



УДК 669.71

Поступила 17.06.2015

**ПОИСК СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ПЫЛИ ДУГОВЫХ
СТАЛЕПЛАВИТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ НА БЕЛОРУССКОМ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ.
ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. ОПЫТЫ ПО БРИКЕТИРОВАНИЮ ПЫЛИ
ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ**

**FINDING WAYS OF RECYCLING DUST OF ARC STEEL FURNACES
AT THE BELARUSIAN METALLURGIC PLANT.
PART 3. EXPERIMENTS ON BRIQUETTING OF DUST OF ARC STEEL
FURNACES**

А. И. РОЖКОВ, Е. В. ЕРМАКОВА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Беларусь

A. I. ROZHKOVA, E. V. ERMAKOVA, JSC «BSW - Management Company of Holding «BMC», Zhlobin, Belarus

В статье даётся обзор мирового опыта утилизации пыли путём её брикетирования. Рассказывается о преимуществах и недостатках утилизации пыли с её предварительным брикетированием. Дается информация об опытах по брикетированию пыли, образующейся на Белорусском металлургическом заводе в различных организациях с различными связующими. На основании технических данных, полученных в ходе изготовления опытных образцов брикетов, был произведён экономический расчёт, который показал нецелесообразность утилизации пыли методом брикетирования из-за низкого содержания железа в пыли, высокой цены связующего, относительно небольшой ставки экологического налога.

The article gives an overview of the global experience of recycling dust by briquetting. The advantages and disadvantages of recycling dust with its preliminary briquetting are described. Information about experiments on briquetting of dust generated in different organizations of the Belarusian metallurgy plant with various binders is given. Economic calculations were performed on the basis of technical data obtained during the manufacture of prototypes of briquettes. The results of the calculations showed inexpediency of recycling dust briquetting method because of the low iron content in the dust, high cost of binder and a relatively small rate of ecological tax.

Ключевые слова. *Пыль дуговых сталеплавильных печей, связующий материал, цинк, брикетирование. Отсев извести, жидкое стекло, шлак, портландцемент, науглероживатель, клей ПВА. Экономическая целесообразность.*

Keywords. *Dust of electric arc steel furnaces, binding material, zinc, briquetting. Clarification of lime, sodium silicate, slag, Portland cement, PVA glue. Economical expediency.*

Брикетирование – процесс получения кусков (брикетов) с добавкой и без добавки связующих веществ с последующим прессованием смеси в брикеты нужного размера и формы. Утилизация пыли дуговых сталеплавильных печей с предварительным ее брикетированием широко используется [1–9], несмотря на очевидные недостатки:

1. Нужно использовать связующее вещество, которое обеспечивало бы необходимую прочность, что удорожает утилизацию.
2. Связующее вещество является «балластом», что приводит к снижению выхода годного, увеличению расхода электроэнергии, снижению производительности печей.
3. Брикеты получаются маломанитными, поэтому их сложно загружать магнитными кранами в печь.
4. Необходима линия по брикетированию пыли, включающая в себя следующие технологические операции: перемешивание пыли со связующим, прессование смеси, сушка полученных брикетов.

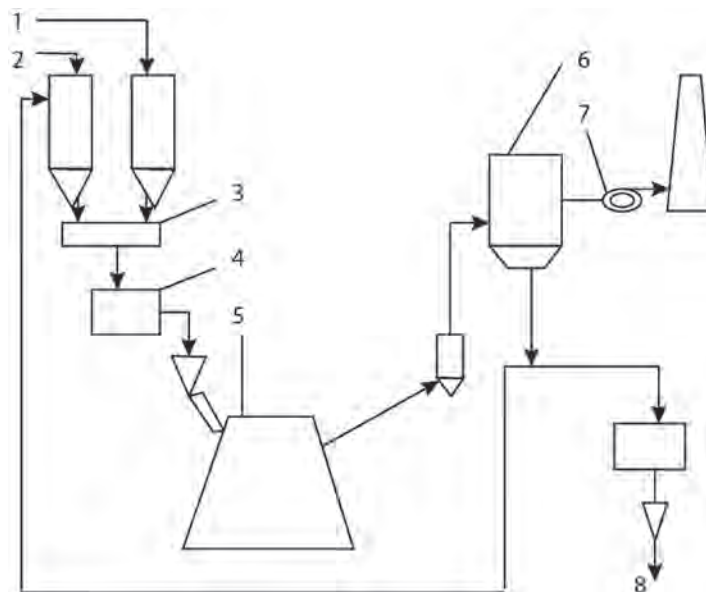


Рис. 1. Схема переработки электросталеплавильной пыли: 1 – кокс; 2 – электросталеплавильная пыль; 3 – смеситель; 4 – окомкователь; 5 – дуговая печь; 6 – рукавный фильтр; 7 – дымосос; 8 – обогащенная цинком пыль

Наиболее подходящей для условий Белорусского металлургического завода является технология, разработанная компанией НКК (Япония). Пыль, содержащую около 20 % цинка и 40 % оксидов железа (пыль на Белорусском металлургическом заводе имеет похожий химический состав), смешивают с порошкообразным коксом, окатывают и полученные окатыши загружают в ДСП. При высокой температуре атмосферы печи оксид цинка пыли восстанавливается коксом и образуются пары цинка, которые снова окисляются кислородом воздуха. Эти оксиды цинка отсасывают и улавливают в рукавных фильтрах, в которые они поступают из дымососа. Оксиды железа пыли также восстанавливаются и более 70 % образующегося железа переходит в жидкую ванну. Осажденная в фильтрах пыль содержит около 75 % ZnO и 15 % Fe₂O₃. Объем пыли снижается до 37 % объема исходной пыли. Из каждой тонны пыли переходит в жидкую ванну 0,28 т железа и образуется 0,2 т жидкого шлака. Обогащенная цинком пыль (более 60 % цинка) легче и с меньшими затратами перерабатывается на цинк, более 99 % диоксинов, содержащихся в исходной пыли, разрушаются при высокотемпературной ее переработке. Образующийся в ДСП нетоксичный шлак можно использовать в качестве строительного материала [9]. Схема переработки показана на рис. 1. На тот момент на Белорусском металлургическом заводе уже имелся положительный опыт брикетирования и утилизации окалины в ДСП. Брикетыв изготавливали на линии по изготовлению тротуарной плитки [10].

В качестве связующего в металлургии используются следующие вещества: отсеv извести; жидкое стекло; шлак мелкой фракции; портландцемент; науглероживатель.

Первые опыты по брикетированию пыли проводили в химической лаборатории металлургического производства ЦЗЛ Белорусского металлургического завода с различными связующими и в разной про-



Рис. 2. Брикет с отсеvом извести в качестве связующего



Рис. 3. Брикет с жидким стеклом в качестве связующего



Рис. 4. Обломки брикетов с науглероживателем в качестве связующего

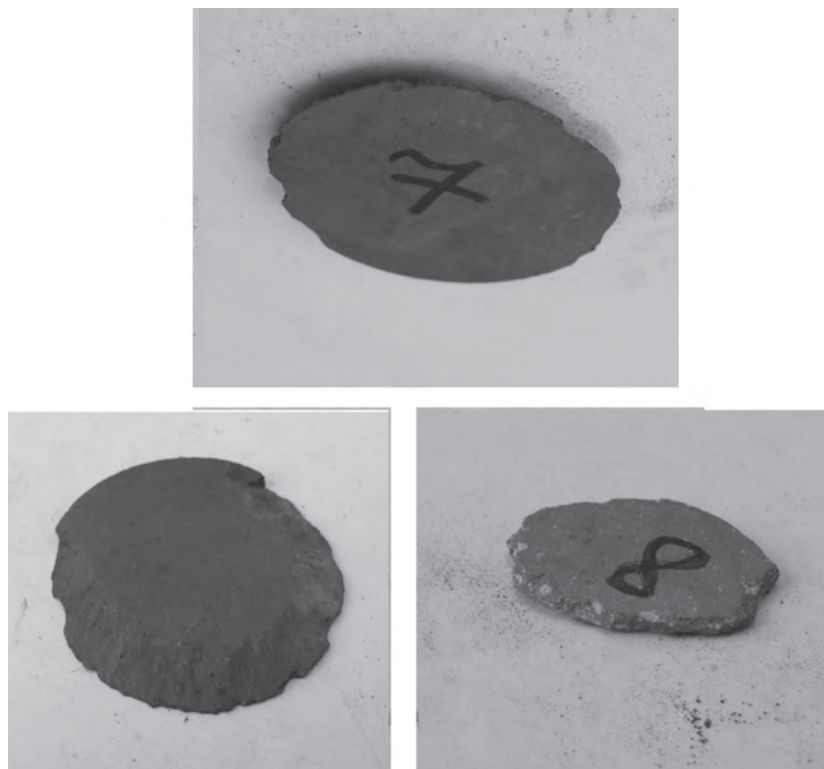


Рис. 5. Брикеты, со шлаком в качестве связующего

порции с пылью без науглероживателя. Прессование пыли газоочистки проводили на лабораторном таблетоформовочном прессе Тип НТР 60 фирмы «HERZOG». Диаметр таблеток – 40 мм. Доли связующих:

1. Отсев извести в пропорциях 1:1, 2:1, 3:1. Сила прессы – 500 кН. Все образцы крошатся и расслаиваются. В последнем случае с пропорцией 3:1 часть образца твердая (проба № 5) (рис. 2).

2. Жидкое стекло. Очень плохо перемешивается с пылью. Брикет получается неоднородным, легко разрушается (проба № 6) (рис. 3).

3. С науглероживателем пробы не прессуются при разных усилиях прессы 300; 400; 600 кН (рис. 4).

4. Шлак (пробы № 7, 8) (рис. 5).

5. Клей ПВА. Было изготовлено четыре брикета с различными процентными содержаниями клея и силой прессы. Параметры брикетов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры брикетов при использовании в качестве связующего клея ПВА

Номер пробы	Масса клея, г	Сила прессы, кН	Давление прессы, МПа	Масса брикета, г	Объем брикета, м ³ ·10 ⁻³	Плотность брикета, кг/м ³
1	0,3	30	23,89	12,4	6,28	1 974
2	0,5	30	23,89	10	4,396	2 275
3	0,5	100	79,6	10,8	4,396	2 456
4	1	300	238,9	13,4	5,024	2 667



Рис. 6. Брикет с клеем ПВА в качестве связующего, проба № 1



Рис. 7. Брикет с клеем ПВА в качестве связующего, проба № 2



Рис. 8. Брикет с клеем ПВА в качестве связующего, проба № 3



Рис. 9. Брикет с клеем ПВА в качестве связующего, проба № 4

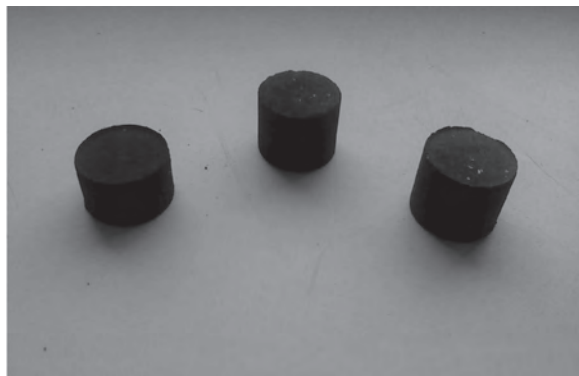


Рис. 10. Брикеты, изготовленные в Белорусском национальном техническом университете

Брикеты получились немагнитными, что исключает их загрузку магнитным краном в копровом цеху. Единственным способом ввода в ДСП остается подача через систему высотных бункеров. Плотность брикетов – 1974–2667 кг/м³. При такой плотности брикеты будут плавать на границе металл-шлак. Внешний вид брикетов показан на рис. 6–9.

Следующий этап исследований – брикетирование пыли со связующим и науглероживателем. Использовали два связующих: клей ПВА и цемент. Все брикеты получились правильной цилиндрической формы.

Параметры брикетирования: усилие прессования – 30 кН; время прессования – 30 с; диаметр образцов – 40 мм.

Точно такие же образцы, подготовленные аналогично образцам 3,4,5,6,8 и просушенные в лабораторном сушильном шкафу при температуре 100 °С в течение 30 мин, раскрошились и расслоились.

Параллельно пробы пыли были переданы в Белорусский национальный технический университет, где изготавливали брикеты с науглероживателем и жидким стеклом в качестве связующего. Прочность и плотность брикетов получились удовлетворительными (рис. 10).

Т а б л и ц а 2. Параметры брикетов пыли с науглероживателем

Номер образца	Связующее	Масса связующего, г	Масса пыли, г	Примечание
1	Цемент	1	9	
2	Цемент	3	27	
3	Цемент	3	27	Цемент предварительно смочен водой
4	Клей ПВА	0,5	16 г пыли + 4 г науглероживателя	
5	Клей ПВА	0,5	24 г пыли + 6 г науглероживателя	
6	Клей ПВА	1	24 г пыли + 6 г науглероживателя	
7	Цемент	3	27 г (20% смесь пыли с науглероживателем)	
8	Цемент	3	27 г (20% смесь пыли с науглероживателем)	Цемент предварительно смочен водой

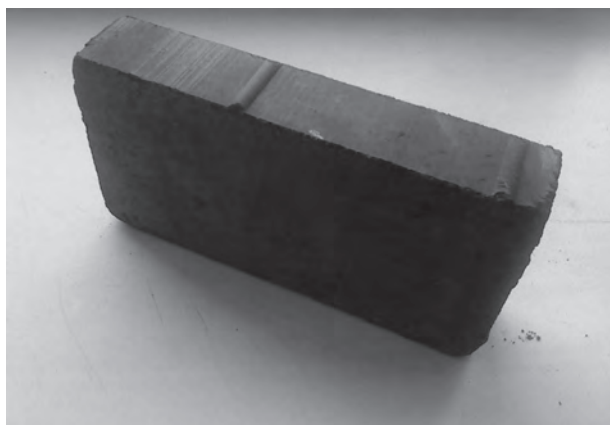


Рис. 11. Брикет, изготовленный на ЧУП «Силикатный завод», г. Бобруйск

После получения положительных лабораторных результатов начали проработки изготовления опытной партии брикетов из пыли. Несколько опытных брикетов были изготовлены на ЧУП «Силикатный завод» (г. Бобруйск) (рис. 11).

На основании технических данных, полученных в ходе изготовления опытных образцов брикетов, был проведен экономический расчет, который показал нецелесообразность утилизации пыли методом брикетирования из-за низкого содержания железа в пыли, высокой цены связующего, относительно небольшой ставки экологического налога. Поэтому начались исследования утилизации пыли дуговых сталеплавильных печей на специальных установках в условиях Белорусского металлургического завода.

Литература

1. Макаrchук В. В., Кошелев Е. С., Волынкина Е. П. Новокузнецк: НП «Экологический региональный центр». <http://waste.ua/cooperation/2004/thesis/makarchuk1.html>, http://www.zdc.ru/zdc/articles/articles_10.html.
2. NTN Develops «EAF Dust Briquetter» http://www.ntn.co.jp/english/news/news_files/new_products/news20060113.html.
3. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2006/fizmet/biduk/diss/index.htm>.
4. <http://ecoenergy.uaprom.net/a14552-briketirovanie-othodov-staleplavilnyh.html>.
5. <http://www.steelmaker.ru/ru/node/1790>.
6. <http://waste.ua/cooperation/2009/theses/bychkov.html>.
7. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2006/fizmet/biduk/library/001.htm>.
8. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2009/fizmet/silchenko/library/article1.htm>.
9. <http://briket.ru/bmz.shtml>.

References

1. <http://waste.ua/cooperation/2004/thesis/makarchuk1.html>, http://www.zdc.ru/zdc/articles/articles_10.html.
2. NTN Develops «EAF Dust Briquetter» http://www.ntn.co.jp/english/news/news_files/new_products/news20060113.html.
3. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2006/fizmet/biduk/diss/index.htm>.
4. <http://ecoenergy.uaprom.net/a14552-briketirovanie-othodov-staleplavilnyh.html>.
5. <http://www.steelmaker.ru/ru/node/1790>.
6. <http://waste.ua/cooperation/2009/theses/bychkov.html>.
7. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2006/fizmet/biduk/library/001.htm>.
8. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2009/fizmet/silchenko/library/article1.htm>.
9. <http://briket.ru/bmz.shtml>.

Сведения об авторах

Рожков Андрей Игоревич, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», ул. Промышленная, 37, 247210, г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь. Тел. раб.: (+375-2334) 5-67-12, моб.: (+37529) 610-83-28. E-mail: ibm.tu@bmz.gomel.by, andreyrogkov73@yandex.ru

Ермакова Елена Витальевна, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», ул. Промышленная, 37, 247210, г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь. Тел. раб.: (+ 375-2334) 5-43-97.

Information about the authors

Rozhkov Andrey, JSC “BSW – Management Company of Holding «BMC», 37, Promyshennaya str., Zhlobin city, 247210, Belarus. Tel.: (+375-2334) 5-67-12. E-mail: ibm.tu@bmz.gomel.by, andreyrogkov73@yandex.ru