

Студент гр. 2 факультета ХТиТ Хвалько А.Е.

Научный руководитель – Вершина А.К.

Белорусский государственный технологический университет  
г. Минск

В современной металлообрабатывающей промышленности для увеличения эксплуатационных сроков инструмента (резцов, сверл, фрез, разверток, калибров и др.) широко применяются различные методы нанесения износостойких покрытий на основе оксидов, карбидов, нитридов металлов [1]. Однако эффективность использования такого инструмента не достаточно высока как из-за отсутствия научно-обоснованных рекомендаций по его применению, так и вследствие отсутствия данных по выбору состава и параметров покрытия, а также оптимальных режимов резания применительно к решению конкретной технологической задачи.

Известно, что повышение стойкости инструмента обусловлено снижением интенсивности процессов, протекающих при диффузионном, абразивно-химическом и адгезионно-усталостном износах [2-5] при уменьшении температуры в контактных зонах деталь-инструмент-стружка и градиента температур по режущему клину. Следовательно, выбором химического состава и строения покрытия возможно изменение основных характеристик процесса резания и, в конечном итоге, управление важнейшими параметрами - износом инструмента и качеством обработки поверхности изделия.

В этой связи нами были проведены сравнительные стойкостные испытания и определены силовые характеристики процесса токарного продольного точения стали 45 при варьировании скорости, подачи и глубины резания твердосплавным (Т15К6) резцовым инструментом с одно- и многослойными покрытиями из нитрида, карбида и карбонитрида титана в зависимости от технологических параметров их синтеза.

Износостойкие упрочняющие покрытия наносились на установке УРМ 3.279.048, оснащенной электродуговым торцовым холловским ускорителем металлической плазмы с холодным катодом. Подготовка поверхности инструмента к напылению включала промывку, обезжиривание и декапирование поверхности в органических растворителях и водных растворах ортофосфорной и серной кислот с последующей сушкой и очисткой в вакуумной камере при давлении  $2 \cdot 10^{-1}$  Па бомбардировкой ионами титана с энергией около 2 КэВ. Продолжительность осаждения TiC, TiN, TiNC составляла 20, 10 и 10 минут соответственно при токе дуги 80 А и отрицательном потенциале смещения 70 В, что позволяло получать покрытия толщиной до 5 мкм. Осаждение карбида и нитрида титана проводилось при давлении в камере 0,075 и 0,14 Па соответственно. Комбинированные карбонитридтитановые покрытия (TiNC) с переменным содержанием нитрида и карбида титана по сечению формировались путем последовательного уменьшения напуска углеводородных соединений (пропан-бутан) с одновременным увеличением расхода азота. Давление поддерживалось на отметке 0,15 Па при соотношении парциальных давлений в конечном итоге 1:7. Вследствие одинаковой кристаллической структуры, близких параметров решеток карбида и нитрида титана реализовывался плавный переход от TiC, непосредственно прилегающего к поверхности твердого

сплава T15K6, к TiN, формируемому на наружной поверхности резца. Размеры твердосплавных пластин соответствовали форме 0201 А, геометрические параметры режущей части выбраны с учетом нормативных данных: главный угол  $60^\circ$ , вспомогательный угол в плане  $15^\circ$ , вспомогательный задний угол  $8^\circ$ , передний угол  $+10^\circ$ , передний угол по фаске  $-5^\circ$ , ширина фаски 0,5 мм, радиус при вершине 0,5 мм. Испытания проводили на токарновинторезном станке модели 1К62. Инструмент закреплялся в тензометрическом динамометре, установленном на место резцодержателя, что позволяло наряду со стойкостными испытаниями выполнять силовые измерения. Для определения линейного износа применялся микроскоп МИМ-8 и микрометр. В качестве контролируемых параметров были выбраны степень износа по задней грани ( $h$ , мм) и сила резания  $P$  (составляющие  $P_x$  и  $P_y$ ) при варьировании скорости ( $v$ , м/мин), подачи ( $s$ , мм/об) и глубины резания ( $t$ , мм) для различных типов покрытий. Условия резания изменялись так, чтобы охватить чистовые и получистовые режимы обработки ( $v=100-250$  м/мин,  $s=0,1-0,5$  мм/об,  $t=1,0-3,0$  мм) [3].

Установлено, что покрытие из карбида титана малоэффективно на малых скоростях и подачах (снижение усилия резания на 6-12%), но его применение весьма целесообразно при интенсивных режимах обработки, т.к. в этом случае снижение усилий резания достигает 35%. Применение же покрытий из нитрида титана более оправдано при небольших скоростях резания, снижение усилий составляет порядка 25%, в то время как при больших скоростях резания - всего 5%. Наличие двухслойного (TiC+TiN) -покрытия способствует практически одинаковому снижению на 20-40% усилий резания во всем диапазоне исследованных подач и скоростей обработки. Полученные данные позволяют также отметить уменьшение степени снижения усилий резания при промежуточных значениях скоростей резания и подач в случае наличия в покрытии карбида титана.

Выявлено снижение усилий резания до 30% (по сравнению с необработанным твердосплавным инструментом) при использовании TiN- и в 1,5-2,3 раза при комбинированном TiCN –покрытиях. Сопоставление экспериментальных данных, полученных для инструмента с покрытиями при отсутствии и наличии указанного подслоя, показало снижение усилий резания в последнем случае на 6-30%.

Отмеченные закономерности изменения усилий резания при варьировании состава и слоистости покрытий на различных режимах обработки могут быть объяснены, повидимому, на основании работ [1-3], описывающих температурные изменения в зоне контакта инструмента с обрабатываемой деталью, и [6, 7], в которых изучалось влияние температуры на скорость износа и коэффициент трения карбидов и нитридов титана. Согласно [6], коэффициент трения TiN уменьшается с ростом температуры до  $500^\circ\text{C}$  и возрастает при дальнейшем увеличении последней, что связано с переходом от хрупкого разрушения поверхностного слоя к пластифицированию и развитию адгезионных процессов при высоких температурах. Аналогичным образом, не смотря на низкую пластичность карбидов вследствие недостаточной дислокационной подвижности из-за высокого значения силы Пайерлса-Набарро, ведет себя и TiC, с тем лишь различием, что минимальные значения его коэффициента трения реализуются при температуре около  $900^\circ\text{C}$  [7]. Следовательно, по достижении в зоне резания отмеченных температур повышение подачи, глубины или скорости обработки будет неизменно сопровождаться ростом сил резания в связи с увеличением коэффициента трения.

### Литература

1. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойким покрытием. М., 1986. 192 с.
2. Синопальников В.А., Терешин М.В., Тимирязев В.А. Диагностирование износа инструментов // Станки и инструмент. 1986. N1. С. 27-29.
3. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. М., 1976. 278 с.
4. Dernley P.A., Trent E.M. Wear mechanisms of coated carbide tools // Metall Technology. 1982. V.9, N2. P.60-75.
5. Verkated V.C. Tool wear investigation on some cutting tool materials // Trans. ASME Journal Lubric. Technol. 1980. V.102, N4. P. 556-559.
6. Ткаченко Ю.Г., Орданьян С.С, Юрченко Д.З. и др. Получение и некоторые свойства нитрида титана в области гомогенности// Известия АН СССР, сер. неорганические материалы. 1983. Т. 19, N8. С. 1333-1336.
7. Ткаченко Ю.Г., Орданьян С.С, Юлюгин В.К. и др. Характеристики трения, особенности деформации в зоне контакта TiC в области гомогенности// Порошковая металлургия. 1979. N6. С.45-48.