

ВІДНОВЛЕННЯ ЕМАЛЕВИХ ПОКРИТТІВ ПЛАЗМОВИМ НАПИЛЕННЯМ ПЛАКОВАНИХ ПОРОШКІВ

Проведен анализ условий напыления плакированных керамических порошков при восстановлении поврежденных участков эмалевых покрытий. Установлено влияние двухслойных металлических оболочек из титана и алюминия полученных методом вакуумно – дугового осаждения на частицах оксида алюминия на формирование и повышение защитных свойств плазменных покрытий.

The analysis of spraying of the plated ceramic powders by restoration of the damaged enamel coating section was carried out. Influence of two-layer metal covers from the titan and aluminum received by a method of vacuum - arc sedimentation on particles of an oxide of aluminum on formation and increase of protective properties of plasma coverings is established.

Сучасний розвиток промисловості, особливо таких галузей як хімічна, нафтопереробна, фармацевтична, харчова та ін., пред'являє високі вимоги до впровадження та надійної експлуатації композиційних матеріалів з покриттями. Найважливішим завданням при застосуванні захисних покриттів є підвищення термінів служби і міжремонтних циклів устаткування, що забезпечує синхронну роботу і профілактичне обслуговування усіх елементів технологічних систем. Широке розповсюдження при цьому отримали склоемалеві покриття завдяки високій стійкості до дії агресивних середовищ, у тому числі при підвищених температурах, зносостійкості, ерозійній стійкості [1]. Разом з комплексом цінних властивостей емалеві покриття мають ряд недоліків, до числа яких відносять недостатню високу стійкість до дії механічних ударних навантажень, що виникають на етапах виготовлення, монтажу, експлуатації емальованих конструкцій, а також унаслідок осідання основи, вібрації, різких коливань температур та ін. Навіть невеликі за розмірами uszkodження в емалевих покриттях іноді можуть привести до виходу з ладу дорогого обладнання і призупинення всього технологічного процесу.

Для ремонту uszkodжених емалевих поверхонь в умовах ремонтного виробництва, безпосередньо на місці експлуатації емальованої конструкції найбільш придатні методи газотермічного, зокрема плазмового напилення, які характеризуються універсальністю і високою продуктивністю. Забезпечити надійне відновлення і захист від корозії uszkodжених ділянок досягається при застосуванні керамічних порошків, які не приймають участь в електродних процесах, мають високу хімічну стійкість і коефіцієнт термічного розширення близький до емалі [2]. Проте, наявність пористості і залишкових термічних напружень в керамічних плазмових покриттях знижує їх захисні та механічні властивості. Підвищити захисті властивості плазмових покриттів можливо шляхом просочення покриття хімічно стійкою речовиною [3]. Однак просочення не покращує механічні властивості покриттів, особливо, що стосується міцності зчеплення. Одночасне підвищення фізико – механічних характеристик плазмових керамічних покриттів значною мірою досягається введенням металеві складової шляхом плакування, коли кожна окрема частинка порошку покривається металевою оболонкою [4].

Мета статі, полягала в встановленні оптимального режиму плазмового напилення плакованих керамічних порошків при відновленні uszkodжених ділянок емалевих покриттів та дослідженні структури і корозійної стійкості отриманих покриттів.

Для відновлення емалевих покриттів застосовувався порошок оксиду алюмінію, грануляцією 40 – 63 мкм, плакований двошаровими оболонками титану та алюмінію, який отримували методом вакуумно-дугового напилення, особливостями якого є нанесення металеві оболонки з високою адгезійною міцністю до керамічного ядра. Технологія і режими плакування порошку даним методом представлені в роботі [5].

Напилення покриттів проводили плазмотроном, конструктивною особливістю якого є виносний водоохолоджуваний мідний анод, в режимі генерації ламінарного плазмового струменя, що забезпечує кращі умови проплавлення керамічного плакованого порошку. В якості плазмоутворюючого, транспортуючого та обтискуючого газу використовувався аргон з загальною витратою 0,2 м³/год.

Відомо, що взаємодія напилюваних рідких частинок з твердою основою супроводжується формозміною сферичної частки (утворенням сплетів) внаслідок високоенергетичного удару, нестаціонарного розтікання і одночасного високошвидкісного твердіння. В результаті багатократного одночасного і послідовного укладання сплетів формуються шари напиленого покриття [6].

Визначення режимів плазмового напилення здійснювали шляхом аналізу морфології сплетів, напилених на емалеву поверхню (рис.1).

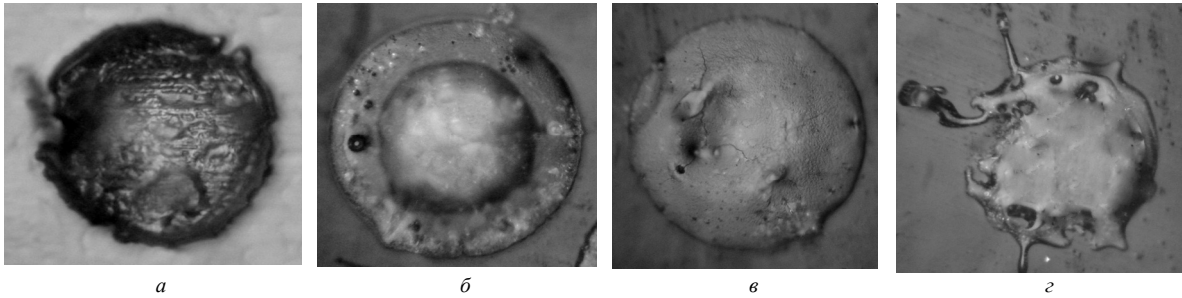


Рис. 1. Фотографії сплетів частинок оксиду алюмінію напильних на емалеву основу при різних силах струму ($\times 320$):
а – 60 А; б – 70 А; в – 80 А; з – 90 А, дистанція напильня 100 мм

Проведений аналіз форми сплетів показав, що при силі струму 60 А, частинки потрапляють на поверхню в високопластичному нерозплавленому стані (рис. 1, а), при силі струму 70 А відбувається формування нерівномірних сплетів з розплавленою поверхнею і нерозплавленим зернистим утворенням в центрі (рис. 1, б). Такі покриття мають велику пористість та низькі фізико – механічні властивості. При силі струму 80 А відбувається формування сплетів в формі плоского диску з рівними краями і наявністю мікротріщин в результаті повного розплавлення і швидкого охолодження (рис. 1, в). Подальше збільшення сили струму приведе до не бажаного розбризкування розплавленої частинки при взаємодії з основою в результаті її перегріву і, як наслідок, формування не суцільних сплетів з наявністю великих пір і не рівними краями (рис. 1, г). При цьому у всіх випадках спостерігається низька міцність зчеплення покриття з емалевою основою.

Усунення даних недоліків досягається шляхом застосування плакованого порошку оксиду алюмінію двошаровими оболонками титану і алюмінію та попереднього підігріву емалевої поверхні. Визначення впливу попереднього підігріву емалевої поверхні на формування плазмового покриття проводилося також за допомогою “сплет – тест”, результати якого представлені на рис. 2.

Попередній підігрів зразків з емалевим покриттям здійснювався в печі на протязі 10 - 15 хв., до досягнення встановленої температури, в діапазоні від 100 до 300 °С.

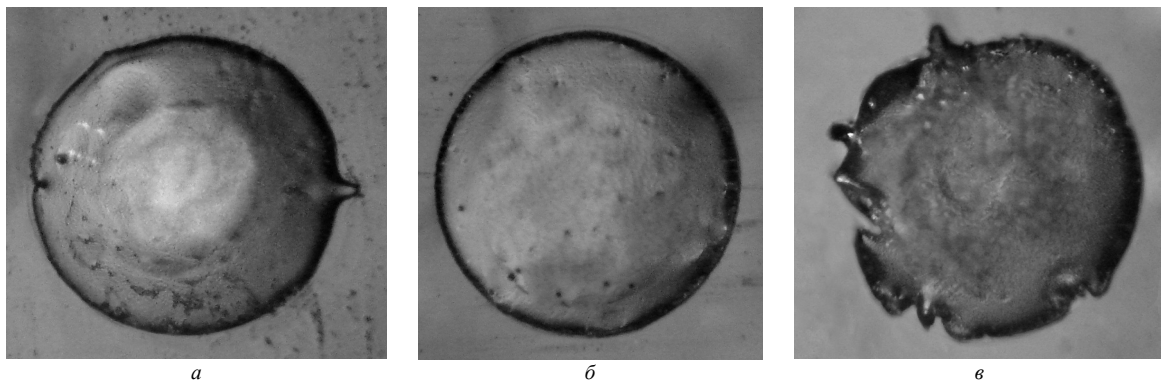


Рис. 2. Фотографії сплетів частинок плакованого порошку $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ti}/\text{Al}$ напильних на емалеву основу при різних температурах підігріву (сила струму 80А, витрати газу – аргону 0,2 м³/год): а – підігрів 100 $\pm$ 20 °С;
б – підігрів до 200 $\pm$ 20 °С; в – підігрів 300 $\pm$ 20 °С ($\times 320$)

З аналізу форми сплетів представлених на рис. 2 можна зробити висновок, що при однакових умовах напильня частинки плакованого порошку у всіх випадках потрапляли на поверхню з створенням сплетів у формі диску без наявності мікротріщин завдяки додатковому розігріву частинок порошку в результаті екзотермічної взаємодії титану з алюмінієм. При підігріві основи до 300 $\pm$ 20 °С процес затвердіння частинки вповільнюється, спостерігається більше розтікання та підплавлення основи в зоні контакту (рис. 2, в). В результаті підпалвлення емалевої основи відбувається збільшення площі контакту частинки з поверхнею, що сприяє підвищенню міцності зчеплення. Подальший підігрів основи супроводжується потемнінням емалевого покриття і утворенням сітки мікротріщин з можливістю відшарування емалі, що не допустимо.

На рис. 3 представлені металографії плазмових покриттів на емалевій основі, напильних плакованими порошками оксиду алюмінію.

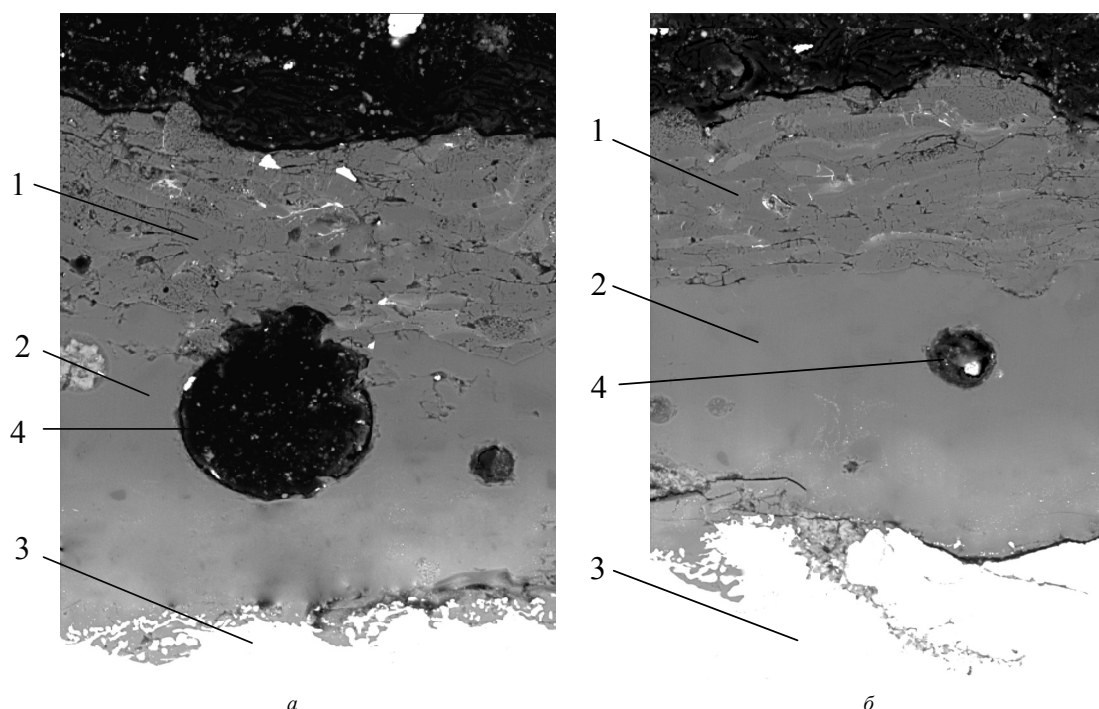


Рис. 3. Металографія плазмового покриття, напilenого порошком Al_2O_3 , плакованого Ti і Al на емаль: а) без підігріву; б) з підігрівом 300 ± 20 °C (x250). 1 – плазмове покриття $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ti}/\text{Al}$; 2 – Грунтова емаль; 3 – Сталева основа; 4 – Пору емалевого покриття

Оцінка пористості покриттів проводилася оптичним методом по аналізу мікрошліфів, методика якого полягає у визначенні площі, що доводиться на виявлені пори, відносно усієї площі шліфа покриття. Аналіз шліфів проводився з використанням приладів Neophot-32. Слід зазначити, що при такій методиці можна чітко визначити пористість, суцільність і товщину покриття. Отримані дані показали, що плазмові покриття напilenі порошком оксиду алюмінію з металевими оболонками титану і алюмінію, мають значно меншу пористість (2-4%) порівняно з покриттям з чистого оксиду алюмінію (6-10%) і більше.

Для оцінки впливу ролі плакованої оболонки і попереднього підігріву проведені вимірювання міцності зчеплення покриттів з основою за клейовою методикою відповідно з вимогами ГОСТ- 14760-69 і ASTM C 633-79 (рис. 4.). Даний метод випробувань дозволяє визначити міцність зчеплення покриттів з основою при розтягуванні в напрямку, перпендикулярному поверхні. Метод полягає у вимірі міцності зчеплення відривом покриття від основи через контрзразок, приклеєний до зовнішньої поверхні покриття.

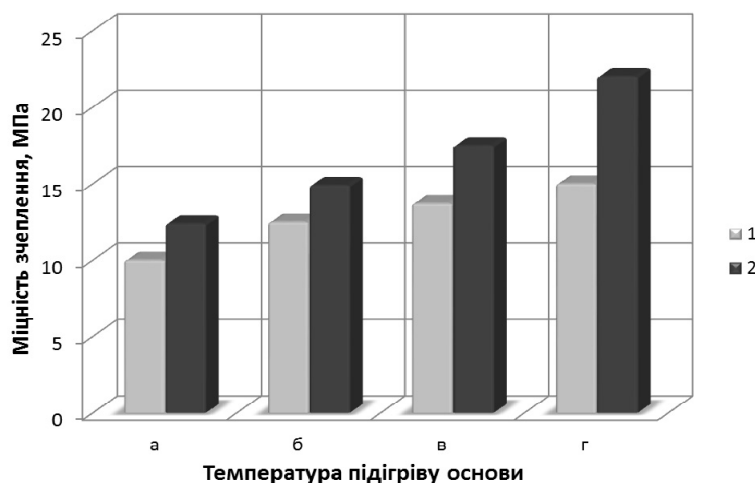


Рис. 4. Міцність зчеплення покриття з основою плакованих керамічних порошоків при різному підігріві основи: а) без підігріву; б) 100 ± 20 °C; в) 200 ± 20 °C; г) 300 ± 20 °C. 1- Al_2O_3 ; 2 – $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ti}/\text{Al}$

Аналіз результатів приведених на рис.5 показує, що збільшення температури підігріву емалевої основи, а також застосування плакованих порошків значно покращує міцність зчеплення плазових покриттів. Так, при температурі основи $300 \pm 20^\circ\text{C}$ міцність зчеплення для покриття з Al_2O_3 – 15 МПа, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ti}/\text{Al}$ - 22 МПа.

Випробування покриттів в агресивному середовищі (10–20% сірчаної кислоти) проводилося методом поляризаційного опору, який успішно застосовується для корозійних досліджень різноманітних матеріалів та багатьох середовищ [7]. Даний метод базується на вимірюванні зміни поляризаційного струму при накладанні поляризації на рівні 20 мВ.

Метод поляризаційного опору реалізується за допомогою двохелектродного датчика, який складається з двох однакових електродів з одного металу і однаковим покриттям. Цей датчик поміщають в агресивне середовище і проводять вимірювання поляризації. Результати проведених корозійних випробувань в 10% розчині сірчаної кислоти при кімнатній температурі $18 \pm 2^\circ\text{C}$ приведені на рис.5.

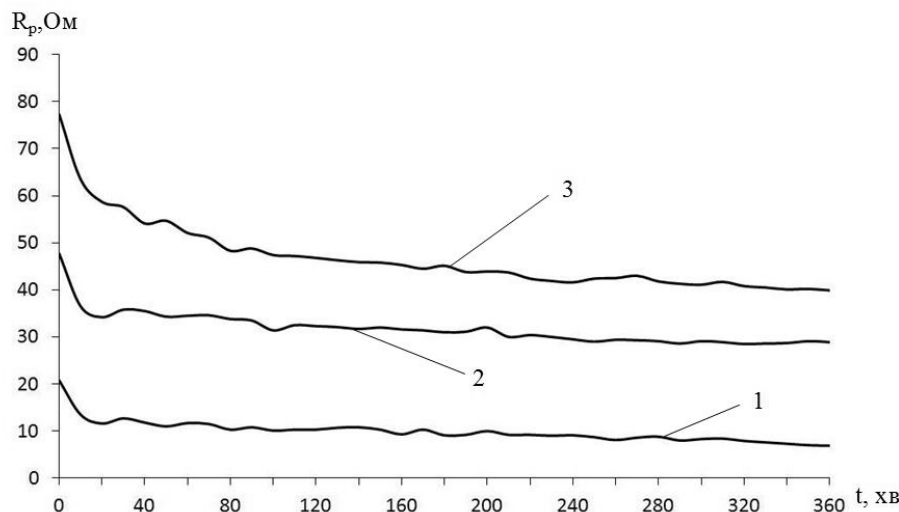


Рис. 5. Залежність поляризаційного опору від часу випробування в 10% H_2SO_4 плазових покриттів: 1 – при напыленні порошку Al_2O_3 у чистому вигляді (не плакований), товщина шару 150 мкм; 2, 3 – при напыленні порошку Al_2O_3 плакованого Ti та Al, товщина шару 150 мкм, 200 мкм відповідно

Графічні залежності поляризаційного опору (рис.5) свідчать про підвищення поляризаційного опору і, відповідно, зниженню швидкості корозії при застосуванні плакованого оксиду алюмінію, а також при збільшенні товщини покриття, що пояснюється в першу чергу зниженням кількості зв'язаних пір.

Висновки. При відновленні ушкоджених ділянок емалевих покриттів плазовим напыленням перспективним є використання порошку оксиду алюмінію плакованого металевими оболонками титану та міді, які сприяють завдяки езотермічній взаємодії з додатковим виділенням тепла кращому проплавленню керамічного ядра, зменшенню пористості та підвищенню корозійної стійкості у 2-3 рази

Попередній підігрів емалевої основи до $300 \pm 20^\circ\text{C}$ призводить до формування щільного покриття, збільшення контактної зони в результаті підплавлення емалевої основи, що забезпечує збільшення міцності зчеплення на 30-40%.

Список літератури

1. Петцольд А., Пешман Г. Эмаль и эмалирование. – М.: Металлургия, 1990.-576 с.
2. Валуев А. В., Валуев В. П., Санчугов Е. Л., Валуева Т. В., Лукин С. А. Защита деталей от коррозии в жидких агрессивных средах при повышенных температурах // Инструмент. — №23, Выпуск 1. — 2006. — С.36–39.
3. Применение плазменного напыления при ремонте эмалированного оборудования на НПО «Биохимреактив» / М. А. Берзиньш, О. А. Зеленкевич, А. И. Зозуля и др.— В кн.: Теория и практика газотермического нанесения покрытий. Рига : Зинатне, 1980, т. 2, с. 118-120.
4. Газотермическое напыление композиционных порошков / А. Я. Кулик, Ю. С. Борисов, А. С. Мнухин, М. Д. Никитин. — Л.: Машиностроение, 1985. — 200 с.
5. Копилов В.І., Смирнов І.В., Селіверстов І.А., Процеси іонно-плазового плакування порошків для газотермічних покриттів // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2009. – №3. – С.11–20.
6. О.П. Солоненко, А.В. Смирнов, В.А. Клименов, В.Г. Бутов, Ю.Ф. Иванов Роль границ раздела при формировании сплэтов и структуры покрытий // Физ. мезомех. – 1999. – Т. 2. – № 1-2. – С. 123-140
7. Фонтана, Р. Стэйл. Пер. с англ., под ред. В.С. Синявского. М., «Металлургия», 1980.