

УДК 621.793.7

Єршов А.В.¹, Грабовський В.Я.², Вініченко В.С.², Савонов Ю.Н.²

¹ д-р техн. наук, професор, НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя

² канд. техн. наук, доцент, НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя

ВПЛИВ НАПРЯМКУ РОЗТАШУВАННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ НА ХАРАКТЕР МІЦНІСТІ ПЛАЗМОВОГО ПОКРИТТЯ

Для відновлення спрацьованих поверхонь деталей машин використовують плазмові покриття. Міцність плазмового покриття є важливою експлуатаційною характеристикою захисного шару. Вона визначає можливість розширення засобів механічної обробки, надійність та ресурс роботи механізмів з відновленою поверхнею деталей.

Розглянемо дотичну і нормальну до поверхні основи когезійну міцність покриття. Дотична міцність визначається як напруження руйнування покриття під дією дотичної сили. Нормальну до поверхні основи когезійну міцність зчеплення можна визначити за методом штифтової проби при когезійному характері відриву штифта від поверхні покриття. Попередній аналіз [1-6] показує значну відмінність цих величин, що ставить питання щодо анізотропії плазмових покриттів, яка до цього часу досліджена недостатньо. Дослідження анізотропії відкривають нові можливості прогнозованого формування комплексу фізичних властивостей покриттів. Це підтверджує актуальність теми дослідження.

Розглянемо дані щодо когезійної міцності у напрямку дотичної до поверхні основи. Ця величина корелює зі швидкістю зношування поверхні покриття [1]. Крім того величина когезійної міцності визначає умови руйнування покриття під дією внутрішніх розтягувальних напружень, [2]. Дані вимірювання різних авторів наведено у табл.1.

З випробувань відомо, що когезійна міцність покриттів у напрямку паралельному поверхні основи змінюється в інтервалі 163-290 МПа [1-3] у залежності від умов напilenня та складу покриття, табл.1. Можливою причиною похибок вимірювання когезійної міцності є наявність внутрішніх напружень у покритті. Наведені у [1] дані міцності дещо занижені у порівнянні з вимірюваннями у [2], тому що у [1] вимірювання виконувалось при зчепленні покриття з основою, що не дозволило позбавитись внутрішніх напружень у покритті. Вимірювання у [2] виконувалось при відшарованому покритті і були практично позбавлені внутрішніх напружень.

Таблиця 1. Механічні характеристики покриттів у напрямку паралельному поверхні основи

Товщина h, мм та матеріал покриття	Когезійна міцність σ_k , МПа	Модуль Юнга, Е, ГПа	Деформація руйнування ϵ_p , %
0,28 (Al ₂ O ₃), [1]	125	54	0,31
0,2...0,5 (12X18H10T), [1]	192	89	0,35
0,35 (ПН65Ю15) [1]	163	69	0,41
1,4 (ПРНХ15СР2) [2]	234	59	0,42
0,15 (ПХ18Н10Т) [3]	178	74	-
0,15 (ПХ20Н80) [3]	92	71	-
0,15 (КХС – Кобальт-хром сплав) [3]	290	72	-

Загальна міцність покриття забезпечується також і міцністю зчеплення з основою. За даними [4-6] ця величина значно менша, ніж когезійна міцність при розтягненні, що видно з табл. 2. і складає 14-52 МПа. При підвищенні міцності зчеплення методом дугової активації було помічено, що відрив покриття має переважно когезійний, а не адгезійний або змішаний характер. Тому середнє значення нормальної когезійної міцності зчеплення можна прийняти в інтервалі 30-50 МПа, оскільки руйнування контакту зчеплення у [6] має переважно когезійний характер.

Таблиця 2. Міцність зчеплення покриття з основою та характер розриву

Матеріал покриття	Міцність зчеплення, МПа	Характер розриву
Чорні метали [4]	21-34, сталева основа (дробострумінна обробка)	Змішаний
Кольорові метали [4]	14-48	Змішаний
Керамічні матеріали [4]	21-41	Змішаний
12X18H9 [4,с.128]	24,5	Змішаний
NiCr [5,с.128]	35,8	Змішаний
Нп-65Г [6, с.35],	52, основа Ст.5 (дробострумінна обробка+дугова активація)	Когезійний

Частинки покриття орієнтовані паралельно поверхні, а їх зчеплення відбувається через проміжний шар оксиду [2,5], який має значно меншу міцність, ніж міцність металевих частинок. При випробуванні покриття на міцність зчеплення за допомогою відриву штифта визначається саме міцність оксидного шару на розрив.

Таким чином, слід відмітити, що когезійна міцність покриття у поперечному до основи напрямку у декілька разів нижча. Покриття характеризується суттєвою анізотропією.

Причина значної відмінності між дотичною та нормальною до основи когезійною міцністю криється, ймовірно, у формі частинок та їх орієнтації відносно поверхні основи. Згідно з даними [5], частинки покриття мають форму дисків, діаметр яких у 10-15 разів перевищує їх товщину. Частинки орієнтовані паралельно поверхні, що призводить до армування покриття у цьому напрямку.

Список використаних джерел

1. Соловых, Е.К. Оптимизация по критериям прочности плазменного напыления эрозионно стойких покрытий [Текст] / Е.К. Соловых, Б.А. Ляшенко, Ю.В. Дмитриев, Ю.С. Борисов // Проблемы прочности. – 2008. – № 6. – С. 136-151.
2. Грешта В. Л. Фізико-механічні характеристики та термічне напруження плазмового покриття [Текст] / В. Л. Грешта, А. В. Єршов, В. Я. Грабовський, В. С. Вінченко, С. В. Сейдаметов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. - 2023.- № 3.- С. 27-33.
3. А.В. Бесов, Н.А. Долгов, І.Й. Перкатюк Фізико-механічні властивості плазмових покриттів із порошків кобальт-хромових сплавів / Фізика і хімія твердого тіла. Т. 9, № 4 (2008) С. 898-900.
4. Корж, В.М. Нанесення покриття [Текст] / В.М. Корж, В.Д. Кузнецов, Ю.С., Борисов, К.А. Ющенко. – К: Аристей, 2005. – 204 с.
5. Кудинов В.В., Иванов В.М. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий. М.: Машиностроение, 1981, 192 с.
6. Ершов А.В., Сытников Н.Н., Камель Г.И. Влияние ионно-микродуговой активации подложки на прочность сцепления газотермических покрытий. Вісник СевНТУ, вып.118/2011. Сер.: Машиноприладобудування та транспорт. Севастополь: 2011, с. 32-36.