

УДК 621.9.025

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ТОНКИХ ПОКРЫТИЙ С УЧЕТОМ
ВЛИЯНИЯ ПОДЛОЖКИ**

Владислав Брониславович Курамшин

*Студент 3 курса, бакалавриат**кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»**Ульяновский государственный технический университет**Научный руководитель: А.В. Чихранов,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты»*

В настоящее время покрытия различного функционального назначения широко используют для повышения качественных характеристик поверхностей большой гаммы изделий. Среди них можно выделить наноструктурные износостойкие покрытия, осаждаемые физическими способами из паровой среды (ФОП или PVD) [1, 2]. Такие покрытия имеют ряд особенностей – высокие твердость, трещино- и износостойкость при малой толщине (5...10 мкм). В связи с этим возникает ряд трудностей с определением физико-механических свойств таких покрытий.

Одним из способов исследования свойств покрытий является использование процесса индентирования. Здесь, помимо классических методов измерения твердости, в настоящее время применяются и другие методы использования различных сочетаний нагрузок и форм индентора [3]. Однако даже для таких методов измерения малая толщина покрытий оказывает дополнительное влияние на результат испытаний [3, 4]. В работах [4, 5] для измерения твердости была предложена зависимость, позволяющая нивелировать влияние подложки путем экстраполяции на нулевую толщину:

$$H_{\mu} = H_0 + \frac{H_p - H_0}{1 + \frac{h_p^2}{\alpha h}}, \quad (1)$$

где H_{μ} – твердость системы «покрытие – подложка», Па; H_0 – твердость подложки, Па; H_p – твердость покрытия, Па; h_p – глубина проникновения индентора, м; h – толщина покрытия, м; α – коэффициент, м.

Учитывая пропорциональную зависимость между замеренной длиной диагонали отпечатка и глубиной проникновения индентора, а также упрощая зависимость (1) можно получить:

$$H_{\mu} = H_0 + \frac{H_p - H_0}{1 + cd^2}, \quad (2)$$

где d – диагональ отпечатка индентора, м; c – коэффициент, м².

Для определения твердости покрытия H_p необходимо измерить твердость системы «покрытие – подложка» при нескольких нагрузках и, зная геометрические размеры индентора и твердость подложки H_0 (в работе исследовали твердый сплав ВК6 с твердостью 17,05 ГПа и быстрорежущую сталь Р6М5К5 с твердостью 8,70 ГПа), можно найти истинную твердость покрытия. Измерение микротвердости системы «подложка – покрытие» H_{μ} по восстановленному отпечатку проводили на приборе Mitutoyo NH 125 с использованием пирамиды Виккерса. Обработку экспериментальных данных проводили с помощью математических пакетов Mathcad 14.0 и Microsoft Excel 2007. Была разработана программа для расчета истинной микротвердости путем использования функции регрессии общего вида.

В табл. 1 представлены данные, полученные при измерении микротвердости тонких покрытий на основе нитрида титана.

Таблица 1. Микротвердость ионно-плазменных покрытий

Наименование покрытия	Микротвердость системы «покрытие – подложка» H_{μ} , ГПа, при нагрузке, Н				Микротвердость покрытия H_{Π} , ГПа
	0,49	0,98	1,47	2,06	
TiN	28,42 / 27,96	27,84 / 27,02	27,04 / 26,20	26,50 / 25,20	29,16 / 28,86
TiAlN	37,59 / 36,34	36,67 / 36,04	36,01 / 34,41	35,08 / 33,36	38,39 / 37,63
TiZrN	37,98 / 36,63	37,37 / 36,35	36,44 / 35,19	35,62 / 33,67	38,85 / 37,93
TiSiN	33,93 / 33,59	33,09 / 32,30	32,31 / 31,51	31,66 / 30,72	34,67 / 34,34
TiFeN	32,01 / 31,74	31,53 / 31,05	30,95 / 30,52	29,35 / 28,90	33,18 / 32,80
TiCrN	33,62 / 33,09	32,99 / 32,47	32,21 / 31,58	31,29 / 30,61	34,50 / 33,98
TiMoN	34,09 / 33,60	33,49 / 33,0	32,43 / 31,72	31,91 / 31,56	34,90 / 34,28

В числителе указаны данные для твердого сплава, в знаменателе – для быстрорежущей стали

Из полученных результатов следует, что влияние подложки снижается при уменьшении величины нагрузки. Поэтому в процессе определения микротвердости необходимо обязательно учитывать толщину покрытия и величину приложенной нагрузки для исключения влияния подложки и получения достоверных результатов.

Литература

1. Табаков В.П., Чихранов А.В. Износостойкие покрытия режущего инструмента, работающего в условиях непрерывного резания. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 255 с.
2. Табаков В.П., Чихранов А.В. Повышение работоспособности твердосплавного инструмента путем направленного выбора параметров состава износостойкого покрытия // Станки и инструменты, 2016. – №3. – С.14-18.
3. Головин Ю.И. Наноиндентирование и механические свойства твёрдых тел в субмикрообъёмах, тонких приповерхностных слоях и плёнках // ФТТ. – 2008. – Т. 50. – Вып. 12. – С. 2113-2142.
4. Баринов С.М., Де Мариа Д., Ферро Д. Измерение твердости тонких керамических пленок // Заводская лаборатория, 2001. – №11. – С. 42 – 47.
5. Табаков В.П., Чихранов А.В. Определение механических характеристик износостойких ионно-плазменных покрытий на основе нитрида титана // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Том. 12. № 4. С. 292–297.