

**УКРАЇНА****(19) UA****(11) 105308****(13) C2****(51) МПК****H01F 1/057** (2006.01)**H01F 1/053** (2006.01)**B22F 3/12** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД****(21)** Номер заявки: **а 2013 02023****(22)** Дата подання заявки: **19.02.2013****(24)** Дата, з якої є чинними  
права на винахід: **25.04.2014****(41)** Публікація відомостей  
про заявку: **12.08.2013, Бюл.№ 15****(46)** Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.04.2014, Бюл.№ 8****(72)** Винахідник(и):**Брехаря Григорій Павлович (UA),  
Харитонов Олена Анатоліївна (UA),  
Дехтяренко Володимир Анатолійович  
(UA),****Бедарєв Микола Борисович (UA),  
Гуляєва Тетяна Василівна (UA)****(73)** Власник(и):**ІНСТИТУТ МЕТАЛОФІЗИКИ ІМ. Г.В.  
КУРДЮМОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ  
НАУК УКРАЇНИ,****бул. Вернадського, 36, м. Київ-142, 03680  
(UA)****(56)** Перелік документів, взятих до уваги  
експертизою:

JP 09115755; 02.05.1997

JP 2000331810 A; 30.11.2000

JP 2011258935 A; 22.12.2011

JP 07138672; 30.05.1995

JPH 6433905 A; 03.02.1989

RU 2127462 C1; 10.03.1999

RU 2367045 C2; 10.09.2009

UA 37108 A; 16.04.2001

EP 1762632 A1; 14.03.2007

US 2004118484 A1; 24.06.2004

**(54) МАТЕРІАЛ ДЛЯ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНОГО ПОСТІЙНОГО МАГНІТУ ТА СПОСІБ ЙОГО ОТРИМАННЯ****(57)** Реферат:

Винаходи належать до виробництва висококоерцитивних постійних магнітів на основі сплавів системи РЗМ-залізо-бор. Матеріал для постійного магніту містить неодим, залізо, бор, а також додатково містить титан, вуглець та мідь у визначеному співвідношенні компонентів. Спосіб отримання матеріалу для постійного магніту включає отримання базового сплаву неодим-залізо-бор-титан-вуглець, його подрібнення з отриманням порошків, змішування з порошком міді, тонкий вологий помел суміші порошків, компактування в магнітному полі отриманої суміші, спікання компакту у вакуумі  $0,133-1,33 \cdot 10^{-2}$  Па при температурі 1080-1090 °С впродовж 55-65 хвилин, охолодження. Після процесу спікання після витримки компакту при заданій температурі здійснюють його поетапне охолодження до температур 800-900 °С та 500-550 °С з витримкою по 55-65 хвилин. Винаходи дають можливість підвищити коерцитивну силу спеченого магніту, суттєво зменшити час технологічного процесу, а отже понизити енерговитрати.

**UA 105308 C2**



Винахід належить до галузі отримання постійних магнітів, а саме до виробництва висококоерцитивних постійних магнітів на основі сплавів системи рідкісноземельний метал-залізо-бор (РЗМ-залізо-бор), і може бути використаний в приладобудуванні, електроніці, автомобільній та електротехнічній промисловості, а також в комп'ютерній техніці.

Відомим матеріалом для отримання рідкісноземельного постійного магніту із суміші сплавів, який складається з базового сплаву та двох сплавів добавок (див. патент Росії № 2174261, МПК Н01F1/057, Н01F1/08, 27.09.2001). Присутність в магнітному сплаві-добавці празеодиму призводить до зростання залишкової намагніченості, а також підвищує корозійні властивості суміші порошків сплавів.

Недоліками даного матеріалу є необхідність отримання трьох типів різних сплавів, що суттєво збільшує час технологічного процесу.

Відомий також, як найближчий аналог, матеріал для отримання рідкісноземельного постійного магніту із суміші сплавів, який складається з базового сплаву та сплаву добавки (див. патент Росії № 2321913, МПК Н01F1/057, В22F3/12, 10.04.2008). В сплаві-добавці ніобій-кобальт, можливо, в окремих випадках заміщення до 50 % ніобію вольфрамом, танталом, ванадієм, хромом, молібденом, цирконієм, гафнієм, титаном, германієм.

Недоліками найближчого аналога є присутність в базовому сплаві диспрозю у кількості до 2,0 мас. %, в зв'язку з його високою здатністю до окислення, а також необхідність виплавки сплаву добавки, що суттєво подовжує технологічний процес.

Відомий спосіб отримання рідкісноземельного постійного магніту із суміші сплавів, який включає, виплавку базового феромагнітного магнітотвердого сплаву РЗМ-залізо-бор і двох сплавів-добавок, магнітної та немагнітної легкоплавкої, отримання порошків сплавів, змішування порошків та спільне їх подрібнення, компактування в магнітному полі, спікання компакту та термообробку (див. патент Росії № 2174261, МПК Н01F1/057, Н01F1/08, 27.09.2001).

Недоліком вищезгаданого способу є необхідність гомогенізуючого відпалу базового феромагнітного магнітотвердого сплаву РЗМ-залізо-бор впродовж 10-100 годин при температурах 1000-1150 °С.

Відомий також, як найближчий аналог, спосіб отримання рідкісноземельних постійних магнітів, що включає отримання базового сплаву РЗМ-залізо-бор і сплаву добавки ніобій-кобальт (85-90 мас. % ніобію, 10-15 мас. % кобальту), подрібнення, змішування порошків сплавів в співвідношенні, необхідному для отримання матеріалу заданого складу, компактування в магнітному полі, спікання компакту (див. патент Росії № 2321913, МПК Н01F1/057, В22F3/12, 10.04.2008).

Недоліками найближчого аналога є необхідність гомогенізуючого відпалу сплаву добавки при 0,9-0,95  $T_{пл}$  впродовж 0,5-24 години, що суттєво збільшує час технологічного процесу.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення матеріалу для рідкісноземельного постійного магніту та способу його отримання, шляхом введення до базового сплаву системи РЗМ-залізо-бор немагнітних матеріалів, що приведе до підвищення коерцитивної сили спеченого магніту.

Поставлена задача вирішується тим, що матеріал для рідкісноземельного постійного магніту та спосіб його отримання, що включає отримання матеріалу для постійного магніту, що містить неодим, залізо, бор, згідно з винаходом, додатково містить титан, вуглець та мідь у наступному співвідношенні, компонентів мас. %:

неодим (Nd)	34,47-34,49
залізо (Fe)	63,16-63,2
бор (B)	1,29-1,31
титан (Ti)	0,9-1,1
вуглець (C)	0,02-0,06
мідь (Cu)	0,14-0,16.

Крім того, спосіб отримання матеріалу, включає отримання базового сплаву неодим-залізо-бор-титан-вуглець, його подрібнення з отриманням порошків, змішування з порошком міді, тонкий вологий помел суміші порошків, компактування в магнітному полі отриманої суміші, спікання компакту у вакуумі  $0,133-1,33 \cdot 10^{-2}$  Па при температурі 1080-1090 °С впродовж 55-65 хвилин, охолодження, згідно з винаходом, в процесі спікання після витримки компакту при заданій температурі здійснюють його поетапне охолодження до температур 800-900 °С та 500-550 °С з витримкою по 55-65 хвилин.

Реалізація запропонованого способу отримання рідкісноземельного постійного магніту, при якому підвищується коерцитивна сила спеченого магніту, при незначному зниженні його магнітної індукції, відбувається за рахунок наступних чинників. По-перше, заміна в базовому

сплаві РЗМ-залізо-бор диспрозію немагнітними порошками титану (0,9-1,1 мас. %) та вуглецю (0,02-0,06 мас. %), а сплаву добавки на порошок міді (0,14-0,16 мас. %).

По-друге, введення немагнітних матеріалів, сприяє утворенню нових неферромагнітних фаз, які перешкоджають зростанню зародків доменів зворотної намагніченості, за рахунок ізоляції межі зерен основної магнітної фази, що призведе до істотного зростання коерцитивної сили.

По-третє, процес ступеневого спікання у вакуумі дає можливість очистити зерна основної магнітної фази від включень втілення, та сформувати  $120^\circ$  - границі зерен, які будуть перешкоджати утворенню доменів зворотної намагніченості.

Створення матеріалу для рідкісноземельного постійного магніту та спосіб його отримання здійснюються наступним чином.

На першому етапі виплавляють базовий сплав, методом індукційної плавки в атмосфері аргону, який має наступний склад: 34,48 мас. % неодиму, 1,3 мас. % бора, 0,02-0,06 мас. % вуглецю, 0,9-1,1 мас. % титана, решта - залізо. На другому етапі базовий сплав дроблять до отримання частинок розміром - 500 мкм, змішують з немагнітною порошковою добавкою міді, піддають вологому тонкому помелу в середовищі, наприклад, етилового спирту до отримання мікрокристалічних частинок розміром  $\sim 5-10$  мкм. На третьому етапі відбувається компактування отриманої суміші в магнітному полі напруженістю  $\geq 800$  кА/м. На четвертому етапі спікають компакт у вакуумі  $0,133-1,33 \cdot 10^{-2}$  Па при температурі  $1085^\circ\text{C}$  впродовж 60 хвилин, охолоджують до  $800-900^\circ\text{C}$  та витримують 55-65 хвилин, потім охолоджують до  $500-550^\circ\text{C}$  і витримують 55-65 хвилин.

Винахід ілюструється наступними прикладами отримання матеріалу для рідкісноземельного постійного магніту.

Приклад 1. Порошки титану отримують методом електролізу з розплавлених солей розміром не більше 5 мкм, а вуглецю методом високотемпературного піролізу з технічного вуглецю розміром  $\leq 1$  мкм. Базовий сплав виплавляється методом індукційної плавки у атмосфері аргону в індукційній печі УППФ-3М, що має наступний склад 34,48 мас. % неодиму, 1,3 мас. % бору, 0,02 мас. % вуглецю, 1,0 мас. % титану, решта залізо. Порошки міді отримують методом електролізу з водних середовищ розміром не більше 5 мкм.

Базовий сплав дробиться до отримання частинок з розміром не більше 500 мкм, змішується з немагнітним порошком міді, та піддається вологому тонкому помелу в середовищі етилового спирту до отримання мікрокристалічних частинок з найбільш ймовірним розміром 5-10 мкм.

Пресування порошків суміші відбувається в магнітному полі напруженістю  $\geq 800$  кА/м для отримання необхідної заготовки. Спікається отримана заготовка у вакуумі  $\sim 1,33 \cdot 10^{-2}$  Па при температурі  $1085^\circ\text{C}$  впродовж 1 години, охолоджується до  $850^\circ\text{C}$  та витримують ще 1 годину, потім охолоджують до  $530^\circ\text{C}$  і тримають ще 1 годину. Після охолодження до кімнатної температури в робочу камеру впускають повітря і виймають магніт, якій піддають механічній обробці, намагнічуванню, після чого проводиться вихідний контроль властивостей.

Як видно з таблиці, заміна в базовому сплаві диспрозію на титан у кількості 1,0 мас. % та вуглець у кількості 0,02 мас. %, а також додавання при подрібненні порошку міді у кількості 0,15 мас. % підвищує коерцитивну силу спечених магнітів на 308,2 кА/м, при зниженні магнітної індукції на 0,01 Тл.

Приклад 2. Зразки для досліджень отримують за схемою, яка описана в прикладі 1, що відрізняється хімічним складом: 34,48 мас. % неодиму, 1,3 мас. % бору, 0,06 мас. % вуглецю, 1,0 мас. % титану, решта залізо.

Як видно з таблиці, заміна в базовому сплаві диспрозію на титан у кількості 1,0 мас. % та вуглець у кількості 0,06 мас. %, а також додавання при подрібненні порошку міді у кількості 0,15 мас. % підвищує коерцитивну силу спечених магнітів на 228,2 кА/м, при зниженні магнітної індукції на 0,03 Тл.

Наведені приклади підтверджують досягнення технічного результату при здійсненні заявленого способу.

Таким чином, запропонований матеріал для рідкісноземельного постійного магніту та спосіб його отримання має наступні переваги над найближчим аналогом:

- суттєво підвищується магнітна енергія отриманих постійних магнітів;
- за рахунок заміни диспрозію на більш дешеві титан та вуглець знижується собівартість отриманого магніту;
- заміна сплаву добавки на порошок міді скасовує два етапи технологічного процесу, а саме виплавку сплаву добавки та її гомогенізуючий відпал, що суттєво зменшує час технологічного процесу.

Заявлений спосіб може бути реалізований як у лабораторних, так і в промислових умовах.

## Гістерезисні властивості отриманих магнітів

№ зразка	Склад елементів базового сплаву, мас. %						Склад добавки мас. %		Коерцитивна сила $H_{ci}$ , кА/м	Залишкова індукція $B_r$ , Тл
	Nd	Fe	B	Ti	C	Dy	Nb-Co	Cu		
1	34,4	62,81	1,19	-	-	1,6	0,2	-	1151,8	1,21
2	34,48	63,2	1,3	1,0	0,02	-	-	0,15	1460	1,2
3	34,48	63,16	1,3	1,0	0,06	-	-	0,15	1380	1,18

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 5 1. Матеріал для рідкісноземельного постійного магніту, що містить неодим, залізо, бор, який **відрізняється** тим, що він додатково містить титан, вуглець та мідь у наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

неодим (Nd) 34,47-34,49

залізо (Fe) 63,16-63,2

бор (B) 1,29-1,31

титан (Ti) 0,9-1,1

вуглець (C) 0,02-0,06

мідь (Cu) 0,14-0,16.

- 10 2. Спосіб отримання матеріалу для постійного магніту за пунктом 1, що включає отримання базового сплаву неодим-залізо-бор-титан-вуглець, його подрібнення з отриманням порошків, змішування з порошком міді, тонкий вологий помел суміші порошків, компактування в магнітному полі отриманої суміші, спікання компакту у вакуумі  $0,133-1,33 \cdot 10^{-2}$  Па при температурі 1080-1090 °C впродовж 55-65 хвилин, охолодження, який **відрізняється** тим, що після процесу спікання після витримки компакту при заданій температурі здійснюють його поетапне охолодження до температур 800-900 °C та 500-550 °C з витримкою по 55-65 хвилин.

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601