

Магнітні та фізико-технологічні властивості залізного порошку з кобальт-фосфорним покриттям

О.О. Панасюк, кандидат технічних наук

А.В. Мініцький *, кандидат технічних наук

О.В. Власова, кандидат технічних наук

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ
*Національний технічний університет України КПІ, Київ

Досліджено вплив режимів плакування залізного порошку кобальт-фосфором на його магнітні та фізико-технологічні властивості. Методом хімічного осадження були отримані залісні порошки з товщиною покриття 12, 15 і 18 мкм. Основними факторами, що впливають на протікання реакції осадження металевої плівки на поверхню частинки заліза, є концентрація компонентів розчину, а також час витримки. Результати досліджень можуть бути використані при створенні магнітно-м'яких композитів для роботи у змінних електромагнітних полях промислової частоти.

Плакування порошкових частинок є перспективним способом отримання матеріалів із заданими властивостями і структурою [1, 2]. Перевагою технологій виготовлення суцільнопресованих магнітно-м'яких виробів з таких композитів є не тільки зниження матеріалоемності, але й можливість створення нових видів конструкцій електродвигунів та інших агрегатів [3].

Найбільш поширеним матеріалом для виготовлення сердечників, магнітопроводів, реле та інших виробів ще й досі залишається прокат електротехнічних і низьковуглецевих сталей. Виробництво таких деталей характеризується низьким коефіцієнтом використання металу (0,3 – 0,7), підвищеною трудомісткістю і низькою технологічністю. Тому застосування технологій порошкової металургії для виготовлення магнітно-м'яких виробів є доцільним як з технологічного, так і з економічного боку. Проте, використання безвідходної технології порошкової металургії для виробництва магнітно-м'яких деталей обмежується високими значеннями магнітних втрат при роботі у змінних електромагнітних полях [4]. Дослідження спрямовані на розробку і створення спеціальних композиційних порошоків дозволять ліквідувати цей недолік і підвищити магнітні характеристики виробів.

Метою даної роботи є розробка технологічних режимів плакування залізного порошку кобальт-фосфором та вивчення впливу отриманих покриттів на магнітні та фізико-технологічні властивості матеріалів для створення магнітопроводів, що здатні працювати в постійних і змінних електромагнітних полях.

Для нанесення кобальт-фосфорного покриття на порошок заліза досліджували метод відновлення кобальту з розчинів його солей, використовуючи в якості відновлювача гіпофосфіт натрію NaH_2PO_4 з добавками комплексоутворювача у лужному середовищі (рН 9,0 – 9,5). При цьому процесі каталізатором реакції є залізо. Головними факторами, що впливають на протікання реакції осадження металевої плівки на

поверхню частинки заліза, є хімічний склад і концентрація компонентів розчину, а також час витримки. Проведені дослідження дозволили визначити, що в ході реакції відновлення з використанням гіпофосфіту натрію, при температурі розчину $90 - 92\text{ }^{\circ}\text{C}$, утворюється покриття, яке містить 95 % кобальту і ~ 5 % фосфору. При цьому товщина покриття залежить насамперед від часу витримки і становить від 9 до 18 мкм при осадженні протягом 60 та 240 хв, відповідно.

Як показали металографічні дослідження товщина покриття залежить також від розміру і форми частинок вихідного порошку заліза. У частинок з покриттям товщиною 12 мкм та 18 мкм шар покриття змінюється в межах $10 - 14$ та $15 - 20$ мкм, відповідно. Проте, є деякі частинки, товщина покриття на яких трохи вища, що обумовлено різною поверхневою площею, яка залежить від форми частинок (рис. 1).

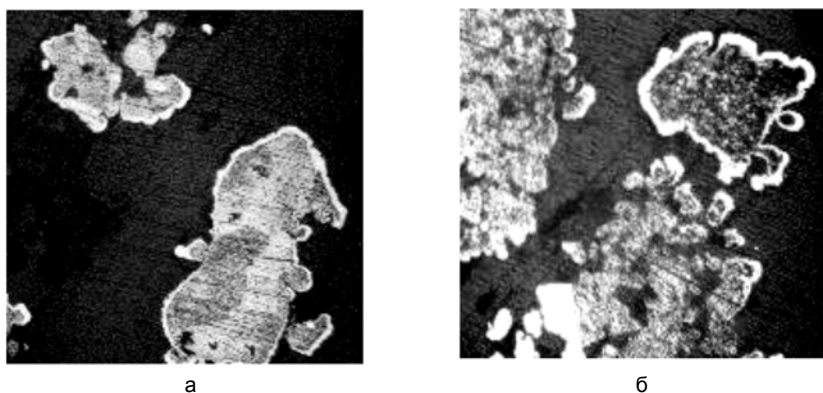


Рис. 1. Частинки залізного порошку з покриттям кобальт-фосфор. а – товщина покриття 12 мкм, б – 18 мкм. $\times 150$.

Дослідження вихідних і плакованих порошоків заліза показали, що морфологія частинок вихідного порошку відрізняється від порошку, покритого плівкою $\text{Co} - \text{P}$ (рис. 2 а – г). Це в свою чергу зумовлює відмінності фізико-технологічних властивостей плакованих порошоків.

Дослідження впливу тиску пресування на щільність плакованих порошоків заліза (рис. 3) показали, що щільність пресовок із частинок залізного порошку з покриттям товщиною 12 мкм, вища, ніж у пресовок із покриттям з товщиною плівки 18 мкм.

Така залежність може пояснюватись тим, що більша товщина шару покриття перешкоджає ущільненню залізного порошку, по-перше, на стадії перекладки частинок через збільшення площі поверхні порошку (рис. 2 г), по-друге, завдяки зменшенню текучості (табл. 1). Таким чином, на етапі пресування збільшення товщини шару покриття $\text{Co} - \text{P}$ призводить до деякого збільшення пористості зразків, що підтверджують металографічні дослідження (рис. 4).

В табл. 1 представлені технологічні та магнітні властивості залізного порошку після покриття плівками різної товщини. Наведені результати свідчать, що збільшення товщини шару покриття призводить до зростання коерцитивної сили матеріалу, що є негативним фактором для магнітно-м'яких матеріалів. Це зумовлено тим, що при збільшенні товщини покриття порошок має більшу питому поверхню і, відповідно, більшу кількість дисперсних включень, що може призвести до появи на поверхні замикаючих доменів і створювати магнітострикційну деформацію. Максимальну намагніченість насичення при цьому мають порошки з товщиною плівки 12 мкм.

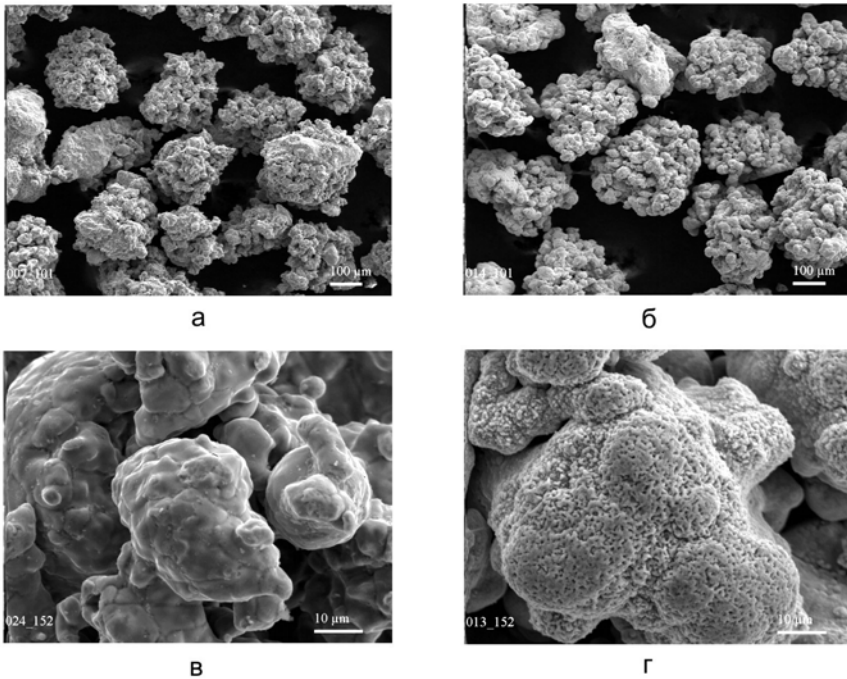


Рис. 2. Морфологія поверхні частинок заліза (а, в) і заліза, покритого плівкою Co – P (б, г).

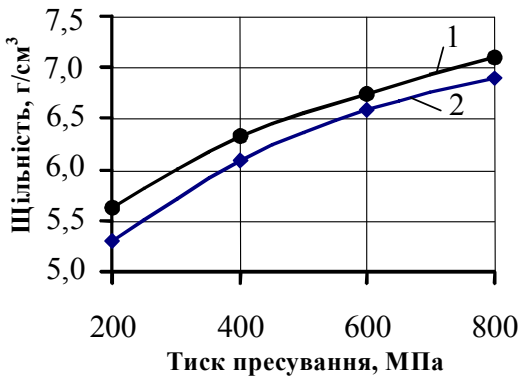


Рис. 3. Залежність щільності плакованих порошків заліза від тиску пресування. 1 – товщина покриття 12 мкм; 2 – 18 мкм.

Попередній аналіз магнітних властивостей матеріалів на основі плакованих порошків, спечених при температурі 1200 °С у вакуумі протягом 2 годин, показав, що максимальні значення магнітної індукції насичення – 1,28 Тл та максимальної відносної магнітної проникності μ – 1200 спостерігаються для зразків отриманих з порошків з товщиною плівки 12 мкм (табл. 2). При цьому, значення загальних магнітних втрат (P) найнижчі у матеріалів з покриттям 18 мкм – 20,28 Вт/кг при індукції 1 Тл і частоті 50 Гц.

Таблиця 1
Технологічні та магнітні властивості плакованих порошків

Товщина покриття, мкм	Текучість*, с/50 г	Насипна щільність, г/см ³	Намагніченість насичення σ_s , А м ² /кг	Коерцитивна сила H_c , А/м
–	35	2,65	199	400
12	32	2,82	203	600
15	30	2,85	215	660
18	28	2,94	180	680

*Вимірювання проведені згідно ІСО 4490, ДСТУ 19440-94 та ІСО 3923

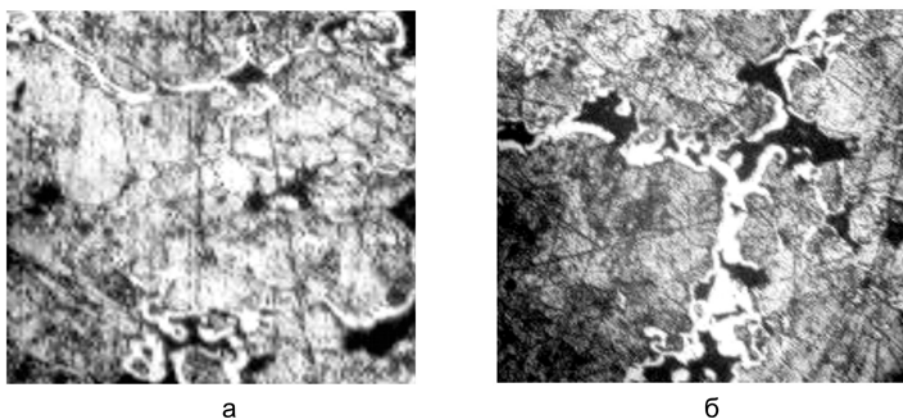


Рис. 4. Зразки із залізного порошку з покриттям кобальт-фосфор, спресовані під тиском 800 МПа. а – товщина покриття 12 мкм, б – 18 мкм. х300.

Таблиця 2

Магнітні властивості зразків

Склад порошку та товщина покриття	Щільність, г/см ³	Постійне поле		Змінне поле	
		Vs, Тл	μ	P _{0,75/50} , Вт/кг	P _{1,0/50} , Вт/кг
Fe (вихідний стан)	7,05	1,3	2200	28,12	35,8
Fe-Co-P (12 мкм)	7,15	1,28	1200	21,64	26,42
Fe-Co-P (15 мкм)	7,01	0,87	656	12,94	23,5
Fe-Co-P (18 мкм)	6,92	0,9	700	11,85	20,28

Така залежність загальних магнітних втрат пояснюється тим, що зі збільшенням товщини плівки на порошок питомий електричний опір матеріалу зростає в 2 – 3 рази від 10 Ом · м до 25 Ом · м, через що знижуються магнітні втрати на вихорьові струми.

Таким чином, співвідношення магнітних властивостей у постійному та змінному електромагнітних полях показує перевагу матеріалу, отриманого із порошку з товщиною плівки 12 мкм. Збільшення товщини покриття на залізному порошку до 18 мкм сприяє зменшенню загальних магнітних втрат у 1,5 – 2,0 рази і зниженню магнітних властивостей у постійному електромагнітному полі.

Дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів, спечених у вакуумі при температурі 1200 °С, показали, що зразки з плакованих порошків мають практично однакову твердість з матеріалами із заліза, яка складає 65,6 НРВ. Проте, поступаються матеріалам із заліза міцністю при згині, яка знижується від 280 до 175 МПа. Незважаючи на зниження міцності, значення фізико-механічних характеристик є досить прийнятними для матеріалів, що будуть використовуватись при виготовленні електротехнічних деталей, які зазвичай, не працюють в умовах великих навантажень.

Висновки Використання методу хіміко-термічного відновлення металів з їх солей дозволило отримати плаковані залізні порошки, покриті Со – Р, з товщиною шару 12, 15 і 18 мкм. Основними факторами, що впливають на протікання реакції осадження металевої плівки кобальт-фосфору на поверхню частинки заліза, є концентрація компонентів розчину і час витримки.

Отримане покриття дозволяє підвищити електричний опір вихідного залізного порошку у 2,0 – 3,0 рази і знизити магнітні втрати на вихорьові струми. Результати

досліджень можуть бути використані при створенні магнітно-м'яких композитів для роботи у змінних електромагнітних полях промислової частоти.

Література

1. Shimada Y. Development of high performance sintered soft magnetic material // Powder Metall. – 2006. – 53, № 8. – P. 686 – 695.
2. Maslyuk V.A., Panasyuk O.A. Danninger origination and investigation of properties of powder magnetic-soft materials, based on the iron powders, clad with metal and non-metal components // Euro PM 2004. Austria 17 – 21 oct., 2004.– Austria Centre, Vienna. – 2004. – 4. – P. 577 – 581.
3. Sustarsic B., Sirc A. Milyavec SMC Materials in the Design of Small Electric Motors for Domestic Application // Euro PM 2004. Conference Proceedings PM Functional Materials. – 2004. – 4. – P. 629 – 635.
4. Тульчинский Л.Н., Панасюк О.А. Порошковые магнитомягкие материалы // Порошк. металлургия. – 1995. – № 7 – 8. – С. 53 – 67.

Одержано 17.03.09

О.А. Панасюк, А.В. Миницкий, О.В. Власова

Магнитные и физико-технологические свойства железного порошка с кобальт-фосфорным покрытием

Резюме

Исследовано влияние режимов плакирования железного порошка кобальт-фосфором на его магнитные и физико-технологические свойства. Методом химического осаждения были получены железные порошки с толщиной покрытия 12, 15 и 18 мкм. Показано, что основными факторами, влияющими на протекание реакции осаждения металлической пленки на поверхность частиц железа, является концентрация компонентов раствора, а также время выдержки. Результаты исследований могут быть использованы при создании магнитно-мягких композитов для работы в переменных электромагнитных полях промышленной частоты.

O.O. Panasyuk, A.V. Minitsky, O.V. Vlasova

Magnetic and physical and technical properties of ferrous powder with cobalt-phosphorus coating

Summary

The influence of the modes of ferrous powder by plating cobalt-phosphorus on its magnetic and physical and technical properties is investigated. By the method of the chemical deposition ferrous powders with the thickness of coated layer of 12, 15 and 18 μm were obtained. It is shown that basic factors influencing on the deposition of cobalt layer on the surface of iron particles are the concentration of components of solution, and also holding time. The results can be used for development of soft magnetic composites for operation under the influence of electromagnetic fields of industrial frequency.