

Сопоставление способов подготовки и использования мелкого возврата агломерационного производства

Исследовано качество гранул, изготовленных на основе мелкого агломерационного возврата различными способами, и их влияние на показатели агломерационного процесса.

Ключевые слова: агломерационная шихта, возврат, гранулирование, спекание, выход годного, производительность

Необходимость использования в агломерационном производстве все больших объемов железорудных концентратов, а также измельченных металлургических отходов приводит к тому, что в аглошихте снижается содержание крупных фракций более 1,6 мм, служащих центрами окомкования и выполняющих роль каркаса, сохраняющего необходимую порозность слоя при спекании. В хорошо комкующейся шихте обычного состава крупные частицы должны составлять не менее 25-30 %. Недостаточное количество центров грануляции ухудшает качество окомкования, что приводит к снижению газопроницаемости и интенсивности спекания шихты, потере объемов производства и ухудшению прочности агломерата.

За рубежом малое количество крупных фракций в аглошихте компенсируют вводом дробленого конвертерного шлака фракции до 9,5 мм [1]. Несмотря на простоту и экономичность применения, данный способ приводит к снижению содержания железа в агломерате. Поэтому со второй половины прошлого века начинает формироваться мнение о необходимости принудительного гранулирования измельченных материалов, усиливающееся по мере роста объемов потребления все более тонких концентратов.

Так, в Германии в 60-х гг. прошлого века был разработан и опробован метод предварительного обжата концентрата в валковых прессах [2]. Брикетты из концентрата объемом 12 см³, дробленные на кусочки размером более 1 мм, применялись в аглошихте и обеспечивали рост производительности аглоустановки в 2,5-3,0 раза по сравнению с обычной технологией спекания агломерата. В 1975 г. Е.Ф. Вегман подобный способ распространил на смеси концентрата и топлива [3]. Основным недостатком данного способа является непрочность гранул и их значительное разрушение при перегрузках и окомковании аглошихты. Предложенная технология предполагает обработку всего концентрата, вызывая необходимость значительных капитальных и текущих затрат на реализацию данного способа.

В США и Японии с 70-х гг. прошлого века сталеплавильную пыль окомковывают в чашевых окомкователях. Окатыши размером 1,6-9,5 мм после отвердевания подают в шихту [1]. При этом отмечается рост производительности агломашин. В одном из способов шихтой для получения окатышей служит

смесь колошниковой и конвертерной пыли, а в качестве связующего применяется конвертерный шлак. Недостатком такого метода окускования является необходимость строгого соблюдения точности дозирования компонентов и поддержания заданного уровня влажности, обеспечивающего требуемую комкуемость смеси, а также длительность вылеживания окатышей с целью упрочнения.

Необходимость использования в аглошихте больших объемов тонких шламов, обладающих чрезмерной комкуемостью и способствующих при окомковании аглошихты образованию крупных неспекающихся комков, привела к появлению в 2002 г. способа предварительного гранулирования мелкого шлама, который перед вводом в аглошихту брикетируют, сушат и дробят до крупности 1,6-8,0 мм [4]. Ввод 1 кг гранул на 1 т агломерата (в интервале от 0 до 100 кг гранул) приводит к росту производительности аглоустановок в среднем на 0,5 %, а выхода годного и механической прочности агломерата на удар на 0,1 %.

Эффективность метода [2] была недавно подтверждена для условий аглофабрики ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». Подпрессовке подвергалась шихта, взятая перед подачей в окомковательный барабан. Несмотря на существенное разрушение прессовок в ходе дальнейшей обработки, продолжительность спекания такой шихты уменьшилась по сравнению с ординарной шихтой в 1,84 раза при увеличении толщины слоя на 13 %, а выход фракции агломерата менее 5 мм снизился на 7,9 % [5]. Недостатком такого способа является обработка подпрессовкой всей шихты, что ведет к значительным капитальным затратам на реализацию данного способа.

Представленный выше краткий обзор существующих способов показывает, что основные вопросы эффективного использования больших объемов концентратов и шламов, обладающих средней или высокой комкуемостью, можно считать решенными. Вместе с тем вопросы оптимального использования в аглошихте других видов сырья и отходов, обладающих низкой комкуемостью, остаются актуальными. К таким материалам относят графитовые отходы, некоторые виды флюсов, отсеи и возврат агломерата, то есть материалы с гладкой, стекловидной поверхностью, а также материалы определенного размера, неудовлетворительно участвующие в процессах окомкования. Из

перечисленных компонентов шихты значительная роль отводится возврату, который в объеме заданного в производство составляет 17-25 %.

Целью данной работы является выявление условий оптимальной подготовки (гранулирования) и использования (спекания) всего возврата или его мелкой части, при которых имеет место рост эффективности спекания агломерата.

Для исключения неопределенностей при характеристике того или иного вида рассматриваемого материала необходимо дать определения, наиболее часто употребляющиеся в производственных условиях и в научных исследованиях.

Возврат – некондиционный агломерат с размером частиц до 8 мм, выделенный отсевом в аглопроизводстве из агломерата предыдущего спекания.

Отсев – некондиционный агломерат с размером частиц до 5-8 мм, выделенный грохочением в доменном производстве перед загрузкой в печи, который образуется в результате разрушения при транспортировке и перегрузках и возвращается на повторное спекание.

Вследствие близкого состава и свойств в дальнейшем смесь возврата и отсева будет определяться одним термином – возврат.

Мелкий возврат – это возврат крупностью до 3 мм, получаемый отсевом возврата на две части: менее и более 3 мм. Фракцию более 3 мм называют крупным, или калиброванным возвратом.

В крупном возврате содержание железа мало отличается от кондиционного агломерата (на 1,0 % и ниже), а в мелком – снижение железа достигает 2,0 % и более, возникающее в основном за счет не пропекшихся и не усвоившихся железорудных частиц и флюса, разрушающихся в первую очередь. Отсев агломерата имеет меньшие отклонения, однако может разубоживаться другими материалами, подвергающимися рассеву: железной рудой, марганцевым шлаком и т. д. В целом возврат на повторное спекание требует меньших затрат тепла, чем на исходное сырье, так как он уже подвергался термообработке. Агломерат, спеченный с возвратом, как правило, прочнее, чем при отсутствии возврата в агломерационной шихте. В сравнении с аглорудой возврат имеет более ровный фракционный состав, поскольку содержит меньшее количество наиболее крупных и мелких частиц (табл. 1).

Анализ гранулометрического состава материалов показывает, что средневзвешенный размер гранул возврата, представленный в табл. 1, составляет 3,3 мм, аглоруды – 3,2. Важным аспектом эф-

фективности подготовки возврата является решение вопроса о том, какие фракции следует использовать без подготовки, а какие – подвергать принудительному гранулированию. Это обуславливает не только объем переработки, определяющий мощность участка грануляции, капитальные и текущие затраты на получение гранул, но и вопросы эффективного спекания агломерата, включая его прочность и другие технико-экономические показатели.

Исходя из особенностей окомкования, вся шихта делится на три части: крупные частицы размером более 1,6 мм служат центрами окомкования, мелкие – размером менее 0,4 мм, накатываются на поверхность крупных частиц, а промежуточная фракция 0,4-1,6 мм принимает незначительное участие в окомковании [6]. Отсюда следует, что фракцию 0,4-1,6 мм целесообразно подвергать принудительному гранулированию.

Однако для отсева агломерата эти пределы выглядят несколько иначе. Так, частицы отсева из-за своей гладкой стекловидной поверхности имеют пониженные аутогезионные (адгезионные и когезионные) свойства, что существенно расширяет промежуточную фракцию. Исследования структуры окомкованных гранул показывают, что для агломерационного возврата этот интервал расширяется до 2,0-0,1 мм. Однако этот предел не является окончательным. Так, в работе [2] установлено, что эффективное спекание шихты обеспечивает возврат фракции более 3 мм. Исследованиями подтверждено, что для современных условий спекания эта величина сохраняется [7]. Поэтому с учетом упрощения процессов отсева принудительному гранулированию должен подвергаться весь мелкий возврат фракции менее 3 мм. Выход этих частиц для рассматриваемых условий составляет 41,3 %.

Другим, не менее важным, аспектом решения данной задачи является выбор способа гранулирования мелкого возврата. Вышеприведенный обзор методов окускования мелких материалов показал, что наиболее известными и достаточно эффективными являются окомкование с последующей сушкой или дроблением [1, 4]. Иные способы получения гранул в массовом количестве, например, в виде достаточно прочных сырых мини-брикетов на роторной таблеточной машине или на быстроходном вальцовом прессе еще требуют доработки. Разработка способа получения гранул на основе агломерационного возврата экструдированием [8] и совершенствование существующих образцов оборудования [9, 10] позволяют рассматривать метод экструдирования как один

Таблица 1

Гранулометрический состав некондиционного агломерата и аглоруды

Класс материала	Фракция, мм						
	крупный			мелкий			
	+ 8,0	8,0-5,0	5,0-3,0	3,0-1,6	1,6-0,4	0,4-0,1	- 0,1
Содержание фракции, %:							
- возврата	2,8	7,2	48,2	23,1	11,7	4,9	2,1
- отсева	1,2	4,1	54,3	19,5	8,1	10,5	2,3
- смеси возврата и отсева	2,2	6,1	50,4	21,8	10,4	6,9	2,2
Аглоруда (справочно)	13,0	11,8	9,6	13,2	7,7	23,9	17,6

из достаточно производительных и приемлемых к промышленной реализации способов окучивания.

Для выявления преимуществ того или иного варианта окучивания мелкого возврата в лабораторных условиях были изготовлены три вида гранул по способам, представленным в известных источниках. Так, в опыте № 1 гранулы изготавливали окучиванием по способу [1], в опыте № 2 гранулы получали брикетированием с последующей сушкой и дроблением [4] и в опыте № 3 – экструзией [8].

Состав шихты для гранулирования мелкого возврата (53 % возврата фракции менее 3 мм, 17 % аглодоменного шлама, 30 % известковой пыли) выбирался с условием обеспечения максимально эффективной гранулируемости, достижения заданной прочности гранул и потребления минимального количества дополнительных компонентов, обеспечивающих заданные условия.

Гранулы считаются годными, если их прочность во влажном виде составляет не менее 5 Н [11]. Для сухих гранул прочность должна составлять не менее 12-14 Н с учетом снижения их прочности при увлажнении. Определение прочности гранул на раздавливание проводили на испытательной машине WRM тип Z14 (класс точности – 1). Гранулометрический состав и прочность гранул во влажном и сухом виде приведены в табл. 2, а внешний вид сухих гранул представлен на рисунке.

Гранулометрический состав и прочность гранул, полученных различными способами

Показатель	Единицы измерения	Номер опыта		
		1	2	3
1. Содержание фракции:	%			
-8 +5 мм		17,2	19,8	23,6
-5 +3 мм		21,7	30,1	37,3
-3 +1,6 мм		23,2	21,4	20,9
-1,6 мм		37,9	28,7	18,2
2. Средневзвешенный размер гранул	мм	2,8	3,2	3,7
3. Выход годных гранул	%	62,1	71,3	81,8
4. Прочность гранул размером 5 мм:	Н			
- свежизготовленных		3,7	-	5,3
- высушенных при 250 °С		12,2	12,0	13,1

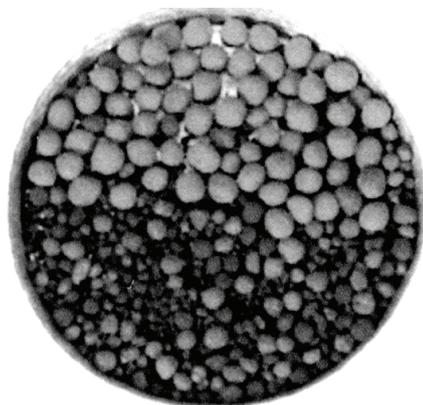
Из табл. 2 следует, что требованиям по прочности удовлетворяют лишь сырые гранулы, полученные экструзией; формирование гранул окучиванием осуществляется неустойчиво, прочность свежизготовленных гранул недостаточна. Дробление влажных брикетов протекает неудовлетворительно из-за их налипания на рабочие поверхности дробилки, поэтому является нецелесообразным. Все виды сухих гранул соответствуют требованиям по прочности. Прочность высушенных гранул, полученных окучиванием и брикетированием, входит в допустимые пределы, однако, их выход годного ниже, чем у экструдированных гранул, что позволяет сделать вывод о предпочтении изготовления гранул экструзией.

С целью изучения влияния добавок гранул, полученных различными способами, на показатели агломерационного процесса выполнены лабораторные спекания аглошихты с добавкой гранулированного мелкого возврата фракции до 3 мм в количестве 41,3 % от общей массы возврата, обеспечивающем полную его утилизацию.

Агломерационную шихту (58,4 % железорудного сырья, 4,0 % шлама, 13,5 % флюса, в том числе известковой пыли, 4,1 % топлива, 20,0 % возврата) без гранул (базовый опыт) и с добавками 15,7 % гранул (изготовленных из компонентов, отобранных из общей массы шихты) спекали на лабораторной аглоустановке с диаметром чаши 150 мм и высотой слоя

до 300 мм. Начальное разрежение в вакуум-камере – 10 кПа.

При этом в опыте № 1 использовались сухие гранулы, полученные на основе мелкого возврата, гранулированного окучиванием; в опыте № 2 – сухие гранулы, полученные брикетированием с последующей сушкой и дроблением до фракции менее 8 мм; опыт № 3 представляет собой спекание агломерата с подачей в окомкователь влажных экструдированных гранул (вариант 3а) или сухих – в смеситель (вариант 3б); опыт № 4 (базовый) представляет собой существующий способ спекания с подачей всего



а



б



в

Внешний вид сухих гранул, полученных различными способами: окучиванием (а); брикетированием (б); экструзией (в)

возврата в смеситель. Результаты спеканий представлены в табл. 3.

Из табл. 3 следует, что получение гранул окатыванием (опыт № 1) обеспечивает наименьший прирост производительности аглоустановки и не может быть рекомендован для внедрения в производство вследствие неудовлетворительного окатывания. Существенно лучшие показатели спекания обеспечивают гранулы, полученные брикетированием, при практически одинаковых с базовым вариантом выходе годного и механической прочности агломерата на удар (опыт № 2). Однако значительные капитальные и текущие затраты на их изготовление делают данный способ недостаточно эффективным.

Способ экструдирования (опыт № 3) технологичен, соответствующее оборудование для его осуществле-

ния производится в Украине, то есть он имеет все предпосылки для реализации в промышленных условиях. Для промышленного внедрения предпочтительен вариант № 3а, так как простота и надёжность, достаточно высокая результативность и минимальные затраты на получение гранул делают его наиболее эффективным.

Выводы

Показано, что предварительное гранулирование мелкого возврата является весьма эффективным способом интенсификации агломерационного производства. Ввод в аглошихту гранулированного экструзией возврата средней фракции 2,8-3,7 мм способствует росту производительности аглоустановки в среднем на 1,0-1,4 % на 10 кг удельного расхода гранул

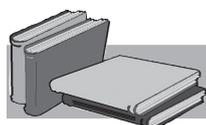
Таблица 3

Технико-экономические показатели спекания опытных агломератов

Показатель	Единицы измерения	Номер опыта				
		1	2	3		4
				3а	3б	
Средневзвешенный размер гранул окомкованной шихты	мм	3,5	3,7	3,8	3,9	3,1
Выход годного агломерата фр. +10 мм	%	77,8	77,9	78,0	78,3	78,1
Механическая прочность агломерата на удар		72,8	73,4	73,4	73,5	73,7
Производительность по выходу стандартно стабилизированного агломерата [12]		114,1	116,2	118,6	119,3	100,0

в шихту при сохранении выхода годного и механической прочности агломерата. Ввод влажных гранул, несмотря на меньший эффект, существенно упрощает технологию и снижает затраты на производство.

Дальнейшие исследования следует вести в направлении повышения прочности, получения заданной крупности и оптимального рассева гранул, в том числе путем использования самотвердеющих смесей, например, известково-глинозёмистых связок.



ЛИТЕРАТУРА

1. Савицкая Л. И. Использование железосодержащих отходов при окучивании руд / Л. И. Савицкая // Обзорная информация: Подготовка сырьевых материалов к металлургическому переделу и производству чугуна : ЦНИИИ и ТЭИ черной металлургии. – 1984. – Вып. 5. – С. 27.
2. Вегман Е. Ф. Теория и технология агломерации / Е. Ф. Вегман. – М.: Металлургия, 1974. – 288 с.
3. А. с. 541879 СССР, МПК С22 В1/00. Способ подготовки агломерационной шихты к спеканию // Е. Ф. Вегман, В. Е. Тихомиров, В. И. Солодков [и др.]. – Оpubл. 05.01.77, Бюл. № 1
4. Пат. 44955А Украина, МПК С22В 1/00. Способ агломерации руд и концентратов с использованием мелкодисперсных шламов // В. А. Носков, Л. В. Быков, В. В. Ожогин [и др.]. – Оpubл. 15.04.03, Бюл. 4
5. Учитель А. Д. Технологическая апробация подготовки агломерационной шихты к спеканию подпрессовкой / А. Д. Учитель, В. И. Засельский, Д. В. Пополов // Металлургические процессы и оборудование. – 2011. – № 1. – С. 42-47.
6. Коротич В. И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке / В. И. Коротич. – М.: Металлургия, 1978. – 208 с.
7. Семакова В. Б. Исследование процесса спекания агломерата с добавкой в шихту калиброванного возврата / В. Б. Семакова, Е. И. Пилюгин, В. В. Безруков // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наукових праць. – Маріуполь, 2011. – Вип. 23. – С. 40-45.
8. Пат. 106569 Україна, МПК С22В 1/14, С22В 1/24, С22В 1/242, С22В 1/243 (2006.01). Спосіб гранулювання відсіву агломерату // В. В. Ожогін, Є. І. Пільюгін, В. Б. Семакова [та ін.]. – Оpubл. 10.07.14, Бюл. № 13.
9. Пат. 91531 Україна, МПК С22В 1/24 (2006.01). Пристрій для отримання гранул // В. В. Ожогін, В. П. Руських, В. Б. Семакова [та ін.] – Оpubл. 10.07.2014, Бюл. № 13.
10. Пат. 91381 Україна, МПК (2014.01) С22В 1/24, В30В 11/00 (2006.01). Пресс-гранулятор // В. В. Ожогін, Є. І. Пільюгін, В. Б. Семакова [та ін.]. – Оpubл. 10.07.2014, Бюл. № 13.
11. Кухарь А. С. Производство и качество агломерата / А. С. Кухарь, В. А. Мартыненко, В. П. Шевченко. – М.: Металлургия, 1977. – 160 с.
12. Возможности совершенствования оценки прочностных характеристик агломерата / В. Б. Семакова, В. П. Русских, Е. И. Пилюгин [и др.] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – № 6 (264). – С. 12-15.

Анотація

Пілюгін Є. І., Ожогін В. В., Семакова В. Б.
Співставлення способів підготовки та використання дрібного повернення агломераційного виробництва

Досліджено якість гранул, виготовлених на основі дрібного агломераційного повернення різними способами, та їхній вплив на показники агломераційного процесу.

Ключові слова

агломераційна шихта, повернення, гранулювання, спікання, вихід годного, продуктивність

Summary

Pilyugin E., Ozhogin V., Semakova V.
Comparison of preparation ways and use of small recycled material of sintering production

Quality of the granules made on the basis of small sintering recycled material by different ways and their influence on the indexes of sintering process have been investigated.

Keywords

sinter charge, recycled material, granulation, sintering, yield, productivity

Поступила 22.01.2015

**Предлагаем разместить в нашем журнале рекламу
Вашей продукции или рекламный материал
о Вашем предприятии**

**Расценки на размещение рекламы
(цены приведены в гривнах с учетом налога на рекламу)**

2, 3 страницы обложки		страница внутри журнала	
цветная	1400	цветная	1050
черно-белая	700	черно-белая	500
1/2 страницы формата А4		1/2 страницы формата А4	
цветная	900	цветная	800
черно-белая	500	черно-белая	450
1/4 страницы формата А4		1/4 страницы формата А4	
цветная	550	цветная	300
черно-белая	300	черно-белая	200

При повторном размещении рекламы – скидка 15 %