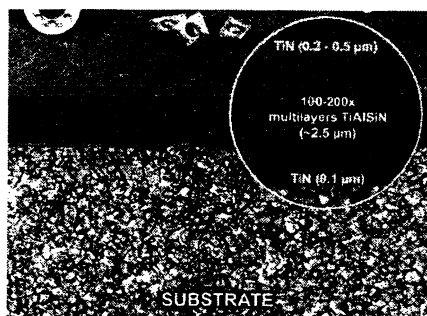


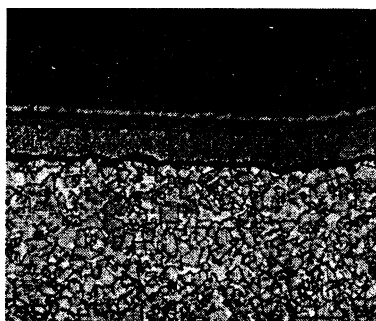
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОЙКОСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОКРЫТИЕМ PVD И MTCVD

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Существует несколько значительных различий между классическим высокотемпературным химическим покрытием (получаемым методом осаждения) в газообразной среде, обозначенным как процесс CVD (точнее HTCVD) и процессами покрытия PVD и MTCVD. Во-первых, принцип создания износостойкого осаждения в процессе PVD (Physical Vapour Deposition = физическое осаждение испарением = ФОИ) основан на отличающихся от процесса CVD физических явлениях. Во-вторых, уровень температуры реакции значительно ниже в обоих процессах нового покрытия. При нанесении покрытия PVD этот уровень составляет 400 – 600°C, в MTCVD уровень температуры – 700-850°C. Результат – различные стехиометрические и морфологические характеристики, различное качество граничного слоя, а также различные характеристики основы пластины после нанесения покрытия (рис. 1).



Микроструктура покрытия PVD



Микроструктура покрытия MTCVD

1. Покрытие PVD (ФОИ)

К моменту создания покрытия PVD, в обработке резанием доминировали твердые сплавы с покрытием HTCVD. В многогранных режущих пластинах для точения, они составили более, чем 90%, во фрезеровании их пропорция составляла 40-50%. Покрытие PVD исключает негативное влияние диффузионного внедрения элементов покрытия в поверхностный слой основы и влияние высоких температур, под воздействием которых происходит обезуглероживание поверхностного слоя. В процессе

нанесения покрытия PVD образуется прочный граничный слой без изменения структуры поверхностного слоя основы. С другой стороны, покрытие CVD обеспечивает наибольшую производительность инструмента, но из-за остаточных растягивающих напряжений, которые образуются в поверхностном слое пластины после процесса CVD, материал пластины у режущей кромки становится более хрупким, чем у непокрытой пластины из того же сплава.

В представленном исследовании обсуждаются покрытия PVD, произведенные на уникальном приборе SHM Ltd. Sumperk. Прибор покрытия работает по принципу дуги низкого напряжения и технологически приспособлен к производству крупных партий многогранных режущих пластин. 800-ое трех компонентное направление (816, 826, 836) уже было включено в существующий диапазон продукции компании Pramet. Это направление особенно рекомендуется для прерывистого резания. Покрытие состоит из системы TiN-TiAlSiN-TiN. Более высокое качество достигается нанокристаллическими полислоями (мультислоями) TiAlSiN.

2. Покрытие MTCVD

По сравнению с HTCVD, покрытие MTCVD позволяет достичь:

- возможности создания более толстых покрытий (до 15-20 мкм) с уровнем остаточного напряжения, которое не дестабилизирует систему;
- меньшей толщины измененного граничного слоя, которая способствует прочности всей системы.

Химический состав покрытия TiCN формируется при температуре осаждения 850°C – $\text{TiC}_{0,63}\text{N}_{0,37}$. Микротвердость, в зависимости от параметров процесса, варьируется в пределах 1600-3000 HV 0,05. Получаемая структура покрытия – обычно столбчатая. Растягивающие остаточные напряжения очень низкие – до 20 МПа. Это “толстое” TiCN покрытие помещают внутрь многослойной системы, как показано в табл. 2 и 3.

Для стабильности многослойной системы необходима гармонизация термо-физических параметров отдельных слоев. Поэтому, с точки зрения дальнейшего развития систем металлообрабатывающих покрытий, ключевой проблемой являются развитие методов оценки действительной плотности в многослойной системе, которая гарантирует уровень ее целостности. Важно найти соответствия между внутренним состоянием системы и результатами функциональных тестов.

3. Сравнительные тесты стойкости спеченных твердых сплавов с поверхностью CVD при непрерывном резании.

Тестирование с помощью прямой (длинной) обточки в стационарном тепловом и силовом поле было сосредоточено на CVD, но особенно на новых вариантах MTCVD, принимая во внимание их содействие более высокой термической и химической стабильности режущей пластины. В табл. 1 показан химический состав и основные свойства базисных материалов, используемых для покрытия MTCVD. Спеченные твердые сплавы располагаются по их химическому составу и производительности. С точки зрения термической стабильности этот ряд содер-

жит оба крайних значения. Т.е. S10 обеспечивает наибольшую производительность и S45 – наименее производительный вариант по возможной скорости резания. На выбор базисных материалов повлияла также приоритетная область применения, т.е. были отобраны сплавы для обработки стали. В дополнение был добавлен специальный фрезерный сплав S26.

Методология продолжительного тестирования прямой (линейной) отточкой соответствует стандарту ISO 3685 для инструментов с одной режущей пластиной.

Обработанная заготовка диаметром 300 мм и длиной 1200. Пластина для тестирования CNMG 120408E-DM была закреплена в резец PCLNR 3225P12 с углом в плане $K_r=95^\circ$. Кроме вариантов MTCVD, упомянутых в табл. 2, были проверены следующие сплавы:

- а) Чешский стандарт, подготовленный методом HTCVD – 320P и 535P.
- б) Стандарт компании SECO (MTCVD) – TP100, TP200 и TP300.

Таблица 1
Химический состав и основные свойства базисных материалов

Обозначение	Химический состав (%)				Плотность (г/см ³)	Твёрдость (HV 30)	Сопротивление изгибу (МПа)	K _{ic} (Мрам ^{1/2})
	WC	Co	TiC	(Ta,Nb)C				
S10	61	9	18	12	10,43	1570	1300	8,65
U10	84	6	4	6	13,54	1540	1500	8,77
U30	82	10	3	5	13,49	1360	1700	11,20
S45	79	12	5	4	12,80	1270	1700	11,69
S26	71	10	6	13	12,47	1480	1700	9,84

Характеристики нового покрытия MTCVD, связанного с основой, приведены в таблице 2.

Таблица 2
Обзор протестированных покрытий MTCVD

Обозначение варианта	Основа	Технология	Тип основы	Толщина, всего (μм)
MTC1	S10	MTCVD	Основа + TiN + Ti(C,N) + TiN + Al ₂ O ₃ + TiN	13-15
MTC2	U10	MTCVD		13-15
MTC3	U30	MTCVD		13-15
MTC4	S45	MTCVD		13-15

Цель тестирования состояла в том, чтобы сравнить стойкость покрытых спеченных твердых сплавов при постоянных условиях:

скорость резания $v=250$ м/мин, подача $S=0.312$ мм/об, глубина резания $t=2.0$ мм.

Предельным признаком в большинстве случаев был полный износ, вызванный прорывом лунки на заднюю поверхность пластины. В некоторых случаях показатели $VB=0.30$ мм или $VB_c=0.60$ мм были в соответствии со стандартом ISO.

Для анализа результатов возможно использовать, например, относительный коэффициент стойкости:

$$K_{T_{250}} = \frac{T_{250}}{T_{250et}}$$

где T_{250} - средняя стойкость тестируемого варианта с покрытием

T_{250et} - средняя стойкость выбранного эталона

Наиболее производительный чешский вариант 320P с классическим покрытием CVD ($TiN+TiC+TiN+Al_2O_3+TiCN+Al_2O_3+TiCN+TiN$) был выбран эталоном.

Полученные результаты показаны на диаграмме рис. 2 по отношению к T_{250} .

Из результатов видно, что сопротивление термической и химической атаке в новых вариантах MTCVD значительно повышается по сравнению с современным стандартом HTCVD, представленном сплавами 535P и 320P. Стойкость сплава 320P при скорости резания 250м/мин примерно на 200% ниже стойкости варианта MTC1 на основе S10. В противоположность, наиболее прочные сплавы 535P и MTC4 CVD на основе S45 в этих условиях практически эквивалентны между собой. Основная причина – более низкая термическая стабильность основы.

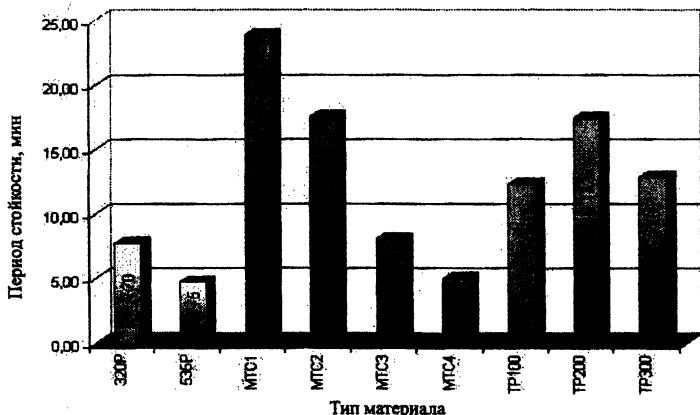


Рис.2. Период стойкости исследуемых материалов.

Для получения более полной картины, на рис.3 представлен ряд тестируемых пластин с покрытием с точки зрения максимальной скорости резания, определяющей предел термической стабильности. При постоянно увеличивающейся скорости реза-

ния был отмечен момент термической перегрузки и полное разрушение режущей пластины.

Как показано на столбцовой диаграмме, предел термической стабильности между классическими покрытиями 320P и 535P HTCVD значительно отличается, вероятно, из-за термической стойкости основы. В вариантах MTCVD, напротив, влияние основы не настолько сильное и верхняя граница термической стойкости незначительно отличается. Подобная картина наблюдается и у инструмента с покрытием, производства компании SECO. Вероятно, наличие “толстого” слоя TiCN способствует созданию более устойчивого термического барьера и, в то же время, вся система более компактная и при перегрузке полностью разрушается.

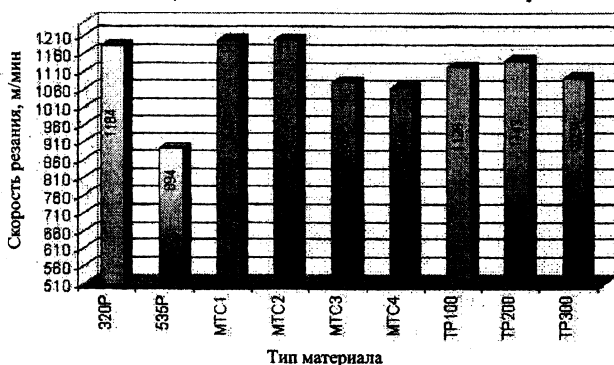


Рис.3. Показатели скорости резания, определяющие предел термической стабильности для выбранного набора спеченных твердых сплавов

Различие результатов, представленных на диаграммах рис.2 и рис.3 обуславливается тем, что при неизменной скорости резания (Т250 на рис. 2) над термическим износом преобладают химическая и диффузионная формы износа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын П.И. и др. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учеб. для вузов / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Е.Э. Фельдштейн. - Мн.: Высш. шк., 1990. - 512 с. 2. Порошковая металлургия и напыление покрытий: Учебник для вузов. В.Н. Анциферов, Г.В. Бобров, Л.К. Дружинин и др. М.: Металлургия, 1987. — 792 с. 3. Гуляев А.П. Металловедение. — М.: Металлургия, 1978. — 647 с.

Рецензент – проф. Шагун В. И.