

УДК 621.793.7: 533.924

Єршов А.В.¹, Зеленіна О.А.², Кононенко А.В.³

¹ д-р техн. наук, проф ЗНТУ

² ст. лаборант ЗНТУ

³ студ. гр. ІФ-317 ЗНТУ

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ ВІД ТОВЩИНИ ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ

Працездатність покриття визначається не тільки міцністю зчеплення, але і, в значній мірі, його когезійною міцністю. Найбільш небезпечними є розтягуючі напруження, для яких міцність покриттів в кілька разів нижче, ніж при стисканні. Розтягуючі залишкові напруження спрямовані уздовж поверхні підкладки і виникають внаслідок відхилення температури осадження покриття від температури підкладки. Тому питання підвищення міцності плазмових покриттів, розробка методик вимірювання механічних характеристик і залишкових напружень в залежності від товщини покриття і технологічних режимів напilenня є актуальними для розширення номенклатури деталей, що підлягають плазмовій обробці.

Причиною виникнення залишкових напружень є нерівномірність температури покриття щодо температури масивної підкладки. Існує два види нерівномірностей, що відрізняються за часом релаксації температури. Перший вид нерівномірності пов'язаний з нагріванням покриття протягом всього процесу плазмової обробки. Другий вид нерівномірності пов'язаний з нестационарним температурним полем в зоні контакту окремої частки. Тому в покритті можна виділити залишкові напруження першого роду і контактні залишкові напруження, які відрізняються розмірами зон впливу. Залишкові напруження першого роду існують в обсязі всього покриття, а контактні залишкові напруження врівноважуються в околиці однієї частинки.

Когезійна міцність σ_k залежить як від міцності частинок, що утворюють покриття, так і від міцності зв'язку між частинками. Зазвичай міцність зв'язку між частинками набагато менша міцності окремих частинок, тому міцність покриття, або когезійна міцність, значно менше міцності компактного матеріалу. Для вимірювання когезійної міцності використовується відшарування покриття, яке вільне від внутрішніх напружень, що виникають при зчепленні з підкладкою. Найбільш простим і достовірним виміром механічних властивостей покриттів є випробування на вигин. Для визначення

максимальних нормальних напружень на поверхні зразка при консольному вигині використовувалася формула:

$$\sigma = \frac{Pl}{W}, \quad (1)$$

де P - поперечна сила, прикладена на кінці стержня довжиною l , $W = bh^2/6$ - момент опору квадратного перетину зразка, b і h - ширина і товщина перерізу.

Руйнування покриття визначалося міцністю розтягнутих, а не стислих шарів. Вплив неоднорідності механічних властивостей по товщині покриття оцінювалося при порівнянні результатів випробувань при розтягуванні внутрішньої і зовнішньої поверхні. Руйнівне напруження визначалося за параметрами зламу зразка.

Максимальна величина переміщення при розломі зразка складала 19,5 мм. Параметри зразка: ширина зразка 13,2 10-3 м; товщина зразка 1,46 10-3 м; довжина 0,1 м. Матеріал покриття PRHX15CP2 складається в основному з 82% нікелю, 15% хрому, 1% кремнію і 2% бору. Розміри фракцій порошку 40 - 100 мкм. Для оцінки найбільшого розтягуючого напруження в критичному перетині в точці закріплення зразка використовувалася формула (1).

Несуча здатність покриття σ_n визначає можливість збереження цілісності покриття під дією зовнішнього навантаження. Вона менше когезійної міцності σ_k на величину залишкового напруження

$$\sigma_n = \sigma_k - \sigma_o \quad (2)$$

де σ_o - величина залишкового напруження, що виникає при різниці температури покриття від температури підкладки в момент осадження покриття.

Розподіл залишкового напруження. Величина несучої здатності знижується при зростанні товщини покриття. При максимальній товщині покриття $h_{\max} = 1,46$ мм в розглянутих умовах відбувався розрив, що відповідає нульовому значенню несучої здатності. Причиною зниження несучої здатності при зростанні товщини покриття є лінійне зростання залишкового напруження при збільшенні товщини покриття. З рівняння балансу напружень у вигляді (2) визначалося розподіл залишкових напружень і несучої здатності матеріалу для різної товщини покриття 0,6 і 0,8 мм, зчепленого з підкладкою.

Висновки:

1 Показано, що когезійна міцність перевершує несучу здатність покриття зчепленого з підкладкою на величину залишкових напружень. Знайдена залежність залишкових напружень і несучої здатності від товщини покриття.

2 Отримані результати вимірювань когезійної міцності і залишкових напружень дозволяють обґрунтувати надійність застосування плазмових покриттів і аналізувати дані вимірювань міцності з метою визначення працездатності деталей.