



УДК 669.054.83

Наука

Русских В.П. /к.т.н./, Семакова В.Б. /к.т.н./,  
Шапиро-Никитин Д.Е.  
ГВУЗ «ПГТУ»

Лялюк В.П. /д.т.н./  
ГВУЗ «КрНТУ»  
Волков В.В.  
Корпорация «Укрпромпереработка»

## Рациональное использование шламов в составе агломерационной шихты

Одной из наиболее острых проблем ресурсосбережения в черной металлургии является утилизация шламов. В Украине ежегодно образуется более 13 млн. т железосодержащих отходов, в том числе 10 млн. т железосодержащих шламов. Увеличение доли мелкодисперсных шламов в составе агломерационной шихты приводит к ухудшению гранулометрического состава окомкованной шихты, а, следовательно, и её газопроницаемости, которая является основой производительности агломерационных машин. Предложена возможность увеличения доли шламов в составе агломерационной шихты без ухудшения технико-экономических показателей работы агломерационных фабрик. Табл. 4. Библиогр.: 11 назв.

**Ключевые слова:** шлам, агломерационная шихта, грануляция, газопроницаемость, производительность, промышленные отходы, загрязнение окружающей среды

*Sludge utilization is one of the urgent problems in iron and steel industry. Every year more than 13 mln. mt. of iron containing waste products, including 10mln. mt iron containing sludge are generated in Ukraine. An increase in the share of fine – dispersed sludge in sintering mixture leads to poor granulometry of sintered mixture, it consequently leads to inferior gas-permeability, which is the basis of sintering machines productivity. An opportunity for increasing of sludge percentage in sintering mixture is offered in the article, without deterioration in technical-economic indices of sintering plants.*

**Keywords:** sludge, sintering mixture, granulation, gas permeability, productivity, industrial wastes, environmental pollution

Проблема утилизации железосодержащих отходов, в первую очередь шламов аглодоменного и сталеплавильного производств на металлургических предприятиях требует решения. Основным потребителем железосодержащих шламов в настоящее время является агломерационное производство. Увеличение содержания неподготовленных шламов в составе агломерационной шихты более 50 кг на тонну агломерата отрицательно влияет на производительность агломерационных машин и качество агломерата (снижается прочность и выход годного).

Одной из наиболее острых проблем ресурсосбережения в черной металлургии является утилизация шламов. Еще к концу 1980-х гг. на таких крупнейших металлургических комбинатах Украины как Криворожский, Днепропетровский, им. Ильича, Алчевский было накоплено, соответственно 4,0; 2,2; 3,8; и 3,5 млн. т железосодержащих отходов – преимущественно в виде шламов. В Украине ежегодно образуется более 13 млн. т железосодержащих отходов, в том числе 10 млн. т железосодержащих шламов.

Степень утилизации железосодержащих шламов на разных металлургических предприятиях различна и в среднем составляет (%): аглодоменного производства 82; доменной газоочистки 69; подбункерных помещений доменного цеха 50; конвертерного производства 47; газоочистки мартеновского производства 24. Таким образом, резервы повышения степени утилизации железосодержащих шламов на металлургических предприятиях Украины весьма значительны.

Вместе с тем, железосодержащие металлургические шламы являются весьма ценным вторичным ресурсом. Содержание железа в них составляет 35-55 %, а иногда достигает 65 % и более. Согласно расчетам [1] утилизация 1 т железосодержащего шлама среднестатистического состава (в большинстве случаев шламы агломерационного, доменного и сталеплавильных цехов складываются совместно) позволяет сэкономить в среднем 560 кг железорудного концентрата, 242 кг аглоруды, 155 кг известняка и 27,5 кг коксовой мелочи.

Эффективное и максимально полное использование железосодержащих шламов не только рационально с точки зрения экономии невозполнимых природных ресурсов. Длительное хранение металлургических шламов в шламонакопителях неизбежно сопровождается значительным экологическим ущербом как в результате инфильтрации его компонентов в грунтовые воды, так и вследствие загрязнения атмосферы пылевидными и газообразными веществами.

В условиях Украины (а также в сходных ресурсо-экологических условиях) основным методом утилизации железосодержащих металлургических шламов, позволяющим эффективно решить эту сложную задачу без существенных капитальных вложений, является использование их в качестве компонента агломерационной шихты [2].

Металлургические шламы давно используются в качестве компонента агломерационной шихты, и на некоторых аглофабриках имеется опыт работы с содержанием

## ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

шламов в агломерационной шихте до 150 кг/т агломерата, при котором баланс железосодержащих шламов на предприятии, как правило, замыкается [3]. Тем не менее, целый ряд проблем, возникающих при вводе шламов в агломерационную шихту, остается нерешенным.

Увеличение доли шламов в агломерационной шихте, не сопровождающееся комплексом соответствующих технологических мероприятий, не является эффективным решением проблемы утилизации данного вторичного сырья. Шламы, особенно сталеплавильные, склонны к самостоятельному агрегированию и плохо усредняются в объеме агломерационной шихты, с увеличением доли шламов в шихте заметно растет вынос пыли, снижается производительность агломашин, изнашиваются эксгаустеры, растет массовая доля мелочи класса 0-5 мм в агломерате [4].

Увеличение мелкодисперсных шламов в составе агломерационной шихты приводит к избытку комкуемой её части и нехватке комкующей, что значительно ухудшает гранулометрический состав окомкованной агломерационной шихты, а, следовательно, и её газопроницаемость, которая является основой производительности агломерационных машин. Решение этих проблем требует совершенствования технологии подготовки агломерационных шихт, включающих металлургические шламы, поиска новых технологических решений, позволяющих управлять свойствами шламов, обеспечивая нормальное протекание процесса спекания агломерата.

Основным способом увеличения доли мелкодисперсных отходов металлургического производства в составе агломерационной шихты при условии сохранения (а при возможности улучшения) технико-экономических показателей работы аглофабрик является предварительное гранулирование шламов и других мелкодисперсных отходов металлургического и других производств.

Способы предварительного принудительного озернения части тонких фракций агломерационной шихты широко применяются за рубежом. Так, на некоторых предприятиях США производительность агломерационных машин повышают вводом в состав агломерационной шихты дробленого конверторного шлака [5], известно использование сырых окатышей для улучшения гранулометрического состава окомкованной агломерационной шихты на Качканарском ГОКе [6] и др. Способы получения гранул весьма разнообразны: фракционированием, обжимом в вальцах, экструзией и др. [7]. Однако наиболее плотными, с большим выходом годного являются гранулы, получаемые по способу «брикетирование → сушка → дробление». Гранулы имеют высокую прочность и могут быть перевезены на большие расстояния практически без разрушения, чем снимается проблема их получения у потребителя. Фотографии гранул, полученных некоторыми способами гранулирования, представлены на рисунке.

В ходе выполнения работы исследовалось влияние ввода в состав агломерационной шихты гранулированных шламов, при этом определялись следующие параметры процесса агломерации:

– газопроницаемость окомкованной агломерационной шихты;

- вертикальная скорость спекания (производительность аглоустановки);
- выход годного агломерата;
- прочность агломерата на удар;
- прочность агломерата на истирание.



**Рисунок.** Фотографии гранул, полученных: а – окатыживанием; б – экструзией; в – дроблением брикетов (брикетное крошево); г – исходные брикеты

Так как гранулированный материал использовался в качестве железосодержащего компонента шихты, то его применение связано с уменьшением в составе аглошихты других железосодержащих компонентов (концентрата или железной руды). С целью уменьшения изменения содержания железа в агломерате при вводе в состав шихты гранулированного сырья целесообразно им заменять железную руду. Проведены спекания с базовым составом шихты, с заменой в её составе 25, 50, 75 и 100 % железной руды. При этом производилась корректировка в составе шихты содержания известняка и извести с целью сохранения базовой основности агломерата.

Проведены исследования с использованием в составе агломерационной шихты трех разновидностей гранулированных шламов, усредненный гранулометрический состав которых и гранулометрический состав железной руды представлены в табл. 1.

**Таблица 1. Гранулометрический состав аглоруды и гранулированных шламов, %**

Материал	+10 мм	10-5 мм	5-3 мм	-3 мм	сумма
Аглоруда	10,84	13,40	11,98	63,78	100
Гран. шламы	17,4	37,3	25,8	19,5	100

Как видно из приведенных данных в табл. 1 гранулометрический состав агломерационной железной руды значительно отличается от гранулометрического состава гранулированных шламов. По данным научно-исследовательской работы, проведенной на кафедре металлургии чугуна Мариупольского металлургического института, оптимальный гранулометрический состав возврата, а, следовательно, и гранулированных добавок в агломерационной шихте должен содержать фракций размером 0-5 мм не более 30 %, фракции 5-10 мм не более 20 %, фракции 3-5 мм не менее 50 %. Как видно из табл. 1 гранулометрический состав гранулированных шламов в значительной степени удовлетворяет этим условиям.

В основу расчета базового состава экспериментальной агломерационной шихты был взят состав аглошихты Енакиевского агломерационного цеха за первое полугодие 2012 г., включающий железорудный концентрат, аглоруду, смесь шламов, отсева агломерата, колошниковую пыль, флюсы (в том числе известняк обычный, доломит, известь), топливо. Химический состав основных компонентов агломерационной шихты представлен в табл. 2.

**Таблица 2. Химический состав основных компонентов агломерационной шихты**

Компонент	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	FeO	Fe
Концентрат	6,3	1,2	0,18	0,45	30,32	67,4
Аглоруда	16,29	1,54	0,17	0,39	0,89	56,5
Известняк	0,74	-	53,97	1,07	-	-
Изв.долом.	2,07	-	44,82	8,23	-	-
Известь	2,42	-	66,42	7,49	-	-
Гран.шлам	5,1	1,83	8,8	3,0	19,5	48,6

В первую очередь уменьшали, а затем полностью вывели из состава шихты известняк обычный, затем доломит, а при замене всего количества железной руды гранулированными шламами в составе шихты уменьшили содержание извести. Экспериментальные спекания агломерационных шихт с различным содержанием гранулированных шламов показали целесообразность их использования в агломерационном производстве. Выход годного агломерата по содержанию в нем фракций +5 мм и прочностные качества агломерата представлены в табл. 3.

Прочность агломерата на удар и на истирание оценивали при стандартном барабанном испытании (ГОСТ 15137-77, СТ СЭВ 1151-78). Выход фракции больше 5 мм характеризует прочность агломерата на удар. Выход наиболее тонких фракций (меньше 0,5 мм) характеризует его истираемость.

**Таблица 3. Влияние ввода в состав агломерационной шихты гранулированных шламов на качество агломерата**

Состав шихты	Выход годного	Прочность на удар	Прочность на истир.
Базовый	78,2	62,8	10,1
25 % гранул	81,5	61,4	9,6
50 % гранул	82,4	61,0	9,9
75 % гранул	83,4	66,3	9,2
100 % гранул	82,9	63,9	9,6

Замена в составе агломерационной шихты железной руды гранулированными шламами положительно влияет на содержание железа в агломерате. Изменение содержания железа в агломерате при замене аглоруды в составе агломерационной шихты гранулированными шламами представлено в табл. 4.

**Таблица 4. Влияние ввода гранулированных шламов на содержание железа в агломерационной шихте, %**

Базовый	Состав шихты			
	25 % гранул	50 % гранул	75 % гранул	100 % гранул
43,9	44,6	45,8	47,3	48,1

Увеличение содержания железа в шихте обусловлено относительно высокой основностью гранулированных шламов по сравнению с основностью железной руды, заменяемой шламами.

Экономическая целесообразность использования гранулированных шламов в составе агломерационной

шихты обеспечивается также более низкой их ценой в сравнении с ценой железной руды.

### Выводы

1. Замена в составе агломерационной шихты железной руды гранулированными шламами приводит к увеличению содержания железа в агломерате за счет снижения расхода флюсов.
2. Уменьшение и полный вывод из состава агломерационной шихты известняка и доломита уменьшает теплотребность агломерационного процесса за счет снижения расхода тепла на диссоциацию карбонатов.
3. Улучшение гранулометрического состава окомкованной агломерационной шихты за счет ввода в её состав гранулированных шламов позволяет увеличить вертикальную скорость спекания, а, следовательно, и производительность агломерационных машин.
4. Производительность агломерационных машин возрастает также за счет увеличения выхода годного агломерата.
5. Ввод в состав агломерационной шихты гранулированных шламов значительно снижает себестоимость агломерата.
6. Повышение содержания железа в агломерате, улучшение его физических свойств при вводе в состав агломерационной шихты гранулированных шламов положительно влияет на технико-экономические показатели доменной плавки.

### Библиографический список

1. Утилизация металлургических шламов на аглофабриках Украины / И.М. Мищенко, Г.С. Клягин, Н.С. Хлапонин и др. // Металлург. - 2000. - № 6. - С. 30-31.
2. Шатоха В.І. Екологічне забезпечення виробництва чавуну. - Дніпропетровськ: Пороги, 2001. - 181 с.
3. Гаврилова А.Н. Утилизация твердых технологических отходов производства // Металлург. - 1993. - № 7. - С. 31-32.
4. Агломерация шихт с большим содержанием шламов на фабриках Украины // И.М. Мищенко, Г.С. Клягин, Н.С. Хлапонин и др. // Тр. Междунар. конгр. доменщиков «Производство чугуна на рубеже столетий». - Днепропетровск-Кривой Рог, 1999. - С. 106-110.
5. Оптимизация режима возврата с целью улучшения качества агломерата и разработка мероприятий, устраняющих снижение производства агломерата // Отчет по научно-исслед. Работе. - Мариуполь: ММИ, 1992. - 42 с.
6. Дудин А.М., Шрамко Т.М., Селянов С.Ю. Реохимическая спецификация потребленного минерального сырья и промышленных отходов предприятий Донбасса // Оценка состояния отходов промышленных предприятий и перспективы использования их в качестве техногенных месторождений: Тез. докл. конф. 13-15 декабря 1994 г., Кривой Рог. - К.: Знание, 1994. - С. 76-78.
7. Ожогин В.В. Способы получения гранул и влияние их добавок на процессы спекания и механические свойства агломерата // Металлургические процессы и оборудование. - 2006. - № 3. - С. 19-24.

Поступила 26.06.2013