

**Поліщук К.В., Мініцький А.В.**  
*(КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ)*

## **РОЗРОБКА ВАЖКИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОРОШКІВ**

E-mail: [kirillpolishchuk25@gmail.com](mailto:kirillpolishchuk25@gmail.com)

Вольфрамові важкі сплави застосовуються у виробництві махових коліс, при виготовленні противаг, роторів гіроскопів, регуляторів центрифуг і контактів для високовольтних вимикачів [1]. Основною технологією виготовлення таких сплавів є метод порошкової металургії, через високу різницю в температурах плавлення вольфраму та легувальних елементів (нікель, залізо, мідь). При цьому вироби із важких сплавів виготовляють з дрібних металевих порошоків високої чистоти розміром 10-50 мкм [2]. Однак, застосування чистих порошоків має певні недоліки, пов'язані як з високою вартістю останніх, так і з нерівномірним розподілом легувальних елементів при механічному змішуванні. Це обумовлено великою різницею густини нікелю і заліза порівняно з вольфрамом, що ускладнює процес легування і забезпечення рівномірного розподілу легувальних добавок по об'єму матеріалу. Одним із способів введення легувальних добавок є плакування порошку основи шляхом нанесення покриття. Плакування порошку вольфраму нікелем було реалізовано методом хімічного осадження, при якому є можливість отримати щільне покриття практично будь-якого складу.

Метою роботи є вивчення структури та властивостей важких сплавів на основі вольфрамового порошку з нанесеним покриттям нікелю.

Одержання нікелевого покриття на порошку вольфраму забезпечувалось додаванням 25 %-го розчину аміаку в робочий розчин, що містив хлористий нікель (як джерело нікелю), лимоннокислий натрій, гіпофосфіт натрію та хлористий амоній (відновлювачі та комплексоутворювачі). Порошок вольфраму розміром 10-12 мкм завантажували у ванну з розчином та рівномірно перемішували при температурі 80-85 °C протягом 1 години. Таким чином було отримано композиційний порошок на основі вольфраму з шаром нікелю товщиною 2-3 мкм. Дослідження гранулометричного складу плакованого порошку показало бімодальне розподілення

частинок за розміром, що свідчить про те, що не всі частинки порошку вольфраму мають однакову товщину покриття. Це пояснюється тим, що рівномірність осадження покриття залежить від форми та морфології вихідних частинок вольфраму.

Було визначено ущільнювальність порошку вольфраму та плакованого порошку вольфраму. Встановлено, що в умовах статичного пресування ущільнення порошку вольфраму відбувається до тиску 550 МПа, подальше збільшення тиску практично не призводить до зниження пористості, вона залишається на рівні 35 %. При цьому плакування порошку нікелем не покращило ущільнювальність, що пояснюється тим, що покриття із нікелю збільшує коефіцієнт міжчастинкового тертя, що усладнює переукладання частинок на стадії структурної деформації за низьких тисків. Подальше, зростання тиску призводить до збільшення контакту між частинками, що призводить до часткової деформації порошку вольфраму, проте покриття нікелю містить фосфор, що перешкоджає пластичній деформації вольфраму.

#### Література:

1. Randall M. German, Sintered tungsten heavy alloys: Review of microstructure, strength, densification, and distortion // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Volume 108, Nov. 2022, <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2022.105940>.
2. R.M. German, Tungsten Heavy Alloy Handbook, Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, 2021.

**Савельєв С.Г., Кондратенко М.М., Бабаєвська О.В.**  
(*КНУ, м. Кривий Ріг*)

### **ВИКОРИСТАННЯ МАГНЕЗІАЛЬНОГО ФЛЮСУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОФЛЮСОВАНОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО АГЛОМЕРАТУ ТА ПОЛІПШЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДОМЕННИХ ШЛАКІВ**

E-mail: kondratenkom002@knu.edu.ua

Основною сировиною доменних печей в теперішній час є офлюсований залізорудний агломерат. Найважливішою характеристикою якості агломерату є його холодна міцність [1]. При цьому відомо [2, с. 183, 184], що підвищення