

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 1 (2024)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**

выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/KBNH3045>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,210

Импакт-фактор КазБЦ – 0,406

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомолов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажибоева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Baigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

<https://doi.org/10.48081/MGFW7056>

***С. А. Лайхан, Н. А. Улмаганбетов, М. С. Досекенов, М. С. Алмагамбетов**

ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG»,

Республика Казахстан, г. Актобе

*e-mail: salamat.laikhan.@erg.kz

СПОСОБЫ ОКУСКОВАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ХРОМОВОГО СЫРЬЯ КЕМПИРСАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО РЕАГЕНТА

В данной статье описаны существующие способы окускования рудного сырья. Рассмотрены их основные методы и механизмы. Подробно описаны технологии формирования брикетов и брэксов. В работе в качестве исследуемых материалов использованы мелкодисперсное хромовое сырьё Кемпирсайского месторождения. Материал представляет собой сыпучее вещество, получаемое после сушки хромовой руды. Приведены химический и гранулометрический состав мелкодисперсного хромового сырья. Связующим материалом выступает органическое вещество, твердый и аморфный материал полиакриламид. Который представляющий собой полимер на основе амида акриловой кислоты, без запаха, порошок крупностью менее 1 мм. Был сделан сравнительный анализ и отличия между способами окускования. Расписаны методика проведения окускования, а также получены результаты лабораторных исследований по окускованию. Брикет и брэксы были испытаны на сброс, на установке по определению прочности на сбрасывание, на удар и истирание. Приведены результаты испытания брикетов и брэксов на прочность, которые представлены на графике. Оценены качественные показатели полученных окускованных продуктов и устойчивости к транспортировке и многочисленным пересыпкам. Подобрана рецептура оптимального состава смеси для окускования. Определены факторы, влияющие на качество брикетов и брэксов.

Ключевые слова: полиакриламид, хроморудное сырьё, брикетирование, окускование, полусухое формование, брэксы, экструзия.

Введение

В металлургической практике максимальное распространение получили три метода окускования мелкодисперсных материалов: первый это агломерация, второй это грануляция и третий это брикетирование. Главной задачей процесс окускования считается производство качественного окускованного продукта, имеющий прочностью для транспортировки и загрузки в плавильный агрегат, обеспечение достаточной

газопроницаемости слоя шихты, а также снижение пылевыноса при пирометаллургическом переделе.

Методы окускования делятся на две группы: холодные и высокотемпературные. К высокотемпературным методам относится процесс агломерация, а группу холодных методов окускования составляют брикетирование, экструдирование с получением экструзионных брикетов (далее брэксов) и безобжиговое окомкование. В этих случаях необходимая прочность брикетов обеспечивается введением в состав окусковываемого материала связующих веществ.

В данной момент металлургической промышленности увеличивается доля вовлекаемых в основной передел мелкодисперсных рудных материалов и концентратов, которые представляют собой продукты глубокого обогащения, оборотные материалы, техногенные отходы, ранее не вовлекавшиеся в переработку. Необходимость использования данных материалов объясняется количественным содержанием в них ценных компонентов и ухудшение сырьевой базы по мере выработки месторождений. Традиционные методы окускования сырья агломерацией и окатыванием во многом исчерпали свои резервы и возможности. Поэтому научные разработки, направленные на обеспечение металлургического производства первородной высококачественной шихтой, представляются весьма актуальными, а направление развития производства брикетов – перспективным [1].

Подача материалов в компактном виде в металлургический агрегат предотвращает его вынос с отходящими газами, а в случае восстановительной плавки обеспечивает газопроницаемость столба шихтовых материалов. Кроме того, брикетирование сокращает потери материала при транспортировке [10].

Процесс брикетирования состоит из несколько преимуществ [2; 4; 5]:

- это прочность и транспортабельность брикетов;
- брикеты имеют правильную форму и вес;
- брикеты имеют более высоким удельным весом, концентрируют в минимуме объема максимум полезных компонентов;
- возможность получения комплексных брикетов, состоящих из нескольких компонентов шихты в различных пропорциях;

В металлургической отрасли при брикетировании мелкофракционных материалов применяются разнообразные конструкции брикет-прессов: штемпельные, ленточные, столовые, кольцевые [2; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11]. В настоящий момент в металлургической промышленности наибольшее распространение получило брикетирование в валковых брикет-прессах, вследствие наличия у них ряда преимуществ относительно прессов других конструкций [4], такие как: непрерывность процесса, высокая производительность, простота в управлении, отсутствие динамических нагрузок, сравнительно малый износ рабочих поверхностей и невысокий расход энергии. Ведущими фирмами, специализирующимися в области разработок и серийного производства валковых прессов, являются: «K. R. Komarek, Inc.» (США), «Körpern» (Германия), «Sahut-Compreg» (Франция), «Спайдермаш» (Россия).

Для каждого процесса брикетирования существует своя специфика подготовки мелкофракционных материалов, заключающаяся в количестве и последовательности операций. Подготовка сырья к брикетированию представляет собой сочетание механических и теплотехнических процессов. Технологический процесс брикетирования состоит из:

- подготовки сырья к брикетированию (дробление, сушка, дозировка и смешивание компонентов);

- прессования брикетной шихты;
- операция обработки брикетов в целях отделения мелочи и упрочнения.

К связующим материалам предъявляется ряд требований. Во-первых, связующий при брикетировании должно обеспечивать необходимые прочностные свойства брикета как в холодном состоянии, так и при температуре металлургического процесса. Одновременно связующий материал не должен вносить вредных и балластных примесей в материал.

Брикетирование мелкодисперсных материалов с использованием связующих веществ, в отличие от брикетирования без их применения, позволяет получать качественные брикеты практически из любых материалов при относительно низких давлениях прессования [11]. К связующим веществам предъявляются специфические требования [2; 6; 7; 8; 12; 13]:

- высокая поверхностная активность и хорошее смачивание поверхности брикетируемого материала;
- наличие пластических свойств;
- устойчивость к атмосферным осадкам, температуре, окислению атмосферным кислородом;
- отсутствие веществ, загрязняющих готовую продукцию;
- высокая скорость отвердения;
- отсутствие возникновения в отвердевшем связующем высоких внутренних напряжений, способных к разрушению клеевого соединения;
- отсутствие летучих соединений, токсически воздействующих на организм человека;
- дешевизна и доступность;
- легкость применения;
- стойкость при хранении и транспортировке;

Если до недавнего времени в черной металлургии широко использовались неорганические связующие типа цемента или бентонита, то в настоящее время набирают популярность полимерные органические связующие, которые могут частично или полностью заменить неорганические [14; 15; 16; 17]. Как правило, полимерные связующие разлагаются при высоких температурах без выделения опасных продуктов распада и полностью улетучиваются.

Цель работы – исследование применимости полимерного реагента полиакриламид при окусковании мелкодисперсного хромового сырья в качестве связующего материала. Разработка технологии окускования для переработки в различных металлургических агрегатах, а также выбор рационального расхода связующего для снижения затрат. В качестве основных методов окускования были выбраны брикетирование на гидравлическом прессе (модель-валкового пресса) и экструзия.

Материалы и методы

В качестве материала для окускования использовалось мелкодисперсное хромовое сырьё Кемпирсайского месторождения. Химический состав образца представлен в таблице 1, использованного материала определяли тетраметрическими методами с переведёнными в раствор исследуемыми материалами. Материал представляет собой сыпучее вещество, получаемое после сушки хромовой руды. Гранулометрический состав образца представлен в таблице 2. Этот материал представляет ценность как хромородное сырьё, так как содержание оксида хрома в нём составляет порядка 43-49 %. В

промышленности такое сырьё в основной массе окусковывается и применяется в качестве добавки в шихту при плавке ферросплавов [17;18; 19].

Таблица 1 – Химический состав мелкодисперсного хромового сырья из Кемпирсайского месторождения №1

Влага	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	C	S	P	ППП
0,34	48,81	7,80	0,51	19,71	7,13	12,24	0,49	0,024	0,002	3,793

Таблица 2 – Гранулометрический состав материала

Рассев в лабораторных условиях, масс. %			
-0,2+0,1 мм	-0,1+0,071 мм	-0,071+0,040 мм	-0,040 мм
1,15	1,89	21,47	75,48

В качестве связующего было выбрано органическое вещество полиакриламид (далее ПАА) представляющий собой полимер на основе амида акриловой кислоты. ПАА - твердое, аморфное кристаллическое вещество, белое или частично прозрачное, без запаха, порошок крупностью менее 1 мм. Растворяется в воде, глицерине, этиленгликоле, ледяной уксусной кислоте; набухает в пропионовой кислоте, диметилсульфоксиде и пропиленгликоле.

Хромовое сырьё было предварительно высушено в сушильном шкафу до постоянной массы. Взвешивание материалов производили на электронных весах KERN EW 3000 – 2М.

Сырые смеси для брикетирования и экструдирования подготавливали по единой методике. Для смешивания использовалась лабораторная однолопастная смесительная машина с регулируемой скоростью вращения лопасти. Смешение материалов в ней производится в горизонтальной плоскости с концентрическим движением оси вращающейся лопасти. Сухое перемешивание на смесителе осуществляли в течение 10 минут. Для придания склеивающих качеств ПАА требуется добавка воды, что приводит к его растворению и хорошему объёмному распределению. В сухую смесь добавляли воду и перемешивали до получения однородного состояния смеси. Для формования брикетов использовался гидравлический лабораторный пресс ИП-1000 и стальная форма с цилиндрическим отверстием диаметром 30 мм. Расход связующего материала выбирался в соответствии с инструкцией по применению, а также на основе литературных и экспериментальных данных [14-17]. Усилие формования брикетов составляло 7 кН/см². В таблице 3 представлено соотношение компонентов брикетов.

Таблица 3 – Состав опытных брикетов

Вариант	Связующее, масс. %	Влага сверх сухой массы, масс. %
Брикет 1	3	5
Брикет 2	2	6
Брикет 3	1	6
Брикет 4	3	4
Брикет 5	2	4

Полученные брикеты представляли собой цилиндры диаметром 30 мм высотой 30 мм, весом по 60 г. Сушку брикетов производили в различных условиях. Для каждого

вида сушки использовали по три брикета. Сушка в естественных условиях проходила при температуре 20 °С в течение 2 суток. Принудительная сушка осуществлялась в сушильном шкафу Nabertherm TR 420 работающем в режиме объёмной сушки горячим воздухом. Сушку в шкафу осуществляли при температуре 120 °С в течение 180 минут. Внешний вид брикетов представлен на рисунке 1.

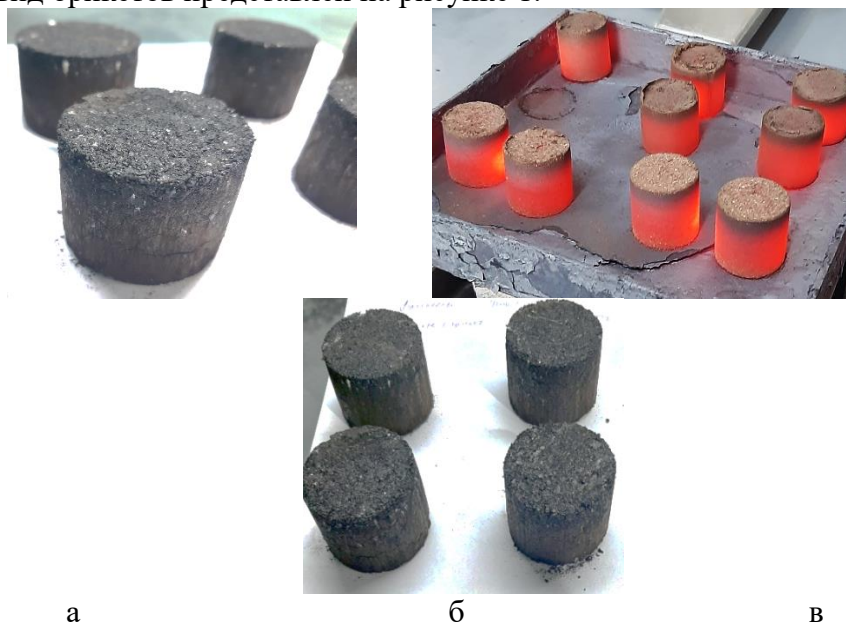


Рисунок 1 – Внешний вид брикетов.
а – сырые брикеты; б – горячие брикеты; в – высушенные брикеты

Для экструзии смеси использовали шнековый гранулятор модели ФШ-004РК02, на который предварительно установили фильеру с одним формовочным каналом круглого сечения диаметром 16 мм. В процессе экструдирования при выходе из фильеры брэксы надламывали вручную на куски длиной 60–70 мм (рис.1), весом 80–90 г. В таблице 4 представлено соотношение компонентов сырых брэксов.

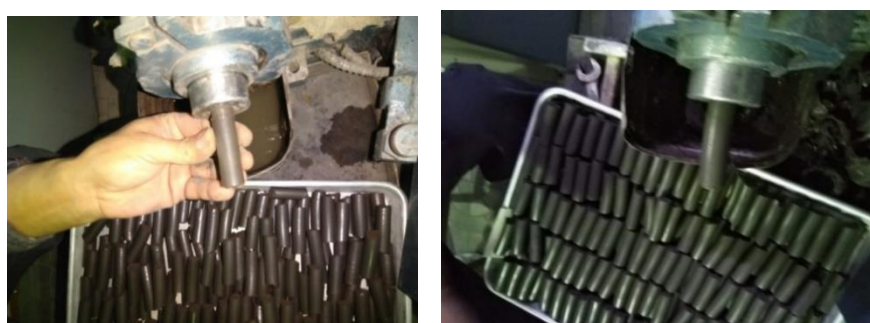


Рисунок 2 – Экструзия на шнековом грануляторе

Таблица 4 – Состав опытных брэксов

Вариант	Связующее, масс. %	Влага сверх сухой массы, масс. %
Брэкс 1	3	10
Брэкс 2	3	12
Брэкс 3	2	10
Брэкс 4	2	12

Брэкс 5	1	12
Брэкс 6	0,5	12

Полученные брэкссы укладывали в металлические поддоны, затем часть из них сушили в естественных условиях при температуре 20 °С с замером их прочности по истечении 1 и 4 суток. Остальную часть брэкссов подвергали принудительной сушке в аналогичных условиях что и брикеты.

Часть брикетов после принудительной сушки подвергали испытанию на определение горячей прочности. Высушенные брикеты помещали в нагретую до 1000 °С муфельную печь и выдерживали в ней для максимально полного прогрева брикетов в объёме. По истечении 30 минут брикеты извлекали и в горячем виде проверяли прочность на сжатие,

Замер прочности производили на автоматическом испытательном прессе RB-1000, ИП-1000 и на установке по определению прочности на сбрасывание (рис.3). Усилие сжатия при испытании на прочность прикладывалось в радиальном направлении брикета/брэкса перпендикулярно усилию его формования. Пунсон испытательного пресса представляет собой стальной пруток диаметром 20 мм.



а

б

в

Рисунок 3 – Гидравлический пресс: а – ИП-1000, б – RB-1000, в – установка по определению прочности на сбрасывание

Брикеты и брэкссы были испытаны на сброс, удар и истирание. Для определения прочности на удар и истирание использовали барабанный истиратель типа - АП50Б ЗМТ УЗ (ГОСТ 15137-77). Количество материала для определения прочности на удар и истирание составляет не менее 15 кг. Материал загружается в барабан, после закрывания крышки барабан вращается в количестве 200 оборотов.

Для определения прочности на сбрасывание использовали установку по определению прочности на сбрасывание (ГОСТ 25471-82), в соответствии с которыми партии брикетов и брэкссов сбрасывают на металлическую поверхность с высоты 2000 мм и определяют выход образовавшейся мелочи (класс крупности менее 5 мм). Процесс сбрасывания происходит три раза. Считается, что брикеты и брэкссы удовлетворяют требованиям по прочности на сбрасывание, если состав образующейся

мелочи не превышает 10 или 15%. Это указывает, что транспортировка огромных брикетов и брэксов может быть обеспечена лишь в условиях логистики, исключающей неоднократные сбрасывания.

Результаты и обсуждение

Результаты испытания брикетов на прочность представлены на графике рисунка 4.

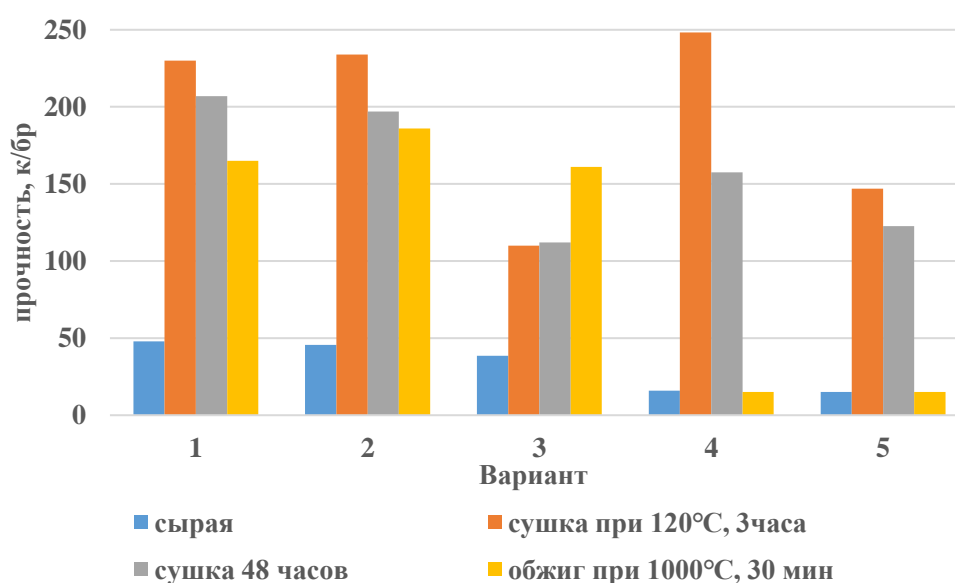


Рисунок 4 – Результаты испытания прочностных характеристик брикетов

Наибольшую прочность на сжатие показывают брикеты №4 после принудительной сушки при температуре 120 °С с выдержкой в течение 3 часов с содержанием связующего материала 3 %. Наиболее высокий показатель сырой прочности в 50 кгс/брикет показывают вариант брикета № 1 с содержанием связующего также 3 %. За исключением образцов № 4 и № 5, горячая прочность остальных брикетов сопоставима. Исходя из графика рисунка 3 из всех вариантов брикета можно принять, что наиболее оптимальный по всем прочностным характеристикам является вариант брикета №2, так как все показатели прочности выше других составов брикета.

На рисунке 5 представлены результаты замера прочности брэксов.

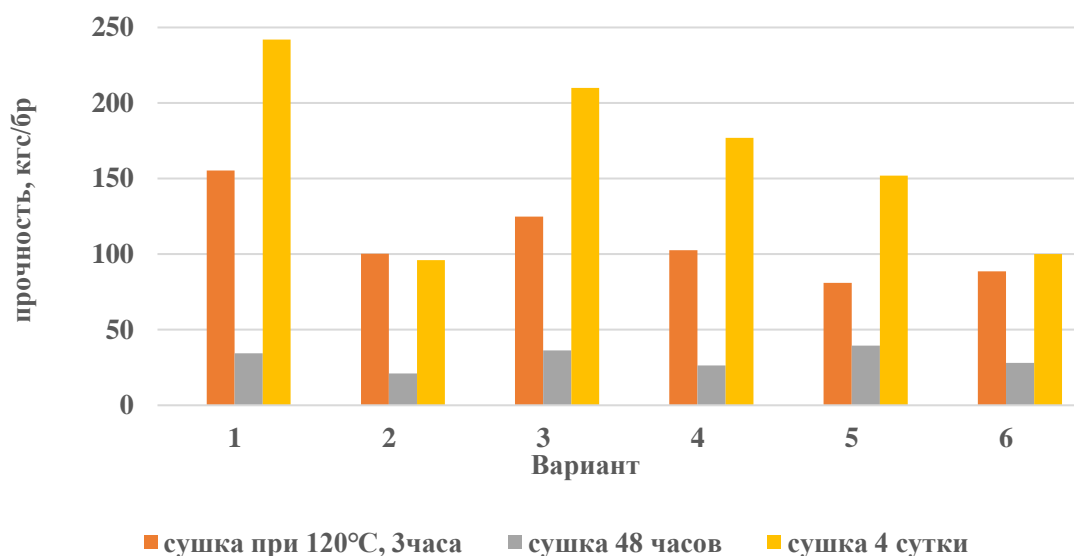


Рисунок 5 – Результаты испытания прочностных характеристик брэксов

Прочность сырых брэксов не достигла значений 20 кгс/брэкс. Наибольшей прочностью обладают брэксы после естественной сушки в течение 4 суток, достигнута прочность в 242 кгс/брэкс. Брэксы после принудительной сушки при 120°C в течение 3 часов так же показывают высокую прочность на сжатие, до 155 кг/брэкс. Для определения прочности на удар и истирание (ГОСТ 15137-77) и на сброс (ГОСТ 25471-82) выбрали варианты брикетов №1 и №2, а брэксов №5 и №6. Выбор вариантов брикетов для определения прочности был обусловлен тем, что данные варианты имеют наибольшие показатели прочности. Что касается брэксов, то они были выбраны с точки зрения уменьшения затрат на связующий материал. Результаты испытания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Прочность на удар и на истирание

Вариант	Прочность, кгс/бр		Прочность сухого продукта на 3-х разовый Сброс с высоты 2000 мм, %	
	на удар	на истирание	>5	<5
Брикет 1	96,1	3,9	98,85	1,15
Брикет 2	92,33	7,67	96,54	3,46
Брэкс 5	95,8	2,3	97,33	2,66
Брэкс 6	42,4	45,3	93,19	6,81

Как видно из таблицы 5 брикеты прочнее брэксов в среднем на 25 % 18,02 % и 2,4 % по показателям прочности на удар, истирание и сброс соответственно. Но необходимо отметить, что расход связующего материала в брикетах на 1 и 2 % больше в отличие от брэксов.

Выводы

На основании проведенных лабораторных исследований по окускованию, можно сделать следующие выводы: при использовании в качестве связующего материала полиакриламида брикеты и брэксы продемонстрировали относительно высокую прочность. В случае брикетирования мелкодисперсного хромового сырья добавка полиакриламида в количестве до 3 % достаточно для получения брикетов с высокой прочностью. При получении экструдированных брикетов (брэксов) высокая прочность достигается путем добавления полиакриламида в количестве до 1 %. На основании анализов лабораторных исследований установлено, что:

Механическая прочность брикетов и брэксов необходимая для транспортировки и многочисленных пересыпок в этом случае достигается путем принудительной сушки и вылеживания в естественных условиях в течение 2–4 суток. Что касается выбора типа окускования с точки зрения устойчивости к транспортировке и многочисленных пересыпок, производство брикетов предпочтительнее чем брэксов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Плотников, В. В.** «Анализ способов получения железосодержащих брикетов из природного и техногенного сырья» // В. В. Плотников, О. В. Бабаевская // Горный вестник.– 2019. – Вып. 105. – С. 39–42.

2 **Данилова, Ю. С., Перистый, М. М.** Производство железорудных брикетов – перспективный способ подготовки металлургических отходов // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів / Збірка доповідей XXI Всеукраїнської наукової конференції аспірантів і студентів. Т.1. – Донецьк : ДонНТУ, ДонНУ. – 2011. – С. 67–68.

3 **Ожогин, В. В., Томаш, А. А., Ковалевский И. А.** Брикетирование как полноправный метод окускования металлургического сырья // Металлургические процессы и оборудование. – 2005. – № 2. – С. 54–58.

4 **Ожогин, В.** Основы теории и технологии измельченного металлургического сырья. – Мариуполь : ПГТУ, 2010. – 442 с.

5 **Елишевич, А. Т.** Брикетирование полезных ископаемых. – Одесса : Лидыбь, 1990. – 296с.

6 **Равич, Б. М.** Брикетирование в цветной и черной металлургии. – М. : Металлургия, 1975. – 232с.

7 **Равич, Б. М.** Брикетирование руд. М. : Недра. – 1982. – 183с.

8 **Ушаков, К. И., Фельман, Р. И., Садыков, В. И.** Брикетирование в цветной металлургии // Обзорная информация института ЦНИИ цветмет экономики и информации. – 1979. – № 11. – 83 с.

9 **Носков В. А., Баюл, К. В.** Обзор исследований процесса брикетирования мелкофракционных материалов в валковых прессах. Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. // Сб. научн. трудов ИЧМ НАН Украины. – 2005. – №11. – С. 289–293.

10 **Аксенова, В. В., Алимбаев, С. А., Павлов, А. В., Мустафин, Р. М.** «Брикетирование пористых глиноземсодержащих материалов на органических связующих» // Металлургические технологии / Metallurgical technologies, Izvestiya. Ferrous Metallurgy. – 2021. – Vol. 64, No. 5, P. 323–329.

11 **Еремин, А. Я., Бабанин, В. И.** Изменение физико-механических свойств смесей мелкозернистых материалов со связующими на стадиях подготовки и

- прессования в процессе брикетирования // Кокс и химия. – 2003. – № 4. – С. 17–
- 12 **Рывкин, И. Ю., Еремин, А. Я., Литвин, Е. М., Бабанин, В. И.** Брикетирование мелкозернистых и тонкодисперсных материалов со связующим // Кокс и химия. – 2000. – № 10 – С. 36–43.
- 13 **Носков, В. А., Маймур, Б. Н., Петренко, В. И., Ващенко С. В., Крюков, В. В., Лебедь, А. Т.** Разработка и исследование связующих добавок для брикетирования отсевов силикомарганца // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии : Сб. научн. тр. – Днепропетровск : ИЧМ НАН Украины. – 2005. – № 10. – С. 321–327.
- 14 **Юленков, Н. С., Муравский, А. А., Литосов, Г. Э. и др.** Свойства композиций полиакриламида и пентанпентаола. В кн. : Наука сегодня: задачи и пути их решения : Материалы Международной научно-практической конференции. 29 мая 2019 г., Вологда. – Вологда : Маркер, 2019. – С. 52–53.
- 15 **Хадыев, Я. А., Антонова, М. В.** Влияние состава связующего на свойства композиционного материала // В кн. : Молодежь и XXI век – 2020 : Материалы X Международной молодежной научной конференции. 19–20 февраля 2020 г., Курск. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 411–413.
- 16 **Zhang G., Sun Y., Xu Y.** Review of briquette binders and briquetting mechanism // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Vol. 82. – P. 477–487.
- 17 **Sunde, M.** Organic binder as a substitute for bentonite in ilmenite palletization : Cand Tech. Sci. Diss. Norway, 2012. – 104 p.
- 18 **Алимбаев, С. А., Алмагамбетов, М. С., Нургали, Н. З., Павлов, А. В.** Применение экструзионных брикетов для выплавки углеродистого феррохрома // Черные металлы. – 2020. № 5. – С. 4–8.
- 19 **Kurunov, I., Bizhanov, A.** Stiff Extrusion Briquetting in Metallurgy. – Springer International Publishing, 2018.

REFERENCES

- 1 **Plotnikov, V. V.** «Analiz sposobov polucheniya zhelezosoderzhashhix briketov iz prirodnogo i texnogenного sy`r`ya» [«Analysis of methods for obtaining iron-containing briquettes from natural and technogenic raw materials»] // V. V. Plotnikov, O. V. Babaevskaya // Mining Bulletin. – 2019. – Issue 105. – P. 39–42.
- 2 **Danilova, Yu. S., Peristy, M. M.** Proizvodstvo zhelezorudny`x briketov – perspektivny`j sposob podgotovki metallurgicheskix otkodov [The production of iron ore briquettes is a promising method for the preparation of metallurgical waste]. Protection of waste and rational recovery of natural resources // Collection of evidence from the XXI All-Ukrainian Scientific Conference of graduate students and students. Vol. 1. – Donetsk : DonNTU, DonNU, 2011. – P. 67–68.
- 3 **Ozhogin, V. V., Tomash, A. A., Kovalevsky, I. A.** Briketirovanie kak polnopravny`j metod okuskovaniya metallurgicheskogo sy`r`ya [Briquetting as a full-fledged method of agglomeration of metallurgical raw materials] // Metallurgical processes and equipment. – 2005. – No. 2. – P. 54–58.

4 **Ozhogin, V. V.** Osnovy` teorii i texnologii izmel`chennogo metallurgicheskogo sy`r`ya [Fundamentals of the theory and technology of crushed metallurgical raw materials]. – Mariupol : PSTU. – 2010. – 442 p.

5 **Elishevich, A. T.** Briketirovanie polezny`x iskopaemy`x [Briquetting of minerals]. Odessa : Lidyb, 1990. – 296 p.

6 **Ravich, B. M.** Briketirovanie v czvetnoj i chernoj metallurgii [Briquetting in non-ferrous and ferrous metallurgy]. – Moscow : Metallurgy, 1975. – 232p.

7 **Ravich, B. M.** Briketirovanie rud [Briquetting of ores]. – Moscow : Nedra, 1982. – 183 p.

8 **Ushakov, K. I., Felman, R. I., Sadykov, V. I.** Briketirovanie v czvetnoj metallurgii [Briquetting in color metallurgy] // Overview information of the Institute of Central Scientific Research Institute of Economics and information. – 1979. – No. 11. – 83 p.

9 **Noskov, V. A., Bayul, K. V.** Obzor issledovanij processa briketirovaniya melkofrakcionny`x materialov v valkovy`x pressax. Fundamental`ny`e i prikladny`e problemy` chernoj metallurgii [Briquetting Process Research Review fine fraction materials in roller presses. Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy]. Sat. scientific Proceedings of HMI NAS Ukraine. – 2005. – No. 11. – P. 289–293.

10 **Aksenova, V. V., Alimbaev, S. A., Pavlov, A. V., Mustafin, R. M.** «Briketirovanie poristy`x glinozemsoderzhashhix materialov na organicheskix svyazuyushhix» [«Briquetting of porous alumina-containing materials on organic binders»] // Metallurgical technologies/Metallurgical technologies, Izvestiya. Ferrous Metallurgy. – 2021. – Vol. 64. – No. 5, P. 323–329.

11 **Eremin, A. Ya., Babanin, V. I.** Briketirovanie melkozernisty`x i tonkodispersny`x materialov so svyazuyushhim [Change in physical and mechanical properties mixtures of fine-grained materials with binders at the stages of preparation and pressing during briquetting] // Coke and chemistry. – 2003. – No. 4. – P. 17

12 **Ryvkina, I. Yu., Eremin, A. Ya., Litvin, E. M., Babanin, V. I.** Briketirovanie melkozernisty`x i tonkodispersny`x materialov so svyazuyushhim [Briquetting fine-grained and finely dispersed materials with a binder] // Coke and Chemistry. – 2000. – No. 10 – P. 36–43

13 **Noskov, V. A., Maimur, B. N., Petrenko, V. I., Vashchenko, S. V., Kryukov, V. V., Lebed, A. T.** Razrabotka i issledovanie svyazuyushhix dobavok dlya briketirovaniya otsevo silikomargancza [Development and research of binding additives for briquetting screenings of silicomanganese] // Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy : Sat. scientific tr. – Dnepropetrovsk : HMI NAS of Ukraine. – 2005. – No. 10. – P. 321–327.

14 **Yulenkova, N. S., Muravskii, A. A., Litosov, G. E. and other.** Svoystva kompozicij poliakrilamida i pentanpentaola [Properties of compositions of polyacrylamide and pentanpentaol]. // In: Science Today: Tasks and Ways to Solve Them: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. May 29, 2019, Vologda. – Vologda : Marker, 2019, P. 52–53.

15 **Khadiev, Ya. A., Antonova, M. V.** Vliyanie sostava svyazuyushhego na svoystva kompozitsionnogo materiala [Influence of the composition of the binder on the properties of the composite material]. // In: Youth and the 21st Century – 2020 : Proceedings of the X International Youth Scientific Conference. February 19–20, 2020, Kursk. – Kursk : Southwestern State University, 2020, P. 411–413.

16 **Zhang, G., Sun, Y., Xu, Y.** Review of briquette binders and briquetting mechanism // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Vol. 82. – P. 477–487.

17 **Sunde, M.** Organic binder as a substitute for bentonite in ilmenite pelletization : Cand Tech. sci. Diss. Norway, 2012. – 104 p.

18 **Alimbaev, S. A., Almagambetov, M. S., Nurgali, N. Z., Pavlov, A. V.** Primenenie e`kstruzionny`x briketov dlya vy`plavki uglerodistogo ferroxroma [The use of extrusion briquettes for the smelting of carbon ferrochrome] // Chernye metally. 2020. no. 5. P. 4–8.

19 Kurunov, I., Bizhanov, A. Stiff Extrusion Briquetting in Metallurgy. Springer International Publishing, 2018.

Поступило в редакцию 19.06.23.

Поступило с исправлениями 19.08.23.

Принято в печать 04.03.24.

***С. А. Лайхан, Н. А. Улмаганбетов, М. С. Досекенов, М. С. Алмагамбетов**
«ERG ғылыми-зерттеу инжинирингтік орталығы» ЖШС,
Қазақстан Республикасы, Ақтөбе қ.
19.06.23 ж. баспаға түсті.
19.08.23 ж. түзетулерімен түсті.
04.03.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ПОЛИМЕРЛІ БАЙЛАНЫСТЫРУШЫ РЕАГЕНТТІ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, КЕМПІРСАЙ КЕН ОРНЫНЫҢ ҰСАҚ ДИСПЕРСТІ ХРОМ ШИКІЗАТЫН КЕСЕКТЕУ ТӘСІЛДЕРІ

Бұл мақалада кен шикізатын өңдеудің қолданыстағы әдістері сипатталған. Олардың негізгі әдістері мен механизмдері қарастырылады. Брикеттер мен брекстерді қалыптастыру технологиялары егжей-тегжейлі сипатталған. Жұмыста зерттелетін материалдар ретінде Кемпірсай кен орнының ұсақ дисперсті хром шикізаты пайдаланылды. Материал-хром кенін кептіргеннен кейін алынған сусымалы зат. Ұсақ дисперсті шикізаттың химиялық және гранулометриялық құрамы келтірілген. Байланыстырушы материал ретінде органикалық зат, қатты және аморфты материал полиакриламид қолданылады. Бұл акрил қышқылының амидіне негізделген полимер, иіссіз, ұнтақ мөлшері 1 мм-ден аз болып келеді. Салыстырмалы талдау жасалды, кесектеу брикеттер мен брекстер арасындағы айырмашылықтар талқыланады. Брикеттер мен брекстер қаттылық қасиетін анықтау үшін, беріктігін анықтауға арналған қондырғыда, арнайы соққыда және барабанда сыналды. Кестеде көрсетілген брикеттер мен

брекстердің беріктігін анықтау нәтижелері келтірілген. Алынған өнімдердің сапалық көрсеткіштері және тасымалдауға төзімділігі және көптеген құймалар бағаланды. Қоспаның оңтайлы құрамының рецепті таңдалады. Брикеттер мен брекстердің сапасына әсер ететін факторлар анықталды.

Кілтті сөздер: Полиакриламид, хром-рудалық шикізат, брикеттеу, кесектеу, жартылай құрғақ қалыптастыру, брекстер, экструзия.

***S. A. Laikhan, N. A. Ulmaganbetov, M. S. Dossekenov, M. S. Almagambetov**

LTD «Research Engineering Center ERG», Republic of Kazakhstan, Aktobe

Received 19.06.23.

Received in revised form 19.08.23.

Accepted for publication 04.03.24.

METHODS FOR GRINDING FINE CHROMIUM RAW MATERIAL FROM THE KEMPIRSAY DEPOSIT WITH THE USE OF A POLYMERIC BINDING REAGENT

This article describes the existing methods of agglomeration of ore raw materials. Their main methods and mechanisms are considered. The technologies for the formation of briquettes and bres are described in detail. In the work, finely dispersed chromium raw materials from the Kempirsai deposit were used as the materials under study. The material is a free-flowing substance obtained after drying chromium ore. The chemical and granulometric composition of finely dispersed chromium raw materials are given. The binder material is organic matter, solid and amorphous material polyacrylamide. Which is a polymer based on acrylic acid amide, odorless, powder with a particle size of less than 1 mm. A comparative analysis and differences between the methods of agglomeration were made. The procedure for carrying out agglomeration is described, and the results of laboratory studies on agglomeration are also obtained. The briquettes and bres were tested for drop, drop, impact and abrasion strength. The results of testing briquettes and bres for strength are given, which are presented on the graph. Qualitative indicators of the obtained agglomerated products and resistance to transportation and numerous transfers were evaluated. The recipe for the optimal composition of the mixture for agglomeration has been selected. The factors influencing the quality of briquettes and bres are determined.

Keywords: Polyacrylamide, chrome raw materials, briquetting, agglomeration, semi-dry molding, bres, extrusion.

Теруге 18.03.24 ж. жіберілді. Басуға 29.03.24 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Мб RAM

Шартты баспа табағы 14,79. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4203

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

e-mail: nitk.tou.edu.kz

www.stk.tou.edu.kz