УДК 621.785.5

Смирнов І.В., докт. техн. наук, професор
Кузьмичєв А.І., докт. техн. наук, професор
Чорний А.В., канд. техн. наук, доцент
Лисак В.В., доктор філософії
Прохоренко О.В., канд. техн. наук, доцент
Тесля С.Ю., доктор філософії
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, smirnovkpi@gmail.com
Сисоєв М.А., канд. техн. наук, докторант
Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ
Сєліверстов І.А. канд. техн. наук, доцент
Херсонський національний технічний університет

МЕХАНО-ХІМІЧНЕ ЛЕГУВАННЯ АЛЮМІНІЄВОГО ПОРОШКУ ДЛЯ ГАЗОТЕРМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ УЩІЛЬНЮЮЧИХ ПОКРИТТІВ

Розвиток авіадвигунобудування пов'язаний з вирішенням таких проблем, як підвищення ресурсу та коефіцієнта корисної дії газотурбінних двигунів. Окрема увага приділяється питанням герметизації турбомашин, які вирішуються застосуванням спеціальних ущільнюючих покриттів, що дозволяє значно зменшити втрати енергії та підвищити ефективність роботи двигунів, що має критичне значення для авіаційної галузі.

При створенні ущільнюючих покриттів, які отримують методами газотермічного напилення, слід враховувати умови експлуатації: висока температура до 1300°С та агресивність продуктів згоряння палива. Баланс між ерозійною стійкістю та стиранністю покриттів змушує знаходити оптимальні рішення, що дозволяють поєднати високу зносостійкість матеріалів із достатньою пластичністю для мінімізації механічних пошкоджень у процесі експлуатації. Ерозійна стійкість та стиранність визначаються міцнісними властивостями матеріалів і є зворотно пропорційними величинами, тому створення ефективних ущільнюючих покриттів, що стираються – одне з найбільш складних і актуальних завдань авіаційного матеріалознавства.

Мета роботи полягала в синтезуванні порошку на основі алюмінію методом механо-хімічного легування для газотермічного напилення ущільнюючих покриттів газотурбінних авіаційних двигунів.

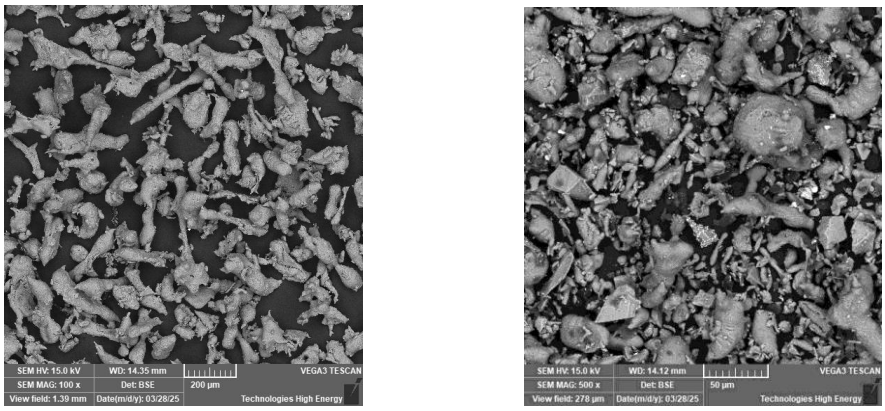
Відомий ряд ущільнюючих матеріалів фірми Metco системи Al-Si-BN, які отримуються плазмовим напиленням гранул з алюмінію, кремнію та нітриду бору на органічній зв’язці.

Цікавим є матеріал Metco 320NS який містить 8%Si, 20% BN, решта Al, з розміром частинок -212+22мкм, який застосовується для ущільнення турбін компресорів (Data Sheet DSMTS-0017).

В роботі порошок даного складу був синтезований методом механо-хімічного легування на основі порошку ПА-4, вітчизняного виробництва. Порошки алюмінію, кремнію та нітриду бору змішували в кульовому млині протягом 2 год. Для отримання гранул високої текучості для напилення до отриманої суміші було додано 3 % розчин полівінілового спирту. Після змішування з пластифікатором шихту піддавали грануляції шляхом протирання через сито з розміром комірок 50 мкм. Гранульовані порошки з метою видалення залишкової вологи піддавались сушінню за температури 70 °С протягом 1 год у вакуумній сушильній шафі.

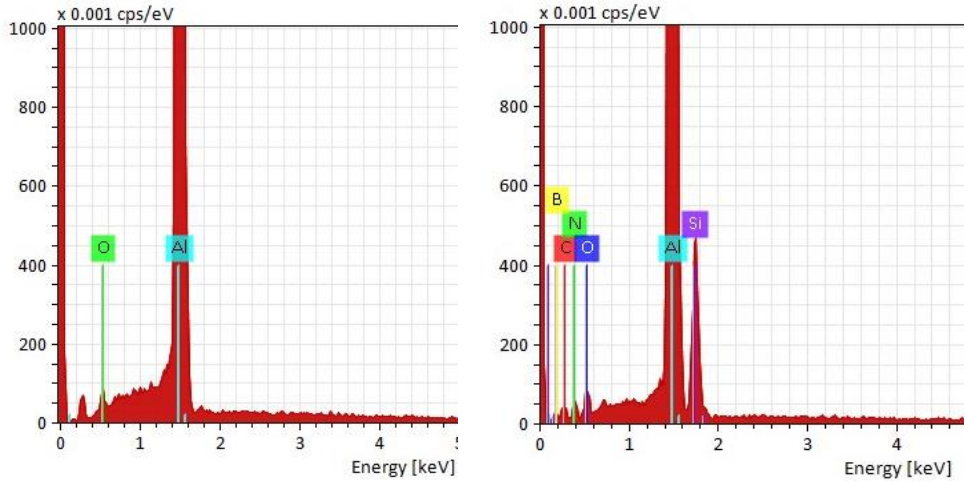
Морфологію порошку ПА-4 до та після механо-хімічного легування наведено на рис.1. Спектри елементів порошку наведені на рис. 2, хімічний склад в табл. 1 та 2.

Порошок напилювався плазмовим методом в режимі генерації ламінарного плазмового струменя [1].



а) б)

Рис. 1 – Морфологія порошку ПА-4: а) у вихідному стані, б) після механо-хімічного легування



а) б)

Рис. 2 – Спектри елементів хімічного складу порошку у вихідному стані а) та після механо-хімічного легування б).

Таблиця 1 – Хімічний склад вихідного порошку ПА-4

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)
O	8	348	2.12	1.91	3.19	0.75
Al	13	92940	108.69	98.09	96.81	5.08
		Sum	110.82	100.00	100.00	

Таблиця 2 – Хімічний склад порошку ПА-4 після механо-хімічного легування

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)
B	5	141	49.42	26.81	42.54	22.12
C	6	239	16.54	8.97	12.82	6.09
N	7	321	8.97	4.86	5.96	3.02
O	8	467	4.53	2.46	2.63	1.37
Al	13	64656	96.26	52.22	33.20	4.52
Si	14	3652	8.62	4.67	2.85	0.44
		Sum	184.34	100.00	100.00	

В результаті плазмового напилення були отримані ущільнюючі покриття, хімічний склад яких відрізнявся від порошків, так кількість алюмінію зменшувалась до 80% мас., а кількість кремнію збільшувалась до 18%мас. Це пов’язано з окисненням та вигорянням алюмінію в плазмовому струмені, що потребує відповідної корекції кількості даних елементів під час механо-хімічного легування.

Список посилань

1. Smirnov I. Comparison of chemical composition and wear of iron and nickel aluminide coatings applied by plasma spraying / I. Smirnov, A. Chornyi, V.Lysak, N. Dolgov, I. Sieliverstov, K. Parshenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (2023)., 4 (124), 47–55. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286198