



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



МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

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

«ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД»

4-5 червня 2014 року

Київ 2014

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

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

**І ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА НАУКОВИХ СПІВРОБІТНИКІВ**

“ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД”

4-5 червня 2014 року

Київ 2014

Інженерія поверхні. Комплексний підхід: Матеріали першої всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та наукових співробітників: К.: НТУУ “КПІ”, УВОІ “Допомога” УСІ”, 2014. – 23 с.

В збірнику матеріалів першої 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 “КПІ”

Кафедра інженерії поверхні НТУУ “КПІ”

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

Матеріали видаються за оригіналами поданими авторами.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

Кузнецов В.Д., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерії поверхні НТУУ “КПІ”.

Заступники голови:

Копилов В.І., д.т.н., професор кафедри інженерії поверхні НТУУ “КПІ”;

Чорний А.В., к.т.н., доцент кафедри інженерії поверхні НТУУ “КПІ”.

Учений секретар:

Смирнов І.В., д.т.н., професор кафедри інженерії поверхні НТУУ “КПІ”.

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;

Квасницький В.В., д.т.н., професор кафедри інженерії поверхні НТУУ “КПІ”;

Степанов Д.В., асистент кафедри інженерії поверхні НТУУ “КПІ”.

Програмний комітет:

Спіріна К.О., провідний інженер кафедри інженерії поверхні НТУУ “КПІ”.

З М І С Т

СЕКЦІЯ 1. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ	5
<i>О.К. Кузьменко, В.М. Корж</i> Контроль якості покриття рентгеноструктурним аналізом.....	5
<i>І.А. Воронежський, Р.С. Фенюк, О.О. Ярмоленко, Р.І. Шаргородський, Д.В. Степанов.</i> Вплив наноксидів алюмінію на розподілення, склад та вміст неметалевих включень у металі шва.....	6
<i>П.О. Максименко, В.В. Квасницький.</i> Модифікування поверхні сплавів на основі заліза високоенергетичними плазмовими потоками	7
СЕКЦІЯ 2. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКРИТТЯ	9
<i>С.П. Солодкий, К.В. Ткач.</i> Дослідження показників якості покриття при магнітному керуванні газопорошковим потоком.....	9
<i>Д.В. Москаленко, Ю.С. Попіль.</i> Розробка обладнання для ініціювання плазмового струменю з воднево – кисневої суміші.....	10
<i>С.П. Солодкий, В.Ю. Гонтар.</i> Дослідження мікроструктури покриття при магнітному керуванні газопорошковим потоком	11
<i>С.П. Солодкий, В.Ю. Крушняк.</i> Дослідження зносостійкості покриттів до абразивного зношення при використанні керуючого магнітного поля	12
<i>Р.В. Гутак, В.І. Копилов.</i> Обробка плазмових покриттів на конструкційних матеріалах методом іонного азотування	13
СЕКЦІЯ 3. СПОРІДНЕНІ ПРОЦЕСИ В ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ	15
<i>С.М. Гетманець, А.М. Лотоцький.</i> Прогнозування структурних змін металу при багатопаровому наплавленні.....	15
<i>В.В. Ступчук, Ю.С. Попіль.</i> Ефективність використання воднево-кисневої суміші в плазмовому струмені	16
<i>О.В. Турбовський, В.В. Квасницький.</i> Модифікування високоенергетичними плазмовими потоками поверхонь заготовок при дифузійному зварюванні жароміцних сплавів	17
<i>А.В. Чорний, В.Ю. Ковальчук, І.В. Смирнов.</i> Підвищення стабільності роботи плазмотрону з винесеною дугою.....	19
<i>С.М. Гетманець, С.Ю. Філіппов.</i> Реновація корпусних деталей з бронзи без переплавлення.....	20
<i>С.М. Гетманець, Р.В. Прокопенко.</i> Підвищення тріщиностійкості нікелевих сплавів при наплавленні	21
СЕКЦІЯ 4. ОСНОВИ ПЕДАГОГІКИ ВИЩОЇ ШКОЛИ	22
<i>С.М. Гетманець, О.С. Шагів.</i> Реноваційні технології зварювання і споріднених процесів.....	22
<i>С.М. Гетманець, О.В. Чорний.</i> Розрахунково-графічна робота з дисципліни «Ремонтне зварювання»	23

СЕКЦІЯ 1. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ

Контроль якості покриття рентгеноструктурним аналізом

О.К. Кузьменко, студ., В.М. Корж, проф. (НТУУ «КПІ»)

Контроль якості покриттів є невід'ємною частиною виробничого процесу напилення. Широко використовуються стандартизовані методи для дослідження міцності зчеплення, регульованого рівня залишкових напружень, когезійної міцності, рівномірної товщини покриття, мінімальної та регульованої пористості. Проте надто мало уваги надають кристалічній структурі та фазовому складу, хоча саме вони в найбільшій мірі визначають властивості покриття.

Метою даної роботи є проведення дослідження кристалічної структури покриттів, отриманих високошвидкісним плазмовим напиленням. Обрано найбільш точну та інформативну методику, яка зараз тільки набуває широкого застосування – рентгеноструктурний аналіз. Він базується на дослідженні інтенсивності відбиття рентгенівських променів від зразку-свідку, результати процесу виводяться на рентгенограму. Кожна кристалічна речовина характеризується своєю граткою і певним розподілом атомів по елементарній комірці. Тому, при повороті зразку на певні кути навколо своєї осі, по інтенсивності відбитих променів, роблять висновки про структуру зразку. Також даний метод єдиний робить можливим дослідження та розпізнання наноструктури покриття, - при її наявності піки максимумів на рентгенограмі більш пологі, порівняно зі звичайною структурою.

В якості покриття для напилення обрано порошок кермет WC-Co. Результати дослідження представлені на рисунку 1.

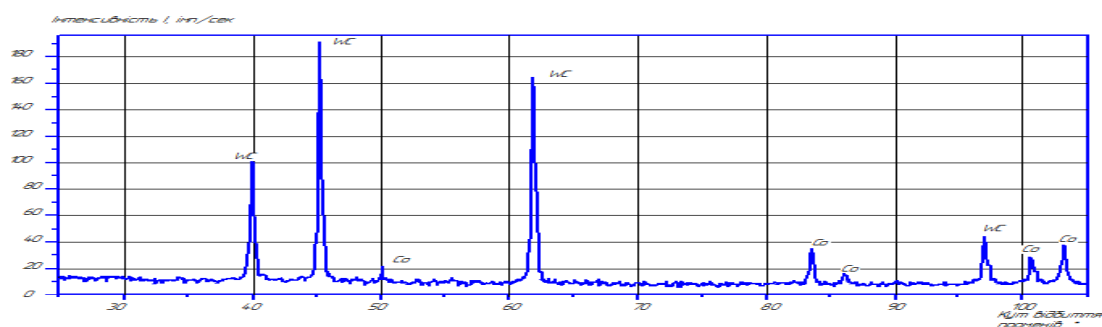


Рисунок 1- Рентгенограма WC-Co

Вплив наноксидів алюмінію на розподілення, склад та вміст неметалевих включень у металі шва

*І.А. Воронезський, студ., Р.С. Фенюк, студ., О.О. Ярмоленко, студ.,
Р.І. Шаргородський, студ., Д.В. Степанов, асистент (НТУУ “КПІ”)*

Дослідженнями встановлено, що одним з основних структурних елементів, які формують будову залізвуглецевих сплавів (чавун, сталь) є нанорозмірні виділення.

Мета роботи полягала в розробленні технологічних рішень підвищення рівня функціональних властивостей зварних з'єднань за рахунок впливу наноутворень на умови формування мікроструктури металу зварних з'єднань високоміцних низьколегованих сталей.

Аналіз хімічного складу ділянок матеріалу шва свідчить про те, що в шві без добавок модифікатора алюміній розподіляється досить нерівномірно, що може бути обумовлено наявністю значно крупніших (діаметром 1-2 мкм) у порівнянні з оксидними частинками модифікатора (7–10 нм). Додавання модифікатора в кількості до 0,5об.% призводить до вирівнювання хімічного складу в зоні шва. На мікроструктурах, отриманих на оптичному і растровому електронному мікроскопах кількість і розмір неметалевих включень суттєво не відрізняється, як без, так з добавками модифікатора, можна вважати, що більш однорідний розподіл алюмінію обумовлений наночастками модифікатора із оксиду алюмінію, розмірами меншими за роздільну здатність, тобто меншими за 100 нм. По мірі збільшення концентрації частинок порошку наномодифікатора відстані між ділянками з екстремальними значеннями вмісту алюмінію в шві збільшується, що може бути свідченням укрупнення частинок оксидної фази.

Проведені дослідження показали, що введення у зварювальну ванну наноксидів алюмінію приводить до позитивних структурних змін з точки зору формування в'язких морфологічних форм фериту завдяки значній присутності включень у розмірному діапазоні до 0,3 мкм.

Модифікування поверхні сплавів на основі заліза високоенергетичними плазмовими потоками

П.О. Максименко, студ., В.В. Квасницький, проф. (НТУУ «КПІ»)

Дослідження впливу високоенергетичних плазмових потоків (ВПП) на зміну властивостей матеріалів, що обробляються, становить значний інтерес у вивченні фундаментальних фізико-хімічних явищ, що відбуваються при модифікуванні. Вплив ВПП на металеві матеріали призводить до створення приповерхневих шарів з модифікованим структурно-фазовим станом, в тому числі і нерівноважним, що забезпечує суттєву зміну всього комплексу фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей модифікованих поверхневих шарів, зокрема, мікротвердості, зносостійкості, характеристик міцності, ерозійної та корозійної стійкості та ін.

ВПП можуть бути використані як для модифікування властивостей матеріалів, так і для створення в приповерхневому шарі заготовок широкого кола різних сплавів (у тому числі і метастабільних), які характеризуються підвищеними експлуатаційними властивостями.

В представленій роботі модифікування поверхні металів проводили за режимом середньої дії ВПП. Для генерування ВПП використовували магнітоплазмовий компресор компактної геометрії (МПК-КГ). Геометрія розрядного пристрою унеможливорює зміщення зони іонізації в період розрядного імпульсу в бік ізолятора. Взаємодія ВПП з утвореними електромагнітними полями та наведеними виносними струмами забезпечує стабілізацію плазмового струменя по перетину зразка, що обробляється, і є додатковим фактором підвищення ефективності процесів модифікування поверхонь матеріалів, зокрема сталей, що відносяться до різних структурних класів.

Дослідження тонкої будови модифікованого шару оброблених ВПП сталей показало, що як і при електронно-пучковій обробці дія ВПП призводить до зростання дисперсності структурних складових сталі. Окрім того, для сталі 10895, є характерним суттєве підвищення твердості на 50 – 80% від 1200 МПа для основного металу. При використанні в якості плазмоутворювального

середовища азоту, за рахунок утворення азотистого аустеніту і нітридів, мікротвердість модифікованого шару зростає до 7000 МПа.

Мікротвердість модифікованого шару сталі 12X18H10T зростає мало, оскільки швидке охолодження аустеніту, при обробці ВПП імпульсної дії зменшує виділення карбідів.

Окрім того, застосування ВПП є ефективним методом легування матеріалів шляхом рідкофазного перемішування елементів в системі "покриття-підкладка".

Проведені дослідження показали, що обробка системи "покриття-підкладка" ВПП при застосуванні азоту в якості плазмо утворювального газу, дозволяє легувати матеріал підкладки елементами покриття, формувати додаткові фази за рахунок взаємодії компонентів покриття і основи з робочою речовиною плазми, створювати модифіковані шари товщиною до декількох десятків мікрометрів з поліпшеними експлуатаційними властивостями.

Комбінована обробка, що включає нанесення одно- або двоелементного покриття Ti та/або Zr товщиною до 3 мкм з подальшим модифікуванням ВПП щільністю потужності плазмового потоку до $1,3 \cdot 10^5$ Вт/см² забезпечує формування легуваних шарів товщиною близько 10 мкм з високим (до 25 ат.%) вмістом легуючих елементів. Однак, розподіл легуючих елементів в модифікованому шарі є неоднорідним. Підвищенню однорідності розподілу легуючих елементів в модифікованому шарі сприяє підвищення кількості імпульсів обробки.

Після обробки ВПП відбувається утворення багатошарової структури, склад якої визначається складом нанесеного покриття: поблизу поверхні розташовуються нітриди, в більш глибоких шарах формується твердий розчин з виділеннями інших фаз. Обробка ВПП в середовищі азоту призводить до збільшення твердості поверхневого шару в 2-5 разів у порівнянні з необробленою сталлю.

СЕКЦІЯ 2. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКРИТТЯ

Дослідження показників якості покриття при магнітному керуванні газопорошковим потоком

С.П. Солодкий, к.т.н., К.В. Ткач, студ. (НТУУ “КПІ”)

Виходячи з того, що високотемпературний газовий струмінь є продуктом взаємодії плазмоутворювального газу з електричною дугою, яка розміщена в межах дугового каналу генератора плазми, доцільним є використання магнітного керування положенням електричної дуги в плазмовому розпилювачі для впливу на просторове положення струменя плазми, який формується.

Досліджено вплив зовнішнього поперечного магнітного поля на показники якості покриття.

Встановлено, що напилення із магнітним керуванням процесом формування двофазного потоку призводить до зменшення пористості отриманого покриття (на 20-30%), як у центрі плями напилення, так і на її периферії.

Встановлено, що при магнітному керуванні відбувається збільшення міцності зчеплення покриття з основою вздовж всієї плями напилення (на 30-40 %), а також, наявний взаємозв'язок витрати і грануляції порошку із зростанням міцності зчеплення покриття з основою.

Підвищення показників якості покриття при магнітному керуванні газопорошковим потоком відбувається завдяки підвищенню загального температурного рівня в зоні обробки дисперсного матеріалу і вирівнювання умов нагрівання і прискорення всього комплексу частинок порошку, які були завантажені у плазмовий струмінь.

Розробка обладнання для ініціювання плазмового струменю з воднево – кисневої суміші

Д.В. Москаленко, студ., Ю.С. Попіль, к.т.н., (НТУУ «КПІ»)

Розробка обладнання для отримання плазмового струменю з воднево - кисневої суміші є досить актуальною в наш час через свої економічні та технологічні показники, які можуть значно вплинути на ефективність процесу в галузі металообробки.

На кафедрі Інженерії поверхні Зварювального факультету НТУУ «Київського Політехнічного Інституту» був розроблений плазмотрон та підібрано обладнання для отримання плазмового струменя з воднево – кисневої суміші.

Даний плазмотрон має в своїй конструкції два водо охолоджуючі електроди виготовлені з технічної міді М1. В катод вмонтована цирконієва вставка, яка дозволяє збільшити довговічність електроду. Конструкція плазмотрону передбачає зміну потужності від 1 до 2,5 кВт.

Для перевірки дієздатності даного плазмотрона було використано в якості плазмо утворюючого газу повітря. В якості джерела живлення було використано інвенторні джерела ВДУ-120SDCTIG вироблені інститутом ім. Е.О. Патона з напругою холостого ходу 92 В, а в режимі навантаження 25 В та з силою струму 120 А. Враховуючи високий потенціал іонізації плазмоутворюючої суміші така напруга не задовольняє поставлених задач. Для вирішення цієї проблеми було обрано 6 інвенторних джерел загальною напругою 552 В, які були з'єднанні послідовно та захищені від осциляторного пробую діодно - емнісною схемою. Збудження дуги виконувалось контактним методом.

Під час роботи плазмотрона були зняті такі енергетичні показники: струм - 12–14 А, напруга - 92 В. З цих даних видно, що вольт – амперна характеристика (ВАХ) круто спадаюча, а потужність плазмотрона складає приблизно 1,1 – 1,2 кВт.

Дослідження мікроструктури покриття при магнітному керуванні газопорошковим потоком

С.П. Солодкий, к.т.н., В.Ю. Гонтар, студ. (НТУУ «КПІ»)

Підвищення показників якості покриттів, що були отримані із магнітним керуванням газопорошкового потоку повинне позитивно впливати на мікроструктуру отриманих покриттів.

Металографічний аналіз покриттів доводить факт покращення структури покриттів, які були отримані при магнітному керуванні двофазного потоку в порівнянні із покриттями, що були отримані звичайним способом.

При напиленні покриття із використанням керуючого магнітного поля постійного напрямку ступінь деформації частинок значно більша, ніж частинок при напиленні звичайним способом. На мікрошліфах не спостерігається чітко вираженої границі між окремими затверділими частинками порошку, а також між основою і покриттям.

У покритті, яке отримане при зовнішньому магнітному впливі на двофазний потік, спостерігається менший градієнт по твердості (на відміну від покриттів, що отримані звичайним способом), це може свідчити про вирівнювання умов нагрівання і прискорення для більшого об'єму частинок порошку, що напилюється, зменшення імовірності утворення різноманітних складових в покритті.

Все сказане вище, дає можливість стверджувати про те, що при використанні магнітного керування двофазним потоком відбувається покращення структури покриття і зменшення градієнту показника мікротвердості в покритті.

Дослідження зносостійкості покриттів до абразивного зношення при використанні керуючого магнітного поля

С.П. Солодкий, к.т.н., В.Ю. Крушняк, студ. (НТУУ «КПІ»)

Так, як покриття, що були отримані при напиленні із магнітним керуванням газопорошкового потоку, характеризуються меншою загальною пористістю, підвищеною міцністю зчеплення покриття з основою в порівнянні із покриттями, що були отримані звичайним способом, слід чекати їх підвищеної стійкості в умовах, наприклад, абразивного зношення.

Випробування на абразивне зношення проводилися за схемою зношування через абразивний прошарок.

Зносостійкість покриттів збільшується у 1,4 – 1,9 рази в залежності від виду зовнішнього магнітного поля (знакозмінного та постійного напрямку), в порівнянні із покриттями, що було отримані звичайним способом.

Зменшення інтенсивності абразивного зношення покриттів, що були отримані із застосуванням керуючого магнітного поля, пояснюється покращенням характеристик якості покриття: зменшенням загальної пористості і підвищенням когезійної міцності зчеплення покриття з основою.

Таким чином, проведені випробування підтверджують перевагу щодо зносостійкості плазмових покриттів отриманих магнітним керування газопорошкового потоку, в порівнянні із покриттями отриманими звичайним способом.

На кафедрі Інженерії поверхні НТУУ “КПІ” розроблена альтернативна технологія підвищення зносостійкості односторонніх і стрілчатих лап культиватора плазмово-дуговим напиленням із керуючим магнітним полем.

Обробка плазмових покриттів на конструкційних матеріалах методом іонного азотування

Р.В. Гутак, студ., В.І. Копилов, д.т.н. (НТУУ "КПІ")

Останніми роками розроблений і доведений до технологічної досконалості метод азотування в низькотемпературній плазмі тліючого розряду – іонне азотування. Цей процес відповідає більшості сучасних вимог і оцінюється як високопродуктивний, високоефективний, матеріало- і енергозберіжливий, екологічно чистий спосіб хіміко-термічної обробки.

В порівнянні з традиційним газовим процесом, а також з іншими способами зміцнюючої хіміко-термічної обробки іонне азотування має цілий ряд переваг і додаткових технологічних можливостей, дає технічний, економічний і соціальний ефекти для великої кількості машинобудівних деталей.

Іонне азотування забезпечує здобуття дифузійних шарів заданої структури і властивостей на сталях (конструкційних, інструментальних і спеціального функціонального призначення), чавунах і сплавах кольорових металів, у тому числі тугоплавких.

Метою даної роботи є розробка технології іонного азотування і дослідження дифузійних шарів композиції «сталь – плазмове покриття на основі Ni-Cr-B-Si-Fe».

Іонне азотування зразків проводилося на установці «ВИПА-1» в розрядженій атмосфері суміші аргону (80%) і азоту (20%) при тиску 120 Па. Характерною відмінністю азотованого шару, отриманого методом іонного азотування, в порівнянні із звичайним газовим, є те, що впровадження азоту відбувається, головним чином, шляхом дифузії в кристалічну решітку, а не по границях зерен. Для прискорення формування широкого нітридного шару, з високою концентрацією азоту і з достатньою мікротвердістю процес іонного азотування проводили у дві стадії. На першій стадії процесу при температурі 550°C здійснювалося виділення дисперсних нітридів окремих елементів на певну глибину. На другій стадії процесу при температурі 650 °C різко

підвищувався коефіцієнт дифузії азоту і отримувалася глибина шару в 2 рази скоріше, при цьому поверхнева твердість покриття не знижувалася. Загальний час азотування складав у середньому 6 годин, глибина шару складала десь близько 200 мкм.

Проводились дослідження залежності глибини азотованого шару і його властивостей від температури, часу витримки і тиску газового середовища. Вибір оптимального значення тиску газової суміші заданого складу в камері установки визначається забезпеченням умов горіння аномального тліючого розряду і здобуттям азотованих шарів з необхідними характеристиками. Мікротвердість поверхні азотованого шару максимальна після азотування протягом 3 годин, а при подальшому збільшенні тривалість витримки до 6 годин практично не впливає на мікротвердість. Але при даному режимі процесу досягається висока мікротвердість поверхневого шару (9 ГПа) і досягається задана глибина азотованого шару. Серцевина має мікротвердість 2600 МПа. З результатів випливає , що з підвищенням тиску газового середовища мікротвердість підвищується і залишається на постійному рівні. Перехід від азотованого шару до не азотованого супроводжується різкою зміною мікротвердості від до 3-4 ГПа.

Проводились дослідження на зносостійкість, процес тертя моделювався в присутності абразиву, в якості останнього використовується кварцовий пісок. Зношування вимірювалось вагомим методом на аналітичній вазі. Встановлено, що плазмові покриття на основі Ni – Cr – B – Si - Fe після іонного азотування мають підвищену зносостійкість при обробці абразивом (підвищення 2...3 рази).

СЕКЦІЯ 3 СПОРІДНЕНІ ПРОЦЕСИ В ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ

Прогнозування структурних змін металу при багат шаровому наплавленні

С.М. Гетманець, к.т.н. А.М. Лотоцький, студ. (НТУУ «КПІ»)

Багат шарове наплавлення застосовують при неможливості отримання наплавленого шару заданої товщини з певними службовими характеристиками за один прохід внаслідок участі у формуванні валиків наплавленого шару крім електродного або присадкового металу і основного металу.

При багат шаровому наплавленні виробів невеликої маси і розмірів крім перемішування металу валиків з основним металом мають місце зміни процесу тепловкладення, пов'язані з супутнім підігрівом, що виникає при наплавленні тіл обмеженої маси і розмірів. Це, у свою чергу, може приводити до хімічної і структурної неоднорідності та, відповідно, механічних властивостей металу, які мають місце як в окремих шарах так і між наплавленими шарами.

Прогнозування змін структури і механічних властивостей наплавленого металу шляхом моделювання теплових процесів багат шарового наплавлення дозволяє оцінювати кінцеві експлуатаційні властивості наплавленого шару та призначати раціональну технологію наплавлення різних матеріалів та виробів.

В основу створення математичної моделі процесу наплавлення покладені методи математичного опису температурних полів тіл різної форми від дії зосереджених джерел теплоти М.М. Рикаліна. На базі пакету програм MathCad створена модель процесу трьох шарового наплавлення дугового наплавленням штучним електродом на пласку пластину з урахуванням її розмірів.

Вхідними даними для прогнозування властивостей наплавленого металу є струм, напруга, швидкість наплавлення, теплофізичні константи, геометричні розміри пластини і траєкторія руху електроду. Після обробки вхідних даних отримують наступні дані – термічні цикли і миттєву швидкість охолодження обраних точок тіла, час перебування точок вище температури A_{c1} і A_{c3} , розміри валика та хімічний склад металу наплавлених валиків.

Ефективність використання воднево-кисневої суміші в плазмовому струмені

В.В. Ступчук, студ., Ю.С. Попіль, к.т.н, (НТУУ «КПІ»)

Сучасна промисловість України вимагає альтернативних джерел енергії існуючим способам нагріву. До одного з них відноситься і плазмовий струмінь, ефективність використання теплоти якого залежить від складу плазмоутворювального газу і конструкції плазмового генератора (плазмотрона).

Найбільш ефективним плазмоутворюючими газами є повітря і азот, які мають найвищу ентальпію. При газотермічній обробці матеріалів в деяких випадках вимагаються більш концентровані джерела енергії. Для цього в ці суміші додають вуглеводневі з'єднання: метан, пропан (1.5-25%).

В даний час на кафедрі інженерії поверхні НТУУ «КПІ» проводяться дослідження та впровадження промислових розробок при використанні пароводяної плазмової суміші та повітряно-водовуглецевої суміші, які можуть значно зменшити енергетичні ресурси та підвищити продуктивність газотермічного нагріву. Застосування такого середовища обумовлено його високою теплоємністю.

В таких відомих плазмових установках, як «Мультиплаз-2500», «Горынич», призначених для отримання плазми при нагріванні рідини, такої як вода, розчину вода+вуглеводневі сполуки, термічним елементом, або дугою, яка горить між анодом та катодом і перетворюється в пар, який при прикладенні відповідного потенціалу розкладається на водень та кисень, створюючи плазмоутворюючу суміш, яка при іонізації в плазмовому генераторі утворює плазмовий струмінь. При цьому досягається температура струменю більш за 8000⁰С. Збільшується продуктивність газотермічного процесу при плазмовому напиленні, при різанні збільшується товщина металу, що розрізається, при задовільній шорсткості поверхні та ширині різку, відсутня азотація крайок різку.

Модифікування високоенергетичними плазмовими потоками поверхонь заготовок при дифузійному зварюванні жароміцних сплавів

О.В. Турбовський, студ., В.В. Квасницький, проф., (НТУУ "КПІ)

Жароміцні сплави є основними конструкційними матеріалами в різних галузях промисловості. Для виготовлення різноманітних деталей і вузлів необхідні з'єднання зазначених матеріалів, однак, їх здатність до зварювання плавленням є обмеженою, внаслідок високої схильності до утворення тріщин, як в металі шва, так і в навколошовній зоні. Якісне з'єднання може утворюватися завдяки процесу дифузійного зварювання.

Дифузійне зварювання є ефективним способом з'єднання матеріалів і відноситься до способу зварювання тиском, тому важливу роль відіграє стан поверхні деталей. Наявність на поверхні адсорбованих газів, оксидних плівок та інших речовин вимагає активації поверхонь для утворення зв'язків між атомами матеріалів, що з'єднуються. Для активації поверхонь застосовуються різноманітні прийоми, які не завжди є ефективними. Тому пошук нових способів активації поверхонь є актуальним.

Перспективними методами активації контактуючих поверхонь є застосування радіаційно-променевих технологій (РПТ), зокрема потужних електронних та іонних пучків, лазерного випромінювання, а також потоків високотемпературної плазми в якості джерела енергії. Застосування цих методів дозволяє здійснити модифікування вже існуючих матеріалів та створити матеріали з новими властивостями. Модифікування поверхні може бути здійснене за рахунок швидкого нагріву та охолодження, імплантації, розпилення, випаровування, плазмоутворення, хімічної взаємодії, епітаксії та ін. Використання високоенергетичних плазмових потоків (ВПП) для модифікування і легування поверхонь при дифузійному зварюванні сприяє формуванню заданого рельєфу поверхні шляхом її оплавлення, підвищенню адгезійної здатності поверхні шляхом створення нерівноважних дефектів кристалічної структури, інтенсифікуванню утворення напружень і пластичних деформацій, які є головними чинниками формування з'єднань при зварюванні

тиском. Легування цирконієм в якості елемента-депресанта дозволяє створити та поверхні зразка тонкий модифікований шар, що відіграє роль прошарку який розплавляється при дифузійному зварюванні (TLP процес).

Модифікування контактуючих поверхонь призводить до суттєвого зростання щільності дислокацій від 10^9 до 10^{11} см⁻² для жароміцного сплаву ЧС88. У модифікованому шарі формується субмікроструктурна структура, яка на окремих ділянках близька до наноструктури. Відповідно в поверхневому шарі істотно підвищується й рівень міжзеренної енергії.

Встановлено, що найбільш ефективним є варіант дифузійного зварювання, за якого з'єднуються жароміцні сплави, що мають модифіковану та не модифіковану поверхні. Дифузійне зварювання сплаву ЧС88 з модифікуванням однієї з поверхонь, що з'єднуються, дозволяє отримати дифузійнозварні з'єднання, в яких по мікроструктурі стик практично не виявляється, що свідчить про формування в стику внутрішньокристалітних міжатомних зв'язків навіть при зменшенні питомого тиску стиснення до 15 МПа. За рахунок інтенсивного протікання рекристалізаційних процесів та коалесценції в зоні стику відбувається формування спільних зерен, при цьому рівень механічних властивостей отриманих з'єднань знаходиться на рівні властивостей основного металу.

При з'єднанні легуваних цирконієм поверхонь за схемою TLP дифузійного зварювання, найбільші механічні властивості досягаються у випадку коли обидві поверхні леговані. Обробка жароміцного сплаву ЧС88 методами ВПП з попереднім нанесенням шару цирконію забезпечує отримання легovanого шару з концентрацією цирконію на рівні його вмісту в сучасних припоях (9,0 – 13 мас. %), що дозволяють отримати з'єднання, які відповідають показникам міцності основного металу. Наступна стандартна термічна обробка TLP дифузійнозварних з'єднань забезпечує зменшення концентрації цирконію в районі стику за рахунок інтенсивного протікання дифузійних процесів, що сприяє суттєвому підвищенню їх механічних властивостей.

Підвищення стабільності роботи плазмотрону з винесеною дугою

А.В. Чорний, к.т.н., В.Ю. Ковальчук, студ., І.В. Смирнов, д.т.н.

(НТУУ «КПІ»)

Сучасна промисловість потребує створення захисних покриттів з незначним термічним впливом на виробках різного призначення. Серед газотермічних способів нанесення покриттів особливе місце займає процес плазмового напилення плазмотронами з ламінарним характером витікання плазми. Подібні плазмотрони мають високу стабільністю роботи, збереженням заданого складу плазми і наявністю локального термічного впливу.

На сьогоднішній день розроблено ряд плазмотронів з частково винесеною дугою. Відкрита дуга, має нестійке положення в просторі, що викликається пульсаціями потоку і електричними пробоями між окремими ділянками дуги. Вирішити дану проблему, для даної конструкції плазмотрону, можливо шляхом накладання додаткового магнітного поля на дугу.

Тому для вирішення поставленої задачі було розроблено плазмотрон з винесеним анодом для отримання ламінарного струменя плазми при потужності (≈ 5 кВт) з можливістю накладання магнітного поля.

Дослідження стабільності горіння дуги плазмотрону в залежності від зміни параметрів подачі газу, струму дуги і типу винесеного аноду використовувався цифровий осцилограф. Аналіз даних показав, що при накладанні магнітного поля постійної дії, кількість пульсацій зменшилася на 20-30%. Данна поведінка дуги пояснюється додатковим її обжиманням магнітним полем та прив'язкою на аноді.

Дослідження впливу дії постійного магнітного поля на діаметр плазмового струменя при витратах плазмоутворювального газу $0,2$ м³/год та силі струму 80 А показало його зменшення на 10-20%.

Отримані дані дозволяють оптимізувати роботу плазмотрону з точки зору зниження пульсацій частково винесеної дуги на 20-30%, при накладанні постійного магнітного поля. Це забезпечує додаткове обжимання, фокусування та прив'язування дуги на аноді, як результат підвищення її стабільності горіння.

Реновація корпусних деталей з бронзи без переплавлення

С.М. Гетманець, к.т.н., С.Ю. Філіпов студ. (НТУУ «КПІ»)

Поширеним матеріалом для виготовлення корпусних деталей обладнання різного призначення методом лиття є алюмінієво-залізна бронза, наприклад, Бр.АЖ9-4, яка має достатньо високі механічні і антифрикційні властивості.

Головна причина зношення деталей - великі контактні навантаження, що приводять до зминання металу робочих поверхонь на глибину до декілька мм. При температурах 300 - 500°C пластичність алюмінієво-залізної бронзи різко зменшується. При зростанні швидкості навантаження інтервал крихкості бронзи Бр.АЖ9-4 зміщується до температур 550 - 750°C.

Велика схильність до крихкості бронзи Бр.АЖ9-4 є основною проблемою реновації корпусних деталей, яку сьогодні замість наплавлення вирішують недешевим варіантом відновлення – переплавлення зношених корпусних деталей з алюмінієво-залізної бронзи і виготовлення нових.

Для відновлення корпусних деталей з бронзи Бр.АЖ9-4 наплавленням за критеріями глибина проплавлення, тепловкладення і продуктивність обрали як найбільш раціональне механізоване імпульсно-дугове наплавлення тонким плавким електродом у аргоні. Зварювальний дріт суцільного перерізу обирали з умови отримання у наплавленому металі алюмінієво-залізної бронзи з складом найбільш близьким до хімічного складу основного металу.

Імпульсно-дугове наплавлення плавким електродом корпусних деталей з бронзи Бр.АЖ9-4 у порівнянні з наплавленням безперервною дугою забезпечує більшу щільність та міцність наплавленого металу з мінімальною кількістю окисних включень і зростання продуктивності процесу наплавлення.

Імпульсно-дугове наплавлення зразків з бронзи Бр.АЖ9-4 виконували електродним дротом з алюмінієво-залізної бронзи Ø1,2 мм. Межа міцності наплавленого металу складає 420МПа, відносне подовження – 45%. Твердість після наплавлення 90НВ, яка потім зростає внаслідок самозміцнення до 140 НВ.

Отримані результати дозволяють рекомендувати реновацію корпусних деталей з алюмінієво-залізної бронзи наплавленням замість переплавлення.

Підвищення тріщиностійкості нікелевих сплавів при наплавленні

С.М. Гетманець, к.т.н., Р.В. Прокопенко, студ. (НТУУ «КПІ»)

Сплави на основі нікелю отримали значне поширення у промисловості завдяки високій антикорозійній стійкості і міцності при високих температурах. Наплавлення нікелевих сплавів на робочі поверхні деталей з вуглецевих сталей значно розширює їх експлуатаційні можливості.

Гарячі тріщини та випадіння інтерметалічних фаз та карбідів, насамперед на границях зерен, призводять до зниження міцності і стійкості проти корозії наплавленого металу. Склад фаз і карбідів залежить від системи легування нікелевих сплавів, термічного циклу і тепловкладення при наплавленні.

Останнє максимально зменшують для підвищення тріщиностійкості при дуговому наплавленні нікелевих сплавів. Однак, при низькому тепловкладенні нікелевий розплав зварювальної ванни має низьку рідкотекучість і схильний до утворення міжваликових несплавлень при багатошаровому наплавленні. Для отримання тріщиностійких і бездефектних валиків тепловкладення регулюють з метою його оптимізації при дуговому наплавленні нікелевих сплавів.

Розроблено багато методів дугового наплавлення з керуванням теплового стану металу на стадії краплі і ванни та процесу переносу електродного металу. Найбільш поширені з них: імпульснодугове наплавлення, *CMT*, *CMT-Puls* та *ColdArc* – процеси наплавлення. Основною відмінністю кожного з них є різні алгоритми керування основними параметрами режиму дугового наплавлення.

Опір утворенню тріщин і несплавлень досліджували при *CMT*, *CMT-Puls* та *ColdArc* наплавленні у аргоні нікелевого сплаву ХН58В на вуглецеву сталь на оптимальних для кожного процесу основних параметрах режиму.

За результатами досліджень встановлені залежності тріщиноутворення, наявності інтерметалічних фаз, карбідів та дефектів формування наплавленого валика від методу і параметрів режиму наплавлення нікелевого сплаву ХН58В.

Тріщиностійкість, кількість фаз і карбідів та дефектів формування валиків при наплавленні нікелевого сплаву ХН58В при інших рівних умовах залежить від алгоритму керування тепловкладенням у метал на стадії краплі і ванни.

СЕКЦІЯ 4. ОСНОВИ ПЕДАГОГІКИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

Реноваційні технології зварювання і споріднених процесів

С.М. Гетманець, к.т.н., О.С. Шагієв (НТУУ «КПІ»)

Дисципліна «Реноваційні технології зварювання і споріднених процесів» є однією з профільюючих технологічних дисциплін, метою якої є вивчення основних принципів застосування технологій, матеріалів та обладнання для зварювання, наплавлення і напилення для реновації і суттєвого подовження терміну експлуатації виробів різного призначення.

Завданнями дисципліни є вивчення особливостей використання і змісту технологічних процесів реновації зварюванням та спорідненими процесами і розвиток навичок практичного використання отриманих знань з дисципліни для обґрунтованого призначення реноваційних технологічних процесів виробів за допомогою зварювання, наплавлення та напилення.

Курс лекцій з дисципліни «Реноваційні процеси зварювання і споріднені технології» передбачає аналіз і систематизацію типових ушкоджень, зношення та руйнування поширених деталей і конструкцій. У курсі лекцій викладаються основні положення та особливості реноваційних технологій зварювання, наплавлення і напилення при відновленні типових деталей та конструкцій з конструкційних і корозійностійких сталей, чавуну та кольорових металів.

Лекції з дисципліни «Реноваційні процеси зварювання і споріднені технології» містять порівняльний аналіз зварювально-технологічних показників методів ручного, механізованого і автоматизованого зварювання і наплавлення та газотермічного напилення.

Курс лекцій з дисципліни передбачає також порівняльну характеристику основних методів реновації робочих поверхонь типових деталей газотермічним напилення покриття різного складу і призначення. Систематизовані матеріали і викладені основні принципи призначення їх для утворення зносостійкого, тепло- і жаростійкого та корозійностійкого покриття, а також покриття з спеціальними властивостями і розмірного відновлення.

Розрахунково-графічна робота з дисципліни «Ремонтне зварювання»

С.М. Гетманець, к.т.н., О.В. Чорний, студ. (НТУУ «КПІ»)

Розрахунково-графічна робота з дисципліни «Ремонтне зварювання» спрямована на поглиблення та закріплення знань сучасних технологічних процесів ремонту деталей і конструкцій за допомогою зварювання та набуття навичок їх практичного використання для рішення конкретних завдань.

Метою РГР є визначення залежно від умов експлуатації та вимог до ремонту зварювальних матеріалів, технології і обладнання для ремонтного зварювання, вибір допоміжного та складально - зварювального обладнання.

Завданнями РГР є конструктивно – технологічний аналіз виробу та виду і розмірів пошкодження, обґрунтований вибір складу і структури металу шва, методу і технологічного процесу ремонту зварюванням, параметрів режиму і техніки зварювання та післязварювальної обробки.

Завдання на РГР містять необхідні для виконання роботи вихідні дані: креслення загального виду виробу; місце, вид, форма і розміри пошкодження; основний метал; призначення, характер навантажень та умови експлуатації виробу; особливі умови та вимоги до ремонтного зварювання.

Виконання конструктивно-технологічного аналізу виробу передбачає визначення технічних умов на зварні з'єднання, розгляд варіантів ремонту виробу зварюванням і призначення раціонального технологічного процесу. При аналізі конструкції робляться посилання на креслення загального виду виробу.

Вибір зварювальних матеріалів, що забезпечують необхідні властивості з'єднання, вирішують разом з вибором раціональної технології зварювання виробу. Для обраної технології визначають форму, розміри і метод розробки крайок, основні параметри режиму процесу зварювання, техніку виконання зварного з'єднання, конструктивне і технологічне підсилення, необхідність та параметри попереднього підігріву і післязварювальної обробки з'єднання.

Призначений метод контролю якості ремонтного зварного з'єднання повинен бути найбільш повним та економічним для обраного технологічного процесу ремонту пошкоджень виробу зварюванням.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Перша всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів
та наукових співробітників

«ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД»

4 – 5 червня 2014 року

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Матеріали видаються за оригіналами поданими авторами

Комп'ютерна верстка Чорний А.В.

Підписано до друку 27.05.2014. Формат 60x84. Папір
офсетний. Гарнітура Times. Спосіб друку - ризографія.

Умов. друк. арк. 0,98. Наклад 50 прим.

Зам. № 2105/01 . Ціна договірна.

Надруковано в УВОІ «Допомога “УСІ”»

Свідоцтво про державну реєстрацію №531018

«Допомога “УСІ”»

03056, м. Київ, пров. Політехнічний 6, корп. 5 (КПІ)

Тел.: (044) 277-41-46