

УДК 621.762+669.1

DOI: 10.21209/2308-8761-2018-13-4-101-109

Виктор Александрович Зеленский¹,

*кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник,
Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН
(119334, Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, 49),
e-mail: zelensky55@bk.ru*

Алексей Сергеевич Устюхин²,

*младший научный сотрудник,
Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН
(119334, Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, 49),
e-mail: fcbneo@yandex.ru*

Игорь Матвеевич Миляев³,

*доктор технических наук, ведущий научный сотрудник,
Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН
(119334, Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, 49),
e-mail: imilyaev@mail.ru*

Алексей Борисович Анкудинов⁴,

*старший научный сотрудник,
Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН
(119334, Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, 49),
e-mail: zelensky55@bk.ru*

Сергей Федорович Забелин⁵,

*доктор технических наук, профессор,
Забайкальский государственный университет
(672039, Россия, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30),
e-mail: s.zabelin2012@yandex.ru*

Михаил Иванович Алымов⁶,

*доктор технических наук, профессор,
Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН
(119334, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 49),
e-mail: zelensky55@bk.ru*

Зависимость магнитных гистерезисных свойств $Fe - 30Cr - 8Co$ порошкового сплава от временных условий смешивания исходной шихты и температуры спекания⁷

В статье представлены результаты исследования зависимости магнитных гистерезисных свойств магнитотвёрдого порошкового сплава $Fe - 30Cr - 8Co$ от временных условий смешивания исходной шихты и температуры спекания. Методом порошковой металлургии и операций традиционной терромагнитной обработки получали магнитотвёрдый

¹ В. А. Зеленский – подготовка и спекание образцов, измерение плотности и обработка экспериментальных данных по магнитным гистерезисным свойствам.

² А. С. Устюхин – проведение экспериментальных опытов.

³ И. М. Миляев – анализ и подбор технологических приёмов.

⁴ А. Б. Анкудинов – проведение экспериментальных опытов.

⁵ С. Ф. Забелин – систематизация материалов исследования, оформление статьи.

⁶ М. И. Алымов – систематизация материалов исследования.

⁷ Источники финансирования статьи: государственное задание № 007-00129-18-00 и грант РФФИ 18-03-00666-а/subsidy given to Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science to implement the state assignment (Registration No. 007-00129-18-00) and grant RFBR 18-03-00666-а.

$Fe - 30Cr - 8Co$ сплав при разных временах смешения исходной шихты. Установлено, что на сплаве $Fe - 30Cr - 8Co$ можно получать хорошие магнитные свойства уже при T спекания $-1200\text{ }^\circ\text{C}$ и при времени смешивания исходных шихт – не менее 15 минут. Уменьшение времени смешивания до 1 минуты приводит к снижению H_c и B_r на 5–10 %, а $(BH)_{max}$ – до 20–25 %, что, вероятно, связано с неоднородностью в α -фазе и более крупными порами в материале. Магнитные гистерезисные свойства образцов порошкового сплава $Fe - 30Cr - 8Co$, спечённых при $1400\text{ }^\circ\text{C}$, не зависят от времени смешивания исходной шихты. В этом случае достаточно смешивания в течение 1 минуты для получения высокоплотного технологического материала с высокими магнитными гистерезисными свойствами.

Ключевые слова: порошковая металлургия, магнитотвёрдые сплавы $Fe - Cr - Co$, смешивание, спекание, магнитные гистерезисные свойства

Введение. Деформируемые магнитотвёрдые сплавы системы $Fe - Cr - Co$ обладают хорошим сочетанием высоких магнитных свойств с высокой пластичностью и коррозионной стойкостью, что важно с точки зрения требований, предъявляемых промышленностью к современным постоянным магнитам [4; 7; 8; 9; 11].

Для сплавов системы $Fe - Cr - Co$ основной технологией получения магнитов остаётся традиционный метод плавки и литья [3]. Известно, что порошковая металлургия по сравнению с литейной технологией является более экономичной. Обычно спекание порошковых магнитных сплавов производят в диапазоне температуры $1350 - 1400\text{ }^\circ\text{C}$ [1; 5; 10]. В наших работах [2; 6] показано, что для отдельных Fe-Cr-Co сплавов температура спекания может быть понижена до $1200\text{ }^\circ\text{C}$ с сохранением магнитных свойств на высоком уровне. Качество магнитного материала в большой степени зависит от параметров технологии подготовки шихты для последующего прессования и спекания, в частности, от однородности смешения исходных порошков.

Целью данной работы являлось исследование влияния времени смешивания исходных порошков на магнитные свойства спечённых магнитотвёрдых сплавов состава $Fe - 30Cr - 8Co$ (вес. %) без легирующих добавок. Исследования проведены на образцах, спечённых при температурах 1200 и $1400\text{ }^\circ\text{C}$.

Получение образцов и методика эксперимента. Исходные порошковые образцы состава $Fe - 30Cr - 8Co$ изготавливали из промышленных высокочистых порошков железа марки ВС со средним размером частиц $10\text{ }\mu\text{м}$, хрома ПХС-1, кобальта ПК-1У, с частицами $< 10\text{ }\mu\text{м}$. Смешивание шихт осуществляли в турбулентном смесителе С 2.0. Для оценки влияния условий приготовления исходных компонентов на однородность их распределения в прессуемой шихте варьировалось только время смешивания. Остальные параметры – масса порошка, масса шаров и скорость вращения контейнера с порошком оставались неизменными. Прессование проводили на прессе KNUTH HP 15 в разъёмной матрице диаметром $13,6\text{ мм}$ при давлении 600 МПа . Относительная плотность прессовок составляла около $78\text{ }\%$ при времени смешивания 1 минута и последовательно возрастала до $79-80\text{ }\%$ с увеличением времени смешивания до 15 минут и более. Спекание проводили в вакуумной шахтной печи в вакууме не хуже 10 Па с выдержкой $2,5\text{ ч}$ при температуре 1200 и $1400\text{ }^\circ\text{C}$. Измерения магнитных гистерезисных свойств проводили на гистерезисграфе *Permagraph L*. Погрешность измерений коэрцитивной силы H_c и остаточной индукции B_r составляла $3\text{ }\%$, магнитного произведения $(BH)_{max}$ – $6\text{ }\%$. Рентгенофазовый анализ образцов проводили на вертикальном рентгеновском дифрактометре SHIMADZU XRD-6000, в

монохроматизированном медном излучении.

Результаты исследований и их обсуждение. Плотность спечённых образцов определяли методом гидростатического взвешивания. На рис. 1 представлены в графическом виде зависимость плотности спечённых при температуре 1200 °С образцов от времени смешивания шихт. Видно, что плотность образцов исследуемого сплава возрастает на 1,5–2 % с увеличением времени смешивания исходных порошков от 1 до 300 минут. Необходимо отметить, что при этом относительная плотность образцов сплава $Fe - 30Cr - 8C$ находится в диапазоне значений 94–96 %. Это является высоким показателем для спекания при температуре 1200 °С (рис. 1).

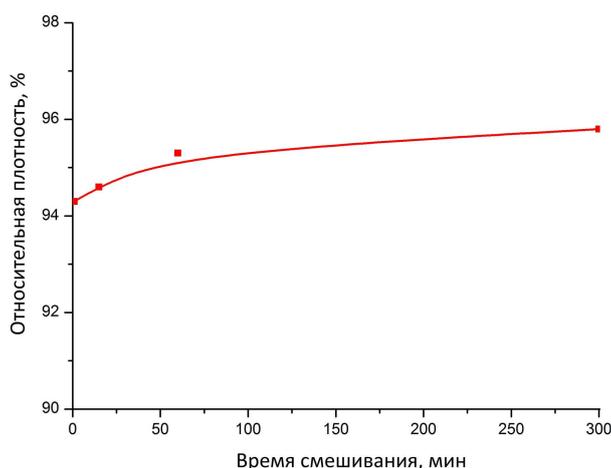


Рис. 1. Зависимость плотности спечённых при 1200 °С образцов сплава $Fe - 30Cr - 8Co$ от времени смешивания порошков

Fig. 1. The dependence of the density of sintered at 1200 °С alloy samples $Fe - 30Cr - 8Co$ on the mixing time of powders

При температуре спекания 1400 °С плотность образцов составляет 98–99 %. Зависимости изменения плотности от времени смешивания шихты при этой температуре не наблюдается.

Исследование структуры прессовок с помощью растровой электронной микроскопии показало, что при смешивании исходных компонентов более 60 минут достигается однородность в их распределении. Для иллюстрации показана структура прессовки, изготовленной из шихты, смешанной в течение 60 минут (рис. 2). Все спечённые образцы подвергались закалке на α -твёрдый раствор от температуры 1250 °С в воду и дальнейшей термомагнитной обработке. Результаты магнитных гистерезисных характеристик образцов, спеченных при 1200 и 1400 °С, представлены в табл. 1 и 2, соответственно.

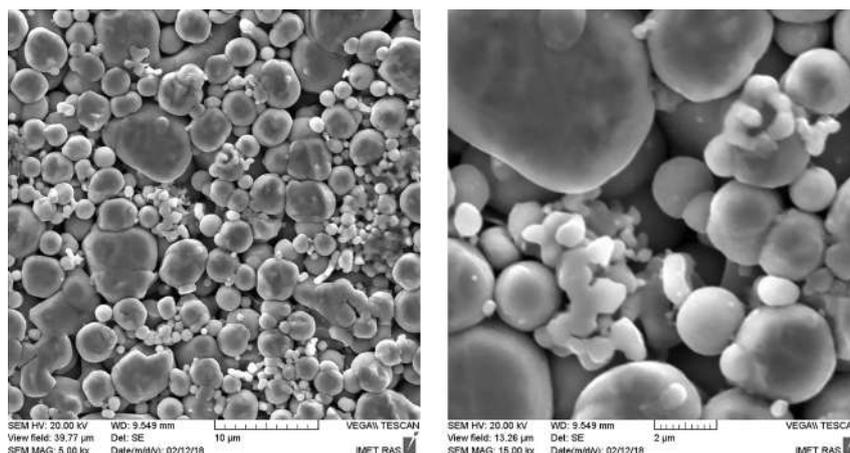


Рис. 2. РЭМ поверхности прессовок сплава $Fe - 30Cr - 8Co$ из шихты, перемешиваемой в течение 60 минут

Fig. 2. SEM surface pressing of $Fe - 30Cr - 8Co$ alloy from the charge, stirred for 60 minutes

Таблица 1

Магнитные свойства сплава $Fe - 30Cr - 8Co$, спечённого при $T = 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$

Сплав	Время смешения, мин	Dr , Тл	H_{cB} , кА/м	$(BH)_{max}$, кДж/м ³
$Fe - 30Cr - 8Co$	1	1,13–1,17	39,5–40,5	25,5–26,5
	15	1,18–1,21	39,5–41,5	30–32
	60	1,18–1,21	40–42	32–33
	300	1,2–1,23	42–43	34–34,5

Таблица 2

Магнитные свойства сплава $Fe - 30Cr - 8Co$, спечённого при $T = 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$

Сплав	Время смешения, мин	Dr , Тл	H_{cB} , кА/м	$(BH)_{max}$, кДж/м ³
$Fe - 30Cr - 8Co$	1	1,26–1,28	42–43,5	35,5–38
	15	1,26–1,28	42–43	36–38
	60	1,26–1,28	41,5–43,5	35–38
	300	1,26–1,28	42,5–43,5	36–38

Из табл. 1 следует, что время смешивания исходных порошков оказывает влияние на магнитные свойства образцов, спечённых при $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. При времени смешивания 1 минута H_c и B_r снижаются на 5–10 %, а $(BH)_{max}$ – до 20–25 % по сравнению со значениями, полученными при смешивании в течение 60 и более минут.

Был проведён рентгенофазовый анализ всех образцов, спечённых при $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$, после термообработки. Присутствия выделений немагнитной γ -фазы, которая может оставаться в $Fe - Cr - Co$ сплавах и ухудшать магнитные свойства, не обнаружено. Дифрактограммы образцов, изготовленных из шихт с разными временами смешивания, приведены на рис. 3. По-видимому, снижение магнитных свойств от времени смешивания обусловлено в данном случае неоднородностью в α -фазе. Коэффициент диффузии при этой температуре спекания недостаточно высок и не позволяет

полностью выровнять структуру α -фазы в недостаточно однородной шихте, которая формируется при времени смешивания 1 минута. При смешивании в течение 15 минут получается более однородная шихта. Это позволяет получать на синтезированных магнитных материалах однородный состав α -фазы, что косвенно подтверждается повышением магнитных свойств. Магнитные свойства образцов из всех шихт, смешанных более 15 минут, имеют близкие значения (рис. 3).

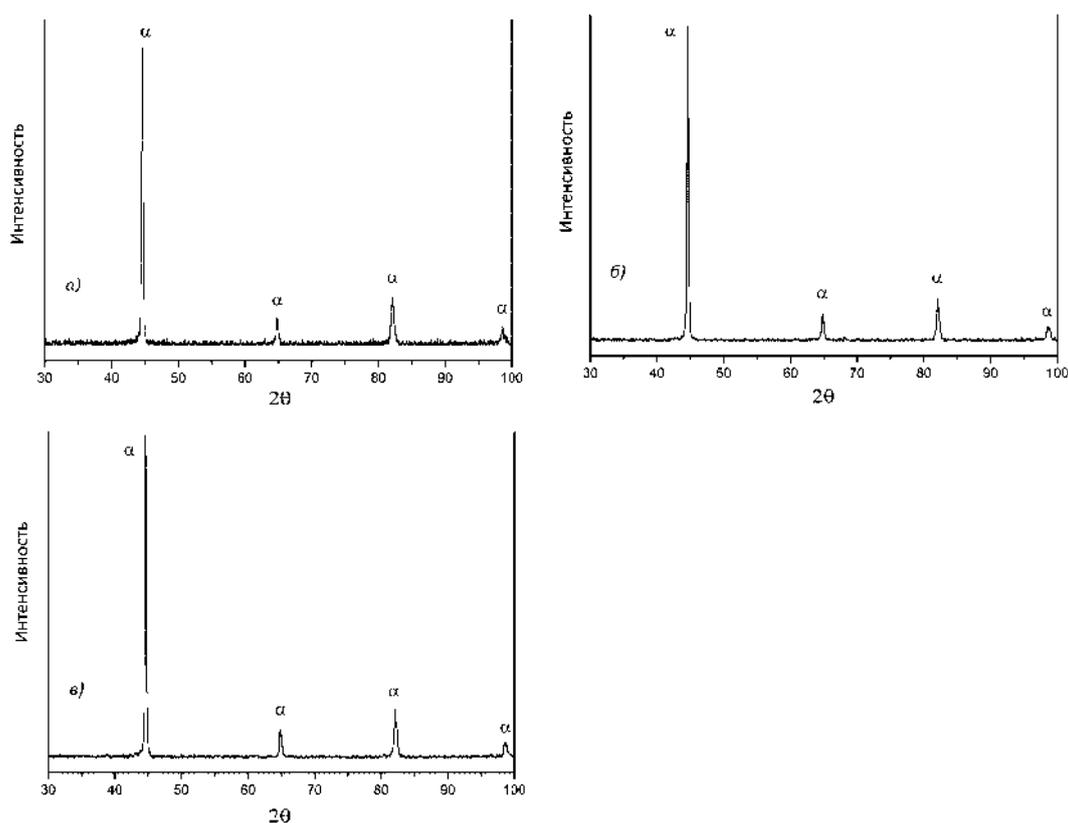


Рис. 3. Дифрактограммы образцов сплава $Fe - 30Cr - 8Co$ после термообработки; время смешивания: а – 1 мин; б – 15 мин; в – 60 мин

Fig. 3. Diffractograms of $Fe - 30Cr - 8Co$ alloy samples after heat treatment; mixing time: а – 1 min; б – 15 min; в – 60 min

На снижение магнитных свойств может также оказывать влияние морфология пор, присутствующих в магнитном материале. На микрофотографиях (рис. 4) представлены поверхности образцов сплавов, изготовленных из шихт с разными временами смешивания. Можно заметить, что при времени смешивания 1 минута поры (тёмные участки на микрофотографиях) имеют увеличенный размер. Крупные поры более склонны к окислению в ходе закалки и термомагнитной обработки, что также может понизить значения магнитных гистерезисных характеристик (рис. 4).

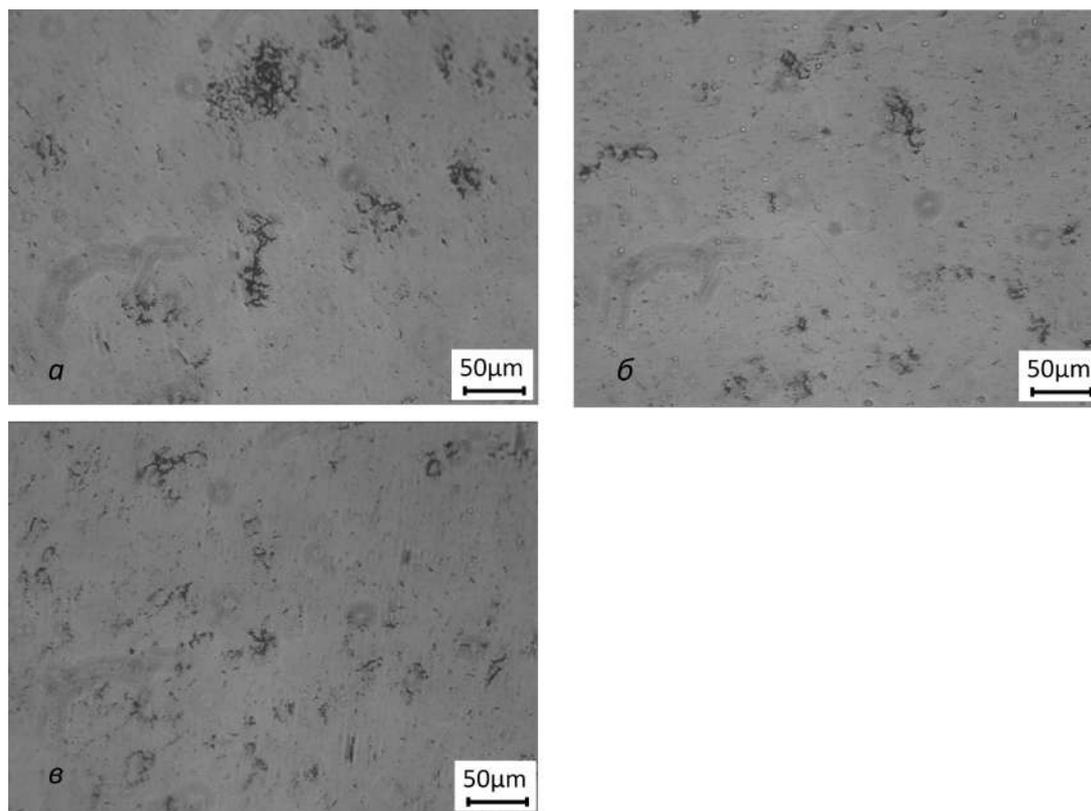


Рис. 4. Микрофотографии поверхности шлифов (непротравленных) образцов сплава $Fe - 30Cr - 8Co$, спечённых при $T=1200\text{ }^{\circ}C$ после закалки; время смешивания: а – 1 мин; б – 60 мин; в – 300 мин

Fig. 4. Micrographs of the surface of the sections (not etched) samples of alloy $Fe - 30Cr - 8Co$, sintered At $T=1200\text{ }^{\circ}C$ after quenching; mixing time: а – 1 min; б – 60 min; в – 300 min

На образцах, спечённых при $1400\text{ }^{\circ}C$, не отмечено влияния времени смешивания шихты на изменение магнитных свойств (табл. 2). Значения H_c , B_r и $(BH)_{max}$ выше по сравнению с образцами, спечёнными при $1200\text{ }^{\circ}C$. Это объясняется тем, что коэффициенты диффузии компонентов при $1400\text{ }^{\circ}C$ почти на два порядка выше по сравнению с $1200\text{ }^{\circ}C$, что позволяет получать однородную α -фазу и высокие магнитные свойства даже при минимальном времени перемешивания исходных порошков.

Выводы. Показано, что на низкокобальтовом сплаве $Fe - 30Cr - 8Co$ можно получать хорошие магнитные свойства при T спекания – $1200\text{ }^{\circ}C$ и при времени смешивания исходных шихт – не менее 15 минут. Уменьшение времени смешивания до 1 минуты приводит к снижению H_c и B_r на 5–10 %, а $(BH)_{max}$ – до 20–25 %. Это можно объяснить в данном случае неоднородностью в α -фазе, а также увеличением пористости и морфологией пор в спечённом материале, что может приводить к окислению в ходе закалки и термообработки.

Установлено, что магнитные свойства образцов порошкового сплава $Fe - 30Cr - 8Co$, спечённых при $1400\text{ }^{\circ}C$, не зависят от времени смешивания исходной шихты. В этом случае достаточно времени смешивания 1 минута для получения высокоплотного качественного материала с высокими магнитными свойствами: H_c до 43 кА/м, B_r до 1,28 Тл и $(BH)_{max}$ до 38 кДж/м, что сопоставимо с литыми аналогами.

Список литературы

1. Алымов М. И., Анкудинов А. Б., Зеленский В. А., Миляев И. М., Юсупов В. С., Устюхин А. С. Влияние легирования и режима спекания на магнитные гистерезисные свойства Fe-Cr-Co порошкового сплава // Физика и химия обработки материалов. 2011. № 3. С. 34–38.
2. Алымов М. И., Устюхин А. С., Зеленский В. А., Забелин С. Ф. Исследование магнитных свойств магнитотвёрдого $Fe - Cr - Co$ сплава, полученного по технологии спекания с последующей горячей прокаткой // НАНО-2016: материалы Всерос. конф. по наноматериалам. М.: ИМЕТиМ РАН, 2016. С. 283–284.
3. Либман М. А. Магнитотвёрдые сплавы на основе системы Железо-Хром-Кобальт // Материаловедение. 2010. № 9. С. 58–64.
4. Ряпосов И. В., Шацов А. А. Особенности легирования, структура и свойства порошкового магнитотвёрдого сплава с повышенными эксплуатационными характеристиками // Перспективные материалы. 2009. № 1. С. 57–61.
5. Устюхин А. С., Алымов М. И., Миляев И. М. Магнитные гистерезисные свойства $Fe - 26Cr - 16Co$ порошковых магнитотвёрдых сплавов // Письма о материалах. 2014. Т. 4, № 1. С. 59–61.
6. Устюхин А. С., Анкудинов А. Б., Зеленский В. А., Миляев И. М., Алымов М. И. Эффект повышения магнитных свойств при горячей прокатке спечённого порошкового сплава системы $Fe - Cr - Co$ // Доклады Академии наук. 2017. Т. 476, № 6. С. 656–659.
7. Artamonov E. V., Libman M. A. and Rudanovskii N. N. Magnetically Hard Materials for the Motors of Synchronous Hysteresis Electric Motors // Steel in Translation. 2007. Vol. 37, No. 6. Pp. 547–551.
8. Belozеров E. V., Mushnikov N. V., Ivanova G. V. et. al. High-strength magnetically hard $Fe - Cr - Co - Based$ alloys with reduced content of chromium and cobalt // The Physics of Metals and Metallography. 2012. Vol. 113, No. 4. Pp. 319–325.
9. Belozеров E. V., Uimin M. A., Ermakov A. E. et. al. Effect of tungsten and gallium on the structure and magnetic and mechanical properties of $Fe - Cr - Co$ alloys // The Physics of Metals and Metallography. 2008. Vol. 106, No. 5. Pp. 472–480.
10. Green M. L., Sherwood R. C., Wong C. C. Powder metallurgy processing of $CrCoFe$ permanent magnet alloys containing 5-25 wt. Co. // J. Appl. Phys. 1982. Vol. 53, No. 3. Pp. 2398–2400.
11. Zhen Liang, Sun Xue-yin, Xu Cheng-yan et. al. Magnetic anisotropy in $Fe - 25Cr - 12Co - 1Si$ alloy induced by external magnetic field // Transactions of Non-ferrous Metals Society of China. 2007. Vol. 17. Pp. 346–350.

Статья поступила в редакцию 15.05.2018; принята к публикации 26.06.2018

Библиографическое описание статьи

Зеленский В. А., Устюхин А. С., Миляев И. М., Анкудинов А. Б., Забелин С. Ф., Алымов М. И. Зависимость магнитных гистерезисных свойств $Fe - 30Cr - 8Co$ порошкового сплава от временных условий смешивания исходной шихты и температуры спекания // Учёные записки Забайкальского государственного университета. Сер. Физика, математика, техника, технология. 2018. Т. 13, № 4. С. 101–109. DOI: 10.21209/2308-8761-2018-13-4-101-109.

Victor A. Zelensky¹,

*Candidate of Physics and Mathematics, Leading Researcher,
A. A. Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science Russian Academy of Sciences
(49 Leninsky pr., Moscow, 119334, Russia),
e-mail: zelensky55@bk.ru*

Aleksey S. Ustyukhin²,

*Junior Researcher,
A. A. Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science Russian Academy of Sciences
(49 Leninsky pr., Moscow, 119334, Russia),
e-mail: fcbneo@yandex.ru*

Igor M. Milyaev³,

*Doctor of Engineering Science, Leading Researcher,
A. A. Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science Russian Academy of Sciences
(49 Leninsky pr., Moscow, 119334, Russia),
e-mail: imilyaev@mail.ru*

Alexey B. Ankudinov⁴,

*Senior Researcher,
A. A. Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science. Russian Academy of Sciences
(49 Leninsky pr., Moscow, 119334, Russia),
e-mail: zelensky55@bk.ru*

Sergey F. Zabelin⁵,

*Doctor of Engineering Science, Professor,
Transbaikal State University
(30 Aleksandro-Zavodskaya st., Chita, 672039, Russia),
e-mail: s.zabelin2012@yandex.ru*

Mikhail I. Alymov⁶,

*Doctor of Engineering Science, Professor,
A. A. Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science
Russian Academy of Sciences
(49 Leninsky Prospekt, Moscow, 119334, Russia),
e-mail: zelensky55@bk.ru*

The Dependence of Magnetic Hysteretic Properties of $Fe - 30Cr - 8Co$ Powder Alloy on the Temporary Blend Mixing Conditions and Sintering Temperature⁷

In present work hard magnetic $Fe - 30Cr - 8Co$ alloy was obtained by powder metallurgy method under different blend mixing time conditions. It was discovered that it's possible to obtain good magnetic hysteresis properties even at sintering temperature -1200 °C and blend mixing time not less than 15 minutes. Reduction of the mixing time to 1 minute results in a decrease of

¹A. V. Zelensky – preparing specimens, sintering, density measurements and analysis of experimental magnetic hysteresis properties data.

²A. S. Ustyukhin – pilot experiments.

³I. M. Milyaev – analysis and selection of techniques.

⁴M. I. Alymov – systematization of research materials.

⁵S. F. Zabelin – systematization of research materials, preparation of the manuscript.

⁶M. I. Alymov – systematization of research materials.

⁷The research was financially supported by the state assignment to Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science (Registration No. 007-00129-18-00) and grant of RFBR 18-03-00666-a.

and B_r by 5–10 %, and $(BH)_{max}$ to 20–25 %, which is apparently due to heterogeneity in the α -phase and larger pores in the material. Magnetic hysteresis properties of powder $Fe-30Cr-8Co$ alloy sintered at 1400 °C do not depend on the blend mixing time. In this case mixing during 1 minute is enough to obtain high-density technological material with high magnetic hysteresis properties.

Keywords: powder metallurgy, hard magnetic $Fe - Cr - Co$ alloys, mixing, sintering, magnetic hysteresis properties

References

1. Alymov M. I., Ankudinov A. B., Zelenskij V. A., Milyaev I. M., YUsupov V. S., Ustyuhin A. S. Vliyanie legirovaniya i rezhima spekaniya na magnitnye gisteresisnye svoystva Fe-Cr-Co poroshkovogo splava // Fizika i himiya obrabotki materialov. 2011. № 3. S. 34–38.
2. Alymov M. I., Ustyuhin A. S., Zelenskij V. A., Zabelin S. F. Issledovanie magnitnykh svoystv magnitotvyordogo $Fe-Cr-Co$ splava, poluchennogo po tekhnologii spekaniya s posleduyushchej goryachej prokatkoj // NANO-2016: materialy Vseros. konf. po nanomaterialam. M.: IMETiM RAN, 2016. S. 283–284.
3. Libman M. A. Magnitotvyordye splavy na osnove sistemy ZHelezo-Hrom-Kobal't // Materialovedenie. 2010. № 9. S. 58–64.
4. Ryapov I. V., Shacov A. A. Osobennosti legirovaniya, struktura i svoystva poroshkovogo magnitotvyordogo splava s povyshennymi ehkspluatatsionnymi harakteristikami // Perspektivnye materialy. 2009. № 1. S. 57–61.
5. Ustyuhin A. S., Alymov M. I., Milyaev I. M. Magnitnye gisteresisnye svoystva $Fe-26Cr-16Co$ poroshkovykh magnitotvyordykh splavov // Pis'ma o materialah. 2014. T. 4, № 1. S. 59–61.
6. Ustyuhin A. S., Ankudinov A. B., Zelenskij V. A., Milyaev I. M., Alymov M. I. Ehffekt povysheniya magnitnykh svoystv pri goryachej prokatke spechyonnogo poroshkovogo splava sistemy $Fe - Cr - Co$ // Doklady Akademii nauk. 2017. T. 476, № 6. S. 656–659.
7. Artamonov E. V., Libman M. A. and Rudanovskii N. N. Magnetically Hard Materials for the Motors of Synchronous Hysteresis Electric Motors // Steel in Translation. 2007. Vol. 37, No. 6. Pp. 547–551.
8. Belozеров E. V., Mushnikov N. V., Ivanova G. V. et. al. High-strength magnetically hard $Fe - Cr - Co - Based$ alloys with reduced content of chromium and cobalt // The Physics of Metals and Metallography. 2012. Vol. 113, No. 4. Pp. 319–325.
9. Belozеров E. V., Uimin M. A., Ermakov A. E. et. al. Effect of tungsten and gallium on the structure and magnetic and mechanical properties of $Fe - Cr - Co$ alloys // The Physics of Metals and Metallography. 2008. Vol. 106, No. 5. Pp. 472–480.
10. Green M. L., Sherwood R. C., Wong C. C. Powder metallurgy processing of $CrCoFe$ permanent magnet alloys containing 5-25 wt. Co. // J. Appl. Phys. 1982. Vol. 53, No. 3. Pp. 2398–2400.
11. Zhen Liang, Sun Xue-yin, Xu Cheng-yan et. al. Magnetic anisotropy in $Fe - 25Cr - 12Co - 1Si$ alloy induced by external magnetic field // Transactions of Non-ferrous Metals Society of China. 2007. Vol. 17. Pp. 346–350.

Received: May 15, 2018; accepted for publication June 26, 2018

Reference to article

Zelensky V. A., Ustyukhin A. S., Milyaev I. M., Ankudinov A. B., Zabelin S. F., Alymov M. I. The Dependence of Magnetic Hysteretic Properties of $Fe - 30Cr - 8Co$ Powder Alloy on the Temporary Blend Mixing Conditions and Sintering Temperature // Scholarly Notes of Transbaikal State University. Series Physics, Mathematics, Engineering, Technology. 2018. Vol. 13, No 4. PP. 101–109. DOI: 10.21209/2308-8761-2018-13-4-101-109.