

Рациональное распределение флюса по высоте агломерируемого слоя

Исследованы агломераты из шихты с разной основностью по высоте слоя. Установлен ламинарный характер потока шихты в промежуточном бункере. Ввод дополнительного флюса в нижнюю часть слоя повысил выход годного агломерата на 32,14% и позволил увеличить производительность на 1-3%.

Ключевые слова: агломерат, основность, окомкованная шихта, прочность

Постановка проблемы. Известно, что распределение теплоты по высоте агломерируемого слоя неравномерное – сверху наблюдается недостаток, а внизу слоя – избыток. Это приводит к низкому качеству агломерата, снижению производительности и повышенному расходу коксовой мелочи.

Большинство фабрик производят агломерат основностью 1,2-1,4, которому соответствуют его наименьшая прочность и восстановимость.

Актуально рациональное распределение флюса для выравнивания теплового баланса по высоте слоя, а также повышения прочности и восстановимости агломерата.

Анализ последних исследований и публикаций. Многие исследователи занимались вопросами сегрегации химического состава шихтовых материалов по высоте агломерируемого слоя, предлагались различные варианты послойной укладки шихты на аглоленту.

В. Н. Кривошеевым, Ф. Ф. Колесановым, И. С. Хлопониним с сотрудниками разработан метод получения прочного агломерата, который заключается в раздельном дозировании и окомковании шихт основностью 0,57 и 2,56 [1]. Формировали слой из этих шихт, в верхней части которого находились шихты с меньшей основностью, а в нижней – с большей. Соотношение масс обеспечивало среднюю основность 1,2.

Двухслойное спекание с использованием аналогичных шихт, предложенное Г. Г. Ефименко и другими [2], позволило уменьшить количество мелочи 0-5 мм после испытания в барабане с 26,0 до 21,1%. В дальнейшем способ был ими усовершенствован – в поток низкоосновной шихты через определённые промежутки времени вводили дополнительное количество флюса, топлива и воды, обеспечивающее получение шихт основностью 0,5-1,0 и выше 1,6.

Известные способы имеют сложную реализацию или недостаточно эффективны. Предлагаемый в статье способ ввода дополнительного известняка прост в реализации и позволит получить качественный агломерат без существенных затрат.

Цель статьи – обеспечить выравнивание теплового баланса за счёт распределения флюса по высоте агломерируемого слоя для повышения качества агломерата и производительности процесса

без использования дополнительного тракта подготовки шихты.

Изложение основного материала. В интервале основности 1,15-1,50 агломераты обладают низкой холодной прочностью [3]. Основные причины снижения прочности – это сложный минералогический состав агломерата, недостаточное взаимодействие компонентов шихты и повышенное содержание двухкальциевого силиката $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$. Структура таких агломератов состоит из минералов с повышенной температурой плавления. Так, $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ плавится при температуре 1478 °С, а $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ – при 1475 °С и $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – при 1540 °С. Кроме того, двухкальциевый силикат при 675 °С переходит из β- в γ-фазу с увеличением объёма на 12%, что вызывает разрушение агломерата [4]. Агломерат непрочный и трудновосстановимый. В его структуре в значительном количестве присутствуют крупные микропоры размером более 2-70 мкм, а также гранулы, не пропитанные связующим веществом. Это объясняется тем, что в зоне горения топлива не обеспечивается образование жидких фаз в достаточном количестве. Прочность такого агломерата очень низкая. При общей основности шихты 0,98 введение дополнительного известняка в количестве 170 г на 1 кг шихты позволяет обеспечить основность 2,2-2,4 в нижней части слоя.

При увеличении основности более двух в агломерате увеличивается доля железокальциевых оливинов $0,5\text{CaO}\cdot 1,5\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ и $\text{CaO}\cdot\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$. Их плавление происходит при температурах 1130 и 1210 °С соответственно. Эти минералы лучше восстанавливаются, и их появление способствует образованию достаточного количества жидких фаз. Для этой основности характерно образование ферритов кальция $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, имеющих восстановимость водородом уже при 700 °С на уровне 76,4% [5]. Это способствует высокой восстановимости и хорошей прочности агглюспека. Для данных агломератов характерна более плотная и однородная структура, большое количество мелких (менее 2 мкм) микропор, которые могут играть роль «барьера», препятствующего распространению микротрещин в агломерате, также способствуют упрочнению агломерата.

Предлагаемый способ спекания позволяет практически полностью исключить основность 1,15-1,50, для которой характерна пониженная прочность

агломерата. Основная масса шихты подготавливается с основностью ниже единицы, а подаваемый вниз слоя дополнительный известняк повышает основность нижней части слоя выше двух.

В разработанном способе в часть потока окомкованной шихты, которая преимущественно попадает вниз слоя при загрузке на агломашину, дополнительно подают флюс. Получен такой же эффект, что и при отдельной подготовке и загрузке двух шихт на аглоленту. Однако достигается он за счёт естественной сегрегации шихты при движении от барабана-окомкователя до аглоленты. Это позволяет существенно упростить технологию двухслойного спекания, получить такие же результаты и обеспечить более равномерные свойства агломерата по высоте.

Для оценки влияния качества распределения флюса и способа его ввода в шихту на качество агломерата и процесс спекания были проведены опыты в лабораторных условиях с двумя различными технологиями подготовки шихты.

Дозировка и содержание компонентов приведены в таблице 1.

Параметры спекания: высота слоя – 200 мм, площадь спекания – $S = 254 \text{ см}^2$; разрежение – 10 кПа; масса шихты на спекание – 5 кг. В качестве флюса использовался известняк 0-3 мм. Высота верхнего и нижнего слоя соответственно 17 и 83 %.

Шихта 1 – типовое спекание агломерата с основностью, как на комбинате ПАО «ММК им. Ильича». Отличие 2 и 3 в том, что в первом варианте отдельно окомковывались две шихты разной основности, а во втором варианте в часть окомкованной шихты был добавлен известняк, и потом эта часть была загружена вниз агломерационного слоя, а сверху оставшаяся масса шихты.

Результаты спеканий приведены в табл. 2

Агломерат, полученный по существующей двухслойной технологии и предлагаемой, обладает идентичными характеристиками, из чего можно сделать вывод, что в отдельной подготовке двух шихт нет необходимости.

Известняк необходимо подавать в ту часть потока окомкованной шихты, которая преимущественно распределяется внизу слоя. При этом нужно обеспечить хорошее смешивание с шихтой и распределение по ширине агломашины. Наиболее рациональным местом ввода известняка может быть выходная течка барабана-окомкователя.

Для исследования движения окомкованной шихты была изготовлена модель загрузочного устройства агломашины (пробункер и барабан-питатель) в масштабе 1:10 к пробункеру ПАО МК «Азовсталь». Фотографии движения шихтовых материалов на модели промежуточного бункера приведены на рис. 1.

Установлено, что материал в промежуточном бункере движется ламинарными потоками. Поэтому дополнительный известняк, вводимый в часть потока загружаемой аглошихты, находящегося у стенки бункера, противоположной окну выдачи, смешивался с тонким слоем основной массы шихты. Попадая на наклонный лист шихта, которая была возле дальней стенки от окна выдачи, опустившись до барабана-питателя, ложится на барабан и достигает окна выдачи, находясь на барабане. Ссыпаясь с остальной массой шихты, она оказывается ближе к краю листа и над основной массой шихты, из-за чего ссыпается дальше, попадая в самый низ слоя, а затем накрывается остальной массой шихты с основностью 0,98. Таким образом внизу слоя получается средняя основность шихты 2, 4, а сверху – 0,98.

Таблица 1

Дозировка и содержание компонентов для проведённых спеканий

Номер шихты	Массовая доля, %	В	Дозировка, %							Химический состав агломерата, %					
			Р	К	CaCO ₃	CaO	к.п.	топливо	возврат	FeO	Fe	MgO	SiO ₂	CaO	Mn
1	1,00	1,22	10,36	35,70	13,47	1,22	4,07	4,07	31,20	15,70	53,00	1,59	9,45	11,90	0,20
2	0,83	0,98	10,36	41,44	6,91	1,24	4,14	4,14	31,77	18,20	54,50	1,31	10,04	10,18	0,23
	0,17	2,32	10,01	23,36	26,70	1,20	4,01	4,01	30,71	11,8	48,20	2,34	7,90	19,00	0,08
3	1,00	1,22	10,36	41,44	6,91*	1,24	4,14	4,14	31,77	18,20	54,50	1,31	10,04	10,18*	0,23

В – основность, Р – руда, К – концентрат, к.п. – колошниковая пыль; *ввод дополнительного известняка для получения необходимой основности в нижней части слоя

Таблица 2

Результаты спеканий агломерата

Номер шихты	Время, мин	ВГ, %		БП, %		R, %
		+5 мм	+10 мм	+5 мм	+10 мм	
1	15,5	68,05	46,90	57,00	27,40	56,50
2	11,0	85,97	79,50	68,02	46,51	59,49
3	11,5	86,46	79,04	68,65	46,49	59,47

ВГ – выход годного; БП – барабанная проба; R – степень восстановления агломерата водородом за 40 мин при температуре 800 °С (определялась на соответствующей установке согласно ГОСТ 17212-84)

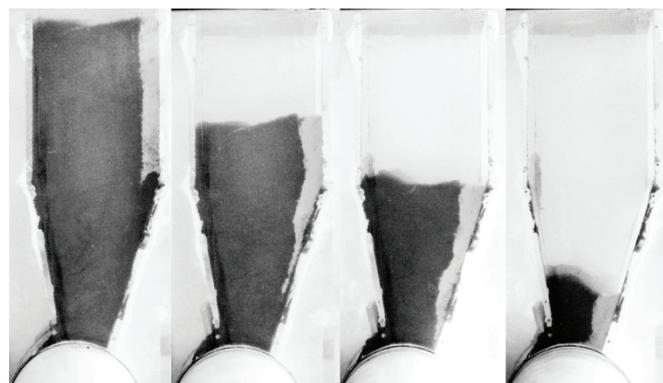


Рис. 1. Движение шихты на модели промежуточного бункера

Варианты подачи флюса в поток показаны на рис. 2. Положительное влияние на микроструктуру оказывает накачивание известняка на готовую гранулу. Разделяется SiO_2 и CaO , известняк контактирует с концентратом, что способствует образованию ферритов кальция, обладающих повышенными прочностными и восстановительными свойствами.

Выводы

Разработанная технология спекания агломерата с подачей дополнительного флюса вниз спекаемого слоя обеспечивает повышение восстановимости агломерата на 2,97 % абс. и прочности в сравнении с типовым процессом и на 32,14 % абс.

В отличие от известного двухслойного аналога для её внедрения не требуется отдельного тракта окомкования. Повышается восстановимость агломерата за счёт разделения SiO_2 и CaO и образования ферритов кальция.

Дальнейшие исследования следует вести в направлении изучения движения шихты от барабана окомкователя до паллет агломашины.

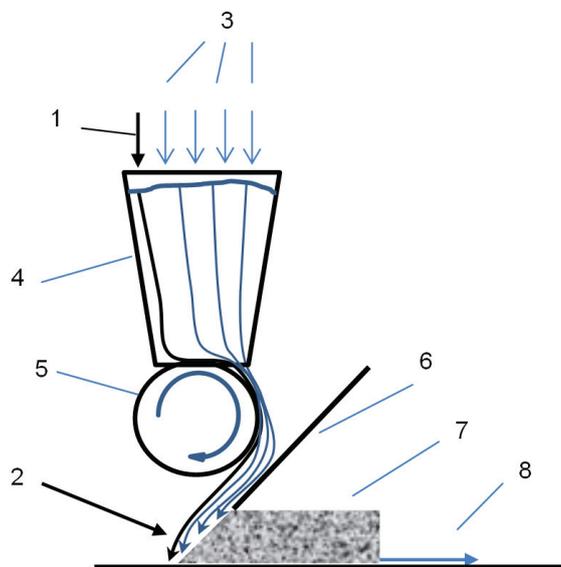
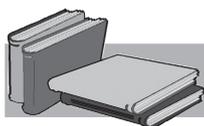


Рис. 2. Схема движения шихты при загрузке на аглоленту: 1 – подача дополнительного известняка в промежуточный бункер; 2 – подача дополнительного известняка в нижнюю часть слоя шихты на аглоленте; 3 – загрузка шихты в промежуточный бункер; 4 – промежуточный бункер; 5 – барабан-питатель; 6 – наклонный отражательный лист; 7 – шихта на паллетах; 8 – паллеты.



ЛИТЕРАТУРА

1. Колесанов Ф. Ф. Совершенствование агломерационного процесса / Ф. Ф. Колесанов, И. С. Хлопонин, В. Н. Кривошеев, В. И. Чикуров. – К.: Техніка, 1983. – 110 с.
2. А. с. 245195 СССР. Способ двухслойного спекания агломерационной шихты / Г. Г. Ефименко, А. И. Каракаш., Д. А. Ковалев и др. (СССР). – заявл. 22.08.1967; опубл. 25.04.1969, Бюл. №12.
3. Утков В. А. Высокоосновной агломерат / В. А. Утков. – М.: Metallургия. – 1977. – 156 с.
4. Вегман Е. Ф. Теория и технология агломерации / Е. Ф. Вегман. – М.: Там же. – 1974. – 288 с.
5. Коротич В. И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке / В. И. Коротич. – М.: Там же. – 1978. – 208 с.

Анотація

Кривенко С. В., Божков Г. Г.

Рациональний розподіл флюсу по висоті агломеруємого шару

Досліджено агломерати з шихти різної основності по висоті шару. Встановлено ламінарний характер потоку шихти в проміжному бункері. Введення додаткового флюсу в нижню частину шару підвищило вихід придатного агломерату на 32,14 % і дозволило збільшити продуктивність на 1-3 %.

Ключові слова

агломерат, основність, огрудкована шихта, міцність

Summary

Krivenko S., Bozhkov G.

Reasonable flux distribution heightwise sintered layer

The sinters from charges with different basicity heightwise the sintered layer were investigated. The laminar type of charge flow in the intermediate bin was established. Additional flux input into the bottom of layer increased the output of useful sinter in 32,14% and allows increasing performance in 1-3 %.

Keywords

sinter, basicity, pelletized blend, strength

Поступила 06.05.2015