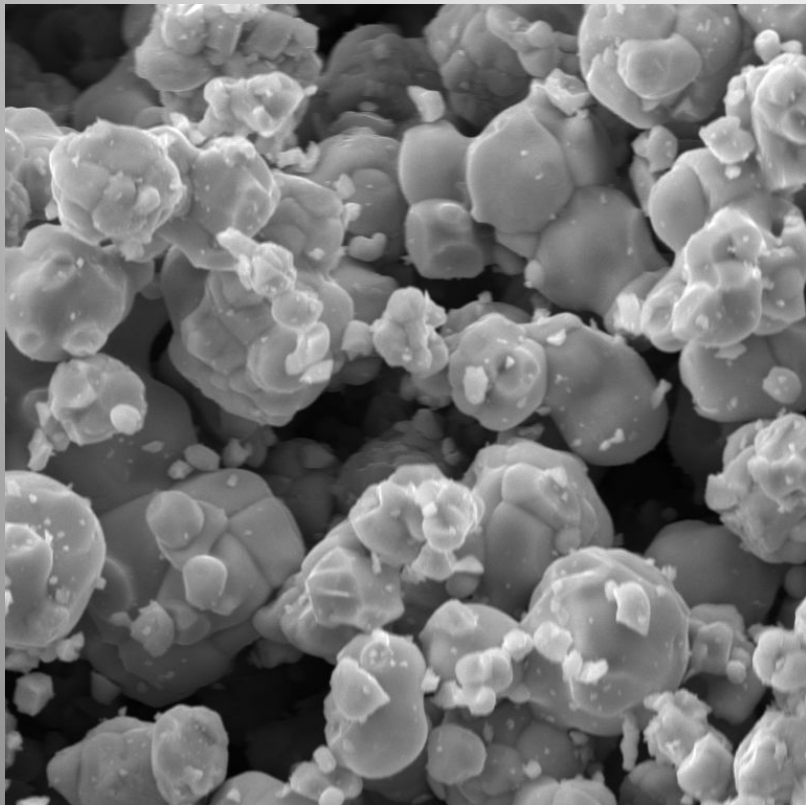
В маркировке после букв **ТТ** стоит цифра, указывающая количество карбидов титана и вольфрама в процентах.

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

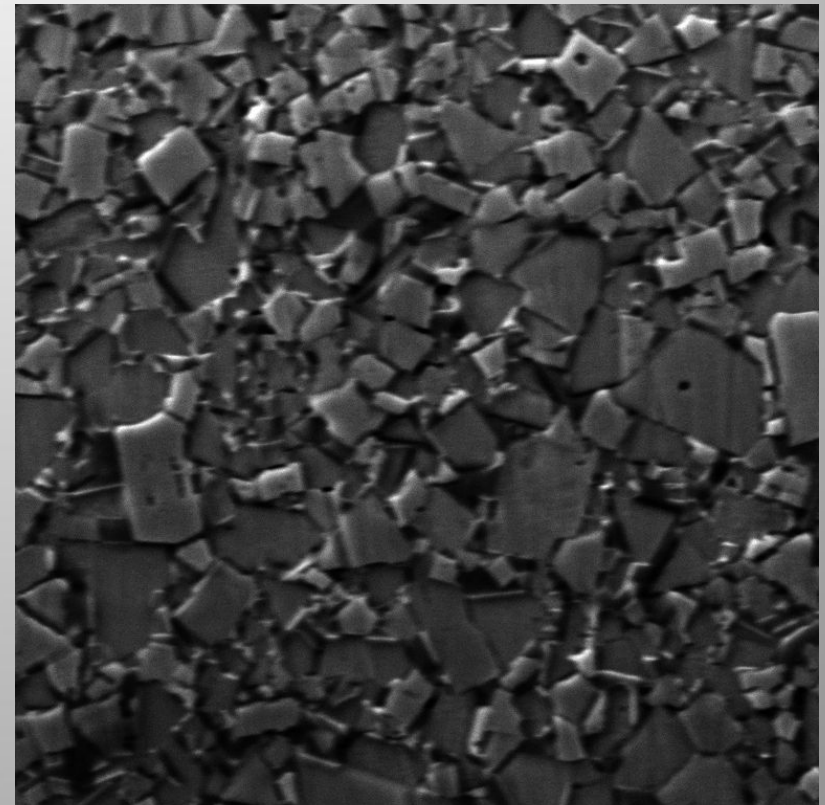
# Технология получения инструмента из твердого сплава

- 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  $\mu\text{m}$  Det: SE  
SEM MAG: 5.27 kx Name: тв.сплав 127  
VEGA\ TESCAN  
10  $\mu\text{m}$   
Performance in nanospace  
WC твердый сплав (обр №127)



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



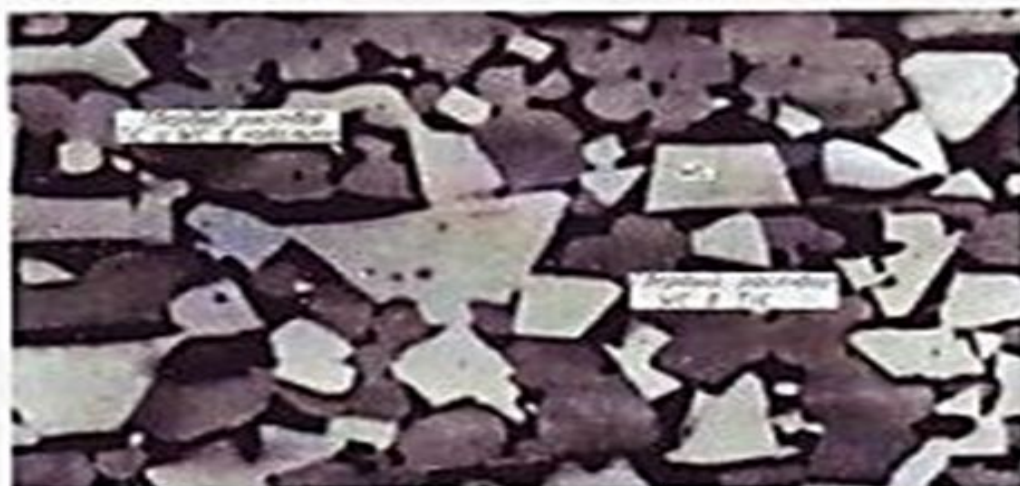
# Твердые сплавы для режущего инструмента

Микроструктура вольфрамового сплава ВК15.



X3000

Микроструктура титановольфрамового сплава Т15К6



X3000

# Режущие элементы из твердых сплавов





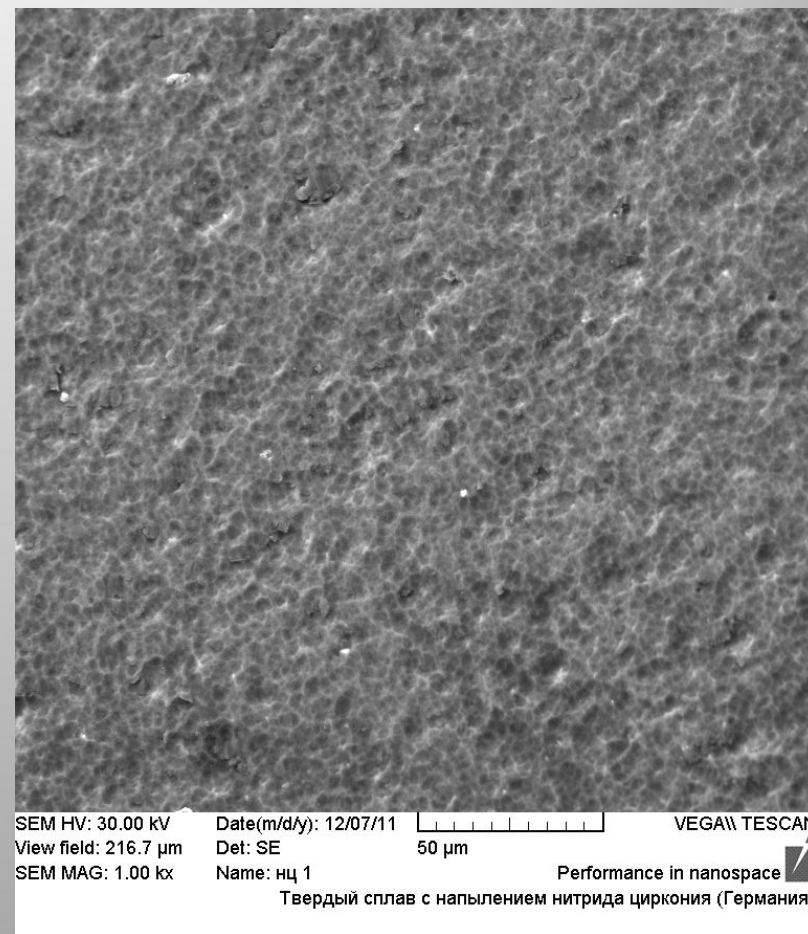
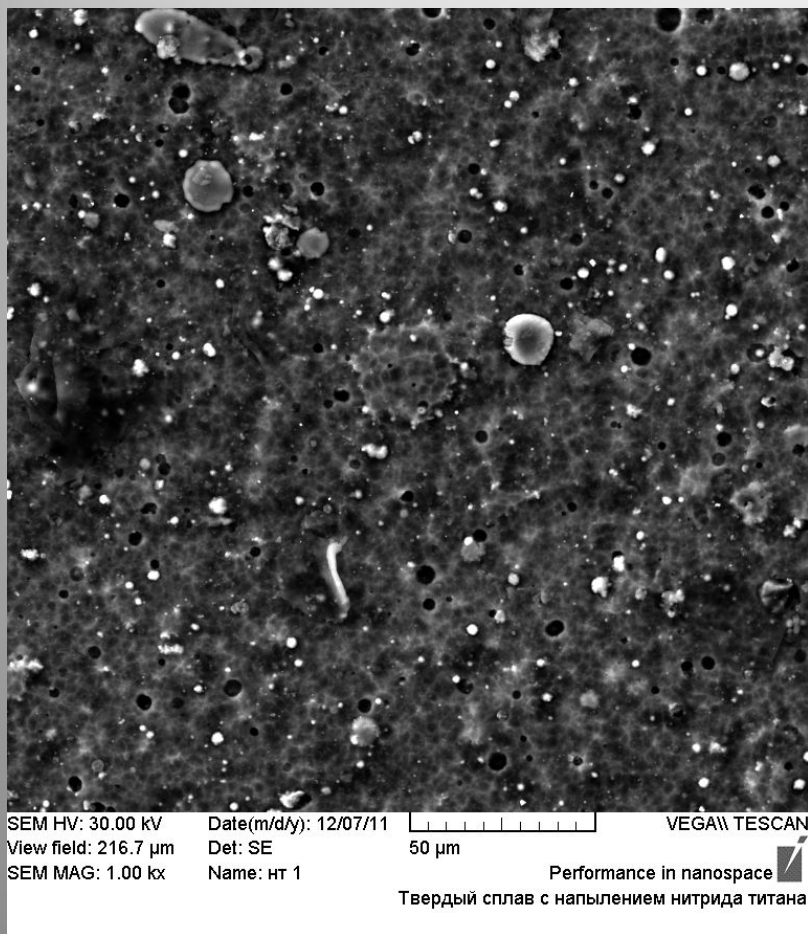
# Напыление нитрида титана



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

а

б



# 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

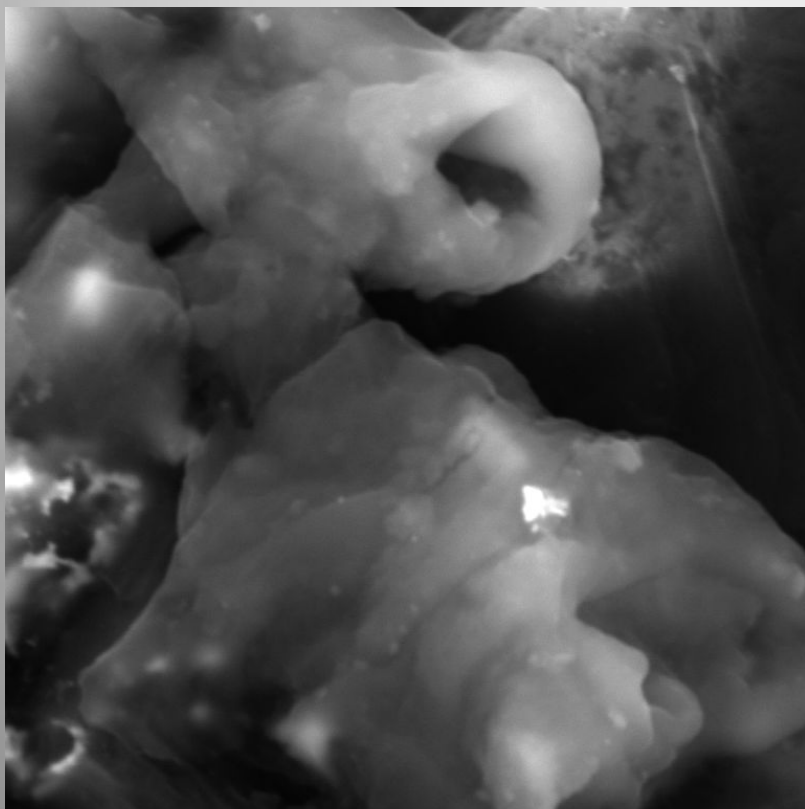




# Резцы со вставками из сверхтвердых материалов

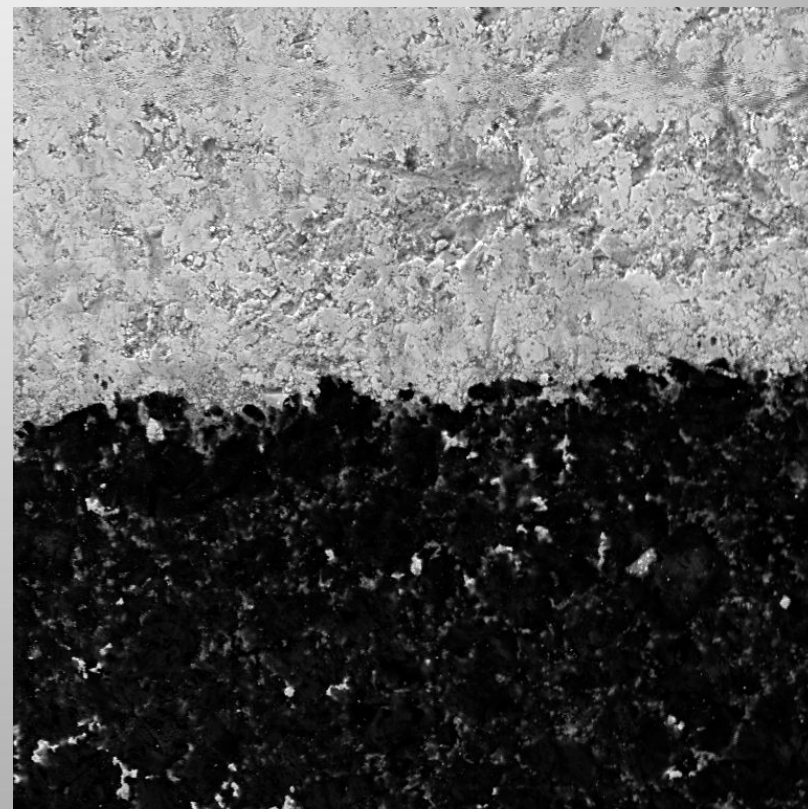


# Синтетический алмаз



SEM HV: 30.00 kV Date(m/d/y): 02/14/12  
View field: 21.66  $\mu\text{m}$  Det: SE  
SEM MAG: 10.01 kx Name: Ал 15

5  $\mu\text{m}$  VEGA\\ TESCAN  
Performance in nanospace  
Алмазная таблетка. Зерна



SEM HV: 30.00 kV Date(m/d/y): 02/13/12  
View field: 216.7  $\mu\text{m}$  Det: SE  
SEM MAG: 1.00 kx Name: Ал 5

50  $\mu\text{m}$  VEGA\\ TESCAN  
Performance in nanospace  
Алмазная таблетка. Зона соединения



# Штамповые стали



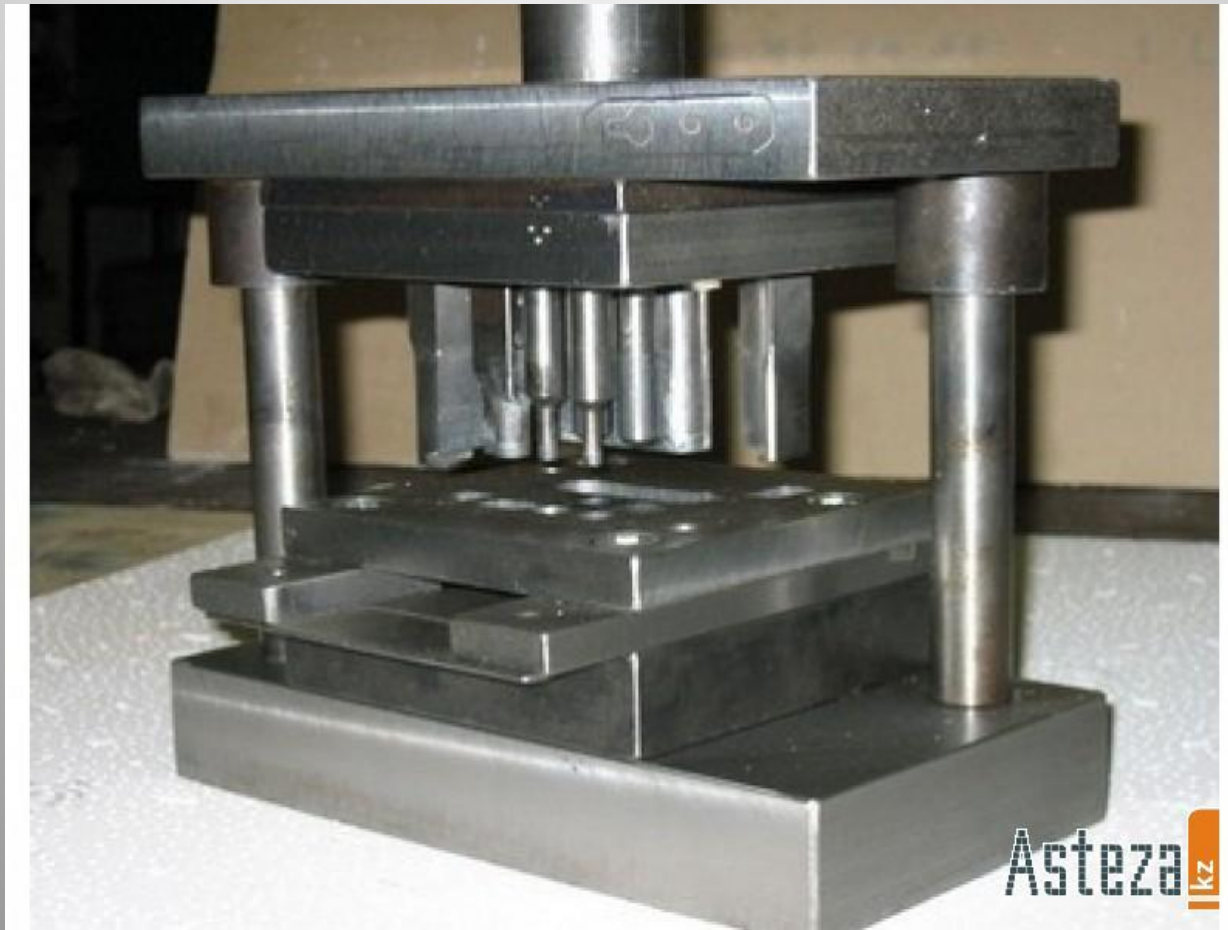
# Классификация штамповых сталей

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

# 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

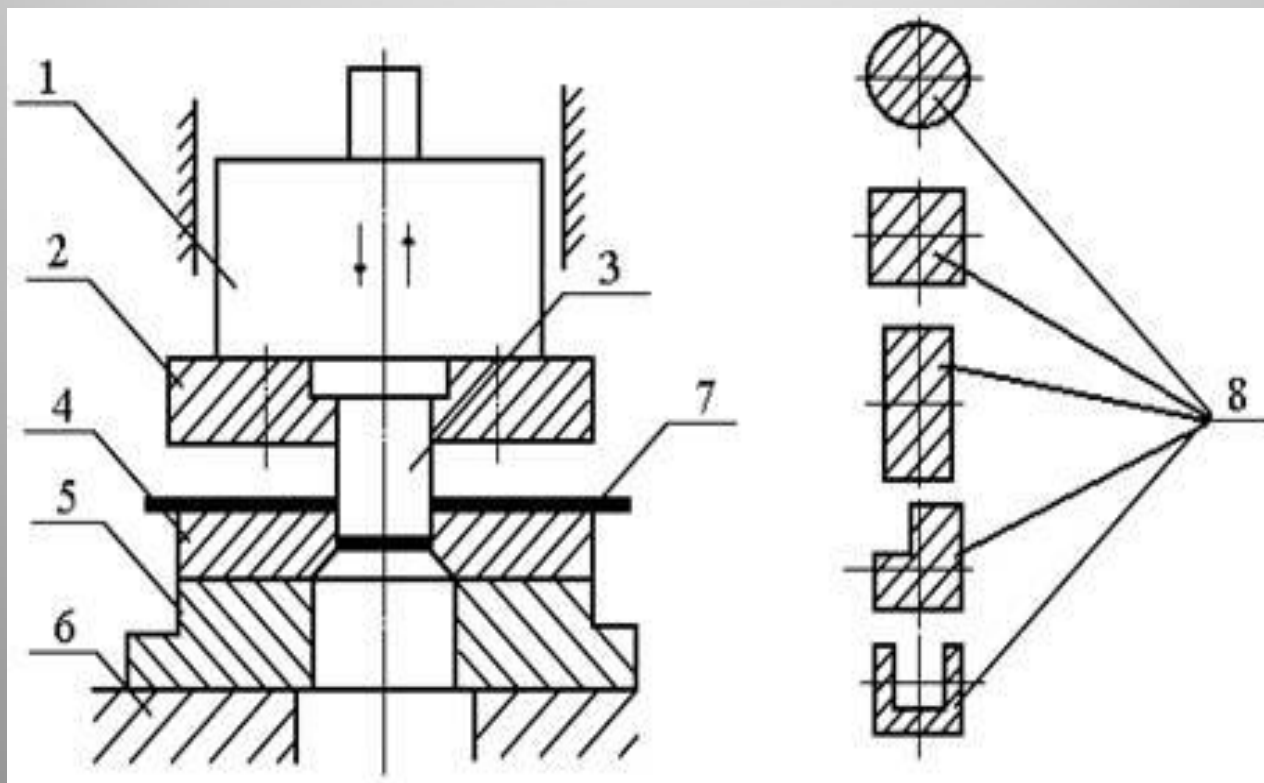
1. Вырубка, пробивка
2. Вытяжка, формовка, обтяжка
3. Высадка, выдавливание
4. Чеканка

# 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)

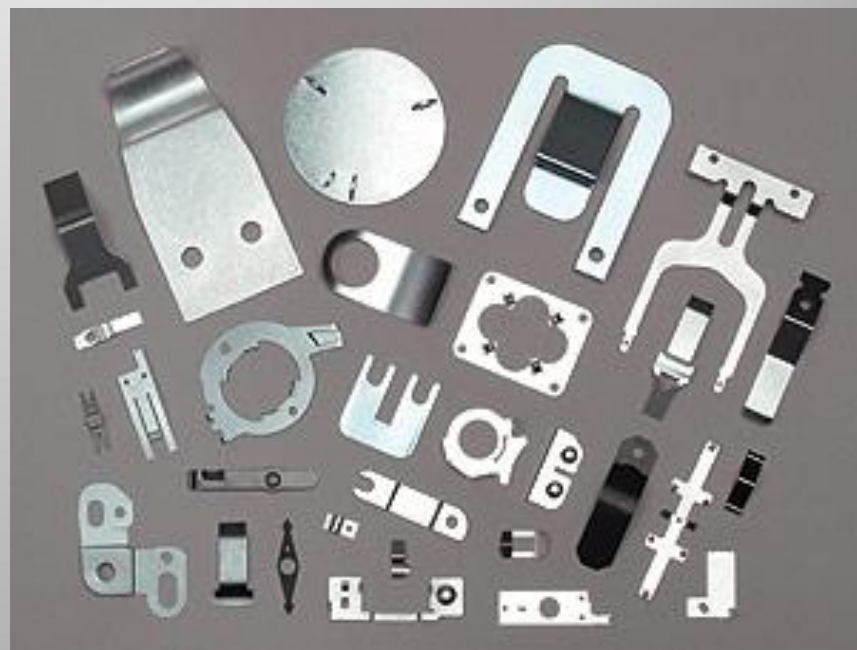
# Вырубка - пробивка

- Стали с высокой твердостью

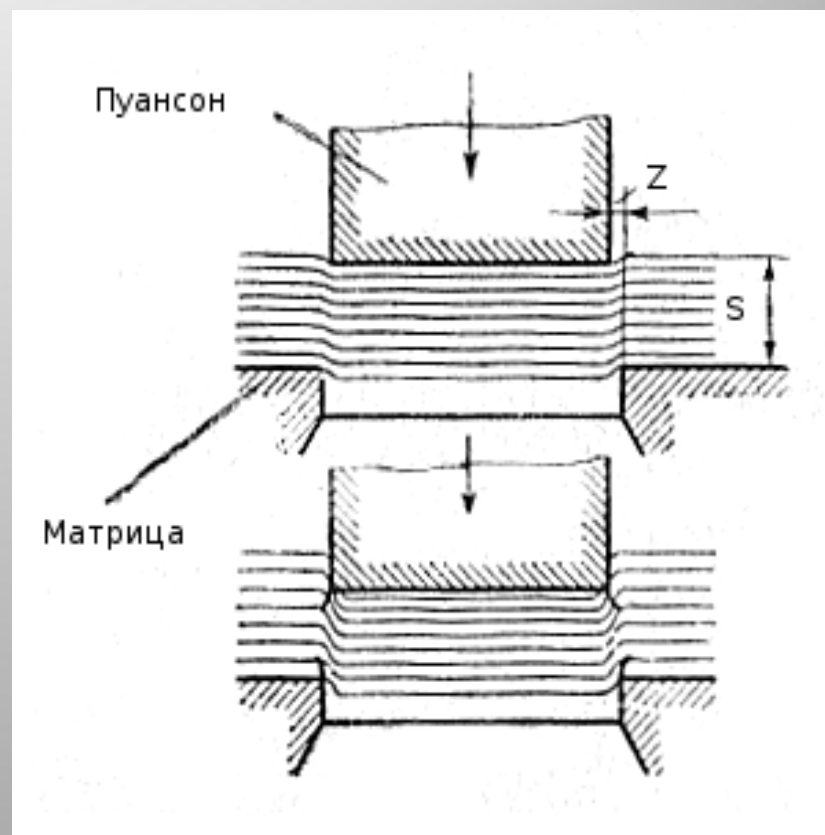
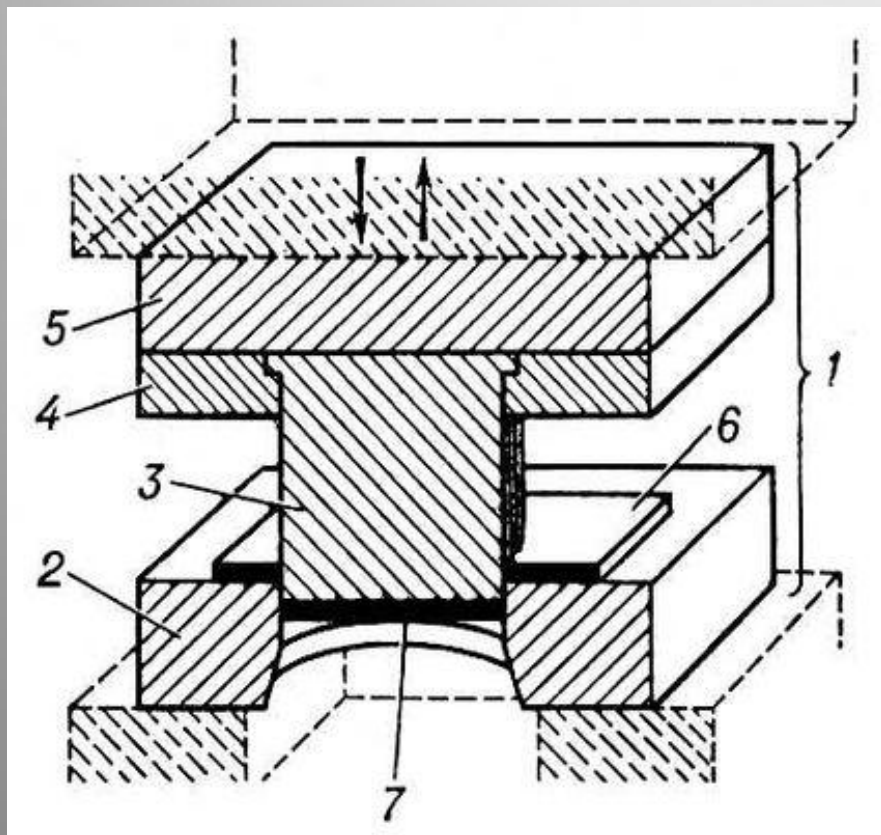




# Детали получаемые вырубкой и пробивкой



# 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	0,6-1,1	W 0,5-0,8 V 0,05-0,15	840-860	140-160	62-64

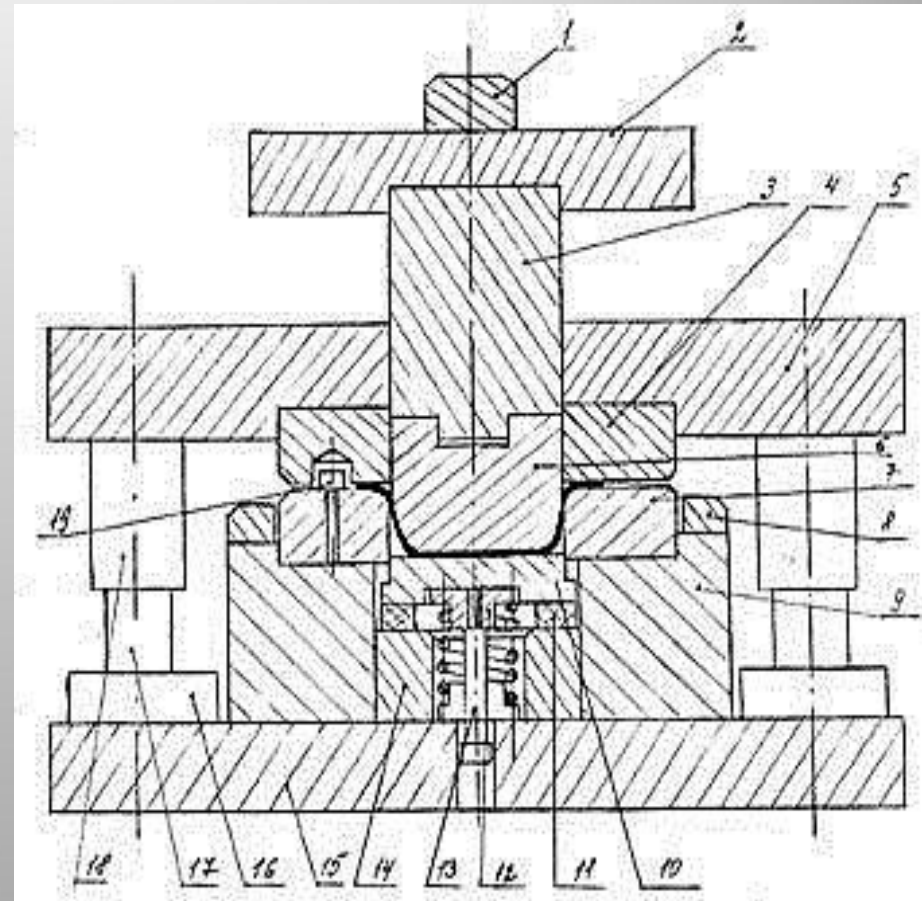
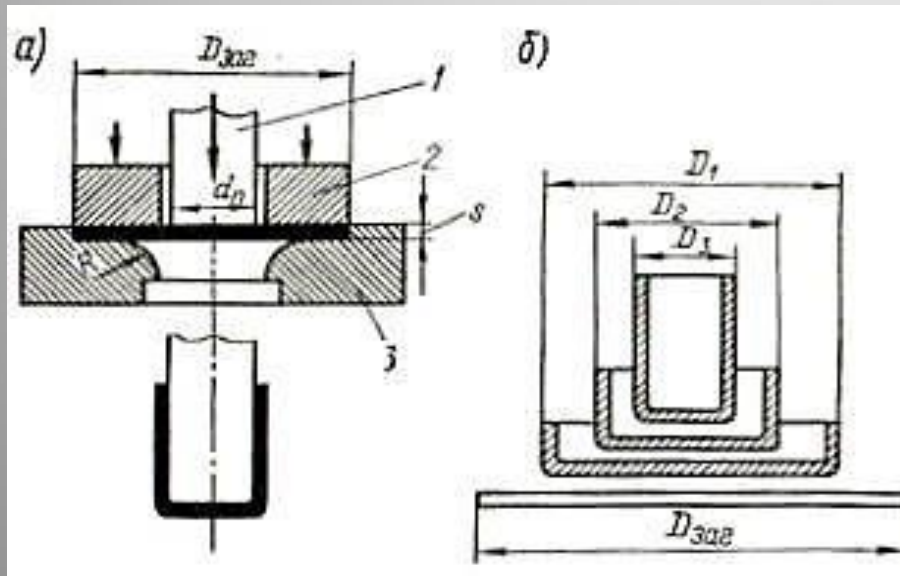


# Вытяжка, формовка, обтяжка

- Стали с повышенной износостойкостью



# Схема вытяжки





Изделия получаемые вытяжкой

# Холодная листовая штамповка





# Штамповые стали для холодного деформирования

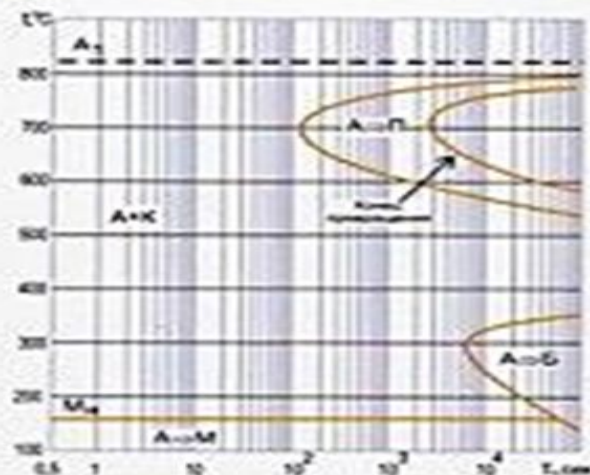
**Требования к сталям:** высокая **твердость**, **прочность** и **износостойкость** в сочетании с удовлетворительной вязкостью.

## 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 **Me<sub>3</sub>C<sub>2</sub>** на основе хрома, объемная доля которых достигает 12-24%.

Марка стали	Содержание, %				Термообработка		Твердость, HRC
	C	Cr	V	другие	t <sub>зак.</sub> , °C	t <sub>отп.</sub> , °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

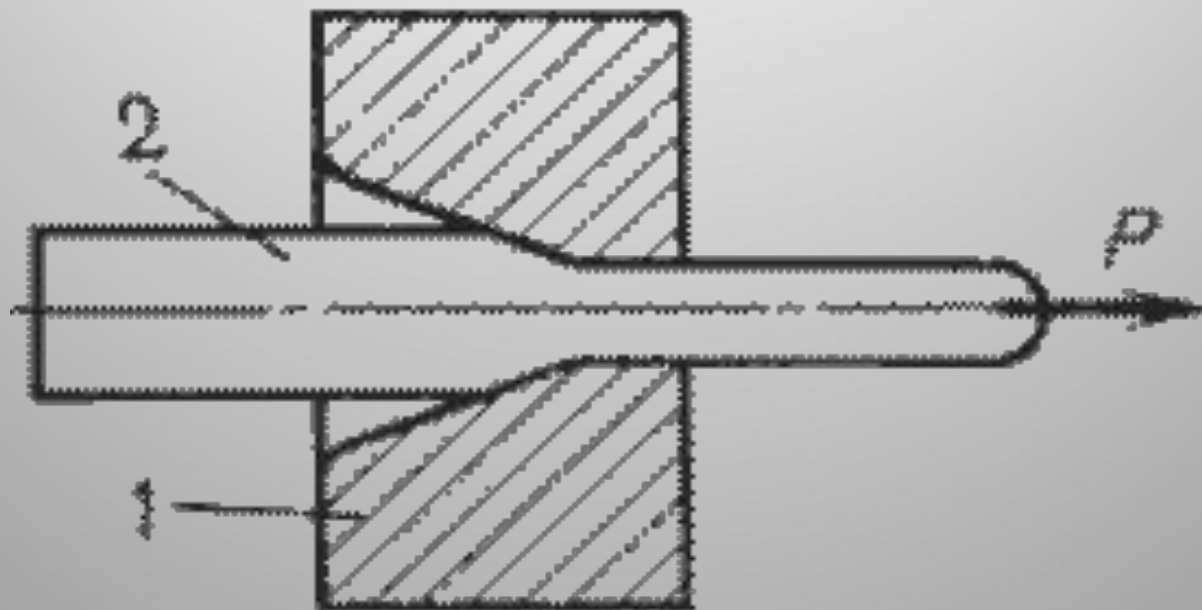


Структура стали X12M после закалки и отпуска



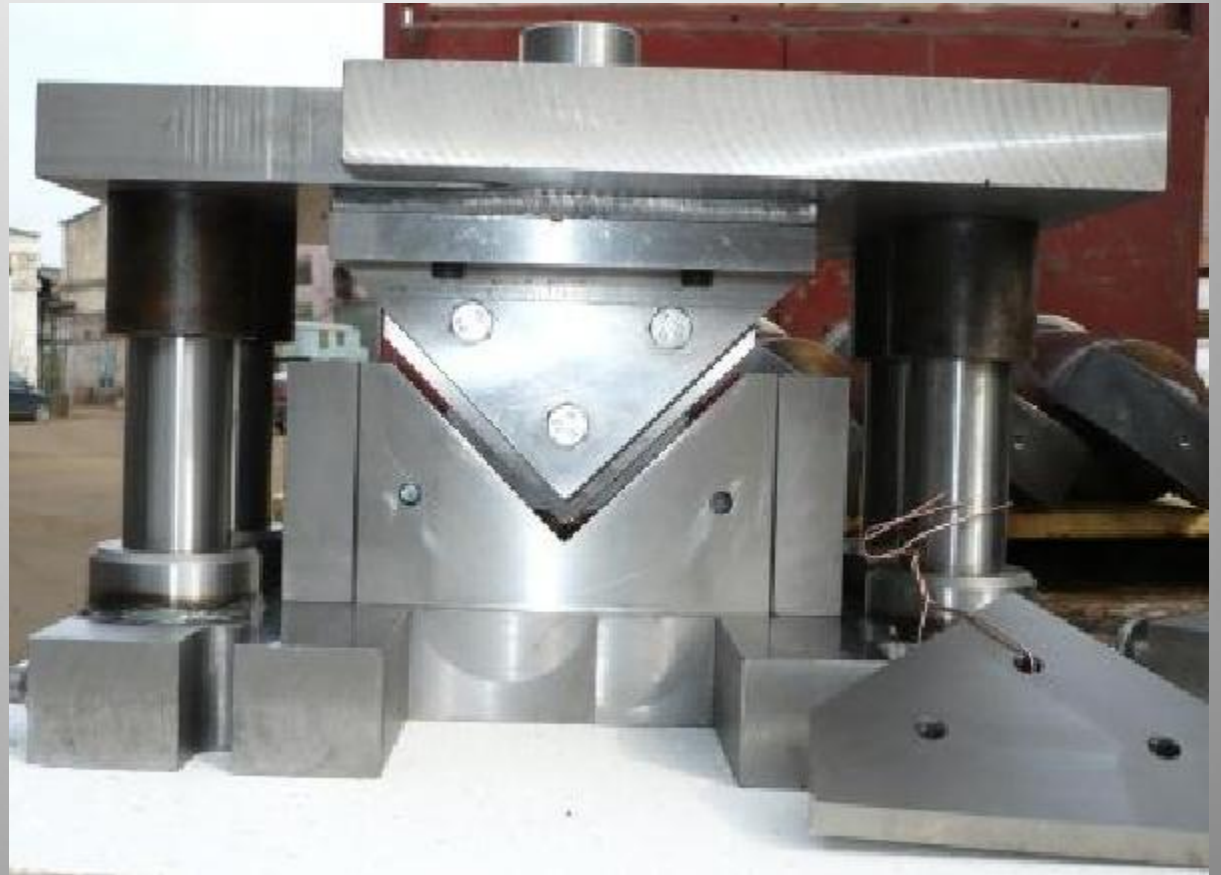
Сквозная прокаливаемость при охлаждении в масле до **100 мм** для сталей X12Φ1 и X12M и до **80 мм** для стали X6BΦ

# Схема волочения (волока сталь X12 )



# Гибка

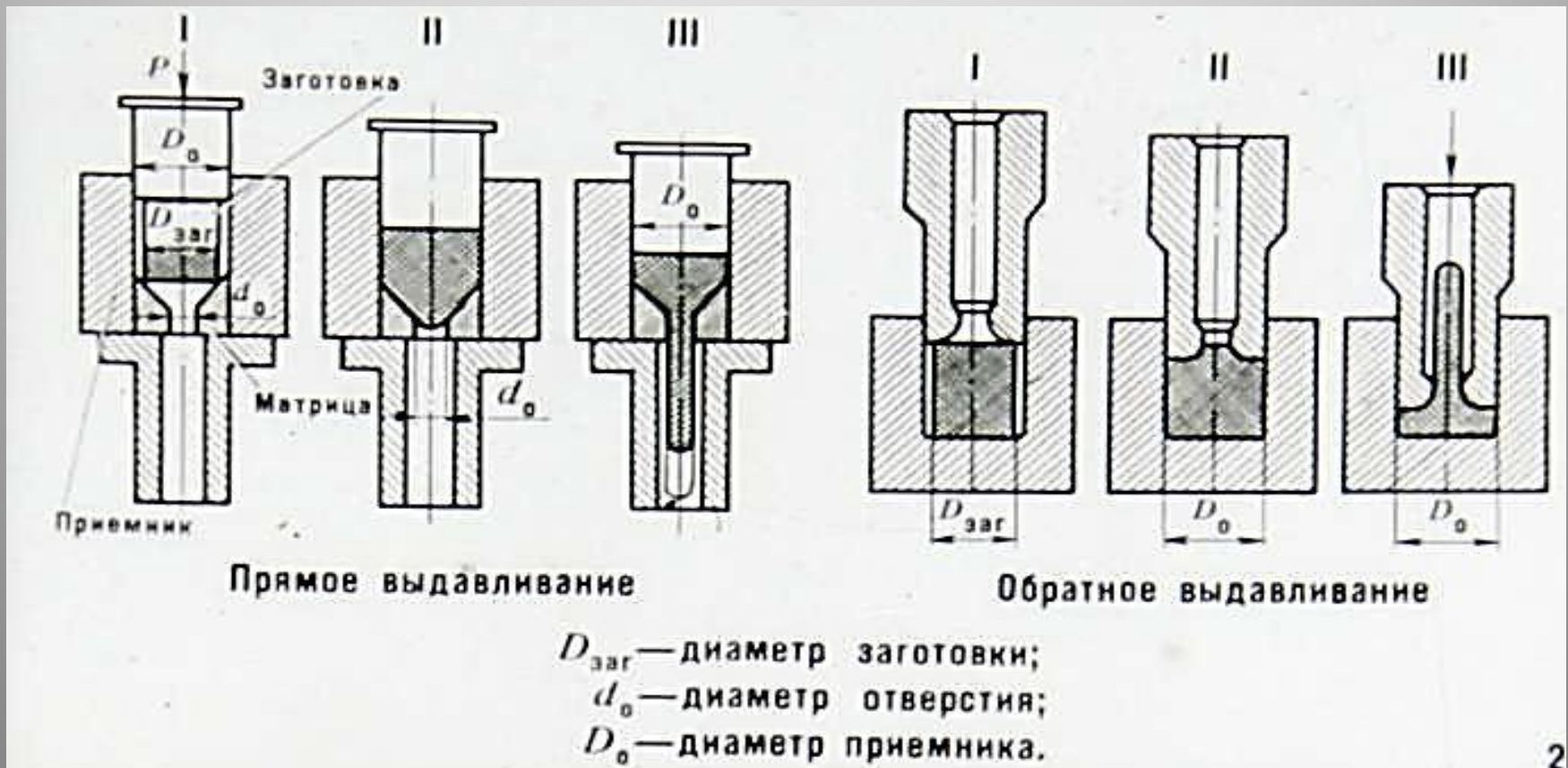
- Сталь Х12М,
- 7ХГНМ





# Стали с повышенной теплостойкостью

## Холодная объемная штамповка



# Изделия получаемые холодной объемной штамповкой



# Стали с повышенной теплостойкостью (500-600<sup>0</sup> С)

8Х4В2С2МФ

Закалка 1050-1150<sup>0</sup>С

8Х4В3М3Ф2

отпуск 530-550<sup>0</sup>С

11Х4В2МФ3С2



# Стали с высокой ударной вязкостью

- Пуансоны для чеканки



# Стали с высокой ударной вязкостью

7ХГ2ВМ

Закалка 770-780<sup>0</sup>С

7ХГНМ

Отпуск 220-250<sup>0</sup>С

6Х6В3МС

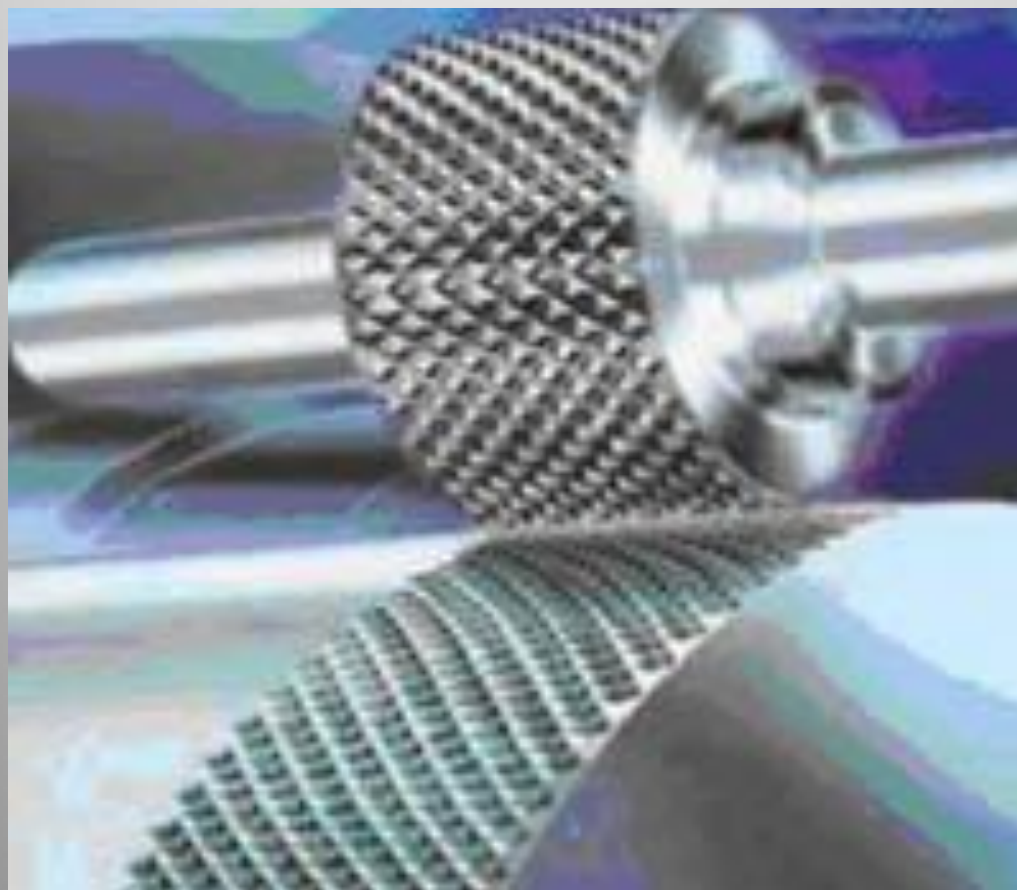
Закалка 1050-1075<sup>0</sup>С

6Х4М2ФС

Отпуск 520-540<sup>0</sup>С

# Схема накатки роликами

- Сталь 6Х6В3МФС, Х6ВФ



# Стали с высокой ударной вязкостью

- Клейма сталь 6ХС

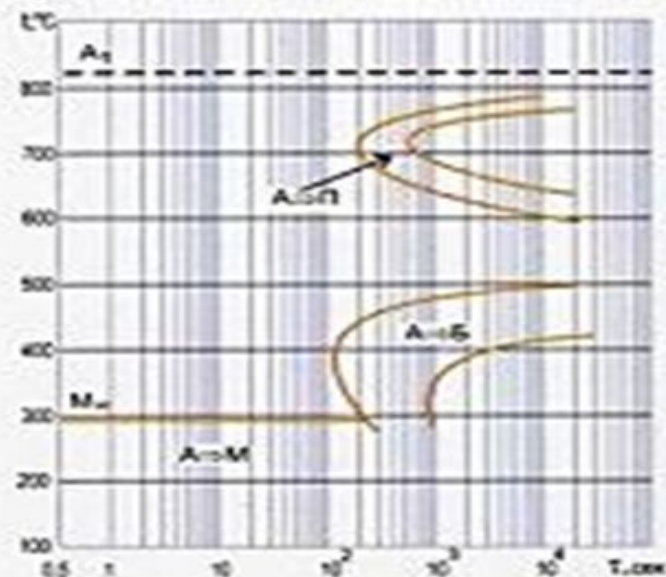




# Стали для ударного инструмента

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 закалке. Для стали 5XB2C ее режим: нагрев до  $980-1000^\circ\text{C}$  - охлаждение в расплаве солей до  $300^\circ\text{C}$ , выдержка 30 мин - охлаждение на воздухе. Такая обработка при твердости около 52 HRC обеспечивает ударную вязкость  $0,6-0,7 \text{ МДж/м}^2$ , тогда как после закалки на мартенсит и отпуска на такую же твердость, ударная вязкость равна  $0,2-0,25 \text{ МДж/м}^2$ .

# Горячая штамповка





# Стали для штампов горячего деформирования

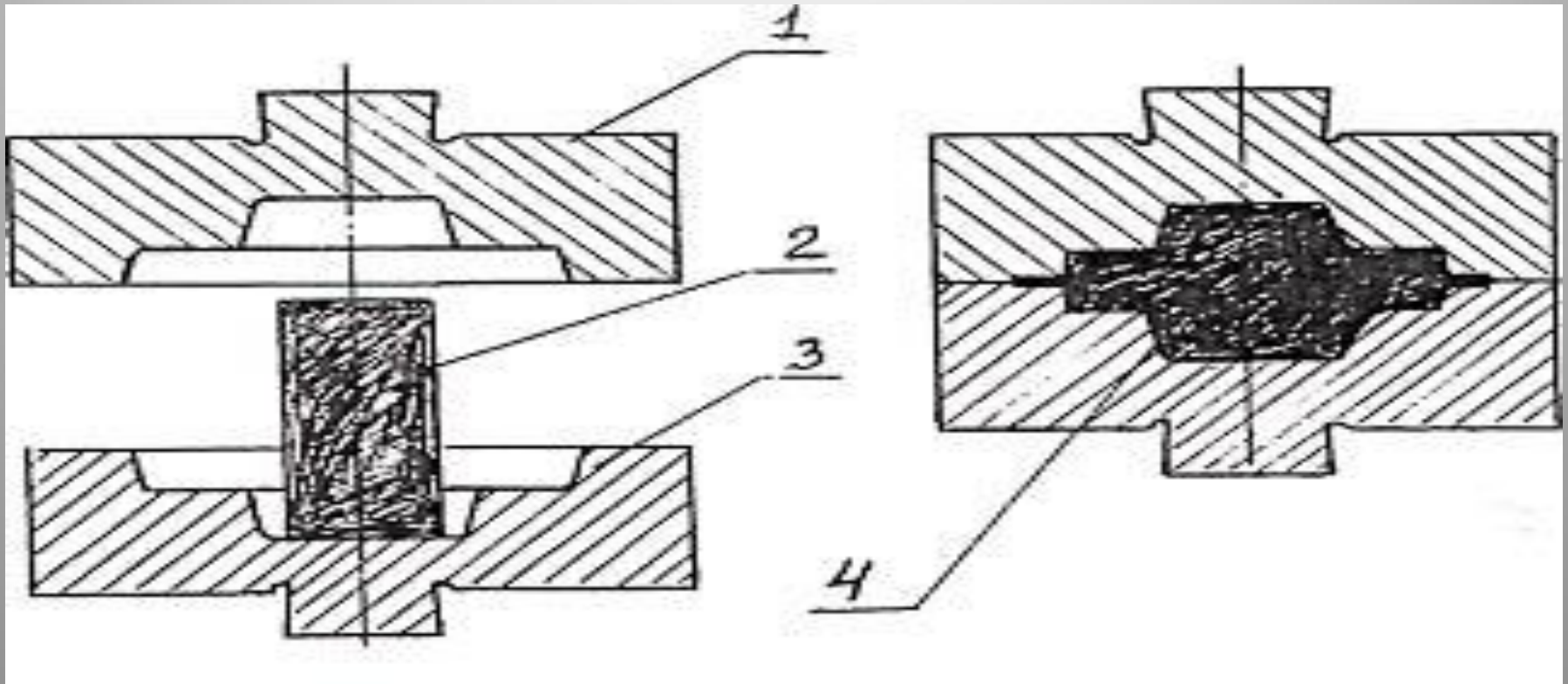
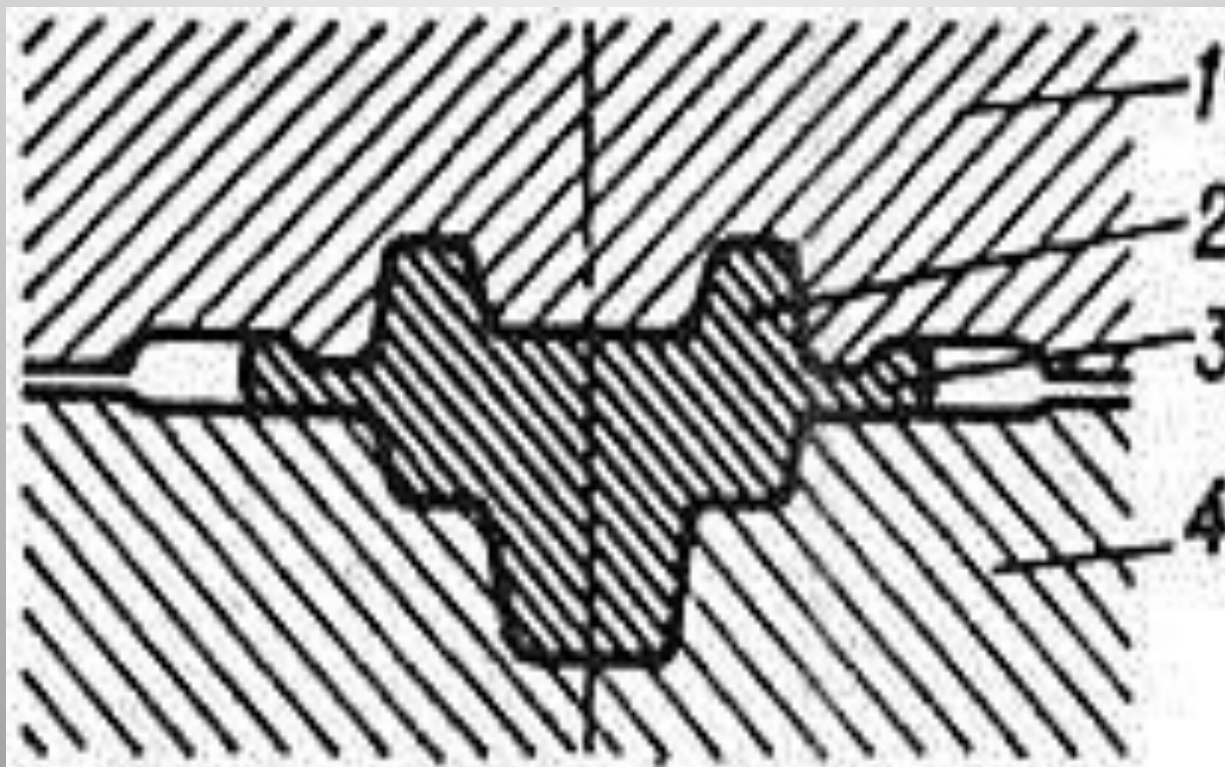


Схема горячей штамповки

# 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.



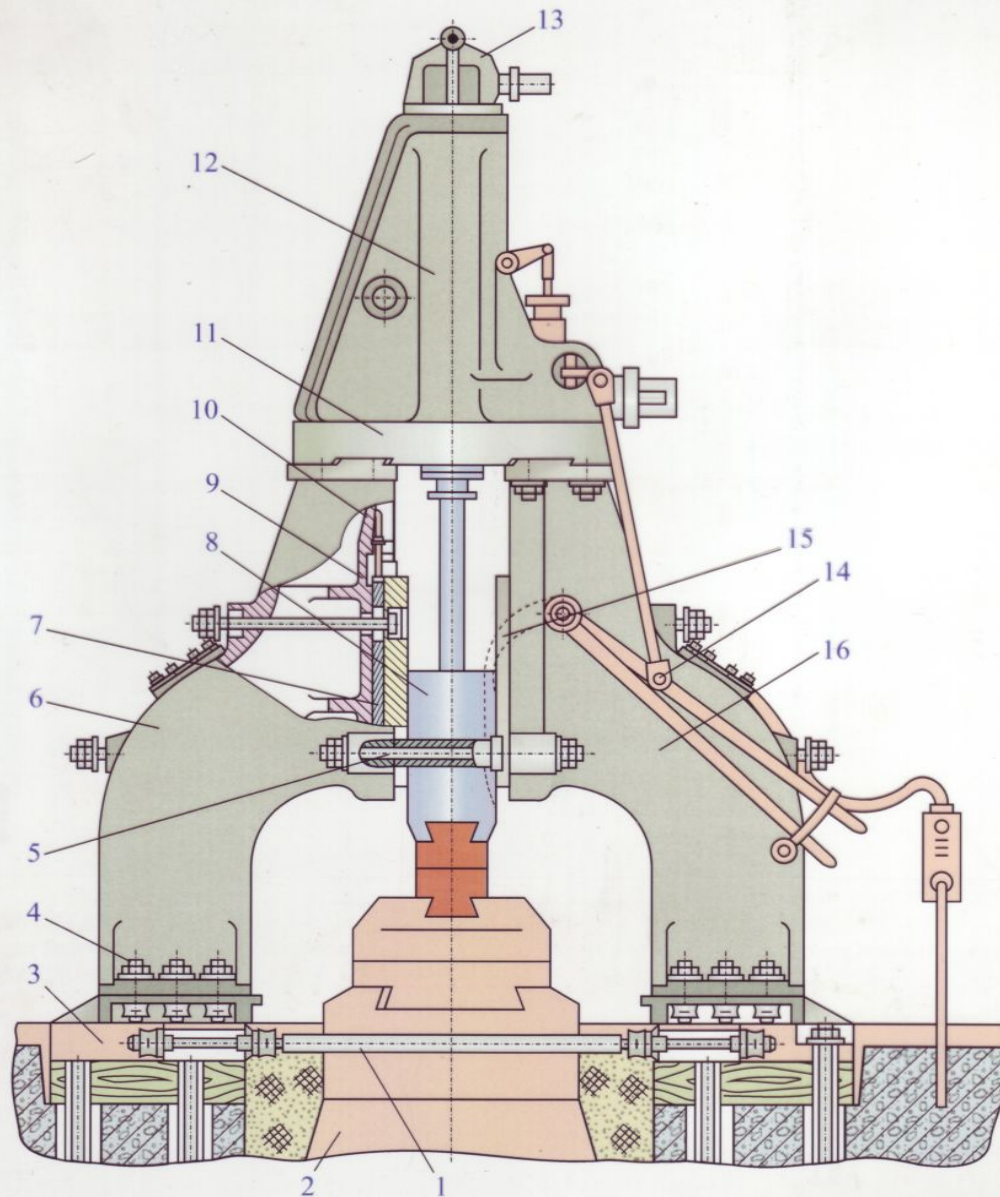


# Ковка и штамповка на молотах



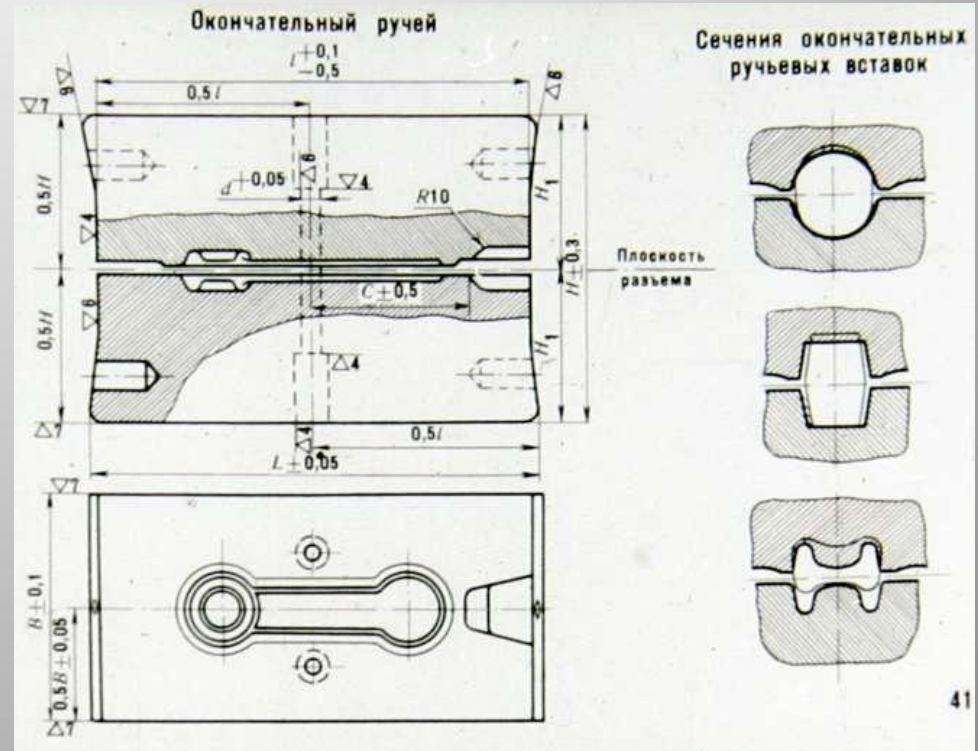


# ТИПОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПАРОВОЗДУШНОГО КОВЕЧНОГО МОЛОТА



- 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).**

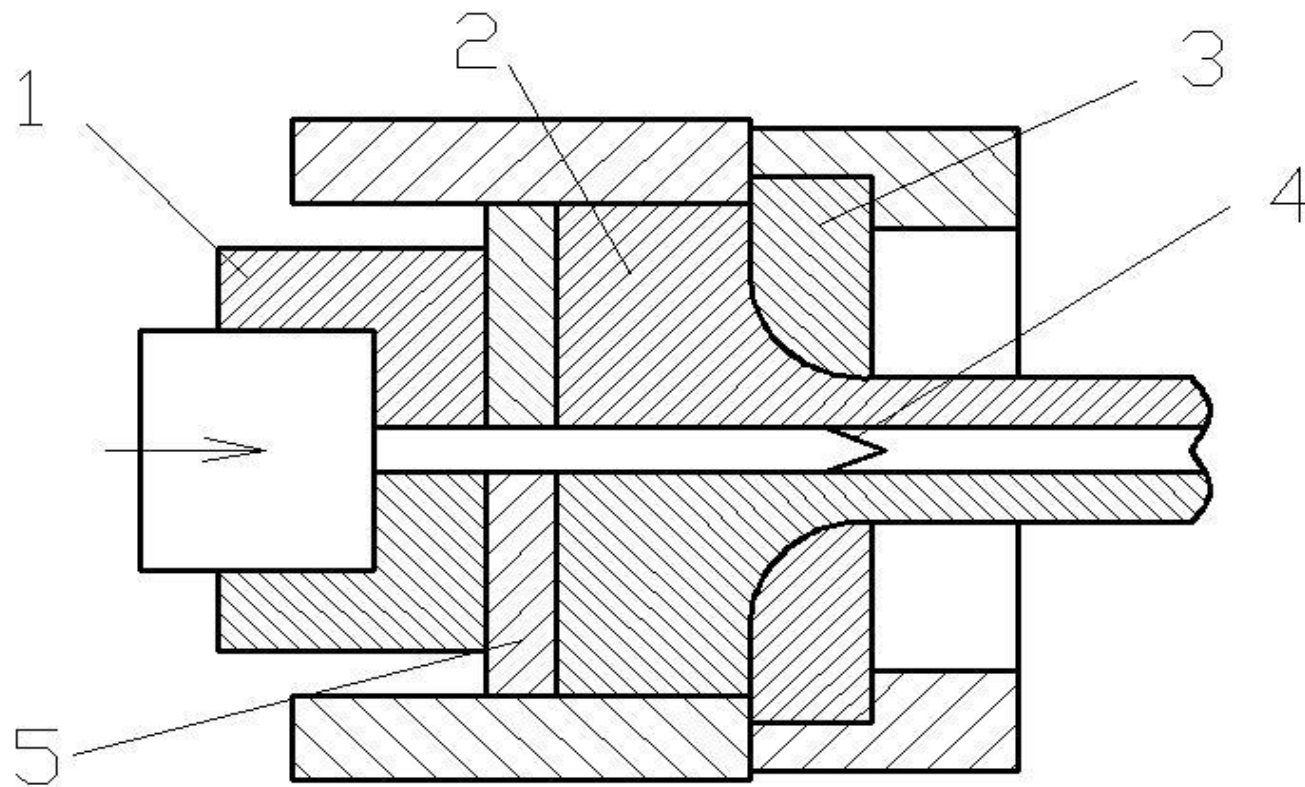
Марка стали	Содержание, %				Термообработка		Твердость, HRC
	C	Cr	Ni	другие	$t_{\text{закал}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{отп}}, ^\circ\text{C}$	
<b>5ХНМ</b>	0,50-0,60	0,5-0,8	1,4-1,8	Mo 0,15-0,3	<b>840 - 860</b>	<b>500 - 550</b>	40-45
<b>5ХНВ</b>	0,50-0,60	0,5-0,8	1,4-1,8	W 0,4-0,7	<b>840 - 860</b>	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



## 2. Стали повышенной теплостойкости и вязкости

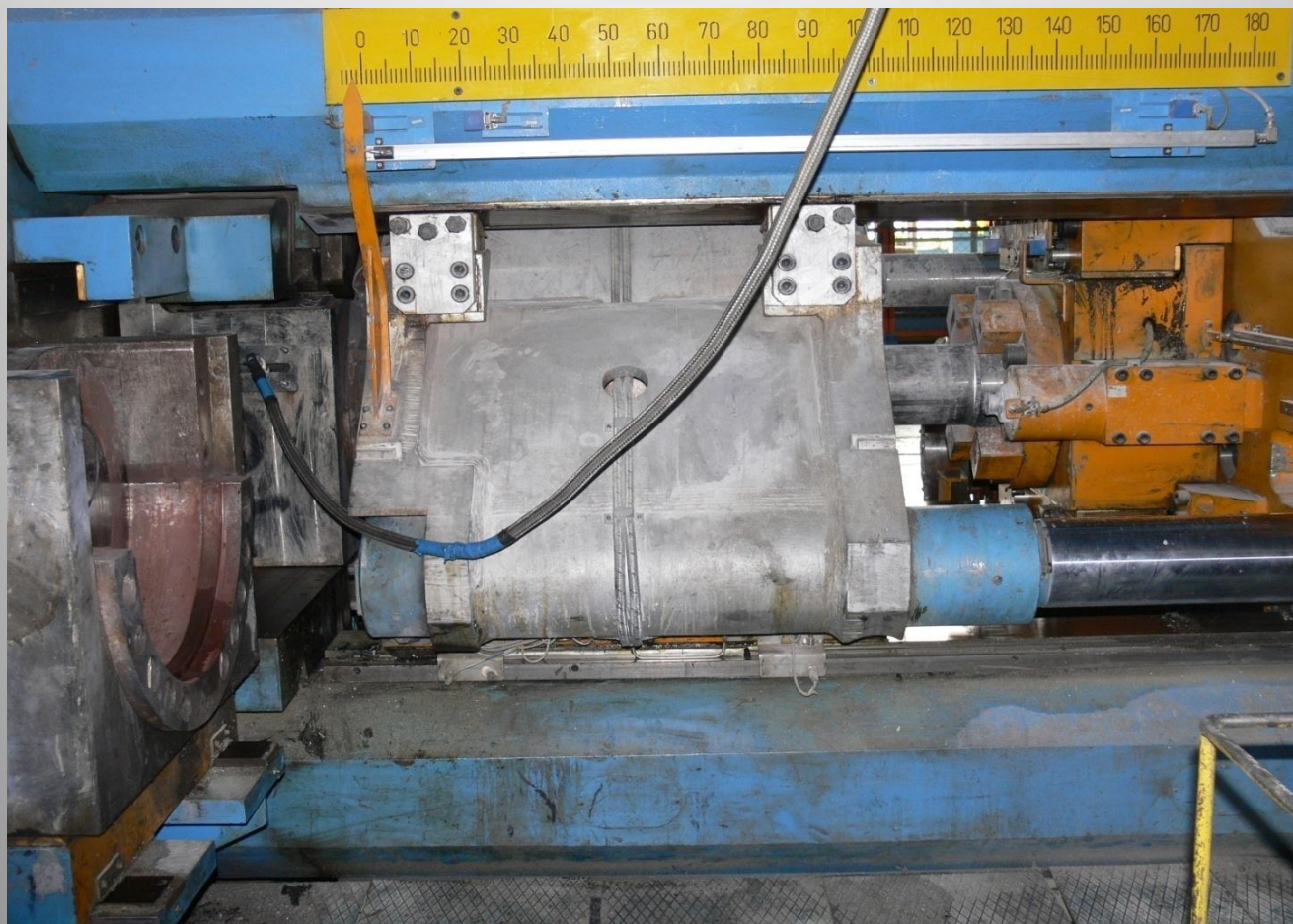


# Схема прессования профилей





# Пресс для горячего прессования алюминиевых профилей

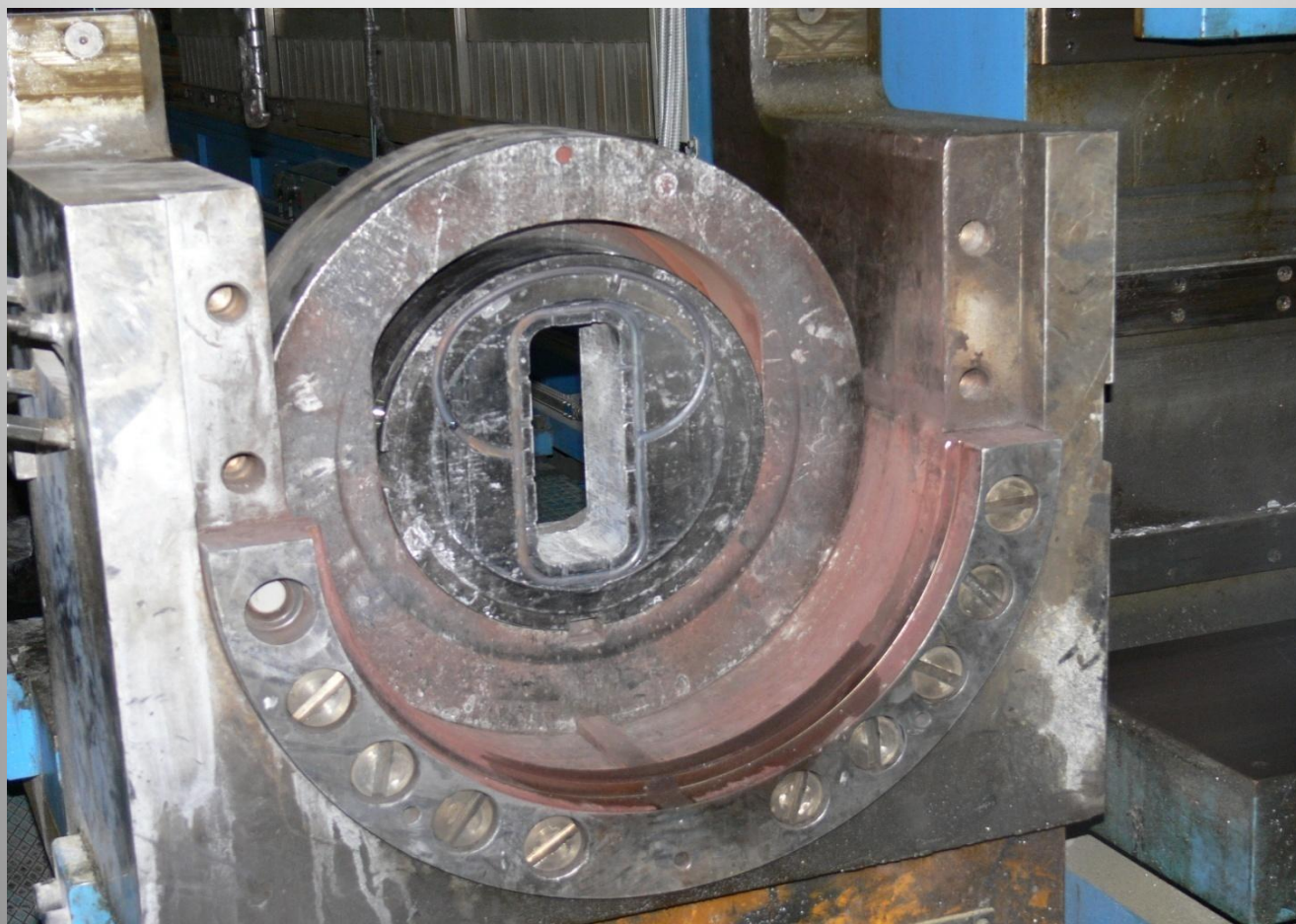


# Контейнер пресса





# 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 **Me<sub>6</sub>C** на основе молибдена и вольфрама.

Марка стали	Содержание, %				Термообработка		Твердость, HRC
	C	Si	Cr	другие	t <sub>нагр</sub> , °C	t <sub>отп</sub> , °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 <sub>B</sub> , МПа	δ, %	ψ, %	KCU, МДж/м <sup>2</sup>
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, 4X2B5MФ      Закалка 1130-1150<sup>0</sup> С  
   отпуск 630-650<sup>0</sup> С

Карбидо-интерметаллидные

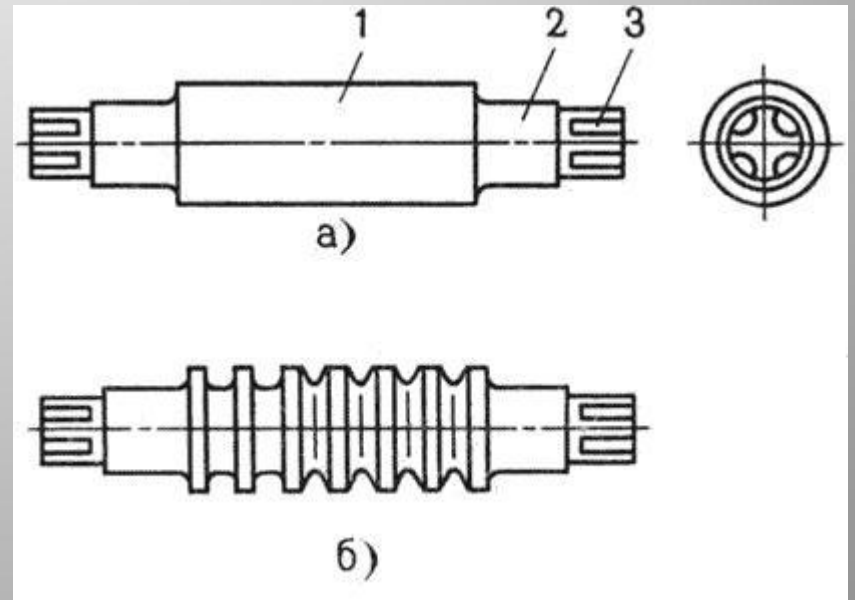
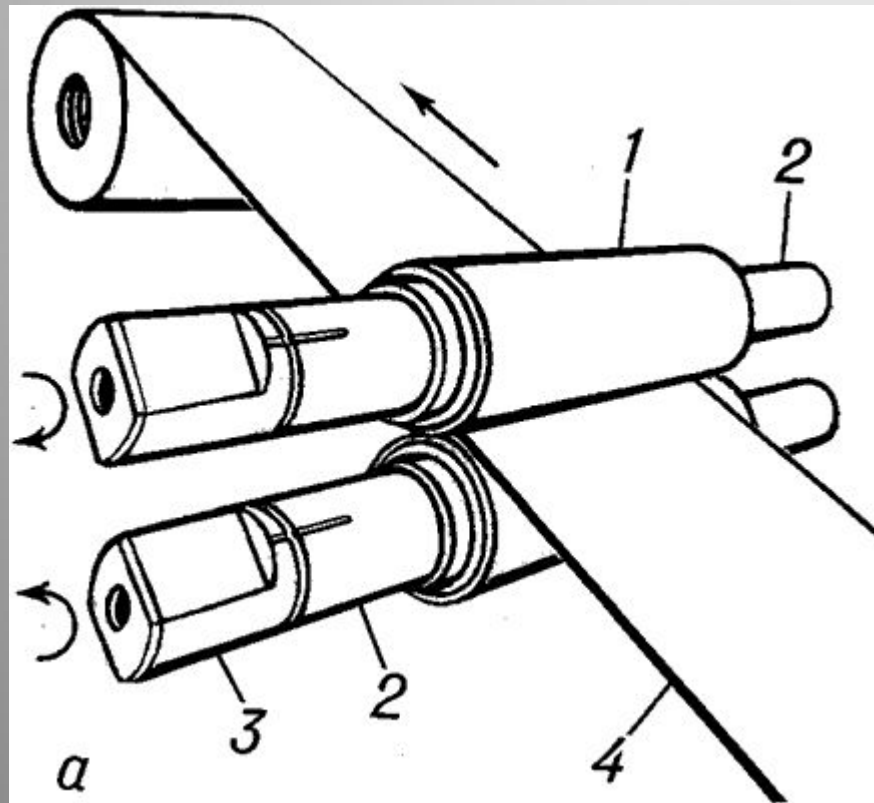
2X6B8M2K8, 3X10B7M2K10

Закалка 1180-1200<sup>0</sup> С  
отпуск 670-690<sup>0</sup> С

# Прокатка металла

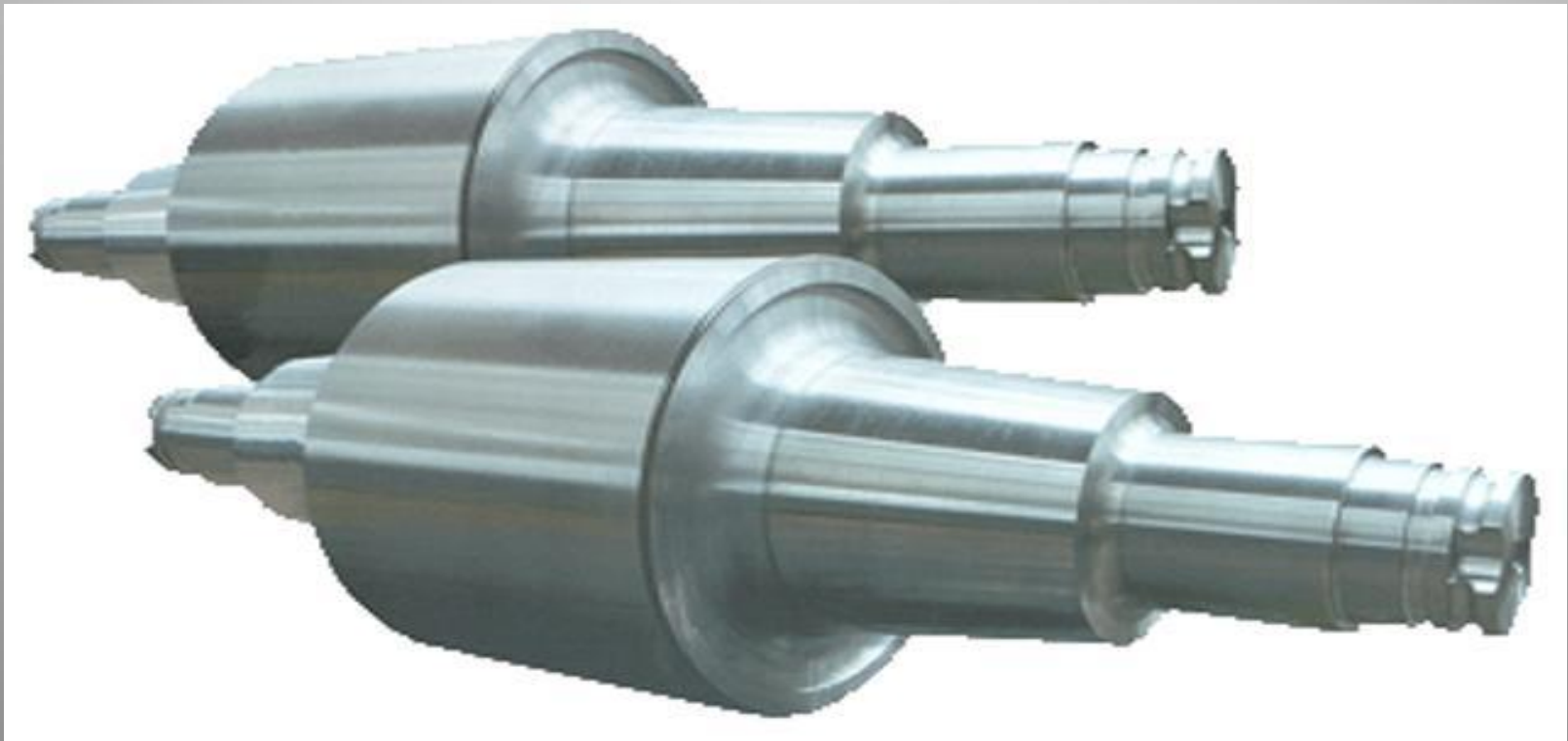


# Схема прокатки металла





# Валки прокатного стана



# Стали для валков прокатных станков

## Горячая прокатка

55X, 60XН,  
150XНМ, 180СXНМ

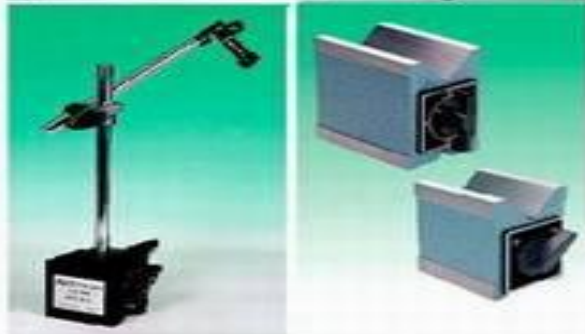
1. Закалка (нормализация) + В.отпуск
2. Двойная (тройная) нормализация + В.отпуск

## Холодная прокатка

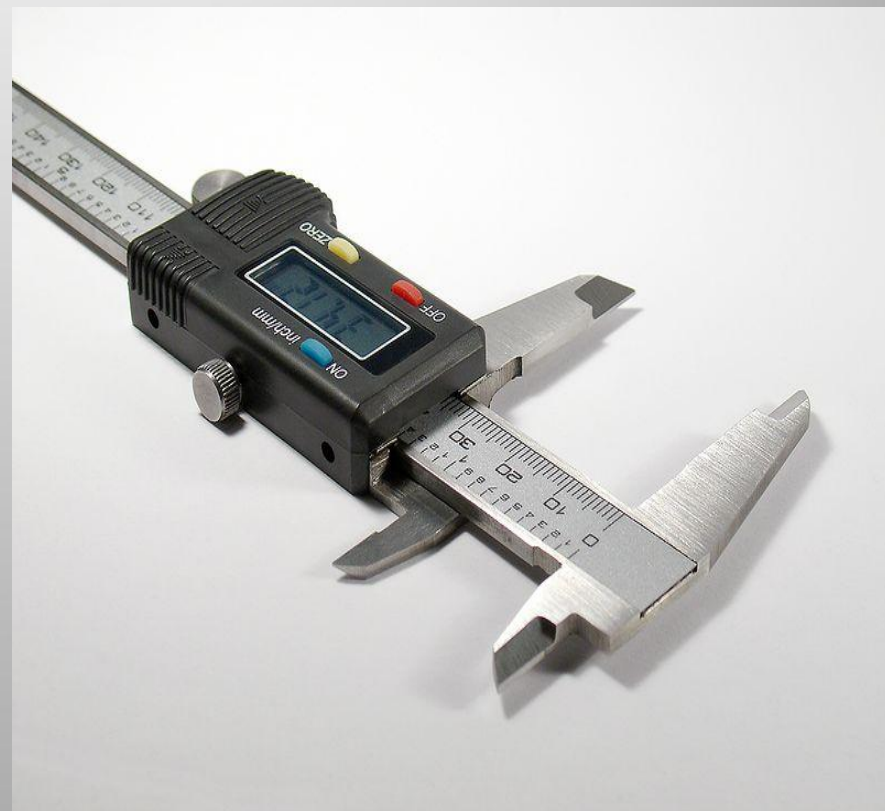
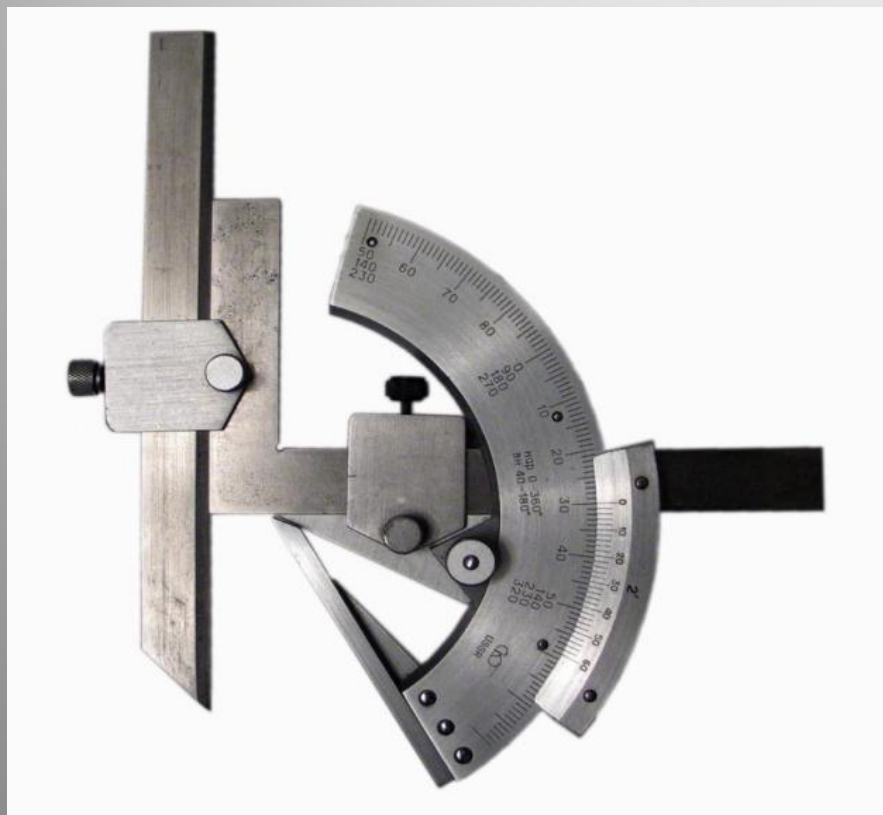
9X, 9X2, 9X2МФ  
75XСМФ, 8X5СМФК

Закалка 850-950<sup>0</sup> С  
отпуск 150- 450<sup>0</sup> 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.

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

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

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

## Режим термической обработки стали X

