

# ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХОНЬ СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ ОТРИМАНИХ ГАЗОДИНАМІЧНИМ НАПИЛЕННЯМ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Об'єктом даного дослідження є визначення характеристик функціональних покриттів на основі алюмінію які отримані методом газодинамічного напилення, та перспективи застосування цих покриттів на зовнішніх поверхнях стрілецької зброї.

В дослідженні показано, що використання газодинамічних покриттів може бути використане для антикорозійного захисту поверхонь озброєння, поліпшення умов охолодження стволів, поліпшення ергономічних показників, зменшення ваги озброєння, покращення антифрикційних властивостей поверхонь тертя.

**Ключові слова:** газодинамічні покриття, антикорозійний захист, охолодження, вага, тертя, антифрикційні властивості.

## Abstract

The object of this study is to determine the characteristics of functional coatings based on aluminum obtained by gas-dynamic spraying, and prospects of these coatings on the outer surfaces of small arms.

The study shows that the use of gas-dynamic coating can be used for corrosion protection of surfaces weapons, improving cooling shafts, improved ergonomic performance, weight reduction of armaments to improve anti-friction properties of the friction surfaces.

**Keywords:** gas-dynamic coating, corrosion protection, cooling, weight, friction, friction properties.

Створення функціональних покриттів на поверхнях деталей дозволяє суттєво впливати на експлуатаційні характеристики та надавати цим поверхням нових, не притаманних матеріалу деталі, якостей. Наприклад створення покриттів на основі алюмінію на сталевих деталях може захистити ці деталі від корозії та значно змінити фрикційні та електропровідні та теплопровідні властивості покритих поверхонь.

На кафедрі технології підвищення зносостійкості Вінницького національного технічного університету розроблено і виготовлено дослідну установку для газодинамічного нанесення функціональних покриттів. Установка складається з нагрівача повітря та напилювача.

Напилювач (рис. 1) [3] складається з корпусу 1 в якому розміщено голку 2 для регулювання повітряного потоку та створення ефекта ежекції. До корпусу 1 приєднано канал 3 подачі порошку, який всмоктується у сопло 4 за рахунок ефекта ежекції. Напилювач має канал 5 через який подається нагріте стиснуте повітря.

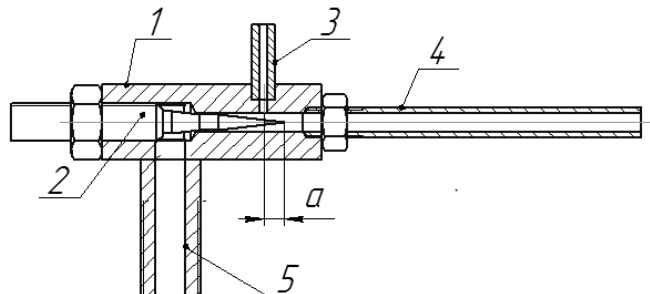


Рисунок 1 – Напилювач:

1 – корпус, 2 – голка, 3 – канал подачі порошку, 4 – сопло, 5 – канал подачі стиснутого повітря.

Мета дослідження. Визначення коефіцієнту використання алюмінієвого порошку в залежності від режимів напилювання. Визначення міцності зчеплення плями покриття з підкладкою. Визначення пористості отриманих покриттів та оцінити перспективи застосування досліджених покриттів для різних галузях техніки в тому числі їх застосування при виробництві стрілецького озброєння.

Для проведення дослідження використовували порошок алюмінієвий марки ПА-4 ГОСТ 6058-73 та порошок А20-11з розміром частинок порошку 60 - 100 мкм. Порція порошку складала 0,47 г. Дистанція напилення 15 мм. В якості підкладки використовували пластини з сталі з товщиною 1 мм. Поверхня пластин під напилення попередньо не оброблялась.

Результати напилення показані на рисунку 2

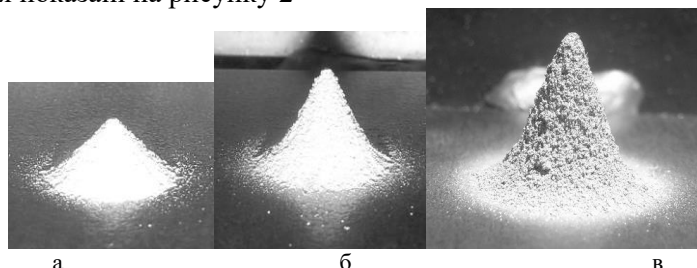


Рисунок 2 – Фігури напилення. а – зразок № 1, б – зразок № 2, в – зразок № 3.

Фіксували температуру початка і кінця напилювання. Тиск повітря становив 0,57 МПа. Зважували підкладку до та після напилювання. Всі данні заносили до таблиці 1. Де (а) – відстань яка визначає положення голки 2 відносно каналу введення порошку 3,  $T_1$ , та  $T_2$  - температура початку та кінця напилювання,  $M_1$  та  $M_2$  - маса основи до та після напилювання.  $M_n$  – маса плями напилення, К – коефіцієнт використання порошку який визначається як відношення маси фігури напилення до початкової маси порції порошку та помноженої на 100%.

Таблиця 1 - Порівняння режимів напилення та коефіцієнту використання порошкового алюмінія ПА-4

№ заразка	а мм	$T_1$ °C	$T_2$ °C	$M_1$ г	$M_2$ г	$M_n$ г	К %
1	2,25	320	330	10,41	10,45	0,04	8
2	1,85	320	360	10,55	10,67	0,12	25,5
3	1,5	320	460	10,79	10,99	0,2	42,5

Таблиця 2 - Визначення пористості плями покриття

№ Зразка	Маса плями розрахункова для алюмінію А0, г	Об'єм розрахунковий, мм <sup>3</sup>	Маса плями зважена, г	Густина плями $\rho_2$ , г/мм <sup>3</sup>	Пористість плями J, %
1	0,097759	36,206894	0,04	0,0011	41
2	0,227543	84,275364	0,12	0,0014	52
3	0,439850	162,907247	0,2	0,00158	58

Відомо, що ефективність та швидкість охолодження буд'якого нагрітого об'єкту покращується із збільшенням площі поверхонь цих об'єктів. Наприклад кулемет ДШК має спеціальні нарізи на зовнішній поверхні ствола для того щоб збільшити площу його поверхні і запобігти перегріву.



Рисунок 3 – Кулемет ДШК.

Досліджене пористе покриття аналогічно з нарізами на поверхні ствола значно збільшує площу охолодження за рахунок мікроскопічних відкритих порожнин (пор) всередині покриття. Для того щоб оцінити збільшення ефективної площі охолодження порахували довжину границь зерен які контактують з порами і відповідно здійснюють теплообмін з повітрям в цих порах. Методика підрахунку довжин зерен полягала в обведенні границь зерен мікро шліфа кривою Біз'є в програмі Компас та вимірювання довжин цих кривих. Схема підрахунку довжин границь зерен мікро шліфа покриття порошку ПА-4 показана на рисунку 4.

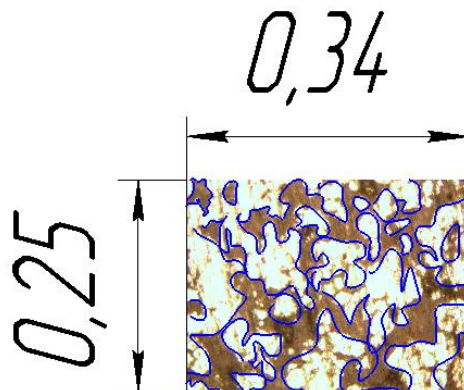


Рисунок 4 – Схема підрахунку довжини границь зерен мікро шліфа покриття порошку ПА-4. Розмір знімка мікро шліфа газодинамічного покриття 0,34 x 0,25 мм

Сума довжин ліній границь зерен (синього кольору) становить 4,8 мм (рис 4).

Якщо прийняти площу поверхонь всередині пористого покриття прямо пропорційною довжині границь зерен мікро шліфа то можна вважати, що на прямолінійній ділянці, наприклад ствола кулемета, довжиною 0,34 мм при товщині покриття 0,25 мм додатково утворилась активна поверхня площею пропорційною довжині границь зерен, сума яких становить 4,8 мм. Тобто активна площа яка здатна покращати теплообмін збільшилась в  $4,8/0,34 = 14$  раз. Крім того пористе покриття створюється з алюмінію або міді які мають кращі, ніж сталь, теплопровідні властивості.

В результаті проведеного дослідження встановили, що із збільшенням температури наплення з 320 до 460 °С коефіцієнт використання порошку збільшився з 8 до 42,5 %, водночас межа міцності на зсув плями покриття з підкладкою зменшилась з 5,79 до 2,55 МПа , при цьому пористість отриманого покриття збільшилась з 41 до 58%.

Отримані покриття можуть бути використані для створення фільтрів тонкої очистки газів та рідин з розміром прохідних пор 60 – 100 мкм, Для створення поверхневих шарів пар тертя здатних утримувати мастильні матеріали.

Крім того отримані покриття можуть бути застосовані для інтенсифікації процесу охолодження поверхонь які в процесі експлуатації піддаються значному нагріванню, наприклад стволи кулеметів і автоматів.

Дослідженні покриття можуть забезпечити надійний антикорозійний захист зовнішніх поверхонь стрілецького озброєння.

З'являється перспектива зниження ваги стволів і відповідно ваги кулеметів і автоматів.

З'являється перспектива спрощення конструкцій озброєння та покращення технологічних показників її виготовлення.

Найбільш оптимальні характеристики покриття та режими його нанесення можуть бути встановлені за результатами проведення відповідної науково-дослідної роботи.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пат. 110552 Україна, МПК С23С 24/00. Пристрій для газодинамічного нанесення покриттів з радіальною подачею порошкового матеріалу / Гайдамак О. Л.; заявник та патентовласник Гайдамак О. Л. — № а 201405543; заявл. 23.05.14; опубл. 12.01.16, Бюл. №1.

**Гайдамак Олег Леонідович** – доцент кафедри ТПЗ, Вінницький національний технічний університет, e-mail: vntu111@gmail.com, Україна, 21018, м. Вінниця, вул. Литвиненка 24, кв. 12.

**Gaydamaka Oleg Leonidovich** - Associate Professor TPZ, Vinnytsia National Technical University, e-mail: vntu111@gmail.com, Ukraine, 21018, m. Vinnytsya, st. Litvinenko, 24, Apt. 12.