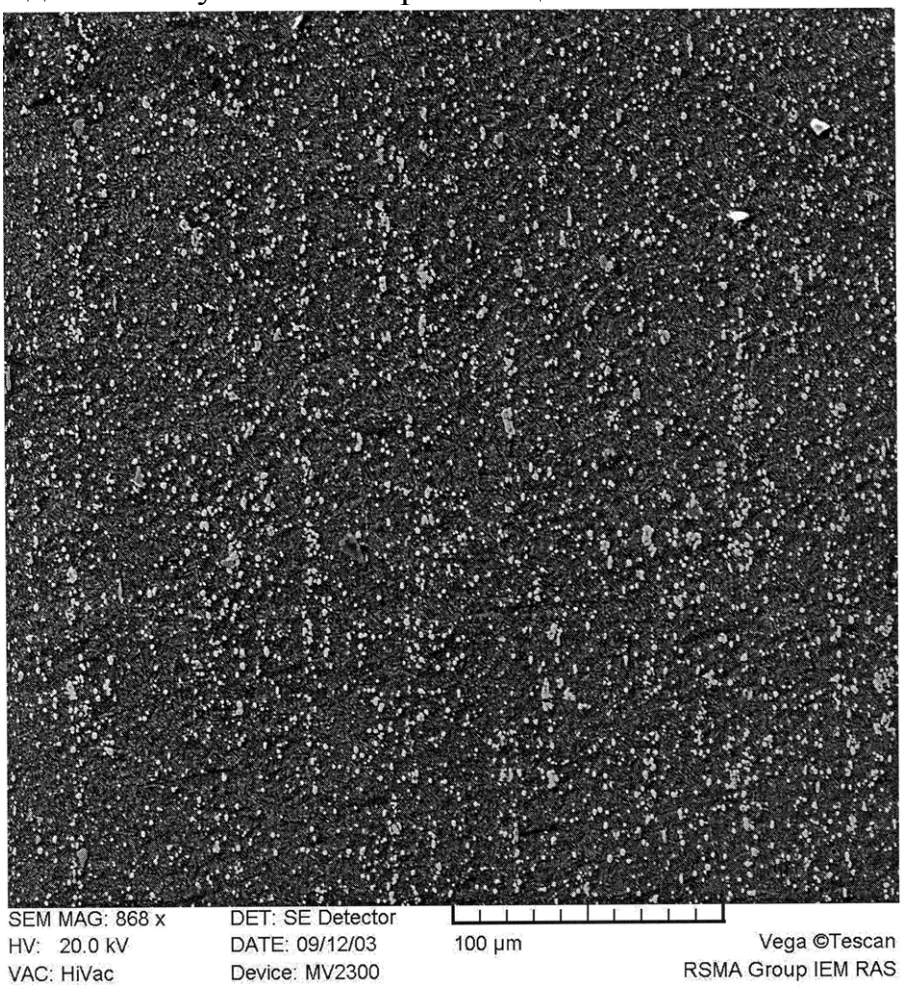
Механика разрушения материала режущей кромки.

Образование микротрещин в результате тепловых ударов это общий вид имеющих место разрушений. Разнообразие других разрушений режущих кромок в значительной мере зависит от свойств самого материала режущего элемента.

Если взять инструментальную сталь с большим содержанием вольфрама, молибдена, хрома и углерода, так называемую «быстрорежущую сталь», то образование значительного количества микротрещин может и не произойти, поскольку режущая кромка может затупиться раньше. Для того, что бы понять процессы износа происходящие в инструментальной стали, надо сопоставить их с теми же процессами, происходящими в твердых сплавах.

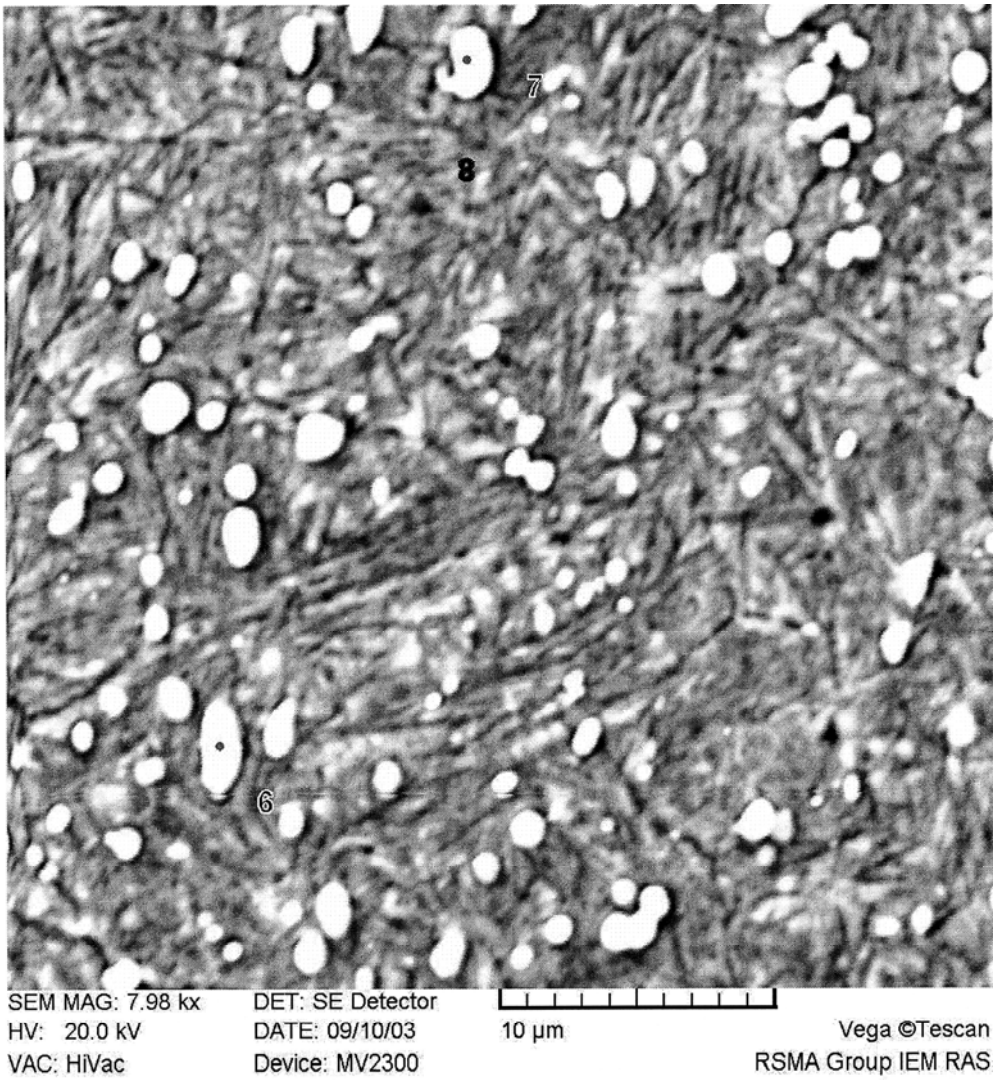
На приведенной ниже фотографии выполненной с небольшим увеличением, мы видим структуру быстрорежущей инструментальной стали. На фото видно как образования карбидов вытянуты в своеобразные цепочки.



Фотография структуры инструментальной стали типа Р6М5 при небольшом увеличении (х 868).

Это результаты прокатки металла, так как зерна аустенита (кристаллы железа) вытягиваются вдоль направления прокатки, а карбидные частицы выделяются чаще всего на границах этих зерен.

При больших увеличениях заметить такую тенденцию трудно, связано это с тем, что большая часть карбидных частиц имеет размер менее 1-го микрона, и они распределены равномерно. Сами крупные частицы карбидов часто представляют собой конгломераты сросшихся маленьких частиц и имеют вытянутую форму.



Фотография структуры инструментальной стали типа Р6М5 при увеличении х 7980

В инструментальной стали кристаллов карбида всего несколько процентов (5,8% … 8,9% для стали Р6М5), образуются они в процессе кристаллизации из расплава путем захвата атомов углерода атомами тугоплавкого металла. Основная часть частиц карбидов как мы видим из фотографии, весьма малы по размерам, они более или менее равномерно распределены в массиве высоко - углеродистой стали. При определенной скорости охлаждения высоко углеродистая сталь получает закалку и, как мы говорили раньше, получает твердую структуру, называемую «мартенсит». Зерна аустенита (кристаллы железа) стали имеют размер 4,8 … 6,1 мкм. Вкрапления мелких карбидов в структуре инструментальной стали повышают ее стойкость к истиранию.

Внутри структуры происходят процессы обмена атомами углерода, идет рост кристаллов и другие диффузионные процессы, но с очень малой скоростью. Однако при росте температуры за счет изменения состояния углерода меняются и свойства стали. Прежде всего, распадается мартенсит, сталь отжигается, и становиться мягче. При нагреве режущей кромки выше 620°С из структуры стали кислородом воздуха выжигается углерод. При пониженном содержании углерода окончательно распадается мартенсит. Режущая кромка становится мягкой, и небольшое количество мелких кристаллов карбида вольфрама уже не может препятствовать истиранию обезуглероженной стали. Кромка округляется еще больше, количество тепла нарастает, нагрев увеличивается и так лавинообразно, до полного выхода инструмента из строя со следами цветов побежалости в зоне режущих кромок. Переточка такого инструмента бесполезна, поскольку нарушен баланс углерода, во всей структуре стали.

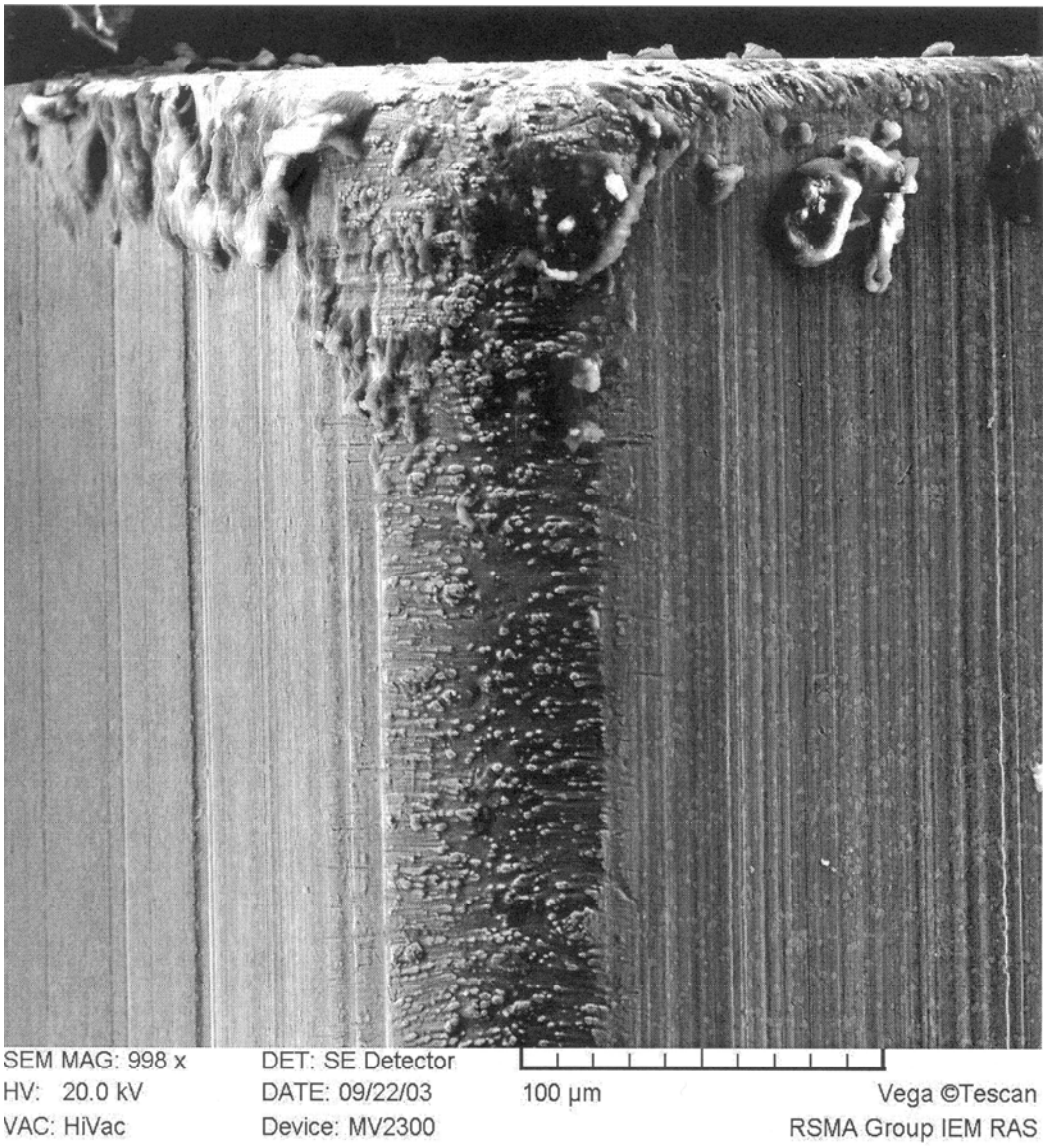
На серии из трех фотографий с разным увеличением показываем картину разрушения режущей кромки пильного диск, изготовленного из стали типа Р6М5, которая наглядно подтверждает все выше сказанное.

Перегреть режущие кромки на высоких скоростях обработки просто, достаточно нарушить режим подачи инструмента при обработке пластика.

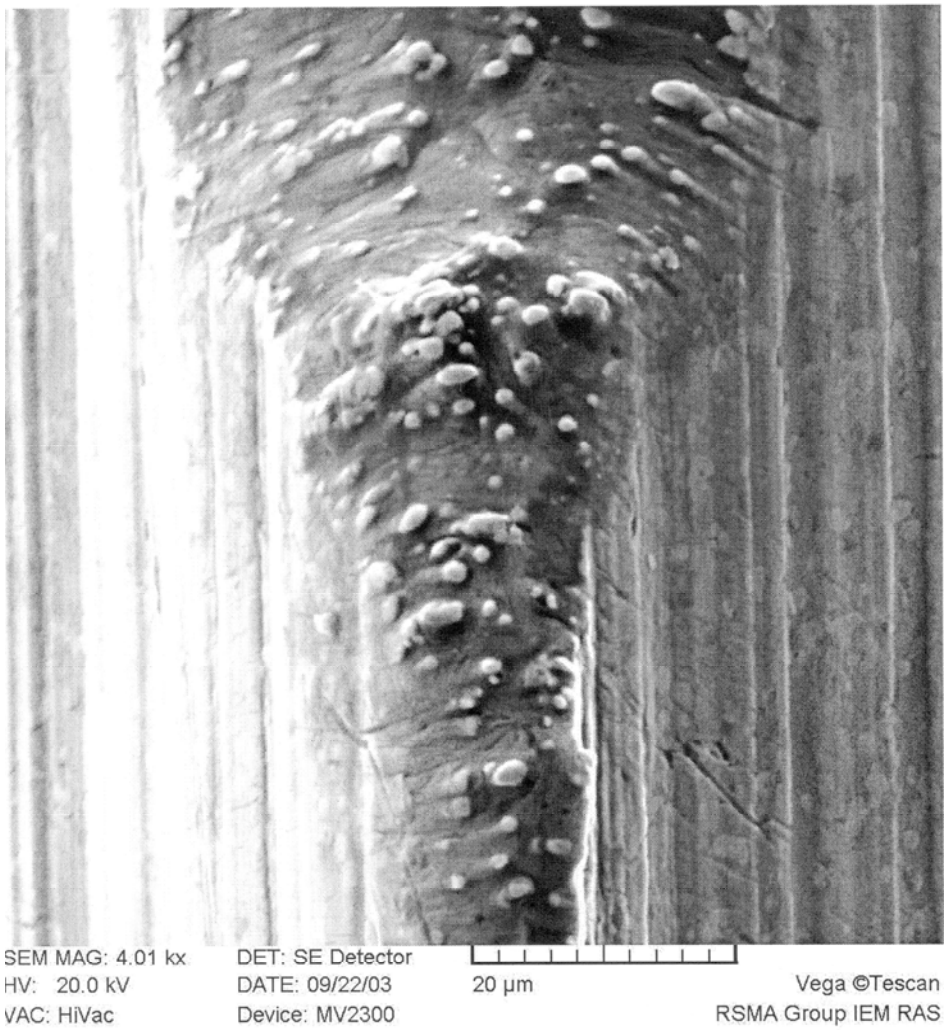
С другой стороны обезуглероживание режущих кромок в инструментах из инструментальной стали может произойти при неправильных режимах закалки и особенно заточки инструмента при его изготовлении. Если учесть, что инструмент, предназначенный для обработки алюминия и пластика, получают методом шлифования рабочих кромок, в том числе и стружечных канавок, с высоким качеством чистоты поверхности, то шлифование на воздухе, без обильного охлаждения, может привести к перегреву и обезуглероживанию поверхности. К этому же приводит закалка в открытых электропечах. Инструмент, изготовленный таким образом, визуально выглядит прекрасно, но работать не будет.

Учитывая это, везде, где возможно, стараются уйти от использования инструментальной стали для обработки пластика, и перейти на твердые сплавы.

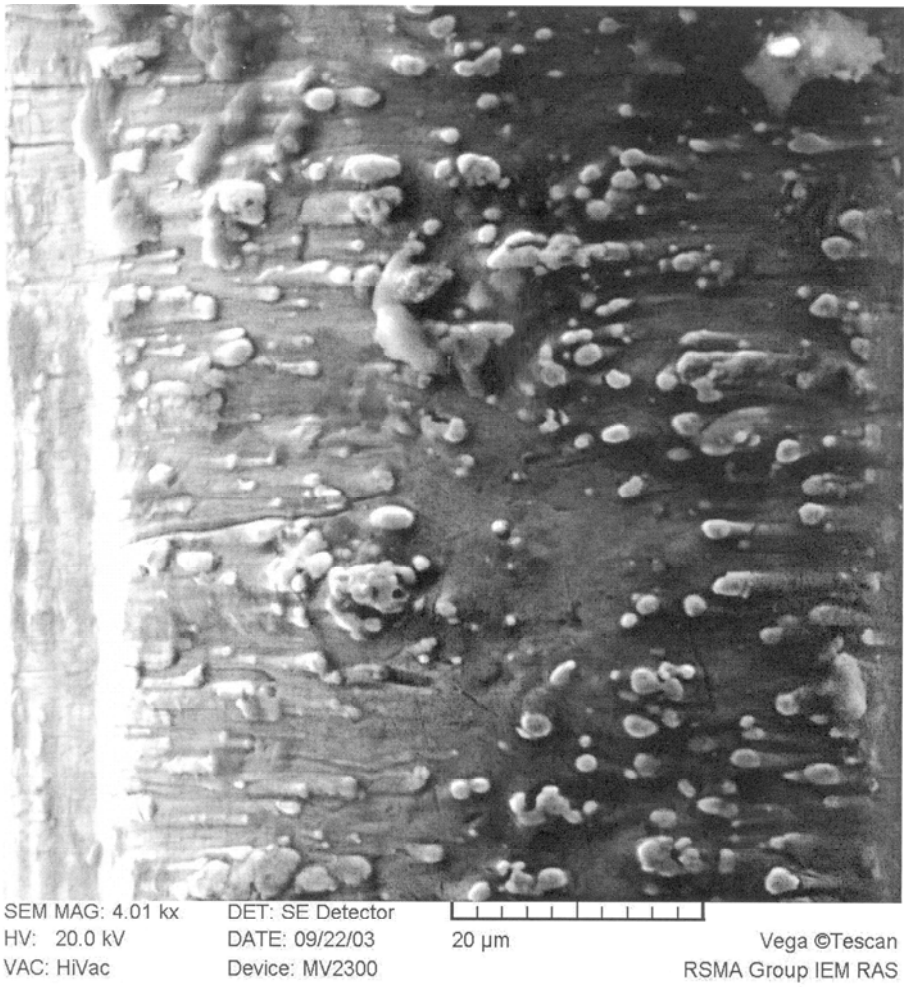
В отличие от инструментальной стали структура твердого сплава или точнее его каркас, на 70 …97% состоит из карбида вольфрама. Карбид получен заранее, размолот в порошок на шаровых мельницах до нужного размера зерна. Твердый сплав спекается окончательно в монолит, используя порошок связующего металла с легирующими добавками, в специальных печах в среде химически чистого атомарного водорода. Наличие жесткого каркаса в твердом сплаве и определяет все его основные свойства.



Вид режущей кромки пильного диска из стали типа Р6М5, подвергшейся разрушению, при увеличении х998, со следами налипшего пластика.



Вид одного из участков режущей кромки, пильного диска из стали Р6М5, где зона больших разрушений соседствует с зоной меньших разрушений при увеличении х4010



Вид участка режущей кромки пильного диска из стали Р6М5 с микротрещинами и следами налипшего пластика, при увеличении х4010.

Наиболее ценная особенность твердого сплава на основе карбидов - то, что он предлагает больше возможностей, чем любой другой известный материал, в решении одной из самых жестких проблем, с которой инженеры постоянно сталкиваются. Это – обеспечение надежности.

Обеспечение надежности, как правило, сопряжено с защитой от износа. В то же время сопротивление износу является наиболее выдающейся характеристикой твердых сплавов. Если материал также должен противостоять деформации, удару, тяжелой нагрузке, высокому давлению, коррозии и высокой температуре, твердые сплавы являются часто единственным материалом, который может удовлетворительно выполнить эти требования.

Твердые сплавы являются композиционными материалами, которые состоят из карбидных частиц, связанных вместе металлической связкой. Пропорция карбидной фазы - обычно между 70 -97% общего веса смеси, и размер зерна составляет от 0,4 до 10 мкм.

Карбид вольфрама (WC), как твердая фаза, в кобальтовой (Co) связке, это основа структуры твердого сплава, на которой базируются другие типы сплавов.

Дополнительно к основному карбиду вольфрама - кобальтовые композиции твердого сплава могут содержать различные пропорции карбида титана (TiC), карбида тантала (TaC) и карбида ниобия (NbC). Эти карбиды взаимно растворимы и

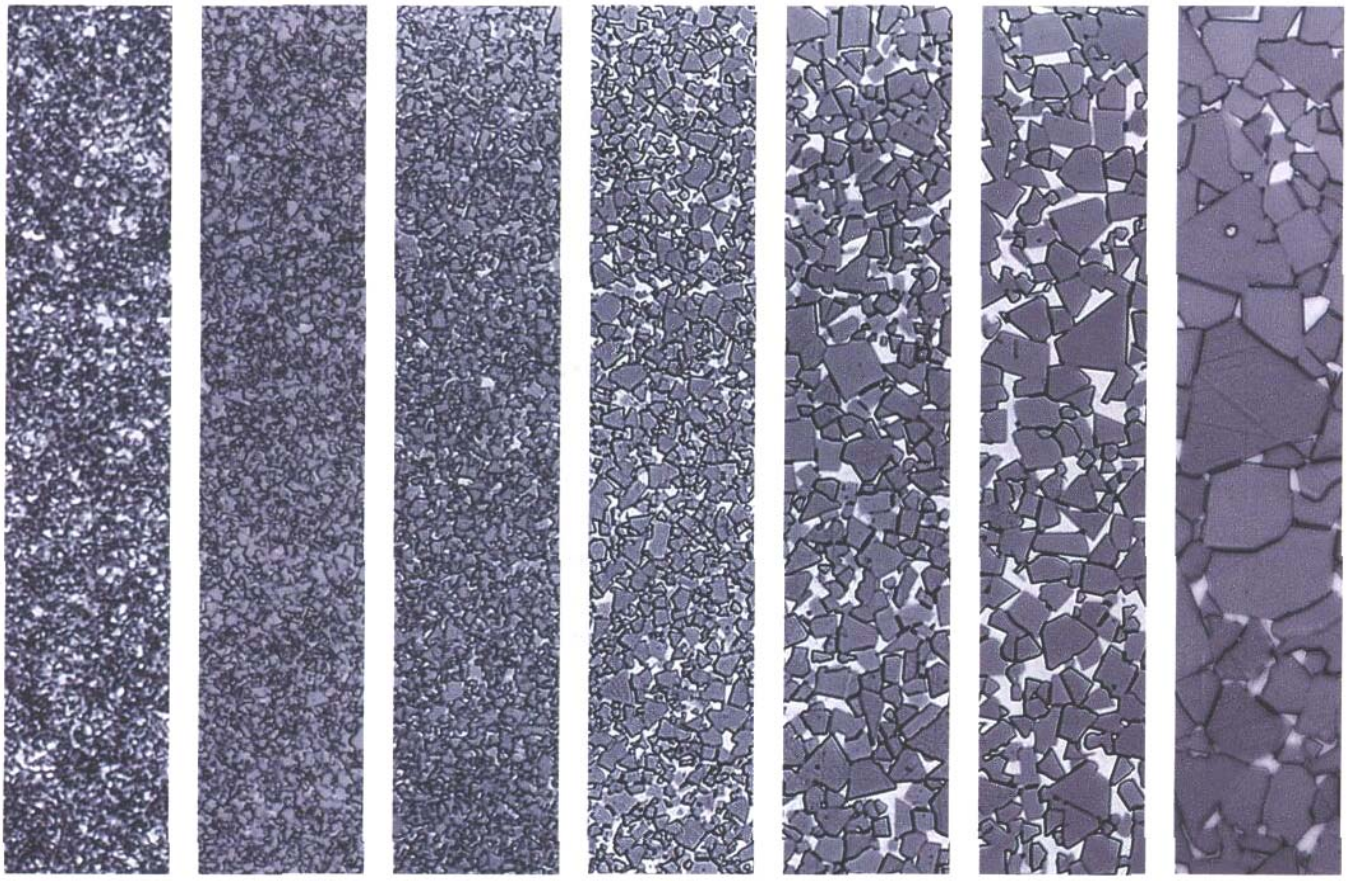
могут также растворять высокую пропорцию карбида вольфрама. Также выпускаются твердые сплавы, у которых кобальтовая связка выполнена как сплав с другими металлами.

Свойства твердого сплава во многом зависят от размеров частиц карбида вольфрама, качества и чистоты порошка связующего металла, например, кобальта, а также обеспечения режимов спекания в печах с атмосферой из химически чистого водорода.

Фирма «Sandvik Hard Materials» (Швеция) один из мировых лидеров в производстве твердых сплавов - использует следующую классификацию структуры сплавов по размеру зерна:

- **ультра – мелкозернистая** …….. с размером зерна менее 0,5 мкм;
- **особо – мелкозернистая**…….с размером зерна 0,5 …0,9 мкм;
- **мелкозернистая** ……..с размером зерна 1,0 …1,3 мкм;
- **средняя** …….с размером зерна 1,4 …2,0 мкм;
- **средне – грубая** ……с размером зерна 2,1 …3,4 мкм;
- **грубая** …….с размером зерна 3,5 …5,0 мкм;
- **сверх грубая** …….с размером зерна более 5,0 мкм;

Ультра - мелко зернистый	**Особо – мелко зернистый**	**Мелкозер - нистый**	**Средняя**	**Средне-грубая**	**Грубая**	**Сверхгрубая**
<0.5 мкм	0.5-0.9 мкм	1.0- 1.3 мкм	1.4-2.0 мкм	2.1 - 3.4 мкм	3.5-5.0 мкм	>5.0 мкм



Отечественные стандарты менее строги, из всех градаций шведской классификации соответствует только **сверх - мелкозернистая** структура сплава с размером зерна 0,4 …0,5 мкм. Представителем этого типа отечественных сплавов может служить сплав ВК10СМ.

Широко применяемый в отечественной практике при производстве дереворежущих фрез мелкозернистый сплав типа ВК8 имеет в основном структуру с размером зерна 1,0 …2 мкм, но до 20% объема допускается наличие фракций с размером до 7 мкм. По шведской классификации это смесь средней, средне-грубой и грубой структур.

Основные физико – механические свойства и рекомендуемая область применения сплава ВК8 по ГОСТ 3882-74 приведены в справочнике конструктора – инструментальщика (под редакцией В.И. Баранчикова.(М.: Машиностроение, 1994. стр.20). Чтобы Вам не искать этот, справочник приведем фотокопию страницы этого издания с нужными нам сведениями.

Продолжение табл. 1.6

Марка сплава	$\sigma_и$, МПа, не менее	ρ, г/см³	HRA, не менее	Область применения
				ние 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, твердых чугунов, закаленных чугунов, твердой бронзы, сплавов легких металлов, обработка закаленных сталей, а также сырых углеродистых и 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 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)