

УДК 669.248

Т.А. Довбій, інженер,
О.Я. Лобойко, д-р техн. наук, проф.,
П.А. Козуб, канд. техн. наук, доц.,
Нац. технічн. ун-т "ХПІ"

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ДИСПЕРСНОГО СКЛАДУ КОМПОЗИЦІЙНОГО ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ МЕТАЛІЧНОГО НІКЕЛЮ ТА УЛЬТРАДИСПЕРСНИХ АЛМАЗІВ, ОДЕРЖАНОГО МЕТОДОМ ХІМІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ NІ ІЗ АМОРФНОГО ОСАДУ ГІДРОКСОКАРБОНАТУ НІКОЛУ

Т.А. Довбій, О.Я. Лобойко, П.А. Козуб. Дослідження структури та дисперсного складу композиційного порошкового матеріалу на основі металічного нікелю та ультрадисперсних алмазів, одержаного методом хімічного відновлення Ni із аморфного осаду гідроксокарбонату ніколу. Описано результати досліджень процесу одержання композиційного матеріалу на основі металічного нікелю та ультрадисперсних алмазів методом хімічного відновлення Ni із аморфного осаду гідроксокарбонату ніколу. Представлені результати дослідження структури та складу нікелевого композиту.

Ключові слова: композиційний матеріал, металічний нікель, аморфний осад, ультрадисперсні алмази.

Т.А. Довбий, А.Я. Лобойко, П.А. Козуб. Исследование структуры и дисперсного состава композиционного порошкового материала на основе металлического никеля и ультрадисперсных алмазов, полученного методом химического восстановления Ni из аморфного осадка гидроксокарбоната никеля. Описаны результаты исследования процесса получения композиционного материала на основе никеля и ультрадисперсных алмазов методом химического восстановления Ni из аморфного осадка гидроксокарбоната никеля. Представлены результаты исследования структуры и состава никелевого композита.

Ключевые слова: композиционный материал, металлический никель, аморфный осадок, ультрадисперсные алмазы.

T.A. Dovbii, A.J. Loboiko, P.A. Kozub. Research of structure and disperse composition of composite powder material on the basis of metallic nickel and ultradispersed diamonds obtained by the method of chemical reduction of Ni from amorphous sediment of nickel hydroxycarbonate. The results of research of the process of obtaining composite material based on nickel and ultradispersed diamonds by chemical reduction of Ni from amorphous sediment of nickel hydroxycarbonate are described. The results of studying the structure and composition of nickel composite are presented.

Keywords: composite material, metallic nickel, amorphous sediment, ultradispersed diamonds.

Все більшої актуальності набуває питання одержання композиційних матеріалів (КМ), застосування яких відкриє нові технологічні можливості майже для всіх областей техніки. Це обумовлено тим, що КМ мають важливу перевагу перед звичайними матеріалами — можливість заздалегідь запроєктувати властивості і характеристики композиту: питому міцність, модуль пружності, абразивну стійкість, жаростійкість, зносостійкість, теплозахисні властивості тощо [1].

Особливе місце серед КМ займають сполуки на основі металічного нікелю і його сплавів, оскільки вони мають високу жароміцність, не окислюються в атмосферних умовах при кімнатній температурі, мають високу хімічну стійкість в різних агресивних середовищах та ін. Розробка і удосконалення методів одержання нікелевих композитів з використанням такого матеріа-

лу, як ультрадисперсні алмази (УДА), наноалмази дозволяють підвищити якість та надійність виробів, продуктивність інструменту, поліпшити якість поверхонь, що підлягають обробці [2].

З точки зору застосування в промисловості композиційного матеріалу на основі нікелю та ультрадисперсних алмазів найбільш важливими його характеристиками є хімічна чистота, фазовий склад, дисперсність, розподіл часток за розмірами [3]. Тому важливим є встановлення фазового та дисперсного складу композиту на основі Ni та УДА.

Одержання композиційного матеріалу на основі металічного нікелю та ультрадисперсних алмазів полягає у тому, що відновлення металічного нікелю ведуть із аморфного осаду гідрокарбонату ніколу, який попередньо отримують осадженням солі ніколу карбонат або гідроксид іоном. Цей аморфний осад вміщує частки УДА, які додають на початку процесу осадження до солі ніколу у вигляді водної суспензії ультрадисперсних алмазів в заздалегідь заданій кількості [4]. Даний спосіб дозволяє проконтролювати процентний вміст УДА у кінцевому продукті — нікелевому композиті. При проведенні процесу відновлення КМ в одну стадію частки наноалмазів рівномірно розподіляються у металевій структурі нікелю. Це підтверджується знімком композиційного нікелевого матеріалу, зробленому на скануючому електронному мікроскопі (рис. 1).

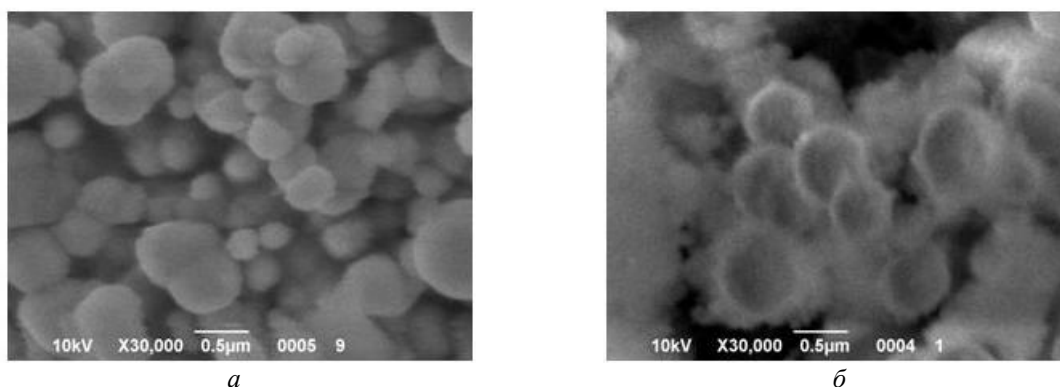


Рис. 1. Форма часток нікелевого матеріалу, одержаного без додавання (а) та з додаванням (б) водної суспензії наноалмазів

На знімку зображено два зразки нікелевого КМ, одержаного в однакових умовах, при додаванні водної суспензії ультрадисперсних алмазів та без додавання такої суспензії. Як видно матеріал вміщує лише сферичні частки нікелю, з'єднані в розвинену пористу губчасту структуру, а частки УДА окремо не проглядаються (рис. 1, б), з чого й можна зробити висновок, що у зразку, який одержали із додаванням водної суспензії ультрадисперсних алмазів, частки наноалмазів рівномірно розподілені всередині сферичних часток металічного нікелю.

Встановлено, що вид солі ніколу, яку використовують на попередній стадії отримання аморфного осаду гідрокарбонату Ni, впливає на розмір часток відновленого нікелевого композиту: при застосуванні нітратного та сірчаноокислого ніколу утворюються більш крупні частки, порядку 3...0,5 мкм, в той час як при використанні оцтовокислого та хлористого ніколу — більш дрібні, порядку 0,25...1 мкм [5]. Також було відмічено, що вид осаджувача впливає на структуру металічного КМ. Так при застосуванні карбонату амонію одержали нікелевий композит з найрозвиненішою пористою структурою; гідрокарбонату натрію — монолітну структуру, яка складається із мікрочасток; гідроксиду натрію — суму монолітних кристалів; кальцинової соди — розвинену пористу структуру з включенням монолітних зростків мікрочасток.

В результаті проведених досліджень одержано зразки нікелевого композиту з різними масовими співвідношеннями Ni : УДА, які задавалися на початку процесу отримання матеріалу (масу металічного нікелю перераховували на масу солі ніколу, яку використовували для одержання аморфного осаду гідрокарбонату ніколу). Для аналізу фазового та дисперсного скла-

ду одержаних матеріалів відібрали два зразки композиційного нікелевого порошку: 1 — Ni:УДА = 20:80; 2 — Ni:УДА = 80:20, для яких проведено рентгеноструктурний аналіз на дифрактометрі ДРОН-3М з Сг-трубкою, у результаті чого одержали рентгенограму (рис. 2).

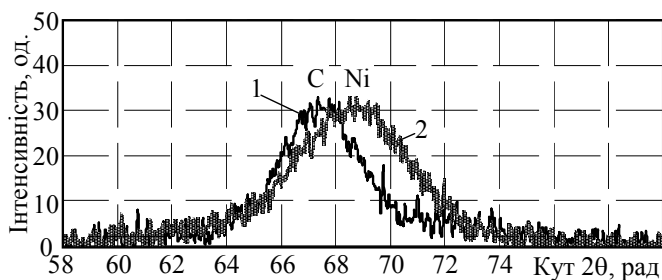


Рис. 2. Рентгенограма зразків одержаного нікелевого композиційного порошку: Ni:УДА = 20:80 (1); Ni:УДА = 80:20 (2)

Для зразка 1 основний максимум інтенсивності піка припадає на кут $2\theta \approx 67,4^\circ$ ($d = 2,063$), що за картотекою ASTM відповідає вуглецю С, а для 2 — $2\theta \approx 68,65^\circ$ ($d = 2,03$), що відповідає Ni. Таким чином, рентгенографічний аналіз підтвердив, що у зразку 1 дійсно за складом переважає фаза УДА, тоді як у зразку 2 переважає фаза Ni, тобто задані на початку теоретичні співвідношення нікелю до наноалмазу відповідають результатам аналізу, одержаним експериментально. Розмір часток нікелевого композиту визначали за формулою Селякова-Шерера

$$L = \frac{\lambda}{B_{1/2} \cdot \cos\theta}$$

де λ — довжина хвилі використовуваного випромінювання, Å;

$B_{1/2}$ — півширина дифракційної лінії, рад;

θ — кут дифракції;

L — розмір областей когерентного розсіювання в напрямку перпендикуляра до плоскостей, що відбиваються, Å.

Розраховано, що розмір часток зразка 1 складає близько 20 нм, а зразка 2 — 40 нм. Це говорить про те, що нікелевий композит є нанорозмірним матеріалом.

Таким чином, проведена серія експериментів показала, що шляхом хімічного відновлення гіпофосфітом натрію аморфного осаду гідрокарбонату Ni можна одержати порошковий композиційний нікелевий матеріал з розвинутою пористою губчастою структурою. При цьому частки композиту складаються з наночасток розміром 20...40 нм, тоді як поміж собою вони поєднуються у мікроструктуру з розміром часток 3...0,25 мкм. Нікелевий матеріал включає в свою металеву структуру рівномірно розподілені частки нанодисперсних алмазів у заздалегідь заданій кількості, яка може сягати 80 % мас. Встановлено, що реагенти, які використовуються на попередній стадії одержання аморфного осаду гідрокарбонату ніколу, впливають на структуру і розмір кінцевого відновленого металічного нікелевого порошка. Так, вид солі ніколу впливає на розмір часток нікелевого композиту, а тип осаджувача — на розвиненість його пористої структури.

Отже, одержаний композиційний порошковий матеріал на основі металічного нікелю та ультрадисперсних алмазів є наноматеріалом з розвинутою мікропористою структурою, що дозволяє використовувати його в промисловості як інструментальний композиційний матеріал.

Література

1. Васильев, В.В. Композиционные материалы: справ. — М.: Машиностроение, 1990. — 512 с.
2. Даниленко, В.В. Детонационные наноалмазы: проблемы и перспективы / В.В. Даниленко // Сверхтвердые материалы. — 2010. — № 5 (187) — С. 15 — 28.

3. Закономерности формирования дисперсности нанопорошков металлов в процессе восстановления / Э.Л. Дзидзигури, В.В. Левина, Е.Н. Сидорова, Д.В. Кузнецов // Физика металлов и материаловедение. — 2001. — Т. 91, № 6, С. 51 — 57.
4. Пат. 72585 Україна. Спосіб одержання композиційного матеріалу на основі хімічно осадженого нікелю та нанодисперсних алмазів / П.А. Козуб, О.Я. Лобойко, Г.І. Гринь, Т.А. Довбій, Є.О. Бабенко, Г.М. Резніченко, Л.В. Мухіна, Л.М. Бондаренко // Бюл. — № 16.
5. Метод одержання дрібнодисперсних металічних порошоків нікелю з пористою структурою / Т.А. Довбій, П.А. Козуб, Г.М. Резніченко та інш. // Восточ.-Европ. журн. передовых технологий. — 2012. — № 3/5. — С. 36 — 39.

References

1. Vasil'ev, V.V. Kompozitsionnye materialy: Spravochnik [Composite materials: a reference book]. — Moscow, 1990. — 512 p.
2. Danilenko, V.V. Detonatsionnye nanoalmazy: problemy i perspektivy [Detonation nanodiamonds: problems and prospects] / V.V. Danilenko // Sverkhтвердые материалы [Superhard materials.] — 2010. — # 5 (187) — pp. 15 — 28.
3. Dzidziguri, E.L. Zakonomernosti formirovaniya dispersnosti nanoporoshkov metallov v protsesse vosstanovleniya [Regularities of formation of nanopowder metal dispersion in the recovery process] / E.L. Dzidziguri, V.V. Levina, E.N. Sidorova, D.V. Kuznetsov // Physics of metals and materials science. 2001. — Vol. 91, # 6, pp. 51 — 57.
4. Pat. 72585 Ukraina. Sposib oderzhannia kompozytsiinoho materialu na osnovi khimichno osadzenoho nikeliu ta nanodispersnykh almaziv [A method for producing a composite material based on chemically deposited nickel and nanodispersed diamonds] / P.A. Kozub, O.Ya. Loboiko, H.I. Hryn, T.A. Dovbii, Ye.O. Ba-benko, H.M. Reznichenko, L.V. Mukhina, L.M. Bondarenko // Applicant and patentee Kozub Pavlo Anatoliyovych. — # u 2012 00846; decl. 27.01.12; publish. 27.08.12, Bull. #16.
5. Dovbii T.A. Metod oderzhannia dribnodispersnykh metalichnykh poroshkiv nikeliu z porystoiu strukturoiu [A method for producing finely dispersed nickel powders of porous structure] / T.A. Dovbii, P.A. Kozub, H.M. Reznichenko ta insh. // Vostoch.-Evrop. zhurn. peredovykh tekhnologiy. [East-European Journal of advanced technologies.] — 2012. — #3/5. — pp. 36 — 39.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Нац. техніч. ун-ту “ХПІ” Бутенко А.М.

Надійшла до редакції 8 жовтня 2013 р.