

ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЧАСТИН БРУХТУ БРОНЕБІЙНИХ ПІДКАЛІБЕРНИХ СНАРЯДІВ З МЕТОЮ ЇХ РАЦІОНАЛЬНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ

Досліджено осердя бронейного підкаліберного снаряду з метою визначення можливостей його подальшої раціональної утилізації. Порівняльним хімічним та рентгеноструктурним аналізом встановлено природу матеріалу частинок та зв'язуючої речовини досліджуваного матеріалу. Встановлено, що матеріал боеприпасу близький до твердого сплаву типу ВН, що в подальшому необхідно враховувати, обираючи метод утилізації.

Ключові слова: карбід вольфраму, снаряд, утилізація, металобрухт, твердий сплав, фазовий склад, порошкова металургія

Вступ

На сьогодні на металургійних підприємствах використовується значна частка металобрухту з невизначеним хімічним складом. Це призводить до ряду негативних наслідків, пов'язаних з ускладненнями отримання необхідного марочного складу готової металопродукції та можливим нераціональним використанням високоцінних матеріалів. Вторинна сировина, яка вміщує значну частку вольфраму, отримується підприємствами у вигляді відходів твердих сплавів та металевих вольфраму і сплавів. Вагому частину вольфрамівського брухту складає матеріал бронейних підкаліберних снарядів. В Україні щорічно утилізується близько 100 000 тонн снарядів. Тому дослідження частин снарядів з метою визначення можливості їх подальшої раціональної утилізації є достатньо актуальним.

Матеріал та методи дослідження

Оскільки бронейний підкаліберний снаряд (БПС) складається з декількох частин, виготовлених з різних сплавів, у цій роботі проводили дослідження осердя боеприпасу з міцного матеріалу великої густини.

Мікроструктуру та хімічний склад вивчали з використанням електронного мікроскопа РЕМ-106 И при прискорювальній напрузі від 20 до 30 кВ та силі струму зонда від 4 μA до 30 μA у вторинних та відбитих електронах. Діаметр зонду складав від 1000 до 200 нм.

Рентгеноструктурний аналіз зразків проводили з метою вивчення фазового складу сплаву на дифрактометрі ДРОН-1 у мідному K_{α} випромінюванні з монохроматизацією дифракційних променів.

Мікротвердість окремих структурних складових визначали за ГОСТ 9450-76 на приладі ПМТ-3 при навантаженні 50 Н.

Густину брухту визначали методом гідростатичного зважування.

Результати дослідження та їх обговорення

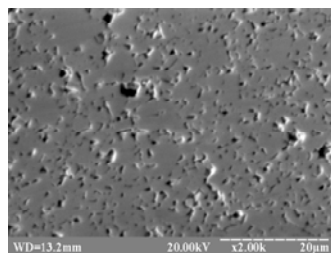
Гідростатичним зважуванням було визначено середнє значення густини – 14,13 г/см³, яке знаходиться на рівні густини твердих сплавів. Мікротвердість досліджуваних зразків складала 14,7 ГПа, що практично відповідає твердості карбіду вольфраму (15 ГПа) [1].

Відомо, що технологія виготовлення виробів з карбідів тугоплавких металів базується на рідиннофазному спіканні порошків, при нагріванні яких матеріал зв'язки розтоплюється і рівномірно розподіляється по об'єму виробу [2]. При цьому внаслідок оплавлення частинок карбіду вольфраму в примезових зонах утворюється твердий розчин та інтерметаліди. В результаті утворюється структура, яка складається із зв'язуючої фази та рівномірно розташованих дисперсних карбідів. Подібну картину спостерігали під час дослідження мікроструктури нетравлених зразків (рис. 1 а, б). Відповідна структура із чітко вираженою глобулярною формою порошинок, оточених матеріалом зв'язки, характерна для порошкових матеріалів.

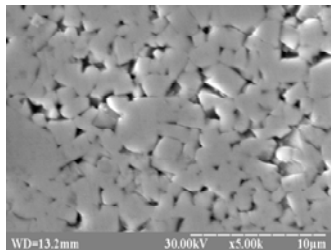
Для встановлення природи матеріалу частинок та зв'язуючої речовини було проведено порівняльний аналіз отриманих зразків сердечника боеприпасу та типового представника твердих матеріалів сплаву ВК.

Порівняння структури БПС з мікроструктурою стандартного сплаву типу ВК (див. рис. 1 в, г) дозволяє зробити висновки щодо певної подібності мікроструктур, а саме спостерігаються глобулярні частинки, відокремлені зв'язуючою речовиною. Проте, як видно з рис. 1, матеріал зв'язки у класичному сплаві типу ВК при приготуванні мікрошліфа підлягає більш інтенсивному зношуванню, що, можливо, свідчить про більш низький рівень дифузійного зв'язку на поверхні поділу карбідна частинка – матеріал зв'язки. Дослідний матеріал навпаки відзначався більшою стійкістю до викришування матеріалу зв'язки. За результатами дослідження мікро-

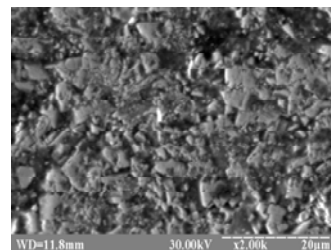
структури було зроблено припущення, що сплав сердечника боєприпасу відноситься до сплавів типу ВН із нікелевою зв'язкою.



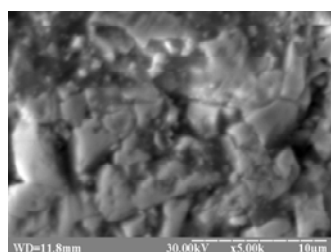
a



б



в



г

Рис. 1. Мікроструктура матеріалу сердечника (*a* – $\times 2000$; *б* – $\times 5000$) та стандартного сплаву типу ВК (*в* – $\times 2000$; *г* – $\times 5000$)

Додатковим підтвердженням того, що досліджуваний матеріал, виготовлений за технологією рідиннофазного спікання, були результати вивчення фрактограм поверхонь руйнування осердя при ударному навантаженні (рис. 2). У процесі дослідження спостерігали переважно інтеркристалітний характер розвитку тріщини, що свідчить про механізм руйнування, характерний для матеріалів, виготовлених порошковою металургією. Площини сколу окреслювали форму частинок із середнім розміром порошочок у границях 1–3 мкм.

Порівняльним рентгеноспектральним мікроаналізом двох типових структурних складових – зерна та зв'язки, що розташовувалась між зернами твердої фази, встанов-

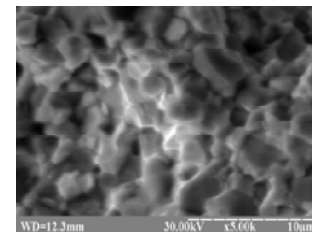
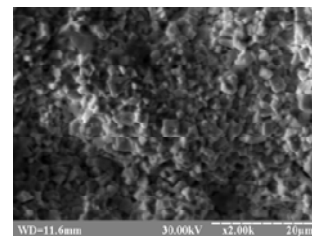


Рис. 2. Типові поверхні руйнування досліджуваного матеріалу

лено хімічний склад досліджуваного матеріалу і сплаву типу ВК у відповідності до місця отримання характеристичного спектра (табл. 1).

Встановлено, що хімічний склад зерен в обох випадках майже ідентичний, на відміну від матриці. Як видно з табл. 1, основними елементами, що складають матрицю стандартного ВК сплаву, є кобальт та залізо (вочевидь залізо було використано для зменшення вартості матеріалу). Хімічний склад зв'язки досліджуваного сплаву суттєво відрізняється, оскільки виявлено присутність близько 5 % (мас.) нікелю з незначними домішками кобальту та заліза (близько 0,2 % мас.). Отже підтверджується припущення про те, що досліджуваний сплав близький до твердого сплаву типу ВН із нікелевою зв'язкою.

Визначення способу утилізації та встановлення напрямків подальшого використання потребує проведення досліджень по визначенню фазового складу структурних складових металобрухту, оскільки вольфрамовмісні частинки сплавів відповідного класу можуть мати як гомогенну природу, так і існувати у вигляді хімічних сполук. За результатами рентгеноструктурного аналізу встановлено, що сплав сердечника боєприпасу складається з карбиду вольфраму WC, γ -твердого розчину на основі нікелю та інтерметаліду Ni₃Fe (рис. 3). Використання у зазначеному матеріалі нікелевої зв'язки обумовлює низькі температури спікання сплаву, у зв'язку з чим утворення перехідних фаз на межі поділу між WC та γ -твердим розчином не спостерігалось.

Отже, детальний аналіз хімічного та фазового складу дає змогу зробити припущення, що матеріал сердечника близький до твердого сплаву марки ВН6; тому в подальшому пропонується використовувати досліджуваний сплав в двох напрямках. Перший напрямок – безпосереднє використання даного сплаву як твердого сплаву типу ВН, другий – регенерація сплаву для отримання карбідної складової WC, наприклад, у діелектричному середовищі [3].

Таблиця 1 – Хімічний склад структурних складових сердечника БПС та твердих сплавів

Матеріал		Масова частка елементів, %			
		W	Co	Ni	Fe
Матеріал сердечника БПС	Зерно	94,95±5	-	0,7±0,1	0,1±0,1
	Зв'язка	65,98±5	0,22±0,1	5,0±0,5	0,26±0,1
Сплав типу ВК	Зерно	93,92±5	-	-	0,14±0,1
	Зв'язка	85,32±5	2,94±0,5	0,5±0,1	2,92±0,1
Сплав ВН6 ТУ У 28.4-30153645.001-2001		93,5 (WC)	-	6,0	<0,5

Примітка: кількість вуглецю не визначалась, оскільки за даною методикою його визначення дає велику похибку.

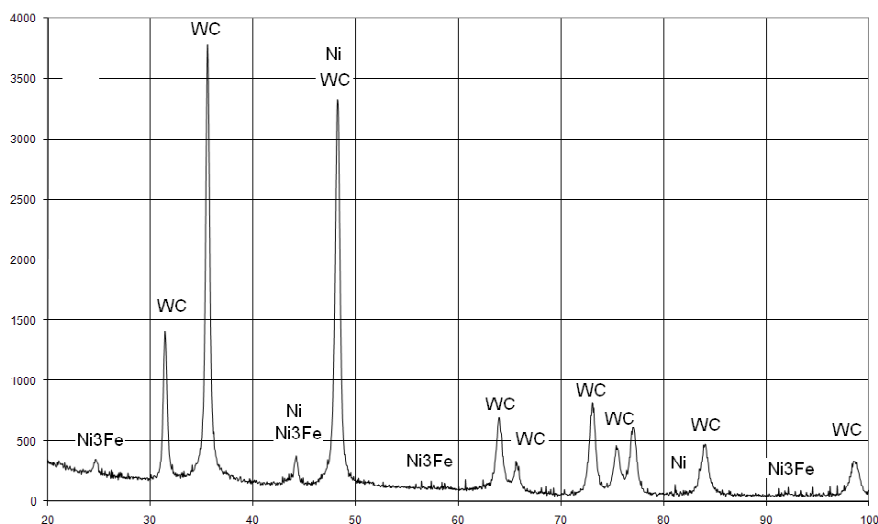


Рис. 3. Дифрактограма отримана від дослідного сплаву

Висновки

1. Встановлено, що матеріал сердечника бронебійних підкаліберних снарядів за хімічним та фазовим складом близький до твердого сплаву ВН6. Основою сердечника боєприпасу є карбід вольфраму WC, який має значний опір статичним навантаженням і високу границю теплостійкості. Матриця складається з твердого розчину на основі нікелю та інтерметаліду Ni₃Fe.

2. Подальший напрямок утилізації необхідно обирати в залежності від потреб металургійного підприємства. Досліджуваний сплав можна використовувати при виготовленні інструментів з твердого сплаву типу ВН

або проводити регенерацію сплаву для отримання карбідної складової.

Список літератури

1. Тугоплавкие материалы в машиностроении: справочник / ред. А. Т. Туманов, К. И. Портной. – М. : Машиностроение, 1967. – 392 с.
2. Андриевский Р. А. Порошковое материаловедение / Р. А. Андриевский. – М. : Металлургия, 1991. – 205 с.
3. Колобов Г. А. Новые технологии переработки отходов вольфрама и твердых сплавов / Г. А. Колобов, В. С. Панов // Металлургия. – 2013. – Вып. 1. – С. 65–73.

Одержано 14.12.2014

Грешта В.Л. Исследование химического состава частей лома бронебойных подкалиберных снарядов с целью их рациональной утилизации

Исследован сердечник бронебойных подкалиберных снарядов с целью определения возможностей их дальнейшей рациональной утилизации. Сравнительным химическим и рентгеноструктурным анализом установлена природа материала частиц и связки исследуемого материала. Показано, что материал боєприпасу близок к твердому сплаву типа ВН, что в дальнейшем необходимо учитывать при выборе метода утилизации.

Ключевые слова: карбид вольфрама, снаряд, утилизация, металлолом, твердый сплав, фазовый состав, порошковая металлургия.

Greshta V. Research of scrap parts composition of apds for their rational usage

The core of APDS is researched to determine the opportunities for its further rational application. The nature of the material particles and the binder of the material is established by comparative chemical and X-ray analysis. It is shown that the material of shells is similar to a hard alloy of VN type. In the future it is necessary to take into consideration such a method of utilizing.

Key words: tungsten carbide, shell, waste, scrap metal, hard alloy, phase composition, chemical composition.