

ОБЗОР МЕТОДОВ ОКУСКОВАНИЯ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ ПЫЛЕЙ И ШЛАМА ГАЗООЧИСТОК ПРИ ВЫПЛАВКЕ ФЕРРОХРОМА

ДЖУНДИБАЕВ М.К.^{*id}, МЫРЗАҒАЛИЕВ А.А.^{id}

*Джундибаев Маулен Кайрекенович - магистр технических наук, инженер-технолог ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG», г. Ақтөбе, Қазақстан

Email: Maulen.Jundibayev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0007-2915-378X>

Мырзағалиев Айбар Асқарұлы - магистр технических наук, главный инженер ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG», г. Ақтөбе, Қазақстан

Email: Aibar.Myrzagaliyev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0009-1749-5154>

Аннотация. В статье рассмотрены виды основных техногенных отходов, образующихся на металлургических предприятиях. Описаны пути образования отходов в виде шлака, аспирационной пыли и шлама. Указаны причины, по которым применения отходов на ферросплавных предприятиях затрудняет технологический процесс выплавки готовой продукции. Рассмотрены способы окускования отходов для

дальнейшего применения при выплавке феррохрома. В лабораторных условиях были опробованы три основных способа окускования: экструзия, окомкование и вибробрикетирование. Описан сущность метода окускования техногенных отходов ферросплавного производства экструдированием. В работе в качестве исследуемых материалов использованы аспирационные пыли и шлам газоочисток производства феррохрома. В качестве связующего применялся материал на основе модифицированного лигносульфоната. Изображены виды полученных материалов в зависимости от метода окускования брэксы, окатыши и брикеты. Готовые окускованные материалы перед испытаниями на прочность высушивали в сушильной печи при температуре 120°C до полного удаления влаги. Графически изображены результаты прочностных характеристик окускованного сырья на сжатие, сброс с высоты 2 м и ударную прочность на барабане. Определены показатели прочностных характеристик окускованного сырья в зависимости от методов окускования с проведением их сравнительного анализа. Полученные готовые окускованные материалы имеют высокие показатели по прочностным характеристикам.

Ключевые слова: рудная пыль, шлам, окускование. брэксы, окатыши, брикеты.

Введение

В настоящее время металлургические предприятия уделяют особое значение утилизации и рациональному использованию промышленных отходов, так как отходы в виде мелкодисперсной пыли влияют на общую экологическую обстановку окружающей среды и снижают общую эффективность извлечения металла в товарную продукцию. В последние годы многие предприятия стараются вовлечь техногенные отходы в технологические процессы производства, что в свою очередь способствует сбережению материальных и энергетических ресурсов, снижению себестоимости готовой продукции.

Современный уровень развития ферросплавной промышленности характеризуется вовлечением в сферу металлургического передела мелкой пыли. Гранулометрический состав пыли не позволяет перерабатывать их прямым вовлечением в плавку. Использование мелкодисперсной пыли в металлургическом переделе затрудняет технологический процесс (ухудшается газопроницаемость слоя шихты) и повышает энергетические затраты [1, 9]. Кроме этого, мелкодисперсные материалы выносятся из ферросплавных печей тягодутьевым режимом, где опять же улавливаются сухим и мокрым способом в системах газоочистки. В связи с чем, использование отходов производства в технологической цепочке требует специальной подготовки – окускование пыли [2, 40]. Одним из ключевых моментов, возникающих при окусковании, является правильный подбор связующего компонента. Связующий компонент должен обеспечить определенную механическую прочность агломерата, брикета, окатышей

после соответствующей термической обработки и не вносить больших изменений в химический состав полученного продукта.

Образование отходов и их переработка актуальна на предприятиях ферросплавного производства. Основными отходами при выплавке феррохрома является - шлак, аспирационная пыль, шлам.

Производство феррохрома основано на процессах восстановления элементов из оксидов, входящих в состав руды или концентрата, и сопровождается неизбежным образованием шлака. Количество и свойства шлака зависят от технологии процесса, вида и качества используемого сырья, марки выпускаемого сплава, состава футеровки плавильного агрегата [3, 10]. Шлак ценное сырье для дорожно-строительной отрасли. Шлаковый щебень в 1,5-2 раза дешевле природного, шлаковая пемза - втрое дешевле керамзита и требует меньших удельных затрат [4, 208]. Шлак утилизируется путём дробления и отделения от него металлической части. Дроблёный шлак реализуется как строительный щебень. А металлическая часть разделяется на товарную продукцию, или металлоконцентрат.

Пыль газоочисток и аспирационных систем образуется в результате сухой очистки газов и аспирационного воздуха, отходящих от плавильных печей, технологических линий, посредством циклонов, рукавных фильтров и другого пылеулавливающего оборудования. Аспирационная пыль представляет собой смесь мелких частей руды, кокса и других материалов, загружаемых в печь, содержащий от 15 до 28% Cr_2O_3 , что несомненно говорит о том, что можно использовать её обратно при выплавке феррохрома.

Существует метод окускования аспирационной пыли экструдированием, где в качестве вяжущего используются полимерные связующие [5, 343]. Метод экструдирования пылей ферросплавного производства заключается в создании экструзионных брэксов путём удаления воздуха и лишней влаги между частицами материала. Это способствует более плотной упаковке и получению прочных брэксов. Сущность метода заключается в приготовлении влажной шихтовой смеси, непрерывной подаче смеси в экструдер, удалении воздуха из смеси вакуумированием и продавливанием смеси под давлением через круглые множественные отверстия в фильере экструдера, из которого непрерывно выходят плотные пластичные стержни - брэксы. Длина брэксов определяется их плотностью и пластичностью, формой и размером отверстий фильеры. В результате роста изгибающего момента, возникающего под действием увеличивающегося веса брэксов по мере роста их длины при выходе из фильеры, брэксы обламываются. Процесс производства брэксов показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Процесс окускования методом экструзии

По результатам проведённых замеров прочности экспериментальных брэксов можно увидеть, что по механическим свойствам брэксы с добавлением полимерных связующих показали высокие значения, таблица 1.

По механическим свойствам полученные брэксы соответствуют предъявляемым на производстве требованиям, что позволяет использовать их в качестве сырья при выплавке феррохрома.

Шлам газоочисток образуется в результате очистки газов и аспирационного воздуха, отходящих от плавильных печей посредством мокрых пылеуловителей, скрубберов и труб Вентури. Шламы производства феррохрома представляют собой тонкодисперсные материалы влажностью 20-25 % и содержанием оксида хрома около 30%. Для дальнейшего использования в металлургических процессах требуется окомкование шлама.

В лабораторных условиях была проведена работа по отработке технологии окомкования шлама газоочистки в смеси с аспирационной пылью и пылью после сушки хромовой руды [6, 130]. Высушенный шлам окомковывали на тарельчатом барабане используя при этом различные связующие. Полученные гранулы «окатыши» подвергали различным испытаниям для определения прочностных характеристик. По результатам испытаний можно сделать вывод, что наиболее высокие показатели прочности на раскол достигаются с использованием связующего материала Лигно (лигносульфанат модифицированный) 3-4% (таблица 1). Вид готовых окатышей из шлама показан на рисунке 2.



Рисунок 2. Готовые окатыши

Также проводились работы по получению опытной партии брикетов на вибропрессе из аспирационной пыли и шлама. В качестве связующего материала также использовали Лигно. Для получения более плотного брикета частота вибрации была установлена на уровне 60 Гц. При данном значении вибрации брикеты получились более плотными и с правильной геометрической формой. Результаты замера прочностных показателей полученных брикетов представлены в таблице 1. Брикет после выпрессовки показаны на рисунке 3.

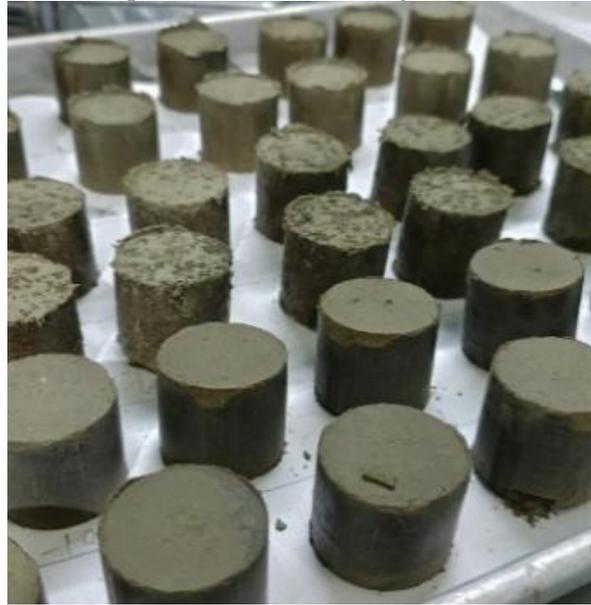


Рисунок 3. Готовые брикеты

Таблица 1 - Показатели механических свойств окускованных материалов

Наименование	Механическая прочность высушенных окускованных материалов при 120 ⁰ С				
	На сжатие, кгс/образец	Трёхразовый сброс с высоты 2 м, %		Удар, %	Истирание, %
		+5мм	-5мм	+5мм	-0,5мм
Брэксы	101,6	97,3	2,7	67,7	19,1
Окатыши	66,2	100	-	96,95	1,89
Брикеты	72,3	94,1	5,9	72,6	11,3

Выводы

Анализируя результаты механических свойств окускованных материалов, можно сделать вывод, что брэксы характеризуются наиболее высокой прочностью на сжатие - 101,6 кгс/брэкс. Высокие показатели готовых брэксов на сжатие подразумевают способность сохранять целостность под действием разрушающих нагрузок, которые возникают при пересыпке или движении слоя в печи. Полученные результаты прочности на сжатие показаны на рисунке 4.

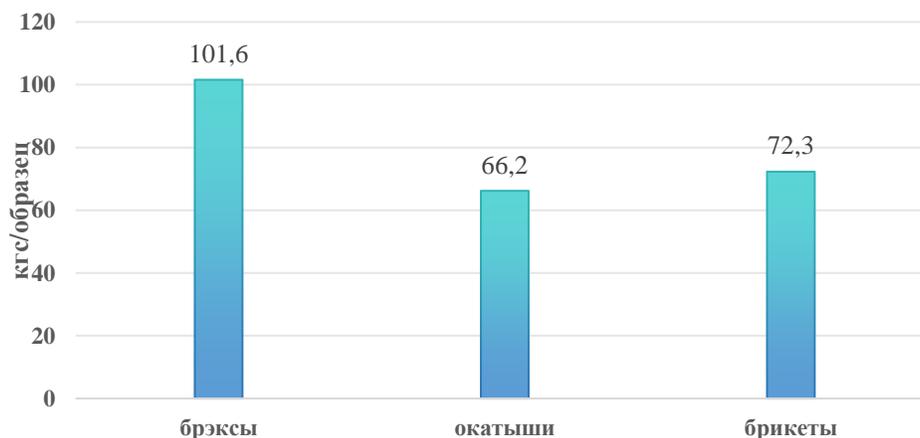


Рисунок 4. Результаты испытания на сжатие

По результатам испытания на сброс все три вида полученных готовых продуктов показали высокие значения, при этом окатыши полностью сохранили исходную форму.

Ударная прочность полученных материалов, определяемая на испытательном барабане, показала, что окатыши намного меньше подвергаются разрушению, по сравнению с брэксами и брикетами. Полученные данные при испытании на сброс и ударную прочность показаны на рисунке 5.

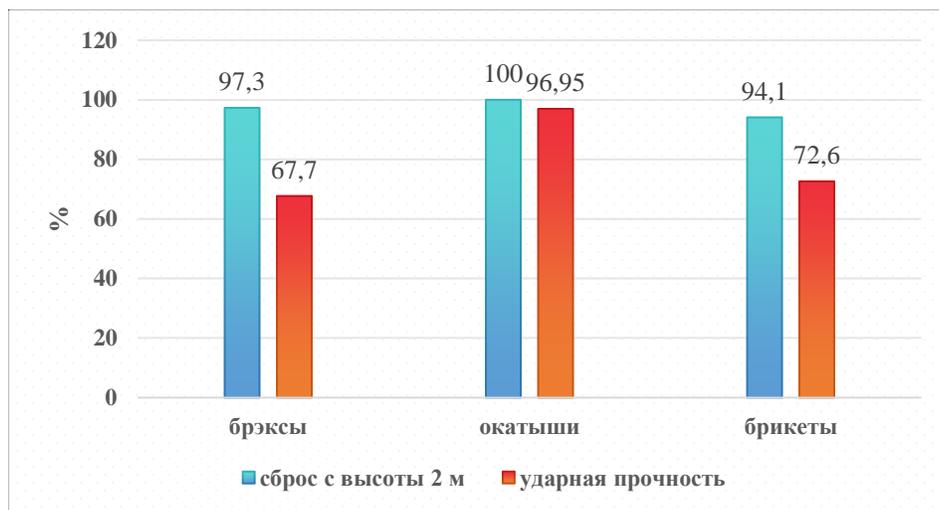


Рисунок 5. Результаты испытания на сброс и ударную прочность

Таким образом, резюмируя все вышеперечисленные опыты можно сделать вывод - что используемое связующее для окускования мелкодисперсных материалов в виде полимерных связующих на основе лигносульфаната, показали эффективность его применения. Полученные готовые окускованные материалы в виде брэксов, окатышей и брикетов имеют высокие показатели по прочностным характеристикам.

Список литературы

1. А.К. Жунусов, Л.Б. Толымбекова. Металлургическая переработка марганцевых руд месторождения «Тур» и «Западный Камыс»// Монография – 2016. – С. 9.
2. А.К. Жунусов, Н.К. Кулумбаев, Ж.О. Нурмаганбетов, Л.Б. Толымбекова. Производство хроморудных окатышей из мелкодисперсных отходов // Наука и техника Казахстана – 2007, №3. – С. 39-44.
3. М.И. Панфилов, Я.Ш. Школьник, Н.В. Орининский, В.А. Коломиец, Ю.В. Сорокин, А.А. Грабеклис. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии // Металлургия – 1987, – С. 10.
4. Р.У. Кожамуратов, Р.З. Сафаров, Ж.К. Шоманова. Ю.Г. Носенко. Утилизация отходов ферросплавного производства // Международная научная конференция «Global science and innovations 2017» – Турция 2017. – С. 207-213.
5. А.А. Мырзағалиев, М.С. Алмагамбетов, С.А. Алимбаев, Н.А. Улмаганбетов. Использование бедных хромсодержащих брэксов для выплавки высокоуглеродистого феррохрома // Вестник Науки – 2020, №1. – С. 342-349.
6. С.А. Лайхан, Б.Ж. Салкынбаев. Окомкование мелкодисперсного хромового сырья с использованием полимерных связующих // Вестник Актюбинского регионального государственного университета имени К. Жубанова – 2024, №3. – С. 130-136.

References

1. A.K. ZHunusov, L.B. Tolymbekova. Metallurgicheskaya pererabotka margancevyh rud mestorozhdeniya «Tur» i «Zapadnyj Kamys»// Monografiya – 2016. – S. 9.
2. A.K. Junusov, N.K. Kulumbayev, J.O. Nurmaganbetov, L.B. Tolymbekova. Proizvodstvo hromorudnyh okatyşei iz melkodiespersnyh othodov // Nauka i tehnika Kazahstana – 2007, №3. – S. 39-44.
3. M.İ. Panfilov, İa.Ş. Şkölnik, N.V. Orininski, V.A. Kolomies, İu.V. Sorokin, A.A. Grabeklis. Pererabotka şlakov i bezothodnaia tehnologia v metalurgii // Metalurgia – 1987, – S. 10.
4. R.U. Kozhamuratov, R.Z. Safarov, ZH.K. SHomanova. YU.G. Nosenko. Utilizaciya othodov ferrosplavnogo proizvodstva // Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya «Global science and innovations 2017» – Turkiya 2017. – S. 207-213.
5. A.A Myrzağaliev, M.S. Almagambetov, S.A. Alimbaev, N.A. Ulmaganbetov. İspölzovanie bednyh hromsoderjaşih breksov dlä vyplavki vysokouglerodistogo ferohroma // Vestnik Nauki – 2020, №1. – P. 342-349.
6. S.A. Laihan, B.J. Salkynbaev. Okomkovanie melkodiespersnogo hromovogo syrä s ispölzovaniem polimernyh sväzuiuşih // Vestnik Aktübinskogo regionälного gosudarstvennogo universiteta imeni K. Jubanova – 2024, №3. – P. 130-136.

ФЕРРОХРОМДЫ БАЛҚЫТУ КЕЗІНДЕГІ ГАЗ ТАЗАРТҚЫШТЫҢ ХРОМДЫ ШАҢЫ МЕН ШЛАМЫН ӨҢДЕУ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ

ДЖУНДИБАЕВ М.К.* , МЫРЗАҒАЛИЕВ А.А. 

*Джундибаев Маулен Кайрекенович - техника ғылымдарының магистрі, инженер-технолог «ERG ғылыми-зерттеу инжинирингтік орталығы» ЖШС, Ақтөбе қ., Қазақстан,

E-mail: Maulen.Jundibayev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0007-2915-378X>

Мырзағалиев Айбар Асқарұлы - техника ғылымдарының магистрі, бас инженер «ERG ғылыми-зерттеу инжинирингтік орталығы» ЖШС, Ақтөбе қ., Қазақстан,

E-mail: Aibar.Myrzagaliev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0009-1749-5154>

Аңдатпа. Мақалада металлургиялық кәсіпорындарда пайда болатын негізгі техногендік қалдықтардың түрлері қарастырылған. Шлак, аспирациялық шан және шламның пайда болу жолдары сипатталған.

Феррокорытпа кәсіпорындарында қалдықтарды қолдана отырып дайын өнімді балқытудың технологиялық процесін қиындататын себептер көрсетілген. Феррохромды балқыту кезінде одан әрі қолдану үшін қалдықтарды түйіршіктеу әдістері қарастырылады. Зертханалық жағдайда түйіршіктеудің үш негізгі әдісі сыналды: экструзия, түйіршіктеу және діріл брикеті. Феррокорытпа өндірісінің техногендік қалдықтарын экструдтау әдісінің мәні сипатталған. Жұмыста зерттелетін материалдар ретінде феррохром өндірісінің аспирациялық шаны мен газ тазарту шламы пайдаланылды. Байланыстырғыш ретінде модификацияланған лигносульфонат негізіндегі материал қолданылды. Түйіршіктеу әдісіне байланысты алынған материалдардың брәкстер, түйіршіктер және брикеттер бейнеленген. Дайын түйіршіктелген материалдар беріктігін сынау үшін алдын-ала кептіру пешінде 120°C температурада ылғал толығымен жойылғанға дейін кептірілді. Түйіршіктелген шикізаттың сығымдау, 2 м биіктіктен лақтыру және барабанда соққы беріктігінің беріктік сипаттамаларының нәтижелері графикалық түрде бейнеленген. Салыстырмалы талдау жүргізе отырып, түйіршіктеу әдістеріне байланысты түйіршіктелген шикізаттың беріктік сипаттамаларының көрсеткіштері анықталды. Алынған дайын түйіршіктелген материалдар беріктік сипаттамалары бойынша жоғары көрсеткіштерге ие.

Түйін сөздер: кен шаңы, шлам, түйіршіктеу, брәкстер, түйіршіктер, брикеттер.

REVIEW OF THE METHODS OF CAKING CHROMIUM-CONTAINING DUSTS AND SLUDGE FROM GAS CLEANERS DURING FERROCHROME SMELTING

JUNDIBAYEV M.K.* , MYRZAGALIYEVA.A. 

***Jundibayev Maulen Kairekenovich** - master of technical sciences, process engineer «ERG Research and Engineering Center» LLP, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: Maulen.Jundibayev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0007-2915-378X>

Myrzagaliyev Aibar Askaruli - master of technical sciences, chief engineer «ERG Research and Engineering Center» LLP, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: Aibar.Myrzagaliyev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0009-1749-5154>

Abstract. The article considers the types of the main man-made waste generated at metallurgical enterprises. The ways of waste formation in the form of slag, aspiration dust and sludge are described. The reasons why the use of waste at ferroalloy enterprises complicates the technological process of smelting finished products are indicated. The methods of waste calcination for further use in ferrochrome smelting are considered. Three main methods of pelletizing were tested in the laboratory: extrusion, pelletizing and vibrobriquetting. The essence of the method of cupping technogenic waste from ferroalloy production by extrusion is described. Aspiration dusts and sludge from ferrochrome gas cleaners were used as the materials under study. A material based on modified lignosulfonate was used as a binder. The types of materials obtained are shown depending on the method of caking - braces, pellets and briquettes. The finished coated materials were dried in a drying oven at a temperature of 120°C before strength testing until moisture was completely removed. Graphically, the results of the strength characteristics of the pelletized raw materials for compression, discharge from a height of 2 m and impact strength on the drum are shown. The indicators of the strength characteristics of the pelletized raw materials are determined depending on the methods of pelletizing with their comparative analysis. The resulting finished coated materials have high strength characteristics.

Key words: ore dust, sludge, caking, braces, pellets, briquettes.