

О. Ю. Співак, С. О. Зеленинський

СТРІЛЕЦЬКА ЗБРОЯ ТА СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ У ЇЇ ВИРОБНИЦТВІ

Анотація. Розглянуто перспективи використання аморфних металевих сплавів, сплавів з пам'яттю форми та металокераміки для виробництва сучасних видів стрілецької зброї. Проаналізовано можливість їх використання для конкретних деталей стрілецької зброї.

Ключові слова: стрілецька зброя, аморфні сплави, сплави з ефектом пам'яті форми, металокераміка.

Abstract. The prospects for using amorphous metal alloys, shape-memory alloys, and cermets in the production of modern small arms are examined. The feasibility of employing these materials for specific components of small arms is analyzed.

Keywords: small arms, amorphous alloys, shape-memory alloys, cermets.

Вступ

Як показує захист України від російської агресії, реальності сьогодення такі, що сучасна війна є переважно війною дронів, роботизованих комплексів та далекобійної крупнокаліберної зброї. Але, разом з тим, сучасна стрілецька зброя є одним з основних факторів, що сприяють звільненню окупованих територій від загарбників. Тому і виробництву і розробленню сучасної стрілецької зброї зараз в світі приділяється значна увага. Сучасна зброя вимагає сучасних матеріалів та технологій їх оброблення, тому дослідження можливостей застосування в нових моделях автоматичних штурмових гвинтівок, карабінів та зброї особистого захисту, такої як пістолети та пістолети-кулемети таких матеріалів як аморфні металеві сплави, сплави з ефектом пам'яті форми, порошкових матеріалів і металокераміки є актуальним.

Аналіз перспективних матеріалів для стрілецької зброї

Розглянемо вищеперераховані матеріали в контексті їх використання в сучасній зброї.

1. Аморфні металічні сплави. В порівнянні з традиційними металевими сплавами вони не мають кристалічної ґратки та площинних дефектів структури, таких, як наприклад двійники;

аморфні сплави витримують удвічі більші пружні деформації (до 2%), ніж сталі високої міцності для стволів, такі як 42ХФА (AISI 4140), та після такої деформації повертаються до початкової форми;

такі матеріали майже не поглинають кінетичну енергію, а повертають її. Це корисно для зменшення зносу деталей, що зазнають ударних навантажень (наприклад, затвори, ударники тощо);

відсутність меж зерен унеможливорює міжкристалічну корозію, що критично для зброї, яка працює в агресивних середовищах (волога чи порохові гази) [1].

З аморфних сплавів намагаються виготовляти елементи корпусів, спускові гачки, шептала, ударники та пружини. Завдяки твердості та стійкості до тертя такі деталі практично не зношуються і забезпечують плавну роботу механізмів. Однак, аморфні метали не деформуються поступово (як сталь, що гнеться). У разі перевищення критичного навантаження вони раптово руйнуються чи навіть розлітаються на уламки. Для зброї (особливо стволів) це небезпечно катастрофічним вибухом, крім того, при нагріванні вище температури кристалізації аморфний метал втрачає свої властивості й перетворюється на звичайний, але дуже крихкий кристалічний сплав. Ствол зброї під час інтенсивної стрільби нагрівається до сотень градусів, що руйнує аморфну структуру і це є небезпечним для самого стрільця.

2. Сплави з ефектом пам'яті форми (СПФ). Найчастіше застосовують сплави на основі нікелю і титану або сплави на мідній чи залізомарганцевій основі. Вони знайшли своє місце у виробництві:

– «розумних» запобіжників та систем безпеки: Сплави можна запрограмувати так, щоб вони змінювали форму лише при досягненні певної температури. Це використовується для ство-

рення автоматичних запобіжників, які блокують ударно-спусковий механізм, якщо зброя перегрілась, або навпаки – активують підричник боєприпасу тільки після його вильоту зі ствола (за рахунок нагрівання від тертя або теплоти порохових газів);

амортизації та гасіння віддачі. Завдяки властивостям надластичності, такі сплави здатні поглинати колосальну кількість механічної енергії (в рази більшу, ніж звичайна пружинна сталь).

Їх застосовують у вузлах віддачі стрілецької зброї для зниження імпульсу та зменшення зносу конструкції. Однак ширше використання сплавів з ефектом пам'яті форми гальмують такі недоліки як деградація властивостей, що полягає у швидкій втраті своїх властивостей при циклічних навантаженнях, характерних для зброї (стрільба, удари), крім того залізомарганцеві сплави мають суттєву схильність до корозії, що є неприпустимим для армійських умов [2,3].

3. Металокераміка. Завдяки поєднанню твердості кераміки та пластичності металу відіграє досить значну роль у виробництві як сучасної стрілецької зброї безпосередньо, так і в інших напрямках виробництва, таких як виробництво боєприпасів і бронеплит [4,5]:

- елементи конструкції зброї. Металокераміку отримують методом порошкової металургії (спікання), що дозволяє створювати деталі складної форми, які майже не потребують подальшої токарної чи фрезерної обробки. З керметів можуть виготовлятися сильно навантажені вузли – затвори, упори, елементи ударно-спускового механізму, а також покриття для внутрішньої поверхні стволів, перевагами яких є висока зносостійкість, стійкість до ерозії від порохових газів, здатність працювати за екстремальних температур та низький коефіцієнт тертя, що підвищує надійність зброї без частого змащення;

- виготовлення високоміцних сердечників для бронебійних набоїв автоматів, гвинтівок та кулеметів (наприклад, калібрів 5,45 мм, 7,62 мм, 12,7 мм) є найпоширенішим застосуванням металокераміки у стрілецькій зброї. Зазвичай використовують сплави на основі карбіду вольфраму з кобальтовою чи нікелевою зв'язкою (тверді сплави типу ВК). Такий матеріал має надзвичайно високу щільність (важчий за свинець та сталь) і твердість. Під час влучання в броню такий сердечник не деформується, а зосереджує всю кінетичну енергію в одній точці, прошиваючи загартовану сталь або товсті бронеплити;

- захист від стрілецької зброї (бронеплити). Хоча це не елемент самої зброї, металокераміка є головним матеріалом для захисту від неї. Бронепластилини сучасних бронежилетів (4-го, 5-го та 6-го класів за ДСТУ) найчастіше є саме металокерамічними або чисто керамічними на композитній підкладці [5]. Як матеріал використовують оксид алюмінію (Al_2O_3), карбід кремнію (SiC) або найлегший і найміцніший – карбід бору (B_4C). Надтверда плита руйнує та "перемелює" сталевий чи металокерамічний сердечник кулі під час удару, розподіляючи енергію по площі, а м'яка підкладка (кевлар або високомолекулярний поліетилен) затримує уламки.

До недоліків металокераміки слід віднести крихкість: металокерамічний сердечник бронебійної кулі легко розлітається на уламки при влучанні в перешкоду під гострим кутом (рикошеті) або при зустрічі з рознесеною (багатошаровою) бронєю. Деталі механізмів зброї з керметів погано витримують різкі ударні навантаження, які є нормою під час роботи автоматики. Для бронеплит: Матеріал руйнується, виконуючи свою роботу. Після першого влучання кулі ділянка плити перетворюється на крихту, тому металокерамічний захист має низьку "живучість" (повторне влучання поруч майже гарантовано пробиває плиту). Сюди ж слід віднести низьку технологічність виробництва та схильність до прихованих дефектів [6].

Висновки

Хоча такі матеріали як аморфні сплави, сплави з ефектом пам'яті форми та металокераміка є досить перспективними для виробництва зброї і широко застосовуються, деякі деталі, такі як, наприклад, стволи стрілецької зброї, які витримують колосальний тиск і тертя, досі виготовляють переважно традиційними методами (куванням або дорнуванням з прокату), оскільки аморфні сплави втрачають свої властивості при суттєвому нагріванні, сплави з ефектом пам'яті форми втрачають свої властивості при циклічних механічних навантаженнях, а металокераміка є досить крихкою. У чистому вигляді керамічні стволи створити неможливо через їхню крихкість (ствол просто розірве від ударних навантажень під час пострілу). Тому в зброярстві використовують саме композитні рішення, наприклад застосовують вставки в стволах або на внутрішню поверхню сталевих стволів наносять газотермічне напилення, яке захищає сталь від вигорання.

Список використаних джерел:

1. University of Vienna. Structural inhomogeneities in bulk metallic glasses. Retrieved August 20, 2024, from <https://sounds-of-matter.univie.ac.at/research-projects/metallic-glass/>. Дата звернення 15.10.2026.
2. Фірстов Г.С. Фізичне матеріалознавство функціональних сплавів із пам'яттю форми та технологічні рішення для промисловості України: Стенограма доповіді на засіданні Президії НАН України 4 червня 2025 року. Visnik Nacional noi akademii nauk Ukraini (8): 50–52. doi:10.15407/visn2025.08.050
3. Adam WIŚNIEWSKI. Possibility of the Use of Different Types of Materials in Passive Ventilation Systems of Munitions//PROBLEMS OF MECHATRONICS, № 3, 2016 P. 21-34. doi.org/10.5604/01.3001.0009.2979.
4. Ceramic–metal (cermet) composites: A review of key properties and synthesis methods focused on nuclear waste immobilization /JS Evarts, S Chong, JM Oshiro, BJ Riley, RM Asmussen, JS McCloy// Industrial & Engineering Chemistry Research, 2024. 63 (14): 6003–6023. doi.org/10.1021/acs.iecr.3c04450 .
5. Високоміцні склокомпозиційні матеріали спеціального призначення : бронестійкі системи : навч. посібник / О. В. Саввова, Г. К. Воронов, О. І. Фесенко, Ю. О. Смирнова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 162 с.
6. Вогнева підготовка. Частина I : навч. посіб. / Бірюков О. І., Кіз'ян Р. В., Задорожний К. А. та ін. – КІ НГУ, 2023.

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> .

Зеленянський Сергій Олегович – студент групи ТЕ-24б, ФБЦЕІ, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, інд. 20021, e-mail: ZelenyanskyiSO@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> .

Serhii Olehovych Zelenianskyi – 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: ZelenyanskyiSO@gmail.com .