

СНИЖЕНИЕ ОБЪЁМОВ ВЫБРОСОВ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ЗА СЧЁТ БРИКЕТИРОВАНИЯ ОТХОДОВ

При производстве волокнистой теплоизоляции из минерального расплава количество отходов может достигать 35 %. Их утилизация в шахтной плавке возможна за счёт производства торфо-минеральных брикетов, что позволяет не только снизить объёмы выбросов, но и повысить экономическую эффективность производства. Приведены результаты поиска рациональных условий их получения.

Ключевые слова: брикетирование, утилизация отходов, торф, шахтная плавка, теплоизоляция.

I.S. Bersenev, V.I. Matyukhin

REDUCE EMISSIONS OF PRODUCTION THERMAL INSULATION DUE TO THE BRIQUETTING OF WASTES

The waste amount can reach 35 % in the manufacture of fibrous insulation from mineral melt. Their utilization in shaft furnace possible through the production of peat-mineral briquettes, which allows not only to reduce the amount waste, but also improve production efficiency. The results of the search the optimal conditions of their obtaining was presented.

Key words: briquetting, waste treatment, peat, mine smelting, thermal insulation.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 8 августа 2016 г.

В условиях бурного развития гражданского и промышленного строительства, а также усиления мер по экономии топливно-энергетических ресурсов в России существенно возрастает потребность в тепловой изоляции. Объём рынка в ней оценивается примерно 18...20 млн м³ при существующем объёме производства около 12 млн м³ [1]. При её производстве формируются отходы производства, образующиеся в результате распыления минерального расплава в центрифуге. Это мелкодисперсные куски шлака, королёк, пыль, составляющие до 35 % от исходного расплава [2, 3].

Этот материал, по химическому составу, – практически готовый продукт, который невозможно переплавить в вагранке – шахтной печи противоточного типа, используемой на большинстве производств подобного профиля. Поэтому эти отходы складываются на полигонах промышленных отходов, что увеличивает техногенную нагрузку на экологию промышленных регионов.

Альтернативой такому нерациональному использованию ресурсов служит окускование отходов и их повторная плавка, при этом объём твёрдых отходов, подлежащих складированию, существенно снижается. Поэтому поиск технических решений, обеспечивающих возможность получения кусков размером 40-50 мм из мелкодисперсных отходов минераловатного производства, пригодных для шахтной плавки, является актуальной задачей [4]. Её решение возможно за счёт брикетирования отходов с использованием торфа.

Для определения оптимальных параметров брикетирования был проведён эксперимент с целью получения количественных данных о влиянии давления прессования – x_2 и содержания торфа в брикет-смеси на прочностные свойства брикетов – x_1 . В качестве исходного сырья были использованы отходы Билимбаевского завода теплоизоляционных материалов и верховой торф. Эксперимент выполнялся в соответствии с ортогональным рототабельным планом второго порядка, при этом прочность брикетов описывалась выражением (1).

$$Y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{12}x_1x_2, \quad (1)$$

где $a_1, a_2, a_{11}, a_{22}, a_{12}$ – коэффициенты регрессии;

x_1, x_2 – давление прессования и содержание торфа, соответственно.

Матрица планирования эксперимента представлена в табл. 1. Эксперимент представлял собой получение в лабораторных условиях брикетов заданного состава (соотношение торф-отходы) и с заданными параметрами давления. В качестве функции отклика была выбрана прочность брикетов на сжатие [5]. На основании прочностных данных было установлено доминирующее влияние на прочность брикетов двух факторов: давления прессования (связь между частицами в брикете осуществляется, в основном, за счёт первоначального сжатия и "плотной упаковки" внутри брикета) и содержания связующего вещества, в данном случае – торфа.

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента

№	Условные единицы		Натуральные единицы	
	X_1	X_2	$X_1, \%$	$X_2, \text{кг/м}^2$
1	+1	-1	85	46
2	-1	-1	15	46
3	+1	+1	85	174
4	-1	+1	15	174
5	$-\alpha(1, 414)$	0	0	110
6	$+\alpha(1, 414)$	0	100	110
7	0	$-\alpha(1, 414)$	50	20
8	0	$+\alpha(1, 414)$	50	200
9	0	0	50	110
10	0	0	50	110
11	0	0	50	110
12	0	0	50	110
13	0	0	50	110

Согласно плану эксперимента, была проведена серия опытов, каждый из которых повторялся 3 раза. Порядок проведения экспериментов был рандомизирован. В результате опытов получены результаты прочности (табл. 2).

Таблица 2

Результаты эксперимента

№	1 опыт	2 опыт	3 опыт	Среднее
1	5,4	6,6	9	7
2	31,2	32,2	21	28,2
3	60,6	42	33	45,2
4	6,2	28,8	38	12,9
5	19,4	22	19,4	20,3
6	21,2	23,2	15,6	20
7	3,4	4,4	-	3,9
8	41,4	28,8	11	27,1
9	47	24,2	35	35,4
10	18	10	12,2	13,4
11	14,6	14	13,4	14
12	15	12	-	13,5
13	34	39,2	34,2	35,8

На основании представленных данных было получено уравнение регрессии (2).

$$Y = 14,76 + 1,32x_1 + 6,99x_2 + 4,03x_1^2 + 1,70x_2^2 + 19,87x_1x_2. \quad (2)$$

Оценка уравнения регрессии подтвердила значимость коэффициентов регрессии и его адекватность фактическим данным (F-критерий Фишера существенно больше табличного значения).

Анализ уравнения регрессии позволил определить, что для данной функции существует экстремум, соответствующий минимальному значению. Он достигается при содержании торфа в шихте брикетов 16 % и давлении прессования 16 кг/м^2 . При этом прочность брикетов на сжатие составит 15,9 кг, что достаточно для использования в шахтной плавке. Результаты расчёта приходной части теплового баланса ваграночной плавки представлены в табл. 3. Эти результаты свидетельствуют не только о возможности, но и о целесообразности применения брикетов с торфяным связующим.

Таблица 3

Результаты расчёта приходной части теплового баланса

Приход (с брикетами)			Приход (без брикетов)		
Статья	кДж	%	Статья	кДж	%
1. Теплота от сгорания кокса	461300	64,94	1. Теплота от сгорания кокса	557700	78,51
2. Теплота окисления железа	1132	0,16	2. Теплота окисления железа	1132	0,16
3. Теплота шлакообразования	151552	21,33	3. Теплота шлакообразования	151552	21,33
4. Теплота сгорания торфа	96400	13,57			
Всего:	710384	100,00		710384	100,00

Как видно из представленных данных, на долю торфа приходится 13,5 % от общего прихода тепла, в то время как без использования брикетов это тепло получают за счёт дополнительного расхода более дорогостоящего кокса. Можно прогнозировать снижение расхода кокса (при использовании углеродсодержащих связующих) с 0,19 кг на 1 кг расплава до 0,17 кг на 1 кг полученного расплава.

С целью определения характерных зависимостей, описывающих поведение брикетов при воздействии высоких температур, был проведён ряд экспериментов по изотермическому и изоскоростному нагреву. На основе анализа полученных результатов было выделено три характерных этапа протекания нагрева процесса.

1. Период сушки. Границы этого этапа лежат в пределах 20-240 °С, наблюдается интенсивное удаление влаги, темпы которого зависят как от начального уровня влажности, так и от теплового потока на образец. Верхняя граница может изменяться от 100 до 240 °С. Наблюдается лёгкая усадка и упрочнение, что связано прежде всего с капиллярно-пористым строением брикета.

2. Второй период нагрева характеризуется интенсивной газификацией торфа и, при наличии достаточного теплового потока, воспламенением летучих. В зависимости от начальных условий нагрева (влажность брикета, начальная температура и др.) наблюдалось различная интенсивность выделения летучих веществ и их горение, от неполного окисления с наличием в продуктах сгорания горючих веществ до яркого диффузионного факела вокруг брикета (при большом тепловом потоке на брикет).

3. Третий этап – догорание твёрдых составляющих торфа. Его начало характеризуется резким уменьшением скорости изменения массы образца. Далее, при нагреве, идёт уплотнение структуры брикета за счёт сначала твердофазного, а затем и жидкофазного спекания. При продолжении нагрева брикет будет полностью расплавлен.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности переработки отходов минераловатной промышленности с использованием технологии брикетирования. Вместе с тем, существуют ряд сложностей, решение которых будет составлять цель дальнейших исследований авторов. К их числу относятся: низкая стойкость брикетов при хранении, особенно на открытых складах; выделение из торфа газообразных составляющих, не полностью сгорающих в вагранке и формирующих вредные выбросы; выбор технологической схемы и параметров производства с учётом нестабильности свойств как сырья, так и торфа.

Литература

1. **Матюхина А.В.** Разработка энергоэффективной технологии использования техногенного металлургического сырья при производстве минераловатных изделий: дисс. ... канд. техн. наук: 05.16.07. Екатеринбург: ин-т металлургии УрО РАН, 2013. 170 с.
2. **Фирсов В.В., Самойленко В.В., Блазнов А.Н. и др.** Переработка отходов минераловатного производства // Ползуновский вестник. № 4. Т. 2. 2015. С. 61-65.
3. **Берсенов И.С., Матюхина А.В., Матюхин В.И.** Снижение материальных и тепловых потерь при производстве минерального расплава // Новые огнеупоры. 2007. № 3. С. 12.
4. **Берсенов И.С., Матюхин В.И.** Способ снижения потребления энергетических и минеральных ресурсов при производстве теплоизоляционных изделий // Новые огнеупоры. 2007. № 3. С. 13.
5. **ГОСТ 24765-81.** Окатыши железорудные. Метод определения прочности на сжатие.