



# КУРС «Материаловедение»

## Тема: инструментальные стали и сплавы

Казачков Олег Владимирович, доцент, к.т.н.

Институт лесных, инженерных и строительных наук,  
кафедра транспортных и технологических машин и  
оборудования

[kaz @ psu.karelia.ru](mailto:kaz@psu.karelia.ru)



# Инструментальные стали. Основные понятия.

- **Инструментальные стали** – это стали, применяемые для обработки материалов резанием и давлением и обладающие твердостью, вязкостью, теплостойкостью, износостойкостью в условиях эксплуатации
- **Для режущего инструмента**
- **Для измерительного инструмента**
- **Для изготовления штампов**

# Классификация инструментальных сталей по теплостойкости

**стали**

**Нетеплостойкие**  
**200...300**

**Полутеплостойкие**  
**400...500**

**Теплостойкие**  
**>550...600**

# Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435-99 )

- **Маркировка:** буква У и число, показывающее среднее содержание углерода в десятых долях %
- **Буква А** в конце маркировки (У10А) показывает, что данная сталь **высококачественная**, т.е. имеет меньше серы и фосфора

марки стали	термическая обработка		твердость, НРС
	$t_{\text{нагр.}}^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{отп.}}^{\circ}\text{C}$	
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



# Область применения инструментальных угл. сталей

Марка стали	Назначение
У7, У7А, У8, У8А, У9, У9А	Инструмент: слесарно-монтажный – молотки, кувалды, отвертки, кернеры, комбинированные плоскогубцы, кусачки, кузнечные штампы
У10, У10А, У11, У11А, У12, У12А	Инструмент: штампы для холодной штамповки, калибры простой формы и пониженных классов точности, напильники, шаберы, холодно-высадочные пуансоны. штемпели
У13, У13А	Инструмент, обладающий повышенной износостойкостью при умеренных нагрузках – напильники, бритвы, хирургический инструмент, шаберы, граверы



# Стали для режущего инструмента

- **неглубокой прокаливаемости,**  
**нетеплостойкие**
- Содержат 0,4...0,7%Cr, 0,5...0,8%W, 0,05...0,15V
- Т.о. з(780...860 °С) + н.о(120...180 °С)
- Марки: 7ХФ, 11ХФ, 13Х, В2Ф, ХВ4
- Применение : ножи, метчики, пилы, фрезы размер не более 25мм, нагрев < 200...260 °С



# Стали для режущего инструмента

- глубокой прокаливаемости,  
нетеплостойкие или полутеплостойкие
- Содержат Cr 1,3...1,6%, Mn, Si, W, V
- Т.о. :з (830...860 °С)+н.о. (150...200 °С)
- Структура: мартенсит, карбиды
- Марки: X, 9XC, ХВГ, ХВГС, 9Х5ВФ, 8Х4В3М3Ф2
- Применение: режущий инструмент > 25мм

# Быстрорежущие стали (ГОСТ19265-73)

- Быстрорежущие стали – это инструментальные стали, применяемые для изготовления режущего инструмента, работающего в условиях значительного нагружения и нагрева рабочих кромок до 615...725 °С.
- Обладают высокой теплостойкостью, износостойкостью, твердостью, сопротивляемостью пластическим деформациям



# Маркировка быстрорежущих сталей

- Для повышения теплостойкости (краснотойкости) стали легируют большим количеством вольфрама в сочетании с хромом  $\approx 4\%$ , молибденом, ванадием и кобальтом
- Марка начинается с буквы Р, за которой следует цифра, обозначающее содержание вольфрама в %

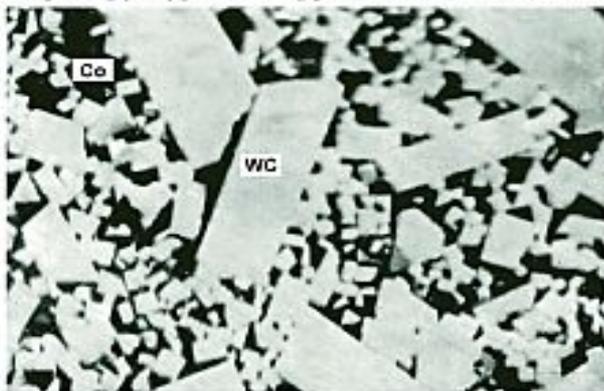
марка стали	содержание, %				
	C	W	Mo	Cr	V
P18	0,7-0,8	17-19	0,5-1,0	3,8-4,4	1,0-1,4
P9	0,85-0,95	8,5-10,5	до 1,0	3,8-4,4	2,0-2,6
P6M5	0,82-0,90	5,5-6,5	5,0-5,5	3,8-4,4	1,7-2,1

Легирующие элементы образуют следующие карбиды:  
 $Fe_3W_3C$ ,  $Fe_3Mo_3C$ ,  $VC$ ,  $Cr_{23}C_6$

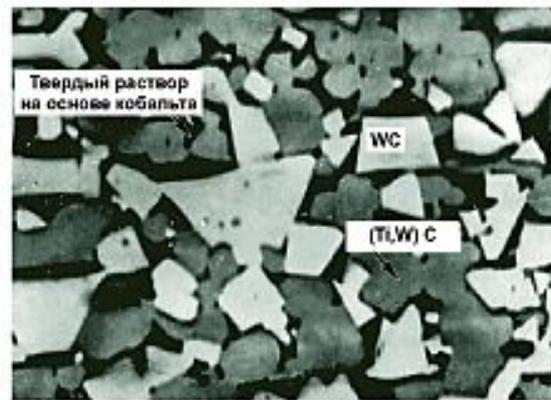
# Металлокерамические твердые сплавы

- Твердые сплавы – это сплавы, изготавливаемые порошковой металлургией и состоящие из карбидов тугоплавких металлов (WC, TiC, TaC), соединенных кобальтовой связкой
- Сочетают высокую твердость и износостойкость с высокой теплостойкостью до 1000 °С

Микроструктура вольфрамового сплава BK15



Микроструктура титановольфрамового сплава T15K6



# Классификация твердых сплавов

## Твердые сплавы

Вольфрамовые (WC + Co)

Титановольфрамовые (WC+ TiC+ Co)

Титанотанталовольфрамовые (WC+ TiC+TaC+ Co)

Безвольфрамовые (TiC +( Ni+Mo))

# Маркировка твердых сплавов

## Вольфрамовые сплавы

- Маркируются буквами ВК и цифрой, показывающей содержание кобальта в %
- Примеры: ВК3, ВК6, ВК8, ВК10, ВК20

## Титановольфрамовые сплавы

- Маркируются буквами Т и К и цифрами за этими буквами, показывающими содержание карбида титана и кобальта в %
- Примеры: Т30К4, Т15К6, Т5К10 и тд

## Титанотанталовольфрамовые сплавы

- Маркируются буквами ТТ и К и цифрами за этими буквами, показывающими содержание карбида титана и тантала и кобальта в %
- Примеры: ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ20К9 и тд

## Безвольфрамовые сплавы

- Маркируются буквами ТН и цифрой за этими буквами, показывающими содержание Ni и Мо в %, основа TiC
- Примеры: ТН-20, ТН-30, ТН-50 и тд

# Штамповые стали для холодного деформирования

- Требования: высокая твердость (HRC >58), износостойкость в сочетании с удовлетворительной вязкостью, теплостойкость (до 400 °С)

## Стали повышенной износостойкости (см. таблицу)

- Содержат хрома 6...12%, высоколегированные, объемная доля карбида хрома  $Cr_7C_3$  достигает 12...24%

## Стали повышенной вязкости 4XB2C, 5XB2CF, 6XB2C

марка стали	содержание, %				термообработка		твердость, HRC
	C	Cr	V	другие	$t_{зак}, ^\circ C$	$t_{отп}, ^\circ C$	
X12Ф1	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
X6BF	1,05-1,15	5,5-6,5	0,5-0,8	W 1,1-1,5	980-1000	150-170	61-63

# Штамповые стали для горячего деформирования

- **Требование:** высокая теплостойкость, вязкость, прокаливаемость, несклонность к отпускной хрупкости, разгаростойкость – выдерживать многократные нагревы и охлаждения без образования трещин
- **Штампы для ГKM** ( см. таблицу) (600...700 °C)
- **Молотовые штампы** 5XHM, 5X2MНФ, 4XMФC до600

марка стали	содержание, %				термообработка		твёрдость, HRC
	C	Si	Cr	другие	t <sub>зак.</sub> , °C	t <sub>отп.</sub> , °C	
4X5MФC	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
4X4BMФC	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
3X2B8Ф	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