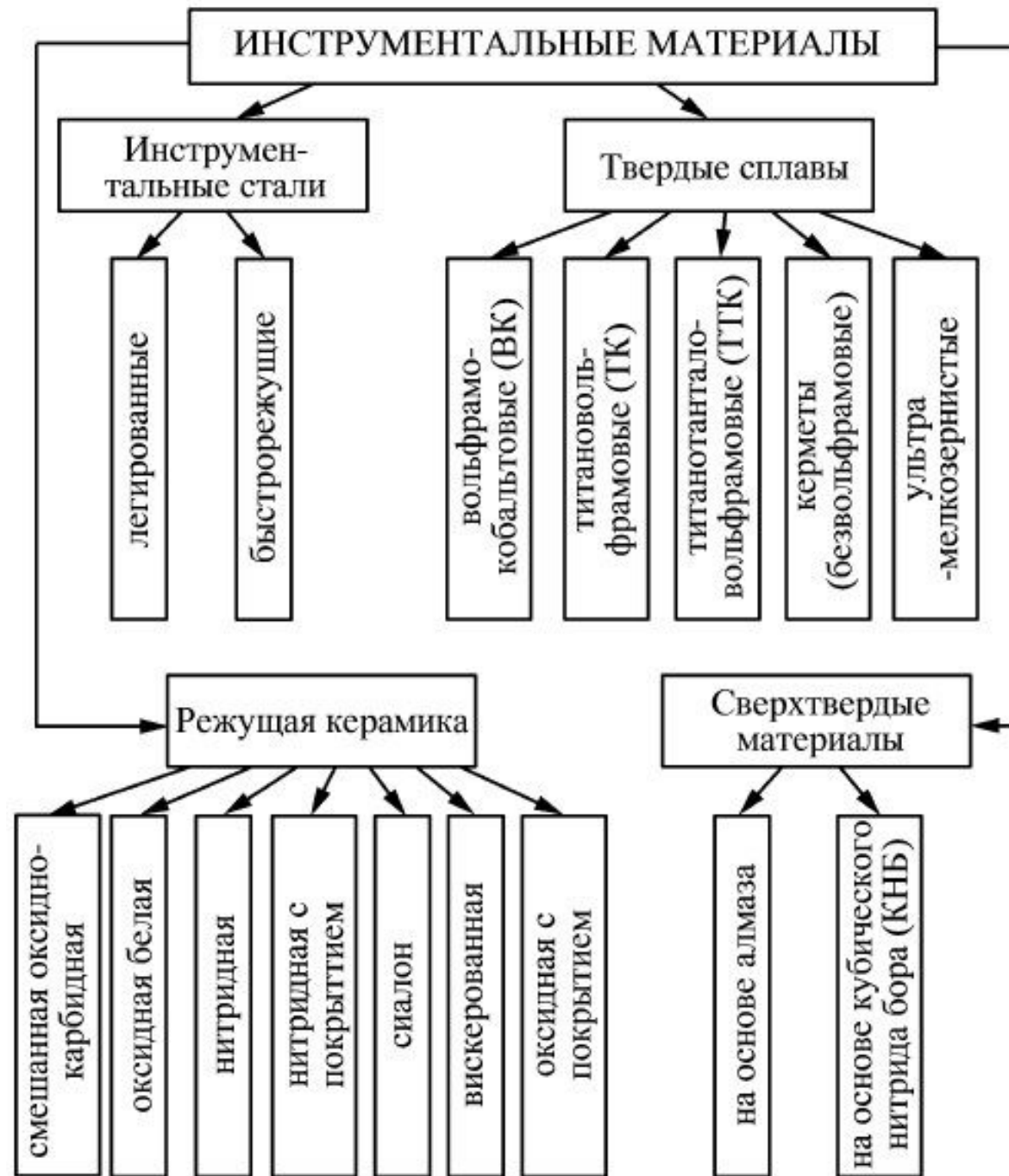


# Инструментальные стали



СХЕМА-КЛАССИФИКАЦИЯ  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ



# ТРЕБОВАНИЯ К ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ СТАЛЯМ

- хорошая обрабатываемость методом резки металла;
- низкая чувствительность к перегреву;
- низкая восприимчивость к процессам прилипания и приваривания к обрабатываемым деталям;
- хорошая шлифуемость;
- восприимчивость к прокаливанию;
- пластичность в горячем состоянии;
- способность противостоять обезуглероживанию;
- устойчивость к образованию трещин.

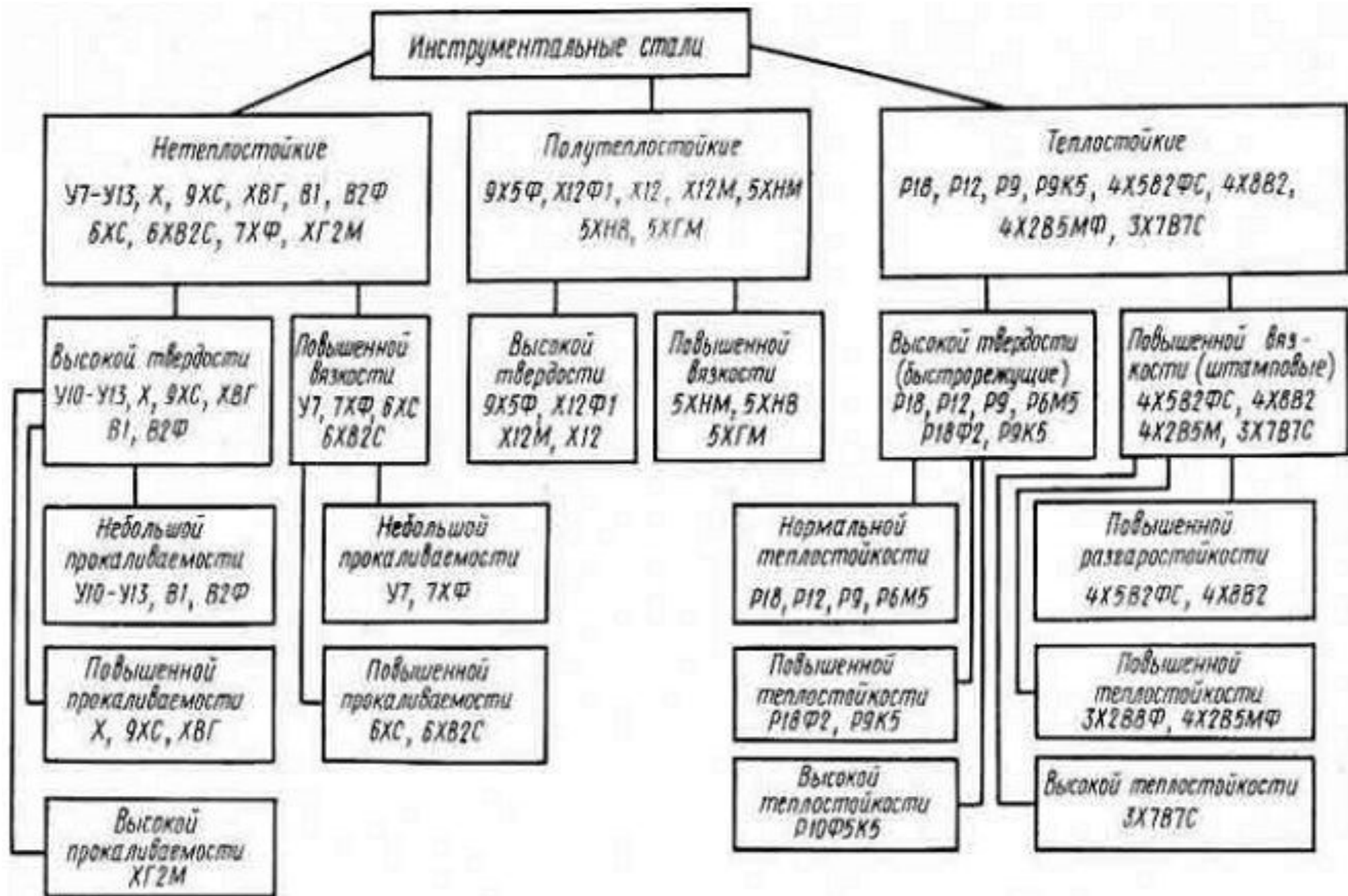
### Варианты применения инструментальных сталей (на примере углеродистой)

Наименование	Марка стали	Применение
Углеродистая инструментальная	У7 У7А	Молотки, керны, отвертки, зубила, кузнечный инструмент, косы
Углеродистая инструментальная	У8 У8А	Ножницы, ножи рубильных машин, ручной столярный инструмент, рамные пилы
Углеродистая инструментальная, высокой твердости	У10 У10А	Сверла, фрезы малого диаметра, ленточные пилы, развертки
Углеродистая инструментальная, повышенной твердости	У12 У13	Токарные резцы по дереву, ножовочные полотна по металлу, надфили, напильники, граверный инструмент

# ВИДЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Все марки сталей для производства инструментов подразделяют на 5 основных групп.

- Теплостойкие и вязкие**
- Высокотвердые и вязкие, нетеплостойкие**
- Высокотвердые, теплостойкие и износостойкие**
- Износостойкие, высокотвердые и средней теплостойкости**
- Высокотвердые и нетеплостойкие**



ВАЖНЫМ ПАРАМЕТРОМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ УРОВЕНЬ ИХ ТВЕРДОСТИ. КАК ПРАВИЛО, ВЫСОКОТВЕРДЫЕ СТАЛИ НЕЖЕЛАТЕЛЬНО ПРИМЕНЯТЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИНСТРУМЕНТА, КОТОРЫЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДВЕРГАЕТСЯ УДАРНЫМ НАГРУЗКАМ. ОБЪЯСНЯЕТСЯ ЭТО ТЕМ, ЧТО ТАКИЕ СПЛАВЫ ОБЛАДАЮТ НЕВЫСОКОЙ ВЯЗКОСТЬЮ И ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ ХРУПКОСТЬЮ, ЧТО МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ПОЛОМКЕ ИНСТРУМЕНТА, КОТОРЫЙ ИЗ НИХ ИЗГОТОВЛЕН.

ПО УРОВНЮ ТВЕРДОСТИ МОЖНО ВЫДЕЛИТЬ ДВЕ КАТЕГОРИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ:

- С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ВЯЗКОСТИ (СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА В ПРЕДЕЛАХ **0,4-0,7%**);
- С ВЫСОКОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ И ТВЕРДОСТЬЮ (УГЛЕРОДА В НИХ СОДЕРЖИТСЯ БОЛЬШЕ: **0,7-1,5%**).

# ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НА СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

**Углерод** Оказывает на свойства стали очень значительное влияние. Если его содержится до **1,2%**, то углерод способствует повышению твердости, прочности, предела текучести металла. Превышение указанного значения способствует тому, что начинает значительно ухудшаться не только прочность, но и пластичность.

**Марганец** Если количество марганца не превышает **0,8%**, то он считается технологической примесью. Он призван повысить степень раскисления, а также противостоять негативному влиянию серы на сталь.

**Сера** При превышении содержания серы выше **0,65%** механические свойства стали существенно снижаются, речь идет об уменьшении уровня пластичности, коррозионной стойкости, ударной вязкости. Также высокое содержание серы негативно влияет на свариваемость стали.

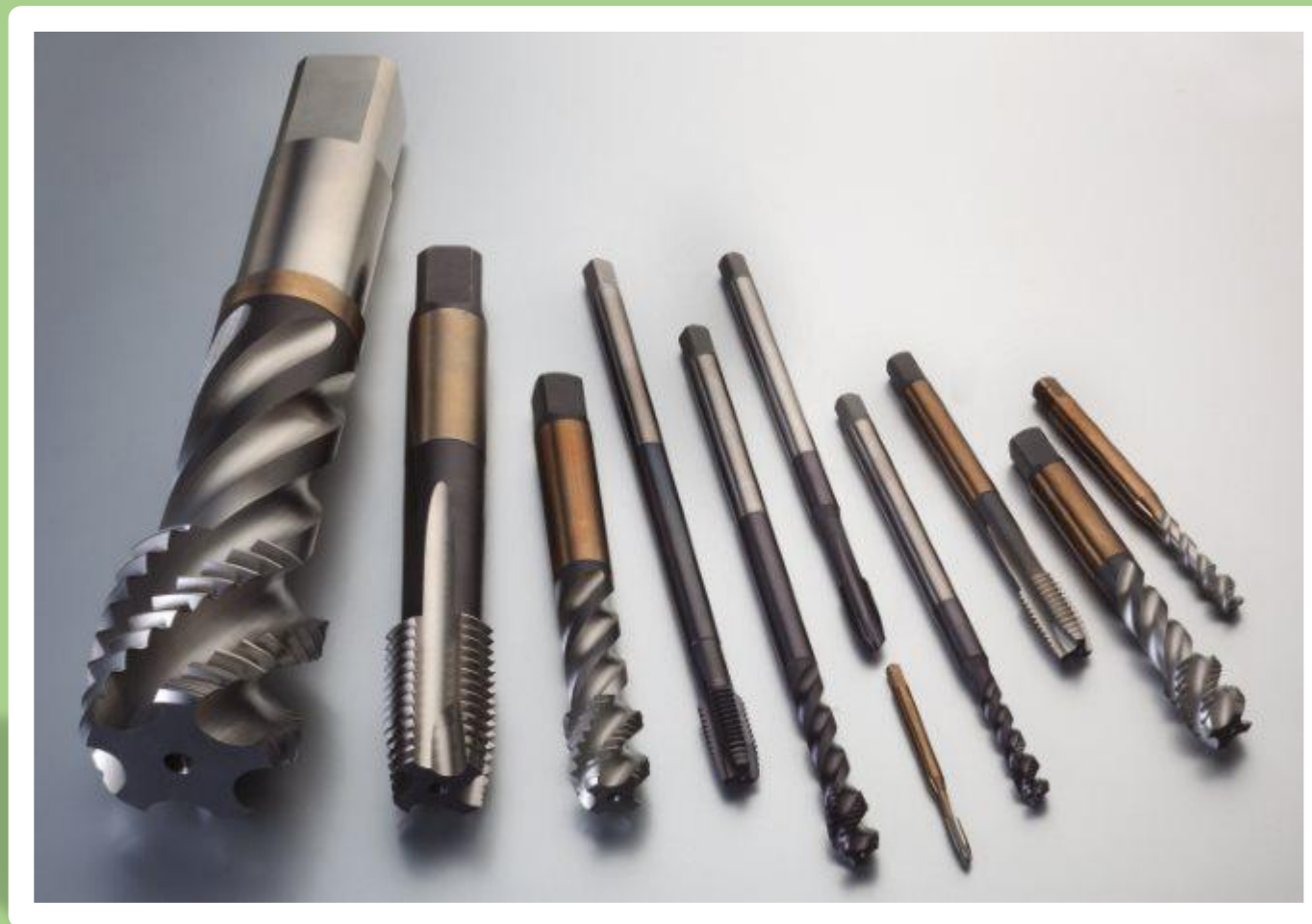
**Фосфор** Даже незначительное превышение содержания фосфора выше необходимого уровня чревато повышением хрупкости и текучести, а также снижением вязкости и пластичности стали.

**Азот и кислород** При превышении определенных количественных значений в составе стали вкрапления данных газов повышают хрупкость, а также способствуют понижению ее выносливости и вязкости.

**Водород** Слишком большое содержание водорода в стали ведет к увеличению ее хрупкости.



# БЫСТРОРЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ: МАРКИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, МАРКИРОВКА



Маркировка тех сталей, которые входят в категорию быстрорежущих, начинается с буквы «Р», за которой идут цифры, указывающие на количественное содержание вольфрама. В остальном марки таких сплавов называются по стандартному принципу: буквы, обозначающие элемент, и, соответственно, цифры, отражающие его количественное содержание. В обозначении таких сталей не указывается хром, так как его стандартное содержание в них составляет около **4%**, а также углерод, количество которого пропорционально содержанию ванадия. Если количество ванадия превышает **2,5%**, то его буквенное обозначение и количественное содержание проставляют в самом конце маркировки (**39, Р18, Р6М5Ф3** и др.).

## К НАИБОЛЕЕ ПРИМЕЧАТЕЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ, КОТОРЫМИ ОТЛИЧАЮТСЯ БЫСТРОРЕЖУЩИЕ СТАЛИ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК, НУЖНО ОТНЕСТИ СЛЕДУЮЩИЕ.

- **Твердость, сохраняемая в горячем состоянии (горячая твердость).** Как известно, любой инструмент, используемый для выполнения обработки резанием, в процессе такой обработки интенсивно нагревается. В результате нагрева обычные инструментальные стали подвергаются отпуску, что в итоге приводит к снижению твердости инструмента. Такого не происходит, если для изготовления была использована быстрорежущая сталь, которая способна сохранять свою твердость даже при нагреве инструмента до **6000**. Что характерно, стали быстрорежущих марок, которые часто называют быстрорезы, обладают даже меньшей твердостью по сравнению с обычными углеродистыми, если температура резания находится в нормальных пределах: до **2000**.
- **Повышенная красностойкость.** Данный параметр любого металла характеризует период времени, в течение которого инструмент, изготовленный из него, способен выдерживать высокую температуру, не теряя своих первоначальных характеристик. Быстрорежущие стали в качестве материала для изготовления режущего инструмента не имеют себе равных по данному параметру.
- **Сопротивление разрушению.** Режущий инструмент, кроме способности переносить воздействие повышенных температур, должен отличаться и улучшенными механическими характеристиками, что в полной мере демонстрируют стали быстрорежущих марок. Инструмент, изготовленный из таких сталей, обладающий высокой прочностью, может успешно работать на большой глубине резания (сверла) и на высоких скоростях подачи (резцы, сверла и др.).

# Характеристики и назначение быстрорежущих сталей

Марка стали	Химический состав, %						Термическая обработка, °С		Назначение
	Углерод	Хром	Ванадий	Вольфрам	Молибден	Кобальт	Закалка	Отпуск	
P9 (PЭМ)	0,85–0,95	3,8–4,4	2,0–2,6	8,5–10,0	до 0,1	–	1210–1240	550–570	Резцы, сверла, фрезы, плашки, пилы, деревообрабатывающий инструмент
P12	0,80–0,90	3,1–3,6	1,5–1,9	12,0–13,0	до 1,0	–	1240–1260	540–580	Фасонный режущий инструмент – фрезы, протяжки, метчики, плашки, резьбонарезные гребенки и др.
P18	0,70–0,80	3,8–4,4	1,0–1,4	17,0–18,5	до 1,0	–	1270–1290	560–570	Метчики резьбовые фрезы, гребенки
P6M5	0,80–0,88	3,8–4,4	1,7–2,1	5,5–6,5	3,0–5,5	–	1200–1230	540–560	Режущие инструменты для обработки металла всех видов
10P6M5	1,00–1,15	3,8–4,4	1,8–2,2	5,5–6,5	4,5–5,5	–	1190–1220	540–560	Инструменты для обработки резанием конструкционных сталей
P12Ф4К5 P18Ф2К8М	1,25–1,40 0,95–1,05	3,7–4,2 3,8–4,4	3,2–3,9 1,8–2,4	12,5–14,0 17,0–18,5	0,5–1,0 0,8–1,2	5,0–6,0 7,8–8,5	1230–1260 1240–1270	550–580 560–580	Инструменты для обработки резанием труднообрабатываемых сталей

Примечание: содержание никеля, марганца, кремния не более 0,4 %, серы – не более 0,03 %.

# РАСШИФРОВКА

\* Если содержание ванадия превышает 2,5%, то указывается буква "Ф" и процент ванадия в сплаве (например, Ф4).

\* Процент хрома в сплаве стабильно находится в районе 4% и не указывается в маркировке стали.

Р6М5К5

быстрорежущая  
сталь

содержание  
вольфрама, %

молибден, 5%

кобальт, 5%

В зависимости от содержания в составе стали тех или иных элементов, а также от их количества, все подобные сплавы делятся на три основных категории. Определить, к какой из категорий относится сталь, достаточно легко, расшифровав ее маркировку.

Итак, стали быстрорежущих марок принято разделять на следующие категории:

- \* сплавы, в которых кобальта содержится до **10%**, а вольфрама до **22%**; к таким сталям относятся сплавы марок **Р6М5Ф2К8**, **Р10М4Ф3К10** и др.;
- \* стали с содержанием не более **5%** кобальта и до **18%** вольфрама; такими сталями являются сплавы марок **Р9К5**, **Р18Ф2К5**, **Р10Ф5К5** и др.;
- \* сплавы, в которых как кобальта, так и вольфрама содержится не более **16%**; к таким сплавам относится сталь **Р9**, **Р18**, **Р12**, **Р6М5** и др.

# ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ ВАЛЬФРАМОКОБОЛЬТОВЫЕ

Такие сплавы, получаемые преимущественно методами порошковой металлургии, полностью соответствуют своему названию – «твердые». В частности, твердость популярного сплава марки **ВК8** в зависимости от условий его производства находится в интервале **1670–2800** единиц по шкале Роквелла. В обозначении марки твердого сплава, число после буквы **К** показывает процентное содержание кобальта; остальное приходится на карбид вольфрама. При одинаковом содержании кобальта механические и режущие свойства в значительной мере определяются зернистостью карбидной фазы. Буква **М** указывает на то, что сплав является мелкозернистым, **ОМ** - особо мелкозернистый.

Мелкозернистая структура сплава повышает его износостойкость, но уменьшает прочность, крупнозернистая - наоборот. Образованию особомелкозернистой (размер зерен **WC** менее **1** мкм) структуры способствуют добавки карбидов тантала (около **2%**). С целью экономии дефицитного тантала разработаны сплавы с добавками карбида хрома (сплавы типа **ХОМ**), который также тормозит рост зерен карбидов вольфрама.

Благодаря особомелкозернистой структуре сплавов при заточке и доводке инструментов у них достигается наименьший радиус округления режущих кромок. Это обеспечивает повышение точности и качество обработанной поверхности деталей

Вольфрамокобальтовые твердые сплавы рекомендуются преимущественно для обработки материалов, дающих дискретные типы стружек (элементная, стружка надлома) - чугуны, цветные металлы, стеклопластики и трудно обрабатываемые материалы (нержавеющие, высокопрочные стали, жаропрочные сплавы на основе никеля и титана и т.п.).



# ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Марка сплава	Предел прочности на изгиб, МПа не менее	Плотность г/см <sup>3</sup>	HRA*, не менее	Область применения
<b>Вольфрамовая группа сплавов</b>				
ВК3	1176	15,0-15,3	89,5	Чистовая и окончательная обработка (точение, нарезание резьбы, размерная обработка отверстий и др.) серого чугуна, цветных металлов и сплавов и неметаллических материалов
ВК3-М	1176	15,0-15,3	91,0	Чистовая обработка (точение, растачивание, нарезание резьбы, развёртывание) твёрдых, легированных и отбеленных чугунов, цементированных закалённых сталей
ВК4	1519	14,9-15,2	89,5	Черновая обработка при неравномерном сечении среза (точение, фрезерование, растачивание, рассверливание, зенкерование) при обработке чугуна, цветных металлов и сплавов, титана и его сплавов.
ВК6	1519	14,6-15,0	88,5	Черновая и получистовая обработка (точение, нарезание резьбы резцами, фрезерование, рассверливание и растачивание, зенкерование отверстий) серого чугуна, цветных металлов и их сплавов.
ВК6-М	1421	14,8-15,1	90,0	Получистовая обработка жаропрочных сталей и сплавов, коррозионно-стойких сталей аустенитного класса, твёрдых чугунов, закаленных чугунов, твердой бронзы, сплавов легких металлов, обработка закаленных сталей, а также сырых углеродистых легированных сталей при тонких сечениях среза на весьма малых скоростях резания

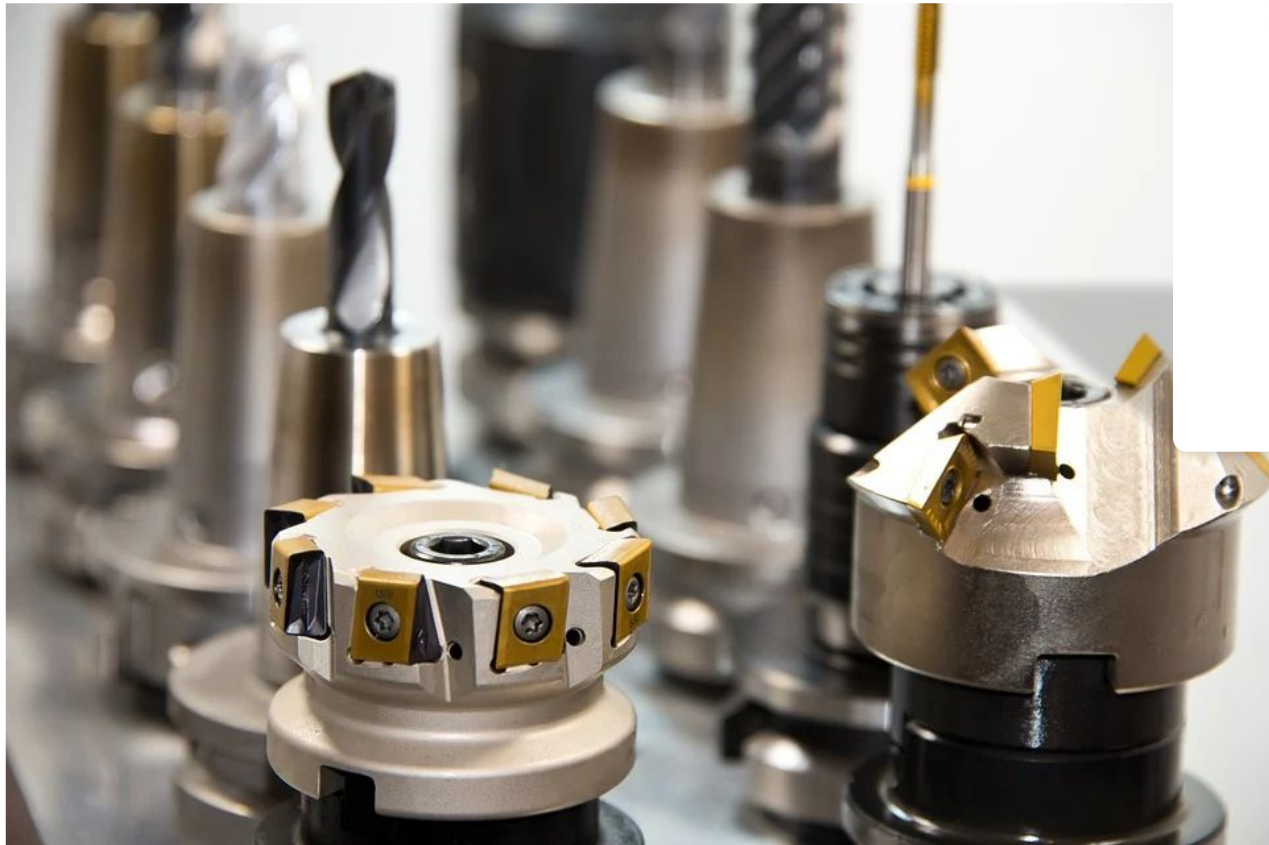
ВК6-ОМ	1274	14,7-15,0	90,5	Чистовая и получистовая обработка твердых, легированных и отбеленных чугунов, закаленных сталей, высокопрочных и жаропрочных сталей, сталей и сплавов на основе титана, вольфрама и молибдена (точение, растачивание, нарезание резьбы, шабровка)
ВК8	1666	14,4-14,8	87,5	Черновая обработка при неравномерном сечении среза и прерывистом резании серого чугуна, цветных металлов и их сплавов, коррозионно-стойких, высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов, титановых сплавов (точение, строгание, фрезерование, сверление, зенкерование)
ВК10-ОМ	1470	14,3-14,6	88,5	Черновая и получистовая обработка твердых, легированных и отбеленных чугунов, коррозионно-стойких, высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов, особенно сплавов на основе титана, вольфрама и молибдена. Изготовление монолитного инструмента.
ВК10-М	1617	14,3-14,6	88,0	Обработка стали, чугуна, некоторых марок труднообрабатываемых материалов и неметаллов цельнотвердосплавным мелкогабаритным инструментом (сверление, зенкерование, развертывание, фрезерование и зубофрезерование)
ВК10-ХОМ, ВК15-ХОМ	1500, 1650	14,3-14,6, 13,8	89,0 87,5	Получистовая и чистовая обработка жаропрочных сталей и сплавов, преимущественно точением.

# ТИТАНОВОЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВЫЕ ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Титановольфрамкобальтовые сплавы (ТК) выпускают главным для оснащения инструментов при обработке резанием сталей, дающих сливную стружку. Сплавы этой группы состоят из карбидов вольфрама и титана. В качестве связки также используется кобальт. Добавки карбидов титана снижает адгезионное взаимодействие со сталью, по сравнению со сплавами группы ВК. Поэтому сплавы типа **WСТiССо** более износостойкие при обработке сталей. С увеличением в сплаве содержания карбидов титана, повышается его твердость и износостойкость. Однако, прочность при этом снижается. В обозначении марки твердого сплава число после буквы К также указывает на процентное содержание кобальта. Число, стоящее после буквы Т указывает на процентное содержание карбидов титана. Остальное приходится на содержание карбидов вольфрама

ТК - сплавы на основе карбида вольфрама с кобальтом в качестве металла-связки и добавлением карбида титана, ТТК - то же, что и ТК плюс карбид тантала.

# Область применения



• **ДОСТОИНСТВА:** обладают высокой твердостью и износостойкостью;

- имеет достаточно высокие прочностные характеристики;

- имеют хорошие показатели жаропрочности и жаростойкости;

- являются тугоплавкими материалами.

• **НЕДОСТАТКИ:** карбид вольфрама, являющийся основой большинства твердых сплавов, имеет высокую стоимость;

- по сравнению с быстрорежущими сталями имеют меньшую вязкость и достаточно чувствительны к ударным нагрузкам.

# Расшифровка T5K10

- T5 – указывает на содержание карбидов титана 5%. Их основное назначение – увеличение прочности и сопротивления воздействию ударных нагрузок. Помимо этого титан уменьшает влияние атмосферных газов на свойства сплава, в частности кислорода и водорода.
- K10 – показывает наличие 10% кобальта. С увеличением его содержания прочностные характеристики возрастают, но при этом уменьшается стойкость резца к износу.
- Остальная часть - около 75% от состава - приходится на карбид вольфрама. Именно этот компонент определяет свойства т5к10. Карбиды отвечают за твердость, а вольфрам за тугоплавкость и жаропрочность.
- Вредные примеси попадают в сплав ввиду несовершенства технологии выплавки и чистоты исходных металлов. Также при спекании велика вероятность попадания в состав таких газов как кислород, азот и водород.

## Применение T5K10

Основное назначение – это изготовление резцов для обработки стали и других материалов. Здесь следует отметить следующие технологические области применения:

- Черновое точение. Резание при этом осуществляется прерывисто, а сечение среза стали неравномерно;
- Фасонное точение;
- Чистовое строгание;
- Черновое фрезерование легированных сталей.

## РАСШИФРОВКА СПЛАВА Т15К6

содержит информацию:

**Т15 – 15%** карбида титана;

**К6 – 6%** кобальта.

**ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ Т15К6** включает токарное дело, при этом инструмент может использоваться для чистовой и черновой обработки стали. Одним из видов оборудования является резьбонарезной элемент, который нарезает резьбу на внутренней и наружной части заготовки. Резцы применяются для чистовой фрезеровки, зенкования, развертки и т.

д.



**АНАЛОГИ СПЛАВА Т15К6** выпускаются практически во всех странах. К наиболее распространенным материалам относятся:

чешский **S1**;

шведский **MC111**;

немецкие **HT01, HS123**.

**У СПЛАВА Т5К10** имеется несколько аналогов иностранного производства:

шведский **MC131**;

венгерский **DA30**;

польские **S30** и **S30S**;

немецкие **HS345** и **HT03**.

**К АНАЛОГАМ ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК8** относятся:

чешские **CSN, G1.1, G2**;

польские **PN, H30**;

венгерские **MSZ, DR30, DR40**;

болгарский **BDS**;

шведские **SS, MC241**;

немецкие **DIN, WNr, HG30, HG40**.