

УДК 539.4: 621.7

**Долгов М.А.,** докт. техн. наук, професор  
Інститут проблем міцності імені Г.С.Писаренка НАН України, dna@ipp.kiev.ua  
**Смирнов І.В.,** докт. техн. наук, професор  
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»  
**Тарасовська С.О.,** канд. техн. наук, старший дослідник  
Інститут проблем міцності імені Г.С.Писаренка НАН України,  
**Скиба В.А.,** аспірант  
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»

## МІЦНІСТЬ ЗЧЕПЛЕННЯ ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННЯХ НА ВІДРИВ ТА ЗСУВ

Для підвищення характеристик міцності плазмових покриттів застосовують модифікатори порошків для напилювання. Досліджували вплив наночастинок оксиду титану (Rutile) розміром 20 – 50 нм виробництва Nanostructured & Amorphous Materials Inc., USA як модифікатору на міцність зчеплення плазмових покриттів з оксиду алюмінію. Для напилення покриттів використовували порошок  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  фракцією 63 + 40 мкм, як без модифікатора, та з добавкою нанопорошку  $\text{TiO}_2$  у кількості 1,5 мас. %.

Для приготування гомогенної суміші мікропорошку з нанопорошком використовували механохімічну обробку в планетарному кульовому млині XQM-2 з додатковим вакуумуванням робочої камери. Покриття товщиною 250 – 300 мкм напилювали плазмотроном з частково винесеною дугою і додатковим обдуванням плазмового струменя концентричним потоком захисного газу в ламінарному режимі, що сприяє збереженню та перенесенню наночастинок в покриття.

Міцність зчеплення покриттів зі сталлю Ст.3 визначали при випробуваннях зразків циліндричної форми (діаметром 25 мм) на відрив та плоскої (розміри покриття: 28 мм × 18 мм) – на зсув. Відрив покриття при розтягуванні циліндричних зразків в напрямку, перпендикулярному поверхні зони адгезійного з'єднання між покриттям та сталеву основою дозволяє оцінювати міцність зчеплення (рис 1, а). Дослідження міцності зчеплення на зсув полягало у визначенні критичних напружень, які виникають внаслідок дії дотичних напружень в зоні адгезійного з'єднання покриття та основи (рис. 1, б).

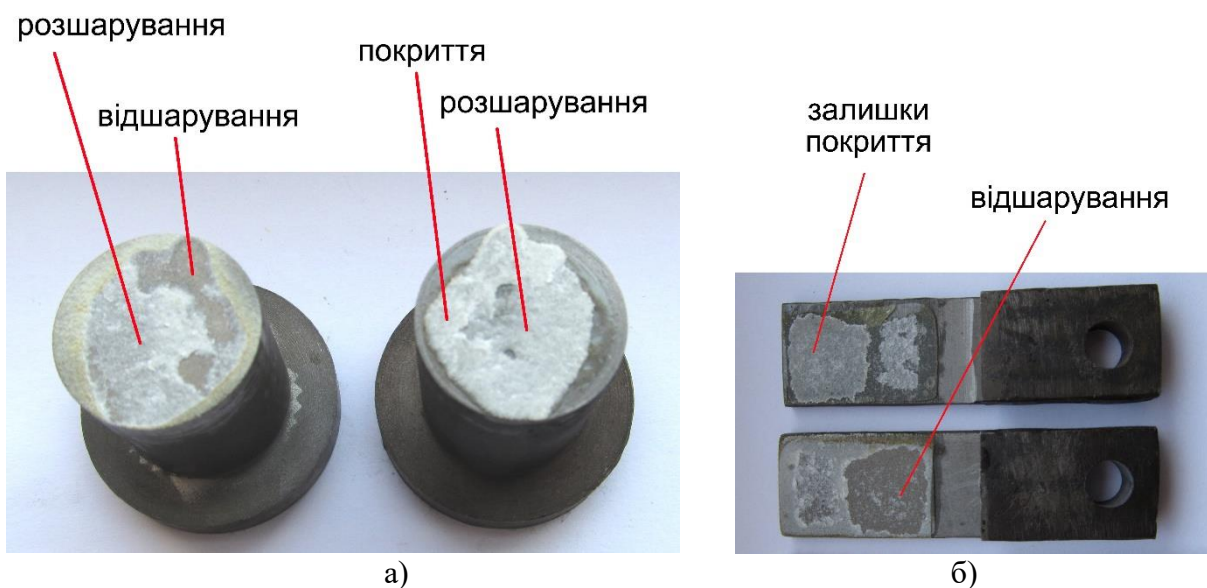


Рис. 1 – Руйнування зразків після випробування: а – на відрив; б – на зсув

Для склеювання поверхні напиленого покриття з контрзразками циліндричної та плоскої форм використовували клей на епоксидній основі [1]. Випробування виконували на розривній машині FM 1000.

На результати оцінювання міцності зчеплення при розтягуванні впливає інтенсивність абразивноструминної обробки сталеві поверхні перед напилюванням покриття. Аналітичним методом був проведений аналіз розподілу дотичних напружень в площині адгезійного контакту покриття та основи під час випробування на зсув. Результати показали, що сингулярність напружень в околі вільного краю покриття впливає на розподіл дотичних напружень, які, своєю чергою, впливатимуть на точність визначення характеристик міцності покриття. Крім того, відзначено, що інтенсивність абразивноструминної обробки поверхні перед напилюванням покриття має такий самий вплив на результати дослідження міцності зчеплення при зсуві, як і при розтягуванні циліндричних зразків. Це свідчить про можливість оцінювання міцності зчеплення на відрив за результатами визначення міцності зчеплення при зсуві. Для коректного порівняння критичних нормальних та дотичних напружень, які викликають відшарування покриттів під час випробувань на відрив та зсув відповідно, розраховували середні значення нормальних напружень, які характеризують міцність зчеплення на відрив, та середні значення дотичних напружень, які характеризують міцність зчеплення на зсув. Неоднорідність напруженого стану покриттів під час випробувань та сингулярність напружень в околі вільного краю покриття не враховували для порівняльного аналізу характеристик міцності покриттів. Результати визначення характеристик міцності покриттів показали, що міцність зчеплення покриття із не модифікованого  $Al_2O_3$  складає 16 та 11 МПа для випробувань на відрив та зсув, відповідно. Додавання до мікропорошку  $Al_2O_3$  нанопорошку  $TiO_2$  підвищується міцність зчеплення покриттів до 20 та 12 МПа для випробувань на відрив та зсув, відповідно. Зроблено висновки, що модифікація мікропорошку нанопорошком підвищує міцність зчеплення як на відрив, та і на зсув.

#### Список посилань

1. Dolgov M.A., Zubrets'ka N.A., Buketov A.V., Stukhlyak P.D. Use of the method of mathematical experiment planning for evaluating adhesive strength of protective coatings modified by energy fields // Strength Mater. – 2012. – V.44. – P. 81 – 86.

УДК 621.787.4

**Шепеленко І.В., докт. техн. наук, професор**

Центральноукраїнський національний технічний університет, kntucpfzk@gmail.com

**Немировський Я.Б., докт. техн. наук, професор**

Державний університет «Житомирська політехніка»

**Магопець С.О., канд. техн. наук, доцент**

**Красота М.В., канд. техн. наук, доцент**

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

### ПРОВЕДЕННЯ ПРИСКОРЕНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ВИПРОБУВАНЬ ГІЛЗ ЦИЛІНДРІВ

В роботах [1, 2 та ін.] доведена доцільність та ефективність використання фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО) гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання. Впровадження таких технологій вимагають проведення зносостійких випробувань робочих поверхонь виробів. Враховуюче те, що традиційні методи та установки не завжди дозволяють в точності відтворити умови роботи пари тертя «гільза – кільце», а також пов'язані з витратою часу на проведення випробувань, виникає питання розробки методів прискорених випробувань.