РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 791 957**(13) **C1**

(51) МПК
H01F 1/34 (2006.01)
B22F 3/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01F 1/34 *(2023.02);* ***B22F 3/02*** *(2023.02);* ***B22F 3/093*** *(2023.02)*

(21)(22) Заявка: **2022134061, 23.12.2022**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.12.2022

Дата регистрации:
14.03.2023

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **23.12.2022**

(45) Опубликовано: **14.03.2023** Бюл. № **8**

Адрес для переписки:
119991, Москва, ГСП-1, В-49, Ленинский пр-кт, 4, НИТУ МИСИС, Отдел интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):
Щербаков Сергей Владиленович (RU),
Налогин Алексей Григорьевич (RU),
Алексеев Альберт Александрович (RU),
Исаев Игорь Магомедович (RU),
Труханов Алексей Валентинович (RU),
Камардин Игорь Николаевич (RU),
Миронович Андрей Юрьевич (RU),
Тимофеев Андрей Владимирович (RU),
Шакирзянов Рафаэль Иосифович (RU),
Скорлупин Георгий Александрович (RU),
Костишин Владимир Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСИС" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2256534 C1, 20.07.2005. RU 2645762 C1, 28.02.2018. RU 2705201 C1, 06.11.2019. RU 2416492 C2, 20.04.2011. CN 101998934 A, 30.03.2011. RU 2023316 C1, 15.11.1994. US 4671885 A1, 09.06.1987.**

(54) Способ изготовления анизотропного гексаферрита бария

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, а именно к способу изготовления анизотропных гексаферритов бария с высокой степенью магнитной текстуры. Увеличение энергии магнитного поля постоянного магнита из гексаферрита бария является техническим результатом изобретения, который достигается тем, что способ изготовления анизотропных гексаферритов бария включает формование заготовок в магнитном поле и последующее спекание полученных заготовок, при этом формование заготовок осуществляют методом горячего шликерного литья под давлением 0,3-0,5 МПа при температуре 70-80°С и в магнитном поле 450-550 кА/м, с последующим размагничиванием в противоположном магнитном поле 240-260 кА/м после охлаждения заготовок ниже 45°С и использованием связки на основе парафина и воска, при следующем соотношении компонентов, масс. %: парафин - 8-10, воск - 0,5-1,0, порошок гексаферрита бария - остальное. 5 табл., 1 пр.

RU 2791957 C1

RU 2791957 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 791 957**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
H01F 1/34 (2006.01)
B22F 3/02 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
H01F 1/34 *(2023.02);* ***B22F 3/02*** *(2023.02);* ***B22F 3/093*** *(2023.02)*

(21)(22) Application: **2022134061, 23.12.2022**

(24) Effective date for property rights:
23.12.2022

Registration date:
14.03.2023

Priority:
(22) Date of filing: **23.12.2022**

(45) Date of publication: **14.03.2023** Bull. № **8**

Mail address:
119991, Moskva, GSP-1, V-49, Leninskij pr-kt, 4, NITU MISIS, Otdel intellektualnoj sobstvennosti

(72) Inventor(s):
Shcherbakov Sergej Vladilenovich (RU),
Nalogin Aleksej Grigorevich (RU),
Alekseev Albert Aleksandrovich (RU),
Isaev Igor Magomedovich (RU),
Trukhanov Aleksej Valentinovich (RU),
Kamardin Igor Nikolaevich (RU),
Mironovich Andrej Yurevich (RU),
Timofeev Andrej Vladimirovich (RU),
Shakirzyanov Rafael Iosifovich (RU),
Skorlupin Georgij Aleksandrovich (RU),
Kostishin Vladimir Grigorevich (RU)

(73) Proprietor(s):
Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Natsionalnyj issledovatelskij tekhnologicheskij universitet "MISIS" (RU)

(54) METHOD FOR MANUFACTURING ANISOTROPIC BARIUM HEXAFERRITE

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: method for manufacturing anisotropic barium hexaferrites with a high degree of magnetic texture. The method for manufacturing anisotropic barium hexaferrites includes molding blanks in a magnetic field and subsequent sintering of the resulting blanks, while molding blanks is carried out by hot slip casting under a pressure of 0.3-0.5 MPa at 70-80°C and in a magnetic field of 450-550 kA/m, followed by demagnetization in an opposite magnetic field of 240-260 kA/m after cooling the blanks below 45°C and using a binder based on paraffin and wax, in the following ratio of components, % by weight: paraffin - 8-10, wax - 0.5-1.0, barium hexaferrite powder - the rest.

EFFECT: increase in the magnetic energy of a permanent magnet made of barium hexaferrite.

1 cl, 5 tbl, 1 ex

RU 2791957 C1

RU 2791957 C1

Изобретение относится к технологии изготовления поликристаллических магнитотвердых анизотропных ферритов и может использоваться при изготовлении гексаферритов бария с высокой степенью магнитной текстуры.

Известен способ изготовления анизотропных ферритовых магнитов (RU 2023316 C1 опублик. 15.11.1994 г.), включающий мокрое измельчение ферритового порошка, его дезагрегацию до насыпной плотности 0,6-0,8 г/см^3, прессование в магнитном поле и спекание. Недостатком указанного способа является невысокая энергия достигаемого магнитного поля в изделиях и невысокая степень магнитной текстуры.

Известен способ изготовления гексагональных ферритов типа М, включающий изготовление сырых заготовок путем прессования ферритового порошка в магнитном поле с совместным воздействием ультразвука частотой 0,5-2,0 МГц и последующее спекание полученных заготовок. Недостаток указанного способа - использование порошка гексаферрита в виде наночастиц размером 60-140 нм. Порошок получают методом химического соосаждения с использованием полимера и воздействия ультразвука частотой 10-25 кГц, указанный метод обладает низкой производительностью (см. RU 2705201 C1 опублик. 06.11.2019 г.).

Наиболее близким к предлагаемому является способ изготовления анизотропного гексаферрита бария, включающий изготовление заготовок мокрым прессованием порошка в магнитном поле (480-800 кА/м), размагничивание заготовок с приложением противоположного магнитного поля и последующее спекание полученных заготовок (см. Летюк Л.М., Журавлев Г.И. Химия и технология ферритов. - Л.: Химия, 1983, с. 110). Мокрое прессование в магнитном поле обеспечивает ориентацию частиц гексаферрита в водной суспензии с формированием текстуры. В процессе прессования происходит отжим воды через фильтры. Размагничивание необходимо для обеспечения прочности заготовок и уменьшения в них трещин при спекании. Текстура сохраняется в процессе спекания заготовок, обеспечивая анизотропию магнитных свойств получаемых постоянных магнитов.

Недостатком известного способа является невысокая энергия магнитного поля постоянного магнита из гексаферрита бария вследствие недостаточной степени ориентации частиц в заготовках.

Техническим результатом изобретения является увеличение энергии магнитного поля постоянного магнита из гексаферрита бария.

Технический результат достигается тем, что способ изготовления анизотропных гексаферритов бария включает формование заготовок в магнитном поле и последующее спекание полученных заготовок, причем формование заготовок осуществляется методом горячего шликерного литья под давлением 0,3-0,5 МПа при 70-80°С в магнитном поле 450-550 кА/м с последующим размагничиванием в противоположном магнитном поле 240-260 кА/м после охлаждения заготовок ниже 45°С и использованием связки на основе парафина и воска, при следующем соотношении компонентов, масс. %:

парафин - 8-10

воск - 0,5-1,0

порошок гексаферрита бария - остальное.

Шликер гексаферрита бария на основе парафина и воска при температуре более 70°С обладает низкой вязкостью, что облегчает ориентацию частиц в магнитном поле. После охлаждения заготовок ниже 45°С, связка затвердевает, фиксируя ориентацию частиц после размагничивания, что обеспечивает сохранение высокой текстуры.

Пример. Изготавливали анизотропный гексаферрит бария в виде пластин 100×80×10 мм методом горячего шликерного литья под давлением в постоянном магнитном поле

на установке горячего шликерного литья УЛШ-3. Магнитное поле создавали с помощью катушки на рабочем столе, в которую помещали литьевую форму. Шликер приготавливали перемешиванием порошка гексаферрита бария марки ПФБ 07-12-1175 (ТУ 6-09-4788-86), парафина марки П-1 (ГОСТ 23683-89) и воска (ГОСТ 31775-2012) в шликерном баке установки литья при температуре 65-85°С. Из полученного шликера после вакуумирования отливали заготовки под давлением 0,25-0,55 МПа в магнитном поле 440-560 кА/м. После остывания заготовок до 45°С проводили размагничивание заготовок в поле 230-270 кА/м. Из полученных заготовок отгоняли связку при 250°С в засыпке из оксида алюминия. Остаточное содержание связки составляло 1,5 масс. %.

Для сравнения в качестве прототипа приготавливали заготовки мокрым прессованием в магнитном поле 500 кА/м на прессе 06ФФГ. Спекание осуществляли в туннельной печи в воздушной среде при 1180°С в течение 5 часов.

В таблице 1 приведены усредненные данные по 10 замерам магнитных свойств ферритов, полученных с использованием состава шликера (согласно формуле, при выходе за пределы формулы и согласно прототипу). Давление шликера 0,4 МПа, намагничивающее поле 500 кА/м, поле размагничивания 250 кА/м.

Таблица 1 Магнитные свойства образцов гексаферрита бария, полученных с использованием состава шликера в соответствии с формулой изобретения
(усредненные данные по 10 замерам)

№ п/п	Состав шликера, масс.%	Остаточная индукция Br, Тл	Коэрцитивная сила по индукции Нсв, кА/м	Магнитная энергия (B·H) max, кДж/м³	Примечания
1	Вода – 35 Порошок гексаферрита бария - 65	0,36	225	25,2	Прототип
2	Парафин – 7,5 Воск – 0,4 Порошок гексаферрита бария - 92,1	0,36	230	28,0	Выход за пределы
3	Парафин – 8,0 Воск – 0,5 Порошок гексаферрита бария – 91,5	0,38	234	30,4	Согласно формуле
4	Парафин – 9,0 Воск – 0,7 Порошок гексаферрита бария – 90,3	0,39	236	30,6	Согласно формуле
5	Парафин –10,0 Воск – 1,0 Порошок гексаферрита бария – 89,0	0,39	234	30,6	Согласно формуле
6	Парафин –11,0 Воск – 1,1 Порошок гексаферрита бария – 88,9	0,37	232	29,8	Выход за пределы

В таблице 2 приведены данные по влиянию давления литья на магнитные свойства

ферритов, полученных с использованием режимов горячего шликерного литья под давлением в постоянном магнитном поле (согласно формуле, при выходе за пределы формулы). Состав шликера, масс. %: парафин - 9,0; воск - 0,7; порошок гексаферрита бария - 90,3. Температура шликера 75°С, намагничивающее поле 500 кА/м, поле размагничивания 250 кА/м.

Таблица 2 Влияние давления шликерного литья на магнитные свойства образцов гексаферрита бария *(усредненные данные по 10 замерам)*

№ п/п	Давление литья, МПа	Остаточная индукция Br, Тл	Коэрцитивная сила по индукции Нсв, кА/м	Магнитная энергия (B·H) max, кДж/м³	Примечания
1	0,25	0,34	235	27,0	Выход за пределы
2	0,3	0,37	238	30,3	Согласно формуле
3	0,4	0,39	236	30,6	Согласно формуле
4	0,5	0,39	234	30,4	Согласно формуле
5	0,55	0,37	230	29,7	Выход за пределы

В таблице 3 приведены данные по влиянию намагничивающего поля на магнитные свойства ферритов, полученных с использованием режимов горячего шликерного литья под давлением в постоянном магнитном поле (согласно формуле, при выходе за пределы формулы). Состав шликера, масс. %: парафин - 9,0; воск - 0,7; порошок гексаферрита бария - 90,3. Температура шликера 75°С, давление литья 0,4 МПа, поле размагничивания 250 кА/м.

Таблица 3 Влияние намагничивающего поля на магнитные свойства образцов гексаферрита бария, полученных методом шликерного литья *(усредненные данные по 10 замерам)*

№ п/п	Намагничивающее поле, кА/м	Остаточная индукция Br, Тл	Коэрцитивная сила по индукции Нсв, кА/м	Магнитная энергия (B·H) max, кДж/м³	Примечания
1	440	0,33	237	26,7	Выход за пределы
2	450	0,36	239	30,2	Согласно формуле
3	500	0,39	236	30,6	Согласно формуле
4	550	0,39	234	30,4	Согласно формуле
5	560	0,38	228	29,1	Выход за пределы

В таблице 4 приведены данные по влиянию размагничивающего поля на магнитные свойства гексаферритов бария с использованием режимов горячего шликерного литья под давлением в постоянном магнитном поле (согласно формуле изобретения, при выходе за пределы формулы). Состав шликера, масс. %: парафин - 9,0; воск - 0,7;

порошок гексаферрита бария - 90,3. Температура шликера 75°С, давление литья 0,4 МПа, поле намагничивания 500 кА/м.

Таблица 4 Влияние размагничивающего поля на магнитные свойства образцов гексаферрита бария, полученных методом шликерного литья *(усредненные данные по 10 замерам)*

№ п/п	Размагничивающее поле, кА/м	Остаточная индукция Br, Тл	Коэрцитивная сила по индукции Нсв, кА/м	Магнитная энергия (B·H) max, кДж/м³	Примечания
1	230	0,34	234	26,5	Выход за пределы
2	240	0,37	238	30,3	Согласно формуле
3	250	0,39	236	30,6	Согласно формуле
4	260	0,39	233	30,4	Согласно формуле
5	270	0,37	229	29,0	Выход за пределы

В таблице 5 приведены данные по влиянию температуры шликера на магнитные свойства ферритов с использованием режимов горячего шликерного литья под давлением в постоянном магнитном поле (согласно формуле, при выходе за пределы формулы). Состав шликера, масс. %: парафин - 9,0; воск - 0,7; порошок гексаферрита бария - 90,3. Давление литья 0,4 МПа, намагничивающее поле 500 кА/м, поле размагничивания 250 кА/м.

Таблица 5 Влияние температуры шликера на магнитные свойства ферритов с использованием режимов горячего шликерного литья под давлением в постоянном магнитном поле *(усредненные данные по 10 замерам)*

№ п/п	Температура шликера, °С	Br, Тл	Нсв, кА/м	(B·H) max, кДж/м³	
1	65	0,33	239	26,6	Выход за пределы
2	70	0,36	240	30,3	Согласно формуле
3	75	0,39	236	30,6	Согласно формуле
4	80	0,39	233	30,3	Согласно формуле
5	85	0,38	230	29,6	Выход за пределы

Как видно из данных таблиц №№1-5, предлагаемый способ позволяет получить магниты из гексаферрита бария с повышенным уровнем магнитных свойств. При выходе за пределы изобретения этот уровень заметно снижается.

(57) Формула изобретения

Способ изготовления анизотропного гексаферрита бария, включающий формование заготовок в магнитном поле и последующее спекание полученных заготовок, отличающийся тем, что формование заготовок осуществляется методом горячего

шликерного литья под давлением 0,3-0,5 МПа при 70-80°С в магнитном поле 450-550 кА/м с последующим размагничиванием в противоположном магнитном поле 240-260 кА/м после охлаждения заготовок ниже 45°С и использованием связки на основе парафина и воска, при следующем соотношении компонентов, масс. %:

парафин - 8-10

воск - 0,5-1,0

порошок гексаферрита бария - остальное.