

**Влияние стальной подложки с термодиффузионным слоем  
на микроиндентационный отклик поверхности с PVD покрытием**

Константинов В.М., Ковальчук А.В., Ткаченко Г.А.  
Белорусский национальный технический университет

Толщины получаемых вакуумным осаждением упрочняющих покрытий наряду с уровнем их эффективной жесткости зачастую не в состоянии обеспечить высокую несущую способность покрытий на реальных деталях. Это связано с тем, что свойства тонких твердых покрытий ограничиваются, в том числе, свойствами материалов, на которые они наносятся, так как в процессе изнашивания помимо самого покрытия пластическую деформацию воспринимают и накапливают приповерхностные объемы деталей – материал подложки. Кроме того подложка участвует в формировании фазового состава переходной зоны, картины напряженного состояния поверхности и ее интегральных свойств.

В данной работе исследованы дюрометрические и трибологические свойства двухслойных систем типа «термодиффузионный слой – PVD - покрытие TiAlN». В качестве предварительного упрочнения стальной подложки использовали карбонитрацию, ИПА, однофазное и двухфазное борирование, затем наносили покрытие TiAlN толщиной 3-5 мкм путем контролируемого магнетронного нанесения в среде реактивных газов.

Установлено, что предварительная ХТО стальной подложки приводит к повышению значений нанотвердости поверхности с покрытием TiAlN не менее чем в 1,9 раза, модуля упругости в 1,7 раза, индекса пластичности  $H/E^*$  на 14 %, показателя упругого восстановления  $H^2/E^*$  и сопротивления пластической деформации  $H^3/E^{*2}$  более чем в 2,1 и 2,4 раза соответственно.

Микротвердость двухслойных систем существенно выше, а увеличение микротвердости с уменьшением прикладываемой нагрузки больше, чем для покрытий TiAlN на подложках без диффузионного слоя. Это указывает на то, что покрытие TiAlN не продавливается, а с учетом своей толщины привносит значительный вклад в результирующие свойства поверхности.

Показано, что предварительное упрочнение подложки в результате ХТО позволяет до 3,3-13,2 раза повысить интегральную микротвердость и до 2,0-3,4 раза износостойкость в условиях сухого трения скольжения поверхности с покрытием TiAlN за счет наличия протяженного упрочненного подслоя, который привносит вклад в упругое восстановление покрытия и общий индентационный отклик поверхности.

Полученные результаты могут стать основанием для снижения толщины PVD покрытий в аналогичных слоистых системах без потери в свойствах упрочняемой поверхности.