

ТЕХНИКА ҒЫЛЫМДАРЫ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES

МРНТИ: 87.53.13

ПЕРЕРАБОТКА АСПИРАЦИОННОЙ ПЫЛИ ДРОБЛЕНИЯ
ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА

Б.Ж. САЛКЫНБАЕВ^{1[0000-0002-0907-4116],*}, **Ж.Б. МУСАБЕКОВ**^{2[0000-0002-7101-8561]},
М.С. ДОСЕКЕНОВ^{1[0000-0003-2483-8118]}, **А.К. АЛЬМУХАМЕДОВА**^{2[0000-0001-5606-794X]}

¹*Научно исследовательский-инжиниринговый центр ERG, Актюбе, Казахстан*

²*Актюбинский завод ферросплавов, Актюбе, Казахстан*

**bekarys.salkynbayev@erg.kz*

Аннотация: В статье приведены результаты переработки аспирационной пыли, образованной в процессе дробления высокоуглеродистого феррохрома. Тонкие классы пыли повышают вероятность безвозвратных потерь, что создает предпосылки для разработки рациональных способов переработки указанного материала. Одним из известных технологий утилизации дисперсного шихтового сырья в металлургическом переделе является их прямой переплав. Такая технология хоть и легко осуществима, но имеет ряд существенных недостатков, среди которых основной проблемой остается высокий пылеунос мелкого материала восходящими газо-тепловыми потоками. Выходом может послужить предварительная подготовка сырья окускованием. Многочисленные исследования показали, что наиболее дешевый способ окускования-брикетирование. С учетом развития технологий брикетирования, а также задействованного в этом процессе новейших образцов оборудования и связующих материалов можно предполагать, что это позволит более полноценно вовлекать аспирационную пыль от дробления феррохрома в металлургический передел. Для оценки этого предположения проведены промышленные испытания по переплаву аспирационной пыли в виде брикетов и в исходном виде. Сопоставление полученных результатов показало принципиальную возможность производства высокоуглеродистого феррохрома на брикетированном материале из аспирационной пыли дробления.

Ключевые слова: высокоуглеродистый феррохром, брикетирование, аспирационная пыль, переплав, испытания, дробление.

Введение. Металлургия относится к одной из самых материалоемких отраслей и характеризуется значительными в планетарном масштабе объемами производства. Эффективная эксплуатация огромных производственных мощностей возможна только при использовании металлургического сырья высокого качества, запасы которого быстро истощаются. Это порождает общую сырьевую проблему [1].

Техногенные отходы, представляющие собой отходы обогащения исходного сырья или отходы его переработки, являются не только источниками экологической опасности, но и представляют интерес в извлечении ценных компонентов с получением товарных продуктов [2].

По истечению времени, богатое природное хромовое сырье исчерпывает свои разведанные запасы и в современном производстве все более обостряются задачи по вовлечению в обогатительные и металлургические процессы бедных хромовых руд и техногенных отходов, таких как пыли, шламы, хвосты, шлаки, вскрышные породы и т. д.

Современное промышленное производство требует переработки большего количества различного минерального сырья, что приводит истощению его запасов [3]. При этом в результате деятельности предприятий образуется огромное количество техногенных отходов, которые, накапливаясь в отвалах, шламохранилищах, свалках, подвергают значительному антропогенному воздействию окружающую среду. В связи с этим разработка и внедрение технологий, предусматривающих получение из отходов полезной продукции актуальная задача.

При дроблении высокоуглеродистого феррохрома образуется аспирационная пыль, в которой содержание металлического хрома колеблется в пределах 70%, рыночная стоимость этой пыли намного ниже товарного феррохрома и в своем исходном виде практически не нашла применения в металлургии.

Аспирационная пыль – это пылевидные отходы дробления и фракционирования высокоуглеродистого феррохрома (ВУФХ) [4]. В этой пыли содержание металлического хрома колеблется в пределах 60-70% (таблица 1). По своей специфике тонкие классы пыли повышают вероятность безвозвратных потерь целевого металла при ее хранении и различного рода перемещениях [5].

Таблица 1. Химический состав аспирационной пыли, в %

Cr	Si	C	S	P
60-70	1,5-2,5	8-10	0,04	0,01

Для технологической оценки аспирационной пыли в целях получения кондиционного ВУФХ в условиях Актюбинского завода ферросплавов при кураторстве сотрудников ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG» проведена работа, состоящая из двух этапов:

1. Подготовка аспирационной пыли – брикетирование, упаковка в полипропиленовые мешки и биг-бэги.

2. Переплав подготовленных материалов производился в открытой трехэлектродной рудно-термической печи с наклоняющейся ванной и мощностью трансформатора 1,5 МВА.

Подготовка аспирационной пыли к печному переделу. Для брикетирования аспирационной пыли в лабораторных условиях, опытным путем, было подобрано и отработано два вида связующих материалов, наиболее способных обеспечить достаточную для промышленных условий сырую прочность брикета в форме кирпича [6]. Первый вид сухой смеси состоял из 80% аспирационной пыли и 20% пыли рукавных фильтров газоочистки ПЦ-1 (Плавильный цех №1). Для их связки использовали 5%-й раствор жидкого стекла собственного производства в количестве 10% от сухой массы смеси и полипропиленовое волокно в количестве 0,03% сверх сухой массы аспирационной пыли.

Брикеты по второму составу изготавливались только из аспирационной пыли с добавкой в качестве связующего органического вещества в виде сухого порошка производства ООО «ЕвроСинтез» (РФ, Челябинская область) в количестве 5%, воды 1,5-3% и волокна полипропиленового 0,03% сверх сухой массы аспирационной пыли. По рекомендации производителя для достижения лучшей прочности добавка воды не должна была превышать 1%.

Для наработки опытной партии брикетов было завезено более 30 тонн аспирационной пыли.

Общее количество сбрикетированных кирпичей составило 4334 штуки. Масса одного кирпича составляла от 5,5 до 7 кг. Изображение сырых кирпичей представлено на рисунке 1.



Рисунок 1. Сырые сбрикетированные кирпичи из аспирационной пыли в смеси с рукавной пылью, жидким стеклом и полипропиленового волокна

Переплав подготовленных материалов. На данном этапе промышленных испытаний определен наиболее приемлемый способ подачи аспирационной пыли в рудно-термическую печь и расчетные технико-экономические показатели передела. Футеровка печи была полностью исполнена из магнезитового кирпича. Как отмечалось ранее, из аспирационной пыли были приготовлены брикеты двух видов. Из аспирационной пыли были приготовлены брикеты двух видов, а также сама пыль в россыпном виде была расфасована в биг-бэги весом около 1 т и отдельно в полипропиленовые мешки по 25 кг. Аспирационная пыль в мешки загружалась как в чистом виде, так и в смеси с отсевами феррохрома (фракция 5-15мм) в соотношении 70:30 в % по массе. Брикеты изготавливались из аспирационной пыли от дробления ВУФХ двух плавильных цехов с добавкой рукавной пыли газоочистки и жидкого стекла и из аспирационной пыли с добавками органического связующего ООО «Евросинтез» (Россия).

С целью получения более точных данных для составления материального баланса плавки было принято решение о возврате на переплав металлических корок из ковша и скачанного перед разливкой ковшей шлака [7].

Разогрев проводили на коксе, для чего в печь под электроды было задано 120 кг кокса. По мере расходования кокса через 3 часа в ванну печи добавили еще 50 кг кокса.

На первую плавку было подано 1500 кг брикетов и по 75 кг шлакового щебня и кокса. Из-за отсутствия средств измерения температуры расплава готовность металла к выпуску оценивалась визуально по степени жидкотекучести шлака в печи через рабочее отверстие со стороны шлакового лотка.

Для облегчения выпуска и разлива металла в изложницы со второй плавки расход электроэнергии на плавку был увеличен с уменьшением количества подаваемого кокса и увеличением времени разогрева ковшей перед выпуском до 1-1,5 часа.

Для снижения содержания кремния в металле постепенно ограничивался расход электроэнергии на плавку. Содержание углерода регулировалось подачей кокса на плавку. На отдельных плавках при выпуске в ковш на струю металла подавали известь в количестве 2 кг. В плавках с присадкой извести на выпуске металла содержание серы в металле было ниже 0,03%.

Несмотря на опасения повышенного пылеуноса аспирационной пыли, расфасованной в биг-бэги или мешки, при загрузке в разогретую печь, значительных выбросов пыли при загрузке материала в печь и последующей плавке зафиксировано не было. Единственным осложнением такого способа подачи материала на плавку был перекосящий распределение пыли по ванне со стороны загрузки. Из-за этого между двумя электродами со стороны загрузки

образовывались перемычки из пыли, долго не растворявшиеся в расплаве, несмотря на попытки их обрушения, с оголением ванны в районе третьего электрода. Работа печи в эти моменты характеризовалась повышенной шумностью и, возможно, некоторым увеличением расхода электроэнергии из-за повышенного облучения футеровки слабоэкранированной расплавом дугой из-под недогруженного электрода. Выпуск ВУФХ осуществлялся в промежуточный ковш с последующей разливкой в стальные изложницы. При наклоне печи в противоположную сторону от выпускного отверстия производилось скачивание шлака в шлаковню через рабочее окно.

Как отмечалось выше, часть проб феррохрома, выплавленного в начале испытаний, отличались повышенным содержанием углерода, кремния, серы и фосфора. Содержание углерода достаточно уверенно корректировалось изменением подачи кокса в навеску шихты.

Полученные слитки металла общим весом 24,4 тонны подвергались дроблению и фракционированию в цеху готовой продукции Актюбинского завода ферросплавов, оснащённого щековыми дробилками. Выход фракций составил:

- фракция 10-50 мм – 15,7 т (64,3%);
- фракция 0-10 мм – 8,1 т (33,1%);
- потери – 0,6 т (2,4%).

Выход фракции 0-10 мм в 33,1% незначительно повышен по сравнению с выходом отсевов при дроблении слитков ВУФХ марок ФХ800 и 850. При изломе полученных при переплаве слитков, как видно на рисунке 2, отмечена высокая их пористость, что соответствует условиям переплава с недостаточным количеством шлака.

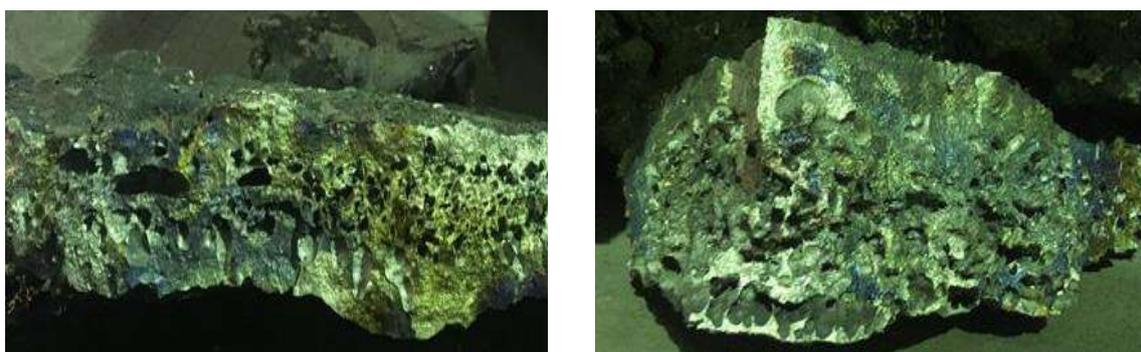


Рисунок 2. Структура слитков ВУФХ в изломе

По результатам выполненных промышленных испытаний получены следующие расходные показатели по переплаву аспирационной пыли ВУФХ (Таблица 2).

Таблица 2. **Технико-экономические показатели переплава**

№ п.п.	Показатель и единицы измерения	Плавка брикетов из аспирационной пыли, рукавной пылью и жидким стеклом	Плавка брикетов из аспирационной пыли и органическим связующим или в мешках
1	Удельный расход электроэнергии на переплав, кВт*час/т ВУФХ в слитках	3300	2600
2	Производительность печи по выплавке ВУФХ в слитках, т/сутки	4,8	7,2
3	Извлечение хрома в слитки, %	89	89
4	Выход фракции 10-50 мм при дроблении нераскисленного металла, %	64,2	64,2

В результате промышленных испытаний по переплаву аспирационной пыли высокоуглеродистого феррохрома получено 15,7 тонн товарного высокоуглеродистого феррохрома, соответствующего ГОСТ 4757-91.

Результаты промышленных испытаний по переплаву аспирационной пыли свидетельствуют о принципиальной возможности осуществления данного процесса в промышленном масштабе.

Список литературы

1. Лякишев Н.П. Металлургия хрома / Н.П. Лякишев, М.И. Гасик. – М.: ЭЛИЗ, 1999 – 582 с.
2. Рысс М.А. Производство ферросплавов / М.А. Рысс. – М.: Metallurgy, 1985 – 32 с.
3. Жуховицкий А.А. Физико-химические основы металлургических процессов / А.А. Жуховицкий, Д.К. Белащенко, Б.С. Бокштейн, и др. – М.: Metallurgy, 1973 – 392 с.
4. Гасик М.И. Теория и технология производства ферросплавов / М.И. Гасик, Н.П. Лякишев, Б.И. Емлян. – М.: Metallurgy, 1988 – 784 с.
5. Чернобровин В.П. Экстракция черных металлов из техногенного сырья / В.П. Чернобровин, В.Е. Рошин, Т.П. Сирина // Челябинск: ЮУрГУ. – 2013. – С. 160-161.
6. Абдулабеков Е.Э. Технологические расчеты по производству ферросплавов / Е.Э. Абдулабеков, К.К. Каскин, А.Х. Нурумғалиев. – М.: Metallurgy, 2014 – 224 с.
7. Гельд П.В. Расплавы ферросплавного производства / П.В. Гельд, Б.А. Баум, М.С. Петуршевский. – М.: Metallurgy, 1973 – 288 с.

References

1. Lyakishev N.P., Gasik M.I. (1999). Metallurgiya xroma [Chromium Metallurgy]. M.: E'LIZ [in Russian].
2. Ryss M.A. (1985). Proizvodstvo ferrosplavov [Production of ferroalloys]. M.: Metallurgiya [in Russian].
3. Zhuxovickij A.A., Belashhenko D.K., Bokshtejn B.S., i dr. (1973). Fiziko-ximicheskie osnovy metallurgicheskix processov [Physical and chemical bases of metallurgical processes]. M.: Metallurgiya [in Russian].
4. Gasik M.I., Lyakishev N.P., Emlyan B.I. (1988). Teoriya i texnologiya proizvodstva ferrosplavov [Theory and technology of ferroalloy production]. M.: Metallurgiya [in Russian].
5. Chernobrovin V.P., Roshhin V.E., Sirina T.P. (2013). E'kstrakciya chernyx metallov iz texnogenного syr'ya [Extraction of ferrous metals from technogenic raw materials]. Chelyabinsk: YuUrGU [in Russian].
6. Abdulabekov E.E', Kaskin K.K., Nurumgaliev A.X. (2014). Texnologicheskie raschety po proizvodstvu ferrosplavov [Technological calculations for the production of ferroalloys]. M.: Metallurgiya [in Russian].
7. Gel'd P.V., Baum B.A., Peturshevskij M.S. (1973). Rasplavy ferrosplavnogo proizvodstva [Ferroalloy production melts]. M.: Metallurgiya [in Russian].

ЖОҒАРЫ КӨМІРТЕКТІ ФЕРРОХРОМДЫ ҰСАҚТАУДЫҢ АСПИРАЦИЯЛЫҚ ШАҢЫН ҚАЙТА ӨНДЕУ

**Б.Ж. САЛҚЫНБАЕВ^{1,*}, Ж.Б. МҰСАБЕКОВ²,
М.С. ДОСЕКЕНОВ¹, А.К. АЛЬМУХАМЕДОВА²**

¹*ERG ғылыми-зерттеу инженеринг орталығы, Ақтөбе, Қазақстан*

²*Ақтөбе ферроқорытпа зауыты, Ақтөбе, Қазақстан*

**bekarys.salkynbayev@erg.kz*

Аңдатпа: Мақалада жоғары көміртекті феррохромды ұсақтау үдерісінде пайда болған аспирациялық шаңды қайта балқыту нәтижелері келтірілген. Шаңның жұқа кластары қалпына келтірілмейтін шығындардың ықтималдығын арттырады, бұл көрсетілген материалды өндеудің ұтымды әдістерін жасауға алғышарттар жасайды. Metallургиялық қайта бөлуде дисперсті шихта шикізатын кәдеге жаратудың белгілі технологияларының бірі оларды тікелей қайта балқыту болып табылады. Бұл технология оңай жүзеге асырылатынына қарамастан, бірқатар маңызды кемшіліктерге ие, олардың арасында шағын материалдың жоғары көтеріліп келе жатқан газ және жылу ағындарының шаңын жою басты проблема болып қала береді. Шығу жолы шикізатты алдын-ала дайындау болуы мүмкін. Көптеген зерттеулер көрсеткендей, кесудің ең арзан әдісі-брикеттеу. Брикеттеу технологияларының дамуын, сондай-ақ осы үдерісте қолданылатын жабдықтар мен

байланыстырушы материалдардың жаңа үлгілерін ескере отырып, бұл феррохромды ұсақтаудан металлургиялық қайта бөлуге аспирациялық шаңды неғұрлым толық тартуға мүмкіндік береді деп болжауға болады. Бұл болжамды бағалау үшін брикет түрінде және бастапқы түрінде аспирациялық шаңды балқыту бойынша өнеркәсіптік сынақтар жүргізілді. Алынған нәтижелерді салыстыру ұсақтаудың аспирациялық шаңынан брикеттелген материалда жоғары көміртекті феррохромды өндірудің негізгі мүмкіндігін көрсетті.

Түйін сөздер: жоғары көміртекті феррохром, брикеттеу, аспирациялық шаң, қайта балқыту, сынау, ұсақтау.

PROCESSING OF ASPIRATION DUST BY CRUSHING HIGH-CARBON FERROCHROME

**B.Z. SALKYNBAYEV^{1,*}, Z.B. MUSABEKOV²,
M.S. DOSSEKENOV¹, A.K. ALMUKHAMEDOVA²**

¹*ERG Research and engineering centre, Aktobe, Kazakhstan*

²*Aktobe Ferroalloys Plant, Aktobe, Kazakhstan*

**bekarys.salkynbayev@erg.kz*

Abstract: The article presents the results of processing of aspiration dust formed during the crushing of high-carbon ferrochrome. Thin dust classes increase the probability of irretrievable losses, which creates prerequisites for the development of rational ways of processing this material. One of the well-known technologies for the utilization of dispersed charge raw materials in metallurgical processing is their direct remelting. Although this technology is easily feasible, it has a number of significant disadvantages, among which the main problem is the high dust removal of fine material by ascending gas-heat flows. The way out can be the preliminary preparation of raw materials by okusk. Numerous studies have shown that the cheapest way of caulking is briquetting. Taking into account the development of briquetting technologies, as well as the latest samples of equipment and binding materials involved in this process, it can be assumed that this will allow more fully involving aspiration dust from the crushing of ferrochrome in metallurgical processing. To evaluate this assumption, industrial tests were carried out on the remelting of aspiration dust in the form of briquettes and in its original form. A comparison of the obtained results showed the fundamental possibility of producing high-carbon ferrochrome on briquetted material from aspiration crushing dust.

Key words: high-carbon ferrochrome, briquetting, aspiration dust, remelting, tests, crushing.