

УДК 669.054.8

**Ю.Л. ПЕТРОВ**, главный инженер, заместитель директора структурного подразделения,  
**Г.Ф. ПШЕМЫСКИЙ**, начальник отдела, **В.В. КОМПАНЕЦ**, начальник группы  
Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Описаны технологические решения, направленные на повышение эффективности утилизации железосодержащих и других отходов металлургического производства путем изготовления безобжиговых самовосстанавливающихся железоксофлюсовых брикетов. Достаточно прочные и термостойкие брикеты используются в качестве подшихтовки в количестве 5–10 % металлозавалки в сталеплавильные печи.

**Ключевые слова:** брикетирование железосодержащих отходов, безобжиговые железоксофлюсовые брикеты.

Повышение эффективности утилизации железосодержащих и других отходов металлургического производства – важнейший резерв ресурсосбережения и снижения негативного воздействия на окружающую природную среду. Одним из направлений решения данной проблемы является применение современной технологии подготовки и последующего использования отходов.

В настоящее время окускование железосодержащих отходов осуществляется тремя способами: агломерацией, гранулированием (окомкованием) и брикетирова-

нием. В качестве формирующих агрегатов для окускования отходов применяются валковые брикет-прессы, вибропрессы, тарельчатые и барабанные грануляторы, в качестве связки – пыль газоочисток и аспирационных установок, содержащая отсеvy обожженной извести, а также портландцемент, бентонит, жидкое стекло, лигносульфонат, красный шлам и др.

Брикетирование производится с добавкой и без добавки связующих веществ путем прессования смеси в брикеты необходимого размера и формы с последу-



ющим тепловлажным или термическим упрочнением; упрочнением выдержкой в теплом помещении или в естественных условиях при положительной температуре.

Наиболее распространенным и высокопроизводительным методом окучивания железосодержащих отходов является брикетирование на валковых брикет-прессах с использованием в качестве связки извести или цемента. Данный способ широко применяется в металлургическом производстве США, Великобритании, Польши, Южной Кореи, Японии, Франции.

Фирмой «Siemens VAI» поставляются установки для брикетирования железосодержащих отходов с двумя высокопроизводительными валковыми брикет-прессами производительностью по 20 т/час брикетов каждый. Готовые брикеты имеют овальную форму размерами 45x35x22 мм и объемом 20 см<sup>3</sup>.

Металлургическими предприятиями Франции ежегодно перерабатывается в брикеты до 4 млн т железосодержащих шламов и пыли, уловленной в газоочистках. В черной металлургии США и стран Западной Европы уже давно наряду с железосодержащими материалами брикетируются другие отходы – известковая пыль, отходы ферросплавного производства, некондиционная мелочь плавикового шпата и прочие ценные материалы, – на основе которых получают шихтовые брикеты и флюсы для металлургического производства.

ОАО «Брикет» (г. Донецк) в сотрудничестве с ЗАО «Спайдермаш» разрабатывает технологии производства на валковых брикет-прессах безобжиговых самовосстанавливающихся железокосоизвестковых брикетов размерами 61x53x37 мм марки БКД(Н) с содержанием  $Fe_{общ} \leq 50\%$ ,  $C \leq 20\%$  и  $CaO \leq 11\%$ , имеющих механическую прочность  $M_{25} = 90-95\%$ , истираемость  $M_{10} = 5-8\%$  и массовую долю мелочи – 3–3,5 %.

Технология производства безобжиговых самовосстанавливающихся железокосоизвестковых брикетов из прокатной окалины и пыли газоочисток электросталеплавильных печей опробована на Павлодарском сталелитейном заводе [1]. Результаты, полученные при выплавке стали в электродуговой печи с подшихтовкой брикетами в количестве 5–10 % металлозавалки, послужили основанием для выполнения проекта и строительства на предприятии участка брикетирования пыли газоочистки электросталеплавильного цеха (ЭСЦ) и окалины мощностью 100 тыс. т/год. Впервые решена проблема высокоэффективного и полного вовлечения в производство собственных железосодержащих отходов производства на крупном сталеплавильном предприятии Казахстана.

По аналогичной технологии, разработанной компанией «ЭкоМашГео» (г. Донецк), утилизация железосодер-

жащих отходов внедрена на ряде белорусских и российских предприятий [2], в т.ч:

- на Жлобинском металлургическом заводе (Республика Беларусь) – путем введения в шихту безобжиговых самовосстанавливающихся железокосоизвестковых брикетов в 120-тонных электродуговых печах;
- на Московском металлургическом заводе «Серп и Молот» (РФ) – в 12-тонных электродуговых печах.

Практика работы этих и некоторых других предприятий Украины свидетельствует о перспективности и экономической целесообразности применения брикетирования в черной металлургии для подготовки к утилизации железосодержащих и других отходов производства [3].

Использование брикетов по их технологическому назначению предполагается только в виде добавок к основным компонентам шихтовых материалов. Учитывая физические свойства (термостойкость и механическую прочность) и химический состав (наличие вредных веществ) брикетов, уровень их расхода в шихту не должен превышать 6–8 % общего расхода железорудных материалов или металлолома в одну подачу [4].

В составе проектов, выполняемых УкрГНТЦ «Энергосталь» для ОАО «Алчевский металлургический комбинат», ОАО «Днепропетровский металлургический комбинат им. Дзержинского», ОАО «Волгоцеммаш», предусматривается строительство отделений по утилизации железосодержащих и других отходов (пыли газоочисток ЭСПЦ и конвертерного цеха, отсевов и пыли извести, обезмасленной окалины прокатных станов и машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), отсевов коксика) с изготовлением безобжиговых самовосстанавливающихся железокосоизвестковых брикетов [5].

В разработанном УкрГНТЦ «Энергосталь» проекте отделения брикетирования железосодержащих отходов в комплексе МНЛЗ и прокатного стана ОАО «Волгоцеммаш» предусматривается полная утилизация отходов и отсевов коксовой мелочи путем изготовления безобжиговых самовосстанавливающихся железокосоизвестковых брикетов, используемых для подшихтовки при выплавке стали в электродуговой печи.

После реконструкции МНЛЗ и прокатного стана на ОАО «Волгоцеммаш» годовой выход железосодержащих отходов составит:

- крупной прокатной окалины и окалины МНЛЗ, содержащих 0,16 % масел, – 7286 т/год;
- пыли газоочистки ЭСПЦ – 7800 т.

Для получения самовосстанавливающихся железокосоизвестковых брикетов в количестве 17736 т/год предусматривается применение отсевов коксовой мелочи

– 2500 т/год; в качестве связки – водного раствора лигносульфоната (ЛСТ), приготавливаемого из 163 т/год порошкового ЛСТ.

Количество и химсостав абсолютно сухих исходных вторичных компонентов и готовых брикетов представлены в табл. 1.

В сформированных брикетах содержание масел составляет 0,066 % по отношению к их абсолютно сухой массе, что ниже допустимого уровня для брикетов из стальной стружки согласно ГОСТ 2787-75, по которому допускается суммарное содержание безвредных примесей не более 1 %.

Утилизация самовосстанавливающихся железокосковых брикетов предусматривается путем их подачи в количестве 40 кг/т стали в шихту электросталеплавильной печи, где они подвергаются восстановлению за счет содержащегося в брикетах коксика, а затем расплавлению.

Из-за замкнутого оборотного цикла железосодержащих отходов производства в пыли газоочистки ЭСПЦ накапливаются оксиды цинка. При достижении их содержания, равного уровню концентрата цинка, пыль затаривается в «биг-беги» и периодически автотранспортом отгружается цинковому предприятию. Технологическая схема и компоновка отделения брикетирования железосодержащих отходов производства приведены на рис. 1, 2.

Исходные компоненты шихты брикетов доставляются в отделение автотранспортом в саморазгружающихся контейнерах. Загрузка расходных бункеров окалиной, пылью газоочистки и отсевами коксика осуществляется с помощью подвесного однобалочного крана. Дозированные автоматическими весовыми дозаторами компоненты шихты из бункеров поступают в двухвальный смеситель, смешиваются и увлажняются до 11 % водным раствором ЛСТ, затем брикетируются при удельном давлении 600 кг/см<sup>2</sup> в брикеты объемом 30 см<sup>3</sup> и массой 60 г на валковом брикет-прессе при общем давлении 200 т.

Спрессованные брикеты с насыпной массой 1,2 т/м<sup>3</sup> подаются крутонаклонным ленточным конвейером на роликовый грохот для отсева мелочи и далее поступают в двухзонное ленточное сушило с укладкой слоем 150 мм на ленту для сушки дымовыми газами при температуре

250 °С в течение получаса до конечной влажности 1 %. Затем брикеты подвергаются охлаждению в течение 15 мин в зоне охлаждения сушила от начальной температуры 250 °С до конечной – 60 °С.

Готовые брикеты загружаются в короба для доставки автопогрузчиком в шихтовый пролет ЭСПЦ.

Концентрация пыли в дымовых газах после конвейерного сушила ( $t = 150$  °С,  $V = 11924$  м<sup>3</sup>/час) – 0,5 г/м<sup>3</sup>, а после очистки в батарейном циклоне и рукавном фильтре – 20 мг/м<sup>3</sup>.

Расход природного газа на сушку брикетов – до 80 м<sup>3</sup>/час.

Химсостав дымовых газов после конвейерного ленточного сушила с учетом испаренной влаги и подсосов воздуха: N<sub>2</sub> = 7,2 %; O<sub>2</sub> = 16,1 %; CO<sub>2</sub> = 1,4 %; H<sub>2</sub>O = 10,5 %.

На сжигание природного газа в топке при  $\alpha = 1,5$  расходуется до 5900 м<sup>3</sup>/час воздуха, нагретого в зоне охлаждения брикетов конвейерного ленточного сушила за счет их охлаждения с 250 до 60 °С. При этом охлаждающий воздух в количестве 11000 м<sup>3</sup>/час нагревается до температуры 75 °С и используется как для сжигания природного газа, так и для последующего разбавления 4850 м<sup>3</sup>/час продуктов горения с целью их охлаждения с 1200 до 350° С. Продукты горения в количестве 6000 м<sup>3</sup>/час разбавляются 11500 м<sup>3</sup>/час дымовых газов до температуры 250° С и подаются на сушку брикетов в конвейерное сушило.

Для снижения шума вентиляторов и дымососов до уровня менее 75 дБ предусматривается их установка с шумопоглощающей изоляцией корпусов.

Трудоемкость изготовления 1 т продукции составляет 0,9 чел-час.

Экономия сырьевых ресурсов от использования 17915 т/год самовосстанавливающихся железокосковых брикетов составляет: металлолома – 8690 т/год; обожженной извести – 1500 т/год. Кроме того, технология позволяет получать 625 т/год цинкового концентрата с содержанием цинка 20 %.

Расчетный удельный расход энергоресурсов на 1 т брикетов :

- природный газ – 25,9 м<sup>3</sup>;
- электроэнергия – 129,6 кВт-час;

**Таблица 1 – Количество и химический состав абсолютно сухих исходных компонентов и готовых брикетов, % масс.**

Наименование	Fe <sub>обм</sub>	CaO	MgO	C	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zn	P	S	т/год
Окалина	72	1,0	0,5	1	0,5					7286
Пыль ЭСПЦ	45	15	3	3	8	4,7	2	0,2	0,1	7800
Коксик	2,01	0,18	0,06	94	2,22	1,38		0,0054	0,024	2500
ЛСТ		75	3	16	2	1			3	150
Брикеты	49	7,6	1,5	15	4	2,1	0,9	0,09	0,21	17736

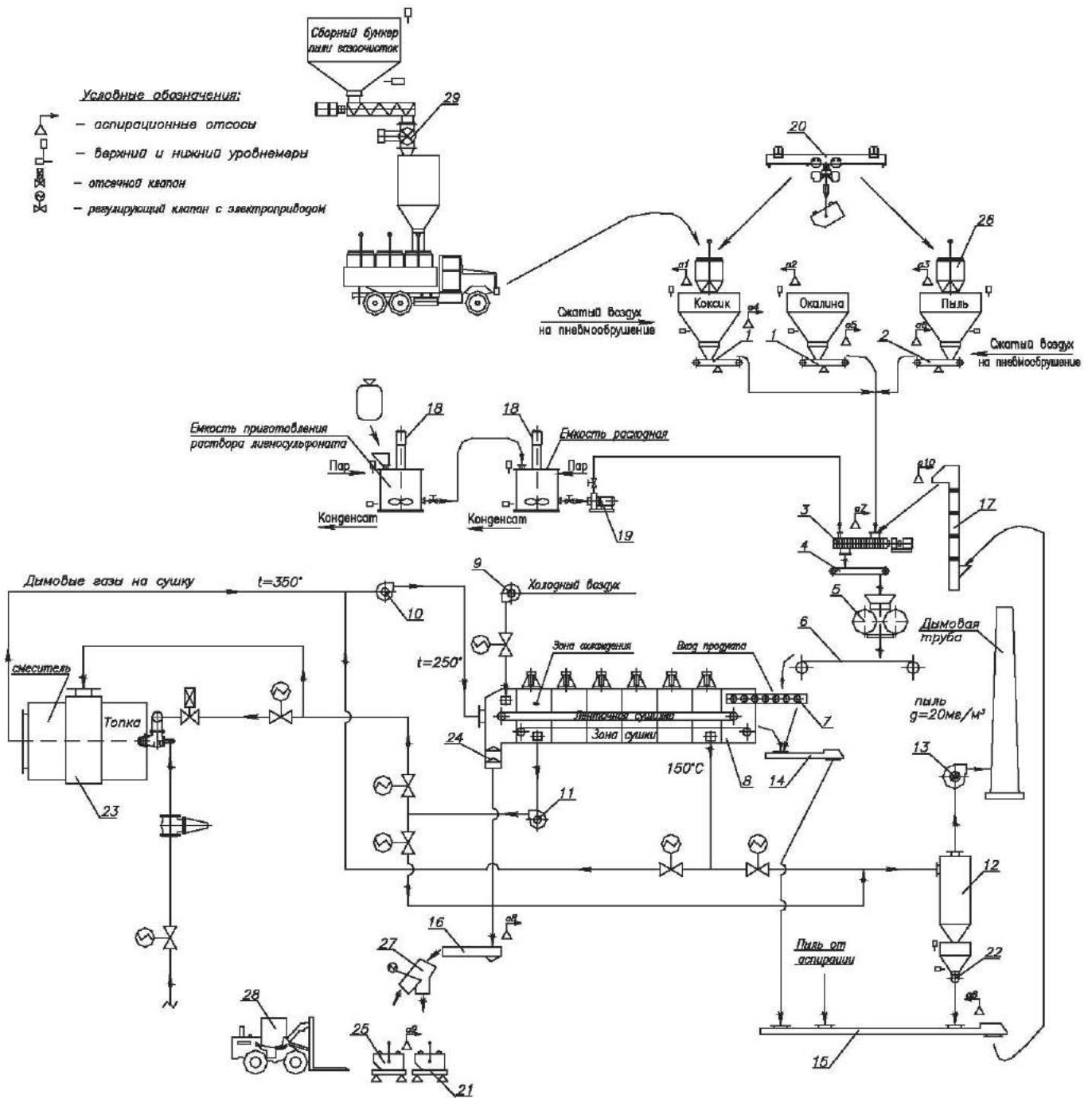


Рисунок 1 – Технологическая схема производства самовосстанавливающихся железокочковых брикетов на ОАО «Волгоцеммаш»:

- 1 – дозатор непрерывного действия; 2 – дозатор непрерывного действия со шлюзовым питателем; 3 – смеситель шнековый; 4 – ленточный питатель; 5 – валковый брикетировочный пресс; 6 – конвейер ленточный; 7 – грохот-питатель роликовый; 8 – сушилка ленточная высокотемпературная; 9, 11 – вентилятор радиальный; 10 – вентилятор центробежный горячего дутья; 12 – циклон батарейный; 13 – дымосос; 14, 15 – конвейер целной скребковый; 16 – питатель с электромагнитным приводом; 17 – элеватор; 18 – аппарат с плоским днищем; 19 – насос-дозатор; 20 – кран мостовой однобалочный двухпролетный подвесной; 21 – весы платформенные тензометрические; 22 – шлюзовый питатель; 23 – топка с футеровкой; 24 – клапан-мигалка; 25 – короб опрокидной с траверсой; 26 – контейнер саморазгружающийся; 27 – клапан перекидной; 28 – электрический вилочный погрузчик; 29 – загрузочное оборудование

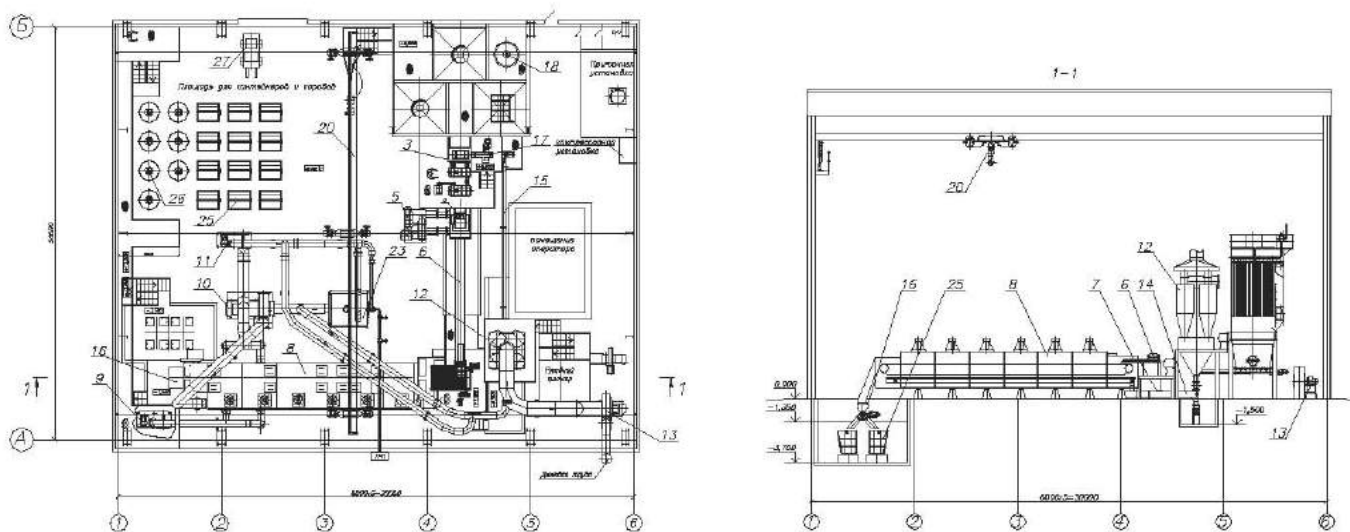


Рисунок 2 – План расположения технологического оборудования отделения брикетирования на валковом брикет-прессе железобоксовых брикетов (ОАО «Волгоцеммаш»)

Таблица 2 – Годовой расход сырьевых и энергетических ресурсов на производство 17915 т/год самовосстанавливающихся железобоксовых брикетов

Наименование компонентов и готовой продукции	т/год		Природный газ, нм <sup>3</sup> /год	Электро-энергия, кВт·час/год	Техническая вода; на технологич. нужды на подпитку оборотного цикла, м <sup>3</sup> /год	Сжатый воздух, нм <sup>3</sup> /год
	абсолютно сухие	влажные				
Крупная окалина МНЛЗ и прокатного стана, W = 6 %	7286	7751				
Пыль газоочистки электросталеплавильной печи	7800	7800				
Отсевы коксика, W = 7 %	2500	2688				
Порошковый лигносульфат, W=8 %	150	163				
Готовые брикеты W=1 % в шихтовый пролет ЭСПЦ	17736	17915	464,45·10 <sup>3</sup>	2,322·10 <sup>6</sup>	$\frac{1,6 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 10^3}$	15·10 <sup>6</sup>
Итого			464,45·10 <sup>3</sup>	2,322·10 <sup>6</sup>	2,8·10 <sup>3</sup>	15·10 <sup>6</sup>

- техническая вода (включая подпитку оборотной) – 0,156 м<sup>3</sup>;
- сжатый воздух на воздушные завесы и пневмообрушение в бункерах – 837,3 нм<sup>3</sup>.

Экономия природного газа предусматривается за счет использования нагретого воздуха, охлаждающего высушенные брикеты.

Приведенные показатели технологии производства безобжиговых самовосстанавливающихся железобоксовых брикетов подтверждают ее высокую эффективность: обеспечиваются полная утилизация железосодержащих отходов производства и экономия сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов, а также улучшение экологической обстановки в районе предприятия.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ахметов, А.Б.** Восстановление железа из железобоксовых брикетов при плавке стали в дуговых электропечах / А.Б. Ахметов, С.О. Байсанов, Р.Ш. Ахтанова и др. // Сталь. – 2007. – № 8. – С. 39–42.
2. Брикет металлургический [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://briquet.ru/>.
3. **Булгаков, В.Г.** Исследование минералогического состава окалино-углеродных брикетов в процессе восстановления / В.Г. Булгаков, Г.В. Булгаков // Известия вузов. Черная металлургия. – 1998. – № 7. – С. 16–19.
4. **Стовпченко, А.П.** Современное состояние проблемы переработки пыли дуговой сталеплавильной печи / А.П. Стовпченко, Ю.С. Пройдак, Л.В. Камкина // Сотрудничество для решения проблемы отходов : ма-



териалы VI Международной конференции, 8-9 апреля 2009 г., Харьков. – Х. : ЭкоИнформ, 2009. – С. 61–63.

5. **Носков, В.А.** Брикетирование, как технология рециклирования мелкофракционных промышленных отходов /

Описано технологічні рішення, що спрямовані на підвищення ефективності утилізації залізовмісних та інших відходів металургійного виробництва шляхом виготовлення безвипалювальних самовідновлювальних залізо-коксофлюсових брикетів. Достатньо міцні та термостійкі брикети використовуються як підшихтовка у кількості 5–10 % металозавалки у сталеплавильні печі.

В.А. Носков // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 1998. – № 3. – С. 119–121.

*Поступила в редакцию 15.04.2011*

Technological approaches aimed at improving efficiency of iron-containing and other metallurgical wastes recovery by manufacturing roasting-free self-restoring iron-coke-flux briquettes are describes. Sufficiently firm and heat-resistant briquettes are used as 5-10% mix material of furnace charge into steel-smelting furnaces.