



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України
Інститут газу НАН України



МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

**V ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
СТУДЕНТІВ, АСПРАНТІВ ТА НАУКОВИХ СПІВРОБІТНИКІВ**

«ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД»

16 травня 2018 року

Київ 2018

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України
Інститут газу НАН України

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

**V ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
СТУДЕНТІВ, АСПРАНТІВ ТА НАУКОВИХ СПІВРОБІТНИКІВ**

“ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД”

16 травня 2018 року

Київ 2018

Інженерія поверхні. Комплексний підхід: Матеріали п'ятої всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників: К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТОВ “Фастпринт”, 2018. – 33 с.

В збірнику матеріалів другої всеукраїнської міжгалузевої науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників “Інженерія поверхні. Комплексний підхід” наведені тези доповідей, які були представлені на конференції. Основні питання, що були висвітлені у ході конференції відносяться до отримання функціональних покриттів методами газотермічного напилення та наплавлення, дослідження і аналіз властивостей покриттів, нових технологій в інженерії поверхні, інформаційного і методичного забезпечення.

ОРГАНІЗАТОРИ

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Кафедра інженерії поверхні КПІ ім. Ігоря Сікорського

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

Інститут газу НАН України

Матеріали видаються за оригіналами поданими авторами.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

Смирнов І.В., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерії поверхні КПІ ім. Ігоря Сікорського

Заступники голови:

Копилов В.І., д.т.н., проф. каф. інженерії поверхні КПІ ім. Ігоря Сікорського;

Чорний А.В., к.т.н., доц. каф. інженерії поверхні КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Учений секретар:

Солодкий С.П., к.т.н., ст. вик. каф. інженерії поверхні КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Члени оргкомітету:

Головко В.В., д.т.н., професор, завідувач відділом ІЕЗ ім. Є.О. Патона;

Петров С.В., д.т.н., провідний науковий співробітник Інституту газу;

Степанов Д.В., к.т.н., ст.викл. каф. інженерії поверхні КПІ ім. Ігоря Сікорського.

З М І С Т

Секція 1. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ	5
<i>Ю.М. Гаманець, В.І. Копилов</i> Отримання плазмового металокерамічного покриття з механічно легованого порошкового матеріалу.....	5
<i>Є. О. Люшенко, М. В. Дерижук, С. П. Солодкий, В. І. Копилов</i> Дослідження структури контактної зони плазмових покриттів за допомогою метода електроопору.....	7
<i>І.О. Світоч, О.О. Єрко, В.І. Копилов</i> Наукові підходи до визначення параметрів повзучості матеріалів з металокерамічним покриттям.....	9
Секція 2. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКРИТТЯ	11
<i>Ю.Ю. Оксенюк, Д.В. Степанов</i> Підвищення термінів експлуатації екструдерів плазмово – порошковим наплавленням.....	11
<i>О.М. Шкіндер, Д.В. Степанов</i> Відновлення залізничних коліс дуговим наплавленням.....	12
<i>А.Р. Скорий, Д.В. Степанов</i> Властивості наплавленого металу під час введення до зварювальної ванни нанопорошків.....	13
<i>Т.Ю. Колупайло, І.В. Смирнов</i> Підвищення зносостійкості шипів лазів монтерських електроіскровим легуванням.....	14
<i>О.О. Гаєриш, С.П. Солодкий</i> Підвищення зносостійкості поршневих кілець двигуна внутрішнього згоряння плазмовим напиленням.....	15
<i>Ю.І. Москалюк, С.П. Солодкий</i> Підвищення зносостійкості плунжерів формокомплектів скляної промисловості плазмовим напиленням.....	16
<i>А.А. Самарін, С.П. Солодкий</i> Підвищення зносостійкості робочих лопаток газових турбін плазмовим напиленням.....	17
<i>Д.А. Московченко, І.В. Смирнов, А.В. Чорний</i> Нові матеріали для корозійного захисту металоконструкцій.....	18
Секція 3. СПОРІДНЕНІ ПРОЦЕСИ В ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ	20
<i>Є.А Захаров, Ю.С. Попіль</i> Методика та дослідження фізичних властивостей воднево-кисневої плазми.....	20
<i>В.С. Добряк, А.С. Мінаков, С.М. Мінаков</i> Вдосконалення електромагнітного методу визначення залишкових зварювальних напружень і деформацій.....	22
<i>В.В. Порицький, Ю.С.Попіль</i> Вимоги до вибору обладнання для отримання воднево-кисневої плазми.....	23
<i>В.В. Макаревич, А.В. Чорний, І.В. Смирнов</i> Отримання композиційних порошків на основі ТІ для адитивних технологій.....	24
<i>М.Є. Єлисєєв, І.В. Смирнов</i> Підвищення ефективності плакування порошків вакуумно – дуговим способом.....	25
<i>В.В. Козоріз, С.М. Гетманець</i> Особливості призначення ремонтно – зварювальної технології відновлення деталей і конструкцій.....	27
<i>С.С. Гуторчук, С.М. Гетманець</i> Особливості реновації деталей і конструкцій дуговим зварюванням і наплавленням.....	28
<i>М.В. Короленко, С.М. Гетманець</i> Зносостійкість аустеніто-карбідних сплавів.....	30
<i>М.В. Короленко, С.М. Гетманець</i> Зміна властивостей поверхні тертя під час зношування.....	31
Секція 4. ОСНОВИ ПЕДАГОГІКИ ВИЩОЇ ШКОЛИ	32
<i>Р.М. Дідківський, Є.П. Чвертко</i> Аналіз даних з атестації персоналу зварювання за 2013-2017 роки.....	32

СЕКЦІЯ 1. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ

ОТРИМАННЯ ПЛАЗМОВОГО МЕТАЛОКЕРАМІЧНОГО ПОКРИТТЯ З МЕХАНІЧНО ЛЕГОВАНОГО ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ

Ю.М. Гаманець, магістр, В.І. Копилов, д.т.н., професор (КПІ ім. Ігоря Сікорського)

Механічне легування або механіко-хімічний синтез є ефективним способом здобуття композиційних порошків для подальшого використання, зокрема для напилення плазмових покриттів.

Метою роботи є отримання композиційних металокерамічних порошків з використанням механічного їх легування і плазмових покриттів на їх основі з підвищеними фізико-механічними характеристиками.

В якості керамічного матеріалу використовувався порошок оксиду алюмінію Al_2O_3 (ядро), а, як легуючі елементи (плакуючі оболонки), металеві порошки Mo, Ni, AlNi. Механічне легування проводили на лабораторному планетарному млині, при певній швидкості мішалки. Напилення здійснювалося на плазмовій установці УПУ-3Д. Випробування на зношування в умовах сухого тертя проводили на установці СМЦ-2 за схемою ролик (контр тіло – загартована сталь У8) – плоский зразок з покриттям по звичайній методиці.

Плазмові покриття на основі кераміки у багатьох випадках мають неоднорідну крупнозернисту структуру. Це призводить до низьких значень твердості і тріщиностійкості, високої чутливості до абразивного зносу, обмежуючи застосування даних керамік в якості матеріалів пар тертя, що працюють при підвищених навантаженнях.

При механічній активації відбувається дроблення частинок використовуваних порошків і їх пластична деформація. Після такого деформування і активації (протягом 1 години) частки порошку приймають, як правило, форму плоских дисків розміром від 1 до 20 мкм.

У самій суміші порошків відбувається легування поверхневих шарів кераміки, і на поверхні кожної частки формується дифузійна оболонка.

В подальшому при плазмовому напиленні механічно легovanого композиційного порошку в суміші протікають перетворення за рахунок термічної активації, коли відбувається перехід низькотемпературної структури корунду $\alpha-Al_2O_3$ у високотемпературну модифікацію $\gamma-Al_2O_3$.

Рентгеноструктурний аналіз показує наявність в покритті різних фаз, окрім чистих елементів Mo, Ni, Al, також оксидів і інтерметалідів на їх основі. Для структури плазмових покриттів, отриманих на основі механічно легovanаних порошків, характерна наявність тонких (менше 50 нм) прошарків нікелю, зміцнених нанорозмірними включеннями інтерметаліду типу $Ni_3(Al)$ [1]. Прошарки облямовують зерна оксидів.

Як показали дослідження [1, 2], нікелеві прошарки, зміцнені нанорозмірними включеннями інтерметалідів, за своєю природою і до властивостей подібні покриттям з термореагуючих порошків системи Ni–Al. Вони володіють високою твердістю, жароміцністю і зносостійкістю, сприяють запобіганню розтріскуванню оксидних часток із-за високої демпфуючої здатності цих прошарків.

Введення легуючих елементів знижує крихкість оксиду алюмінію, підвищує когезійну міцність і міцність зчеплення покриття з основою (Fe, сталь X18H10T).

Випробування на тертя показали, що при постійній кількості циклів випробувань незалежно від вигляду покриття знос зростає прямо пропорційно до певного рівня амплітуд, а потім спостерігається нелінійне зростання. Найбільш чутливими до зміни амплітуди мікропереміщення є покриття з порошків на нікелевій основі, а найбільш стабільними і менш чутливими до змін амплітуди відносних мікропереміщень є покриття молібденом, які мали найкращі показники по фреттинг стійкості у всіх діапазонах досліджених амплітуд і питомих навантажень.

Найменший коефіцієнт тертя в умовах сухого і змішаного тертя може бути отриманий для складу з вмістом молібдену 6-8% у вихідному порошку. Із аналізу інтенсивності зношування при різних режимах впливає, що покриття на основі $Al_2O_3 - Mo$ з оптимальним вмістом молібдену 6-8% виявляють найбільшу зносостійкість при низьких швидкостях в парі тертя і високих навантаженнях 35-45 МПа. На рис. 1 для прикладу представлені результати випробувань на зношування покриття на основі оксиду алюмінію з молібденовим покриттям у процесі механічного легування.

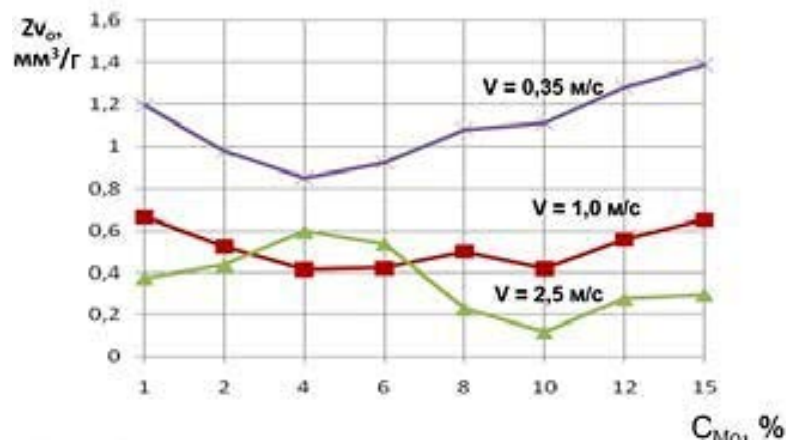


Рисунок – 1. Зношування покриттів на основі оксиду алюмінію, модифікованого молібденом.

Література

1. Ловшенко Ф. Г. Повышение качества плазменных металлокерамических покрытий [Текст] / Ф. Г. Ловшенко, Г. Ф. Ловшенко, А. С. Федосенко, А. М. Старовойтов // Вестник Белорусско-Российского университета.– 2011.– № 3 (32).– С.71–81.
2. Константинов В. М. Износостойкие газотермические покрытия из диффузионно-легированных порошков [Текст] Монография / В. М. Константинов, Н. В. Спиридонов, О. Г. Девойно, А. М. Авсиевич. Монография, под ред. чл.-кор. НАНБ Ф. И. Пантелеенко.– Минск.: Технопринт.– 2005.– 146 с.
3. Трибологические свойства легированных покрытий на основе оксида алюминия [Текст]/ Яцкевич О.К., Девойно О.Г., Кардаполова М.А. Белорусский национальный технический университет 451 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ КОНТАКТНОЇ ЗОНИ ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДА ЕЛЕКТРООПОРУ

*Є. О. Люшенко, магістр, М. В. Дерижук, магістр,
С. П. Солодкий, к.т.н., ст. викл., В. І. Копилов, д.т.н., професор
(КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

На сьогодні, в час ресурсозберігаючих технологій, газотермічне (плазмове) нанесення покриттів набуло особливого розвитку.

Функціональні властивості газотермічних покриттів залежать від сформованої структури, фазового та хімічного складу покриття, адгезійних властивостей системи основа – покриття (стану контактної зони, міжфазної міцності). Ці явища корелюються з важливими експлуатаційними характеристиками покриття – міцність зчеплення покриття з основою, когезій на міцність, пористість, твердість тощо).

Перспективним способом оцінки адгезійної та когезійної міцності покриття є дослідження електроопору покриттів. Цей метод має низку переваг перед методами, що ґрунтуються на відриві плівок, так як дозволяє виміряти безпосередню величину адгезійної та когезійної взаємодії без похибок, що екрануються побічними процесами.

Оскільки покриття містять забруднення, оксиди тощо, в контактній зоні є різні перехідні фази – інтерметаліди, метод електроопору може бути використаний і для вивчення структури контактної зони при різних умовах напilenня, а, відповідно, і для вивчення розвитку фізико-хімічних процесів при утворенні покриттів.

На кафедрі інженерії поверхні зварювального факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського розроблена та модернізована установка для вимірювання питомого опору покриттів. Установка дозволяє вимірювати контактний опір зразків з покриттям, що дає змогу, розрахунковим способом, визначити електричний опір покриттів в цілому.

Установка складається з притискного механізму; електронної динамометричної насадки; стабілізатора напруги; автотрансформатора; понижувального трансформатора; діодного мосту; мікровольтметра; аналогово-цифрового перетворювача та ноутбуку.

З точки зору електропровідності композиційні матеріали є твердими дисперсними системами, що складаються з електропровідних і не провідних (діелектричних) компонентів. У нашому випадку електропровідними частками є порошки металів Mo, Ni, Al–Ni, а як компонент – діелектрик використовується кераміка у вигляді порошоків оксидів Al₂O₃, TiO₂, SiO₂. Перенесення електричного заряду здійснюється по електропровідних металевих частинках. Величина питомого електроопору залежатиме від об'ємного вмісту (концентрації) і співвідношення провідних і не провідних компонентів. Відома формула для визначення об'ємного питомого опору ρ_m^V механічної суміші залежно від концентрації електропровідних компонентів (металевих частинок), що знаходяться в фізико-хімічному контакті один з одним [1]:

$$\rho_m^V = \frac{\rho_0^V}{pWc^2}, \quad (1)$$

де ρ_0^V - питомий об'ємний опір провідної фази; p – об'ємна доля електропровідного компонента; W – вірогідність виникнення провідності в об'ємі матеріалу; c^2 – площа поперечного перетину провідних металевих контактів.

Площа поперечного перетину визначається із співвідношення:

$$p = 3c^2 - 2c^3. \quad (2)$$

Композиційне плазмове покриття є пористим тілом, що також позначається на електропровідності. Пористість визначає міцність самого покриття (когезійну міцність). Згідно з літературними даними [2, 3] залежність електропровідності покриття від його пористості θ має вигляд:

$$\lambda_c = \lambda_0 (1 - \theta)^{3/2}, \quad (3)$$

де λ_0, λ_c - електропровідність суцільного і пористого тіла (покриття).

Представляючи плазмове покриття у вигляді послідовно сполучених шарів, що складаються з частинок, що контактують між собою, можна отримати відносну величину міжчасткових контактів, виходячи із рівняння для електропровідності такого тіла (рівняння 3) у вигляді параметру:

$$\xi = \frac{\lambda_c}{\lambda_0 (1 - \theta)^{3/2}}. \quad (4)$$

Вираз (4) є дуже важливим параметром для визначення в подальшому величини контактної зони, що необхідно для аналізу не тільки питомого опору, але також когезійно - адгезійної міцності системи «покриття–основа». Електропровідність (питомий електроопір) плазмових покриттів залежить від хімічного складу, форми і грануляції самих часток, фізичних властивостей компонентів.

Література

1. Мартюшов К. И. Электропроводность композиционных резистивных материалов / К. И. Мартюшов // Обзоры по электронной технике. – Серия 5.– Вып. – 8 (910). – М.: ЦНИИ «Электроника», 1982. – 57 с.
2. Скороход В. В. Физико-металлургические основы спекания порошков / В. В. Скороход, С. М. Солонин.– М.: Metallurgia, 1984.– 160 с.
3. Скороход В. В. Физико-механические свойства пористого никелида титана материалов/ В. В. Скороход, С. М. Солонин, И. Ф. Мартынова, Н. В. Гончарук // Порошковая металлургия. – № 3, - 1991. – С. 34–38.

НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВЗУЧОСТІ МАТЕРІАЛІВ З МЕТАЛОКЕРАМІЧНИМ ПОКРИТТЯМ

*І.О. Світоч, аспірант, О.О. Єрко, магістр, В.І. Копилов, професор
(КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

У конструкціях, що працюють в умовах високих температур, навантажень, середовищ, використовують композиційні матеріали на основі сумішей металевих (Mo, Ni, Al-Ni) і керамічних (Al₂O₃) частинок для покриттів, отриманих плазмовим напиленням. Дані металокерамічні композиції забезпечують підвищення робочих характеристик виробів і, перш за все, – жароміцність, зносо- і корозійно стійкість.

Критерієм оцінки працездатності елементів конструкцій при високих температурах можуть служити параметри повзучості і тривалої міцності, для визначення яких до теперішнього часу запропоновані різні емпіричні залежності, засновані, перш за все, на багаточисельних фундаментальних дослідженнях [1–4].

Повзучість виявляється через механізми, пов'язані з кристалічною решіткою, рухом дислокацій, механізми, залежні від граничних зон. Така повзучість обумовлюється ковзанням границь зерен у присутності рідких фаз, зародкоутворенням і зростанням тріщин уздовж межзерених границь. Монокристалічні матеріали, в яких відсутні границі зерен, як правило, володіють стійкістю до повзучості. Оксид алюмінію також має високу стійкість до повзучості по певних площинах при сильній анізотропії.

За деяких зовнішніх умов повзучість реалізується по більш, ніж одному механізму, але з відповідним домінуючим механізмом деформації.

В той же час, більшість механізмів високотемпературної повзучості, можуть бути описані в рамках рівняння Нортон – Ареніуса:

$$\dot{\epsilon} = A \delta^{-p} \sigma^n \exp(-Q/RT), \quad (1)$$

де σ - напруга, що прикладається; δ - розмір зерна; R , T – газова постійна, абсолютна температура; A , p , n – постійні, визначувані на основі експерименту.

Для прогнозування впливу композиційного покриття на повзучість і довговічність основного матеріалу запропонована методика обробки експериментальних даних, заснована на співвідношеннях [2, 3]:

$$\dot{\epsilon} = A \left(\frac{\sigma}{\sigma_b - \sigma} \right)^n, \quad (2)$$

$$\lg t_p = D + C \lg \sigma_b - n \lg \frac{\sigma}{\sigma_b - \sigma}. \quad (3)$$

де $\dot{\epsilon}$ - швидкість сталої повзучості; t_p - час до руйнування; σ_b - умовна (теоретична) межа короткочасної міцності; σ - напруга, що прикладається; A , D , C , n – константи.

На підставі результатів експериментів на повзучість до руйнування по трьох або більш рівнях напруги і після перетворень співвідношення (2, 3) отримаємо трансцендентне рівняння:

$$\frac{\lg \left(\frac{\dot{\epsilon}_i}{\dot{\epsilon}_j} \right) \lg \left(\frac{\sigma_j \sigma_b^{ijk} - \sigma_k}{\sigma_k \sigma_b^{ijk} - \sigma_j} \right)}{\lg \left(\frac{\dot{\epsilon}_j}{\dot{\epsilon}_k} \right) \lg \left(\frac{\sigma_i \sigma_b^{ijk} - \sigma_j}{\sigma_j \sigma_b^{ijk} - \sigma_i} \right)} = 1, \quad (4)$$

де індекси i, j, k відповідають номеру експерименту.

Набір рівнянь 2-4 по різних комбінаціях дозволяє визначити всі параметри, що входять в дані рівняння, і побудувати рівняння регресії для відповідних режимів випробувань.

Аналіз експериментальних результатів показує, що в певних випадках при знижених температурах і високій напрузі процеси деформації і руйнування матеріалів з покриттями мають термоактиваційну (термофлуктуаційну) природу, і швидкість на сталій стадії $\&$ і довговічність τ описуються кінетичними залежностями [4, 5]:

$$\& = \&_0 \exp\left(-\frac{U_0' - \alpha\sigma}{kT}\right), \quad (5)$$

$$\tau = \tau_0 \exp\left(-\frac{U_0'' - \beta\sigma}{kT}\right), \quad (6)$$

де $\&_0, \tau_0$ - постійні коефіцієнти; σ - прикладена напруга; U_0', U_0'' - енергія активації, відповідна, як правило, значенню енергії самодифузії.

У рівняннях (5, 6) чисельник в дужках $U = U_0 - \gamma\sigma$ – енергія активації процесу повзучості і руйнування за даних умов вантаження, а параметр $\gamma(\alpha, \beta)$ – це активаційний об'єм, величина якого характеризує нерівномірність розподілу напруги по окремих міжатомних зв'язках, коефіцієнт перенапруження.

Енергія активації і активаційний об'єм є основними фізичними параметрами, що характеризують вплив композиційного багатофазного покриття на процеси деформації і руйнування.

Для заданої системи «основа – металокерамічне покриття» необхідно розглядати механізми повзучості з врахуванням вигляду кераміки, діапазону температур і навантажень.

Найбільш сприятливим є варіант щільнішого покриття на основі керамічного матеріалу, закріплення дислокацій із застосуванням упродовжених дисперсних матеріалів для запобігання повзучості.

Література

1. Геминев В. Н. Ползучесть металлов и сплавов [Текст] / В. Н. Геминев // «Металловедение и термическая обработка». – т. 18 (Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР). – М.: 1984. – С. 57–97.
2. Шестериков С. А. Метод температурно – силового прогнозирования длительной прочности металлов [Текст] / С. А. Шестериков, А. Л. Аршакуни, Л. В. Череева // Проблемы прочности. – 1989.– № 9.– С. 6–9.
3. Демидов А. С. Прогнозирование механических свойств реакторной стали 08X16Н11М3-ПД в условиях ползучести без учета и с учетом радиационного облучения [Текст] / А.С. Демидов, В. В. Кашелкин, А. Д. Каштанов, В. А. Яковлев // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. – Сер. «Машиностроение». – 2015, – № 2.– С. 18–26.
4. Максимович Г. Г. Физико – химические процессы при плазменном напылении и разрушении материалов с покрытиями [Текст] / Г.Г. Максимович, В.Ф. Шатинский, В.И. Копылов. – Киев: Наукова думка, 1983.– 264 с.
5. Регель В. Р. Кинетическая природа прочности твердых тел [Текст] / В. Р. Регель, А. И. Слущкер, Э. Е. Томашевский. – М.: Наука, 1974.– 560 с.

СЕКЦІЯ 2. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКРИТТЯ ПІДВИЩЕННЯ ТЕРМІНІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕКСТРУДЕРІВ ПЛАЗМОВО – ПОРОШКОВИМ НАПЛАВЛЕННЯМ

*Ю.Ю. Оксенюк, студент, Д.В. Степанов, к.т.н., старший викладач
(КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

Відновлення різноманітних деталей, окремих вузлів та промислової техніки, являється техніко-економічно доцільним при ефективній організації та технології виробництва. Великим резервом економії металу та паливно-енергетичних ресурсів при ремонті машин масового виробництва є відновлення зношених деталей.

Часто відновлення дозволяє не тільки повернути початкові властивості, але й збільшити ресурс експлуатації деталі. Серед деталей, відновлення котрих економічно доцільно, особливе місце займають промислові деталі, зокрема екструдери.

Існує багато різноманітних технологічних процесів відновлення промислового обладнання. Проте створення таких технологічних процесів відновлення екструдерів, котрі забезпечували б післяремонтні їх ресурси на рівні 80% доремонтних, були при цьому економічно доцільними лишається в теперішній час невирішеним і тому являється актуальною.

Пропонується проводити наплавлення плазмово-порошковим способом. Перевагами плазмового наплавлення, що визначають можливі сфери його застосування, в цьому випадку являються:

- менше, в порівнянні з дуговим наплавленням, тепловловкладення в основний метал, що представляє інтерес при наплавленні деталей з термічно зміцнених або чутливих до перегрівання сталей;

- відсутність при наплавленні труднощів металургійного характеру, пов'язаних з поганою віддільністю шлакової кірки, наявністю шлакових включень і тому подібне (важливо для обмеженого кола високолегованих матеріалів);

- мала глибина проплавлення основного металу, що важливо в тих випадках, коли в наплавленому шарі допускається лише мала домішка заліза, коли розбавлення наплавленого металу основним не можна компенсувати за рахунок підвищеного вмісту легуючих елементів в дроті (стрічці) або багат шарового наплавлення або коли воно призводить до суттєвого погіршення властивостей металу в зоні сплаву, наприклад, внаслідок утворення крихких кристалізаційних прошарків.

В якості матеріалу для наплавлення пропонується застосовувати зносо- та корозійностійкий сплав системи Fe-Cr-V-Mo-Ni-C. Поєднання високої зносостійкості і пластичності сплаву досягається за рахунок утворення великої кількості первинних карбідів ванадію VC і евтектики, що розташовується у в'язкій аустенітно-мартенситної матриці у вигляді окремих колоній. Сплав володіє відмінним формуванням і високою стійкістю валика, що наплавляється, до утворення тріщин, це дозволяє наплавляти досить масивні деталі без попереднього підігріву. Термін служби шнеків, наплавлених сплавом ПР-Х18ФНМ (PMalloy 21), в 3 – 5 разів перевищує азотовані шнеки.

Наплавлення пропонується проводити на вітчизняній установці РМ-300.

ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС ДУГОВИМ НАПЛАВЛЕННЯМ

О.М. Шкіндер, студент, Д.В. Степанов, к.т.н., старший викладач

(КПІ ім. Ігоря Сікорського)

Залізниця є і ще довго буде залишатися основним засобом пересування людей та вантажів. Як рухомий склад, так і його окремі елементи вимагають постійного оновлення, удосконалення, ремонту та відновлення.

Сформовані умови експлуатації залізничного транспорту вимагають підвищення надійності і збільшення терміну служби коліс. За останні кілька років майже в два рази збільшилася кількість дефектних коліс з вищербини на поверхні кочення. Одним з напрямків збільшення якості коліс, включених в стратегічну програму забезпечення стійкої взаємодії в системі колесо-рейка, є підвищення твердості матеріалу ободів коліс.

Для відновлення працездатності зношених деталей потрібно в 5-8 разів менше технологічних операцій в порівнянні з виготовленням нових деталей. 85% деталей відновлюють при зносі не більше 1-2 мм, тобто їх працездатність відновлюється при нанесенні покриття незначної товщини. Проте ресурс відновлених деталей в порівнянні з новими, в багатьох випадках, залишається низьким. У той же час є такі приклади, коли ресурс відновлених прогресивними способами, у кілька разів вище ресурсу нових деталей. Основа підвищення якості – застосування новітніх технологій відновлення деталей.

При відновленні залізничних коліс виникає необхідність вишукування нових, більш прогресивних способів відновлення, які змогли б підвищити ресурс деталей при порівняно низьких витратах. Одна із складових такої системи є визначення оптимального співвідношення між комплексом властивостей «залізничне колесо – рейка». Відомо, що величина зносу залізничного колеса від взаємодії в місцях контакту з рейкою значною мірою пов'язана з міцнісними властивостями як металу по поверхні кочення, так і по робочій поверхні рейки. На підставі достатньо великої кількості оброблених літературних джерел встановлено, що мінімальні значення зносу як залізничних коліс, так і рейок досягаються за умовами приблизно однакових значень їх твердості. З іншого боку, відомо, що однаковий рівень міцнісних властивостей у сталях, можна досягти за різноманітного структурного стану – після термічної зміцнюючої обробки поліпшення, коли карбідна фаза має глобулярну форму, або після прискореного охолодження (зі швидкостями, нижчими за критичне значення) пластинковою формою.

Аналіз нанесення покриття на залізничні колеса електродуговим способом дозволяє стверджувати, що це один з найоптимальніших способів відновлення функціональних властивостей коліс. Пропонується проводити наплавлення дротом ПП-Нп-12Х12Г12СФ на автоматі АД-231 під шаром флюсу АН-26. Режим наплавлення: $d=3$ мм, $I=300$ А, $U=30-32$ В, $V=18,04$ м/год.

ВЛАСТИВОСТІ НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ ПІД ЧАС ВВЕДЕННЯ ДО ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ВАННИ НАНОПОРОШКІВ

*А.Р. Скорий, магістр, Д.В. Степанов, к.т.н., старший викладач
(КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

Покращення властивостей наплавленого металу – завдання актуальне, та невичерпне. Особливо в умовах сучасної української промисловості, коли підприємства намагаються здійснювати наплавлення найбільш дешевими матеріалами. Одним зі способів вирішення проблеми покращення властивостей наплавленого шару є управління структурою такого металу, зокрема за допомогою використання модифікаторів. Модифікатори здійснюють вплив на умови кристалізації, розмір первинної структури і, відповідно, властивості наплавленого металу. При чому модифікатори чинять позитивний вплив на властивості наплавленого металу при введенні незначної їх кількості (соті долі відсотка). В останні роки здійснюються спроби використати в якості модифікаторів матеріалів нанорозмірного діапазону, зокрема певні успіхи в цьому напрямку є у дослідників з кафедри інженерії поверхні КПІ ім. Ігоря Сікорського та ІЕЗ ім. Є.О. Патона.

Дослідження введення нанопорошкових матеріалів до зварювальної ванни здійснювали їх нанесенням на поверхню пластини попередньо виготовленої у заданих співвідношеннях суміші нанопорошків з флюсами після обробки у планетарному млині. Попередньо вираховувались витрати флюсу на одиницю довжини наплавленого валику та здійснювалось у потрібній пропорції змішування флюсу з нанопорошком SiO_2 . Вибір даного матеріалу обумовлений його простотою, дешевизною та можливістю використання в промислових масштабах.

За такою схемою введення нанопорошків до зварювальної ванни проводили наплавлення під флюсом АН-60 електродним дротом Нп-30ХГСА на режимах: $I=300$, $U=30$, $V=16$, $h=20$. Після наплавлення здійснювалось випробування триботехнічних властивостей наплавленого металу за допомогою машини СМЦ-2 за схемою вал-колодка.

Було встановлено, що при наплавленні дротом Нп-30ХГСА під пемзовидним флюсом АН-60 втрати маси наплавленого металу у вихідному стані становлять $\Delta m = 0,22$ гр. У суміші з флюсом при наявності у його складі 0,3% SiO_2 (мас. част.) втрати по масі складають $\Delta m = 0,08$ гр., тобто спостерігається підвищення зносостійкості у 2,75 рази.

Аналіз даних вимірювання мікротвердості вказує на певну кореляцію з даними випробувань зносостійкості. Так, у вихідному стані середнє значення твердості становить 217 HV, то при введенні нанопорошку оксиду до зварювальної ванни у суміші з флюсом АН- 60 - 255 HV.

Аналіз структури зразків показав, що при наплавленні дротом Нп-30ХГСА на сталь 09Г2С у вихідному стані формується ферито–перлітна структура. Цементитні виділення достатньо укрупнені. Введення нанопорошку оксиду кремнію у суміші з флюсом помітно збільшує у структурі перлітну складову, що позитивно впливає на зносостійкість

Таким чином, метал наплавлений з використанням нанопорошку оксиду кремнію показав підвищення зносостійкості в умовах тертя металу по металу, підвищення мікротвердості та позитивні зміни структури.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ШИПІВ ЛАЗІВ МОНТЕРСЬКИХ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ ЛЕГУВАННЯМ

Т.Ю.Колупайло, магістрант, І.В.Смирнов, д.т.н., проф.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського)

Лазы монтерські використовуються для підйому та роботи на залізобетонні та дерев'яні опори ліній електропередач. В своїй конструкції лази укомплектовані шипами. Шипи мають конічну форму, вироблені з термообробленої сталі.

В наслідок активного використання лазів шипи зношуються, затуплюються і втрачають свою властивість чіплятись за бетон, що може привести до небезпечних для життя наслідків, користувача. Такий шип зображено на рисунку б) Отже постає проблема в підвищенні зносостійкості шипів.

Звичайні шипи виготовляю з сталі 30 хгса з подальшою термічною обробкою. Але такі шипи занадто швидко приходять в непридатність. Також в продажі присутні покращений варіант з твердосплавними напайками, але ціна таких шипів занадто висока для видаткового матеріалу.

Отже, було вирішено використати не термооброблені шипи та нанести на них покриття електроіскровим легуванням. Ідея заснована на перенесенні невеликих порцій матеріалу при виникненні плазмових розрядів. Операція розплавлення і осадження лігатури відбувається в повітряно-газовій середовищі. Спосіб нагадує мікро зварювальний процес. Виникнення короткочасного електричного імпульсу, викликає розплавлення легуючої основи електрода і перенесення її на оброблювану поверхню. Звідси, інша назва процесу, – «Електроіскрове покриття».

Перевагами такого методу є:

1. виникнення невеликого теплового фону; в результаті, відсутня нагрівання поверхні, не виникає деформація виробу; простий технологічний процес;
2. не потрібно спеціальної підготовки поверхні;
3. енергоємність не перевищує 2 кВт;
4. обладнання має невеликі габаритні розміри і масу, внаслідок цього, транспортабельний в якості ручної поклажі;

Такий спосіб дозволяє нанести покриття з кращими характеристиками ніж у термооброблених шипів.

Таким чином було нанесено покриття ($TiCrV_2$) з товщиною 2 сотих міліметра на конічну частину шипа, безпосередню площу контакту з бетоном. Потім було проведено шість дослідів з допомогою спеціальної машини тертя. Досліди показали позитивні результати. При нанесенні такого малого шару покриття (2 сотки) зразок зносився в 2рази менше ніж без покриття.

Отже можна вважати що даний спосіб та матеріал покриття перевищує по всім параметрам звичайне гартування шипа, а саме по зносостійкості, ціні виготовлення, затраченого часу, екологічностію.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ПЛАЗМОВИМ НАПИЛЕННЯМ

О.О. Гавриш, студент, С.П. Солодкий, ст. викл. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, ЗФ)

Ефективність роботи двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) багато в чому обумовлена якістю поршневих кілець, особливо верхніх компресійних поршневих кілець (ВКПК).

На ВКПК під час роботи ДВЗ доводиться значна частка всіх термічних і механічних навантажень. Серед основних параметрів ВКПК найбільш важливим, що впливає на ефективність роботи ДВЗ, є якість його зовнішньої бічної (робочої) поверхні.

Матеріали для конструкційної основи поршневих кілець на базі чавунів і сталі спеціальних сортів по релаксаційній стійкості в основному задовольняє спеціалістів, в той час як отримання високих триботехнічних характеристик робочої поверхні ВКПК до теперішнього часу залишається найважливішою технічної задачею для автомобільних та інших ДВЗ.

Робоча поверхня сучасних ВКПК повинна мати захисне покриття, що задовольняє ряду наступним техніко-економічним вимогам: швидке прирацювання; високою зносостійкістю при малому зносі циліндра; ідеальним змочуванням мастилом; високою теплопровідністю; відсутністю схильності до заїдання, мікрозварювання з поверхнею циліндра тощо.

Розроблена технологія підвищення зносостійкості поршневих кілець плазмовим напиленням.

Для напилення використовувалася установка повітряно-плазмового напилення типу Київ-7 в складі плазматрону ПУН-1. Напилення здійснювалося в камері напівавтомату 15В-Б. Перед напиленням покриттів проводилася абразивно-струменева обробка на установці 487Р-М.

У канавку між буртами кільця наносили пористе зносостійке антифрикційне покриття з порошкового матеріалу грануляції 0,01-0,04 мм композит хімічної системи нікель – алюміній (порошок марки Н85Ю15), що дає екзотермічну реакції під час напилення.

Експлуатаційні випробування показали високу надійність і тривалий ресурс зміцнених плазмовим напиленням поршневих кілець.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що дана технологія забезпечує необхідну товщину і рівномірність товщини покриттів; забезпечує необхідну пористість покриттів, що підвищує їх мастиловбиранність і триботехнічні характеристики тощо.

Плазмові захисні покриття деталей циліндропоршневої групи і елементів камери згоряння дозволяють зменшити знос і збільшити їх ресурс практично до вироблення запасу втомної міцності матеріалу, поліпшити технічні характеристики двигуна (знизити витрату палива і мастила, кількість шкідливих викидів, підвищити потужність) і забезпечити економічність технологічного процесу.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПЛУНЖЕРІВ ФОРМОКОМПЛЕКТІВ СКЛЯНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ПЛАЗМОВИМ НАПИЛЕННЯМ

Ю.І. Москалюк, студент, С.П. Солодкий, ст. викл.,
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, ЗФ)

Наплавлення та напилення самофлюсівних порошкових сплавів на основі нікелю грає важливу роль для захисту формокомплекту для виробництва склотари.

Формокомплекти в цілому працюють в важких промислових умовах при одночасному впливі зносу, корозії і термоциклюванні.

Розроблена технологія підвищення зносостійкості плунжерів плазмовим напиленням.

В якості матеріалу для покриття був вибраний порошок системи Ni-Cr-B-Si марки ПГ-СР4. Цей матеріал має гарні показники щодо опору до абразивного зношуванню в поєднанні з підвищенням корозійної стійкості при високих температурах.

Для напилення використовувалася установка плазмового напилення типу Київ-7. Напилення здійснювалося в камері напівавтомату 15В-Б.

Підготовка поверхні перед напиленням включає в себе знежирення деталі, видалення бруду і мастила.

Перед напиленням покриттів проводилася абразивно-струменева обробка на установці 487Р-М.

Щоб отримати найкращий результат від плазмового напилення, плунжер необхідно підігріти до температури 200 °С до 300 °С в залежності від розміру деталі.

Для оплавлення покриття плунжер повинен бути нагрітий до температури ~900°С.

Після оплавлення плунжер слід охолоджувати з обертанням до температури 600 °С. Після цього деталь повинна повільно охолонути на повітрі.

Якщо твердість покриття становить близько 50-60 HRC, то рекомендується проводити охолодження в теплоізоляційних матеріалах, таких як вермикуліт. Це сповільнить охолодження і запобіжить утворенню тріщин.

Основні механічні властивості покриттів, що були напилені та оплавлені плазмовим методом на установці «Київ -7» наведені в табл. 1.

Таблиця – 1. Механічні властивості напилених покриттів із порошку марки ПГ-СР4

Марка покриття	Середня твердість, HRC	Модуль пружності, 10^5 , МПа	Тимчасовий опір, МПа	Коефіцієнт Пуассона	Відносна зносостійкість (відносно сталі 45)
ПГ-СР4	55	3,56–3,96	320–350	0,242–0,258	3,5–4,3

Проведені дослідження фізико-механічних властивостей дозволяють прогнозувати, що зносостійкість робочої поверхні плунжеру, зміцненої за даною технологією, повинна збільшитися в 3-4 рази.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ЛОПАТОК ГАЗОВИХ ТУРБІН ПЛАЗМОВИМ НАПИЛЕННЯМ

А.А. Самарін, студент, С.П. Солодкий, ст. викл.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, ЗФ)

Теплозахисні покриття (ТЗП) наносяться на найбільш важко навантажені деталі газотурбінних двигунів: внутрішній і зовнішній кожухи форсунки камери згоряння, соплові і робочі лопатки турбіни. Ці деталі працюють в умовах малоциклічної термічної втоми, яка характеризується тим, що порушення змінних температурних напружень в матеріалі обумовлюється циклічною зміною температури.

Розроблена технологія підвищення зносостійкості робочої лопатки газової турбіни плазмовим напиленням.

В якості матеріалу для напилення був обраний оксид цирконію.

Оксид цирконію, що володіє найбільш високою серед перелічених оксидів температурою плавлення (більше 2700 °С) і низьку теплопровідність, широко використовується для створення термобар'єрних шарів на деталях ракетних, реактивних і газотурбінних двигунів. Оксид цирконію, стабілізований оксидом ітрію, дозволяє довести жаростійкість виробів з покриттями до 1200–1300 °С.

Окрім того, конструкцію покриття змінили більш перспективною системою новою системою $\text{HfO}_2\text{—ZrO}_2\text{—Y}_2\text{O}_3$. Ця система дозволяє отримувати ТЗП з ресурсом, який перевищує ресурс системи $\text{ZrO}_2\text{—Y}_2\text{O}_3$ покриття.

Всі розглянуті склади діоксиду гафнію, частково стабілізовані оксидом ітрію, при швидкому охолодженні показують одну метастабільну t' -фазу з мікроструктурою, що еквівалентна чистій t' -фазі. Крім цього, температура фазового перетворення при переході тетрагональної фази в моноклину з збільшенням концентрації Y_2O_3 зменшується, а при збільшенні концентрації HfO_2 - збільшується, що робить систему $\text{HfO}_2\text{—Y}_2\text{O}_3$ дуже перспективною для отримання ТЗП з заданими властивостями.

Використовувалися порошки середнім діаметром частинок 50 мкм.

Оптимальний склад покриття (25 % HfO_2 – 75 % ZrO_2) – 8 % Y_2O_3 .

Для напилення використовувалася установка Київ-7, що комплектувалася напівавтоматом 15В-Б.

Перед напиленням покриттів проводилася абразивно-струменева обробка деталі на установці 487Р-М.

Перед нанесенням основного шару покриття наносили підшар з системи NiCrAlY .

Результати дослідження довели, що товщина підшару повинна складати приблизно 100-200 мкм. Також було доведено, що покриття системи $\text{HfO}_2\text{—ZrO}_2\text{—Y}_2\text{O}_3$ має більш високу зносостійкість, ніж покриття системи $\text{ZrO}_2\text{—Y}_2\text{O}_3$.

Довговічність шару окислів знижується, якщо товщина покриття більша ніж 400 мкм.

Проведені дослідження дозволяють прогнозувати, що зносостійкість робочої лопатки, зміцненої за даною технологією, повинна збільшуватися в декілька разів, в порівнянні з альтернативною технологією, що використовує систему $\text{ZrO}_2\text{—Y}_2\text{O}_3$.

НОВІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ КОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

*Д.А. Московченко, магістрант, І.В. Смирнов, д.т.н., проф.,
А.В. Чорний, к.т.н. доц. (КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

Захист деталей і конструкцій від впливу корозії, підвищення надійності сучасної техніки, зниження собівартості її обслуговування, забезпечення конкурентоспроможності, продовження ресурсу експлуатації, а також її реновація шляхом застосування сучасних технологій для відновлення працездатності вузлів до рівня нових виробів, – найбільш актуальні завдання, що стоять перед інженерами різних країн. За оцінками експертів, у світі через корозію щорічно виходить з ладу близько 20% металовиробів.



Рисунок – 1. Корозія елемента мостової конструкції

Для вирішення цих завдань ведеться постійна робота з пошуку нових високопродуктивних технологій та матеріалів, які б підвищували ресурс роботи металоконструкцій та давали змогу надавати істотно нові властивості робочим поверхням.

Одним із таких матеріалів можуть бути відходи виробництва велосипедних рам та вилок, деталей спортивних автомобілів і літаків, спортивного інвентарю, каркасів човнів та побутової техніки. Виробники такої продукції використовують сучасні алюмінієві сплави, наприклад сплав AW-7075.

Таблиця - 1 Хімічний склад сплаву AW-7075

Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Ti	Zn	Інші елементи	Al
0.18–0.28	1.2–2	<0.5	2.1–2.9	<0.3	<0.4	<0.2	5.1–6.1	<0.15	основа

На сьогодні генеративні технології ще тільки розвиваються, а класичні механічні методи обробки матеріалу не можуть забезпечити повне використання металу, відповідно – завжди будуть існувати відходи (в даному випадку стружка від токарної або будь-якої іншої механічної обробки).

Переробка цих відходів у порошок, що буде використовуватися для створення корозійностійкого плазмового покриття, є прогресивним рішенням не лише захисту металоконструкцій від корозії, а й спробою наблизитися до розв'язання ще однієї

важливої та актуальної проблеми індустріального суспільства – утилізації та переробки відходів.

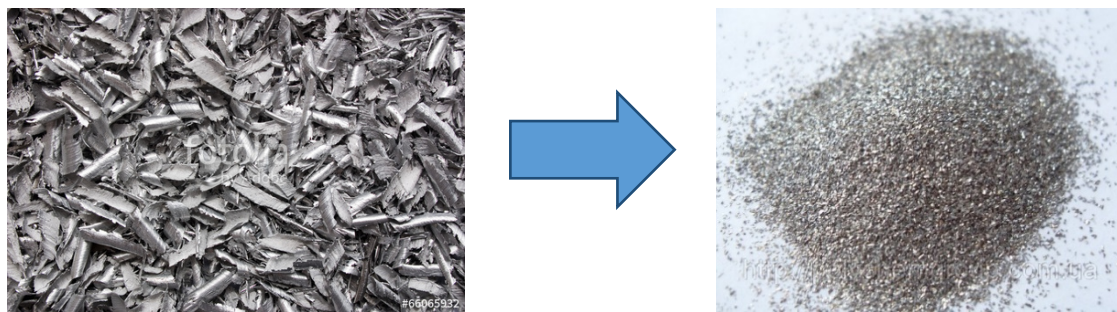


Рисунок – 2. Переробка стружки алюмінію та отримання порошку для напилення

З огляду на хімічний склад слід зазначити, що покриття зі вказаного матеріалу може забезпечити відмінні антикорозійні властивості.

Наприклад, цинк є активним елементом періодичної системи. Його потенціал більш негативний, ніж потенціал заліза та багатьох інших конструкційних металів (його стандартний електродний потенціал дорівнює – 0,76 В, а стаціонарний – 0,83 В). Відповідно, нанесення його на залізо та сталь захищає вироби від корозії.

Алюміній, що є основою сплаву – має значну стійкість до атмосферного впливу, води, більшості нейтральних і багатьох слабокислих розчинів внаслідок великої схильності до пасивування. У морській воді та деяких прісних водах, особливо за наявності в них іонів Cl і SO, потенціал алюмінію стає більш негативним, ніж потенціал заліза та сталі, тому за таких умов алюмінієве покриття поводить себе як анодне і забезпечує електрохімічний захист.

І справді, після серії проведених дослідів було встановлено, що корозійні властивості покриття на основі сплаву AW-7075 можна порівняти з властивостями покриттів на основі чистого алюмінію, що використовуються для захисту трубопроводів, корпусів суден, нафтових платформ, мостів тощо.

Як висновок, варто наголосити, що впровадження у виробництво покриття на основі сплаву AW-7075 дає можливість не лише вирішити питання переробки відходів, суттєвої економії коштів на закупівлю матеріалу, а й отримати відмінні характеристики захисних покриттів та підвищити корозійну стійкість важливих елементів металоконструкцій.

СЕКЦІЯ 3. СПОРІДНЕНІ ПРОЦЕСИ В ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ

МЕТОДИКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНЕВО-КИСНЕВОЇ ПЛАЗМИ

Є.А Захаров, студент, Ю.С.Попіль, доцент (КПІ ім.Ігоря Сікорського)

Одним з напрямків енергозберігаючих технологій є розробки з використання нових джерел енергії. Перспективним напрямком є використання воднево-кисневої суміші (ВКС) в концентрованих джерелах енергії до яких відноситься плазмовий струмінь, ефективність використання залежить від конструкції плазмотрону, що генерує плазму та плазмоутворюючої суміші [1].

Для розробки технологій плазмового способу обробки матеріалів з використанням ВКС потрібно визначити технологічні параметри процесу та дослідити склад низькотемпературної воднево-кисневої плазми атмосферного тиску, отриманої електродуговим нагрівом, теплофізичні властивості плазмового струменя та ефективність його застосування.

Геометричні розміри плазмового струменю фіксувалися візуально, при цьому перехідна межа від ламінарного до турбулентного характеру течії, визначалась довжиною плазмового струменю та витратами суміші. Витрати газової суміші становили при ламінарному характеру течії $V=0,4$ м³/год і турбулентному більше 0,6 м³/год при тиску $P=0,08 - 0,10$ МПа.

Методом калориметрування, визначили значення ефективної теплової потужності плазмового струменю. Для визначення ефективної теплової потужності плазмових струменів різних характерів течії та складу паливних сумішей використовувалася експериментальна установка з водяним калориметром ємністю води 20л. Кількість теплоти, яку виділяє плазмовий струмінь, фіксували при нагріванні мідної пластини розміром 150x150x5мм і масою 1кг. при цьому визначаються час нагрівання і пластина переносилась в калориметр. В даній роботі температура калориметра вимірювалась спеціальним термометром Бекмана, що забезпечує точність $\pm 0,01^{\circ}$ Розрахунки проводились по стандартній методиці [2].

Для визначення розподілення температури по довжині плазмового струменю, струмінь розбивався на три інтервали ефективних температур. Використовувались три способи вимірювання: в зоні температур 8000--4000 К спектральний, 3300 --2200 К пірометричний, термопарний 2000 --500 К. Для визначення температури в першій зоні з складових компонент плазмового струменю, було застосовано безконтактний метод емісійної спектроскопії. Для другого оптичний пірометр ЛОП-78 по температурі нагрітого тіла, де в якості тіла використовувався вольфрамовий стержень діаметром 2мм, абсолютна температура розраховувалась по стандартній методиці. В якості термопари були вибрано вольфрам-ренієву термопару ВР-5/20 діаметром 0,5мм, для запобігання окислення та вигорання, термопара розміщувалась в захисній оболонці з кварцового скла. Перед дослідженням термопара градуювалась. Допустима похибка термопар складає $\pm 1\%$ від вимірювальної ЕРС, а допустима похибка вимірювального приладу, мілівольтметра марки М-2020 розрахованого на виміри напруги до 100 мВ, складає 0,2%. В вимірювальних приладах

використовувалися компенсаційні дроти для врахування впливу температури вільних кінців, введення поправки виконувалось розрахунковим шляхом.

Емісійні спектри плазмового факелу реєструвалися за допомогою спектрометра на базі CCD-лінійки Solar ТП (S-150-2-3648 USB), що працює в діапазоні довжин хвиль 200-1080 нм та має трикутну апаратну функцію з півшириною 0.2 нм в діапазоні довжин хвиль 200-650 нм та 0.3 нм в діапазоні 650-1080 нм. Реєструвалося випромінювання по променям зору перпендикулярним осі плазмового факелу [3].

Для вимірювання повного тиску плазмового струменю застосовувався водоохолоджувальний зонд.

Визначення розподілення швидкості по довжині плазмового струменя виконувалось розрахунково-дослідним шляхом з використанням відомого рівняння з технічної термодинаміки, яке враховує тиск і температуру газового потоку.

Висновки:

1. Спектральний аналіз плазмового факелу з воднево-кисневої суміші показав, крім відомих характерних складових дисоціації води, наявність в складових плазмового струменя компонент матеріалу електродів, а саме атомарні лінії міді (Cu), компоненти атмосфери, в яку витікає струмінь, компоненти робочого газу-мультиплети кисню та молекулярні смуги OH, NO, O та N₂.

2. При генерації плазми з водне-кисневої суміші можна отримувати різні форми плазмового струменю, за рахунок регулювання витрат суміші, і таким чином регулювати ефективну теплову потужності плазмового струменю, так при ламінарному характеру витікання струменю (витратах ВКС $V=0,4$ м³/год., прикладеній електричній потужності до плазмотрону $W=4$ кВт), становила 30 МДж. При турбулентному стані витікання, ($V=0,6-1$ м³/год., $W=4$ кВт) ефективна теплова потужність складала 54-60 МДж, що практично в 2 рази більше за плазмовий струмінь, при однакових технологічних параметрах, де в якості плазмо- утворюючого газу використовувалось повітря.

3. Максимальна температура в струмені воднево-кисневої плазми знаходиться на відстані 3-4d_c від зрізу сопла і становить 8400±1000 К при збільшенні відстані на 6d_c температура інтенсивно знижується до 4100±1000 К. Середньо масова температура воднево-кисневого плазмового струменю становить 5000±500 К.

Як показали дослідження струмів низькотемпературної плазми отриманої електродуговим способом ініціювання, де в якості плазмоутворюючого середовища використовується воднево-киснева суміш, отримана з електролізно-водяних генераторів може застосовуватись більш ефективно ніж застосовуючі в даний час плазмоутворюючі гази та їх суміші в процесах газотермічної обробки матеріалів, для цього потрібно розробка нових технологій та обладнання, які є безпечними в роботі та ефективні в застосуванні.

Література.

1. Жуков М. Ф. Электродуговые нагреватели газа (плазмотроны): моногр. / М. Ф. Жуков, В. Я. Смоляков, Б. А. Урюков. – М.: Наука, 1973. – 232 с.
2. Николаев Г.А., Ольшанский Н.А. Специальные методы сварки. М., «Машиностроение», 1975.-231 с.
3. Spcair: C.O. Laux, T.G. Spence, C.H. Kruger, R.N. Zare, Optical diagnostics of atmospheric pressure air plasma, Plasma Sources Sci. Technol. 12 (2) (2003) P. 125-138.

ВДОСОКНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ ЗВАРЮВАЛЬНИХ НАПРУЖЕНЬ І ДЕФОРМАЦІЙ

В.С. Добряк, студент, А.С. Мінаков, інженер, С.М. Мінаков, к.т.н.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського)

Залишкові зварювальні напруження і деформації є одним із чинників роботоспроможності зварних конструкцій. Додавання робочих напружень та деформацій до залишкових може привести до ситуації коли вони можуть досягати критичної величини.

На разі бракує експериментальних методів визначення залишкових зварювальних напружень і деформацій. Зважаючи, що більшість зварних конструкцій виготовляється із феромагнітних матеріалів найбільшого розповсюдження досягли електромагнітні методи.

На зварювальному факультеті «КПІ ім. Ігоря Сікорського» вже більше 40 років успішно розробляється магнітоанізотропний метод визначення залишкових напружень. Метод є нечутливим до змін структури металу, стану поверхні металу. До переваг магнітоанізотропного методу можна віднести високу продуктивність, що дозволяє проводити сканування зварних конструкцій з метою пошуку небезпечних ділянок. Однак цей метод обмежується визначення напружень, так як при настанні пластичного деформування метод виявляє неоднозначність. Одним із стримуючих факторів також є обмеженість інформативних параметрів (амплітуда та фаза сигналу).

Останні 10-15 років почали бурхливо застосувати метод коерцитивної сили для завдань вимірювання напружень та деформацій. В літературі є багато суперечливих один одному даних, що пояснюється різними умовами проведення досліджень та різними зразками за конструкцією та властивостями. Є багато опублікованих даних про зміну форми граничної петлі магнітного гістерезису, що також свідчить на користь даного методу. Крім того, метод коерцитивної сили потребує багато часу для вимірювання. Метод ґрунтується на використанні постійних магнітних полів. Цикл намагнічування - розмагнічування потребує до 7 секунд на одне вимірювання. Ця обставина унеможливорює сканування зварних конструкцій з метою пошуку найбільш небезпечних ділянок.

Поєднання магнітоанізотропного та коерцитивної сили методів має на меті доповнити переваги один одного та компенсувати їх недоліки. Для цього треба модернізувати метод коерцитивної сили шляхом переходу на змінні поля, що дозволить сканувати зварні конструкції. Крім того запропоновано проводити намагнічування металу в полях меншої величини ніж гранична (300 А/м) із подальшим визначенням параметрів петлі магнітного гістерезису. Магнітоанізотропний метод запропоновано розширити шляхом проведення гармонійного аналізу сигналу перетворювача. Дослідження залежності параметрів магнітоанізотропного та коерцитивної сили методів від пластичних деформацій та напружень планується проводити на плоских зразках сталі 09Г2С товщиною 4 мм із поступовим створенням різного ступеню пластичного деформування та напружень.

ВИМОГИ ДО ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЕВО-КИСНЕВОЇ ПЛАЗМИ

В.В. Порицький, студ., Ю.С.Попіль, доц. (КПІ ім.Ігоря Сікорського)

До плазмоутворюючих середовищ висувається ряд вимог, одним з яких є низька собівартість та високі тепло-фізичні властивості плазмового струменю. Воднево-киснева суміш, яка виробляється ЕВГ складається з двох частин водню (H_2) та однієї частини кисню (O_2).

Використання для плазмових процесів воднево-кисневої суміші, в якості плазмоутворюючого середовища – екологічно чистого і відновлюваного джерела енергії, викликає цікавість, за рахунок своїх теплофізичних властивостей. А також використання електролізно-водяних генераторів (ЕВГ), які дозволяють отримувати пальну суміш безпосередньо на робочому місці, значно зменшує транспортні витрати і відкидає необхідність в балонному господарстві, робить використання воднево-кисневої, суміші економічно конкурентоспроможним джерелом енергії по відношенню до інших газових пальних сумішей [1].

Метою робіт, які проводились на кафедрі «Інженерії поверхні» НТУУ «КПІ ім.Ігоря Сікорського», було дослідити можливість отримання та стабільного існування воднево-кисневої плазми,

В якості обладнання використовувались, електролізно-водяний генератор монополярного типу *A1803УХЛЧ*, розроблений ІЕС ім. Є.О. Патона і виготовлений Броварським ОЗТ "Факел" з максимальною продуктивністю по виробленню воднево-кисневої суміші – $1,6 \text{ м}^3/\text{год.}$, джерело живлення інверторного типу для плазмового різання *CUT-40*, з напругою холостого ходу 300 В і максимальним струмом 40 А . Даний інвертор має в своєму складі осцилятор, який створює високовольтний та високочастотний потенціал для утворення допоміжної дуги. За основу конструкції плазмотрону було обрано катодний вузол мікроплазмового пальника *ОБ-1160А*[2], який використовується для мікроплазмового зварювання, в якому, замість цангового електродотримача (електрод марки *ВІ* вольфрам-ітрій, або вольфрам-лантан марки *ВЛ*), був перероблений на мідний електродотримач з гафнієвою вставкою, який водоохолоджувався. Та розроблений водоохолоджувальний анодний вузол. Подача газу в сопло плазмотрону здійснювалось аксіально. В якості ізолятора використовувалось керамічне сопло мікроплазмового пальника. Діаметр водоохолоджувального мідного електроду 7 мм , гафнієвої вставки 2 мм , діаметр сопла-анода змінювався від 3 до 8 мм .

Ініціювання воднево-кисневої плазми здійснювалось, за допомогою пускових газових сумішей, таких, як повітря.

Література.

1. Пат.107568 Україна,МПК Н05Н 1/26, В23К 10/02, В23К 101/00.Спосіб отримання воднево - кисневого плазмового струменя. /В.М. Корж, Ю.С. Попіль, Н.Ю. Попіль, Д.В. Москаленко; власник Нац. тех. ун-т України «КПІ».-№U201513126; заявл.31.12.2015; опублік. 10.06.2016, Бюл. №11. – 4 с.
2. Микроплазменная сварка /Б.Е. Патон, В.С. Гвоздецкий, Д.А. Дудко и др. Киев: Наук.думка, 1979.- 248 с.

ОТРИМАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОРОШКІВ НА ОСНОВІ ТІ ДЛЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*В.В. Макаревич, магістр, А.В. Чорний, доцент, І.В. Смирнов, професор
(КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

Сучасне виробництво все ширше опирається на перспективні технології з застосуванням нових високоефективних матеріалів. Адитивні технології є одним з цих напрямків. Вони, широко відомі як тривимірний друк, є способом виготовлення виробів різної форми за даними комп'ютерної моделі шляхом пошарового додавання матеріалу у вигляді порошку, дроту, рідини та ін. Тривимірний друк виробів з металів та їх сплавів являє великий інтерес для багатьох високотехнологічних галузей промисловості. Посилений інтерес до адитивних технологій викликаний перш за все можливістю створення об'єктів складної геометричної форми за короткий період часу без необхідності виготовлення додаткового оснащення. До числа потенційних користувачів цих технологій, в першу чергу відносяться авіа- і суднобудування, двигунобудування та аерокосмічна промисловість, медицина, виробництво виробів радіоелектронного і військового призначення.

Характеристики розроблених в даний час порошків явно лімітують область застосування адитивних технологій. Розробка нових методів отримання вихідних матеріалів для дозволить розширити номенклатуру використовуваних сплавів. Не дивлячись на стрімкий розвиток технологій для 3D друку, одержання та створення нової гами якісних композиційних порошків для них, лишається одним із першочергових завдань. Незважаючи на достатньо високий рівень розвитку способів виготовлення деталей із титанових сплавів методами адитивних технологій, одержання і створення нових якісних композиційних порошків для 3D друку лишається одним з першочергових завдань на сьогоднішній день.

Мета роботи полягала в дослідженні впливу складу, розміру та морфології вихідних композиційних порошків на формування фізико-механічних властивостей під час отримання порошків для адитивних технологій.

Для виготовлення композиційного порошку складу Ti-TiB для 3D-друку, в якості вихідного використовували не порошок Ti, а порошок TiH₂ з добавками TiB₂. На підставі експериментальних даних визначено оптимальний час розмелу, а саме 18 хв, суміші порошків для отримання фракції з середнім розміром 30-40 мкм. Встановлені оптимальні режими плазмового розпилювання в середовищі аргону та способи подачі розпилюваного матеріалу, які сприяють отримання порошкового матеріалу фракцією 10-20 мкм, що відповідає технологічним умовам 3D-друку. Методами рентгеноструктурного та мікроскопічного аналізів встановлено, що розпилення в струмені плазми в середовищі аргону дозволяє отримати композиційні порошки з мінімальним окисленням і сферичної форми, які є значно дешевшими за імпортні аналоги.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАКУВАННЯ ПОРОШКІВ ВАКУУМНО – ДУГОВИМ СПОСОБОМ

М.Є. Єлисеєв, студ., І.В. Смирнов, професор, (КПІ ім. Ігоря Сікорського, ЗФ)

Для отримання сучасних композиційних матеріалів існує необхідність створення широкої номенклатури вхідних матеріалів, найчастіше невеликими партіями, що викликає необхідність розробки гнучких та універсальних процесів, які б забезпечили порошкові матеріали з необхідними властивостями.

Одним з напрямків вирішення даного завдання являється використання технологій металізації порошків способами вакуумної конденсації, які дозволяють здійснювати металізацію практично всіма металами та сплавами, легко змінюючи товщину покриття та температуру в контактній зоні.

В результаті використання катодів та різноманітних матеріалів та змінюючи склад середовища в робочій камері вакуумної установки можливо створювати з простих компонентів багатошарові, дискретні, градієнтні та нанокристалічні покриття [1].

Порошки як об'єкт металізації, на відміну від масивних матеріалів, мають ряд наступних технологічних складностей при нанесенні покриттів. Одним з яких є те, що за рахунок складності процесу теплопередачі у вакуумі може виникати перегрів часток порошку в результаті виділення теплоти конденсації металу;

Для підвищення ефективності металізації порошків необхідне проведення попередньої оцінки факторів, які впливають на якість процесу нанесення покриття на порошки для вибору оптимальних режимів.

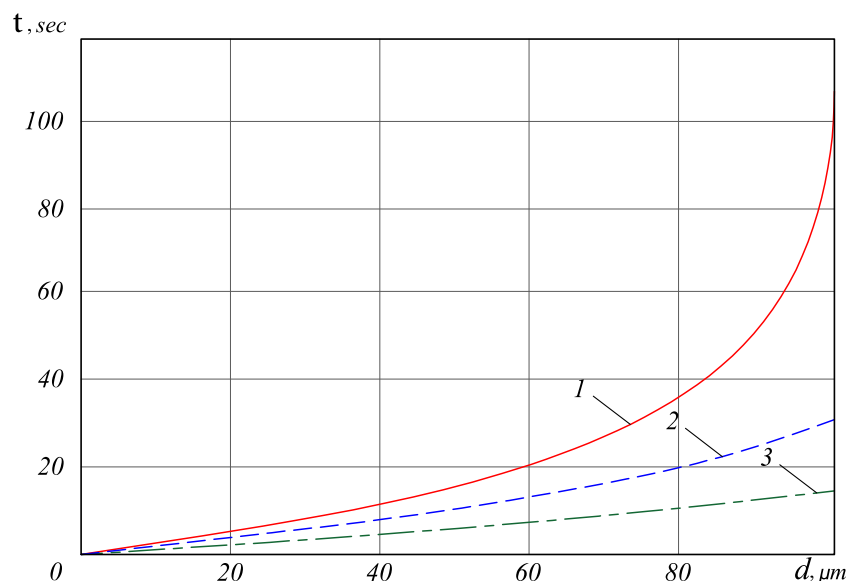
Складною та найбільш важливою являється оцінка температури часток порошку під час металізації. При нанесенні покриття у вакуумі виникає істотно зростаючий розігрів поверхні підложки, що може викликати небажані структурні зміни та склад матеріалу [2].

Зробити оцінку температури поверхні частинки порошку можливо на основі рівняння теплового балансу, яке для сферичної частинки порошку буде мати вигляд:

$$\frac{\pi d^2}{4} P_{уд} = cm \frac{dT_{пов}}{dT} + (T_{пов} - T_0)I(d), \quad (1)$$

де d , c , m – відповідно діаметр, теплоємність та маса часток порошку; $P_{уд}$ - питома поглинальна потужність; $T_{пов}$ - температура на поверхні частинки порошку.

Після проведення ряду підстановок та спрощень отримуємо графічну залежність часу металізації від діаметра часток порошку оксиду алюмінію для заданої температури (див. рис. 1)



1 – 300; 2 – 250; 3 – 200

Рисунок 1 – Теоретична залежність часу металізації від діаметра частинки порошку оксиду алюмінія при досягненні наступних температур на поверхні частинки, °С

На основі цього графіку (див. рис. 1) можливо зробити висновок, що досягнення рівня температури, наприклад 250 °С на поверхні частинки порошку діаметром 80 мкм відбувається за 2 секунди. В цьому випадку необхідним є використання пристроїв перемішування порошку, періодичному відведенню із зони дії металеві плазми та при циклічному проведенні процесу металізації для стабілізації температури порошку.

Література

1. Кунченко Ю.В. О формировании микро-, нанослойных покрытий методом вакуумно-дугового осаждения / Ю. В. Кунченко, В. В. Кунченко, Г. Н. Картмазов, И. М. Неклюдов // Физическая инженерия поверхности. – 2004 – 2, № 1. – С. 102 -108.
2. Смирнов И.В. Некоторые особенности ионно-плазменной металлизации керамических порошков / И.В. Смирнов // Новые материалы. – 2011.– С. 56-30;
3. Pawlowski L. The Science and Engineering of Thermal Spray Coating: Second edition/ Pawlowski L., John Wiley and Sons – 2008.

ОСОБЛИВОСТІ ПРИЗНАЧЕННЯ РЕМОНТНО – ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ І КОНСТРУКЦІЙ

В.В. Козоріз, студент, С.М. Гетманець, доцент (КПІ ім. Ігоря Сікорського, ЗФ)

Призначення ремонтно-зварювальної технології полягає у відновленні працездатності виробів за допомогою зварювання, наплавлення і напилення без значних витрат, з високою якістю у найкоротші терміни.

Різноманіття типорозмірів деталей і конструкцій, матеріалів і технологій виготовлення, умов експлуатації і видів пошкодження не дозволяє мати одну єдину для всіх випадків реноваційну технологію зварювання.

Для кожного типу виробу з урахуванням характеру пошкодження треба застосовувати конкретну технологію ремонтного зварювання, при призначенні якої застосовувати деякі загальні принципіві рекомендації конструкційного, технологічного і організаційного характеру, що наведені нижче.

1. Проведення аналізу стану деталей і конструкцій, що вийшли з ладу, для оцінки характеру пошкодження і визначення причин, які викликали відмови у роботі виробу або зниження його експлуатаційної надійності.

2. Визначення основних причин, які викликали передчасне ушкодження виробу, та заходів щодо їх усунення.

3. Повне видалення пошкодженого металу зварного шва і наплавленого валика з отриманням розробки (чистої поверхні) оптимальної форми і розмірів з чистою гладкою поверхнею. Основний метод видалення металу є механічний.

4. Визначення можливості і умов виконання зварювання і наплавлення по місцю розташування пошкоджених виробів (без їх демонтажу або з частковим демонтажем) з урахуванням кількості виробів, які необхідно відновлювати.

5. Призначення реноваційної технології зварювання – наплавлення з обов'язковим урахуванням матеріалу і розмірів пошкоджених виробів (сталевих і чавунних, тонко- і товстостінних, малого і великого розмірів).

6. Обрання способів реновації зварюванням і наплавленням за умови мінімізації тепловкладення і кількості наплавленого металу для забезпечення мінімальних зварювальних деформацій (короблення) відновлюваних виробів.

7. Врахування при призначенні зварювально – реноваційної технології виду пошкодження виробів. При пошкодженнях від зношення (стирання, тертя, кочення, ерозії, корозії) вибір наплавочних матеріалів для утворення шару зносостійкого матеріалу на робочій поверхні виробу.

8. Виконання зварювання і наплавлення, по можливості, з попереднім і супутнім підігрівом при реновації сталевих і чавунних виробів, крім деталей і конструкцій з аустенітних сталей, і, при необхідності, з проковкою шарів або валиків, а також з термообробкою після зварювання по режимах високого відпуску, нормалізації, аустенізації, стабілізуючого відпалу.

9. Усунення конструкційних недоліків у пошкоджених виробках шляхом наплавлення багатшарового підсилюючого покриття, вварюванням вставок із збільшеною товщиною металу і/або приварюванням підсилюючих елементів, а також аргонодуговим оплавленням і абразивною обробкою різких переходів зварного шва і наплавленого валика до основного металу до отримання плавних радіусів закруглень та підвищення опору втомі і крихкому руйнуванню.

ОСОБЛИВОСТІ РЕНОВАЦІЇ ДЕТАЛЕЙ І КОНСТРУКЦІЙ ДУГОВИМ ЗВАРЮВАННЯМ І НАПЛАВЛЕННЯМ

С.С. Гуторчук, студент, С.М. Гетманець, доцент (КПІ ім. Ігоря Сікорського, ЗФ)

Реновацію різноманітних деталей і конструкцій виконують різними способами дугового зварювання і наплавлення залежно від виду пошкодження, типорозміру і умов експлуатації.

Серійне відновлення однотипних деталей і конструкцій виконують переважно механізованим і автоматичним зварюванням і наплавленням, що дає можливість забезпечення високої якості метала зварних швів і наплавлених валиків та високої продуктивності процесу реновації.

При одиничному відновленні окремих деталей і конструкцій, в умовах обмеженого доступу до місця пошкодження найбільш поширеним, а іноді і практично єдиним можливим способом є дугове зварювання і наплавлення штучним покритим електродом.

Для ручного дугового зварювання і наплавлення покритим електродом характерні висока маневреність і можливість виконання швів і наплавлень в усіх просторових положеннях та отримання металу зварного шва і наплавочного валика високої якості при застосуванні електродів з основним покриттям.

До недоліків зварювання і наплавлення покритим електродом відносять значну залежність якості виконання зварних швів і наплавлених валиків від кваліфікації зварника, техніки виконання швів і валиків, доступності до місця пошкодження деталі і конструкції та від якості електродів.

Автоматичне дугове зварювання і наплавлення під флюсом порівняно з ручним дуговим зварюванням і наплавленням забезпечує більш високу, у 5 - 20 разів, продуктивність процесу, що досягається за рахунок більшої щільності зварювального струму та збільшення швидкості зварювання (наплавки).

Для зварювання і наплавлення під флюсом характерні висока якість металу шва і валика та хороше формування шва і валика з отриманням гладкої поверхні з мілкою лускою і плавним переходом до основного металу.

До недоліків відносять можливість виконання процесу зварювання і наплавлення виключно у нижньому положенні та обмежена можливість застосування при виконанні зварювання і наплавлення по місцю розташування пошкоджених виробів при неможливості їх демонтажу.

Механізоване та ручне дугове зварювання і наплавлення плавким електродом у захисному газі порівняно з зварюванням покритими електродами відрізняє більш висока концентрація зварювальної дуги. Останнє забезпечує мінімальну зону термічного впливу і невелику залишкову деформацію, більш високу продуктивність процесу реновації та можливість виконання зварювання і наплавлення в усіх

просторових положеннях з формуванням зварних швів і наплавлених валиків достатньо високої якості.

Зварювання і наплавлення плавким електродом у захисному газі дає можливість спостереження за зварювальною ванною, дугою, плавленням електродного або присадкового металу, що сприяє підвищенню якості зварних швів і наплавлених валиків, рівень якої поступається наплавленню під флюсом.

Механізоване дугове зварювання порошковим дротом або стрічкою у порівнянні з ручним дуговим зварюванням покритими електродами дозволяє суттєво збільшити продуктивність зварювальних і наплавочних робіт. При цьому зварні шви і наплавлені валики відрізняються хорошим зовнішнім виглядом і формуванням, наслідком чого є відсутність у багатьох випадках необхідності послідувочої механічної обробки поверхні.

Одним з основних показників, що характеризують ефективність реновації виробів зварюванням і наплавленням є продуктивність, показником якої є коефіцієнт наплавлення, значення якого наведені нижче у г/(А*година).

Ручне дугове зварювання покритим електродом	- 8,5 – 11
Ручне аргонодугове зварювання	- 2,5 – 3,5
Автоматичне зварювання під шаром флюсу	- 14 – 18
Механізоване зварювання у вуглекислому газі	- 13 – 22
Механізоване зварювання порошковим дротом	- 9 – 24

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ АУСТЕНІТО-КАРБІДНИХ СПЛАВІВ

М.В. Короленко, студент, С.М. Гетманець, доцент (КПІ ім. Ігоря Сікорського, ЗФ)

Аустеніт у структурі матеріалів для наплавлення суттєво впливає на опір абразивному зношуванню. Аустенітні сталі є більш зносостійкими у порівнянні з мартенситними, феррито-карбідними і аустенітно-карбідними матеріалами.

При абразивному зношуванні найбільш зносостійкі сплави з аустенітно-мартенситною матрицею та рівномірно розподіленими у ній карбідами. Однак, вплив кількості аустеніту і мартенситу на зносостійкість різний. Один аустеніт у основі при хорошому закріпленні карбідів не збільшує зносостійкість. У свою чергу один більш зносостійкий мартенсит у основі сплавів погано утримує карбіди, що приводить у деяких випадках до зниження зносостійкості.

Значна зносостійкість металів, що мають аустенітну структуру, зв'язана з їх високою здатністю до наклепу. Компактна кристалічна гранецентрована решітка аустеніту, що обумовлює його високу пластичність, сприяє зростанню опору абразивному зношуванню наплавленого металу.

Параметри решіток аустеніту і карбідів більше близькі ніж у мартенситу і карбідів, що обумовлює більш високу міцність границі аустеніт-карбід ніж мартенсит-карбід. Тому при зіткненні абразиву з карбідом у більшості випадків руйнується саме абразивне зерно, а карбід відривається від основи рідко. Опір абразивному зношуванню аустенітно-карбідних сплавів вище, відповідно, у порівнянні з феррито-перлітними та перліто-карбідними матеріалами.

Для умов абразивного зношування при високому тиску більш вигідна нестабільна аустенітна матриця зносостійких сплавів. Під дією навантаження протікає розпад аустеніту і підвищення твердості та зносостійкості.

Однак, і стабільні аустенітні наплавочні матеріали мають достатньо високу зносостійкість абразивному зношуванню у порівнянні з перлітно-карбідними матеріалами. Максимальна зносостійкість досягається тільки у тих випадках, коли у структурі наплавочного матеріалу міститься нестабільний аустеніт, що здатний до структурних перетворень під дією абразивного середовища у процесі зношування.

ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНІ ТЕРТЯ ПІД ЧАС ЗНОШУВАННЯ

М.В. Короленко, студент, С.М. Гетманець, доцент (КПІ ім. Ігоря Сікорського, ЗФ)

Поверхневі шари металу наплавленого шару при взаємодії з абразивними тілами можуть мати зміни, що включають структурні перетворення, виділення нових фаз, підвищення щільності дислокацій, дроблення і фрагментація зерен, порушення кристалічної решітки. Наслідком є зміна механічних властивостей, поява залишкових напружень *I* і *II* роду та зміна зносостійкості металу.

Здатність до опору зношуванню необхідно пов'язувати з властивостями структури наплавленого металу поверхні. Процеси у поверхневому шарі такі як крихке руйнування, пластична деформація, структурні перетворення, дифузія і окислення, можуть протікати одночасно у різній мірі. Відповідно, вони можуть мати і різне питомий вплив на кінцеві властивості металу наплавки.

У більшості випадків суттєво різних видів взаємодії абразивних тіл з металом загальним є створення високих напружень у зоні контакту і прилеглих до нього мікрооб'ємах. Результатом цього є інтенсивна пластична деформація, що приводить до зміцнення поверхневих шарів металу.

Багатократне повторення актів взаємодії абразиву з робочою поверхнею обумовлює збільшення щільності дислокацій у металі, можливість структурних перетворень, виділення нових фаз, інших процесів. Для визначення змін у поверхневому шарі при зношуванні і зв'язку їх з зносостійкістю необхідні більш глибокі методи дослідження ніж метод мікротвердості, що традиційно застосовують для виявлення таких залежностей.

Перспективними матеріалами для умов зношування робочих поверхонь при великому тиску абразивних середовищ є матеріали, що здатні до зміцнення поверхневого шару при взаємодії з абразивом. Такі матеріали, маючи хороші пластичні властивості, під тиском абразивних тіл суттєво змінюють у процесі експлуатації первинну структуру і зносостійкість.

Таким чином, опір наплавленого металу під час дії високого тиску абразивного середовища залежить від складу та первинного структурно-фазового стану наплавленого металу і його здатності до зміцнення при експлуатації.

СЕКЦІЯ 4. ОСНОВИ ПЕДАГОГІКИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

АНАЛІЗ ДАНИХ З АТЕСТАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ ЗВАРЮВАННЯ ЗА 2013-2017 РОКИ

*Р.М. Дідківський, аспірант, Є.П. Чвертко, к.т.н., доц.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

Ручні та напівавтоматичні способи дугового зварювання вважають найбільш технологічно гнучкими, тобто такими, що дозволяють виготовляти велику номенклатуру виробів без суттєвих змін обладнання. Серед таких процесів ручне дугове зварювання покритими електродами (ММА), ручне зварювання неплавким електродом у середовищі інертних газів (TIG) та напівавтоматичне дугове зварювання плавким електродом у середовищі захисних газів (MIG/MAG). Тому атестація персоналу, який працює із вказаними способами, є актуальною задачею.

Загалом процес атестації складається із двох етапів: теоретичного іспиту та практичного — зварювання зразків за заданою технологічною інструкцією із подальшим контролем якості з'єднання попередньо визначеними способами руйнівного та неруйнівного контролю.

Власне, теоретичний іспит не є складним, оскільки він відповідає другому та третьому рівню Національної рамки кваліфікацій. Що стосується зварювання контрольних зразків, то на результати іспиту можуть впливати ряд факторів. Серед них:

- рівень підготовки кандидата
- особисті характеристики та суб'єктивні фактори (настрій, психологічний стан, наявність стресу та ін.)
- особливості зварювального обладнання, яке використовують при контролі
- особливості зварювальних матеріалів, наданих кандидатові на іспиті.

Загалом за результатами аналізу іспитів, які проходили в ДП МУАЦ ІЕЗ ім. Є.О. Патона протягом 2013-2017 років можна зробити висновок про те, що при навчанні не повною мірою реалізовано індивідуальний підхід та контроль прогресу кожного студента. Таким чином, виявляється доцільним розробка методик і принципів моніторингу процесу зварювання з метою визначення готовності кандидатів до іспиту, а також прогнозування можливості і доцільності подальшого навчання.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

П'ята всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів та наукових співробітників

«ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД»

16 травня 2018 року

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

(українською мовою)

Матеріали видаються за оригіналами поданими авторами

Комп'ютерна верстка Чорний А.В.

Підписано до друку 14.05.2018. Формат 60x84. Папір офсетний.

Гарнітура Times. Трафаретний друк.

Умов. друк. арк. 1,6. Наклад 20 прим.

Зам. № 4257862/3584712. Ціна договірна.

Надруковано в ТОВ «Фастпринт»

Типографія оперативного друку «Фастпринт»

01033, м. Київ, вул. Василя Яна 3/5

Тел.: 044 - 503-88-26