

О. Ю. Співак, Б. В. Калатюк

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ У ВИРОБНИЦТВІ ЗБРОЇ ОСОБИСТОГО ЗАХИСТУ

Анотація. Розглянуто перспективи використання порошкових металевих сплавів у виробництві сучасної стрілецької зброї, призначеної для особистого захисту військовослужбовців. Розглянуто переваги і недоліки порошкових металевих сплавів та виконано аналіз можливостей для їх використання як матеріалу для деталей стрілецької зброї.

Ключові слова: стрілецька зброя, порошкові металеві сплави, спечені металеві сплави, деталі сучасної зброї.

Abstract. The prospects for using powder metal alloys in the production of modern small arms intended for the personal protection of military personnel are examined. The advantages and disadvantages of powder metal alloys are discussed, and an analysis is conducted regarding their potential application as a material for small arms components.

Keywords: small arms, powder metal alloys, sintered metal alloys, modern weapon components.

Вступ

Зброєю особистого захисту військовослужбовців (Personal Defense Weapon, або PDW) називають клас стрілецької зброї, призначений для самооборони військових, які за своїми обов'язками не беруть безпосередньої участі в піхотному бою [1]. До неї відносять сучасні пістолети та пістолети-кулемети.

Цей вид зброї повинен поєднувати в собі компактність і малу масу з серйозною вогневою потужністю. Основними вимогами до неї є малі габарити та маса, ергономічність, ефективність проти броньованої екіпіровки, високий темп стрільби і значна ємність магазину, простота використання.

Як сказано вище, таку зброю видають військовослужбовцям «другої лінії», яким важка й габаритна зброя, наприклад карабін чи штурмова гвинтівка заважала б виконувати основні обов'язки.

Основна частина

При використанні зброї на її деталі (особливо на ствол) діє динамічний за характером і досить значний за величиною тиск порохових газів, тож вони не повинні мати залишкових деформацій. Тому стволи завжди виготовляли з матеріалів з досить високою межею текучості. Якщо врахувати також і можливість заклинювання кулі в каналі ствола, або надлишкове збільшення величини порохового заряду, що призведе до суттєвого підвищення тиску порохових газів, то матеріали, з яких виготовляють деталі зброї повинні мати високу пластичність і одночасно досить високу ударну в'язкість.

Потрібно враховувати і той факт, що деякі деталі зброї, такі як стволи чи затвори мають обмежену живучість, яка визначається зношуванням нарізної частини їх каналів, що зумовлена термічною, хімічною і механічною діями порохових газів, чи тертям в умовах абразивного середовища. Тому важливими вимогами до матеріалів, з яких виготовляють деталі для стрілецької зброї є їх однорідність і зносостійкість. З підвищенням межі текучості зростає і опір зношуванню. Деталі з вуглецевої сталі мають ще один суттєвий недолік: після пострілу частина порохових газів дифундує через пори в метал каналу ствола. Потім ці порохові гази, виділяючись на внутрішній поверхні стінок каналу ствола, утворюють з киснем повітря азотну кислоту, яка роз'їдає канал ствола. Такий процес називають оклюзією.

Крім того, зброя є виробом з досить точною механікою, що відповідно, для її виробництва, потребує досить складного і якісного металообробного обладнання і якісних матеріалів, переважно дорогих сталей, а традиційне фрезерування ствольної коробки або затвора перетворює 60-80% такого металу на стружку [2]. Зрозуміло, що для виробництва сучасної зброї необхідні і сучасні матеріали і сучасні технології їх оброблення.

Значні перспективи мають порошкові металеві та сплави, які вже зараз досить широко застосовуються для виробництва, наприклад елементів ударно-спускових механізмів, таких як шептала, курки затворів, спускові гачки, важелі затворної затримки, перемикачі вогню, кріплення для оптики тощо [3]. Тобто, у виробництві сучасної стрілецької зброї порошкова металургія використовується

досить активно. Перевагами порошкової металургії є висока точність виготовлених деталей та їх складна геометрія, контрольована пористість, високий коефіцієнт використання металу (95-98%), зменшення собівартості при масовому виробництві (при виготовленні великих партій деталей, від 10–20 тисяч штук, собівартість однієї одиниці падає в рази порівняно з класичним фрезеруванням), енергозбереження та покращення експлуатаційних характеристик зброї (зменшення маси, підвищення стійкості до корозії та ерозії). Важливі також чистота поверхні та точність, оскільки готові деталі виходять одразу з гладкою поверхнею і точними розмірами. Вони майже не потребують фінішної механічної обробки чи шліфування.

Головна технологія тут – MIM (Metal Injection Molding – інжекційне формування металів), яка дозволяє виготовляти складні деталі з високою точністю та мінімальною механічною обробкою. Це найпопулярніший метод порошкової металургії у зброярстві. Дрібний металевий порошок змішують із полімерним сполучником, створюючи пластичну масу. Її під тиском вприскують у прес-форми, після чого полімер випалюють або вимивають (дезв'язування), а деталь спікають у печах за високих температур. Спикання створює міцні металеві зв'язки, і деталь усаджується до фінальних точних розмірів [4]. Для цього застосовують порошок сталей типу 20X13 (AISI 420) або 40XНМА (AISI MIM4605), яка призначена саме для інжекційного формування деталей.

Також застосовуються технології LPBF (друк на 3D принтерах металевим порошком із подальшим спіканням, де деталі створюються шар за шаром шляхом плавлення металевого порошку лазером). Перевагами такої технології є: висока міцність, оскільки готові вироби за своїми механічними властивостями та щільністю не поступаються деталям, отриманим ливарними методами; геометрична складність, оскільки технологія LPBF дозволяє створювати внутрішні канали для охолодження, біонічні та сітчасті структури, які неможливо виготовити традиційним фрезеруванням чи литтям. Технологія працює з широким спектром металевих сплавів у вигляді дрібнодисперсного порошку, таких як нержавіючі та інструментальні сталі (наприклад, AISI 316L), титан та його сплави, алюмінієві сплави (AlSi10Mg для легких конструкцій), нікелеві суперсплави (типу Inconel 625, Inconel 718). До недоліків можна віднести потребу в підтримках (supports): під час друку металом виникає високе термічне напруження. Щоб деталь не деформувалася від перепаду температур, її потрібно жорстко кріпити до платформи тимчасовими металевими підпорками, які потім зрізають вручну або на верстатах, та шорсткість поверхні, оскільки деталі після друку мають шорстку поверхню через мікрочастинки порошку, які приварилися з боків. Тому для функціональних зон а деталях потрібна фінішна механічна обробка (ЧПУ, шліфування) [5].

Технології SPS – іскрове плазмове спікання, в якому металевий порошок поміщають у матрицю та пропускають крізь нього потужні імпульси електричного струму, одночасно притискаючи пресом. Тут перевагами саме для виробництва зброї є те, що нагрівання відбувається за лічені хвилини, це не дає зернам металу розростатися. Матеріал виходить надзвичайно дрібнозернистим і міцним. Застосовують метод для виготовлення ультраміцних композитів металу та кераміки (керметів), елементів бронезахисту, а також перспективних зносостійких вставок для вузлів замикання зброї. Технологія дозволяє також спікати метали з неметалами для виготовлення сучасної конструкційної та функціональної кераміки, яку застосовують в бронеплитах [6]. До недоліків можна віднести обмеження форми деталей, високу вартість обладнання, труднощі з контролем реальної температури.

Висновки

Технології порошкової металургії використовуються у виробництві стрілецької зброї досить широко, оскільки мають ряд незаперечних переваг: технологічну дешевизну, високу енергоефективність при виробленні деталей, покращення експлуатаційних характеристик зброї тощо. Однак така технологія має і суттєві недоліки, такі як труднощі з модифікацією та ремонтом деталей, виготовлених з порошкових сплавів, складність контролю якості внаслідок можливого виникнення внутрішніх дефектів. Основним недоліком є те, що деталі з порошкових матеріалів мають нижчу ударну в'язкість та міцність на розтягування в порівнянні з традиційними кованими або фрезерованими деталями, тому вони не підходять для виготовлення елементів, які тримають основний тиск порохових газів та зазнають екстремальних навантажень: стволів, затворів та бойових упорів.

Їх використання поки що обмежується другорядними деталями: курки, шептала, спускові гачки, важелі запобіжників, екстрактори та елементи прицілів тощо.

Список використаних джерел:

1. Особиста зброя самооборони. URL : <https://uk.wikipedia.org/wiki>. Дата звернення 17.10.2026.
2. Заболотний О. В., Божко Т. Є. Порошкова металургія: лабор. практик. Луцьк.: ЛДТУ, 2016. 60с.
3. Firearms MIM Parts Market - Global Forecast 2026-2032. URL : <https://www.researchandmarkets.com/reports/6147890/firearms-mim-parts-market-global-forecast>. Дата звернення 17.10.2026.
4. Understanding the Powder Metallurgy Process: Steps, Benefits, and Real-World Applications <https://jhmim.com/powder-metallurgy-process/>.
5. Psihoyos, Harry & Lampeas, George.). Efficient thermomechanical modelling of Laser Powder Bed Fusion additive manufacturing process with emphasis on parts residual stress fields. AIMS Materials Science. №9. 2022. P. 455-480. DOI: 10.3934/matricsci.2022027.
6. Veremchuk, I.; Beekman, M.; Antonyshyn, I.; Schnelle, W.; Baitinger, M.; Nolas, G.S.; Grin, Y. Binary Alkali-Metal Silicon Clathrates by Spark Plasma Sintering: Preparation and Characterization. Materials 2016, 9, 593. <https://doi.org/10.3390/ma9070593>.

Співак Олександр Юрійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, інд. 20021, e-mail: Spivak000@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1988-1886>.

Калатюк Богдан Володимирович – студент групи ТЕ-246, ФБЦЕІ, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, інд. 20021, e-mail: KalatiukBV24@gmail.com.

Oleksandr Yuriiovych Spivak – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Khmelnytske Shosse St., Building 95, Ind. 20021, e-mail: Spivak000@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1988-1886>.

Bohdan Volodymyrovych Kalatiuk – student of group TE-24b, Faculty of Construction, Civil Engineering and Ecology, Vinnytsia National Technical University; 95 Khmelnytske Shosse St., Building 95, Ind. 20021, e-mail: : KalatiukBV24@gmail.com.