

## ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОЧАСТОТНОГО ПЛАЗМОВОГО МЕТОДА ПРИ АТМОСФЕРНОМУ ТИСКУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ПОКРИТТІВ НА РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТАХ

Для створення найбільш ефективного різального інструмента часто виникає необхідність використовувати матеріали, які мали б взаємовиключні властивості. Наприклад, для надання потрібної форми ріжучій поверхні матеріал має легко піддаватись механічній обробці і в той же час чинити опір абразивному, корозійно-окислювальному і дифузійному видам зносу як при кімнатній, так і при підвищеній температурах. Нанесення покриття на інструментальний матеріал дозволяє створити на його поверхні необхідний комплекс властивостей із збереження вихідних властивостей у об'ємі інструментального матеріалу. Тому на практиці розроблено багато методів одержання покриттів на робочих поверхнях ріжучих інструментів.

Існують методи фізичного осадження покриттів, які у світовій практиці отримали назву PVD (Physical vapor deposition). Процеси фізичного осадження покриттів зазвичай поєднують вакуумне випаровування металу (використовуються випарники основи хімічної сполуки покриття), його часткову чи повну іонізацію, подачу реакційного газу, плазмохімічні реакції, конденсацію покриття на робочих поверхнях ріжучого інструмента.

Найбільше поширення серед методів PVD отримав метод конденсації покриттів із плазмової фази у вакуумі з іонним бомбардуванням поверхонь інструмента (метод КІБ), розроблений Харківським фізико-технічним інститутом АН УРСР [1].

Розповсюдженою установкою, яка використовувала метод КІБ, став «Булат». З початку 70-х років минулого століття вакуумно-дугові випарники були основою великої кількості інших установок, і метод КІБ зазнав значних змін у теоретичному плані [2]. У наш час на пострадянському просторі серійний випуск колишніх вакуумно-дугових установок припинений. Установки для конкретних цілей випускаються деякими підприємствами по окремим замовленням із урахуванням сучасних вимог, але на базі колишніх випарників [3].

До вакуумно-плазмових близькими є плазмові методи напылення, які тільки обмежено використовують при виробництві ріжучих інструментів. Обмеженість викликана наявністю захисного середовища при використанні плазмових методів, що призводить до зниження якості покриття для криволінійних поверхонь або складної форми ріжучої частини, слабкої адгезії з інструментальним матеріалом і звуження діапазонів регулювання властивостей покриття.

Наші дослідження мали мету отримання покриттів для різального інструмента, які б не поступались покриттям отриманим методом КІБ, із використанням дешевшого обладнання, яке не потребує розхідних матеріалів та дорогого обслуговування як вакуумне, в тому числі спрощених негерметичних камер або безкамерного осадження. Останнє дозволяє проводити автоматизацію процесу загальнодоступним обладнанням.

У наших дослідженнях доведено, що високочастотна плазма ємнісного розряду при атмосферному тиску може концентруватись на поверхні, де синтезується покриття, з додаткового факельного розряду [4]. Підвищення температури плазми, зумовлене її концентрацією в приелектродній плямі факела, призводить до умов бомбардування іонами поверхні інструмента подібно до тих, що створюються при методі КІБ. Це дає можливість отримати достатню адгезію та низькі значення залишкових напруг. Залишкові напруги визначались методом вимірювання прогину тонкої підкладки по формулі Стоуні [5] та складали не більше 0,5 ГПа. Виявлено, що для зниження стискаючих напруг у покритті та збільшення втомної міцності виробів із покриттями нітриду титану можна застосовувати багаточарові структури TiN-Ti. Це досягається регулюванням швидкості подачі азоту. При застосуванні прошарку титану в 30 % спостерігалось зменшення залишкових напруг в 2 рази. Крім того, вже в перших експериментах спостерігалось, що регулювання електричного потенціалу інструмента, який використовувався в якості підкладки, дає змогу змінювати залишкові напруги та, як наслідок, адгезію плівки.

Виявлений ефект нанесення покриття точковим об'єктом, яким є приелектродна пляма додаткового факельного розряду, зводить технологію осадження до друку плівки. Це на практиці може давати переваги при нанесенні покриття на складні поверхні або пришвидшенні виготовлення виробу, створенням плівки тільки в необхідних місцях, а також зменшує ризик перегріву інструмента, який виготовляється.

Таким чином вбачається, що новий метод осадження покриттів, маючи більшість переваг, які мають PVD методи над іншими методами (наприклад, хіміко-термічні методи [6]), буде доцільним для використання на практиці і тому потребує наукових досліджень як теоретичного вивчення розряду, так і технологічного плану.

### Література:

1. «Булат» - дитя «Термояда» / В.Т.Толок // ФІП. – 2004. – Т. 1. – № 3–4. – С. 361–382.
2. Лисенков А.А. Вакуумные дуговые источники плазмы /А.А. Лисенков, Н.З. Ветров – СПб.:Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ние, 2000. – 208 с.
3. Андреев А.А. Вакуумно-дуговые покрытия./ А.А. Андреев, Л.П. Саблев, С.Н. Григорьев. – Харьков, ННЦ ХФТИ, 2010. – 318 с.
4. High-frequency plasma at atmospheric pressure as a means of depositions of thin films / P.P. Melnychuk, V.A.Rudnitskiy // Технічна інженерія. – 2019. – № 2(84).
5. Кемпбелл Д.С. Механические свойства тонких пленок / В кн.: Технология тонких пленок. Т. 2. — М.: Советское радио, 1997. – С. 246–304.
6. Брохин И.С., Эйхманс Э.Ф., Берман Н.В. Режущие свойства неперетачиваемых пластин твердых сплавов с термодиффузными износостойкими покрытиями из карбида титана. / В кн.: Твердые сплавы. М.: Металлургия, 1976. вып.16. – С. 17–24.