


# Износостойкие покрытия режущих инструментов



Для повышения работоспособности и увеличения производительности применяют износостойкие покрытия режущих инструментов.

Износостойкие покрытия позволяют уменьшить трение на контактных поверхностях инструмента, увеличить твердость и износостойкость поверхностного слоя инструмента, увеличить поверхностную теплостойкость, снизить поступление тепла вглубь инструмента. Благодаря этим факторам инструменты с покрытиями приобретают новые свойства:

1. Увеличение твердости поверхностного слоя позволяет расширить область применения инструментов с точки зрения обработки материалов высокой твердости, например, закаленных сталей, в т.ч. твердостью до 70 HRC.
2. Увеличение износостойкости снижает расходы на инструменты.
3. Уменьшение сил резания позволяет увеличивать подачу.
4. Увеличение теплостойкости и изменение теплового баланса в зоне резания позволяет форсировать режимы резания, увеличивая производительность и, как следствие, снижая себестоимость изделий. Кроме этого открываются возможности «сухой» обработки.
5. Снижение трения и, как следствие, тепловыделения позволяет увеличивать скорость резания, а также уменьшает налипание обрабатываемого материала на поверхности инструмента, что улучшает качество обработанной поверхности.

Кроме перечисленных достоинств инструментам с покрытиями свойственен один недостаток – нанесение покрытия приводит к увеличению радиуса округления режущей кромки, т.е. к ее притуплению. В связи с этим для обработки особо вязких материалов необходимо применять либо непокрытый инструмент, либо специально предназначенный для таких материалов инструмент с тонкими покрытиями.

# Основные группы износостойких покрытий

1. Покрытия, получаемые по методу химического осаждения покрытий (ХОП, CVD).
2. Покрытия, получаемые по методу физического осаждения покрытий (ФОП, CVD).
3. Алмазные (DC) и алмазоподобные (DLC) покрытия.

# Покрyтия CVD

*Метод CVD* широко используется для нанесения покрытий на твердые сплавы, в частности, на твердосплавные СМП. В этом методе используется осаждение покрытия при высокой температуре из газовой фазы. Существуют две разновидности метода: высокотемпературное нанесение покрытий HT-CVD, обеспечивающие получение высокой твердости и износостойкости, и среднетемпературное нанесение MT-CVD, обеспечивающее хорошее сцепление покрытия с основой. В настоящий момент большинство CVD-покрытий являются многослойными с разделением функций между слоями. Так, нижний слой отвечает за сцепление покрытия с основой (как правило это карбонитрид титана TiCN, который может выполняться по методу MT-CVD), а верхний (в двухслойном покрытии) или средний (в трехслойном) выполняет основную работу по повышению стойкости инструмента (это оксид алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). В качестве верхнего слоя (если покрытие на передней поверхности трехслойное) может использоваться нитрид титана TiN, снижающий трение, на фоне которого хорошо заметна фаска износа благодаря золотистому цвету покрытия. Покрытия такого типа имеют толщину до 15 мкм при токарной обработке и 6 мкм при фрезеровании, причем при фрезеровании наиболее часто применяются MT-CVD-покрытия как более вязкие и трещиностойкие (рис. 3.1).

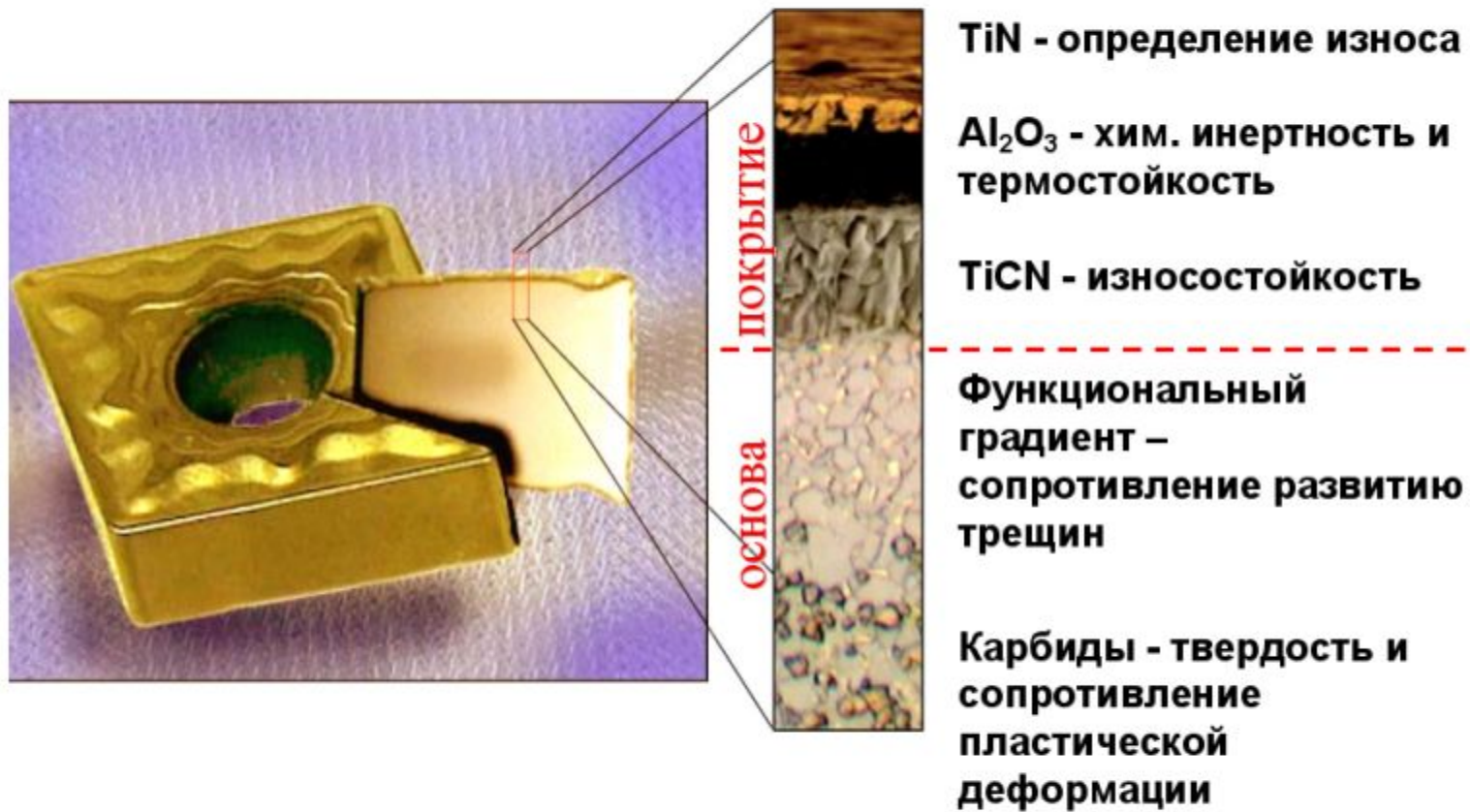
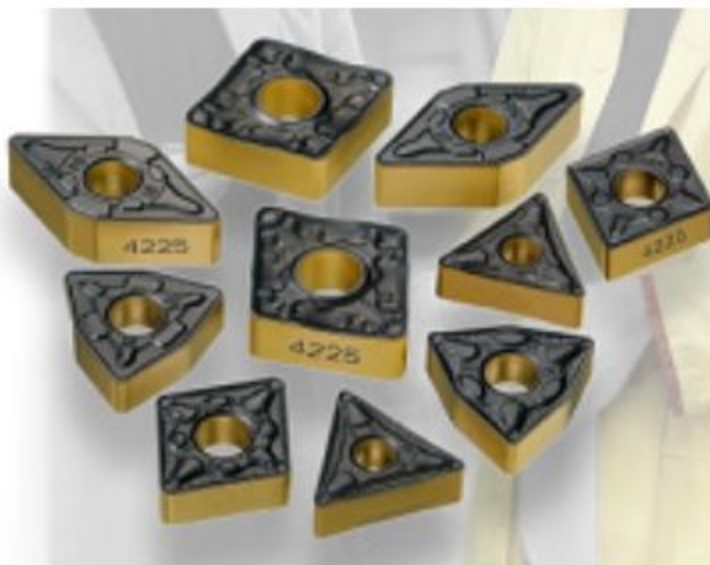
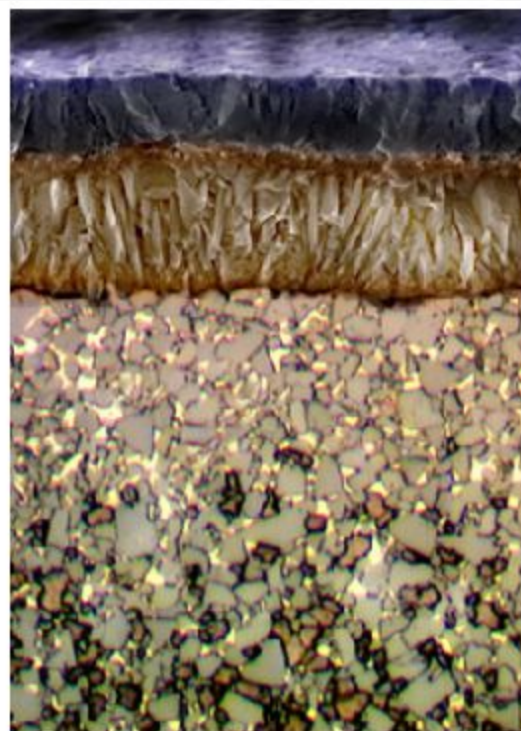


Рис. 3.1. Конструкция современной СМП

Современные твердосплавные СМП часто имеют на передней поверхности два слоя покрытия, а на задней поверхности – три. После нанесения всех трех слоев верхний слой TiN с передней поверхности удаляют жидкостноабразивным полированием, т.к. в нем после процесса нанесения покрытия остаются микротрещины, которые могут развиваться в процессе работы и приводить к разрушению покрытия. После удаления верхнего слоя с передней поверхности устраняются очаги зарождения трещин и улучшается качество поверхности покрытия, что повышает стойкость инструмента. В этом случае трение на передней поверхности снижается благодаря ее низкой шероховатости, которая достигается в ходе удаления третьего слоя жидкостно-абразивным полированием. Примером твердого сплава с таким покрытием может служить сплав Sandvik GC4225 для токарной обработки (рис. 3.2).



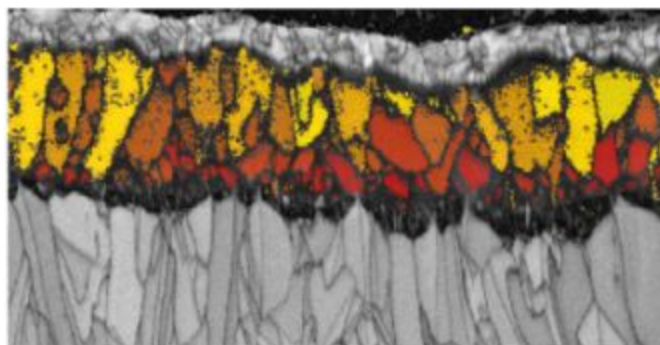
а)



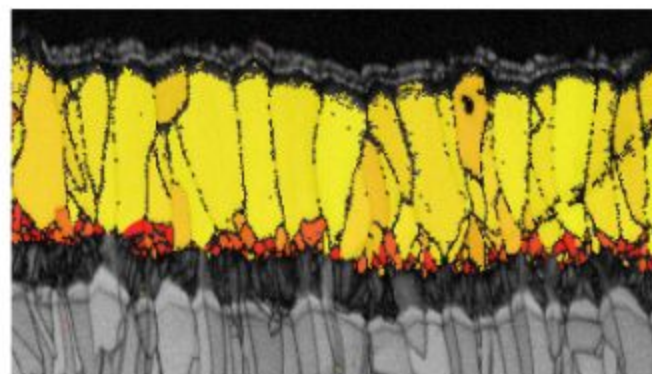
б)

Рис. 3.2. Сплав GC4225 для токарной обработки: а) внешний вид СМП; б) структура сплава GC4225 на передней поверхности (сверху вниз): наружный слой оксида алюминия, нижний слой карбонитрида титана, полученный методом МТ-CVD, градиентная структура твердосплавной основы

Дальнейшее развитие CVD-покрытий направлено по созданию в слое оксида алюминия упорядоченной кристаллической структуры с кристаллами одинаковой направленности, что обеспечивает рост износостойкости. Примером может служить технология Sandvik Inveio, применяемая для получения покрытия токарного сплава GC4325 (рис. 3.3).



а)

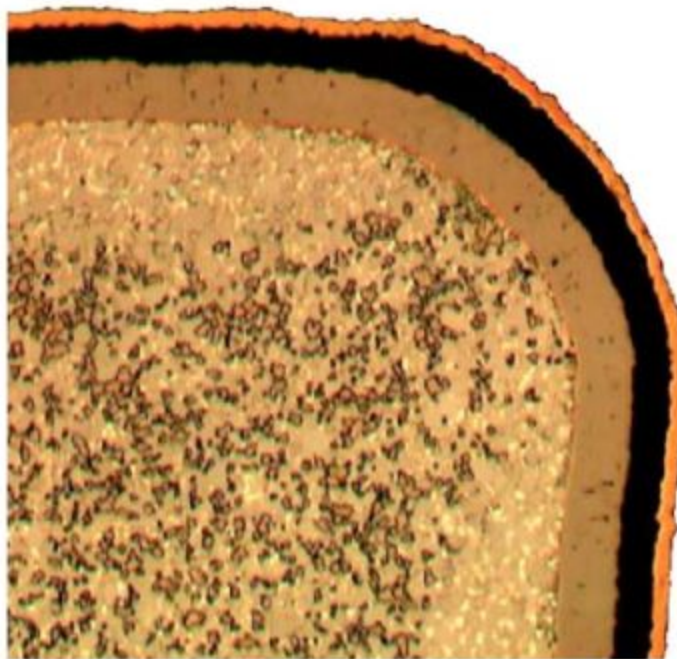


б)

Рис. 3.3. Сплавы GC 4225 и GC4325 для токарной обработки: а) разнонаправленные кристаллы оксида алюминия в GC4325; б) однонаправленные кристаллы в GC4325



Современные твердые сплавы с CVD-покрытиями разрабатываются как единая система применительно к конкретному виду обработки. В частности, в расчете на использование на поверхностях СМП покрытий применяется градиентное спекание пластин, когда в результате специального температурного режима добиваются такого распределения твердых карбидов, когда их основная масса группируется возле режущей кромки для придания ей максимальной твердости, а вокруг этого скопления карбидов образуются вязкие кобальтовые «подушки», воспринимающие удары и придающие пластине прочность (рис. 3.4). При этом общая износостойкость пластины обеспечивается соответствующим покрытием.



**Усиление режущей кромки**

Рис. 3.4. Распределение карбидов при градиентном спекании в пластине с покрытием

# Покрyтия PVD

*Метод PVD* имеет следующие основные преимущества по сравнению с CVD: низкая температура нанесения, позволяющая упрочнять инструменты из любых инструментальных материалов, и небольшая толщина (1,5 – 6 мкм). Кроме этого PVD-покрытия обладают более высокой трещиностойкостью и лучше приспособлены для работы с ударными нагрузками. PVD-покрытия наносят из плазменной фазы как на СМП (из твердого сплава, керамики и КНБ), так и на монокристаллические инструменты и сменные режущие части.

Наибольшее распространение среди PVD-покрытий получил нитрид титана и алюминия TiAlN, который используется как самостоятельно, так и в составе многослойных покрытий в сочетании с нитридом титана TiN. За счет варьирования соотношения содержания титана и алюминия в покрытии TiAlN и создания нанослоистых покрытий, в которых чередуются несколько тысяч слоев TiN и TiAlN толщиной несколько нанометров (рис. 3.5), удается добиться уникальных физико-механических свойств, позволяющих расширить область применения твердосплавных инструментов в области, традиционно занимаемые минералокерамикой, СТМ и абразивной обработкой. Речь идет о применении современных твердосплавных инструментов с PVD-покрытиями при обработке сталей твердостью до 70 HRC, в т.ч. финишной вместо шлифования, труднообрабатываемых жаропрочных сплавов, спеченных порошковых сплавов и др.

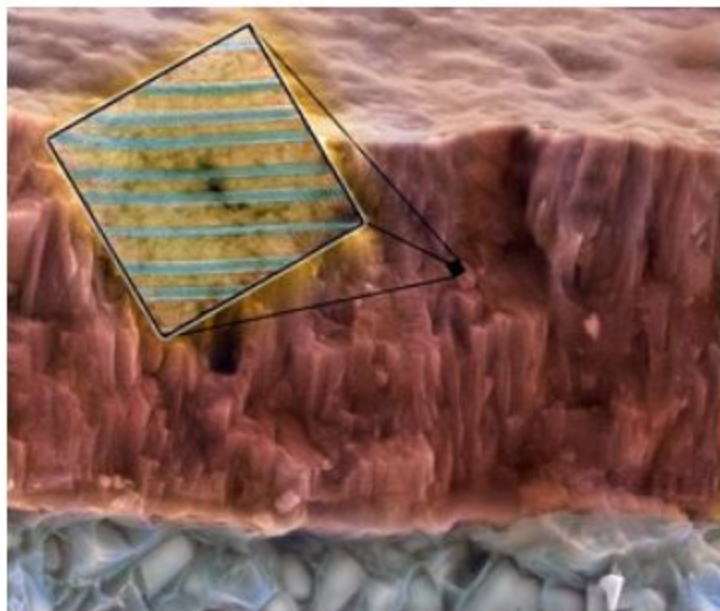


Рис. 3.5. Нанослоистое покрытие универсального твердого сплава Sandvik GC1030 для фрезерования, включающие чередующие слои TiN и TiAlN

Кроме покрытия TiAlN используются и другие материалы. В частности, наибольшей твердостью и, соответственно, способностью обрабатывать закаленные материалы обладает покрытие TiAlSiN. Для обработки алюминия применяются инструменты с покрытием Garant ZOX (материал нитрид циркония ZrN), а для обработки меди – с покрытием нитрида хрома CrN.

В некоторых случаях на одном инструменте могут сочетаться режущие элементы с CVD- и PVD-покрытиями. Так, на сверле Sandvik CoroDrill 880 есть центральная и периферийная пластины, причем центральная имеет PVD-покрытие TiAlN, хорошо работающее в условиях нагрузок при низких скоростях резания, а периферийная пластина покрыта CVD-покрытием оксида алюминия, хорошо работающим при высокой скорости резания (рис. 3.6).



# Алмазоподобные и алмазные покрытия

*Алмазоподобные покрытия.* Кроме технологий CVD и PVD используются комбинированные технологии получения покрытий. В частности, для получения алмазоподобных покрытий (DLC) используется осаждение из газовой фазы (как в технологии CVD), но с использованием углеродистой плазмы (как в PVD). Такие низкотемпературные покрытия можно наносить даже на пластмассы и легкие сплавы. DLC-покрытия используются на инструментах, предназначенных для обработки вязких легких сплавов, например, алюминиевых, а также некоторых пластиков, в т.ч. оказывающих на инструмент абразивное воздействие.

*Алмазные покрытия* (DC) используются для упрочнения инструментов, предназначенных для обработки графита, углепластиков и других материалов, оказывающих сильное абразивное воздействие на инструмент.

# Переточка инструментов с покрытием

Твердосплавные СМП с покрытиями переточке не подлежат как в силу изменения размеров после переточки, что приведет к биению пластины в посадочном месте и изменению настроечного размера инструмента, так и из-за нарушения структуры «покрытие-твердый сплав», полученной при градиентном спекании. Быстрорежущие и твердосплавные сменные режущие части и монолитные инструменты с покрытиями перетачивать можно по одной из поверхностей (передней либо задней), однако, при использовании после переточки необходимо снижать режимы резания на 20 – 30 % по сравнению с рекомендуемыми для покрытых инструментов, кроме этого упадет и период стойкости переточенных инструментов. При переточке инструмента как по передней так и по задней поверхностям покрытие будет полностью удалено с режущего клина, и инструмент следует использовать по рекомендациям к непокрытому. Некоторые производители инструментов предлагают централизованный сервис по переточке фрез и сверл с восстановлением покрытия. В этом случае потребитель получает полностью новый инструмент с исходными свойствами. При этом переточка возможна многократная, например, твердосплавные сверла перетачивают и перепокрывают до трех раз в зависимости от сохранности режущих кромок.

# Учет особенностей инструментов с покрытиями при их выборе

Для облегчения выбора инструмента производители указывают область применения по системе ISO одинаково для инструментов без покрытий и с покрытиями. Поэтому в большинстве случаев потребителю не обязательно знать, какой тип покрытия, или какой толщины покрытие применено на конкретном инструменте. Однако, в ряде специфических случаев при выборе инструмента отправной точкой служит именно информация о покрытии. Это касается выбора инструмента для обработки графита или углепластиков, когда предпочтителен инструмент с алмазным покрытием. Также внимание на информацию о толщине покрытия и их специфических свойствах необходимо принимать во внимание при обработке вязких материалов, например, для обработки алюминия необходимо либо использовать непокрытый инструмент, либо с DLC-покрытиями. В некоторых условиях обработки заготовок, обладающих низкой жесткостью, лучше использовать инструмент с PVD-покрытиями, которые тоньше, чем CVD-покрытия, соответственно, инструмент в первом случае будет острее, что позволит снизить вибрации при резании.