

С.А. Гаврилко⁽¹⁾, доцент, к.т.н.
П.П. Коваль⁽²⁾, ведущий инженер
Ю.С. Гаврилко⁽²⁾, инженер II категории
Г.А. Громак⁽¹⁾, ассистент
Н.В. Личконенко⁽¹⁾, ст. преподаватель
Е.И. Цветкова⁽¹⁾, магистрант

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ФЛЮСА ДЛЯ АГЛОМЕРАЦИИ

⁽¹⁾Запорожская государственная инженерная академия,

⁽²⁾ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь», г.Запорожье

Описано технологію підготовки флюсу для агломерації з використанням класифікованих дозованих фракцій вапняку та твердого палива у певному співвідношенні за умов ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь». Впровадження даної технології до виробництва дозволить значно поліпшити техніко-економічні показники процесу випалювання вапняку.

Описана технология подготовки флюса для агломерации с использованием классифицированных дозированных фракций известняка и твердого топлива в определенных соотношениях в условиях ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь». Внедрение данной технологии в производство позволило значительно улучшить технико-экономические показатели процесса обжига известняка.

Введение. Применение извести в составе агломерационной шихты является одним из наиболее эффективных путей интенсификации процесса агломерации рудного сырья [1].

Анализ достижений. П.Н. Острик с сотрудниками [2] исследовали влияние извести на процесс агломерации при ее закладке в штабель концентрата. Было установлено, что при введении извести в рудную смесь шихта хорошо комкуется, повышается ее газопроницаемость, а также возрастает вертикальная скорость спекания агломерата. Количество микрообъемов офлюсованной шихты, прошедших через жидкую фазу, значительно больше, чем в агломерате, спеченном из шихты без выдержки извести с концентратом.

На ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» введение извести в количестве 3...4% от массы рудной части агломерационной шихты сопровождается значительным повышением производительности агломерационных машин и улучшением качества агломерата. Установлено, что при введении 50 кг свежесожженной извести на одну тонну агломерата происходит повышение температуры шихты от 18...20 до 40...42 °С, что способствует интенсификации процесса спекания [3,4].

Исследования, проведенные авторами работ [5,6], показали, что эффективность применения извести в агломерационной шихте определяется ее качеством. При этом введение извести в состав шихты вызывает увеличение скорости спекания агломерата за счет роста скорости фильтрации газа в спекаемом слое, вызванной улучшением начальной газопроницаемости окомкованной шихты и повышением прочности отдельных ее комков.

Увеличению скорости спекания агломерата при использовании извести в составе шихты способствует также ее каталитическое действие на процесс горения топ-

лива [7]. Причиной ускорения горения топлива, обработанного известью, является образование из гидроксида кальция $[Ca(OH)_2]$ пероксида кальция (CaO_2), при разложении которого выделяется атомарный кислород.

Влияние извести на выход годного агломерата проявляется в повышении его прочности, чему способствует улучшение условий минералообразования в зоне подогрева и образования расплава, снижение вязкости расплава и повышение температурного уровня спекания [8].

Таким образом, результаты ранее проведенных исследований показали, что наличие извести оказывает существенное влияние на процесс спекания офлюсованного агломерата, причем, чем выше качество извести, тем эффективнее ее применение.

В настоящее время на ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» известь для производства офлюсованного агломерата получают с использованием обжиговой конвейерной машины КМ-14. Для этого известняк и твердое топливо подвергают смешению в смесительном барабане и увлажняют смесь до 2%. Далее готовую смесь укладывают слоем толщиной 600 мм на колосниковые тележки, которые перемещают под зажигательным горном, где происходит зажигание топлива в слое смеси и последующий процесс ее обжига.

Недостатком данной технологии является низкая степень обжига известняка (не более 60...65%), вызванная неравномерным распределением температуры в слое смеси известняка и твердого топлива из-за неравномерности распределения топлива в объеме смеси, а также просасываемого воздуха по сечению слоя.

Задачей исследования является совершенствование технологии подготовки извести для агломерации путем усреднения по крупности и количеству компонентов смеси в объеме и по сечению колосниковых тележек. Это позволит достигнуть равномерности просасывания воздуха через слой смеси и увеличение степени использования тепловой энергии топлива, что приводит к улучшению показателей процесса обжига.

Основная часть исследований. Решение поставленной задачи достигали дозированным смешиванием классифицированных фракций известняка (-3 мм, +3 -10 мм, +10 мм) в соотношении (3...10) : (75...90) : (5...20)% соответственно [9] с классифицированными фракциями твердого топлива (-3 мм, +3 -7 мм, +7 мм) в соотношении (5...15) : (70...90) : (5...15)% соответственно [10].

На первом этапе изучали влияние соотношения трех классифицированных фракций известняка: -3 мм, +3 -10 мм, +10 мм, рассмотренных в диапазоне (3...10) : (75...90) : (5...20)% соответственно на показатели процесса его обжига, на втором этапе – влияние соотношения трех классифицированных фракций твердого топлива: -3 мм, +3 -7 мм, +7 мм, – рассмотренных в диапазоне (5...15) : (70...90) : (5...15)% соответственно в смеси с выявленными на предыдущем этапе исследований рациональными фракциями известняка.

При выполнении первого этапа исследований вышеуказанные три фракции известняка дозировали путем регулирования зазора колосниковой решетки молотковой дробилки, а также шиберными затворами на бункерах ленточного дозатора в диапазоне изменения (3 : 90 : 7)%, (3 : 85 : 12)%, (5 : 80 : 15)% и (7 : 76 : 17)% по массе соответственно. Далее дозированные фракции известняка смешивали с твердым топливом в шнековом смесителе с увлажнением шихты до 2%. Обжиг полученной смеси осуществляли согласно технологической инструкции [11].

Применение классифицированных фракций известняка позволяет формировать слой смеси известняка и твердого топлива с наиболее равномерным распределением

фракций по сечению. Это придает смеси лучшую разрыхленность по объему колосниковой тележки, что обеспечивает большее просасывание воздуха через слой смеси. Как следствие, снижается разрежение в вакуум-камерах и повышается степень использования тепловой энергии топлива.

Для определения оптимального соотношения классифицированных фракций известняка выполняли сопоставление базового периода работы обжиговой машины продолжительностью двое суток и четырех экспериментальных периодов аналогичной продолжительности. Показатели работы для базового и опытного периодов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты предварительных исследований работы обжиговой машины для базового и опытного периодов

Показатель	Базовый период	Опытные периоды			
		I	II	III	IV
Соотношение фракций известняка -3 мм, +3 -10 мм, +10 мм соответственно в смеси, %	-	3:90:7	3 : 85 : 12	5 : 80 : 15	7 : 76 : 17
Расход, т/сутки:					
- известняка	600	900	890	900	880
- топлива	60	86	88	87	88
Высота слоя, мм	600	650	650	650	650
Скорость движения тележек, м/мин	0,59	0,43	0,44	0,43	0,44
Разрежение в вакуум-камерах, кПа	4,90	4,70	4,80	4,60	4,80
Степень обжига известняка, %	65,0	72,0	78,0	82,0	75,0
Производство извести, т/сутки	400	620	600	610	580

Анализ влияния рассмотренных дозированных классифицированных фракций известняка в смеси с твердым топливом на показатели процесса обжига показал, что наиболее оптимальным является период III, при котором достигнуты наилучшие результаты: разрежение в вакуум-камерах – 4,6 кПа, степень обжига известняка – 82% и производительность обжиговой машины – 610 т/сут.

Новую технологию обжига известняка испытывали при подготовке флюса для спекания агломерата на конвейерной машине КМ-14 в агломерационном цехе ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь». Продолжительность, как базового периода, так и периода промышленных испытаний составляла пятнадцать суток.

Дозированные фракции известняка в количестве 45, 720, 135 т/сутки соответственно смешивали с твердым топливом в количестве 87 т/сутки в шнековом смесителе. Полученную смесь укладывали слоем толщиной 650 мм на колосниковую тележку и подвергали обжигу. В процессе обжига разрежение в вакуум-камерах достигает 4,6 кПа, степень обжига известняка – 82%, а производство извести возрастает до 620 т/сут (табл. 2).

На втором этапе исследований изучали влияние соотношения трех классифицированных фракций твердого топлива (-3 мм, +3 -7 мм, +7 мм) в диапазоне изменения (5...15) : (70...90) : (5...15)% соответственно на показатели процесса обжига с рациональным соотношением его фракций (период III).

Таблица 2 – Технико-экономические показатели работы обжиговой машины
в базовый период и в период промышленных испытаний

Показатель	Базовый период	Период промышленных испытаний
Соотношение фракций известняка -3 мм, +3 -10 мм, +10 мм соответственно в смеси, %		5 : 80 : 15
Расход, т/сутки:		
- известняка (общий)	600	900
- известняка (по фракциям)	-	45 : 720 : 135
- топлива	60	87
Высота слоя смеси, мм	600	650
Скорость движения тележек, м/мин	0,59	0,43
Разрежение в вакуум-камерах, кПа	4,90	4,60
Степень обжига известняка, %	66,0	82,0
Производство извести, т/сутки	410	620

При определении рационального соотношения вышеуказанных фракций твердого топлива в смеси с ранее подобранными фракциями известняка сопоставляли базовый период работы обжиговой машины продолжительностью трое суток и четыре экспериментальных периода аналогичной продолжительности.

Дозирование рассматриваемых фракций твердого топлива осуществляли путем регулирования зазора между нижними валками четырехвалковой дробилки в диапазоне изменения (5...15) : (70...90) : (5...15)% соответственно.

Результаты обжига трех дозированных фракций известняка в соотношении (5 : 80 : 15)% в смеси с тремя фракциями твердого топлива в соотношении (15 : 70 : 15)%, (10 : 80 : 10)%, (7 : 85 : 8)%, (5 : 90 : 5)% соответственно приведены в табл. 3.

Анализ полученных данных показывает, что наиболее рациональным является период III с соотношением фракций твердого топлива (7 : 85 : 8)%, при котором достигнуты лучшие результаты: разрежение в вакуум-камерах – 4,5 кПа, степень обжига известняка – 83,5% и производительность обжиговой машины – 630 т/сутки.

Таблица 3 – Показатели работы обжиговой машины КМ-14
для базового и опытного периодов

Показатель	Базовый период	Экспериментальные периоды			
Соотношение фракций твердого топлива -3 мм, +3 -7 мм, +7 мм соответственно в смеси, %	-	15:70:15	10:80:10	7:85:8	5:90:5
Расход, т/сутки:					
- топлива	87	87	85	84	86
- известняка	900	900	900	900	900
Высота слоя, мм	650	650	650	650	650
Скорость движения тележек, м/мин	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Разрежение в вакуум-камерах, кПа	4,60	4,80	4,60	4,50	4,50
Степень обжига известняка, %	82,0	82,1	82,3	83,5	82,4
Производство извести, т/сутки	610	610	620	630	620

При промышленных испытаниях три дозированные фракции известняка (-3 мм; +3 -10 мм, +10 мм) в количестве 45, 720 и 135 т/сутки соответственно смешивали с тремя дозированными фракциями твердого топлива (-3 мм; +3 -7 мм; +7 мм) в количестве 6, 71 и 7 т/сутки соответственно в шнековом смесителе. Полученную смесь укладывали слоем толщиной 650 мм на конвейерную ленту КМ-14 и осуществляли обжиг известняка по принятой технологии.

Результаты сопоставления технико-экономических показателей существующей технологии обжига известняка (базовый период) продолжительностью 10 суток и предлагаемой технологии обжига такой же продолжительности представлены в табл. 4.

В процессе промышленных испытаний достигнуты следующие результаты: степень обжига известняка - 83,0%, производительность обжиговой машины КМ-14 – 630 т/сутки при значении разрежения 4,5 кПа.

Таким образом, новая технология обжига известняка позволяет обеспечить наибольшее просасывание воздуха через слой смеси известняка и твердого топлива, оптимизировать распределение температуры по сечению колосниковых тележек и, следовательно, увеличить степень обжига известняка при уменьшении расхода топлива.

Таблица 4 – Техничко-экономические показатели работы обжиговой машины для базового периода и периода промышленных испытаний

Показатель	Базовый период	Период промышленных испытаний
Соотношение фракций:		
- твердого топлива -3 мм, +3 -7 мм, +7 мм;	-	7 : 85 : 8
- известняка -3 мм, +3 -10 мм, +10 мм соответственно в смеси, %	5 : 80 : 15	5 : 80 : 15
Расход, т/сутки:		
- известняка (общий)	900	900
(по фракциям)	45 : 720 : 135	45 : 720 : 135
- топлива (общий)	87	84
(по фракциям)	-	6 : 71 : 7
Высота слоя смеси, мм	650	650
Скорость движения тележек, м/мин	0,43	0,43
Разрежение в вакуум-камерах, кПа	4,60	4,50
Степень обжига известняка, %	82,0	83,0
Производство извести, т/сутки	610	630

Выводы.

1. Для условий агломерационного цеха ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» предложена новая технология подготовки флюса для агломерации с использованием классифицированных дозированных фракций известняка и твердого топлива.

2. Реализация данной технологии позволяет получить оптимальное распределение температуры по объему слоя, а также максимально возможное для этих условий использование тепловой и химической энергии топлива. При этом достигается увеличение высоты слоя обжигаемого флюса от 600 до 650 мм, снижение разрежения в вакуум-камерах от 4,9 до 4,5 кПа, повышение степени обжига известняка от 66,0 до

83,0% и увеличение производительности установки от 410 до 630 т/сутки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенгарт Ю. И. Об оптимальном содержании извести в аглошихте / Ю. И. Розенгарт, О. Г. Федоров, С. Г. Савельев // *Металлургия и коксохимия: научн.-техн. сб.* – Киев: Техніка, 1984. – Вып. 84. – С. 11-16 (Металлургия чугуна).
2. Спекание шихты с предварительной выдержкой извести в концентрате / П. Н. Острик, Е. Н. Лещинская, С. Т. Ростовцев [и др.] // *Металлургия и коксохимия: научн.-техн. сб.* – Киев: Техніка, 1966. – Вып. 1. – С. 9-13 (Металлургия чугуна).
3. Совершенствование технологии спекания агломерата / Р. С. Бернштейн, Б. А. Станишевский, В. Н. Быткин, В. Г. Болгов. – Днепропетровск: Промінь, 1975. – 120 с.
4. Бернштейн Р. С. Повышение эффективности агломерации / Р. С. Бернштейн. – М.: Металлургия, 1979. – 144 с.
5. Каменев Р. Д. Об оптимальном содержании активной СаО в извести / Р. Д. Каменев, С. Г. Савельев, Н. М. Панчошный // *Проблемы производства и использования извести в черной металлургии.* – Днепропетровск: Промінь, 1979. – С. 59-60.
6. Применение в агломерационной шихте извести разной степени обжига / С. А. Савельев, Р. Д. Каменев, О. Г. Федоров, Н. М. Панчешный / *Известия вузов. Черная металлургия.* – 1980. – № 3. – С. 24-26.
7. К вопросу о влиянии извести на горение агломерационного топлива / В. М. Борисов, С. В. Вандарьев, Л. С. Агафонникова, А. С. Близнюков // *Проблемы производства и использования извести в черной металлургии.* – Днепропетровск: Промінь, 1979. – С. 71-72.
8. Влияние качества и расхода извести на процесс агломерации / С. Г. Савельев, Р. Д. Каменев, О. Г. Федоров [и др.] // *Металлург.* – 1980. – № 2. – С. 9-10.
9. Пат. 56767 Україна, МПК C22 B1/20. Спосіб підготування флюсу для агломерації. П. П. Коваль, В. Д. Ашихмин, Г. А. Громак [та ін.]; заявник і патентоволодарь ВАТ «Запоріжсталь». – № 2002097195; заявл. 04.09.2002; опубл. 15.05.2003.
10. Пат. 70513 Україна, МПК C22 B1/20. Спосіб підготування флюсу для агломерації. П. П. Коваль, В. І. Набока, Г. А. Громак [та ін.]; заявник і патентоволодарь ВАТ «Запоріжсталь». – № 20031110500; заявл. 21.11.2003; опубл. 15.10.2004.
11. ТИ 226-0А-03-05. Технологическая инструкция. Производство извести на обжиговых машинах ОПР и КМ-14. – Запорожье: ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь». – 2005. – 24 с.

Стаття надійшла до редакції 01.12.2009 р.
Рецензент, проф. С.А. Воденніков