

Національний технічний університет
України
”Київський політехнічний інститут ім.Ігоря
Сікорського.”

Підвищення властивостей плазмових покриттів дифузійно-механічним легуванням металевих і керамічних порошків

Виконав
Студент групи ЗП-61м
Гаманець Ю.М.
Керівник
Копилов В.І.

КИЇВ 2018

- Сучасні вимоги до прискореного науково-технічного прогресу, інтенсивність розвитку машинобудування, нової техніки ставлять перед промисловістю цілий ряд проблем по захисту конструкцій і підвищенні комплексу характеристик. Основним рішенням даної проблеми є підвищення зносостійкості деталей та конструкцій, що працюють в різноманітних умовах експлуатації.
- Особливу роль при цьому відводять ціленаправленій розробці і отримання нового класа композиційних матеріалів шляхом нанесення покриття різними способами. Проблема захисних покриттів на металічних матеріалах являється в наш час однією з важливих народногосподарських проблем, успішне вирішення яких дозволить підвищити комплекс характеристик, що в свою чергу підвищить довговічність і якість роботи машин і механізмів, з метою економії матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів.
- Перспективними матеріалами для отримання плазмових покриттів є композиційні порошки. Один з ефективних методів їх отримання - механічне легування. Ця технологія виробництва композиційних порошків заснована на використанні промислово випущених вихідних компонентів і вигідно відрізняється від серійно застосовуваних способів універсальністю, простотою, екологічною безпекою, високою економічністю. Крім того, покриття, отримане з них, характеризуються високим комплексом фізико-механічних властивостей.

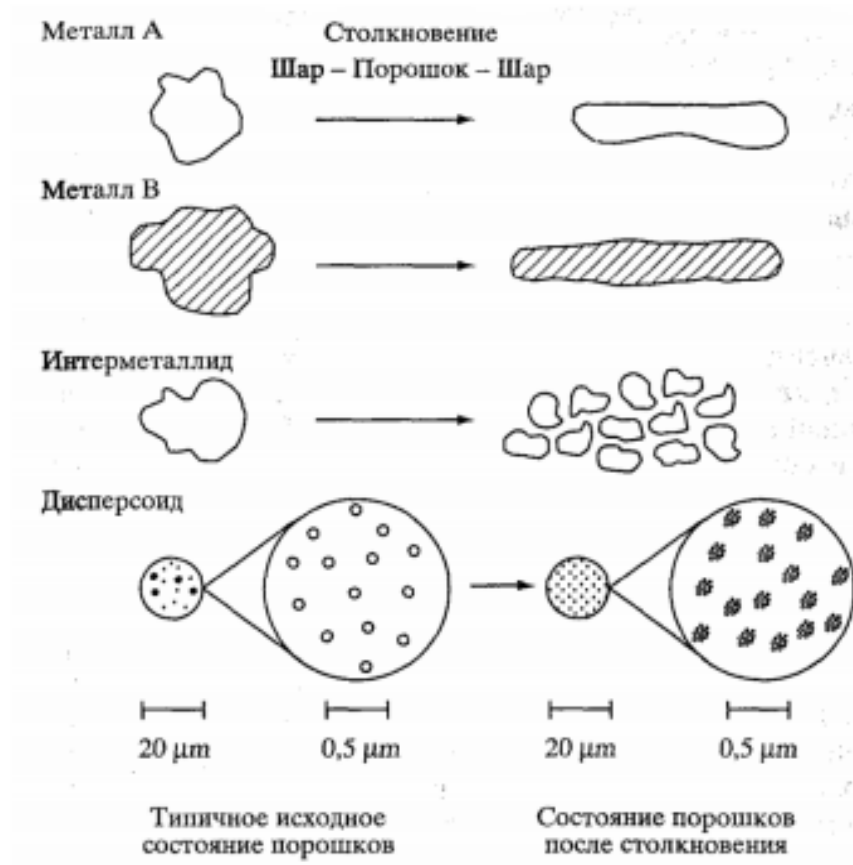


Рис.1 Характерний вихідний стан компонентів порошку і їх вид після деформації.

- Процес механічного легування можна умовно розділити на кілька періодів



Рис 2. Початковий етап обробки, композиційна частинка складається із вихідних компонентів.

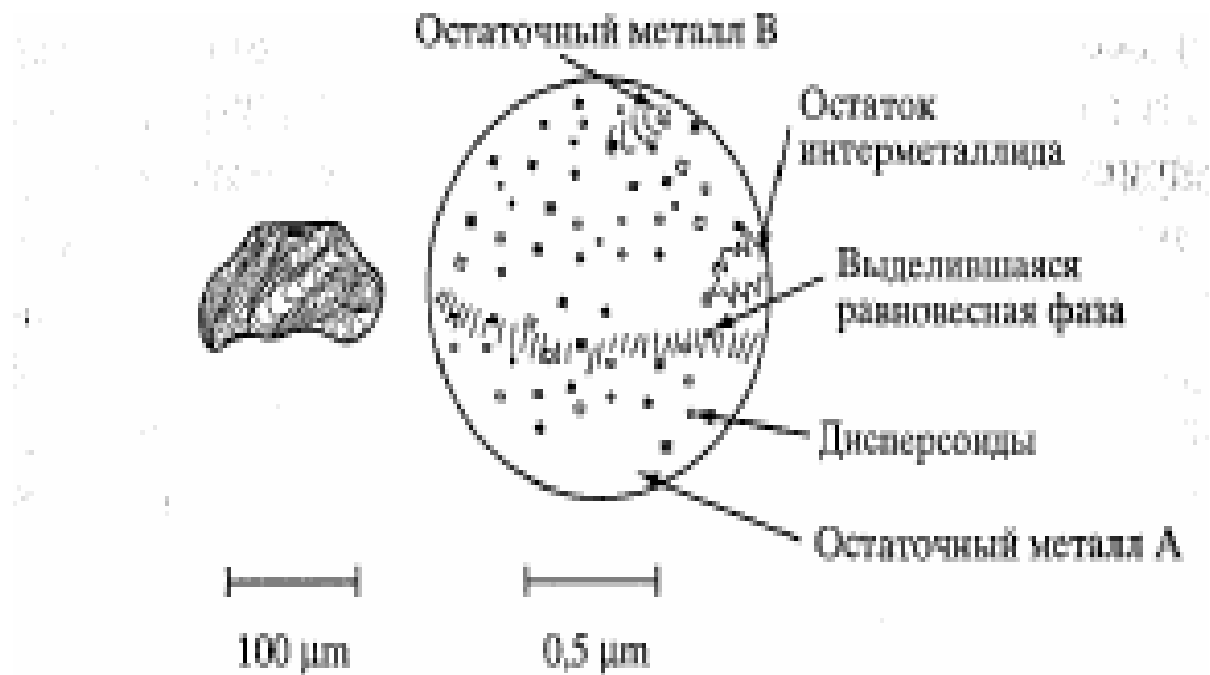


Рис 3 . Перехідний етап обробки, частинки складаються із закручених шарів: можливе утворення дифузійного шару і нової фази.

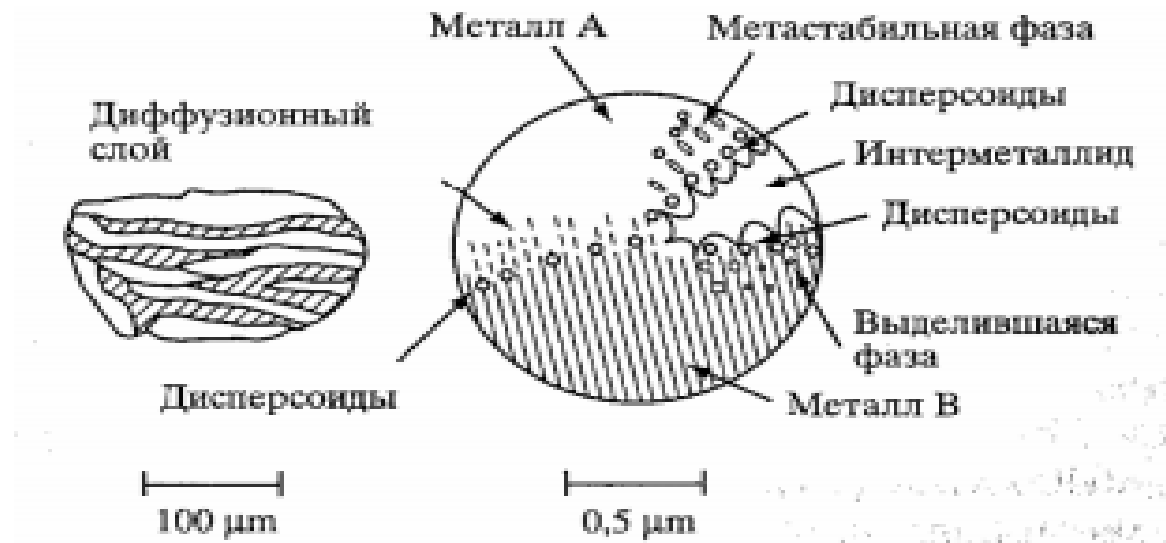


Рис 4. Заключний етап обробки, всі частини порошкових частинок приближаються по структурі до вихідної суміші, шари стоншуються до розміру дисперсоїдів.

В наш час широке застосування найшли зносостійкі покриття на основі оксидної кераміки. Такі покриття мають високу твердість, зносостійкість, стійкі до хімічно-активних середовищ. Хімічно інертні. При введенні в пару тертя не утворюють мостів схватування, яка є причиною руйнування металевих контактуючих поверхонь. Але в них є і ряд недоліків. Застосування їх при виготовленні деталей машин часто обмежується крихкістю, низькою міцністю зчеплення з основою. Саме тому об'єктом нашого дослідження є плазмові покриття на основі оксида алюмінія. Перевагою є його доступність і дешевизна. Застосування оксида алюмінія з іншими матеріалами дозволить отримати покриття з покращеними експлуатаційними властивостями.

■ МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

- Метою роботи є підвищення властивостей плазмових покриттів шляхом дифузійно-механічного легування оксида алюмінія молібденом та нікелем.
- Поставлені задачі:
- Виготовлення порошків системи Al_2O_3 -Mo та Al_2O_3 -Ni методом механічного легування;
- Дослідження порошків;
- Можливість підвищення комплексу експлуатуючих характеристик покриттів на основі оксида алюмінія шляхом легування його молібденом.
- Навести результати дослідження трибологічних властивостей, а саме: виконано порівняльний аналіз зносостійкості і коефіцієнтів тертя для покриттів з вихідного оксиду алюмінію та оксиду алюмінію після дифузійного легування молібденом.
- Розглянути та дослідити отримання композиційних металокерамічних порошків і плазмових покриттів з них на основі Al_2O_3 -Ni.

- Планетарний млин Активатор 2SL призначена для тонкого помелу твердих речовин і проведення механікохімічних реакцій



■ Технічні характеристики

Барабани	2 шт. по 250 мл
Загрузка шарів	200 - 400 г
Загрузка порошка	20 - 100 г
Швидкість обертання планетарного диска	100 - 1000 об/хв
Швидкість обертання барабанов	150 - 1500 об/хв
Споживча потужність	2,2 кВт
Габаритні розміри	
ширина*довжина*висота	320*620*500
Маса	65 кг

- **УСТАНОВКА ДЛЯ ПЛАЗМОВОГО НАПИЛЕННЯ УПУ-ЗД З ПЛАЗМОТРОНОМ ПП-25**



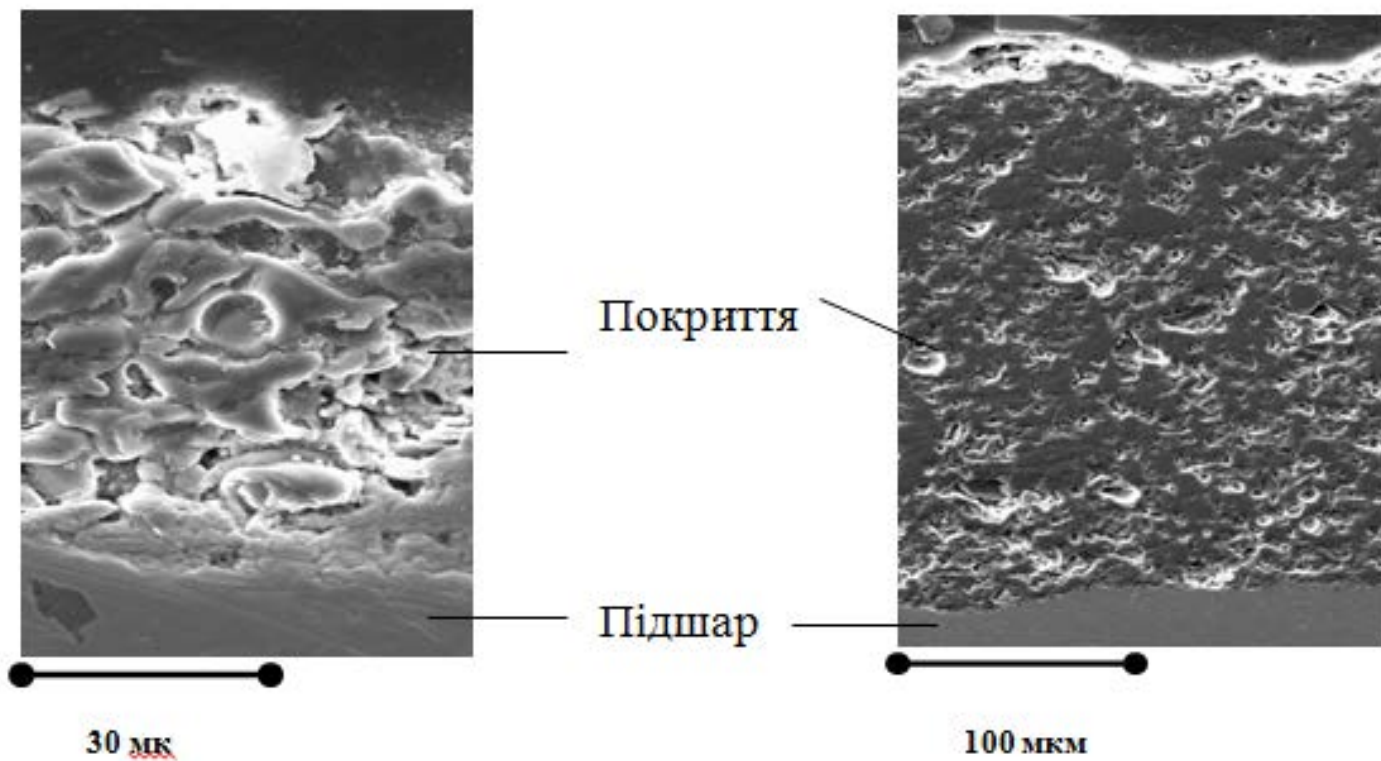
- Для плазмового напилення покриттів використовувалася установка УПУ-3Д з плазмотроном ПП-25. Витрата газу - 2 м³ / год. Напруга дуги 80 ... 90 В, сила струму варіювалося в межах 170 ... 400 А. На першому етапі була проведена оптимізація режимів напилення покриття з чистого оксиду алюмінію і легованого молибденом. Струм дуги і дистанція напилювання, змінювалися на двох рівнях: мінімальному і максимальному. Значення струму дуги склали 350А і 420А, дистанції напилювання - 90мм і 110мм.

■ УСТАНОВКА СМЦ-2.



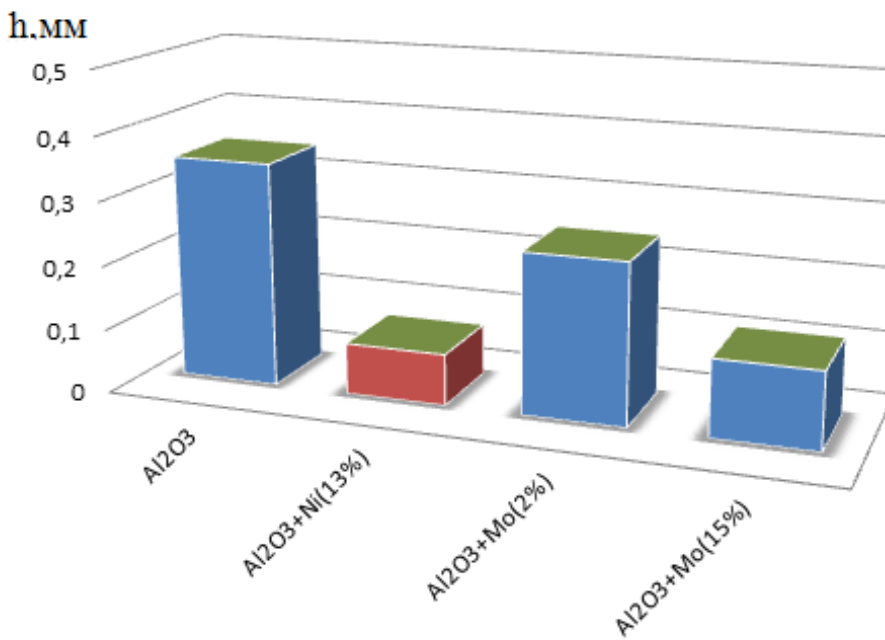
Для проведення випробувань в різних середовищах з різними зразками машина укомплектована камерами і пристроями: камера для випробування зразків «диск-диск» і «диск-колодка», камера для випробування зразків «втулка-вал». В нашому випадку випробування проводилось саме камерой для випробування зразків «диск-колодка».

Зносостійкість є найбільш важливим показником керамічних плазмових покриттів. Процес зношування залежить від ряду факторів: поєднання фізико-механічних властивостей елементів пари тертя, твердості контактуючих поверхонь, швидкості і характеру тертя, питомого тиску і т.д. Як матеріали зносостійких керамічних покриттів широко застосовуються різні оксидні і метало-оксидні композиції.

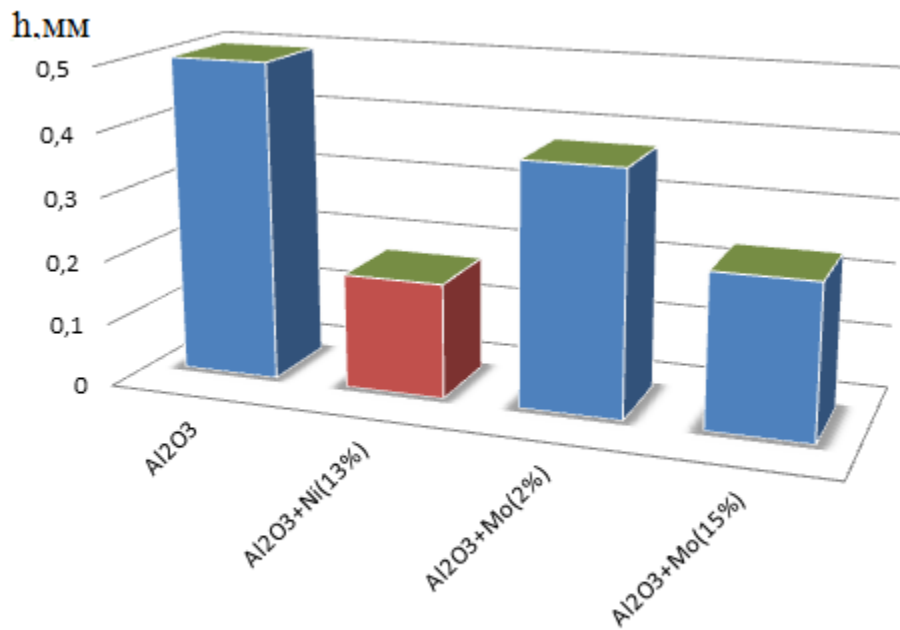


Мікроструктура покриттів : а) оксид алюмінія, легований молібденом; б) чистий оксид алюмінія

- Дослідження показали, що введення пластичного металу, в даному випадку - молібдену, дозволило зменшити пористість керамічного покриття. Частинки молібдену в покритті з легованого оксиду алюмінію виконують роль ущільнювача при формуванні покриття і заповнює пори, які виникають при використанні «чистого» оксиду алюмінію. Пористість покриття з легової окису зменшилася в 2-2,4 рази в порівнянні з пористістю покриття з «чистого» оксиду алюмінію. Для покриття з чистого окису алюмінію коефіцієнт тертя становить 0,24-0,26. Введення молібдену дозволило знизити коефіцієнт тертя в 2-2,2 рази, його значення перебувають у межах 0,11-0,12.
- Мікротвердість легованих покриттів знизилася і склала 3239 МПа, в той час як середня мікротвердість покриття з чистого окису алюмінію склала 5640 МПа. Щоб зрозуміти, як це позначилося на трибологічних властивості, було проведено дослідження зносостійкості. Випробування проводилися в умовах сухого тертя за схемою диск колодка. Лінійна швидкість обертання истираючого диска $V_{\text{диск}} = 2,3 \text{ м / с}$.



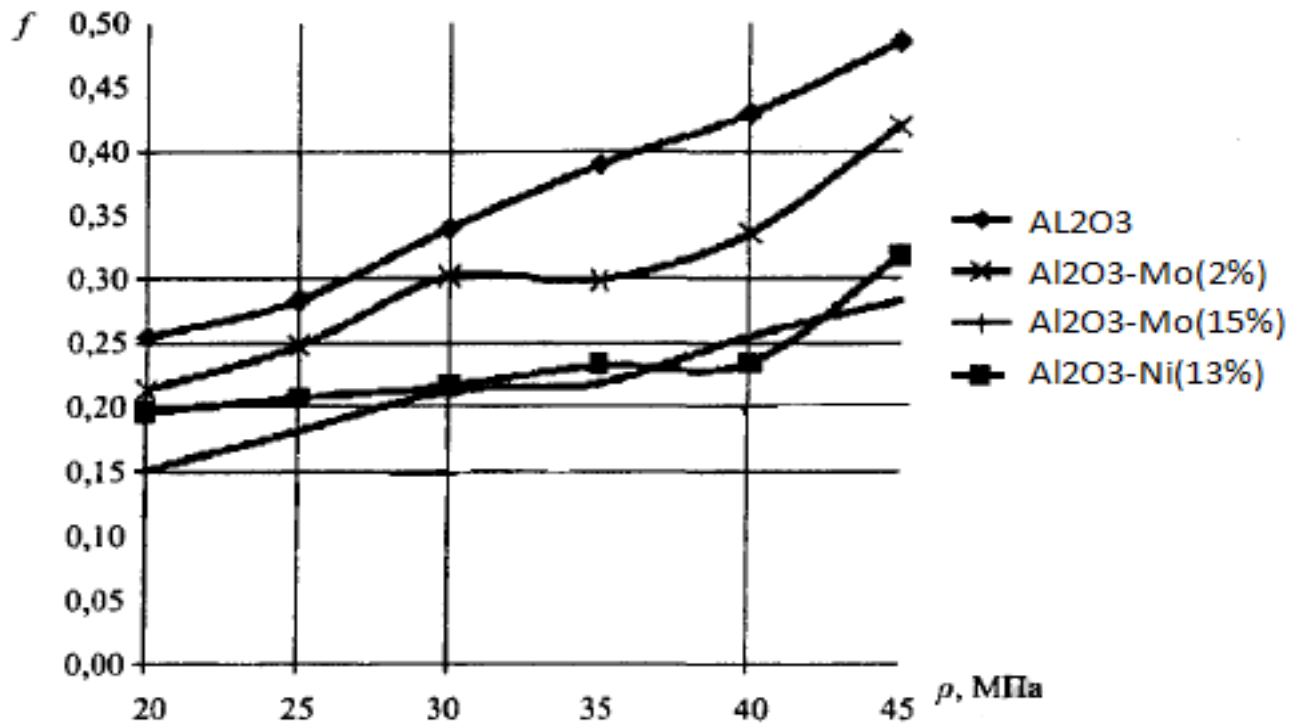
а)



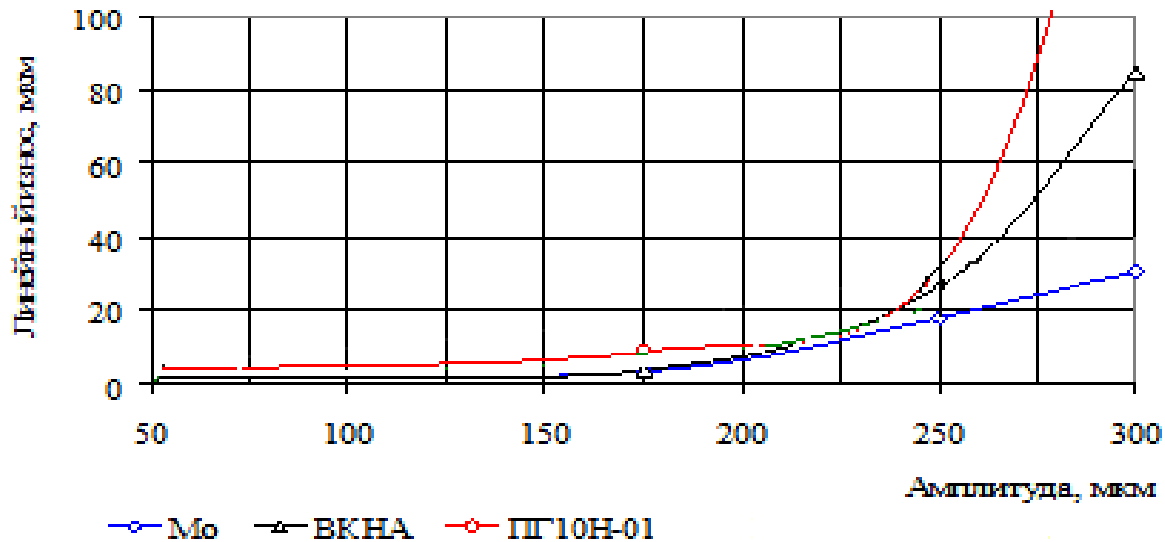
б)

Пояснення : а- навантаження 70 Н час 60с; б- навантаження 30 Н, час 300с.

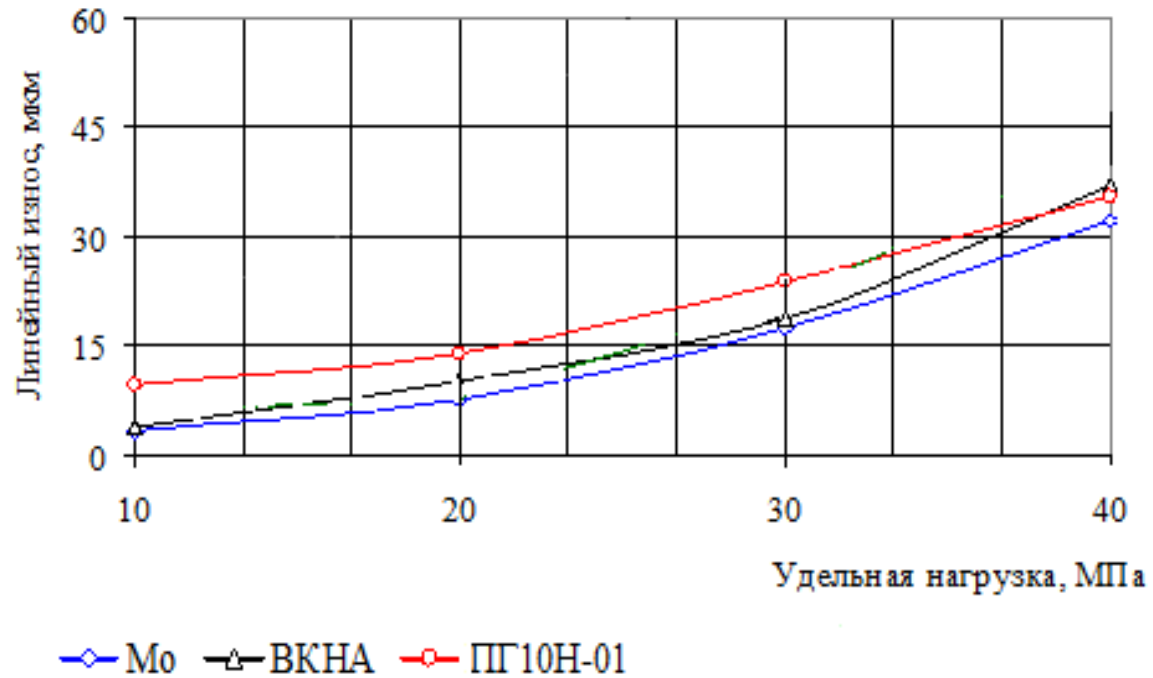
Малюнок 4 – Діаграма порівняльного зношування при сухому терті .



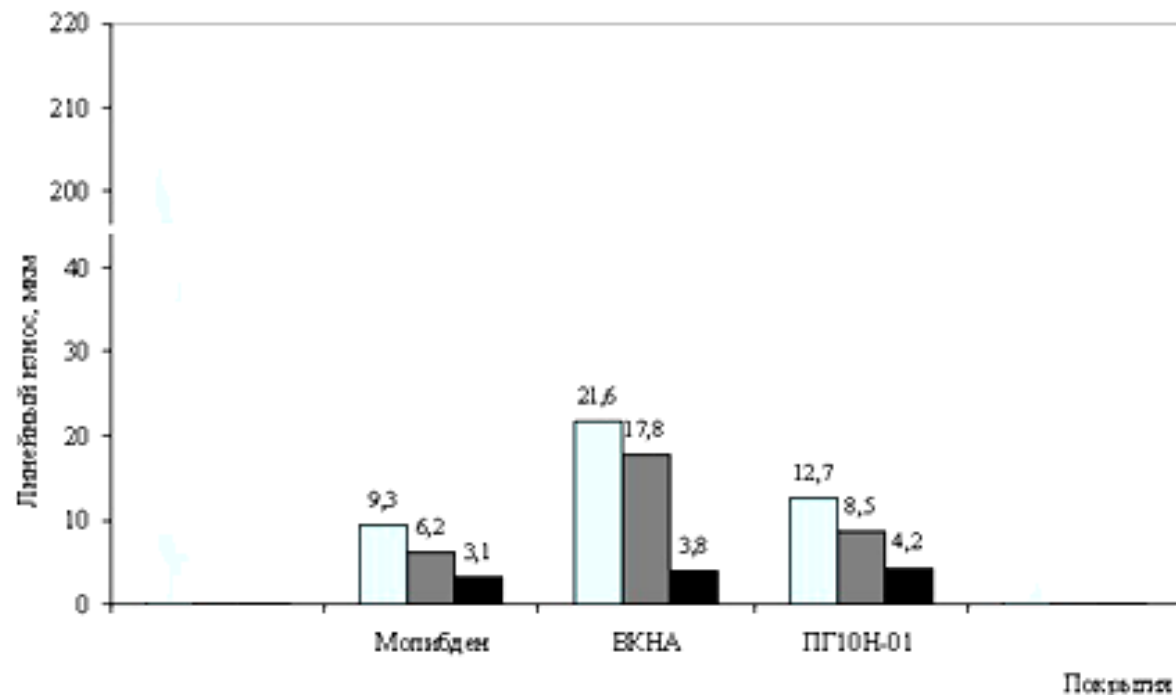
Залежність коефіцієнта тертя від нормального навантаження при різних покриттях. Це говорить про те, що покриття, сформоване з дифузійно-легованого порошку «оксид алюмінію + молібден» можна рекомендувати для важких умов тертя.



Залежність лінійного зносу M_o і газотермічних покриттів від амплітуди взаємного переміщення зразків при навантаженні 10 МПа. Дослідження виконувалися при навантаженнях 10, 20, 30, 40 МПа і амплітудах вібрації від 50 до 300 мкм. Найбільш чутливими до зміни амплітуди мікропереміщення є покриття з самофлюсуючі порошоків на нікелевої основі ПГ10Н-01 і AlNi. Амплітудні залежності зносу в діапазоні амплітуд 50 - 250 мкм наближається до лінійної з плавним зростанням. При амплітудах, що перевищують 250 мкм, швидкість зношування різко зростає по параболічному закону. У цьому діапазоні амплітуд найбільш різко зростає знос покриттів ПГ10Н-01 і AlNi. Найбільш стабільним і менш чутливим до зміни амплітуди відносних мікропереміщень є покриття молібдену, яке мало найкращі показники по зносостійкості у всіх діапазонах досліджених амплітуд (від 50 до 300 мкм) і питомих навантаженнях (від 10 до 40 МПа).

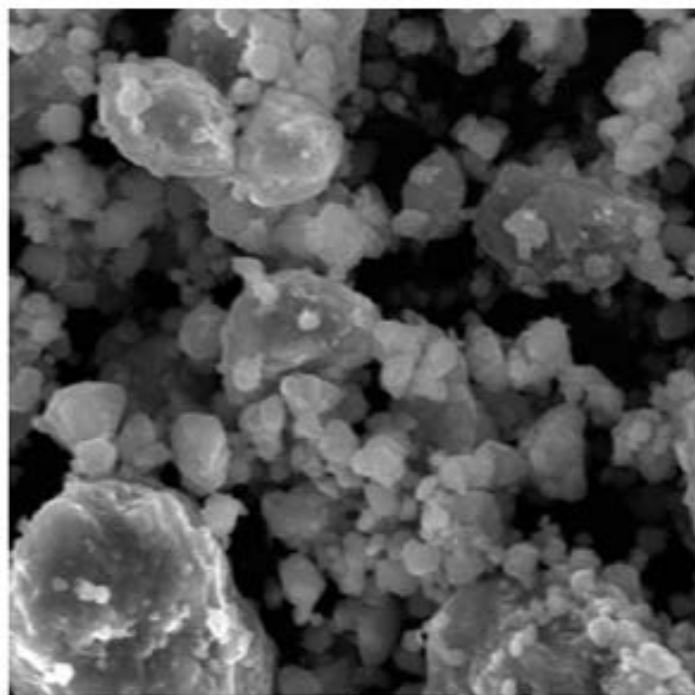
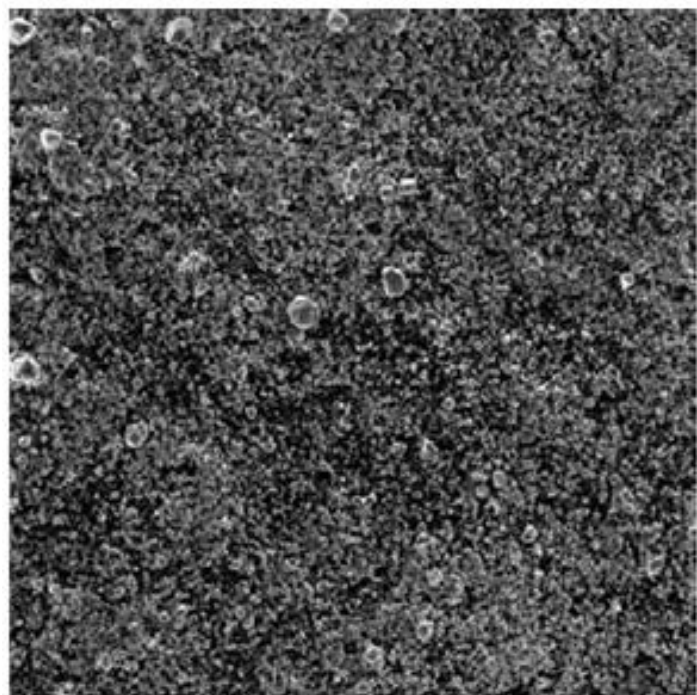


Залежність лінійного зносу Мо і газотермічних покриттів від навантаження при амплітуді 175 мкм.

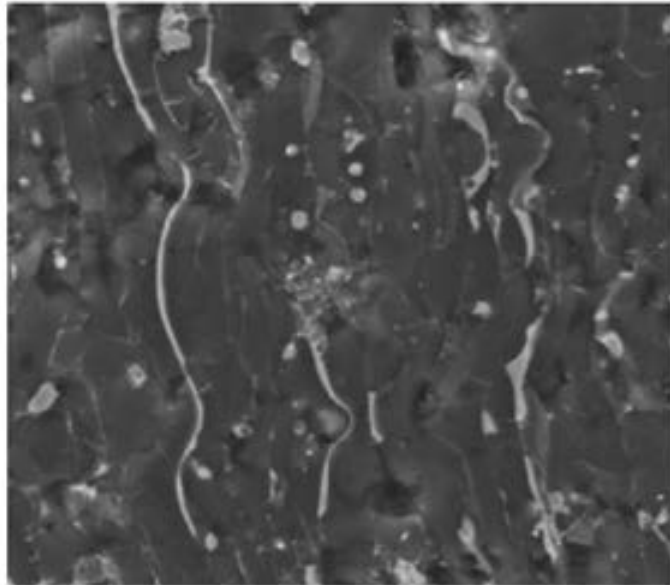


Гістограми лінійного зносу Мо і плазмових газотермічних покриттів при модельних динамічних випробуваннях:

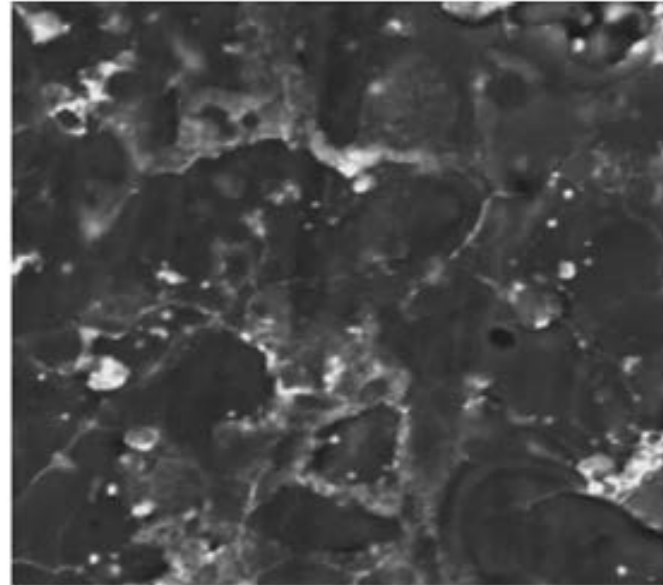
- – циклічне знакозмінні ковзання;
- – частка зносу зумовлена просковзуванням;
- – кочення з просковзуванням.



Форма і розміри частинок механічно легованого композиційного порошка складу 87 % Al_2O_3 — 13 % Ni



а)



б)

Структура покриття ,отриманого плазмовим напиленням МЛ композиційних порошків $Al_2O_3-Ni(13 \%)$:

а – поперечний шліф; б – повздовжній шліф

ВИСНОВКИ

- Введення молібдену зробило позитивний вплив на фізико-механічні та експлуатаційні характеристики керамічного покриття. Значно знизилася крихкість і збільшилася адгезія покриття з основою в 2-2,5 рази. Коефіцієнт тертя легованого покриття, в порівнянні з покриттям з чистого оксиду алюмінію, знизився в 2-2,2 рази і склав 0,11-0,12. Представлені результати показують перспективність застосування методу дифузійного легування керамічних порошоків для отримання покриттів з високими експлуатаційними властивостями. Дослідження в даному напрямку будуть продовжуватися.
- Мікротвердість легованих покриттів знизилася і склала 3239 МПа, в той час як середня мікротвердість покриття з чистого оксиду алюмінію склала 5640 МПа.
- Дослідження впливу умов тертя (контактного тиску і швидкості ковзання) на коефіцієнт тертя показав, що при збільшенні навантаження від 20 до 40 МПа і швидкості ковзання від 6 до 10 м / хв. коефіцієнт тертя у легованого покриття збільшується на 15-20% менше, ніж у оксиду. Це говорить про те, що покриття, сформоване з дифузійно-легованого порошку «оксид алюмінію + молібден» можна рекомендувати для важких умов тертя.
- Зміна лінійного зносу при випробуваннях зі збільшенням амплітуди відносного проковзування зразків показало, що при постійній кількості циклів випробувань, (незалежно від виду покриття знос розтане прямо пропорційно до амплітуд 200мкм і різко нелінійно зростає при амплітудах більше 200 - 240 мкм. Швидкість зміни лінійного зносу для різних покриттів неоднакова. Дослідження виконувалися при навантаженнях 10, 20, 30, 40 МПа і амплітудах вібрації від 50 до 300 мкм. Найбільш чутливими до зміни амплітуди мікропереміщення є покриття з самофлюсуючі порошоків на нікелевої основі ПГ10Н-01 і AlNi. Амплітудні залежності зносу в діапазоні амплітуд 50 - 250 мкм наближається до лінійної з плавним зростанням. При амплітудах, що перевищують 250 мкм, швидкість зношування різко зростає по параболічного закону. У цьому діапазоні амплітуд найбільш різко зростає знос покриттів ПГ10Н-01 і AlNi. Найбільш стабільним і менш чутливим до зміни амплітуди відносних мікропереміщень є покриття молібдену, яке мало найкращі показники по зносостійкості у всіх діапазонах досліджених амплітуд (від 50 до 300 мкм) і питомих навантаженнях (від 10 до 40 МПа).
- Покриття молібдену, найменш чутливе на відміну від інших ГТП до зміни амплітуди і навантаження. Застосування тонких композиційних порошоків, отриманих МЛ, призводять до зменшення розмірів частинок оксидів у всіх напрямках в 5 ... 10 разів. Нікелеві прошарки, зміцнені нанорозмірними включеннями інтерметаліди Ni3 (Al, Ti), за своєю природою і властивостями подібні покриттям з терморегуючих порошоків системи Ni-Al і мають високу твердість, жароміцність і зносостійкість при достатній в'язкості і пластичності. Це визначає їх високу демпфуючу здатність, запобігаючи розтріскування оксидних частинок. При приблизно однаковій твердості покриттів, отриманих з застосуванням «класичних» і механічно легованих порошоків, що дорівнює 68 ... 71 HRC, зносостійкість останніх в умовах сухого тертя в 1,7 ... 1,9 рази, а при випробуваннях з мастилом в 1,4 ... 1,6 рази вище.