

**ПРИРОДНИЧІ ТА ТЕХНІЧНІ НАУКИ
NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

УДК 621.74.04:669.112.22

DOI: 10.31339/2617-0833-2019-2(27)-7-11

**ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПИЛОЗАХИСТУ КОМПЛЕКСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ПЛАЗМОВОГО НАПИЛЕННЯ І СВС**

Жигуц Ю.Ю., Легета Я.П., Лазар В.Ф., Хом'як Ю.Я.

**EQUIPMENT FOR DUST PROTECTION COMPLEX TECHNOLOGIES OF PLASMA
SPRAYING AND SHS**

Zhiguts Yurii, Legeta Jaroslav, Lazar Vasily, Hom`jak Bogdan

При дослідженні можливостей створення покриттів при синтезі матеріалів металотермічними реакціями були розроблені обладнання для знепилювання робочої камери реактора і комплексні технології плазмового напавлення із застосуванням саморозповсюджувального високотемпературного синтезу (СВС). Авторами проведено цілу низку пошукових робіт, розроблена робоча конструкторська документація дослідного комплексу для пилозахисту і легування деталей у процесі плазмового напилення поверхонь (ПНП), виготовлені дослідні зразки та проведені їх заводські і експлуатаційні випробування, а також проведені експериментальні роботи з дослідження зразків отриманих при використанні комплексних технологій.

Суміщення ПНП і СВС у одній операції надає можливість розв'язати комплекс технічних проблем з отримання високотвердих матеріалів на поверхні сплаву. Новий комплексний технологічний процес дозволяє нарощувати зношені поверхні деталей машин, апаратів і приладів на глибину до 500 мкм.

Ключові слова: комплекс, обладнання, знепилювання, саморозповсюджувальний високотемпературний синтез, плазмове напилення матеріалів, властивості, технологія.

The investigating are possibilities of creating coatings for the synthesis of materials by metal-thermal reactions, equipment for dusting the reactor chamber and complex plasma surfacing technologies using self-propagating high-temperature synthesis (SHS) were developed. The authors conducted a number of search works, worked out the design documentation of the experimental complex for dust protection and doping of parts in the process of plasma spraying (PSM), made prototypes and carried out their factory and operational tests, as well as carried out experimental works on the study of samples obtained using complex technologies.

Combining PSM and SHS in a single operation makes it possible to solve a complex of technical problems for obtaining high-hard materials on the alloy surface. The new complex technological process allows increasing the worn surfaces of parts of machines, devices and devices to a depth of up to 500 microns.

Keywords: complex, equipment, dusting, self-propagating high-temperature synthesis, plasma spraying of materials, properties, technology.

Прогрес у машинобудуванні, випереджаючий розвиток нових форм виробництва, умови одиничного та дрібносерійного виробництв, сучасних ремонтних та відновлювальних технологій вимагають застосування технологій, які надають поверхням сплавів необхідний комплекс фізико-механічних та експлуатаційних характеристик. Особливо гостро це відчувається в Україні у зв'язку із дефіцитом багатьох легувальних елементів.

Аналіз літературних даних показав, що одним з перспективних шляхів для покращення технологічних та службових властивостей матеріалів, розширення їх

функціонального призначення є створення поверхонь матеріалів із композитною структурою, отриманою за допомогою комбінованих процесів, які поєднують в собі саморозповсюджувальний високотемпературний синтез (СВС) плазмове напилення та легування.

На сьогодні покращення властивостей матеріалів досягають, переважно, використанням традиційних технологій отримання матеріалів та наступною термічною, хіміко-термічною та іншими способами обробки. Але їх висока енергоємність, необхідність поєднання декількох технологічних етапів, дотримання екологічних вимог призводять до потреби пошуку інших шляхів надання необхідних властивостей поверхням матеріалів та синтезу нових матеріалів інколи з унікальними властивостями, які надають змогу уникнути наведених недоліків [1-3]. Для реалізації комбінованих технологій необхідний цілий комплекс обладнання, що дозволяє забезпечити високу якість покриття поверхонь деталей [4]. Одним із таких перспективних комплексів є розроблення і використання, запропонованого у даній роботі, теоретично розробленого і експериментально обґрунтованого пристрою для знепилювання і легування поверхні, який може застосовуватися навіть в умовах дрібносерійного виробництва при обробці окремих деталей та заготовок.

Метою роботи було розроблення засобу пилозахисту для технологічного обладнання у процесів іонного легування та СВС при плазмовому напиленні поверхонь деталей та використання його для формування на поверхні деталі зносостійкого високотвердого покриття.

В даний час аналогічне за призначенням обладнання українською промисловістю не випускається.

Перевірку наявності затиску (контакту) захисного заземлення і його стану перевіряли візуально. На затиску захисного заземлення контролювали відсутність лакофарбового покриття та іржі. Електричний опір перевіряли міліометром Е6-15 згідно з інструкцією на цей прилад (виміряли електричний опір між затискачем захисного заземлення і корпусом блоку управління, пультом управління вентилятором по черзі) при цьому електричний опір має бути не більше 0,1 Ом. Опір ізоляції камер перевіряли мегомметром М-1101/М відповідно до інструкції на цей прилад при цьому опір ізоляції повинен бути не менше 1 МОм. Електричну міцність ізоляції перевіряли універсальним пробійним пристроєм 7ПУ-1М ТУ АЭ2.772.001 згідно з інструкцією на цей прилад. При всіх вимірюваннях контролювали відсутність пробою ізоляції і її поверхневого перекриття.

Вимірювання швидкості повітряного потоку вимірювали анемометром ручним крильчатим АСО-3 під центром кожного фільтра на відстані 150 мм від розподільника повітря по 3 рази у кожній точці з подальшим обчисленням середньоарифметичного значення швидкості повітряного потоку.

Вимірювання концентрації частинок пилу у робочому об'ємі камер виконувати приладом АЗ-5 ОШМ2.845.001ТУ після 3-х годинної роботи вентиляторів на максимальних обертах під центром кожного фільтра на відстані 150 мм від розподільника повітря при середній швидкості потоку повітря 0,3-0,4 м/с. При всіх вимірюваннях концентрація частинок пилу в робочому об'ємі камер не перевищувала 4 частинки розміром 0,5 мкм і більше у 1 літрі повітря. Перевірку освітленості виконували люксометром Ю-16 на відстані 1,2 м від ламп освітлення по центру робочого об'єму камер. Значення спожитої камерами електричної потужності виконують вимірювали комплектом К 506 згідно з інструкцією на цей прилад при роботі вентиляторів на максимальних обертах та ввімкненні всіх ламп освітлення.

Перелік приладів: рулетка РС-5, ваги товарні шкальні 10-1000 кг, мегомметр М-1101/М, Анемометр крильчатий ручний АСО-3 (Б), люксометр Ю16, універсальний пробійний пристрій УПУ-1М, аналізатор запиленості АЗ-5, прилад ИШВ-1, вимірювальний комплект К 506.

Розроблене обладнання призначене для забезпечення засобами пилозахисту

технологічного обладнання для процесів легування при виробництві деталей у серійному та дрібносерійному виробництвах. Камери знепилювання створюють повітряне середовище у зоні завантаження пристроїв для комплексного напилення та легування. Обладнання розраховане на роботу у приміщеннях "4-1" за ОСТ II ПО.050.001-74.

Камери знепилювання являють собою збірно-розбірні конструкції, які складаються з стельових блоків знепилювання встановлені на стійках. Робочий об'єм обмежують стіни, виконані з прозорого вогнестійкого зміцненого скла. Для доступу в робочий об'єм передбачені двері. Підлогою камер служить підлога приміщення в якому вони встановлені. Управління роботою камери здійснюється від пульта управління, встановленого на стійці.

Блок знепилювання являє собою безкаркасну зварену конструкцію, в якій встановлені вентилятор і фільтри. Зовнішній вигляд комплексу показаний на рис. 1.

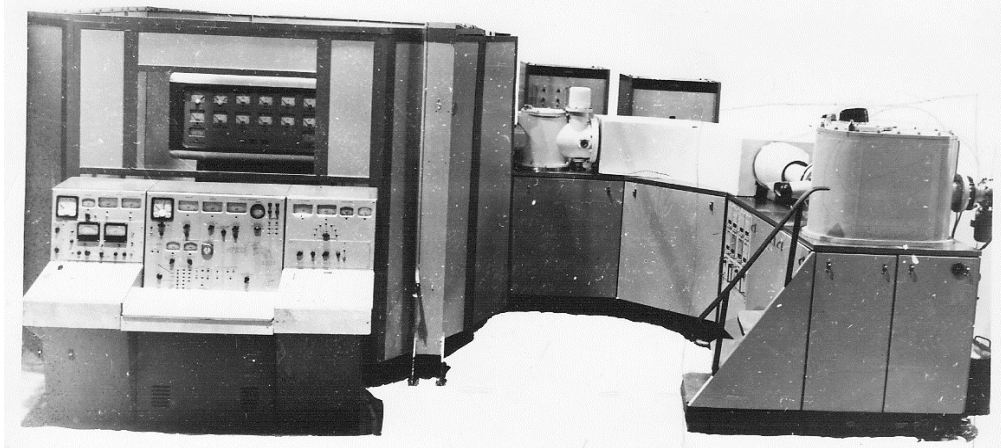


Рис. 1. Зовнішній вигляд комплексу

Принцип роботи камер полягає у безперервній подачі в робочий об'єм рівномірного вертикального потоку очищеного повітря. Потік очищеного повітря рухається в робочому просторі зверху вниз захоплюючи на своєму шляху зважені частинки, що утворюються при виконанні технологічних операцій і виносить ці частинки за межі робочого об'єму.

У камерах встановлені високоефективні фільтри тонкої очистки повітря з фільтруючою тканиною ФПП 15-3,0, що дозволяє забезпечити чистоту повітря в робочому об'ємі, яка відповідає I класу чистоти за ОСТ II ПО.050.001-74. Клиновидні сепаратори, що застосовуються у фільтрах підвищують їх надійність і довговічність. Використаний відцентровий вентилятор у камерах компактний, малOSHумний і забезпечує продуктивність до 2000 м³/год. Для зниження рівня шуму і вібрації, вентилятор встановлений на пружинних амортизаторах, що мають високий коефіцієнт амортизації.

За технічним рівнем і якістю обладнання знаходиться на рівні кращих зарубіжних зразків аналогічно призначення і вище рівня вітчизняних виробів близьких за призначенням. Таким чином розроблене обладнання призначене для створення повітряного середовища в зоні завантаження пристроїв для іонного легування та СВС. Використання обладнання в таких комплексних технологічних процесах підвищує відсоток виходу придатних виробів на 0,6%. Технічна характеристика обладнання показана у табл. 1.

Таблиця 1.

Технічна характеристика обладнання

Технічні показники комплексу	Значення показника
Концентрація частинок пилу в робочому об'ємі кількість частинок / л повітря	4
Розмір частинок, мкм	0,5
Швидкість повітряного потоку, що надходить в робочий	0,3-0,4

об'єм, м/с	
Споживана потужність, кВА	1,5
Освітленість робочого об'єму, лк	400
Габаритні розміри, мм	
довжина	1640
ширина	1090
висота	3160
Габаритні розміри робочого об'єму, мм	
довжина	1400
ширина	1010
висота	2300

У процесі дослідження розв'язані такі проблеми: а) розроблено принцип роботи обладнання; б) розроблена і розрахована конструкція обладнання; в) розроблена конструкція огорожі робочого об'єму і доступ до нього; г) розроблена конструкція блоків знепилювання; д) розроблені принципові та функціональні схеми систем очищення повітря від пилу; е) розроблені процеси регулювання швидкостей потоку повітря та управління режимом роботи обладнання; є) розроблено безпеку і зручність обслуговування обладнання у процесі виготовлення, транспортування та експлуатації; ж) оптимізована технологічність виготовлення камери для пилрозахисту; з) розроблена комплексна технологія формування зносостійкого покриття на поверхні деталі із використанням СВС та плазмового легування.

Експериментальні роботи з використання комплексу для виготовлення виробів комбінованими технологіями. При плазмовому напиленні поверхні (ПНП) СВС сумішами практично весь W взаємодіє за рахунок безкисневого горіння із вуглецем, утворюючи карбід WC . Надлишок вуглецю і дуже невелика кількість вольфраму легують залізо, утворюючи рідку сталь евтектоїдного складу, яка в умовах швидкого охолодження перетворюється у тростит в шарах товщиною до 80 мкм.

На рис. 2 показана типова мікроструктура сплаву у поперечному перерізі зміцненого шару. Товщина легованого шару ~ 500 мкм. Цей шар складається з $\sim 50\%$ частинок WC і $\sim 50\%$ (за об'ємом) металічної зв'язки (сталі типу У8А). На цьому ж рисунку видно, що в зоні інтенсивного теплового впливу мікроструктура сталі набула дуже дрібної стовпчастої будови із невеликим нахилом тонких дендритів (які майже не мають гілок) у сторону, протилежну напрямку просування плазми.

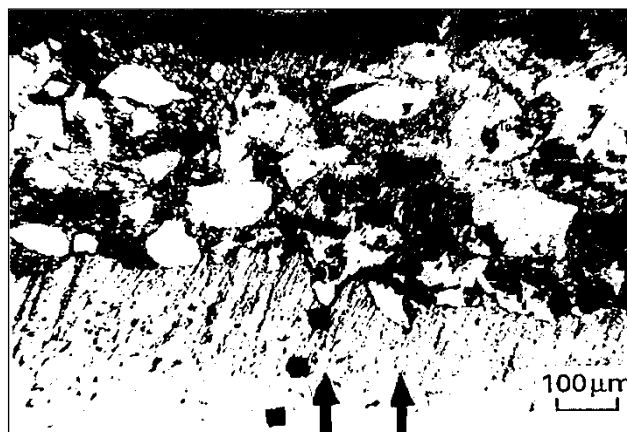


Рис. 2. Мікроструктура зміцненого шару із оплавленими частинками WC

У напівпроплавленій зоні видно високотверді (~ 2000 HV) карбіди WC , які займають до 50% об'єму всього шару карбідосталі. Проведені дослідження показали, що мікротвердість карбідів WC майже у десятки разів вища твердості сталі. Таким чином, вдалося організувати

СВС-процес у порівняно тонкому шарі за рахунок використання технології ПНП одночасно для вирішення таких завдань: для нагріву, оплавлення і науглецьовування заліза; для оплавлення частинок W і його "горіння" у вуглеці із утворенням карбідів WC .

Важливо відмітити, що при вказаному безкисневому горінні ніяких неметалічних фаз і їх включень не утворюється. Наплавлення зміцненого шару на основний сплав отримується ще й "металургійно".

В результаті дослідно-конструкторського розроблення Авторами проведено цілу низку пошукових робіт, розроблена робоча конструкторська документація дослідного комплексу для пілозахисту і легування деталей у процесі плазмового напилення, виготовлені дослідні зразки та проведені їх заводські і експлуатаційні випробування, а також проведені експериментальні роботи з дослідження зразків отриманих при використанні комплексних технологій.

Суміщення ПНП і СВС у одній операції дозволяє вирішити цілий комплекс технічних завдань з отримання високотвердих матеріалів типу карбідосталі і твердих сплавів на поверхні сплаву. Новий комплексний технологічний процес дозволяє нарощувати зношені поверхні деталей машин, апаратів і приладів на глибину до 500 мкм матеріалами, що мають високі механічні, службові і технологічні властивості.

Список використаних джерел

1. Zhiguts Yu.Yu., Lazar V.F., Khomjak B.Ya. Perspective materials and technologies for industry // Сучасні тенденції розвитку науки і освіти в умовах поглиблення євроінтеграційних процесів: збірник тез доповідей Всеукр. наук.-практ. конф., 17-18 травня 2017. – Мукачево: Вид-во МДУ, 2017. – С. 248 - 249.
2. Жигуц Ю.Ю., Лазар В.Ф. Технології отримання та особливості сплавів синтезованих комбінованими процесами. Ужгород: Видавництво «Інватор», 2014. – 388 с.
3. Жигуц Ю.Ю., Курітник І.П., Кляп М.М. Методика термохімічних розрахунків для встановлення складу екзотермічних шихт // Міжвузівський збірник Луцького національного технічного університету «Наукові нотатки». – 2016. – № 54. – С. 125 - 129.
4. Копей В.Б., Онисько О.Р., Жигуц Ю.Ю. Обґрунтування застосування двоопорних муфтових різьбових з'єднань пустотілих насосних штанг / Прогресивні технології в машинобудуванні РТМУ-2019 : матеріали доп. 8 міжн. наук.-техн. конф. 4 – 8 лютого 2019 р. – Івано-Франківськ. – Яремче, 2019. - С. 146-149.

References

1. Zhiguts Yu.Yu., Lazar V.F., Khomjak B.Ya. Perspective materials and technologies for industry // Suthasni tendentsii rozvytku nauky i osvity v umovah poglyblennja evrointegratsijnyh protsesiv: zbirnyk tez dopovidej Vseukr. nauk.-prakt. conf., Maj 17-18, 2017. - Mukachevo: MSU, 2017. - P. 248 - 249.
2. Zhiguts Yu.Yu., Lazar V.F. Technologii otrumannja ta osoblyvosti splaviv synthesizovanyh kombinovanymy processamy. Uzhhorod: Invasor, 2014. - 388 s.
3. Zhiguts Yu.Yu., Kuritnik I.P., Klyap N.M. Methodyka termochimithnyh rozrahunkiv dlja vstanovlennja skladu ekzotermithnyh shyht // Mizhvuzivskij zbirnyk Lutsкого Natsionaljnodo Technithnogo Universitetu «Naukovi notatky». - 2016 - № 54. - S. 125 - 129.
4. Kopej V.B. Obgruntuvannja zastosuvannja dvoopornuh muftovyh rizjbovuh z'ednanj pustotilyh nasosnyh shtang / Progresyvni tehnologii v mashynobuduvsnni RTMU-2019 : materialy dop. 8 mizn. nauk.-prakt. conf. 4 – 8 ljutogo 2019 r. – Ivano-Frankivsjk. – Jaremthe, 2019. - S. 146-149.