

## Исследование особенностей прессования и вакуумного спекания порошковой смеси железо—кремний

Л. А. Сосновский, О. В. Власова, А. В. Миницкий

Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины,  
Киев, e-mail: oksanavlasova@ukr.net

*Исследовано уплотнение в разъемной пресс-форме модельной порошковой смеси состава (% (мас.)) 95Fe—5Si. Установлено, что добавление в смесь стеарата цинка устраняет разрушение цилиндрических брикетов из-за непропрессовки. Допрессовка отожженных брикетов увеличивает их плотность незначительно, вакуумное спекание — с ~6,3 до ~7,3 г/см<sup>3</sup>. Изучены магнитные характеристики спеченных брикетов в зависимости от технологии их получения. Предложен механизм спекания и усовершенствованная технология получения плотных порошковых изделий Fe—Si.*

**Ключевые слова:** железо, кремний, порошок, магнитомягкий, прессование, спекание, вакуум.

### Введение

Магнитомягкие сплавы железа и кремния [1, 2] изготавливают следующими методами: плавкой и литьем [2, 3], прессованием и спеканием порошков железа и кремния [4—6], силицированием спрессованных из порошка железа брикетов, проводимым как в виде отдельной операции, так и совмещенным со спеканием брикетов [7—9]. Каждый из указанных методов имеет свои технологические и экономические преимущества при изготовлении разных групп магнитомягких изделий, возможно сочетание разных способов. Наименее исследованы прессование и спекание смесей порошков железа и кремния для изготовления многих конструкционных магнитомягких деталей.

Цель работы — исследовать особенности прессования и спекания смеси порошка железа, содержащего 5% (мас.) кремния, с образованием прочных заготовок и деталей.

### Объекты и методика испытаний

Для изготовления смеси состава (% (мас.)) 95Fe—5Si\* использовали порошок железа марки ПЖРВ 200.28, кремния марки КР-1. По данным химического анализа, содержание кислорода в порошке кремния составляло ~1% (мас.). Распределение частиц (дисперсность) исходного порошка кремния приведено на рис. 1.

Прессование смеси проводили в разъемной пресс-форме диаметром 10 мм при давлении 700 МПа. Плотность брикетов определяли расчетным методом. Теоретическая плотность такой смеси составляет ~7,01 г/см<sup>3</sup>, объемное содержание кремния в смеси — ~15% (об.).

\*Здесь и далее составы смесей и брикетов приведены в % (мас.).

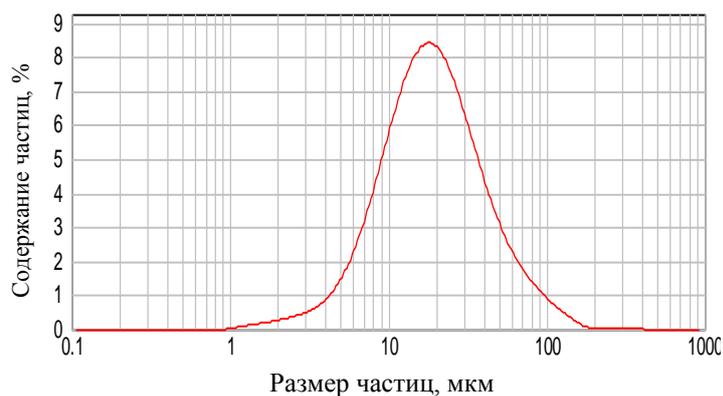


Рис. 1. Распределение частиц в исходном порошке кремния.

### Результаты исследований и их обсуждение

Установлено, что после прессования в срединной части брикетов имеет место зона непропрессовки, обуславливающая возникновение в брикетах кольцевой трещины, поэтому часть брикетов самопроизвольно распадалась. Плотность полученных брикетов составляла  $5,6—5,9 \text{ г/см}^3$  (пористость —  $\sim 18\%$ ). Для изготовления более прочных брикетов использовали смесь того же состава, но с добавкой  $0,8\%$  стеарата цинка, которую прессовали при давлениях  $200—700 \text{ МПа}$ . Допрессовку полученных брикетов проводили в той же пресс-форме. На рис. 2 приведены зависимости пористости брикетов одинаковой массы ( $\sim 8,3 \text{ г}$ ) состава  $(95\text{Fe}—5\text{Si}) + 0,8\%$  стеарата цинка от давления прессования, а также этих же брикетов после их допрессовки при  $700 \text{ МПа}$ . На рис. 2, б представлены зависимости пористости брикетов от давлений прессования  $200—700 \text{ МПа}$  из навесок различной массы (г):  $7,4; 7,7; 8,0; 8,3; 8,5; 8,7$  соответственно; после прессования брикеты были практически равной высоты.

Представленные данные свидетельствуют о том, что допрессовка брикетов при давлениях  $500—700 \text{ МПа}$  приводит к незначительному повышению их плотности. Сравнительно небольшие отличия в массе брикетов практически не влияют на пористость, которая зависит от других условий эксперимента. После прессования брикеты постепенно нагревали в водороде при температурах  $25—800 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $\sim 2,5 \text{ ч}$ ) и отожженные брикеты подвергали последующей допрессовке. В табл. 1 приведены данные

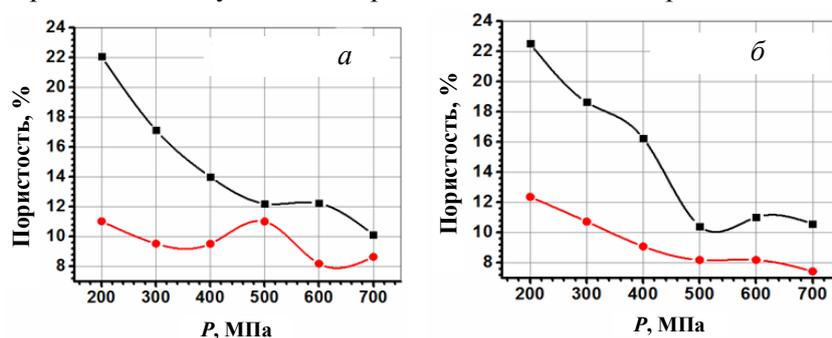


Рис. 2. Зависимости пористости брикетов состава  $(95\text{Fe}—5\text{Si}) + 0,8\%$  стеарата цинка от давления прессования (■) и тех же образцов после допрессовки при  $700 \text{ МПа}$  (●): а — брикеты равной массы  $8,3 \text{ г}$ ; б — брикеты неравной массы ( $7,4—8,7 \text{ г}$ ).

**Т а б л и ц а 1. Пористость и плотность брикетов из смесей, содержащих кремний, до и после их отжига и допрессовки**

Состав исходной смеси, % (мас.)	Пористость, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>
	Прессование при 700 МПа	
95Fe—5Si	14,62	5,98
(95Fe—5Si) + 0,8 стеарата цинка	9,28	6,11
	Отжиг в водороде при 25—800 °С	
95Fe—5Si	15,19	5,94
(95Fe—5Si) + 0,8 стеарата цинка	13,48	6,06
	Допрессовка при 700 МПа	
95Fe—5Si	9,91	6,31
(95Fe—5Si) + 0,8 стеарата цинка	8,77	6,39

плотности и пористости брикетов, полученных прессованием исследуемой смеси, не содержащей и содержащей стеарат цинка, и результаты допрессовки отожженных брикетов.

Установлено незначительное влияние стеарата цинка на повышение уплотняемости смеси, однако его введение увеличивает плотность центральной части и, соответственно, повышает прочность сырых брикетов, способствуя их сохранности. Допрессовка отожженных брикетов позволяет существенно снизить их пористость, что должно благоприятно отразиться на результатах их последующего спекания, которое проводили в вакууме при температурах 1190—1300 °С в открытых алундовых тиглях с использованием для сравнения брикетов из порошка железа, не содержащих кремния (табл. 2).

Приведенные в табл. 2 данные свидетельствуют о том, что спекание в вакууме приводит к значительному повышению плотности брикетов, содержащих кремний, при практической неизменности плотности брикетов, состоящих только из железа. При этом внешний вид — форма и шероховатость всех спеченных брикетов остались неизменными. Согласно известным данным [2], плотность литого сплава Fe—5Si составляет 7,55 г/см<sup>3</sup>. Таким образом, можно полагать, что при плотности спеченного брикета Fe—Si ~7,3 г/см<sup>3</sup> его пористость составляет менее 4%.

Установлена убыль массы спекаемых брикетов, ее потеря брикетами, содержащими кремний, выше, чем брикетами без кремния. Твердость брикетов, спеченных из порошка железа, настолько мала, что ее не удалось зафиксировать. Твердость допрессованных после отжига брикетов Fe—Si несколько выше, чем недопрессованных.

При температуре выше 1200 °С имеет место высокий прирост плотности образцов Fe—Si, достижение которого нуждалось в контрольной проверке. Для ее проведения прессовали брикеты при давлении 700 МПа из смесей составов: (95Fe—5Si) + 0,7% Zn стеар. и (94Fe—1Cu—5Si) + 0,7% Zn стеар. Полученные брикеты отжигали в водороде при 25—850 °С, после чего часть образцов подвергали допрессовке при 700 МПа в той же пресс-форме. В табл. 3 приведены плотность и пористость исходных, подвергнутых отжигу, а также отжигу и допрессовке брикетов.

**Т а б л и ц а 2. Плотность и твердость образцов спеченных в вакууме в течение 1 час при температуре 1190—1300 °С**

Состав (% (мас.))	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Твердость HRB	Убыль массы, % (мас.)
	Спекание 1 ч, 1190 °С		
Fe, прессование	6,13	—	0,2907
95Fe—5Si, прессование + + отжиг	6,86	83	0,2377
95Fe—5Si, прессование + + отжиг + допрессовка	7,05	89	0,5227
	Повторное спекание тех же образцов при 1230 °С		
Fe, прессование	6,16	—	0,0181
95Fe—5Si, прессование + + отжиг	7,14	93	0,1664
95Fe—5Si, прессование + + отжиг + допрессовка	7,25	95	0,1712
	Спекание 1 ч, 1250 °С		
Fe, прессование	—	—	
95Fe—5Si, прессование + + отжиг	7,08	89	
95Fe—5Si, прессование + + отжиг + допрессовка	7,26	95	
	Спекание 1 ч, 1300 °С		
Fe, прессование	6,14	—	0,3851
95Fe—5Si, прессование + + отжиг	7,15	93	0,5551
95Fe—5Si, прессование + + отжиг + допрессовка	7,3	94	0,6291
Повторное спекание тех же образцов в вакууме при 1300 °С			
Плотность и твердость образцов не изменились			

Примечание. Исходные брикеты указанных составов имели пористость 22,35; 15,19 и 8,77% и плотность 6,08; 5,94 и 6,39 г/см<sup>3</sup> соответственно.

Брикеты также спекали в вакууме при 1300 °С в течение различного времени. На рис. 3 представлены зависимости прироста плотности, потери массы брикетами при спекании и их твердости от продолжительности спекания. Данные подтверждают воспроизводимость активирующего воздействия кремния на спекание порошка железа. Потеря массы брикетов растет во времени и, вероятно, не может быть результатом только очистки железа от примесей внедрения.

Наличие кремния в спеченном железе существенно повышает твердость последнего, что обусловлено образованием в нем твердого раствора кремния. Возможно, что снижение твердости брикетов после 30 мин изотермической выдержки вызвано потерей ими кремния за счет испарения.

**Т а б л и ц а 3. Плотность и пористость исходных и отожженных брикетов**

Состав исходной смеси, % (мас.)	Обработка брикетов	Номер серии	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %
95Fe—5Si + 0,7Zn стеар.	Отжиг	1	6,09	13,90
	Отжиг + допрессовка	2	6,32	9,71
(95Fe—1Cu—5Si) + 0,7Zn стеар.	Отжиг	3	6,08	14,37
	Отжиг + допрессовка	4	6,33	9,70

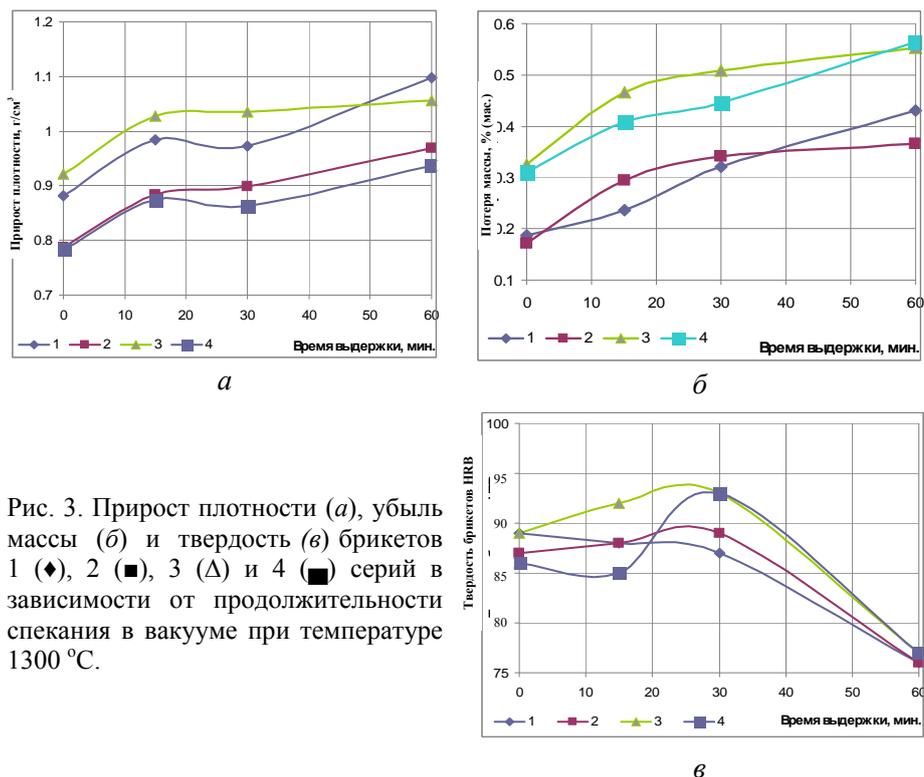


Рис. 3. Прирост плотности (а), убыль массы (б) и твердость (в) брикетов 1 (◆), 2 (■), 3 (Δ) и 4 (■) серий в зависимости от продолжительности спекания в вакууме при температуре 1300 °С.

Микрорентгеновский спектральный анализ на спектрометре (Jeol-787) спеченного брикета показал, что растворение частиц кремния в железе было неполным (рис. 4). Поскольку выбор использованного порошка кремния имел случайный характер, можно полагать, что применение монодисперсного (без укрупнений) порошка кремния может обеспечить его полное растворение в железе при спекании. Не исключено, что некоторое снижение твердости спеченных образцов при увеличении продолжительности спекания (рис. 4, в) обусловлено снижением количества нерастворившихся частиц кремния, повышающих твердость образующегося сплава Fe—Si, или снижением содержания кремния из-за его испарения из образцов.

Для более полного понимания особенностей спекания исследуемой смеси брали брикеты, полученные при разных давлениях, то есть брикеты, имеющие различную исходную пористость (31,25—16,03%). На рис. 5

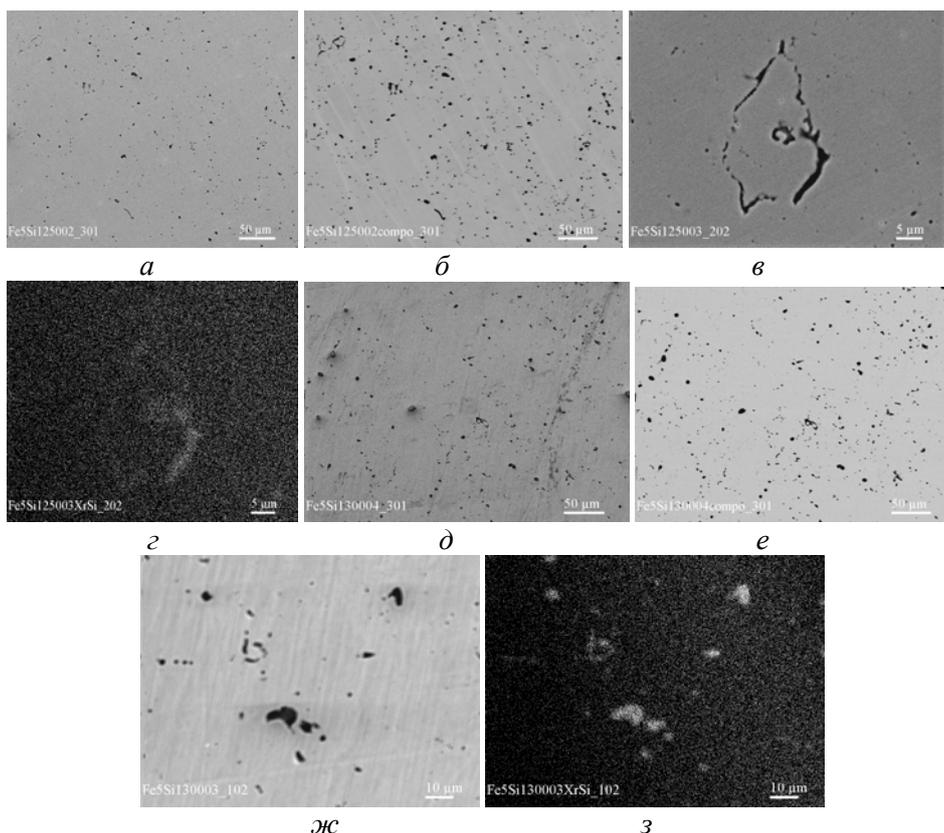


Рис. 4. Распределение кремния в брикетах, спеченных при температурах 1250 (а—г) и 1300 °С (д—з) в течение 1 часа.

приведены зависимости прироста плотности и пористости спеченных брикетов от давления их прессования. При давлениях 350—700 МПа обе характеристики практически близки. Намагниченность насыщения образцов определяли в постоянном магнитном поле величиной 600—650 кА/м с помощью электромагнита ФЛ-1А и миллитесламетра ТПУ, принцип работы которого основан на измерении ЭДС методом Холла, коэрцитивную силу — с помощью коэрцитиметра ИКС8-3 (рис. 6). Метод основан на определении величины обратного поля при достижении нулевого показания фиксирующего устройства в процессе размагничивания. Установлено закономерное влияние давления прессования, определяющее пористость брикетов, на эти характеристики. Аналогично

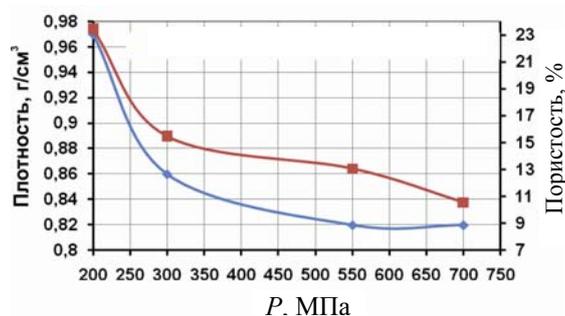
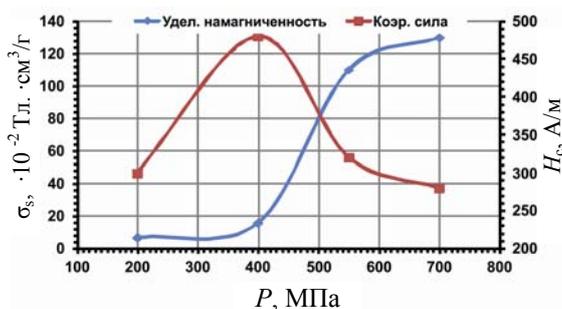


Рис. 5. Прирост плотности и пористость брикетов из смеси 95Fe—5Si, спеченных при 1300 °С, 1 ч в зависимости от давления их прессования: ♦, ■ — до и после спекания.

Рис. 6. Удельная намагниченность насыщения и коэрцитивная сила спеченных Fe—Si брикетов.



определяли эти характеристики для брикетов, ранее спеченных из порошка железа и смеси Fe—Si. Получены следующие значения.

- |  |   |
|--|---|
| 1. Спекание 1 ч при 1250 °С:                                 | 2. Спекание 1 ч при 1300 °С:                                |
| Fe — 140·10 <sup>-2</sup> Тл·см <sup>3</sup> /г; 400 А/м,    | Fe — 155·10 <sup>-2</sup> Тл·см <sup>3</sup> /г; 320 А/м,   |
| Fe—Si — 145·10 <sup>-2</sup> Тл·см <sup>3</sup> /г; 380 А/м. | Fe—Si — 65·10 <sup>-2</sup> Тл·см <sup>3</sup> /г; 360 А/м. |

При сравнении этих данных следует учесть, что пористость спеченных брикетов из порошка железа составляла не менее 20%, пористость брикетов из смеси Fe—Si не превышала 5%. Спектральный анализ поверхности этих брикетов показал, что они содержат следующее количество кремния (% (мас.)): в первом случае — Fe — 0,48; Fe—Si — 5,01, во втором — Fe — 2,1; Fe—Si — 4,84.

Таким образом, можно констатировать, что спекаемые брикеты Fe—Si являются генераторами паров кремния, взаимодействующих с расположенными рядом брикетами из железа; осуществлялся парофазный транспорт кремния, наличие которого нуждается в надежном подтверждении. Контрольную проверку проводили на образцах составов 100Fe, 95Fe—5Si, полученных из брикетов, подвергнутых прессованию, отжигу и допрессовке при 1000 и 700 МПа и последующему спеканию при температуре 1300 °С в течение 1 ч. Эти данные подтвердили и наличие переноса кремния из образцов сплава Fe—Si на образцы железа.

Результаты прессования и допрессовки брикетов свидетельствуют о высоком внешнем контактом трении [10] использованной модельной смеси Fe—Si. Эта особенность обусловила недостаточную плотность полученных брикетов и их существенную неравноплотность по высоте. Поскольку наиболее целесообразно изготовление достаточно плотных брикетов для вакуумного спекания в одну операцию, то, учитывая известные данные [11], можно предположить следующие особенности их возможного получения.

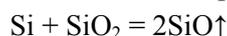
**Т а б л и ц а 4. Магнитные характеристики образцов разных составов, спеченных при температуре 1300 °С, 1 ч**

Состав исходных брикетов, % (мас.)	Плотность допрессованных брикетов, г/см	Плотность спеченных в вакууме брикетов, г/см <sup>3</sup>	Убыль массы брикетов при спекании, % (мас.)	Поверхностное содержание кремния в образцах по данным спектрального анализа, % (мас.)	Твердость HRB	Намагниченность насыщения, Тл·см <sup>3</sup> /г	Коэрцитивная сила, А/м
Fe	7,39	7,53	0,5061	0,281	23	155	475
95Fe—5Si	6,35	7,36	0,6958	4,84	92	165	300

Проведение прессования только в смазанной пресс-форме может снизить внешнее контактное трение и сделает возможной замену разъемной пресс-формы на неразъемную, а также повысить дисперсность порошка железа, то есть более тщательную ее “подгонку” под дисперсность порошка кремния. В совокупности это может позволить не вводить в смесь стеарат цинка или другую смазку.

Согласно результатам спекания, максимальный прирост плотности прессовок из смеси Fe—5% Si достигает  $\sim 1 \text{ г/см}^3$ , то есть имеет место активация спекания железа кремнием. Абсолютный прирост плотности косвенно свидетельствует об участии жидкой фазы в процессе спекания. По нашим предположениям, процесс спекания уплотненной смеси Fe—Si, включает следующие последовательные стадии.

1. Ювенилизация поверхности частиц кремния реализуется посредством удаления барьерной пленки  $\text{SiO}_2$  с их поверхности в результате протекания реакции её самовосстановления кремнием по реакции



с образованием монооксида кремния, имеющего (сравнительно с  $\text{SiO}_2$ ) более высокое равновесное давление пара и, соответственно, испаряющегося с поверхности частиц. Спекание в вакууме сдвигает равновесие в сторону образования  $\text{SiO}$ . Эта реакция используется практически и для получения монооксида кремния [12].

2. Контактное плавление, протекающее на границе контакта железа и кремния, то есть превращение твердых контактов в жидкофазные. Несмотря на то, что, согласно диаграмме состояния, сплав железа с 5% (мас.) кремния является твердым раствором до температуры  $1400 \text{ }^\circ\text{C}$ , контактное плавление в системе Fe—Si, по имеющимся данным [13, 14], является вполне вероятным. Согласно диаграмме состояния Fe—Si [1], гарантированным условием контактного плавления является проведение спекания выше температур  $1207\text{—}1212 \text{ }^\circ\text{C}$ .

3. Более плотная переукладка частиц железа под воздействием капиллярных сил.

4. Изотермическая кристаллизация расплава в результате диффузии кремния в железо из расплава, протекающей быстро ввиду очень высокой скорости диффузии кремния в железе [15].

Такой предполагаемый жидкофазный механизм спекания может быть эффективно реализован только при протекании указанной реакции, приводящей к эвакуации  $\text{SiO}_2$  из объема прессовок.

Несмотря на достижение высокой плотности образцов в результате спекания, возникает вопрос, можно ли полагать спекание активированным. Сравним стартовые и конечные данные.

Теоретическая плотность исходной смеси Fe—5% Si составляет  $7,001\text{—}7,026$ ; плотность и пористость брикета после допрессовки —  $\sim 6,3 \text{ г/см}^3$  ( $\sim 10\%$ ). Конечная плотность литого (компактного) сплава Fe—5Si —  $7,55 \text{ г/см}^3$ , плотность спеченного при  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$  брикета составляет  $\sim 7,3 \text{ г/см}^3$ , что соответствует пористости  $\sim 4\%$ .

Таким образом, прирост плотности при спекании равен  $\sim 1 \text{ г/см}^3$  и его можно характеризовать как высокий. Но пористость при этом снижается не столь впечатляюще — на  $\sim 6\%$ . Исходя из существенного прироста плотности, процесс спекания можно охарактеризовать как

активированный, однако сравнительно небольшое снижение пористости может поставить под сомнение корректность такого определения. По-видимому, подтверждением корректности определения “активированное” является небольшое повышение плотности при увеличении длительности спекания (рис. 3, а), свидетельствующее о быстром (активированном) протекании начальной фазы процесса спекания.

Известно, что предел прочности и текучести литых сплавов железо—кремний возрастает с повышением содержания кремния до 2,5% (мас.). Проведенные эксперименты показали, что вакуумное спекание при температуре 1300—1370 °С брикетов из смесей порошка железа с 2,5—4,5% (мас.) Si позволяет получить прочные магнитомягкие материалы с низкой пористостью.

### Выводы

Введение стеарата цинка в порошковую смесь состава (% (мас.)) 95Fe—5Si позволяет устранить самопроизвольное разрушение брикетов в их срединной зоне непропрессовки.

Отгонка стеарата цинка при температурах 25—850 °С из брикетов и последующая их допрессовка при максимальном давлении прессования (700 МПа) незначительно повышают плотность брикетов.

Вакуумное спекание при температуре 1300 °С обеспечивает повышение плотности брикетов на ~1 г/см<sup>3</sup> и снижение пористости на ~6 %.

Процесс спекания брикетов протекает быстро при нагреве до температуры 1300 °С, последующая изотермическая выдержка приводит к незначительному повышению плотности.

При вакуумном спекании брикетов пленка SiO<sub>2</sub> удаляется с поверхности частиц кремния. Далее протекает контактное плавление на границах частиц кремния и железа, кратковременное жидкофазное спекание брикетов, после чего происходит изотермическая кристаллизация расплава.

Данные по прессованию брикетов позволяют усовершенствовать процесс их одностадийного прессования с целью получения плотности, необходимой для вакуумного спекания.

Магнитные характеристики спеченных брикетов свидетельствуют о практической целесообразности технологического усовершенствования исследованного процесса.

1. *Диаграммы состояния двойных сплавов на основе железа: (Справ.)* / Под ред. О. Кубашевского. — М.: Металлургия, 1985. — 184 с.
2. *Бозорт Р.* Ферромагнетизм. — М.: ИЛ, 1956. — 784 с.
3. *Гудремон Э.* Специальные стали. Т. II. — М.: Металлургия, 1966. — С. 744—1274.
4. *Аксенов Г. И.* Исследование магнитомягких металлокерамических сплавов системы Fe—Si / Г. И. Аксенов, Ю. П. Орехов // *Физика металлов и металловедение.* — 1961. — **12**, вып. 2. — С. 183—187.
5. *Кузнецов И. А.* Физико-механические свойства и структура порошковых материалов системы Fe—Si / [И. А. Кузнецов, Г. А. Дорогина, Э. С. Горкунов и др.] // Там же. — 2006. — **101**, № 3. — С. 272—279.
6. *А. с. 2007105780/02.* Способ получения магнитомягких материалов / [Э. С. Горкунов, Г. А. Дорогина, И. А. Кузнецов и др.]. — Ин-т металлургии Уральского отделения РАН. — Оpubл. 20.08.2008.

7. А. с. 714518. Способ изготовления магнитомягкого материала на основе Fe / А. Н. Малаховский, С. В. Михайлик. — Оpubл. 07.02.80. БИ № 5.
8. Пат. 203085 РФ. Способ изготовления магнитомягкого материала / К. И. Первухин. — Оpubл. 10.03.1995.
9. Ворошнин Л. Г. Химико-термическая обработка металлокерамических материалов / [Л. Г. Ворошнин, Л. С. Ляхович, Л. Г. Ловшенко, Г. Ф. Протасевич и др.]. — Минск : Наука и техника, 1977. — 272 с.
10. Аксенов Г. И. Основы порошковой металлургии. — Куйбышевское кн. изд-во, 1962. — 189 с.
11. Федорченко И. М. Порошковая металлургия / И. М. Федорченко, Р. А. Андриевский. — К. : Изд-во АН УССР, 1961. — 403 с.
12. Пат. 2207979 РФ. Способ получения монооксида кремния и установка для его получения / Г.-Н. Б. Дандарон, Ц. В. Ранжуров, М. М. Балданов. — Оpubл. 10.07.2003.
13. Залкин В. М. Природа эвтектических сплавов и эффект контактного плавления. — М. : Металлургия, 1987. — 152 с.
14. Быхоня А. Ф. Контактное взаимодействие карбида кремния с некоторыми переходными металлами / [А. Ф. Быхоня, М. А. Илющенко, В. Н. Кашеев, К. В. Савицкий] // Поверхностные явления в расплавах. — Киев : Наук. думка, 1968. — С. 459—462.
15. Физико-химические свойства элементов: (Справ.) / Под ред. Г. В. Самсонова. — М. : Металлургия, 1965. — 807 с.

### **Дослідження особливостей пресування і вакуумного спікання порошкової суміші залізо—кремній**

Л. О. Сосновський, О. В. Власова, А. В. Мініцький

*Досліджено ущільнення в роз'ємній прес-формі модельної порошкової суміші складу (% (мас.)) 95Fe—5Si. Встановлено, що додавання в суміш стеарату цинку усуває руйнування циліндричних брикетів через непропресовку. Допресовка відпалених брикетів незначно збільшує їх щільність, вакуумне спікання — з ~6,3 до ~7,3 г/см<sup>3</sup>. Досліджено магнітні властивості спечених брикетів залежно від технології їх отримання. Описаний можливий механізм спікання і запропоновано удосконалену технологію отримання щільних порошкових виробів Fe—Si.*

**Ключові слова:** залізо, кремній, порошок, магнітом'який, пресування, спікання, вакуум.

### **The study of the characteristics of pressing and vacuum sintering of the powder mixture of iron—silicon**

L. A. Sosnovsky, O. V. Vlasova, A. V. Minitsky

*The compaction in a detachable mold of a model powder mixture of composition (% (mass.)) 95Fe—5Si was investigated. It was established that adding zinc stearate to the mixture eliminates the destruction of cylindrical briquettes due to non-pressing. Suppression of annealed briquettes increases their density slightly. Vacuum sintering of briquettes increases their density from ~6,3 to ~7,3 g / cm<sup>3</sup>. The magnetic characteristics of sintered briquettes are investigated depending on the technology of their production. The proposed sintering mechanism is described and an improved technology for producing dense Fe—Si powder products is proposed.*

**Keywords:** iron, silicon, powder, magnetically soft, pressing, sintering, vacuum.