

# РЕЛАКСАЦИОННОЕ ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИМПУЛЬСНОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАКУУМНО- ДУГОВЫХ TiN ПОКРЫТИЙ

Соболь О.В., Андреев А.А.<sup>(1)</sup>, Горбань В.Ф.<sup>(2)</sup>, Столбовой В.А.<sup>(1)</sup>, Фильчиков В.Е.  
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г.  
Харьков, Украина, e-mail: [sool@kpi.kharkov.ua](mailto:sool@kpi.kharkov.ua)

<sup>(1)</sup>Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»  
г. Харьков, Украина, e-mail: [aandreev@kipt.kharkov.ua](mailto:aandreev@kipt.kharkov.ua)

<sup>(2)</sup>Институт проблем материаловедения им. И.М. Францевича, г. Киев, Украина.

С целью повышения функциональных свойств вакуумно-дуговых покрытий из наиболее используемого в настоящее время в промышленности TiN материала в работе применялся метод ионно-плазменной имплантации и осаждения (plasma-based ion implantation with deposition {PBIID}). В этом методе к поверхности нанесения, погруженной в плазму, прикладывается высокий импульсный отрицательный потенциал, что обеспечивает условия, необходимые, чтобы атомы в окрестности столкновения претерпели значительную атомную перестройку и, следовательно, произошла релаксация исходных напряжений в покрытии.

Образцы были получены при использовании вакуумно-дуговой установки «Булат-6», снабженной дополнительно генератором высоковольтных импульсов. Использовались подложки из нержавеющей стали 12Х18Н9Т с размерами 20х20х3 мм и медной фольги толщиной 0,2 мм. В покрытиях, полученных при «плавающем» потенциале смещения без дополнительного высоковольтного импульсного воздействия происходит формирование преимущественно ориентированных кристаллитов с осью [110] (в случае толщины покрытий 2,5 мкм) и [100] (при толщине покрытий 7 мкм). В случае нанесения покрытий при плавающем потенциале и высоковольтном импульсном воздействии преимущественная ориентация кристаллитов практически отсутствует, что свидетельствует о высокой разориентирующей способности такого воздействия. При увеличении потенциала смещения ( $U_s$ ) до -230 В без высоковольтных импульсов тенденция образования двухфазного покрытия (фазы TiN и  $\alpha$ -Ti) сохраняется. При этом с увеличением  $U_s$  размер кристаллитов уменьшается, составляя при  $U_s = -230$  В среднюю величину 24-25 нм и 15 нм для TiN и  $\alpha$ -Ti фаз, соответственно. При

подаче высоковольтных импульсов однофазное (TiN) кристаллическое состояние покрытия характеризуется существенно меньшим размером кристаллитов 12 нм.

Как при подаче высоковольтных импульсов, так и при их отсутствии в случае относительно большого  $U_s = -230$  В наблюдается формирование преимущественной ориентации кристаллитов с осью аксиальной текстуры [111] перпендикулярной плоскости поверхности роста. Сравнение дифракционных спектров от покрытий, полученных при подаче высоковольтных импульсов и разном постоянном потенциале смещения, показывает, что как при плавающем потенциале смещения, так и при относительно невысоком потенциале  $U_s = -40$  В происходит формирование поликристаллического покрытия без заметной плоскости преимущественной ориентации роста кристаллитов и только использование относительно высокого  $U_s = -230$  В приводит к появлению преимущественной ориентации роста кристаллитов, выражаемой на дифракционных спектрах в перераспределении интенсивности пиков.

Характерной особенностью покрытий, осажденных с высоковольтными высокочастотными импульсами является увеличение их твердости от значений 38...45 ГПа при «плавающем» и низком (менее -100 В) потенциалах смещения до сверхтвердого состояния с твердостью 60...62 ГПа при большем потенциале смещения -150...-230 В. Еще одним важным показателем работоспособности TiN покрытий является их износостойкость. Проведенные в работе исследования стойкости режущих пластин из быстрорежущей стали Р6М5 с покрытиями TiN путем точения стали 45 показали, что резцы с покрытиями, нанесенными в условиях высоковольтного импульсного воздействия (ВИВ), более эффективны даже при низком постоянном потенциале  $U_s$