



(51) МПК  
*B22F 3/12* (2006.01)  
*C21D 1/04* (2006.01)  
*C21D 1/78* (2006.01)  
*C22C 33/02* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015123975, 22.06.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 22.06.2015

Дата регистрации:  
 22.12.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.06.2015

(45) Опубликовано: 10.01.2017 Бюл. № 1

Адрес для переписки:

119334, Москва, Ленинский пр-кт, 49, ИМЕТ  
 РАН

(72) Автор(ы):

Миляев Игорь Матвеевич (RU),  
 Алымов Михаил Иванович (RU),  
 Юсупов Владимир Сабитович (RU),  
 Стельмашок Сергей Иванович (RU),  
 Зеленский Виктор Александрович (RU),  
 Миляев Александр Игоревич (RU),  
 Анкудинов Алексей Борисович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
 учреждение науки Институт металлургии и  
 материаловедения им. А.А. Байкова  
 Российской академии наук (ИМЕТ РАН)  
 (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: GREEN M.L. и др. Powder  
 metallurgy processing of CrCoFe permanent  
 magnet alloy containing 5-25 wt.% Co, Journal  
 of applied physics, 1982, v.53, N 3, с.2398-2400.  
 RU 2534473 C1, 27.11.2014. RU 2305710 C1,  
 10.09.2007. US 4253883 A1, 03.03.1981.

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОГО МАГНИТОТВЁРДОГО СПЛАВА 30X20K2M2B СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-ХРОМ-КОБАЛЬТ

(57) Реферат:

Изобретение относится к получению порошковых магнитотвердых сплавов. Способ получения порошкового магнитотвердого сплава 30X20K2M2B системы железо-хром-кобальт включает приготовление шихты из порошков железа, хрома, кобальта, молибдена и вольфрама, формование полученной шихты, спекание, термообработку и термомагнитную обработку. Причем после спекания до термообработки

проводят горячую пластическую деформацию с вытяжкой не менее 1,1. Термомагнитную обработку проводят в температурном интервале 650-600°C. Обеспечивается снижение температуры спекания сплава и повышение магнитных гистерезисных свойств сплава при сохранении высоких значений коэрцитивной силы. 1 табл., 1 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*B22F 3/12* (2006.01)  
*C21D 1/04* (2006.01)  
*C21D 1/78* (2006.01)  
*C22C 33/02* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2015123975, 22.06.2015**(24) Effective date for property rights:  
**22.06.2015**Registration date:  
**22.12.2016**

Priority:

(22) Date of filing: **22.06.2015**(45) Date of publication: **10.01.2017** Bull. № 1

Mail address:

**119334, Moskva, Leninskij pr-kt, 49, IMET RAN**

(72) Inventor(s):

**Milyaev Igor Matveevich (RU),  
Alymov Mikhail Ivanovich (RU),  
Yusupov Vladimir Sabitovich (RU),  
Stelmashok Sergej Ivanovich (RU),  
Zelenskij Viktor Aleksandrovich (RU),  
Milyaev Aleksandr Igorevich (RU),  
Ankudinov Aleksej Borisovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
uchrezhdenie nauki Institut metallurgii i  
materialovedeniya im. A.A. Bajkova Rossijskoj  
akademii nauk (IMET RAN) (RU)**

(54) **METHOD OF PRODUCING POWDERED MAGNETICALLY HARD ALLOY 30H20K2M2V OF IRON-CHROME-COBALT SYSTEM**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to production of powder of magnetically hard alloys. Method of producing powder of magnetically hard alloy 30H20K2M2V of iron-chrome-cobalt system involves preparing a mixture of powders of iron, chromium, cobalt, molybdenum and tungsten, moulding produced mixture, sintering, thermal treatment and thermo-magnetic treatment. After sintering before thermal

treatment, method comprises hot plastic deformation with drawing of not less than 1.1. Thermo-magnetic treatment is carried out in temperature range 650–600°C.

EFFECT: sintering temperature of alloy is lowered and magnetic hysteresis properties of alloy are improved while maintaining high coercitive force.

1 cl, 1 tbl, 1 ex

Способ получения порошкового магнитотвердого сплава 30X20K2M2B системы железо-хром-кобальт

Изобретение относится к области порошковой металлургии в части технологии получения постоянных магнитов из магнитотвердых деформируемых сплавов системы железо-хром-кобальт методами порошковой металлургии.

Известны способы получения магнитотвердых сплавов системы железо-хром-кобальт с содержанием кобальта 5-25 вес. % методами порошковой металлургии, включающими смешение как элементарных порошков железа, хрома, кобальта, так и их сплавов (прекурсоров) с легирующими добавками, частичную активацию полученной шихты, формование для получения порошковых заготовок постоянных магнитов, их спекание в вакууме (или в защитной атмосфере) при температурах 1350-1420°C, термическую обработку, включая термомагнитную, для получения окончательных магнитных гистерезисных свойств. Такие способы получения постоянных магнитов из порошковых магнитотвердых сплавов системы Fe-Cr-Co подробно описаны в статье Mx. Green, R.C. Sherwood and C.C. Wong "Powder metallurgy processing of CrCoFe permanent magnet alloy containing 5-25 wt. % Co", которая свидетельствует, что оптимальной температурой спекания является температура 1400-1420°C. Эта температура достаточно высока для спекания металлических сплавов и требует наличия специализированного оборудования. (J. Appl. Phys. 1982, v. 53, No 3, pp.2398-2400). Из статьи также следует, что максимальное энергетическое произведение  $(BH)_{\text{макс}}$  исследованных порошковых сплавов системы Fe-Cr-Co с коэрцитивной силой свыше 56 кА/м (700 эрстед) не превышает 40 кДж/м<sup>3</sup> (5 МГсЭ). Так на сплаве Fe-29,5Cr-25Co-3Mo после спекания при 1420°C и полного цикла термообработки получены магнитные гистерезисные свойства:  $B_r=1,15$  Тл,  $H_c=62$  кА/м (780 Э) и  $(BH)_{\text{макс}}=40$  кДж/м<sup>3</sup> (5,0 МГсЭ).

Порошковый сплав 30X20K2M2B (Fe-30Cr-20Co-2Mo-2W), разработанный в лабораториях Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН (ИМЕТ РАН), обладает высокой коэрцитивной силой  $H_c>80$  кА/м (1000 Э) при  $B_r=1,0$  Тл и  $(BH)_{\text{макс}}=34,7$  кДж/м<sup>3</sup>.

Техническим результатом изобретения являются снижение температуры спекания порошковых магнитов из магнитотвердого сплава 30X20K2M2B (на 200°C) и повышение его таких магнитных гистерезисных свойств как остаточная индукция  $B_r$  и  $(BH)_{\text{макс}}$  при сохранении высоких значений коэрцитивной силы.

Технический результат достигается тем, что способ получения порошкового магнитотвердого сплава 30X20K2M2B системы железо-хром-кобальт, включающий приготовление шихты из порошков железа, хрома, кобальта, молибдена и вольфрама, формование полученной шихты, спекание, термообработку и термомагнитную обработку, заключается в том, что после спекания до термообработки проводят горячую пластическую деформацию с вытяжкой не менее 1,1, при этом термомагнитную обработку проводят в температурном интервале 650-600°C.

Сущность настоящего изобретения заключается в том, что в процессе горячей пластической деформации, обязательно включающей в себя вытяжку спеченных заготовок с последующим нагревом на высокую температуру под закалку, формируется текстура горячей деформации с ориентацией осей легкого намагничивания [100] вдоль вытяжки заготовки. Сама по себе горячая деформация без вытяжки, например, при горячей ковке, когда вытяжка чередуется с осадкой (образец 2 таблицы 1), не дает увеличения магнитных гистерезисных свойств, хотя и позволяет снизить оптимальную

температуру спекания за счет увеличения плотности заготовки, спеченной при более низких температурах.

Сущность изобретения подтверждается примерами, которые сведены в таблице 1.

Во всех приведенных примерах таблицы элементарные промышленные порошки Fe, Cr, Co, Mo и W смешивали в турбосмесителе. Металлические компоненты брали в соотношении: 30 масс. % хрома, 20 масс. % кобальта, 2 масс. % молибдена, 2 масс. % вольфрама, остальное карбонильное железо. Формование образцов длиной до 5 мм проводили путем прессования исходной порошковой смеси (шихты) на ручном гидравлическом прессе в разъемных матрицах при давлении 400-600 МПа. Спекание проводили в вакуумной шахтной печи в вакууме  $10^{-2}$  Па. Термическую обработку проводили в установке, которая позволяла осуществлять термомагнитную обработку (ТМО) в температурном интервале 650-600°C в магнитном поле  $H=3500$  эрстед. Контролируемое охлаждение (старение) образцов после проведения ТМО проводили как в этой же установке, так и в отдельной муфельной печи с программируемым регулятором температуры.

Данные таблицы 1 однозначно свидетельствуют о том, что горячая пластическая деформация спеченных заготовок магнитотвердого сплава 30X20K2M2B с вытяжкой не менее 1,1 приводит к уменьшению оптимальной температуры спекания на 200°C, повышению остаточной индукции  $B_r$  и максимального энергетического произведения  $(BH)_{\text{макс}}$  на 25-30% при сохранении высоких значений коэрцитивной силы  $H_c$ .

Таблица 1

№ обр.	Обработка	$B_r$ Тл	$H_c$ кА/м	$(BH)_{\text{макс}}$ кДж/м <sup>3</sup>
1	Спекание в вакууме при 1420°C + закалка от 1250°C + ТМО 650°C(20 мин) и охлаждение до 600°C со скоростью $V_1 = 48$ °C/час + без поля 600°C(1 час) + охлаждение до 500°C со скоростью $V_2 = 9,5$ °C/час	1,0	80,2	34,7
2	Спекание в вакууме при 1420°C + горячая ковка без вытяжки + закалка от 1250°C + термообработка по режиму образца 1	0,98	76,8	32,4
3	Спекание в вакууме при 1420°C + горячая ковка с вытяжкой 1,1 + закалка от 1250°C + термообработка по режиму образца 1	1,08	78,2	36,6
4	Спекание в вакууме при 1420°C + горячая проката в калибрах с вытяжкой 1,25 + закалка от 1300°C + термообработка по режиму образца 1	1,25	70,2	45,2
5	Спекание в вакууме при 1300°C + горячая проката в калибрах с вытяжкой 1,25 + закалка от 1250°C + термообработка по режиму образца 1	1,20	71,0	43,0
6	Спекание в вакууме при 1200°C + горячая проката в калибрах с вытяжкой 1,25 + закалка от 1250°C + термообработка по режиму образца 1	1,14	69,7	39,8
7	Спекание в вакууме при 1150°C + горячая проката в калибрах с вытяжкой 1,25 + закалка от 1250°C + термообработка по режиму образца 1	0,85	30,7	9,7

#### (57) Формула изобретения

Способ получения порошкового магнитотвердого сплава 30X20K2M2B системы железо-хром-кобальт, включающий приготовление шихты из порошков железа, хрома, кобальта, молибдена и вольфрама, формование полученной шихты, спекание, термообработку и термомагнитную обработку, отличающийся тем, что после спекания до термообработки проводят горячую пластическую деформацию с вытяжкой не менее 1,1, при этом термомагнитную обработку проводят в температурном интервале 650-600°C.