

Проценко Е. Л., аспирант,
Жуковский Т. Ф., канд. техн. наук

НИУ «Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ МЕЛКОФРАКЦИОННОЙ ПЫЛИ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИЦИЯ

Elana_eco88@mail.ru

Отходы металлургической промышленности (мелкофракционная пыль, уловленная в пылегазоочистных аппаратах и аспирационных установках, отсеиваемые ферросплавы и др.) являются вторичными источниками загрязнения атмосферного воздуха. Рециклинг промышленных отходов при производстве ферросплавов с каждым годом становится все более актуальным. Для уменьшения количества мелкофракционной пыли при производстве ферросилиция разработан способ ее окускования для повторного использования. В статье приведены результаты исследований по брикетированию пыли, образующейся при выплавке ферросилиция методом электрошлакового переплава на ООО «Экологическая инициатива» (г. Алмазная, Луганская область). Эксперименты проводили с использованием различных связующих добавок на лабораторной установке и в промышленных условиях на двухвалковом прессе на ООО «Конкрет» (г. Днепродзержинск, Днепропетровская область). В опытно-промышленных условиях исследована возможность и определены оптимальные параметры прессования пыли. Из пылевидных отходов в промышленных условиях получена опытная партия брикетов, которая использована в составе шихтовых материалов при выплавке ферросилиция в печах постоянного тока.

Ключевые слова: пыль, ферросилиций, рециклинг, исследование, брикетирование, связующая добавка, опытная партия брикетов.

Введение. Характерной особенностью производства ферросилиция является образование значительного количества промышленных отходов (аспирационной пыли, шлаков, шламов, отсеиваемых ферросилиция), возвращение которых в хозяйственный оборот – существенный источник вторичных сырьевых ресурсов, снижения затрат на предварительную подготовку руды и получения исходных материалов, увеличения степени извлечения ценных компонентов и обеспечения охраны окружающей природной среды и человека. Рециклинг мелкодисперсной пыли, уловленной в пылегазоочистных и аспирационных установках, имеет экономическое, экологическое и социальное значение [1, 2].

В Украине ферросилиций выплавляют, в основном, по традиционной технологии на ПАО «Запорожский завод ферросплавов» и ПАО «Стахановский завод ферросплавов». На этих предприятиях выплавку FeSi осуществляют рудовосстановительным методом [3].

ООО «Экологическая инициатива» (ООО «ЭКИНА») специализируется на переработке шлаков, образующихся при выплавке ферросилиция на ПАО «Стахановский завод ферросплавов».

На ООО «ЭКИНА» кремнийсодержащие шлаки после предварительной подготовки (дробления, грохочения, отсева) перерабатывают методом электрошлакового переплава (ЭШП) в печах постоянного тока с получением высококачественного ферросилиция с низким

содержанием «вредных» компонентов (фосфора, серы, углерода). В процессе выплавки FeSi происходит образование и накопление мелких фракций (0 – 5 мм) аспирационной пыли и пыли, уловленной в пылегазоочистной установке (ПГУ). Ежегодно на предприятии при переработке шлаков образуется 20 – 30 т пыли.

Повторное использование пыли без предварительной подготовки (окускования) при производстве FeSi в печах постоянного тока ухудшает качество выплавляемого ферросплава; из-за отсутствия прочного сцепления между частицами пыли, их мелкодисперсности и повышенной температуры газоздушных потоков от печи, значительно увеличивается количество твердых взвешенных частиц (ТВЧ), выбрасываемых в атмосферу. Повышенный пылеунос вызывает ухудшение показателей работы технологического оборудования, условий труда, загрязнение окружающей среды и превышение нормативных показателей по выбросам ТВЧ, установленных в Украине.

Кроме того, при разгрузке бункеров, погрузки аспирационной пыли в транспорт и ее хранении на территории предприятия либо на отвальных полигонах появляются неорганизованные вторичные источники пылевыведения.

Прогрессивными методами снижения вторичных пылевыведений, улучшения экологической обстановки на предприятии и повышения степени использования кремнийсодержащего сырья, является брикетирование пыли на пресс-

сах или ее окомкование на чашевых грануляторах [1, 4, 5, 6].

В Украине и за рубежом традиционным достаточно эффективным способом окускования отходов металлургического производства считается их брикетирование и дальнейшее использование в ферросплавных и доменных печах [6, 7].

Исследования по оценке образования вторичных пылеобразных отходов при переработке шлаков методом ЭШП в печах постоянного тока и возможности их повторного применения при выплавке FeSi не проводились.

Методика. В 2011 году специалистами ООО «ЭКИНА» принято решение о разработке способа брикетирования мелкофракционной пыли с последующей переработкой материала по принятой на предприятии технологии при производстве ферросилиция. При выборе метода окускования пыли основными требованиями к свойству и составу брикетов были:

- брикеты должны быть достаточно прочными, для исключения их разрушения при транспортировке и перегрузочных операциях;
- технологические требования к брикетам;
- использование в качестве связующего компонентов, которые используются на предприятии и не содержат вещества, отрицательно влияющие на качество конечного продукта (ферросилиция) при использовании брикетов, и экологически безопасные для окружающей среды.

Целью работы является выбор связующей добавки и экспериментальное определение оптимальных технологических параметров процесса брикетирования мелкофракционной пыли производства ферросилиция в печах постоянного тока, разработка технических предложений и организация получения брикетов в промышленных условиях.

Исследование процесса брикетирования мелкофракционной пыли ООО «ЭКИНА» и получение опытной партии брикетов в промышленных условиях осуществляли на ООО «Конкрет» (г. Днепропетровск) с использованием методик и существующего лабораторного и промышленного оборудования.

Выполнение исследований проводили в 2 этапа:

I. Экспериментальные исследования процесса прессования пыли со связующими добавками в цилиндрической пресс-форме с целью определения оптимальных параметров брикетирования и установления зависимости прочности брикетов от давления прессования, количества связующей добавки и влажности исходного материала. Схема лабораторной установки представлена на рис. 1.

Опыты по брикетированию проводили в лабораторных условиях на ООО «Конкрет» с использованием гидравлического пресса ПСУ – 50 с диапазоном измеряющих усилий $0 \div 50$ т с относительной погрешностью $\pm 2\%$ от измеряемой нагрузки.

После прессования сырые прессовки подвергались упрочнению термической сушкой при температуре $110 - 150$ °С в течении $60 - 120$ мин до влажности $1 - 2\%$.

II. Экспериментальная проверка результатов лабораторных исследований и уточнение параметров брикетирования на промышленном двухвалковом прессе.

Основная часть.

На ООО «ЭКИНА» были отобраны представительные пробы мелкофракционной пыли, уловленной в ПГУ (фильтр Немцова), и аспирационной пыли, осевшей на дне дымовых труб. В них содержится основных компонентов, в % масс.: Si + SiO₂ – $55,85 \div 56,36$; Fe+Fe₂O₃ – $28,06 \div 28,30$; CaO – $14,3 \div 15,31$.

Анализ дисперсного состава пыли показал, что содержание частиц > 1 мм в аспирационной пыли составляет не более 10% . Основная масса ($\approx 90\%$) – фракция $0 - 1$ мм. Средний медианный размер частиц этой пыли $0,2 - 0,4$ мм. Фракция $0 - 1$ мм удовлетворяет требованиям к проведению эффективного уплотнения при прессовании.

Исходя из прогнозных требований к свойствам и составу брикетов, предназначенных для повторного вовлечения их в производство, в качестве добавки к шихтовым материалам при выплавке ферросилиция, были проанализированы возможные связующие добавки с учетом вязущих свойств, технологичности применения и доступности.

Ранее были проведенных эксперименты по брикетированию пыли производства ферросилиция с использованием в качестве связующего гашеной извести (ГИ) и органического связующего (ОС). В ходе экспериментальных исследований установлено, что применение ОС позволяет получать прочные сырые брикеты, которые обладают достаточной механической прочностью до попадания в печь постоянного тока. Однако при термообработке при повышенных температурах брикеты будут разрушаться, в основном, превращаясь в пыль [6]. Поэтому дальнейшие исследования были направлены на поиск иных связующих, совершенствование способов сушки брикетов, а также адаптацию полученных данных к условиям промышленного производства.

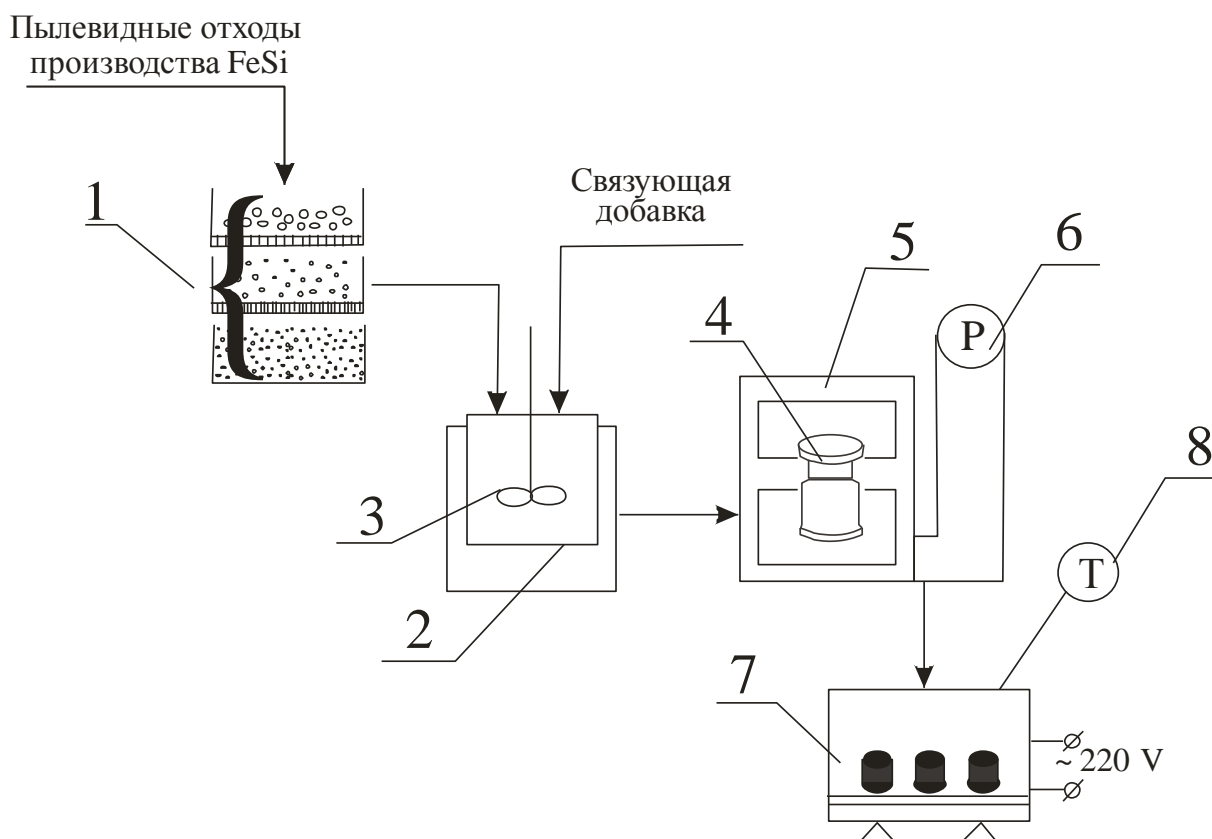


Рис. 1. Схема лабораторной установки по прессованию мелкофракционной пыли ООО «ЭКИНА»
1 – набор сит; 2 – смеситель; 3 – мешалка; 4 – пресс – форма; 5 – гидравлический пресс ПСУ-50;
6 – манометр; 7 – сушильный шкаф; 8 – термометр

В рамках данной работы в качестве связующих добавок к кремнийсодержащей пыли производства ферросилиция были использованы жидкое стекло (ЖС) и ОС (низкосортная мука). Шихту с ЖС прессовали непосредственно после смешивания компонентов. Шихту с ОС перед прессованием подвергали тепловой обработке.

Для оценки возможностей промышленного производства брикетов из кремнийсодержащей пыли производства FeSi были выполнены лабораторные исследования условий их получения и определена их прочность.

На основании ранее проведенных исследований [8] установлено, что механическая прочность на сжатие брикетов для электроплавки не должна быть ниже 25 кгс/см^2 .

Сравнительную оценку прочности свойств сырых и высушенных прессовок производили по величине разрушающего усилия (σ) к торцевой поверхности образцов диаметром 50 мм и высотой 30 мм.

В таблице 1 представлены результаты лабораторных исследований по выбору связующей добавки и оптимальных параметров процесса брикетирования пылевидных отходов.

Таблица 1

Характеристика шихт и прессовок из мелкофракционной пыли производства FeSi

Вид связующей добавки	Содержание $C_{св}$, %	Характеристика прессовок, уплотненных термической сушкой		
		Температура сушки, °C	Продолжительность сушки, мин	σ , кгс/образец
Органическая связующая добавка	1,5	150	60	330
	3	150	60	924
	4	150	60	990
	5	150	60	990
Жидкое стекло	5	150	60	462
	10	150	60	1122
	15	150	60	1518
	20	150	60	1584

Из табл. 1 следует, что термическая сушка существенно упрочняет прессовки, полученные с использованием всех связующих. Наиболее

прочными являются прессовки на ЖС. Хорошие результаты получены при использовании ОС. На основании результатов были установлены зави-

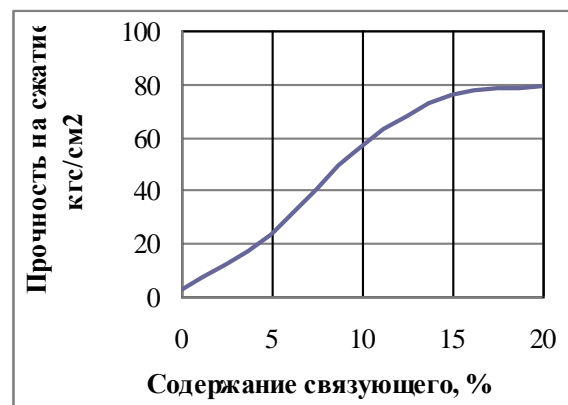
симости между прочностью на раздавливание и содержанием связующих добавок (рис. 2).

Из анализа приведенных на рис. 2 зависимостей видно, что тип связующего оказывает существенное влияние на механическую прочность брикетов. Так, при брикетировании мел-

кофракционной пыли производства FeSi наиболее прочными получаются брикеты с использованием в шихте в качестве связующего 10 – 20% ЖС. Достаточно прочными (прочность на сжатие не менее 25 кгс/см²) являются брикеты с использованием 2 – 4 % ОС.



а)



б)

Рис. 2. Зависимость прочности на раздавливание брикетов от содержания связующих добавок: а) органическая связующая добавка; б) жидкое стекло

На основании результатов лабораторных исследований, на ООО «Конкрет» на двухвалковом прессе были проведены опытно-промышленные испытания по брикетированию мелкофракционной пыли. Получено опытную партию брикетов в количестве около 300 кг. По-

лученные брикеты имели «пельменеобразную» форму и объем 18 – 20 см³. Все они удовлетворительно противостояли ударным нагрузкам, сохраняли целостность при испытаниях на термостойкость. Химический анализ брикетов приведен в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав брикетов

Проба	Содержание компонентов, %									
	Al ₂ O ₃	Si+SiO ₂	P	S	K ₂ O	CaO	CoO	MnO ₂	Fe+Fe ₂ O ₃	Другое
Брикеты	0,659	52,176	0,046	0,59	2,793	13,719	1,033	5,278	23,506	0,2

Из данных табл. 2 следует, что содержание основных компонентов (Si+SiO₂, Fe+Fe₂O₃, CaO) в брикетах аналогично их содержанию в шихтовых материалах, которые используются при выплавке FeSi методом ЭШП. Установлено, что брикеты содержат «вредные примеси» (P и S), но в таком количестве, которое не будет оказывать существенного влияния на качество ферросплава при использовании брикетов как подшихтовочных материалов при производстве FeSi.

Выводы. Выполнены лабораторные исследования по брикетированию мелкофракционной пыли производства FeSi с использованием в качестве связующих добавок ЖС и ОС. Установлено, что оптимальное давление прессования составляет 20 МПа.

Проведены испытания полученных брикетов на механическую прочность. Установлено, что для получения брикетов с достаточной прочностью (исключающей их разрушение при транспортировке и перегрузочных операциях),

необходимо в качестве связующей добавки использовать 10 – 20 % ЖС или 2 – 4 % ОС.

Проведенные опытно-промышленные испытания по брикетированию мелкофракционной пыли на двухвалковом прессе показывают, что предложенная технология получения брикетов может быть успешно реализована в промышленных условиях. Получена опытная партия брикетов, которые отвечают предъявляемым требованиям, и использованы в составе шихты при выплавке ферросилиция в печах постоянного тока методом ЭШП на ООО «Экологическая инициатива».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Петров Ю.Л., Пшемьский Г.Ф., Бочарник Т.Ю. Проектные решения по утилизации марганецсодержащей пыли и шламов газоочисток и аспирационных установок на ферросплавных заводах // Экология и промышленность. 2012. №2. С. 96–101.

2. Костиков В.И. Варенков А.Н. Промышленная и экологическая безопасность металлургических производств. М.: Экомет, 2006. 392 с.
3. Пиптюк В.П., Поляков В.Ф., Кекух А.В., Поляков В.А., Кондрашкин В.А., Греков С.В., Буршитин В.А. Разработка и промышленное опробование технологии раскисления марганцевой стали низкопроцентными кремнийсодержащими брикетами // Фундаментальные решения проблем черной металлургии. 2008. №17. С. 130–140.
4. Ожогин В.В. Основы теории и технологии брикетирования измельченного металлургического сырья. Мариуполь: ПГТУ, 2010. 441 с.
5. Жуковский Т.Ф. Проценко Е.Л. Брикетирование отходов производства ферросилиция // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. № 1 (61). С. 4–8.
6. Ожогин В.В. Брикетирование колошниковой пыли // Вестник Приазовского государственного технического университета. 2010. №1. С. 39–44.
7. Маймур Б.Н., Носков В.А., Петренко В.И., Соколов В.М. Изучение процесса брикетирования пылеобразных никельсодержащих отходов // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. 2007. № 15. С. 265–271.
8. Равич Б.М. Брикетирование в цветной и черной металлургии. М: Металлургия, 1975. 232 с.