

УДК: 622.7:669.046.52.001.5

**В.А.Носков, Б.Н.Маймур, В.И.Петренко, С.В.Ващенко, В.В.Крюков,
А.Т.Лебедь**

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ ОТСЕВОВ СИЛИКОМАНГАНЦА

Изучено влияние вида связующих добавок на свойства брикетов из отсева силикомарганца. Проанализирована перспективность использования известных разрабатываемых связующих.

Анализ последних достижений.

На ОАО «Никопольский завод ферросплавов» с августа 2003 г. эксплуатируется комплекс брикетирования ферросплавной мелочи, созданный по технологическому регламенту, разработанному Институтом черной металлургии. Регламентом предусмотрено брикетирование отсевов с использованием двух видов связующих, испытанных до начала проектирования комплекса – органического связующего (ОС) и жидкого стекла (ЖС) [1]. В настоящее время основным вариантом производства является брикетирование мелкофракционного (0–6 мм) силикомарганца на ОС. Органическое связующее очень технологично в применении, придает брикетируемой шихте высокую пластичность, обеспечивает высокие прочностные свойства сырых и высушенных брикетов.

В то же время цены на ОС (в качестве которого используются мука низших сортов, отходы мукомольного производства) подвержены существенным колебаниям. При длительном хранении этих материалов могут иметь место явления слеживания, затрудненной выдачи из бункеров. Передозировка ОС в шихту может привести к повышенному содержанию углерода в брикетах, которое, как правило, ограничивается потребителями на уровне 2,5 %. Для создания условий стабильной работы установки брикетирования необходимо иметь возможность перехода на другие виды связующих без существенных изменений существующей технологической линии. Поэтому для исследователей и производителей, занимающихся брикетированием отсевов SiMn, вопросы поиска и опробования других видов связующих имеют важное практическое значение.

Постановка задачи.

Среди многообразия органических и неорганических веществ только относительно небольшое их число может быть использовано в качестве связующих для брикетирования силикомарганца. При выборе связующих должны учитываться не только их хорошие вяжущие свойства, от которых зависят прочностные показатели брикетов, но и уровень обеспечения связующими влажостойкости и термостойкости, отсутствие в их составе вредных примесей, экологическая безопасность. Кроме того, они должны быть дешевыми, недефицитными и обеспечиваться ресурсами Украины.

Для конкретных условий брикетного комплекса НЗФ связующие должны обеспечивать химический состав брикетов согласно требований ДСТУ на ферросиликомарганец марки МНС 17 с содержанием углерода не более 2,5 % и серы до 0,03 %.

Изложение основных материалов исследования.

В данной работе при брикетировании отсева SiMn были, кроме вышеупомянутых ЖС и ОС, опробованы в качестве связующих ряд других веществ. В частности, использовали отходы производства:

1. лигносульфонат технический (ЛСТ) – отход переработки древесины в целлюлозу; ЛСТ может применяться как в жидком, так и в порошкообразном виде;
2. мелассу – отход сахарного производства;
3. сульфатное мыло – отход целлюлозно–бумажного производства.

Применяли также новую, разработанную в ИЧМ связку, состоящую из раствора натриевых мыл жирных кислот с добавками оксида кальция и железного купороса. Упрочнение брикетов на этой связке происходит в результате химических реакций между компонентами связующего и брикетируемого материала при вылеживании в естественных условиях, т.е. не требуется термическая сушка и сопровождающие ее дополнительные энергозатраты.

Резервом снижения содержания углерода в брикетах при работе на ОС является снижение его содержания в шихте по сравнению с принятым сейчас на НЗФ количеством – 3,0–3,5 мас. %. Поэтому были оценены прочностные свойства брикетов на ОС при существенном уменьшении доли связующего (до 1,5 %). Анализ показывает, что применение каждой из указанных связок имеет свои достоинства и недостатки и позволяет достичь определенных качественных характеристик брикетов. Об этом свидетельствуют результаты экспериментальных исследований.

Методика исследования.

Эксперименты по исследованию уплотнения шихт, отработке режимов получения прессовок на лабораторной установке и брикетов на экспериментальном валковом прессе проводили с использованием методик и оборудования, описанных ранее [2,3]. Сравнительную оценку прочностных свойств сырых и высушенных прессовок, а также прессовок, испытанных на термостойкость (путем помещения на 10 мин. в муфельную печь, нагретую до 900⁰С) производили по величине прочности на сжатие ($\sigma_{сж.}$) при приложении разрушающего усилия к торцевой поверхности образцов диаметром 30 и высотой 18 мм. В опытах использовали отсев силикомарганца НЗФ крупностью 0–6 мм. Гранулометрический состав материала был следующим: 0–1 мм – 34,96 %; 1–2 мм – 21,55 %; 2–3 мм – 17,69 %; 3–5 мм – 23,89 %; 5–7 мм – 1,91 %.

По данным химлаборатории НЗФ, в отсеве содержалось 71,3 % Mn; 17,8 % Si; 1,7 % C; 0,15 % P; 8,4 % Fe. Характеристики шихт и прессовок из отсева SiMn с различными связующими приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики шихты и прессовок из отсева SiMn с различными связующими ($P_{пр.} = 100$ МПа)

№	Характеристики шихты			Характеристики сырых прессовок		Характеристики прессовок, упрочненных термической сушкой		
	Вид связующего	Компонентный состав шихты, мас. %	Насыпная плотность, г/см ³	Плотность, г/см ³	$\sigma_{сж.}$, кг/обр.	Температура сушки, °С	Продолжительность сушки, мин.	$\sigma_{сж.}$, кг/обр.
1.	Органическое	97 % SiMn + 3 % ОС	1,93	4,40	375	150	60	3015
2.	Органическое	98,5 % SiMn + 1,5 % ОС	2,06	4,46	340	150	60	1740
3.	Жидкое стекло ($\rho=1,38$)	95 % SiMn + 5 % ЖС	2,42	4,78	95	150	60	690
4.	Лигно-сульфонат технический (порошковый)	99 % SiMn + 1 % ЛСТ		4,97	265	150	60	1800
5.	Меласса	97 % SiMn + 3 % М	2,30	4,80	212	150	60	2664
6.	Мыло сульфатное	96 % SiMn + 4 % МС	2,20	4,60	373	130	120	970 (растрескивание)
7.	Мыло жирных кислот (5%-ное) + FeSO ₄ + CaO	94 % SiMn + 3,5 % МЖК + 2 % FeSO ₄ + 0,5 % CaO	2,35	4,77	230	130	90	840

Из табл.1 следует, что резкого различия в плотности сырых прессовок не наблюдается. Наименее прочными в сыром виде являются прессовки на ЖС. Следовательно, в технологической линии производства к сырым брикетам на ЖС необходимо применять щадящий режим их рассева и транспортировки на сушку. Наиболее прочными являются прессовки на ОС. Даже при уменьшении количества ОС вдвое (с 3,0 до 1,5%) $\sigma_{сж.}$ их как в сыром, так и в высушенном виде остается высокой. Хорошие результаты получены при использовании ЛСТ. При введении в шихту всего 1 % порошка ЛСТ обеспечивается не только высокая прочность прессо-

вок, но также высокая термостойкость ($\sigma_{\text{сж.}} = 1670$ кг/образец) и влагостойкость ($\sigma_{\text{сж.}} = 780$ кг/образец). Влагостойкость оценивали по $\sigma_{\text{сж.}}$ прессовок, выдержанных в течение суток в воде. При высокой прочности прессовок на мелассе вопросы их термостойкости и влагостойкости требуют дополнительного исследования. Достаточно высокими прочностью и влагостойкостью обладают прессовки на связке из мыл жирных кислот. При этом более эффективным, чем сушка, является их упрочнение при вылеживании в естественных условиях. Так, $\sigma_{\text{сж.}}$ прессовок после вылеживания в течение суток достигает 1200 кг/ образец, а после 3–х суток – 1830 кг/ образец. Термостойкость достигает 1100–1200 кг/ образец.

Из большинства составов, приведенных в табл.1, на экспериментальном валковом прессе были получены пробные партии брикетов «пельменеобразной» формы объемом 10,5–11,0 см³. Все они удовлетворительно противостояли ударным нагрузкам, сохраняли целостность при испытании на термостойкость. Химический анализ брикетов, выполненный в лаборатории НЗФ, приведен в табл. 2. Именно химический анализ и является определяющим фактором оценки применимости опробованных связующих в технологии производства брикетов из отсевов SiMn. Так, использование сульфатного мыла становится весьма проблематичным вследствие внесения в брикеты повышенного содержания углерода. Дешевая связка на основе натриевых мыл жирных кислот является источником повышения серы сверх регламентированных 0,03 %.

Таблица 2. Химический состав брикетов

№ п	Компонентный состав шихты	Содержание в брикетах, мас, %										
		Mn	Si	C	S	P	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Fe	W
1	98,5% SiMn+ 1,5% ОС (ржано–пшеничная мука)	70,40	16,9	1,9	0,02	0,18	0,16	0,15	0,6	0,03	7,1	1,3
2	98,5% SiMn+ 1,5% ОС (кукурузная мука)	71,10	17,3	1,9	0,02	0,17	0,26	0,16	0,3	0,03	6,5	1,1
3	96 % SiMn+4% CM	68,30	16,7	2,8	0,02	0,09	0,43	0,23	0,9	0,04	7,7	1,4

4	99 % SiMn+1% ЛСТ (порош- ко-вого)	69,9	16,8	2	0,03	0,12	0,23	0,15	0,4	0,03	7,5	0,5
5	94 % SiMn+3,5 % МЖК (8%) + 2 % FeSO ₄ + 0,5 % CaO	69,6	16,8	1,9	0,06	0,08	0,23	0,16	2,4	0,09	6,9	0,9
6	94 % SiMn+3,5 % МЖК (5%) + 2 % FeSO ₄ +0,5 % CaO	69,9	16,9	1,6	0,07	0,14	0,31	0,19	1,4	0,07	6,9	1,1

С точки зрения как приемлемого химического состава, так и потребительских свойств брикетов альтернативой применяемому в качестве основного органическому связующему может служить ЛСТ. Анализ показывает, что его применение не требует изменений в технологической схеме и схеме цепи аппаратов для получения силикомарганцевых брикетов. По предварительным расчетам, такая замена будет экономически оправданной. Другой перспективной связкой, при более детальной доработке технологии, может оказаться меласса. Будучи в 2,5–3 раза дешевле ОС, она достаточно технологична в применении.

Наряду со всеми упомянутыми выше факторами, влияющими на выбор связующих, обязательно должна учитываться и «жесткость» шихты, определяющая давление прессования и влияющая на износ формующих элементов валков брикетного пресса. В каждом конкретном случае необходимо стремиться к оптимальному варианту связующего, которое обеспечивает высокие потребительские свойства брикетов, технологичность и экономичность процесса их производства.

Выводы.

Таким образом, разработка новых, расширение возможностей применения известных связующих добавок являются необходимой и важной составной частью создания и промышленного внедрения технологий брикетирования мелкофракционных материалов.

1. *Опытно–промышленное* опробование брикетов из отсевов силикомарганца при выплавке среднеуглеродистого ферромарганца / В.А.Носков, Б.Н.Маймур, В.И.Петренко и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2003. – № 1. – С. 144–146.
2. *Научно–методические* основы определения характеристик и режимов процесса брикетирования мелкофракционных материалов / В.А.Носков, Б.Н.Маймур, В.И.Петренко и др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб. науч. тр. – Вып. 5. – 2000. – С.344-347.
3. *Экспериментальные* исследования основных параметров и режимов брикетирования мелкофракционных техногенных отходов в валковых прессах / В.А.Носков, Б.Н.Маймур, В.И.Петренко и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1999. – № 6. – С. 104–107.

Статья рекомендована к печати д.т.н, проф. Жучковым С.М..