

4. Лебедев В.О. Практичне застосування дугового автоматичного наплавлення з керованими коливаннями виробу/ Лебедев В.О., Новиков С.В. // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали ХХ міжнародної науково-технічної конференції. Краматорськ – Тернопіль, 2022. – с.132-133.

5. Лебедев, В.А. Способы управления подачей электродной проволоки при дуговой механизированной сварке и наплавке / Лебедев, В.А., Жук Г.В., Драган С.В. // Обработка материалов у машинобудуванні. Збірник наукових праць НУК. – 2017. – №4. – с.43-52.

УДК 621.78

**Дубовий О. М., докт. техн.наук, професор**

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв,  
oleksandr.dubovyj@nuos.edu.ua

**Лебедев В. О., докт. техн. наук, професор**

**Лой С. А., старший викладач**

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, valpaton@ukr.net

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ПЛАЗМОВОМУ НАПИЛЕННІ ЗА РАХУНОК ВПЛИВУ НА ЇХ ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ**

Проблеми, пов'язані з теплозахистом робочих поверхонь різних деталей, що працюють в умовах підвищених та високих температур, можна зосередити на газотурбінних двигунах та установках.

Збільшення ККД газотурбінних двигунів та установок при заданому типорозмірі забезпечується підвищенням температури газу на вхід, що впливає на робочі органи згаданої техніки, зокрема лопатки, а це суттєво впливає на їх тепловий режим, зменшуючи при цьому час активної роботи.

Вирішення проблеми захисту вузлів та деталей газотурбінних двигунів та установок, які працюють в активній зоні і також є під дією регулярних теплових змін може відбуватися по наступним головним напрямкам:

- вибір оптимальної конструкції, яка підлягає дії високої температури та металевих матеріалів виробу;
- зміна теплових режимів роботи зі зменшенням теплових навантажень;
- нанесення спеціальних теплозахисних покриттів на найбільш проблематичні місця з дією теплових полів.

Можна зазначити, що перші два напрямки не є достатньо ефективними так як практично дуже важко знайти сплави які б забезпечили більш сприятливі умови для роботи в існуючих температурних умовах. Зміна теплових режимів приводить до зниження ефективності роботи газотурбінних двигунів та установок.

Використання спеціальних теплозахисних покриттів - це той напрямок підвищення працездатності зазначеної та іншої техніки, який потрібен для забезпечення надійної роботи вузлів та деталей, які в цілому визначають високі показники роботи агрегатів різного призначення.

Серед низки технологій та способів виконання теплозахисних покриттів плазмове напилення має суттєві переваги перед іншими за багатьма критеріями [1]. Зважаючи на це, розглянемо можливості підвищення теплозахисних властивостей покриттів, які можливо здійснити з урахуванням можливостей нових технологій, матеріалів, які напилюються та сучасного обладнання, елементи якого можуть бути цілеспрямовано застосовані в складі установок для напилення. Велика увага приділяється захисту металевих елементів

термоізоляційними покриттями, завдяки яким температура металу виявляється на 100-250 °С нижче температури продуктів згорання.

Один з найголовніших напрямків вдосконалення теплозахисних плазмових покриттів це вибір чи розробка спеціальних складів порошків що напилюються. Це можна оцінити по матеріалах викладених в роботі [2], де представлені склади напилюваних матеріалів, що дають певний ефект при теплозахисті. Але це вибіркові рішення і вони повинні вдосконалюватись на базі експериментальних досліджень. Це саме стосується режимів плазмового напилення, середовища в якому відбувається процес та вибору транспортуючого газу. Вплив на отримання якісного теплозахисного покриття має і підготовка поверхні, на яку проводиться плазмове напилення і має деякі особливості.

Проблеми з виконанням теплозахисних покриттів, в тому числі при виготовленні та ремонті газотурбінних двигунів та установок, постійно актуальні, а особливо в теперішній період. Тому постійно вишукуються способи підвищення ефективності покриттів, які вже набули технологічно необхідного значення.

За останні часи з'явилося декілька інноваційних техніко – технологічних рішень, що дають змогу підвищити теплозахисні властивості плазмових та інших покриттів.

Насамперед треба вказати на застосування при плазмовому нанесенні покриттів передрекристизаційної термічної обробки та її вплив на фізико-механічні властивості покриття, який зазначено в роботі [3], зокрема на його характеристики теплопровідності

Треба вказати, що про ефективність теплозахисних плазмових покриттів можна судити по теплопровідності захисного шару, зокрема коефіцієнту теплопровідності  $\lambda$ , залежність якого від основних параметрів теплового впливу має вигляд

$$\lambda = f(T_{pk}, t_{pk}) \quad (1)$$

де  $T_{pk}$ ,  $t_{pk}$  – час витримки та температура відповідно.

Можна спостерігати суттєве зниження коефіцієнту теплопровідності для вибраного типу матеріалу напилення. Але вираз (1) не враховує деякі інші джерела впливу на коефіцієнт теплопровідності, котрі можуть бути важливими.

Експериментальні дослідження для інших напилюваних матеріалів також в більшому чи меншому ступені дають ефект підвищення теплозахисних властивостей.

Треба відзначити дослідження щодо впливу імпульсних технологій, згаданих у роботі [3] при функціонуванні установок для напилення та її окремих складових на деякі можливості щодо коефіцієнту теплопровідності плазмового покриття. В імпульсному режимі установки можуть працювати як система живлення, так і система дозування подачі порошкового матеріалу, який напилюється. При застосуванні імпульсних алгоритмів роботи систем установки для плазмового напилення відбувається періодична зміна швидкості переміщення порошку та напруги процесу з певною (визначеною), частотою та шпаруватістю, що впливає на структуру напиленого шару і сприяє ефективній дії наступної операції передрекристизаційної термічної обробки.

Потребує додаткового вивчення комбінованого або сумісного впливу на коефіцієнт теплопровідності декількох зазначених в цьому матеріалі та інших факторів, наприклад певних цілеспрямованих коливань виробу чи плазмотрона.

Треба вказати на режими подачі матеріалу (порошку) який напилюється. Так, підвищення швидкості транспортування порошку сумісно з передрекристизаційною термічною обробкою при певних температурах та часу витримки також сприяє зниженню коефіцієнта теплопровідності плазмового покриття.

Потребує з'ясування механізм посилення теплозахисних властивостей напилених поверхонь при дії різних додаткових чинників зокрема передрекристизаційного термічного впливу, дії імпульсних алгоритмів роботи систем напилюючих установок та ін.

На рис. 1 для прикладу дані мікроструктури напilenня без дії допоміжних факторів та при дії оптимальної передрекристалізаційної термічної обробки певних матеріалів та вибраних температурних та часових режимах.

Дуже важливо зазначити, що порівняльний аналіз мікроструктур, отриманих на оптичному металографічному мікроскопі, показав, що змін у структурі покриттів до і після термообробки не спостерігається.

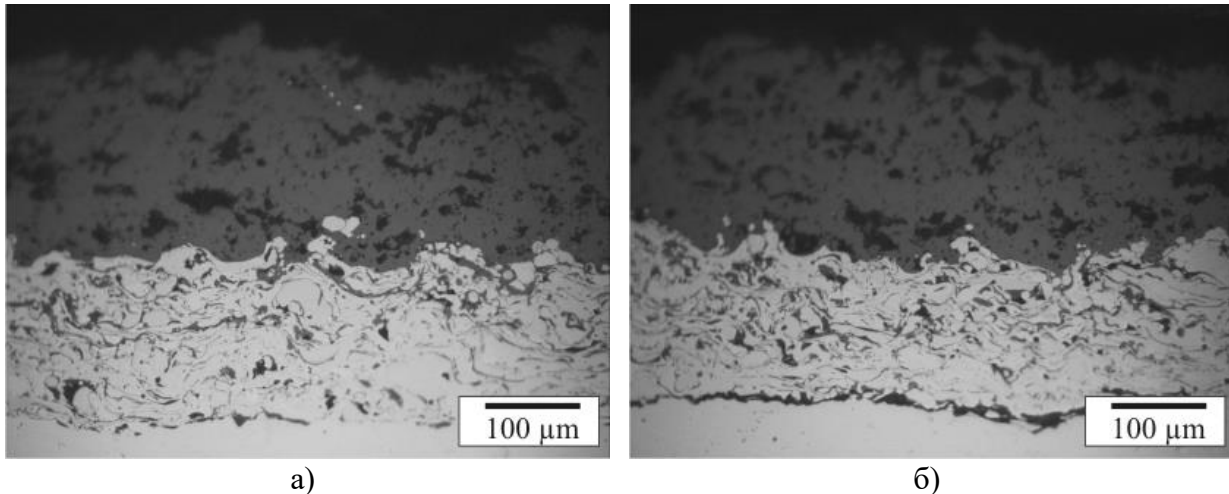


Рис. 1 – Мікроструктури теплозахисного покриття: а – після напilenня; б – після оптимальної передрекристалізаційної термічної обробки

Аналіз приведених результатів показує, що передрекристалізаційна термічна обробка забезпечує зниження коефіцієнта теплопровідності на 15 % (рис. 2). Оскільки пористість покриття не змінилася при термічній обробці (рис. 1), то зниження теплопровідності покриття забезпечується лише за рахунок субструктурних змін.

На закінчення треба вказати, що якість показників напilenня, які досліджуються в даному матеріалі суттєво залежить від умов ведення процесу.

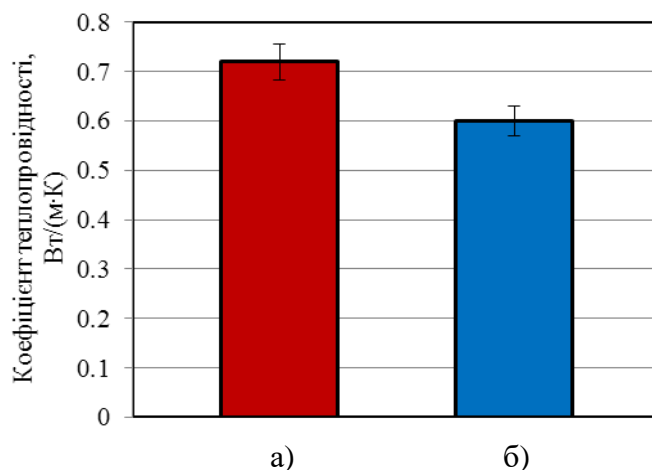


Рис. 2 – Результати визначення коефіцієнта теплопровідності плазмових теплозахисних покриттів з  $ZrO_2 - 7\% Y_2O_3$ : а – після напilenня, б – після оптимальної передрекристалізаційної термічної обробки

### Список посилань

1. Лебедев В.О. Дослідження та оцінка термоциклічної стійкості плазмових ущільнюючих покриттів для вузлів газотурбінних установок/ Лебедев В.О., Дубовий О.М., Лой С.А. //Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2019. – №2. – с.39-46.
2. Володимир Лебедев. Можливості покращення якості плазмового напilenня при зміцненні та відновленні вузлів та деталей сільськогосподарської та іншої техніки / Володимир Лебедев, Сергій Лой, Володимир Спіхтаренко. // Технічні науки та технології. – 2022. – №1. – с. 92-100.
3. Антон Карпаченко. Наноструктурування кристалічних матеріалів та напilenних покриттів передрекристалізаційною термічною обробкою / Антон Карпаченко, Тетяна Макруха, Олександр Дубовий, Максим Бобров. //Технічні науки та технології. – 2022. – №3. – с.27-36

4. Лебедєв В.О. Плазмове напilenня з алгоритмами функціонування які змінюються / В. О. Лебедєв, С.А. Лой // //Інновації в суднобудуванні та океанотехніці. XIII Міжнародна науково-технічна конференція, 27-28 жовтня 2022 р. м. Миколаїв. – с.129-132.

УДК 62-503.55

**Лебедєв В. О., докт. техн. наук, професор**  
**Лой С. А., старший викладач**

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, valpaton@ukr.net

**Макаренко Н. О., докт. техн. наук, професор**  
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

### **ОСНОВНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ СПОСОБИ ЗОВНІШНЬОГО ПЕРІОДИЧНОГО ВПЛИВУ НА РОЗПЛАВ ВАННИ ТА ПРОЦЕС ПЕРЕНОСУ МЕТАЛУ ПРИ ЕЛЕКТРОДУГОВОМУ МЕХАНІЗОВАНОМУ ЗВАРЮВАННІ ТА ІНШИХ ПРОЦЕСАХ**

Механізоване електродугове зварювання в теперішній час є одним з розповсюджених способів отримання нероз'ємного з'єднання різноманітних вузлів та деталей. Те саме відноситься до способів відновлення та зміцнення робочих поверхонь наплавленням. Розповсюдження процесів та відповідного обладнання зумовлює постійний пошук техніко-технологічних впливів на них з метою забезпечити підвищення продуктивності зварювання та наплавлення при гарантуванні високої якості при зменшенні витрат на виконання робіт, використання обладнання активних та допоміжних матеріалів.

З багатьох відомих способів періодичного впливу можна виділити дві основні групи: контактні способи введення обурення у ванну та безконтактні. Кожна з цих груп може бути поділена за низкою інших ознак. Ці способи укрупнено показані на рис. 1



Рис.1 – Способи зовнішнього періодичного впливу на розплав ванни та перенос металу при електродуговому механізованому зварюванні