

УДК 669.162.142

Шаповалов А.Н.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА СМЕРЗАЕМОСТЬ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА

Аннотация. Представлены результаты лабораторных экспериментов по изучению противоморозного эффекта извести при её введении в железорудный концентрат (перед транспортировкой) с расходом от 20 до 60 кг/т концентрата.

Установлено, что противоморозное действие извести проявляется во всем исследуемом диапазоне расхода извести в виде снижения прочности образцов известкованного концентрата на раздавливание после заморозки в сравнении с аналогичными образцами из влажного концентрата. Противоморозное действие извести растет пропорционально количеству вносимого с известью активного СаО, что обусловлено уменьшением в известкованном концентрате свободной капиллярной влаги. Даны рекомендации по проведению профилирования концентрата с целью предотвращения его смерзания зимних условиях.

Ключевые слова: известь, железорудный концентрат, влажность, смерзаемость, профилирование

Введение

Одним из основных способов окускования мелких железных руд и железорудных концентратов является агломерация методом просасывания. Его эффективность обеспечивается только при интенсивном поступлении воздуха в зону горения [1-4], поэтому обязательной операцией подготовки агломерационной шихты к спеканию является окомкование.

По мере обеднения железных руд и развития технологии обогащения в процесс агломерации вовлекается все большее количество тонкозернистых концентратов с повышенным содержанием железа. При этом результаты окомкования агломерационных шихт, во многом определяющие показатели спекания, в значительной степени зависят от наличия в составе шихты комкующих фракций – центров окомкования [1-6], количество которых с повышением доли тонкоизмельченных материалов снижается. Поэтому в настоящее время на большинстве агломерационных фабрик агломерат производят с применением извести [7-15], наличие которой в агломерационной шихте повышает её комкуемость, способствуя упрочнению гранул и увеличению газопроницаемости слоя спекаемой шихты, следствием чего является повышение скорости спекания и производительности агломашин. В зависимости от шихтовых условий, свойств и технологии введения извести её расход может изменяться в широких пределах, достигая максимальных значений в 60-140 кг/т [1-5, 16-21], однако для максимальной интенсификации процесса спекания необходимый и достаточный расход извести составляет до 70-75 кг/т агломерата [3, 7, 20]. При этом эффективность использования извести зависит от её качества, способа введения и расхода, а также гранулометрического и вещественного состава шихты и условий её подготовки и спеканию. Поэтому в различных шихтовых и технологических условиях повышение удельной производительности агломашин при увеличении расхода извести может изменяться от 1,5 до 6% (отн.) [1-3, 7-15, 19-26] на каждые 10 кг/т дополнительно введенной извести.

Кроме интенсификации аглопроцесса, увеличение расхода извести ведет к снижению расхода известняка, что позволяет сократить расход твердого топлива на 0,5-1,5% [1, 2] на каждые 10 кг/т дополнительно введенной извести. Кроме того, введение извести в концентрат на горно-обогатительных комбинатах позволяет решить задачу по предотвращению смерзания влажных концентратов при их транспортировке в зимних условиях [2, 7, 27-31].

При этом оптимальные условия по способу введения и расходу извести подбираются в каждом конкретном случае индивидуально, с учетом получаемого эффекта и дополнительных затрат. В связи с этим целью настоящей работы является исследование влияния предварительного известкования железорудного концентрата Курской магнитной аномалии (КМА) на его смерзаемость.

Теоретические основы

При транспортировке влажного концентрата в зимние периоды времени неизбежно его смерзание, что осложняет технологию выгрузки, требуя затрат времени и ресурсов на его размораживание. Традиционно размораживание смерзшихся железорудных материалов осуществляют в гаражах размораживания в результате сжигания газообразного топлива. Негативными последствиями такой технологии являются:

- усложнение логистики;
- дополнительные затраты на газообразное топливо;
- дополнительные затраты на обслуживание гаражей размораживания;
- опасность перегрева ходовой части вагонов;
- высокая вероятность сверхпланового простоя вагонов из-за недостаточной продолжительности размораживания;
- возникновение ситуаций, связанных с высыпанием незамороженного концентрата.

Предотвращение смерзания концентрата при минусовых температурах возможно путем удаления свободной (капиллярной) влаги, содержание которой в концентрате определяется текущей влажностью и

максимальной молекулярной влагоемкостью (ММВ) [7]. Влажность концентратов мокрого магнитного обогащения после обезвоживания обычно составляет 9–10%. Для концентрата КМА, являющегося предметом исследования, содержание влаги поддерживали на уровне 10%. Максимальная молекулярная влагоемкость ММВ, % прямо пропорциональна удельной поверхности $S_{уд}$ концентрата и может быть найдена из уравнения [7]:

$$ММВ = 0,003 \cdot S_{уд} + 1,078.$$

Удельная поверхность концентрата КМА с долей частиц менее 45 мкм в количестве более 90 находится в диапазоне 1680–1700 см²/г, тогда ММВ концентрата составляет 6,1–6,2%. Таким образом, для предотвращения смерзания концентрата при минусовых температурах при исходной влажности концентрата 10% необходимо удалить избыточную капиллярную влагу в количестве 3,8–3,9%.

Одним из способов связывания свободной капиллярной влаги является известкование концентрата перед его загрузкой в вагоны. Эту технологическую операцию подготовки концентрата для предотвращения его смерзания в ряде литературных источников [27–29] называют «профилактированием».

Анализ результатов исследований, посвященных профилактированию железорудного концентрата [27–31], показывает, что в зависимости от свойств и технологии введения извести, в процессе профилактирования с расходом извести от 4 до 14 % (от массы концентрата) влажность концентрата снижается на 0,8–3,5 % в результате гидратации извести. Кроме того, введение свежееобожженной извести в концентрат сопровождается его обезвоживанием на 0,25 – 1,05 % при смешивании, а выделяющееся при гашении извести тепло, интенсифицирующее процесс естественной сушки, приводит к дополнительному снижению влажности на 0,4–1,5 % [28].

Таким образом, в процессе профилактирования влажного железорудного концентрата известью удаление влаги происходит не только за счет гидратации извести, но и за счет испарения влаги при смешивании. Поэтому на практике в зависимости от исходной влажности концентрата, его физико-механических свойств, качества извести и технологии известкования предотвращение смерзания концентрата достигается при расходе извести от 40 до 100 кг/т концентрата [2, 19, 28–31].

Методика исследования

В соответствии с целью настоящего исследования спланирован комплекс лабораторных экспериментов, предусматривающий оценку противоморозного эффекта извести при её введении в железорудный концентрат (перед транспортировкой) с расходом от 20 до 60 кг/т концентрата с шагом 10 кг/т. Выбор диапазона расхода извести обусловлен практикой использования извести в качестве интенсификатора агломерационного процесса [7–15].

В экспериментах применяли свежееобожженную известь, полученную в лабораторных условиях в результате обжига известняка Аккермановского месторождения. Химический состав опытной извести представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав извести

Fe	CaO _{акт}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S	П.п.п.
0,63	93,12	2,40	0,49	0,70	0,025	0,035	-

Примечание. Степень обжига извести 100 %, крупность – 0–3 мм.

Смешивание извести с концентратом производили в лабораторном бетоносмесителе типа БЛ-10 роторного типа, в котором перемешивание производится лопастным устройством, что обеспечивает хорошее смешивание при ограниченном гранулообразовании. Продолжительность смешивания при всех расходах извести (от 20 до 60 кг/т) поддерживали постоянной (3 мин), обеспечивая однородный цвет смеси. При этом продолжительность смешивания до достижения визуальной однородности смеси увеличивалась пропорционально расходу извести: от 0,5 мин при расходе извести 20 кг/т до 2,5 мин при расходе извести 60 кг/т. После смешивания проводили выдержку известкованного концентрата в течение 1 ч для завершения гидратационных процессов при температуре более 20°C, обеспечивающей высокую скорость гидратации [32]. Выбор продолжительности выдержки известкованного концентрата при положительных температурах обусловлен кинетическими условиями гидратации, длительность которой при избытке влаги не превышает 30 минут (при крупности извести до 5 мм) [33, 34].

В качестве критерия смерзаемости применяли сопротивление одноосному сжатию (Па) известкованного концентрата после выдержки при отрицательных температурах по аналогии с ГОСТ 12248.9-2020 «Определение характеристик прочности и деформируемости мерзлых грунтов методом одноосного сжатия». Для корректности и сопоставимости условий проведения экспериментов из известкованного концентрата перед заморозкой формовали по 10 образцов стандартных размеров (диаметр 60 мм, высота 50 мм), которые в дальнейшем после заморозки (в течение 24 ч) подвергали раздавливанию, определяя сопротивление образца одноосному сжатию σ , Па. Образцы для определения сопротивления сжатию формовали на испытательной машине МУП-100 при усилии сжатия 1,1 кН (давление на образец 0,4 МПа), обеспечивающем сохранение формы образцов после извлечения из шаблона.

Сформованные образцы помещали в морозильную камеру и выдерживали в течение 24 ч при минусовых температурах (-5, -10, -20°C), моделирующих различные условия транспортировки железорудного концентрата в зимний период.

Испытание замороженных образцов на раздавливание проводили на универсальной испытательной машине МУП-100 с определением среднеинтегрального значения сопротивления образцов одноосному сжатию σ , МПа, являющегося критерием смерзаемости концентрата (в сравнении с давлением при формировании образцов – 0,4 МПа).

Результаты экспериментов и их обсуждение

Усредненные результаты оценки влажности, степени гидратации и прочности на сжатие проб исходного и известкованного концентрата (при различном расходе извести) представлены в табл. 2.

Из представленных в табл. 2 данных следует, что эксперименты по оценке смерзаемости концентрата при различном расходе извести проводились в сопоставимых условиях при начальной влажности концентрата от 9,80 до 10,14 %.

В процессе смешивания наблюдалось гранулообразование (оценивалось визуально), интенсивность которого увеличивалась пропорционально расходу извести. Стоит отметить, что ограниченное гранулообразование с формированием гранул из известкованного концентрата крупностью до 2-3 мм можно рассматривать как положительное явление, потенциально способствующее улучшению результатов окомкования агломерационной шихты. Однако необходимо учитывать и тот факт, что гранулы агломерационной шихты, сформированные на основе зародышей из концентрата, имеют меньшую прочность, чем гранулы на основе кусковой руды или возврата, что негативно сказывается как на результатах окомкования (прочности гранул),

так и на показателях спекания [1, 7, 8, 17, 35 и др.]. Кроме того, избыточное гранулообразование известкованного концентрата с формированием гранул более 3-5 мм снижает равномерность распределения топлива (при смешивании), что приводит к уменьшению выхода годного, производительности по годному агломерату и ухудшению его прочности. Таким образом, для исключения избыточного окомкования при известковании концентрата смешивание следует проводить в роторных или шнековых смесях.

Результаты эксперимента показали, что с увеличением расхода извести I , кг/т, наблюдается пропорциональное снижение влажности известкованного концентрата перед заморозкой W , %, характеризуемое уравнением регрессии:

$$W = - 0,04 \cdot I + 9,34; R^2 = 0,94. \quad (1)$$

Минимальная влажность концентрата перед заморозкой при расходе извести 60 кг/т составила 6,98%. Расчет требуемого расхода извести по уравнению (1) показывает, что для полного связывания всей капиллярной влаги и достижения влажности концентрата, соответствующей ММВ (6,1% для опытного концентрата), необходимо увеличение расхода извести с содержанием активного CaO 93% до 81 кг/т. Однако, поскольку в ходе экспериментов исходная влажность концентрата изменялась, то более корректно рассчитывать требуемый расход извести I , кг/т, по суммарному количеству связанной и удаленной (вследствие испарения) влаги ΔW , %:

$$\Delta W = 0,043 \cdot I + 0,54 R^2 = 0,97. \quad (2)$$

Таблица 2

Усредненные результаты оценки противоморозного эффекта извести

Показатели	Значение показателей при различных расходах извести, кг/т концентрата						
	«0» база	20	30	40	50	60	
Исходная влажность концентрата, %	9,85	9,90	10,14	9,80	10,05	10,05	
Количество активного CaO, кг/т	0,00	18,62	27,94	37,25	46,56	55,87	
Продолжительность смешивания до однородного цвета, мин	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	
Влажность смеси перед заморозкой, %	9,41	8,39	8,27	7,55	7,36	6,98	
Расчетное снижение влажности при введении извести и полной гидратации, %	0,00	0,72	1,08	1,41	1,76	2,10	
Фактическое снижение влажности до заморозки, %	0,44	1,51	1,87	2,25	2,70	3,06	
Снижение фактической влажности от расчетной, %	0,44	0,79	0,79	0,84	0,93	0,97	
Прочность образцов на сжатие, МПа	-5 °C	15,52	10,10	8,98	5,42	2,62	1,12
	-10 °C	23,19	11,41	8,42	6,36	3,74	1,68
	-20 °C	29,55	15,33	13,09	10,47	5,05	2,43
Влажность образцов после заморозки, %	9,37	8,22	8,25	7,53	7,35	6,93	
Снижение влажности в процессе заморозки, %	0,04	0,17	0,02	0,02	0,01	0,05	
Расчетная степень гидратации извести, %	–	93,41	93,90	92,58	91,78	91,94	

Из данных табл. 2 и уравнения (2) следует, что снижение влажности известкованного концентрата перед заморозкой линейно растет с увеличением расхода извести. При этом снижение фактической влажности превышает расчетные значения, полученные с учетом полной гидратации извести, что объясняется естественной сушкой концентрата при его выдержке до замораживания, которая не учитывалась в расчетах снижения влажности. Кроме того, с ростом расхода извести наблюдается положительная динамика естественной сушки, что объясняется разогревом известкованного концентрата вследствие протекания гидратации извести. Таким образом, с учетом естественной сушки концентрата, интенсивность которой растет с увеличением расхода извести и содержания в ней активного СаО, обеспечивается более существенное снижение концентрации капиллярной влаги.

Расчет требуемого расхода извести по уравнению (2) показывает, что для снижения влажности на 3,9% до уровня 6,1% (при начальной влажности в 10%) необходимо увеличение расхода извести с содержанием активного СаО 93% до 78,1 кг/т. При снижении исходной влажности концентрата до 9%, связывание всей капиллярной влаги и, следовательно, предотвращение смерзания концентрата обеспечивается при расходе извести в количестве 56,7 кг/т концентрата (при содержании активного СаО в извести не менее 90%).

Эффективность работы извести по связыванию капиллярной влаги концентрата во многом определяется степенью завершенности процесса гидратации. Для оценки степени гидратации извести производили прокалывание образцов после замораживания при температуре 600°C, обеспечивающей диссоциацию гидрата кальция. Полученные данные (см. табл. 2) подтвердили, что при организации выдержки известкованного концентрата при положительных температурах в течение 1 ч обеспечивается практически полная (более 90%) гидратация извести.

Противоморозное действие извести проявляется во всем исследуемом диапазоне расходов извести и температур в виде снижения прочности образцов известкованного концентрата на раздавливание после заморозки в сравнении с аналогичными образцами из влажного концентрата. При этом противоморозное действие извести растет пропорционально её расходу, что обусловлено уменьшением в известкованном концентрате свободной капиллярной влаги, которая при замерзании скрепляет в монолитное целое частицы концентрата, образуя льдистый армирующий каркас.

Влияние расхода извести на прочность образцов известкованного концентрата после заморозки при различных температурах показано графически на рис. 1.

Из представленных на рис. 1 графиков следует, что между расходом извести и смерзаемостью концентрата, критерием которой является прочность образцов на раздавливание, наблюдается линейная зависимость при всех исследуемых температурных режимах заморозки. Из полученных экспериментальных данных также следует, что при понижении темпера-

туры прочность замороженных образцов концентрата повышается. Указанное влияние обусловлено упрочнением кристаллической решётки льда и всех твёрдых компонентов, а также структурным уплотнением, вызванным температурным сокращением компонентов мёрзлого концентрата. При этом смерзаемость концентрата заметно снижается с повышением вводимого с известью активного СаО, связывающего в прочные гидраты капиллярную влагу, являющуюся причиной смерзаемости.

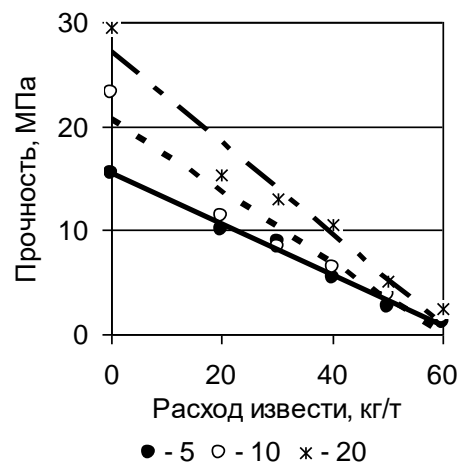


Рис. 1. Влияние расхода извести на прочность образцов известкованного концентрата после заморозки при различных температурах

Однако даже при температурах минус 5°C и максимальном расходе извести (60 кг/т концентрата) с долей активного СаО 93% не обеспечивается предотвращение смерзания концентрата (с исходной влажностью 10%), что связано с недостаточным количеством внесенного активного СаО, не обеспечивающим снижения влажности концентрата после известкования до уровня ММВ, о чем уже говорилось ранее.

Другим вариантом предотвращения смерзания концентрата КМА является снижение его исходной влажности до 9%. В этом случае связывание всей капиллярной влаги обеспечивается при расходе извести в количестве 56,7 кг/т концентрата (при содержании активного СаО в извести не менее 90%). Для подтверждения последнего был проведен эксперимент по заморозке концентрата влажностью 9% после его известкования (известь с 93% активного СаО) с расходом извести 60 кг/т концентрата. Результаты показали, что во всем исследуемом диапазоне температур заморозки прочность образцов на раздавливание после выдержки при минусовых температурах в течение 24 ч изменялась от 0,08 до 0,12 МПа, что ниже нагрузки, при которой формовались образцы (0,4 МПа). Полученные данные свидетельствуют об отсутствии смерзаемости известкованного концентрата. При этом меньшая прочность образцов (в сравнении с усилием при их формовке) объясняется условиями раздавливания при свободном нагружении, в отличие от условий формовки в шаблоне.

Заключение

Противоморозное действие извести проявляется во всем исследуемом диапазоне расхода извести и температур в виде снижения прочности образцов известкованного концентрата на раздавливание после заморозки в сравнении с аналогичными образцами из влажного концентрата. При этом противоморозное действие извести растет пропорционально количеству вводимого с известью активного СаО, что обусловлено уменьшением в известкованном концентрате свободной капиллярной влаги.

Для предотвращения смерзания концентрата рекомендуется проводить его известкование при соблюдении следующих условий:

- использовать свежееобожженную известь с максимальной степенью обжига и содержанием активного СаО не менее 90%;
- смешивание концентрата с известью производить в роторных или шнековых смесителях в течение не менее 3 мин, что обеспечивает однородность смеси при ограниченном гранулообразовании;
- продолжительность пребывания известкованного концентрата до погрузки в вагоны должна быть не менее 1 ч для завершения процесса гидратации извести;
- расход извести в пересчете на активный СаО, при котором предотвращается смерзание концентрата влажностью 10%, должен быть не менее 70 кг/т концентрата, что примерно соответствует расходу извести с содержанием активного СаО 90% в количестве 78 кг/т концентрата;
- при исходной влажности концентрата 9% связывание всей капиллярной влаги и предотвращение смерзания концентрата обеспечивается при расходе извести с содержанием активного СаО более 90% в количестве не менее 56,7 кг/т концентрата.

Список источников

1. Коротич В.И. Теоретические основы окомкования железорудных материалов. М.: Metallurgia, 1966. 151 с.
2. Базилевич С.В., Вегман Е.Ф. Агломерация. М.: Metallurgia, 1967. 368 с.
3. Берштейн Р.С. Повышение эффективности агломерации. М.: Metallurgia, 1979. 144 с.
4. Пузанов В.П., Кобелев В.А. Структурообразование из мелких материалов с участием жидких фаз. Екатеринбург, 2001. 634 с.
5. Совершенствование агломерационного процесса / Ф.Ф. Колесанов, Н.С. Хлапонин, В.Н. Кривошеев, В.И. Чикуров. К.: Техника, 1983. 110 с.
6. Жилкин В.П., Доронин Д.Н. Производство агломерата. Технология, оборудование, автоматизация. / под общ. ред. Г.А. Шалаева. Екатеринбург: Уральский центр ПР и рекламы, 2004. 292 с.
7. Пузанов В.П., Кобелев В.А. Введение в технологии металлургического структурообразования. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 501 с.
8. Коротич В.И., Фролов Ю.А., Бездежский Г.Н. Агломерация рудных материалов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2003. 400 с.
9. Развитие агломерационного производства ОАО «Северсталь» / М.С. Табаков, В.П. Невраев, О.В. Воробьев, Г.В. Деткова // Metallurg. 2005. № 6. С. 32-36.
10. Горшков Н.Н., Баринов В.Х. Развитие агломерационного производства на Челябинском металлургическом комбинате // Сталь. 2008. № 3. С. 22-24.
11. Шаповалов А.Н., Овчинникова Е.В., Майстренко Н.А. Качество подготовки агломерационной шихты к спеканию в условиях ОАО «Уральская сталь» // Теория и технология металлургического производства. 2014. №1(14). С. 6-9.
12. Шаповалов А.Н., Овчинникова Е.В. Совершенствование технологии использования извести в аглопроизводстве в условиях ОАО «Уральская Сталь» // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2014. Т.1. С.88-92.
13. Шаповалов А.Н., Овчинникова Е.В., Майстренко Н.А. Повышение качества подготовки агломерационной шихты к спеканию в условиях ОАО «Уральская Сталь» // Metallurg. 2015. №3. С.30-36.
14. Влияние компонентного состава и высоты слоя шихты на качество агломерата, расход топлива и производительность агломерационных машин ПАО «НЛМК» / Ю.А. Фролов, С.В. Филатов, Л.И. Каплун и др. // Metallurg. 2020. № 4. С. 21-29.
15. Исследования процесса окомкования шихты на аглофабрике № 5 ПАО «ММК» / А.А. Андриушечкин, Ю.А. Фролов, Д.М. Чукин, В.Е. Котышев // Черные металлы. 2022. № 11. С. 16-21.
16. Влияние извести на процесс спекания тонкоизмельченных концентратов / Г.В. Коршиков, Е.В. Невмержицкий, М.А. Хайков, В.Н. Пономарев // Сталь. 1974. № 4. С. 7-12.
17. Совершенствование технологии агломерации мелкозернистых концентратов / Бургов В.Н., Мирко В.А., Головкин В.К., Кабанов Ю.А. // Metallurg. 1985. № 6. С. 22-24.
18. Использование лисаковского концентрата в аглодоменном переделе в рациональных объемах / Мирко В.А., Викулов Г.С., Кабанов Ю.А., Печеркин А.М. // Сталь. 2000. № 6. С. 12-16.
19. Исследование влияния различных способов ввода извести в шихту на показатели процесса агломерации / Н.С. Минаков, В.И. Кретинин, В.П. Горбачев, Г.А. Арыков // Сталь. 1988. № 9. С. 5-8.
20. Гурин П.И., Хлапонин Н.С., Осипенко А.М. Эффективность применения извести при агломерации шихты высокой основности // Сталь. 1981. № 9. С. 9-12.
21. Савельев С.Г., Чижикова В.М. Применение извести при окусковании железорудного сырья // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». 1986. № 3. С. 2-14.
22. Влияние извести на спекание аглошихты / В.М. Куркин, М.С. Табаков, Е.А. Кашкаров и др. // Metallurg. 2007. № 8. С. 49-52.

23. Шаповалов А.Н., Титова И.А. Оптимизация технологии производства агломерата в условиях ОАО «Уральская сталь» // Наука и производство Урала. 2011. №7. С. 14-24.
24. Оптимизация расхода извести при вводе в аглошихту с целью повышения качества агломерата / С.В. Филатов, И.Ф. Курунов, О.А. Семенов и др. // Сталь. 2014. № 10. С. 7-9.
25. Исследование эффективности использования извести при производстве агломерата АО «Уральская Сталь» / Шаповалов А.Н., Зубов С.П., Майстренко Н.А., Берсенев И.С. // Сталь. 2017. № 6. С. 2-6.
26. Демидова Н.В., Шаповалов А.Н., Овчинникова Е.В. Совершенствование технологии производства агломерата в условиях АО «Уральская Сталь» // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». 2017. Вып. 10 (1414). С.65-71
27. Одинцов А.А., Долинский В.А. Опыт использования профилированного известью железорудного концентрата в агломерации // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2013. № 3(5). С. 16-23.
28. Пермьяков А.А., Кувшинникова Н.И., Калиногорский А.Н. Технологическо-минералогические исследования при профилировании обожженным известняком железорудного концентрата // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2016. № 4(18). С.4-7.
29. Расчетно-теоретический анализ процесса профилирования известью железорудного концентрата / Пыхтеева К.Б., Тлеугабдулов Б.С., Волков Д.Н., Меламуд С.Г. // Черные металлы. 2016. № 4. С. 19-24.
30. Казанцев Е.А., Зюзин А.В., Неизвестный С.С. Известкование концентрата и увлажнение шихты в агломерационном производстве ПАО «ЧМК» // Сталь. 2020. №5. С. 8-10.
31. Исследование возможности предотвращения смерзания концентрата путем его офлюсования / Федина В.В., Никитченко Т.В. Тимофеева А.С., Деева С.Г. // Металлург. 2020. № 11. С. 18-23.
32. Бойтон Р.С. Химия и технология извести: сокр. пер. с англ. М.: Стройиздат, 1972. 239 с.
33. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашов В.В. Физическая химия вяжущих материалов. М.: Высш. шк., 1989. 384 с.
34. Хомченко Ю.В., Барбанягрэ В.Д. Влияние фракционного состава и водо-известкового отношения на процессы гашения извести // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. №3. С.120-123.
35. Фролов Ю.А. Агломерация. Технология. Тепло-техника. Управление. Экология. М.: Металлургиздат, 2016. 672 с.

Сведения об авторах

Шаповалов Алексей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры металлургических технологий и оборудования, Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС», Новотроицк, Россия. E-mail: alshapo@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

EFFECT OF LIME PRETREATMENT ON FREEZING OF IRON ORE CONCENTRATE

Shapovalov Alexey N. – Ph.D. (Eng.), Associate Professor of Metallurgical Technologies and Equipment Department, Novotroitsk branch of the National Research Technological University «MISIS», Novotroitsk, Russia. E-mail: alshapo@yandex.ru.

Abstract. The results of laboratory experiments on study of antifreezing effect of lime at its introduction into iron ore concentrate (before transportation) with consumption from 20 to 60 kg/t of concentrate are presented.

It was found that the antifreezing effect of lime is manifested in the whole range of lime consumption in the form of a decrease in the crushing strength of samples of lime concentrate after freezing in comparison with similar samples of wet concentrate. Antifreezing effect of lime increases in proportion to the amount of active CaO introduced with lime, which is due to a decrease in free capillary moisture in the lime concentrate. Recommendations on liming of concentrate to prevent its freezing in winter conditions are given.

Keywords: lime, iron ore concentrate, humidity, freezing, prevention.

Ссылка на статью:

Шаповалов А.Н. Влияние предварительного известкования на смерзаемость железорудного концентрата // Теория и технология металлургического производства. 2024. №2(49). С. 27-32.

Shapovalov A.N. Effect of lime pretreatment on freezing of iron ore concentrate. *Teoria i tehnologia metallurgiceskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2024, vol. 49, no. 2, pp. 27-32.