СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ..... 4

Харченко А.С., Сибагатуллин С.К., Сысоев В.И., Логачев Г.Н., Решетова И.В., Харченко Е.О., Свиридова М.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ АГЛОМЕРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПРИ ЗАМЕНЕ СИДЕРИТОВ НА РУДУ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАПЫ В СОСТАВЕ ШИХТЫ..... 4

Макарова И.В., Щелоков Н.С., Макаров К.Р., Зарицкий Б.Б., Ярославцев А.В.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА ПРОФИЛЯ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ: ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ..... 11

Женин Е.В., Шаповалов А.Н.
ВЛИЯНИЕ АКТИВНОСТИ ИЗВЕСТИ НА ДЕСУЛЬФУРАЦИЮ СТАЛИ 17

Ровин С.Л., Ёкубов Д.Р.
ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕЦИКЛИНГ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ..... 22

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ..... 29

Мокрицкий М.И., Великоцкий Р.Е., Сумец А.В., Шабрацкий С.В.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ КОНСТАНТЫ ДЛЯ РЕАЛЬНОГО И НУЛЕВОГО СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В ТРУБНОЙ СТАЛИ ФЕРРИТО-БЕЙНИТО-ПЕРЛИТНОГО КЛАССА . 29

ОБОРУДОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА 39

Андросенко М.В., Усатая Т.В., Кенарь Е.В., Куликов С.С., Усатый Д.Ю., Налимова М.Н.
ОПТИМИЗАЦИЯ РОЛИКОВОЙ СЕКЦИИ ПОД КРИСТАЛЛИЗАТОРОМ СЛЯБОВОЙ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПОДШИПНИКОВ И СНИЖЕНИЯ ЧИСЛА РЕМОНТОВ..... 39

ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМУ ПРОИЗВОДСТВУ..... 44

Свечникова Н.Ю., Эпова И.А., Ярославцев А.В.
ВЛИЯНИЕ РЕАГЕНТНОГО РЕЖИМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАГЕНТОВ-ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ «Т-80», «ФЛОТЕК», «ДК-80» НА ПОКАЗАТЕЛИ ФЛОТАЦИИ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ УГОЛЬНОЙ МЕЛОЧИ 44

CONTENTS

METALLURGY OF BLACK, COLOR AND RARE METALS 4

Kharchenko A.S., Sibagatullin S.K., Sysoev V.I., Logachev G.N., Reshetova I.V., Kurguzov K.V., Kharchenko E.O., Sviridova M.A.
STUDY OF THE SINTERING PROCESS WHILE REPLACING SIDERITES IN THE COMPOSITION OF SINTER MIX WITH THE MAGNESIUM ORE OF THE BAPY DEPOSIT..... 4

Makarova I.V., Shchelokov N.S., Makarov K.R., Zaritskii B.B., Jaroslavtsev A.V.
COMPARATIVE ANALYSIS OF BLAST FURNACE PROFILE CALCULATION METHODS: SEARCH FOR OPTIMAL SOLUTIONS 11

Zhenin E.V., Shapovalov A.N.
EFFECT OF LIME ACTIVITY ON STEEL DESULPHURIZATION 17

Rovin S.L., Yokubov D.R.
RESEARCH AND RECYCLING OF ELECTRIC STEELMAKING SLAGS..... 22

MATERIAL SCIENCE 29

Mokritsky M.I., Velikotsky R.E., Sumets A.V., Shabratsky S.V.
MATHEMATICAL AND PHYSICAL MODELING OF DETERMINATION OF CORROSION CONSTANT FOR REAL AND ZERO CARBON CONTENT OF FERRITE-BAINITE-PEARLITE PIPE STEEL..... 29

METALLURGICAL PRODUCTION EQUIPMENT 39

Androsenko M.V., Usataya T.V., Reshetova I.V., Kenar E.V., Kulikov S.S., Usaty D.Yu., Nalimova M.N.
OPTIMIZATION OF THE ROLLER SECTION UNDER THE SLAB CONTINUOUS CASTING MACHINE FOR INCREASING THE SERVICE LIFE OF BEARINGS AND REDUCING THE NUMBER OF REPAIRS..... 39

PREPARATION OF RAW MATERIALS FOR METALLURGICAL PRODUCTION..... 44

Svechnikova N.Yu., Epova I.A., Jaroslavtsev A.V.
THE INFLUENCE OF THE REAGENT REGIME USING FOAMING AGENTS T-80, FLOTEC, DK-80 ON THE FLOTATION PERFORMANCE OF HIGHLY MINERALIZED COAL FINES..... 44

МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

УДК 669.162.263.4

Харченко А.С., Сибагатуллин С.К., Сысоев В.И., Логачев Г.Н., Решетова И.В., Харченко Е.О., Свиридова М.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ АГЛОМЕРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПРИ ЗАМЕНЕ СИДЕРИТОВ НА РУДУ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАПЫ В СОСТАВЕ ШИХТЫ

Аннотация. *В лаборатории кафедры металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» проведены исследования по изучению возможности повышения качества агломерата, полученного из шихты, включающей высокомагнезиальные сидеритовые руды, путем замены их в составе смеси сырьевых материалов на магнезиальные руды месторождения Бапы. Замену производили при сохранении содержания оксида магния в шихте на уровне 2,20 % и общем количестве аглоруды на уровне 16,4 % от общей массы сухой шихты. При изменении состава шихтовых материалов произошло улучшение ряда показателей. Увеличение крупности окомкованной шихты с 2,91 до 4,21 мм (на 44,6%) совместно с ростом сопротивления сырых гранул удару вызвало уменьшение коэффициентов сопротивления слоя шихты прохождению газового потока. В результате произошло увеличение вертикальной скорости спекания агломерата. Совместное увеличение выхода годного агломерата с 89,0 до 91,4% (на 2,7 отн.%) и вертикальной скорости спекания с 21,0 до 22,0 мм/мин (на 4,7%) обусловило увеличение удельной производительности агломашины по годному агломерату с 1,457 до 1,622 т/(м^2·ч) (на 11,3%).*

Ключевые слова: *качество агломерата, оксид магния, сидерит, месторождение Бапы, выход годного агломерата, скорость спекания, удельная производительность агломашины*

Введение

Технико-экономические показатели доменной плавки в значительной мере определяются качеством агломерата, составляющего основу железорудной части доменной шихты [1-3], поэтому к агломерату предъявляется большое количество требований как по химическому составу, так и по физико-химическим и механическим свойствам [4, 5]. Качественный агломерат должен содержать минимальное количество вредных примесей, в первую очередь серы [6], иметь высокие значения показателей «холодной» и «горячей» прочности, а также восстановимости [7]. Одним из путей повышения качества агломерата является подбор оптимального для данных шихтовых условий содержания оксида магния и выбор его минералогической формы [8].

Влияние магнезии на свойства агломерата по данным ряда исследований является благоприятным. Холодная прочность агломерата с ростом содержания MgO в пределах 1-2% возрастает в связи с появлением ряда новых фаз, получением мелкокристаллической структуры спека [9, 10]. Магнезия также улучшает «горячую» прочность агломерата при низкотемпературном восстановлении за счет подавления образования и ускорения термического распада Fe_2O_3, интенсификации образования Fe_3O_4, смещения интервала размягчения в область более высоких температур [11].

Содержание оксида магния в агломерате в основном задается требованиями доменного цеха и выбирается так, чтобы обеспечить высокую жидкоподвижность доменного шлака и его обессеривающую способность [12]. Для шихтовых условий ПАО «ММК» повышение содержания MgO в доменном шлаке с 7,7 до 12,5% уменьшало вязкость шлака при температуре 1440ºС с 2,30 до 0,85 Па·с. Шлак с содержанием 12,5% MgO оказался самым жидкотекучим [вязкость 0,85 Па·с] при исследуемой температуре. Шлаки с содержанием MgO 10-12% были рациональны как по жидкоподвижности [вязкость от 1,20 до 0,85 Па·с.], так и по содержанию серы [0,025%]. Поэтому увеличение содержание MgO в шлаке доменных печей ПАО «ММК» с 8 до 10 % положительно влияло на технико-экономические показатели работы печи [13].

В то же время известно, что при повышении содержания оксида магния MgO снижается восстановимость агломерата, причем степень снижения восстановимости зависит от минералогической формы оксида магния. Данные [14] спекания рудных смесей, состоящих из сидерита и бакальского бурого железняка или сидерита и соколовско-сарбайской магнетитовой руды, позволили установить, что с увеличением доли сидероплезитов в шихте до 70 и 80 % готовый агломерат характеризуется высокой механической прочностью, но низкой восстановимостью. Это связано с тем, что в сидероплезите магний находится в составе твердого раствора карбоната магния в карбонате железа, и в процессе агломерации при разложении карбоната переходит в тугоплавкий магнезиоферрит, имеющий кристаллическую решетку типа шпинели [15].

Целью настоящего исследования является изучение возможности повышения качества агломерата ПАО «Уральская Сталь» путем замены высокомагнезиальных сидеритовых руд на магнезиальные руды месторождения Бапы при сохранении постоянным содержания оксида магния.

© Харченко А.С., Сибагатуллин С.К., Сысоев В.И., Логачев Г.Н., Решетова И.В., Харченко Е.О., Свиридова М.А., 2025

Методы и материалы

В табл. 1 представлены результаты определения химического состава проб бакальских сидеритовых руд и руды месторождения Бапы на рентгенофлуоресцентном спектрометре.

В соответствии с табл. 1 руда месторождения Бапы имеет следующие преимущества по сравнению с сидеритами:

1) более высокое содержание Fe – 52,3% в руде месторождения Бапы против 32,7% в сидеритах (выше на 37,0 отн. %);

2) более высокое содержание MgO – 26,30% в руде месторождения Бапы против 12,50% в сидеритах (выше в 2,1 раза), что обеспечивает меньший расход руды в аглошихте при неизменном рациональном содержании MgO в агломерате;

3) содержит меньше серы (на 30 отн.%);

4) ниже расход топлива на эндотермическое разложение карбонатов.

В лабораторных условиях руду месторождения Бапы и сидериты дробили в щековой дробилке до крупности 0-3 и 3-8 мм, известняк и коксик – до крупности 0-2 и 2-3 мм. Подготовленный железорудный концентрат, взвешенные по фракциям аглоруды и известь загружали в общий контейнер – сборник рудных компонентов шихты. Гранулометрический состав концентрата и кусковых компонентов приведены в табл. 2, 3. Химический состав проб агломерата приведен в табл. 4.

Как видно из табл. 2, руда месторождения Бапы имеет повышенное содержание крупной фракции 3-8 мм (73,0%), по сравнению с сидеритами (61,0%), которая обеспечивает при спекании более высокую газопроницаемость шихты. Компонентный состав аглошихт представлен в табл. 5.

При замене сидеритов на руду месторождения Бапы изменился компонентный состав аглошихты. Замену производили за счёт изменения количества михайловской руды при сохранении постоянным содержания оксида магния на уровне 2,20% и общего количества аглоруды на уровне 16,4%.

Таблица 1

Химический состав магнезиальных компонентов агломерационной шихты

Вид магнезиальной руды	Fe	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	TiO_2	SO_3	P_2O_5	MnO	ППП*
Руда месторождения Бапы	52,3	0,50	13,84	26,30	0,46	-	0,14	0,06	0,33	0,46
Сидериты	32,7	4,55	8,00	12,50	2,40	0,15	0,20	-	1,29	31,70

*Потери при прокаливании.

Таблица 2

Гранулометрический состав концентрата

Вид концентрата	Содержание фракции, %					
	+ 100 мкм	71-100 мкм	63-71 мкм	50-63 мкм	40-50 мкм	0-40 мкм
Михайловский	1,0	1,0	1,0	3,0	7,0	87,0

Таблица 3

Гранулометрический состав кусковых компонентов аглошихты

Наименование компонента	Содержание фракции, %			
	5-8 мм	3-5 мм	2-3 мм	0-2 мм
Руда михайловская	28,8		71,2	
Сидерит	61,0		39,0	
Руда месторождения Бапы	73,0		27,0	
Возврат	-	48,0	52,0	
Кокс	-	-	25,1	74,9
Известняк	-	-	27,6	72,4

Таблица 4

Химический состав проб агломерата при использовании в составе шихты различных магнезиальных руд

Вид магнезиальной руды	Химический состав									
	Fe	FeO	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	MgO	CaO	K_2O	S	MnO
Руда месторождения Бапы	53,4	19,9	54,27	10,30	0,24	2,26	12,63	0,13	0,056	0,10
Сидерит	53,6	17,8	56,87	10,00	0,43	2,18	12,42	0,23	0,050	0,20

Таблица 5

Компонентный состав аглошихты

Название компонента	Содержание в разновидностях аглошихты, %	
	на основе сидерита	на основе руды месторождения Бапы
Михайловский концентрат	43,6	42,6
Руда михайловская	6,8	12,0
Сидерит	9,6	-
Руда месторождения Бапы	-	4,4
Возврат	20,8	20,3
Кокс	4,7	4,7
Известняк	14,1	16,0

Смешивание, увлажнение и последующее окомкование компонентов шихты проводили в одном агрегате – смесителе-окомкователе, который представляет собой пустотелый цилиндрический барабан диаметром по рабочей поверхности 320 мм и длиной 125 мм. Скорость вращения барабана составляла 32 об/мин. Угол наклона оси барабана регулировался, и при работе в режиме смешения он составлял 45 град к горизонтальной плоскости, что обеспечивало водопадный режим движения материала, требуемый для эффективного смешивания. При работе в режиме окомкования угол наклона оси барабана к горизонтальной плоскости уменьшали до 30 град, чтобы движение материала происходило в режиме переката, благоприятствующем окомкованию. Сначала в течение 30 с производили перемешивание компонентов без добавления влаги. По истечении 30 с подавали воду в количестве 80% от расчетного ее содержания в агломерационной шихте с учётом её исходной влажности. По истечении 3 мин с начала смешивания материала барабан выключали, и увлажненная шихта находилась в остановленном барабане без движения на протяжении 1 мин.

На 4-й минуте с начала смешивания барабан вновь включали, для проведения операции окомкования, при этом снижали наклон барабана к горизонтали, чтобы уменьшить высоту подъема материала вдоль стенок и избежать разрушения сформированных сырых окатышей при их падении с высоты в ходе окомкования. Материал в барабане двигался в режиме переката.

В этих условиях проводили увлажнение шихты оставшимся количеством воды (20%) до достижения расчетной влаги, после чего в барабане сразу же отмечалось интенсивное формирование гранул окомкованной шихты. В последующий период в барабане происходило укрупнение и упрочнение образовавшихся при добавлении влаги гранул сырой окомкованной шихты. Вращение барабана прекращали на отметке в 9 мин с начала смешивания. После окомкования проверяли прочность сырых гранул (табл. 6) и определяли распределением по крупности на ситах гранулометрический состав, по результатам которого рассчитали среднюю эквивалентную по поверхности крупность, которая составила 2,91 мм в случае шихты на основе сидеритов и 4,21 мм для шихты на основе руды месторождения Бапы. Таким образом, средняя эквивалентная по поверхности крупность увеличилась на 44,6%.

В соответствии с табл. 6 улучшились показатели окомкованной шихты:

– увеличилось сопротивление удару сырых гранул фракции 5-12 мм по содержанию фракции +5 мм после 10 сбрасываний с высоты 300 мм, с 50 до 55% (на 10 отн. %);

– увеличилось сопротивление удару сырых гранул фракции 3-5 мм по содержанию фракции +5 мм после 10 сбрасываний с высоты 300 мм с 80 до 90% (на 12,5 отн. %).

Таблица 6

Сопротивление удару гранул сырой окомкованной аглошихты

Показатели	Содержание фракции +5 мм после испытания, %	
	в шихте с рудой месторождения Бапы	в шихте с сидеритами
Сопротивление сырых гранул фракции 5-12 мм удару, h = 300 мм, 5 сбрасываний	75	75
Сопротивление сырых гранул фракции 3-5 мм удару, h = 300 мм, 5 сбрасываний	70	95
Сопротивление сырых гранул фракции 5-12 мм удару, h = 300 мм, 10 сбрасываний	55	50
Сопротивление сырых гранул фракции 3-5 мм удару, h = 300 мм, 10 сбрасываний	90	80

Агломерат спекали в аглочаше, выполненной из стальной трубы диаметром 70 мм и высотой 300 мм. Аглогаз из вакуум-камеры отсасывали эксгаустером с регулируемой производительностью. В качестве постели использовали возврат крупностью 3-5 мм (см. рисунок). Зажигали спекаемый слой шихты с помощью зажигательного горна, предварительно центрируя его относительно оси аглочаши и располагая так, что нижняя кромка горна находится над верхним срезом аглочаши на высоте около 5 мм. Продолжительность зажигания составляла точно 2 мин.

По ходу спекания поминутно фиксировали следующие параметры:

1) Время от начала зажигания, мин.
2) Разрежение в вакуум-камере, мм вод. ст.
3) Температура в вакуум-камере, °С.
4) Перепад давления на шайбе ТНЖ, мм вод. ст.

Рассчитывали газопроницаемость спекаемого слоя в начале зажигания, в момент окончания спекания и в момент окончания опыта. Момент окончания процесса спекания фиксировали с секундной точностью по соответствующей ему максимальной температуре в вакуум-камере.

Опыт заканчивали при снижении температуры в вакуум-камере после окончания спекания до 100°С, момент окончания опыта фиксировали с точностью до 10 с.

Экспериментальные результаты

В табл. 7 представлены результаты спекания. При замене в шихтовых материалах сидеритов на руду месторождения Бапы улучшились следующие показатели:

– удельная производительность возросла с 1,457 до 1,622 т/(м^2·ч) (на 11,3%);

– выход годного агломерата увеличился с 89,0 до 91,4% (на 2,7 отн.%);

– увеличилась вертикальная скорость спекания с 21,0 до 22,0 мм/мин (на 4,7%);

– усадка спекаемого слоя уменьшилась с 34,5 до 27 мм (на 21,7%);

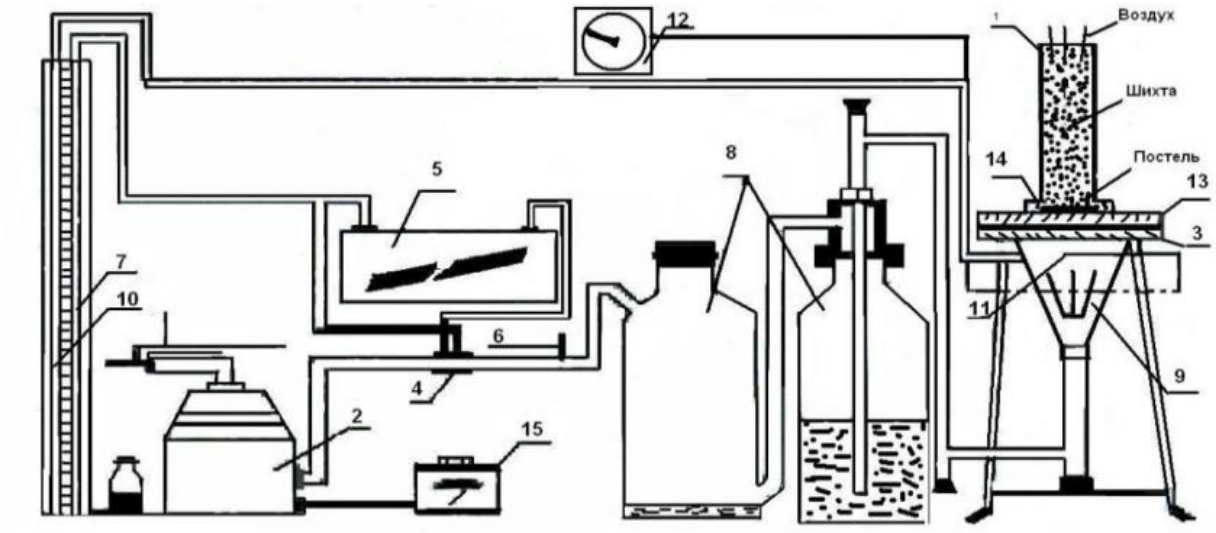
– уменьшился коэффициент сопротивления слоя сырой шихты прохождению газового потока с 0,53 до 0,41 (на 22,6%);

– уменьшился коэффициент сопротивления слоя шихты прохождению газового потока в момент зажигания с 1,26 до 0,94 (на 25,4%);

– уменьшился коэффициент сопротивления слоя шихты прохождению газового потока в момент окончания спекания с 0,8 до 0,73 (на 8,7%);

– уменьшился коэффициент сопротивления слоя шихты прохождению газового потока в момент окончания опыта с 0,28 до 0,27 (на 3,6%).

Увеличение крупности окомкованной шихты с 2,91 до 4,21 мм (44,6%) совместно с увеличением сопротивления сырых гранул удару (см. табл. 6) вызвало уменьшение коэффициентов сопротивления слоя шихты прохождению газового потока. В результате произошло увеличение вертикальной скорости спекания агломерата. Совместное увеличение выхода годного агломерата с 89,0 до 91,4% (на 2,7 отн.%) и вертикальной скорости спекания с 21,0 до 22,0 мм/мин (на 4,7%) обусловило значительное увеличение удельной производительности агломашины по годному агломерату – с 1,457 до 1,622 т/(м^2·ч) (на 11,3%).



Установка для спеканий агломерата:
1 – спекательная чаша; 2 – вакуум-насос; 3 – решётка; 4 – калиброванная шайба для измерения перепада давления; 5 – тягонапоромер; 6 – ртутный термометр; 7 – водяной манометр; 8 – стеклянные бутыли; 9 – вакуум-камера; 10 – водяной манометр; 11 – хромель-алюмелевая термопара; 12 – потенциометр; 13 – верхний фланец вакуум-камеры; 14 – влажный асбест; 15 – автотрансформатор

Таблица 7

Показатели спекания и качества агломерата

Параметры	Материал в составе шихты	
	Руда месторождения Бапы	Сидериты
Выход годного (по классу +5 мм), %	91,4	89,0
Удельная производительность (по классу +5 мм), т/(м^2·ч)	1,622	1,457
Коэффициент сопротивления слоя шихты в момент окончания опыта	0,27	0,28
Показатели холодной прочности, %: – сопротивление годного агломерата удару (+5 мм) – разрушение годного агломерата (0,5-5 мм) – истирание годного агломерата (0-0,5 мм)	 81,5 15,2 3,4	 81,7 15,5 3,0
Основность агломерата	1,3	1,3
Усадка спекаемого слоя, мм	27	34,5
Скорость спекания, мм/мин	22,0	21,0
Газопроницаемость сырой шихты по потерям напора газа, кПа	1,7	2,0
Газопроницаемость спекаемого слоя в момент зажигания по потерям напора газа, кПа	2,8	3,2
То же в момент окончания спекания, кПа	2,3	2,5
То же в момент окончания опыта, кПа	1,2	1,2
Продолжительность спекания, мин	11,8	12,4
Продолжительность опыта, мин	19,8	19,6
Продолжительность охлаждения аглоспека, мин	8,0	7,2
Скорость охлаждения аглоспека (снижение температуры газового потока в вакуум-камере от максимальной до 150°С), град/мин	56,7	68,1
Коэффициент сопротивления слоя сырой шихты	0,41	0,53
Коэффициент сопротивления слоя шихты в момент зажигания	0,94	1,26
Коэффициент сопротивления слоя шихты в момент окончания спекания	0,73	0,8

Заключение

В лаборатории кафедры металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «МГТУ им Г.И. Носова» проведены исследования процесса агломерации при замене в составе шихты высокомагнезиальных сидеритов на руду месторождения Бапы в условиях сохранения содержания оксида магния на уровне 2,2%.

Получены следующие результаты:

1) удельная производительность агломашины по годному агломерату фракции +5 мм возросла с 1,457 до 1,622 т/(м^2·ч) (на 11,3%);

2) выход годного агломерата фракции +5 мм увеличился с 89,0 до 91,4% (на 2,7 отн. %);

3) увеличилась средняя эквивалентная по поверхности крупность окомкованной шихты с 2,91 до 4,21 мм (на 44,6%);

4) уменьшился коэффициент сопротивления слоя сырой шихты прохождению газового потока с 0,53 до 0,41 (на 22,6%);

5) уменьшился коэффициент сопротивления слоя шихты прохождению газового потока в момент зажигания с 1,26 до 0,94 (на 25,4%).

Список источников

1. Рациональные технологические решения при производстве чугуна в доменных печах ПАО «ММК» / Харченко А.С., Сибагатуллин С.К., Павлов А.В., Полинов А.А. // Черные металлы. 2021. № 12. С. 10-15.
2. Оценка показателей доменной плавки титаномагнетитовых концентратов с различным содержанием диоксида титана / Дмитриев А.Н., Витькина Г.Ю., Петухов Р.В., Петрова С.А., Чесноков Ю.А. // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019. Т. 75. № 2. С. 154-166.
3. Харченко А.С. Закономерности поступления компонентов шихты по крупности из бункера БЗУ в колошниковое пространство печи в зависимости от условий загрузки // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2018. Т. 16. № 3. С. 46-56.
4. Исследование физико-химических свойств агломерата повышенного качества фабрики №5 ПАО «ММК» при восстановлении в среде водорода / Сибагатуллин С.К., Харченко А.С., Сысоев В.И., Полинов А.А. // Черные металлы. 2022. № 3. С. 4-9.
5. Исследование формирования структурных составляющих железорудных агломератов различной основности при нагреве / Вязникова Е.А., Дмитриев А.Н., Витькина Г.Ю., Ведмидь Л.Б. // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и эко-

номической информации. 2022. Т. 78. № 11. С. 935-942.
6. Особенности повышения показателей агломерации: монография / А.А. Панычев. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. 200 с.
7. Инновационное оборудование и усовершенствованная технология производства агломерата для доменной плавки: монография / Лялюк В.П. и др. Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. 264 с.
8. Kalenga M.K., Garbers- Craig A.M. Investigation into how the magnesia, silica and alumina contents of iron ore sinter influence its mineralogy and properties // The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2010, vol. 10, pp. 447-456.
9. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации. М.: Металлургия, 1974. 286 с.
10. Совершенствование технологии агломерационного процесса / Ф.Ф. Колесанов, Н.С. Хлапонин, В.Н. Кривошеев, В.И. Чикуров. К.: Техника, 1983. 110 с.
11. Влияние MgO на высокотемпературные свойства агломерата. РЖМет. 1982. 12В 123.
12. Анализ шлакового режима доменной плавки с использованием модельных систем поддержки принятия решений / Павлов А.В., Спирин Н.А., Бегинюк В.А., Лавров В.В., Гурин И.А. // Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия. 2022. Т. 65. № 6. С. 413-420.
13. Исследование влияния ввода железомагнезиальной руды в агломерационную шихту на показатели доменной плавки / Харченко А.С., Миникаев С.Р., Игликова У.Ж., Полинов А.А., Гущин Д.Н., Сибагатуллин С.К. // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2020. Т. 76. № 9. С. 910-920.
14. Влияние бакальских сидеритов на показатели процесса спекания и качество агломерата / А.Г. Жунев, Н.С. Шумаков, Е.П. Лысков, А.Г. Русакова // Сталь. 1967. № 2. С.100–102.
15. Селективное извлечение соединений магния и комплексная переработка сидероплезитовой руды / В.Ф. Костин, З.И. Костина, С.А. Крылова, И.В. Понурко // Теория и технология металлургического производства. 2015. № 2(17). С. 65-69.

Сведения об авторах

Харченко Александр Сергеевич – доктор технических наук, заведующий кафедрой металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: as.mgtu@mail.ru

Сибагатуллин Салават Камилович – доктор технических наук, профессор кафедры металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: 10tks@mail.ru

Сысоев Виктор Иванович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: viktor.sysoev.86@yandex.ru

Логачев Григорий Николаевич – аспирант кафедры металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: lokkigrom@mail.ru

Решетова Ирина Валерьевна – ассистент кафедры металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: irareshetova@rambler.ru

Харченко Елена Олеговна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: eo.mgtu@mail.ru;

Свиридова Милена Андреевна – бакалавр кафедры металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: sviridova-milena@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

STUDY OF THE SINTERING PROCESS WHILE REPLACING SIDERITES IN THE COMPOSITION OF SINTER MIX WITH THE MAGNESIUM ORE OF THE BAPY DEPOSIT

Kharchenko Alexander S. – ScD, head of the metallurgy and chemical technologies department of Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: as.mgtu@mail.ru

Sibagatullin Salavat K. – ScD, professor of the metallurgy and chemical technologies department of Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: 10tks@mail.ru

Sysoev Viktor I. – PhD, Assistant-professor at the Department of Metallurgy and Chemical Technologies of the Metallurgy, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: viktor.sysoev.86@yandex.ru

Logachev Grigoriy N. – Post-graduate student at the Department of Metallurgy and Chemical Technologies of the Metallurgy, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: lokkigrom@mail.ru

Reshetova Irina V. – Assistant-professor at the Department of Metallurgy and Chemical Technologies of the Metallurgy, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: iraresheto-va@rambler.ru

Kharchenko Elena O. – PhD, Senior Lecturer at the Department of Metallurgy and Chemical Technologies of the Metallurgy, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: eo.mgtu@mail.ru

Sviridova Milena A. – Undergraduate student at the Department of Metallurgy and Chemical Technologies of the Metallurgy, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: sviridova-milena@mail.ru.

Abstract. In the laboratory of the Department of Metallurgy and Chemical Engineering of the Nosov Moscow State Technical University, the study was conducted to study the possibility of improving the quality of agglomerate obtained from a batch including high-magnesia siderite ores by replacing some of them in the composition of the raw material mixture with magnesia ores from the Bapy deposit while maintaining a constant magnesium oxide content. The replacement was carried out while maintaining the magnesium oxide content in the batch at 2.20% and the total amount of sintering ore at 16.4% of the total dry batch weight. A number of indicators improved when the composition of the batch materials changed. An increase in the size of the pelletized batch from 2.91 to 4.21 mm (by 44.6%) together with an increase in the impact resistance of green granules caused a decrease in the resistance coefficients of the batch layer to the passage of a gas flow. As a result, the vertical sintering rate of the agglomerate increased. The combined increase in the yield of suitable agglomerate from 89.0 to 91.4% (by 2.7% (relative)) and the vertical sintering speed from 21.0 to 22.0 mm/min (by 4.7%) resulted in an increase in the specific productivity of the sintering machine for suitable agglomerate from 1.457 to 1.622 t/(m2·h) (by 11.3%).

Keywords: agglomerate quality; magnesium oxide; siderite; Bapa deposit; yield of suitable agglomerate; sintering speed; specific productivity of the sintering machine

Ссылка на статью:

Исследование агломерационного процесса при замене сидеритов на руду месторождения Бапы в составе шихты / Харченко А.С., Сибагатуллин С.К., Сысоев В.И., Логачев Г.Н., Решетова И.В., Харченко Е.О., Свиридова М.А.// Теория и технология металлургического производства. 2025. №1(52). С. 4-10.

Kharchenko A.S., Sibagatullin S.K., Sysoev V.I., Logachev G.N., Reshetova I.V., Kurguzov K.V., Kharchenko E.O., Sviridova M.A. Study of the sintering process while replacing siderites in the composition of sinter mix with the magnesium ore of the Bapy deposit. *Teoria i tecnologia metallurgiceskogo proizvodstva.* [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2025, vol. 52, no. 1, pp. 4-10.