

А. Ю. Паршин, В. Н. Захарченко*, Ю. Р. Руденко**

Концерн «НПП ДиМет», Днепр

*Объединение предприятий «Укрметаллургпром», Днепр

**ПАО «Днепропетровский металлургический комбинат им. Ф. Э. Дзержинского», Каменское

Определение эффективности применения брикетов марки БЖС-Д в доменной плавке

Представлен новый технологический режим выплавки чугуна в доменной печи, включающий загрузку в доменную печь подач, содержащих кокс, железорудные компоненты, промывочную шихту в виде подготовленного железорудного материала. В промывочную шихту вводят окалину, железосодержащий шлак, отходы брикетного производства, цемент. Промывочную шихту брикетируют при следующем соотношении компонентов, %мас.: окалина – 5-75, железосодержащий шлак – 5-45, отходы брикетного производства – 5-40, цемент – 8-14. Полученный промывочный брикет заменяет железорудные компоненты в зависимости от технологического состояния доменной печи. Основность конечного шлака корректируют расходом брикета.

Ключевые слова: брикеты, безобжиговое окускование, загромождение горна, корреляционно-регрессионный метод, пылеугольное топливо, доменная печь

Введение. Эффективность работы доменной печи оценивают по удельной производительности, расходу топлива (кокс, природный газ, пылеугольное топливо, коксовый орешек и др.), степени использования газа восстановителя и др. Эти показатели зависят от состава шихты, распределения железорудных материалов (ЖРМ) и кокса по окружности доменной печи (ДП), степени и характера неравномерности их распределения по радиусу, которые определяют газопроницаемую способность столба шихты в печи и эффективность косвенного восстановления железа из вюстита.

Известно, что достижение максимальной эффективности работы ДП требует создания в ней условий, обеспечивающих:

- полное протекание химических реакций и теплообмена в противотоке;
- максимальную производительность ДП и теоретически минимально возможный или близкий к нему расход восстановителей;
- оптимальное распределение шихтовых материалов и газового потока по сечению печи и движение жидких продуктов плавки без образования неактивного «тотермана» – неподвижной спекшейся массы в центре нижней части ДП, не пропускающей жидкие продукты плавки;
- эффективные способы применения промывочных материалов, обеспечивающие свободный дренаж продуктов плавки (особенно в центре нижней части ДП) и их удаление из печи.

Утилизация пыли, окалины и шламов металлургического производства является актуальной проблемой черной металлургии [1-5]. Ее решение позволит экономить ежегодно миллионы тонн железной руды, уменьшить загрязнение окружающей среды и существенно улучшить экологическую обстановку в регионе.

Традиционные методы утилизации отходов предусматривают их использование в качестве добавок

в агломерационную шихту. Однако высокодисперсные шламы требуют дополнительных затрат на их подготовку и значительно ухудшают как показатели процесса агломерации, так и металлургические свойства железорудного агломерата.

Одним из эффективных способов утилизации отходов может стать их безобжиговое окускование с последующим использованием в шихте доменных печей.

Целью работы является определение степени влияния высокопрочных брикетов марки БЖС-Д с расходом до 105,6 кг/т чугуна, состоящих из отходов металлургического производства, на снижение удельного расхода кокса и увеличение расхода пылеугольного топлива (ПУТ) без ухудшения показателей доменной плавки.

Методы исследования. В работе использован современный метод исследования, в том числе, экспериментальные исследования в установленные базовые периоды 2013-2014 гг., а также промышленное испытание разработанных решений на протяжении календарного 2015 года.

Научная новизна полученных результатов. Суть предлагаемого нового способа заключалась в следующем: при первых признаках увеличения расхода скипового кокса, снижения расхода пылеугольного топлива (далее – ПУТ), загромождения горна (превышение против заданной величины нижнего перепада давления газов по высоте печи, замедление скорости опускания шихты, более быстрое появление шлака при выпуске чугуна, неравномерность выпусков чугуна по леткам, а при запущенном загроможденном состоянии – участвовавший прогар воздушных фурм) в печь вводили высокопрочный брикет, содержащий следующий компонентный состав, %мас.: окалина – 5-75, железосодержащий шлак – 5-45, отходы брикетного производства – 5-40, цемент – 8-14, которым частично заменяют железорудные ингредиенты, в зависимости от технологического состояния доменной

печи, и расходом брикета корректируют основность конечного шлака до заданной величины.

Пределы содержания окислы в брикете обусловлены физико-химическими свойствами и требуемым минеральным составом, обеспечивающим максимальное улучшение основных показателей доменной плавки. При содержании окислы менее 5,0% количество FeO не обеспечивает заданные условия ведения доменной плавки. Использование прокатной окислы более 75,0% ограничивает объем производства брикетов из-за снижения количества связующих, обеспечивающие высокие прочностные характеристики брикетов.

Пределы содержания железосодержащего шлака обусловлены содержанием FeO, при заданном количестве связующих, обеспечивающие прочностные характеристики брикетов. При снижении в брикете железосодержащего шлака менее 5,0% снижается содержание FeO, обеспечивающее соблюдение заданных параметров. При увеличении содержания железосодержащего шлака более 45,0% количество FeO не обеспечивало брикетам заданных свойств.

Пределы содержания отходов брикетного производства обусловлены заданным содержанием FeO и количеством связующих, обеспечивающие прочностные характеристики брикетам в условиях высокотемпературных зон. При снижении в брикете отходов брикетного производства менее 5,0% снижается содержание FeO, обеспечивающее необходимые свойства брикета и его прочностные характеристики. При увеличении содержания отходов брикетного производства более 40,0% количество FeO не обеспечивает заданные свойства.

Пределы содержания цемента обусловлены заданными прочностными свойствами брикетов. При снижении в брикете цемента менее 8,0% снижаются его прочностные характеристики и не обеспечиваются заданные свойства. При увеличении в брикете цемента более 14,0% снижается содержание FeO, обеспечивающее заданные свойства.

Компонентный, химический состав и прочностные характеристики брикетов установлены экспериментальным путем при проведении опытно-промышлен-

ных испытаний в период с января по декабрь 2015 г. на металлургическом комбинате им. Ф. Э. Дзержинского. В указанный период высокопрочные брикеты марки БЖС-Д (далее – брикеты) загружали в ДП-9 (полезный объем печи – 1386 м³) путем частичной замены агломерата основностью (CaO/SiO₂) 1,08-1,11 ед.

Продолжительность применения брикетов исходила от технологических расстройств: нарушения ровного схода шихтовых материалов в доменной печи, увеличения расхода скипового кокса или снижения расхода ПУТ, снижения тепловых нагрузок от установленных на холодильники горна и верхней лещади, прогар воздушных фурм (особенно снизу), снижения расчетной основности конечного шлака, и составляла до момента восстановления заданных технологических параметров соответственно установленному режиму работы.

Загрузку брикетов осуществляли в вагон-весы на полный карман видимой поверхности агломерата в количестве до 12,0 т/подачу вторым рудным скипом в зависимости от существующей технологии доменной плавки. Масса рудной колоши составляла 23-25 т, а коксовой – от 6,2 до 6,5 т.

Базовый химический состав агломерата и брикетов указан в табл. 1 и 2.

Расход брикетов в опытно-промышленном периоде (2015 г.) по ДП-9 изменялся по месяцу от 4,3 кг/т чугуна (январь) до 38,1 кг/т (ноябрь). Из-за недостаточного объема использования брикетов по ДП-1М и ДП-12 анализ влияния брикетов на основные показатели доменной плавки проводили только по ДП-9. Фактический расход брикетов в опытно-промышленном периоде указан в табл. 3.

Дутьевые параметры корректировали по мере изменения технологических условий ведения доменной плавки. Корректировку расхода топлива и кислорода осуществляли в зависимости от величины нижнего перепада давления газа в доменной печи и физического нагрева продуктов плавки.

Для определения значимой степени влияния брикетов на расход скипового кокса и ПУТ в условиях повышенного шлакообразования применяли корреляционно-регрессионный метод, который предусматривал:

Таблица 1

Базовый химический состав агломерата и брикетов

Материалы	Fe	FeO	F ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	C	MnO
Агломерат	55,72	11,61	66,81	9,37	10,24	1,23	0,88	0,1	0,13
Брикеты	58,25	46,94	31,26	7,0	8,8	0,66	0,88	0,52	0,3

Таблица 2

Базовые показатели брикетов марки БЖС-Д

Наименование	Единица измерения	Показатели
Содержание железа (общее)	%	55,0-59,6
Содержание закиси железа (FeO)	%	35,5-46,9
Максимальный размер брикета	мм	110 × 110 × 110
Основность (CaO/SiO ₂)	доли ед.	1,2-1,9
Прочность на сжатие	кгс/см ²	192-291

Фактический расход брикетов БЖС-Д в опытно-промышленном периоде 2015 г.

Период	ДП-1М		ДП-9		ДП-12		ЦЕХ	
	т	кг/т	т	кг/т	т	кг/т	т	кг/т
январь	168,98	2,1	320,0	4,3	105,0	1,5	593,98	2,7
февраль	–	–	1347,48	25,1	32,0	0,7	1379,48	10,9
март	–	–	1009,64	16,3	–	–	1009,64	9,7
апрель	–	–	1248,57	15,7	–	–	1248,57	6,3
май	–	–	867,45	11,1	–	–	867,45	3,5
июнь	–	–	1268,67	16,1	–	–	1268,67	5,3
июль	321,38	4,5	1867,0	22,4	–	–	2188,38	10,0
август	–	–	1352,84	16,3	458,5	7,4	1811,34	8,5
сентябрь	–	–	1468,28	19,0	74,0	1,4	1542,28	7,1
октябрь	–	–	1878,73	27,4	390,0	19,6	2268,73	12,8
ноябрь	–	–	2879,59	38,1	–	–	2879,59	17,9
декабрь	355,53	5,7	1718,0	27,9	–	–	2073,53	16,70
ИТОГО	845,89	1,05	17226,25	19,65	1059,5	1,9	19131,64	8,5

– измерение тесноты связи между результативным (расход кокса или ПУТ) и факторным признаками (расход брикетов) при множественной корреляции и регрессии;

– оценку параметров уравнения регрессии, задача решалась путем вычисления коэффициентов регрессии;

– определение степени влияния расхода брикетов на результативный признак (расход кокса или ПУТ), задача решалась путем оценки тесноты связи факторов с результатом;

– прогнозирование возможных значений результативного признака (расход кокса или ПУТ) при задаваемых значениях факторных признаков (расход брикетов).

Переменными факторами (x) были задействованы основные показатели доменной плавки: производительность доменной печи, удельный расход ПУТ, кокса и брикетов. Тесноту совместного влияния факторов (x) на результат (y) оценивали множественной корреляцией (R). Результирующими значениями были приняты расход скипового кокса и ПУТ. Качество построенной модели в целом оценивали коэффициентом (индексом) детерминации (R^2).

Для того чтобы не допускать преувеличения тесноты связи, применяли скорректированный индекс множественной детерминации, который содержал поправку на число степеней свободы и рассчитывался по формуле:

$$(R^2) = 1 - (1 - R^2) \cdot (n - 1) / (n - m - 1), \quad (1)$$

где n – число наблюдений; m – число параметров.

Оценку надежности уравнений регрессии в целом и показателя тесноты связи определяли по F-критерию Фишера. Частным критерием (F-критерий) оценивали статистическую значимость присутствия каж-

дого фактора в уравнении. Фактическое значение частого $F_{\text{факт.}}$ сравнивали с $F_{\text{табл.}}$ (примечание: если $F_{\text{факт.}} > F_{\text{табл.}}$, то дополнительное включение фактора (x_i) в модель было статистически оправдано и коэффициент чистой регрессии (b_i) при факторе (x_i) статистически принимался как «значим». Оценку статистической значимости параметров регрессии корреляции проводили с помощью t -статистики Стьюдента и путем расчета доверительного интервала каждого из параметров.

При создании регрессионной статистики, дисперсионного анализа и определения значимых коэффициентов уравнений регрессии применяли пакет «Анализ данных» программы Microsoft Excel.

Период испытания брикетов (с 01.01.15 по 31.12.15) на ДП-9 предопределил значимую степень влияния расхода брикетов на удельный расход скипового кокса. Результаты обработки массива данных указаны в табл. 4, 5 и 6.

1. Количество выборки – 351 сутки (2015 г.).

2. Уровень значимости: $\alpha = 0,05$ означает 95% уровня надежности $\{100 \cdot (1 - \alpha)\}$.

3. Значимая величина по таблице F-критерия (Фишера) – 2,63.

4. Значимая величина по таблице t -критерия Стьюдента – 1,96.

5. Основными значимыми факторами множественной корреляции послужили: производство чугуна, удельный расход скипового кокса, ПУТ и брикетов.

Таблица 4

Регрессионная статистика

Множественный R	0,801
R -квадрат	0,642
Нормированный R -квадрат	0,639
Наблюдения	351

Дисперсионный анализ

Наименование	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	3	13407611,79	4469203,929	207,6211485	4,27023E-77
Остаток	347	7469440,25	21525,76441	–	–
Итого	350	20877052,04	–	–	–

Таблица 6

Свободное значение и коэффициенты регрессии

Показатель	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересечение	362,964	58,299	6,226	0,0000	248,299	477,628
Производство чугуна, т/сутки	-0,170	0,018	-9342	0,0000	-0,205	-0,134
Расход ПУТ, кг/т чугуна	3,412	0,168	20,336	0,0000	3,082	3,742
Расход брикетов, кг/т чугуна	-1,140	0,305	-3,743	0,0002	-1,739	-0,541

В качестве результирующего признака Y принят расход скипового кокса (кг/т чугуна), а факторные признаки X_1 , X_2 , X_3 : производство чугуна (т/сутки), расход ПУТ (кг/т чугуна), удельный расход брикетов (кг/т чугуна).

Для оценки значимости полученных коэффициентов регрессионного уравнения воспользуемся t-критерием Стьюдента. Табличное значение t-критерия с уровнем значимости $\alpha = 0,05$ и числом степеней свободы $d.f. = 351 - 3 - 1 = 347$. $t_m = 1,96$.

Сравним значения t_p и t_m для каждого из полученных параметров:

$$t_p = 6,2259 > t_m \text{ – для свободного значения } a_0;$$

$$t_p = 9,3424 > t_m \text{ – для коэффициента } a_1;$$

$$t_p = 20,3362 > t_m \text{ – для коэффициента } a_2;$$

$$t_p = 3,7429 > t_m \text{ – для коэффициента } a_3.$$

Таким образом, статистически значимыми являются коэффициенты a_0 , a_1 , a_2 , a_3 .

По полученным коэффициентам регрессии и свободному значению, уравнение регрессии составило:

$$K = 362,964 - 0,170 \cdot \text{Пр-во} + 3,412 \times \text{ПУТ} - 1,140 \cdot \text{Бр}, \quad (2)$$

где K – удельный расход скипового кокса (сух.), кг/т чугуна; Пр-во – производство чугуна, т/сутки; ПУТ – рас-

ход пылеугольного топлива, кг/т чугуна; Бр. – расход брикетов, кг/т чугуна.

Из уравнения регрессии [2] следует, что увеличение расхода брикетов на 1 кг/т (в диапазоне от 0 до 105,6 кг/т чугуна) способствовало, при увеличенном выходе шлака, снижению расхода скипового кокса (сух.) на 1,140 кг/т чугуна.

Указанный период испытания брикетов также предопределил значимую степень влияния брикетов на удельный расход пылеугольного топлива (ПУТ) в зависимости от увеличения расхода брикетов. Результаты обработки массива данных указаны в табл. 7, 8 и 9.

В качестве результирующего признака Y принят расход ПУТ (кг/т. чугуна), а факторные признаки – X_1 , X_2 , X_3 : производительность печи (т/сутки), расход скипового кокса (кг/т. чугуна), расход брикетов (кг/т чугуна).

Таблица 7

Регрессионная статистика

Множественный R	0,756
R-квадрат	0,571
Нормированный R-квадрат	0,568
Наблюдения	351

Таблица 8

Дисперсионный анализ

Наименование	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	3	465113,65	155037,88	154,22	1,61601E-63
Остаток	347	348834,95	1005,29	–	–
Итого	350	813948,61	–	–	–

Таблица 9

Свободное значение и коэффициенты регрессии

Показатель	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересечение	38,794	13,120	2,957	0,003	12,990	64,598
Производительность, т/сут.	0,016	0,004	3,615	0,000	0,007	0,024
Расход кокса, кг/т	0,159	0,008	20,336	0,000	0,144	0,175
Расход брикетов, кг/т	0,225	0,066	3,415	0,001	0,096	0,355

Для оценки значимости полученных коэффициентов регрессионного уравнения воспользуемся t -критерием Стьюдента. Табличное значение t -критерия с уровнем значимости $\alpha = 0,05$ и числом степеней свободы $d.f. = 351 - 3 - 1 = 347$. $t_m = 1,96$.

Сравним значения t_p и t_m для каждого из полученных параметров:

$$t_p = 2,957 > t_m - \text{для свободного значения } a_0;$$

$$t_p = 3,615 > t_m - \text{для коэффициента } a_1;$$

$$t_p = 20,336 > t_m - \text{для коэффициента } a_2;$$

$$t_p = 3,415 > t_m - \text{для коэффициента } a_3.$$

Таким образом, статистически значимыми являются коэффициенты a_0, a_1, a_2, a_3 .

По полученным коэффициентам регрессии и свободному значению уравнение составило:

$$\text{ПУТ} = 38,794 - 0,016 \cdot \text{Пр-во} + 0,159 \cdot K + 0,225 \cdot \text{Бр.}, \quad (3)$$

где ПУТ – удельный расход пылеугольного топлива, кг/т чугуна; Пр-во – производство чугуна, т/сутки; K – удельный расход кокса скипового кокса (сух.), кг/т чугуна; Бр. – удельный расход брикетов, кг/т чугуна.

Из уравнения регрессии (3) следует, что увеличение расхода брикетов на 1 кг/т (в диапазоне от 0 до 105,6 кг/т) при повышенном выходе шлакообразующих, способствовало увеличению расхода ПУТ на 0,225 кг/т чугуна.

Для подтверждения реальной эффективности предлагаемого способа ведения доменной плавки были выбраны базовый период – 2014 г. (без применения брикетов) и 2015 г. – опытный период (с применением брикетов по предлагаемому способу). Результаты испытаний приведены в табл. 10.

В период испытаний брикетов отслеживались отдельные периоды работы ДП-9, по которым сделаны следующие заключения:

– при регулярном применении брикетов прекращались прогары воздушных фурм снизу;

– объем металлоприёмника горна через 5-6 суток применения брикетов восстанавливался, что подтверждалось диаграммами разгара, построенными на основании теплосъёма холодильников горна и верхней лещади;

– уменьшались колебания по нагреву и стабилизировался выход продуктов плавки;

– увеличивался и стабилизировался расход холодного дутья.

Выводы

Результаты регрессионной статистики, дисперсионного анализа, значимые коэффициенты уравнений, а также пофакторный анализ двух календарных периодов 2014 и 2015 гг. по металлургическому комбинату им. Ф. Э. Дзержинского (ПАО «ДМКД») указывали, что применение высокопрочных брикетов способствовало реальному снижению удельного расхода скипового кокса и увеличению пылеугольного топлива, особенно при увеличенном выходе шлакообразующих.

Высокопрочные брикеты марки БЖС-Д с указанным компонентным составом, особенно с содержанием закиси железа (FeO) – более 35,0%, способствовали образованию подвижных железистых, кальций-магниевого силикатных шлаков с низкой температурой плавления (1150-1200 °С), которые, стекая в горн ДП, окисляли локальные участки коксовой мелочи (мусора) и улучшали дренажную способность коксовой насадки в горне.

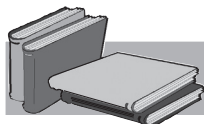
Внедрение на металлургических комбинатах предлагаемого способа доменной плавки не требует капитальных затрат и проведение реконструкционных мероприятий.

Прочностные характеристики брикетов полностью удовлетворяли условиям форсировки доменной плавки.

Таблица 10

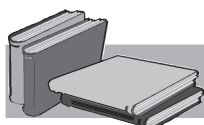
Результаты испытаний способа ведения доменной плавки с брикетами марки БЖС-Д

Наименование показателей	Ед. изм.	2014 г. базовый период	2015 г. опытный период
Полезный объем	м ³	1386	1386
Производство	т/сутки	2281,80	2516,0
КИПО	м ³ /т. сутки	0,607	0,551
Дутье: расход	м ³ /мин	2671	2620
давление	кгс/см ²	2,32	2,36
Колошниковый газ: давление	кгс/см ²	1,17	1,20
Расход:	кг/т		
кокс сухой скиповый	кг/т	496,50	408,60
пылеугольное топливо	кг/т	48,30	149,0
условное топливо	кг/т	562,30	557,0
брикетов	кг/т	0,30	19,60
Содержание железа в ЖРЧ	%	55,19	55,76
Выход шлака	кг/т	433,60	428,40
Анализ чугуна: Si	%	0,65	0,58
Mn	%	0,20	0,13
Прогар воздушных фурм	штук	40	27
Степень использования газа (CO)	%	42,70	45,90



ЛИТЕРАТУРА

1. *Алехин А. А., Тарабрина Л. А., Сукинова Н. В.* Опыт утилизации металлургических шламов. – *Сталь*. – 2000. – № 12. – С. 84-85.
2. *Рашииков Б. Ф., Тахаутдинов Р. С., Бодяев Ю. А.* Утилизация железосодержащих отходов в ОАО «ММК». – *Металлургия*, 2004. – № 7. – С. 19.
3. Брикетты из мелкодисперсных отходов металлургического и коксохимического производств – экономически выгодная замена традиционной шихты металлургических переделов. – *Металлургия*, 2002. – № 10. – С. 19-22.
4. Проблемы экологии и утилизации техногенного сырья в металлургическом производстве / Ю. С. Карабасов, Ю.С. Юсфин, И. Ф. Курунов и др. – *Металлургия*, 2004. – № 8. – С. 27-33.
5. *Ковалев Д. А., Поповская А. П., Ягольник М. В.* Исследование прочности брикетов из прокатной окалины на цементной связке. – *Научные вести. Современные проблемы металлургии*. Днепропетровск, 2010. – Вып. 12. – С. 100-107.
6. Авторское свидетельство СССР №802365, МКИ С 21 В 3/00, 1981.
7. Авторское свидетельство СССР №1620488, МКИ С 21 В 3/00, 1991.



REFERENCES

1. Alekhin A. A., Tarabrina L. A., Sukinova N. V. (2000). Opyt utilizacii metallurgicheskikh shlamov [Experience of utilization of metallurgical slimes]. *Stal'*, no 12, pp. 84-85. [in Russian].
2. Rashiiikov B. F., Takhautdinov P. S., Bodiaev Yu. A. (2004). Utilizaciia zhelezosoderzhashchikh otkhodov v OAO «ММК» [Reclamation of ferriferous wastes in JSC «ММК»]. *Metallurgiiia*, no 7, p. 19. [in Russian].
3. (2002) Briketty iz melkodispersnykh otkhodov metallurgicheskogo i koksohimicheskogo proizvodstv – ekonomicheski vygodnaia zamena tradicionnoi shikhty metallurgicheskikh peredelov [Briquettes from a finely divided wastage of metallurgical and coke-chemical productions – economic replacement of traditional fusion mixture of metallurgical conversions]. *Metallurgiiia*, no 10, pp. 19-22. [in Russian].
4. Karabasov Yu. S., Yusfin Yu. S., Kurunov I. F. et al. (2004). Problemy ekologii i utilizacii tekhnogennogo syr'ia v metallurgicheskom proizvodstve [Environmental problems and utilization of technogenic raw materials in metallurgical production]. *Metallurgiiia*, no 8, pp. 27-33. [in Russian].
5. Kovalev D. A., Popovskaia A. P., Yagol'nik M. V. (2010). Issledovanie prochnosti briketov iz prokatnoi okaliny na cementnoi sviazke [Research of durability of briquettes from mill scale on a cement sheaf]. *Nauchnye vesti. Sovremennye problemy metallurgii*. Dnepropetrovsk, V. 12, pp. 100-107. [in Russian].
6. A. s. 802365 SSSR, MKI S 21 B 3/00 (1981). [in Russian].
7. A. s. 1620488 SSSR, MKI S 21 B 3/00 (1991). [in Russian].

Анотація

Паршин О. Ю., Захарченко В. М., Руденко Ю. Р.

Визначення ефективності використання брикетів марки БЖС-Д в доменній плавці

Представлено новий технологічний режим виплавки чавуну в доменній печі, що включає завантаження в доменну піч подач, що містять кокс, залізорудні компоненти, промивальну шихту у вигляді підготовленого залізорудного матеріалу. В промивальну шихту вводять окалину, залізовмісний шлам, відходи виробництва брикетів, цемент. Промивальну шихту брикетують при наступному співвідношенні компонентів, %мас.: окалина – 5-75%, залізовмісний шлам – 5-45%, відходи брикетного виробництва – 5-40%, цемент – 8-14%. Отриманий промивальний брикет замінює залізорудні компоненти залежно від технологічного стану доменної печі. Основність кінцевого шлаку коригують витратою брикету.

Ключові слова

Брикетти, безвипалювальне згрудкування, захарашчування горна, кореляційно-регресійний метод, пиловугільне паливо, доменна піч.

Summary

Parshin A. Y., Zakharchenko V. N., Rudenko Y. R.

Determination of the effectiveness of BZhS-D grade briquettes in blast-furnace smelting

There is represented the new processing method of cast iron smelting in a blast furnace that comprises charging to the blast furnace coke-containing burden, iron-ore components, flushing fusion mixture in the form of the prepared iron-ore material. Scale, iron-containing sludge, wastage of briquette production and cement are added into a flushing fusion mixture. The flushing fusion mixture is pelletized at the following ratio of components, wt. %: scale – 5-75%, iron-containing sludge – 5-45%, wastage of briquette production – 5-40%, cement – 8-14%. The received flushing briquette replaces iron-ore components depending on the technological state of the blast furnace. The basicity of the final slag is adjusted by consumption of the briquette.

Keywords

Bricks, nonfired sintering, hearth obstruction, correlation and regression method, pulverized coal, blast furnace.

Поступила 10.10.16