

1. Электронно-лучевая технология получения материалов для электрических контактов / Н. И. Гречанюк, В. А. Осокин, И. Б. Афанасьев [и др.] // Сборник научных трудов ИПМ им. И. М. Францевича. Серия «Композиционные материалы». – 1998. – С. 51–66.

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЛАВКИ ТА ВИПАРОВУВАННЯ-КОНДЕНСАЦІЇ ДЛЯ ОТРИМАННЯ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ І ПОКРИТТІВ

Гречанюк В. Г.¹, Гречанюк І. М.¹, Шаповалов В. О.²

Чорновол В. О.¹, Ковальчук Ю.І.¹

¹Київський національний університет будівництва і архітектури

м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, e-mail: eltechnic777@ukr.net

²Інститут електрозварювання НАН України, м. Київ, Казимира Малевича, 11

Електронно-променева технологія може успішно застосовуватися для прямого відновлення та отримання високочистого вольфраму з вольфрамового концентрату методом електронно-променевої плавки. Світові запаси WO₃ становлять близько 1,5 млн т. Річне виробництво вольфрамових концентратів перевищує 20 тис. т. Найбільші запаси WO₃ мають Канада (310 тис. т), Ко-рейська республіка (208 тис. т) і США (135 тис. т).

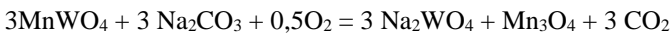
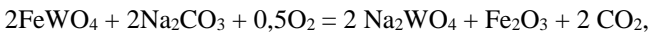
У таблиці 1 представлений хімічний склад (у %) основних компонентів руд, з яких отримують вольфрам.

Таблиця 1

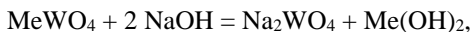
Хімічний склад основних компонентів руд

WO ₃	Sn	Ca	As	Mo	S	Ba	Sb	H ₂ O	Fe	Mn
69,69	0,65	1,16	0,01	0,015	0,68	0,01	0,05	0,035	7,68	6,02

Виходячи з наведених даних, зазначений мінерал належить до групи вольфраматів. Вольфрамат (FeMn)WO₄ є твердим розчином вольфраматів заліза і марганцю. Ці мінерали мають чорний колір, характеризуються високою щільністю (7,1–7,9 г/см³) і містять до 76,3–76,8 % триоксиду вольфраму. За традиційною технологією розкладання вольфрамового концентрату проводять шляхом спікання його з содою при температурі 800–900 °С у печах, що обертаються.

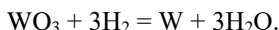


Багаті вольфрамові концентрати (65–70 % WO₃) розкладаються 25–40 % розчином гідроксиду натрію при температурі 110–120 °С.



де Me – Fe, Mn.

Подальша обробка розчинного Na_2WO_4 полягає у послідовному вилученні домішок шляхом видалення нерозчинних сполук, що випадають в осад. Відновлення триоксиду вольфраму описується наступною сумарною реакцією:



Відновлення проводять у дві стадії відповідно при температурах 750 та 900 °С.

Метод «фторидного переділу у технології вольфраму» базується на отриманні гексафториду вольфраму та його газофазному відновленні воднем на нагрітій підкладці при повному кругообігу фторвмісних компонентів і водню, що забезпечує екологічну безпеку виробництва, а також відсутність реагентів, що витрачаються, і складованих відходів. Наведена узагальнена технологія отримання порошку вольфраму є високопродуктивною, проте досить енергоємною через багатостадійність його отримання.

Дуже доцільним є застосування електронно-променевої технології отримання вольфраму за одно- або двостадійною технологією на тому самому типі електронно-променевого обладнання. Такий досвід був використаний для отримання високоочищеного молібдену.

Суть технології полягає у видаленні відповідних оксидів з вольфрамової руди шляхом випаровування, оскільки вони мають істотно більш високу пружність пари в порівнянні з чистим вольфрамом.

Наведений у таблиці 1 елементний склад руди свідчить про те, що у ній присутні крім WO_3 оксиди SnO, CaO, BaO і MoO_3 .

Сірка, сурма, миш'як при електронно-променевому переплаві зазвичай видаляються. Практично аналогічним чином поведуться оксиди барію та кальцію.

Розглянемо докладніше поведінку триоксиду вольфраму та оксидів заліза і марганцю при електронно-променевому переплаві. Згідно з літературними даними, температура плавлення вольфраму 3420 °С, а кипіння близько 5680 °С, температура плавлення триоксиду вольфраму становить 1473 °С, температура кипіння приблизно 1670 °С. Для WO_2 характерні такі значення $t_{пл}$ близько 1500 °С, $t_{кун}$ близько 1700 °С. Зазначені оксиди є нестабільними і легко розкладається під впливом електронного променя на вольфрам та кисень. Останній видаляється за допомогою системи відкачування установки. Вольфрам при цьому практично не випаровується, враховуючи більш ніж триразову

різницю в температурах кипіння вольфраму та відповідних оксидів.

Оксиди заліза: FeO, Fe₃O₄ і Fe₂O₃ розкладаються під дією електронного променя відповідно при температурах 1360, 1540 та 1565 °С на кисень та залізо. Температура плавлення заліза 1539 °С; $t_{\text{кип}}$ – 2870 °С.

Температура кипіння заліза вдвічі нижча, ніж у вольфраму, що також дозволяє видалити його з вольфраму без суттєвого випаровування останнього.

Оксиди марганцю: MnO, Mn₂O₅, Mn₃O₄, MnO₂. З усіх перерахованих оксидів найбільш стабільним є MnO. Однак він легко розкладається у вакуумі на марганець і кисень. Температура плавлення марганцю 1495 °С, температура кипіння – 2080 °С, що в 2,5 рази нижче за ці показники для вольфраму. Тому він досить легко видаляється при плавленні вольфрамової руди.

Оксид кальцію: CaO є досить стабільним оксидом: температура плавлення – 2580 °С; температура кипіння – 2850 °С. Температура кипіння його вдвічі нижча в порівнянні з вольфрамом, що дозволяє видалити його у вигляді пари CaO при плавці руди. У таблиці 2 наведено зведену таблицю температур кипіння продуктів розкладання вольфрамової руди, що підтверджує можливість їх видалення при електронно-променевої плавці.

Таблиця 2

Температури кипіння продуктів розкладання вольфрамової руди

Температура кипіння			
W	Fe	Mn	CaO
5680	2870	2080	2850
Менше, рази			
–	2	2,5	2

Для електронно-променевого переплаву високочистих металів і сплавів, у т.ч. вольфраму та інтерметалідів, рафінування відходів металевих сплавів (наприклад, жароміцних) та інших завдань призначена електронно-променева установка L4. Технологічні можливості установки докладно викладені у роботі [1].

Загальний вид установки наведений на рисунку. Розміри зливків, що виплавляються: $d = 60\text{--}300$ мм, довжина – 2900 мм; розмір слябів від 40×40 до 300×300 мм, довжина – 2900 мм.

На сьогодні розроблено конструкторську документацію на установку L4.1, яка оснащена чотирма потужними (300 кВт кожна) електронно-променевими газорозрядними гарматами, новою потужною від-

качувальною системою і призначена в основному для переплаву тугоплавких металів і сплавів, рудних концентратів, отримання W і Mo безпосередньо з оксидів та ін. Продуктивність установки до 300 т злитків чи слябів на рік (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вид електронно-променевої установки L4 для переплаву високочистих металів і сплавів

Література

1. Industrial electron-beam installation L-4 for melting and vacuum refining of metals and alloys / N. I. Grechanyuk, P. P. Kucherenko, A. G. Melnik, I. N. Grechanyuk, Yu .A. Smeshnyuk // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. 2016. – № 55 (7–8). – P. 489–495.

ОТРИМАННЯ ГРАДІЄНТНОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ Cu–Fe МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОГО ВИПАРОВУВАННЯ-КОНДЕНСАЦІЇ

Маценко О. В.

Київський національний університет будівництва і архітектури

м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, 03037, Україна

E-mail: ardna@ukr.net

Перспективи використання конденсатів великої товщини спонукають на вирішення технологічних завдань. Матеріалознавчі завдання структурної інженерії задаються вимогами до функціональних властивостей виробів, в яких використання конденсованих матеріалів доцільно. Найважливіша перевага таких матеріалів – можливість отри-