

УДК 622.788

Ожогин В.В.¹, Кипчарская О.Н.², Таранина Е.В.³

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗВЕСТИ ИЗ МЕЛОВОЙ КРОШКИ

Исследованы условия и выявлены закономерности получения извести из меловой крошки путём её подготовки, брикетирования и обжига.

Ключевые слова: меловая крошка, подготовка, связующее, брикетирование, обжиг

Ожогін В.В., Кипчарська О.М., Таранина Е.В. Отримання вапна з крейдової крихти. Досліджено умови і виявлені закономірності одержання вапна з крейдової крихти шляхом її підготовки, брикетування і випалу.

Ключові слова: крейдова крихта, підготовка, зв'язуюче, брикетування, випал

V.V. Ozhogin, O.N. Kipcharskaya, Taranina E.V. Receipt lime from chalky crumb. Investigation condition and to manifest legitimate of strong lime from chalky crumb briquettes and calcinations.

Key words: Chalky crumb, preparation, ligament, briquettes, calcinations.

Постановка проблемы. Экономное расходование сырьевых ресурсов и утилизация отходов, образующихся при производстве продукции, является важным направлением совершенствования металлургического производства. Внедрение ресурсосберегающих технологий также способствует улучшению экологии регионов с горнодобывающей промышленностью. [1]. В полной мере это относится и к отходам добычи мела, образующимся в значительном количестве при его добыче.

Анализ последних исследований и публикаций. Меловая крошка фракции –10 мм, составляющая более 30 % от общей добычи, не находит широкого применения и складывается в отвалах, пыление которых ухудшает экологическую обстановку в добывающих регионах. Литературный поиск позволил установить, что за рубежом в настоящее время известно более 60 способов брикетирования отходов флюсующих материалов, однако информация по опытному или промышленному использованию отсева мела крайне редка [2, 3]. Известны лишь разовые, в целом положительные опыты по выявлению возможности использования меловой крошки взамен известняка при производстве агломерата на Алчевском меткомбинате, да брикетирование школьных мелков на органической связке, обеспечивающей мелу высокую истираемость и удовлетворительную прочность на излом [4].

Вместе с тем в литературе СНГ имеются сведения о принципиальной возможности получения кусковой извести путём её брикетирования под давлением 30 МПа с последующим обжигом при 1050-10150 °С [5]. Попытка воспроизводства данного способа в лабораторных условиях не позволили получить удовлетворительные результаты, поскольку брикеты получаются недостаточно прочными и активно разрушаются при перегрузках и в обжиговых печах (шахтных и вращающихся).

Цель статьи – определение оптимальных параметров брикетирования меловой крошки для получения механически прочных брикетов, достаточных для эффективного обжига в печах.

Изложение основного материала. Решение задачи получения прочных меловых брикетов осуществляют в следующем порядке. Вначале устанавливают требования к брикетам по механической прочности, определяют свойства и возможности исходного сырья. Далее выявляют комплекс факторов, порядок реализации (ранжирование), обеспечивающие брикетам заданные свойства и определяют их влияние на прочность. Факторы ранжируют по степени сложности их реализации и вводят в действие поочередно до тех пор, пока прочность брикетов не достигнет заданного уровня. На основе полученных результатов разрабатывают искомый способ.

¹ канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² ассистент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

³ ст. преподаватель, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

Браковочные пределы механической прочности брикетов представлены в табл. 1. Исходным сырьём для получения брикетов служит меловая крошка фракции –10 мм, см. рис. 1.

Таблица 1

Требования к меловым брикетам по механической прочности

Материал	Размер, мм	Пористость, %	Сопротивление сухого материала			
			удару		сжатию, МПа	истиранию, %
			число падений с $h = 2$ м	выход годного, %		
Меловой брикет	30-60	<45	5	>88,0	>11,4	-
Кусковый мел	30-60	45-55	5	90,2-92,4	12,5	-



а



б

Рис. 1 – Внешний вид кускового мела (а) и лабораторных брикетов из меловой крошки (б)

Мел представляет собой тонкозернистый, слабоцементированный мягкий белый известняк, состоящий из обломков и целых кальцитовых скелетов микроорганизмов. Плотность мела 2700-2720 кг/м³; объёмная масса скелета 1420-1560 кг/м³; пористость 45-50 %; естественная влажность 30-33 %; сопротивление сжатию влажного мела 1-2 МПа, сухого 4-5 МПа [6]. Важным отличием мела от известняка является то, что он при обжиге увеличивает прочность, тогда как прочность известняка снижается [7, 8]. Другими составляющими флюсовых брикетов, используемыми в качестве дополнительных компонентов и связующих, могут являться известь, пыль газоочисток обжиговых печей и отсеви извести, химический состав и рассев которой представлен в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Химический состав сырья, используемого для производства меловых брикетов.

Материал	Химический состав, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	S	Щёлочи	п.п.п.
Меловая крошка	<1,81	н.св.	0,25	54,5	0,06	н.св.	>43	
Отсев извести	2,91	0,88	1,97	86,14	1,60	0,09	н.св.	4,9

Таблица 3

Фракционный состав исходного сырья, %

Материал	Фракция, мм						
	>30	30-10	10-5	5-3	3-1	<1	Итого
Меловая крошка	13-15	15-16	12-13	10	28-29	19-20	100
Известь гашёная	-	-	-	1	10	89	100

Испытание брикетов на прочность производят на раздавливание и 5-кратное сбрасывание с высоты 2 м на стальную плиту, причём сбрасывание более опасно для брикетов, т.к. имеет место на всех этапах обработки брикетов, а раздавливание – преимущественно во время обжига в шахтной печи.

Из практики брикетирования известно, что на прочность брикетов при их получении влияет более 60 факторов, из которых с учётом свойств меловой крошки и требований, предъявляемым к меловым брикетам, основными являются 6 факторов, в т.ч. давление прессования,

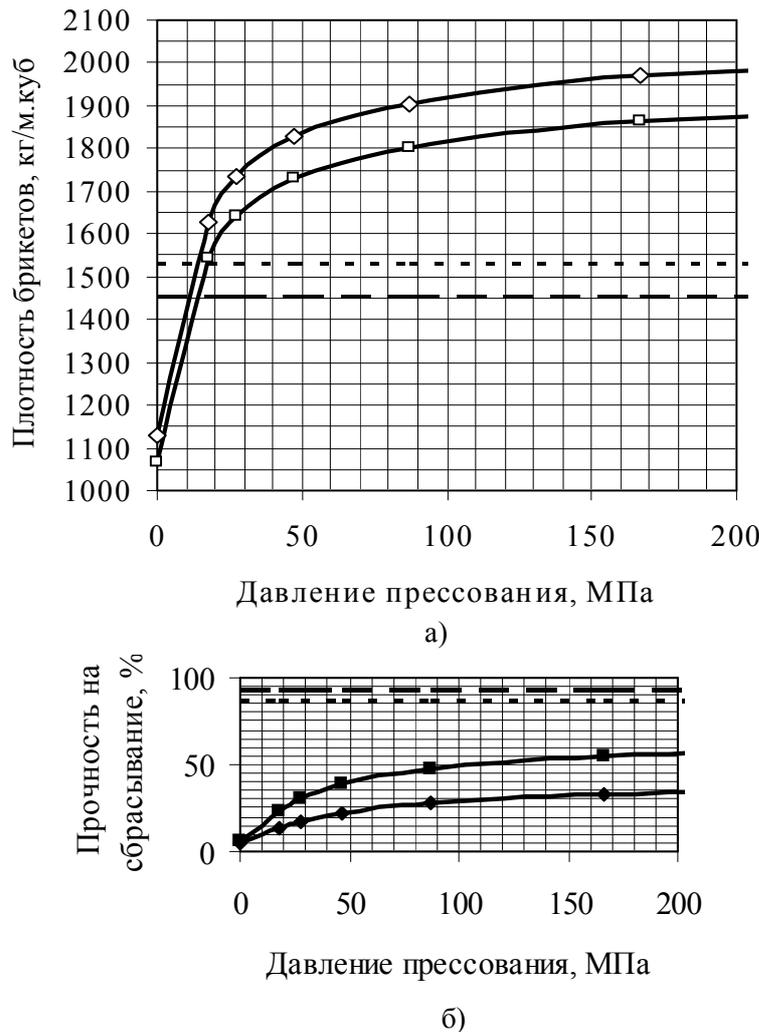


Рис. 2 – Зависимость плотности (а) и прочности на сбрашивание (б) брикетов от давления прессования: \diamond – брикеты влажностью 5,4 %; \square – то же, сухие; - - - - плотность и прочность кускового мела влажностью 5,4 %; — — — — то же, сухого

Принимая во внимание, что наиболее распространённые вальцовые прессы при брикетировании плотных материалов могут развивать давление до 160 МПа, а устойчиво работают на мягком сырье при 50-90 МПа с подпрессовкой, обеспечить нужную прочность брикетов одним давлением прессования без задействования других факторов не представляется возможным. При давлениях прессования более 160 МПа имеет место падение плотности, что объясняется возникновением явления перепрессовки, которое проявляется в упругом расширении брикета. Поэтому для обеспечения удовлетворительных прочностных характеристик брикетов давление прессования необходимо принять на уровне 50 МПа, обеспечиваемом высокую производительность, а также задействовать остальные выбранные факторы, повышающие прочность.

Прочность брикетов определяется силой сцепления их частиц, которая в свою очередь определяется аутогезионными свойствами материала и площадью контакта частиц. Последняя находится в прямо пропорциональной зависимости от размера частиц. Зависимость прочности сухих брикетов от размера частиц для давления 50 МПа и влажности шихты 5,4 % представлена в табл. 4.

Таблица 4

Зависимость ударной прочности сухих брикетов от фракционного состава шихты

Показатель	Ед. изм.	Размер частиц шихты, мм				
		<1	<5	<10	7-10	30
Ударная прочность	%	40,7	52,6	38,9	35,8	50,4
Прочность на раздавливание	МПа	6,5	7,8	6,3	5,9	5,8

фракционный состав и влажность сырья, вид и количество связующего, а также условия сушки брикетов [9].

Давление прессования является главным фактором получения плотных и прочных брикетов. Оно способствует хорошему уплотнению, уменьшению пористости, увеличению прочности вследствие тесного контакта частиц, а также приводит к снижению расхода связующего, см. рис. 2.

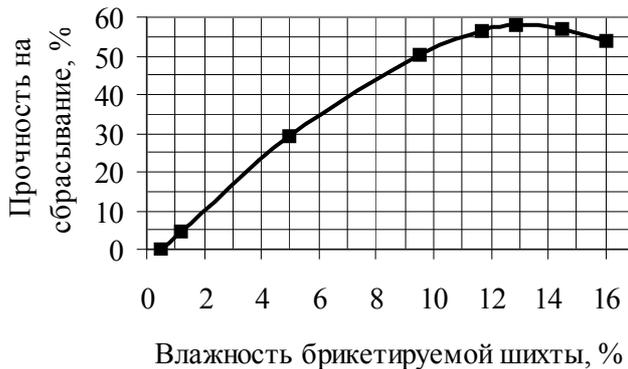
Из рис. 2 следует, что плотность брикетов начинает превышать плотность мела уже при давлении прессования 15-17 МПа, однако их прочность остаётся существенно ниже прочности кускового мела и при высоких давлениях. Высокая ударная прочность мела объясняется тем, что он представляет собой сплошной пористый, достаточно прочный каркас, в котором в точке удара происходит лишь локальное разрушение, поглощающее большую часть разрушающего воздействия. В брикете такой каркас отсутствует, а связи частиц менее прочные, вследствие чего брикет быстро разрушается.

Из табл. 4 следует, что бóльшую ударную прочность имеют брикеты, исходный материал которых состоит из частиц, имеющих размер менее 5 мм. Эти брикеты более прочны, чем изготовленные из меловой крошки других размеров. Доизмельчение крупных фракций шихты повышает прочность брикетов.

Влажность брикетируемого сырья также во многом определяет прочность брикетов. Это объясняется тем, что при прессовании влага играет роль смазки, что увеличивает подвижность частиц и способствует их более плотной упаковке. Кроме того, вода, испаряясь из брикета, вызывает кристаллизацию растворённых в ней веществ, которые прочно соединяют частицы брикета. Избыток воды в брикетах также нежелателен, как и недостаток. В частности, с избытком воды через зазоры пресс-форм удаляется часть дорогостоящего связующего. Оптимальная



а



б

Рис. 3 – Зависимость прочности на сбрасывание (а) и раздавливание (б) сухих брикетов от влажности прессуемой шихты

влажность материалов зависит от многих факторов, в т.ч. свойств шихты, фракционного состава сырья, а также давления прессования. Эмпирическая зависимость прочности брикетов от влажности шихты представлены на рис. 3.

Из рис. 3 следует, что оптимальная влажность, обеспечивающая максимальную плотность сухим брикетам из меловой крошки оптимального фракционного состава, спрессованной под давлением 50 МПа, составляет 12,5 %. При этих условиях брикет получается максимальной прочности. Удачный подбор влажности позволяет повысить ударную прочность брикетов до 30 %.

Для определения влияния связующих на прочность брикетов, изготовленных под давлением 50 МПа из меловой крошки оптимального фракционного состава и влажности 12,5 %, выполнено исследование, результаты которого представлены в табл. 5 и 6.

Таблица 5
 Зависимость плотности и прочности на раздавливание меловых брикетов от добавок связующих

Показатель	Мел кусковый	Добавка связующего, %			
		0	10	20	100
1. Прочность на сбрасывание, %					
- свежизготовленный	86,2	46,1	53,5	69,8	97,0
- сушеный 7 сут при 20 °С	89,0	50,5	65,6	89,5	97,8
- сушеный 0,5 ч при 250 °С	92,4	58,9	72,1	88,6	95,8
2. Прочность на раздавливание, МПа					
- сушеный 7 сут при 20 °С	12,0	8,0	9,2	12,7	17,9
- сушеный 0,5 ч при 250 °С	12,7	5,4	8,8	15,0	25,8

Удовлетворительные результаты обнаруживает незначительная добавка водных растворов жидкого стекла и некоторых солей в количестве 0,5-1,0 %, см. табл. 6.

Таблица 6

Зависимость прочностных характеристик меловых брикетов от некоторых связующих

Показатель	Ед. изм.	Мел кусковой	Количество связующего, % сухого				
			NaCl	MgCl ₂	жидкое стекло		
					1,0	0,5	1,0
Прочность на сбрасывание	%	92,4	87,7	76,3	58,9	91,8	93,6
Прочность на раздавливание	МПа	12,7	11,5	10,9	8,5	11,0	13,7

Способ сушки брикетов во многом определяет прочность брикетов и их стоимость. Известны естественный и интенсивный способы сушки, из которых следует выбрать интенсивный, как не зависящий от внешних условий и обеспечивающий высокую технологичность процесса. Минимальная температура сушки брикетов фракции 30 мм составляет 250 °С, длительность сушки – 0,5 ч.

Использование выявленных факторов позволяет получить сухие брикеты прочностью на сбрасывание 92 % и прочностью на раздавливание 11,5 МПа, что соответствует требованиям, см. табл. 1.

Реакционная активность извести, изготовленной из кускового мела, составляет 3,5 мин, то же, из брикетированной меловой крошки с добавками 10 % известкового связующего – 6 мин, с добавками 0,5 % жидкого стекла – 6,5 мин, с 1,0 % жидкого стекла – 26 мин, извести, изготовленной из известняка, – 10 мин. При этом механическая прочность известковых брикетов выше, чем извести, изготовленной из известняка и комового мела.

Способ получения извести может быть реализован следующим образом, см. рис. 4.

Меловую крошку извлекают из отходов, при необходимости досушивают на открытой площадке до 6 % влажности для предотвращения налипания влажной крошки на рассеивающее

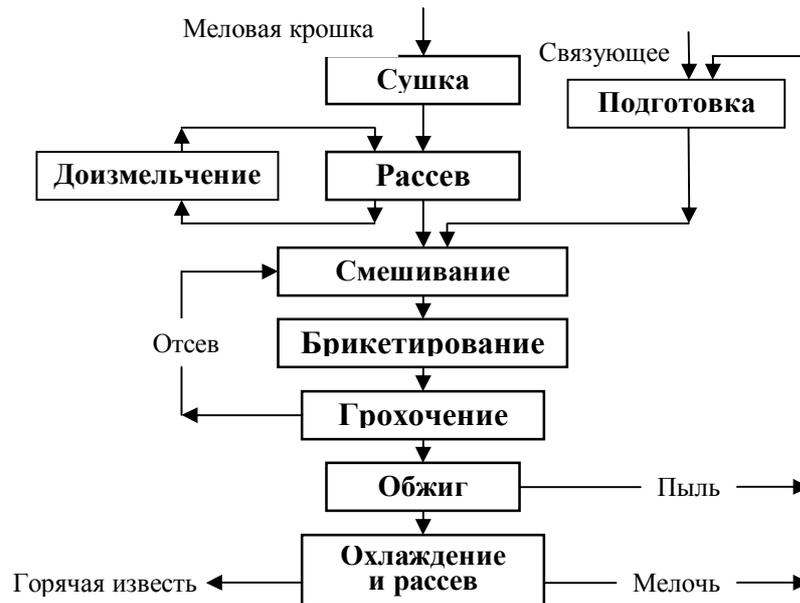


Рисунок 4 – Схема получения извести и меловой крошки

и измельчающее оборудование. Частицы размером более 5 мм отсеивают и измельчают до размера –5 мм и возвращают в процесс. Далее меловую крошку смешивают со связующим – гашёной известью в количестве 15-17 %, либо жидким стеклом в количестве 0,5-1,0 % (в сухой массе), доводят до влажности 12,5 % и прессуют в брикеты фракции 30 мм под давлением 50 МПа. Брикетки сушат в ленточной печи при 250-350 °С в течение 0,5 ч. Полученные брикетки восстанавливают в печи при температуре 1100-1150 °С до получения 96-98 %-ной извести.

Выводы

1. Результаты исследований показывают возможность промышленного получения извести из меловой крошки путём её брикетирования под давлением 50-160 МПа с последующим обжигом

при температуре 1100-1150 °С. В качестве связующего принимают гашёную известь в количестве 15-17 % или жидкое стекло в количестве 0,5-1,0 % в сухой массе. Оптимальная влажность шихты – 12,5 %.

2. Дальнейшие исследования следует вести в направлении поиска эффективных связующих, повышения прочности сырых брикетов, получения новых материалов типа железобетонных, а также использования меловой крошки в качестве заменителя известняка при производстве агломерата.

Список использованных источников:

1. Буторина И.В. Основы устойчивого развития металлургического производства / И.В. Буторина. – Донецк: Каштан, 2005. – 332 с.
2. Эйдельман Л.П. Состояние брикетирования шихтовых материалов в зарубежной чёрной металлургии // Чёрная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». – 1982. – № 1. – С. 28-37.
3. Равич Б.М. Комплексное использование сырья и отходов / Б.М. Равич, В.П. Окладников, В.Н. Лыгач, М.А. Менковский – М.: Химия, 1988. – 288 с.
4. Товарный словарь (В 9 томах) / Гл. ред. И.А. Пугачёв. – М.: Госторгиздат, 1956 // Т. 5. Лента – Мячи спортивные, 1958. – 1094 с.
5. Табунщиков Н.П. Производство извести / Н.П. Табунщиков. – М.: Химия, 1974. – 240 с.
6. Большая Советская Энциклопедия. (В 51 томе). / Гл. ред. С.И. Вавилов, Б.А. Введенский. Изд. 2-е. – М.: Советская Энциклопедия, 1949 // Т. 27. Медузы – Многоножка, 1954. – 664 с.
7. Монастырёв А.В. Печи для производства извести: Справочник / А.В. Монастырёв, А.В. Александров. – М.: Металлургия, 1979. – 232 с.
8. Монастырёв А.В. Производство извести. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1978. – 216 с.
9. Ожогин В.В. Основы теории и технологии брикетирования измельчённых металлургических материалов: Монография / В.В. Ожогин. – Мариуполь, ПГТУ, 2010. – 442 с.

Рецензент Н.Ю. Назюта
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 14.02.2011

УДК 669.162.21

Кравченко В.П.*

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПОЛУЧЕНИЯ КЛИНКЕРА ИЗ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Путем обжига при разных температурных режимах 2-х компонентной сырьевой смеси, состоящей из отходов металлургического производства: отвальные доменные шлаки + «хвосты» известняка, взятых в соотношении 2:3 соответственно, получены пробы клинкера, химанализ которых показал соответствие их химсостава химсоставу стандартного клинкера. Лабораторными испытаниями установлены высокие прочностные показатели всех проб опытного клинкера.

Ключевые слова: Доменные граншлаки, клинкер, известняк, химсостав, прочность.

Кравченко В.П. Результати експериментів виготовлення клінкера з відходів металургійного виробництва. Шляхом обжигу при різних температурних умовах 2-х компонентної сировинної суміші складеної з відходів металургійного виробництва: відвальні доменні шлаки + «хвости» вапняка, взяті у співвідношенні 2:3 відповідно, отримані проби клінкера, хіманаліз яких показав відповідність їх хімсоставу хімсоставу стандартного клінкера. Лабораторними випробуваннями встановлені високі показники міцності усіх проб експериментального клінкера.

Ключові слова: Доменні граншлаки, клинкер, вапняк, хімсостав, міцність.

* інженер, ПАО «ММК Ільича», г. Мариуполь