

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СУХОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

Султамурат Г.И., Боранбаева Б.М., Максютин Л.А.,
Асауова А.Е.

*Карагандинский государственный технический университет, Караганда,
e-mail: sultamurat_gi@mail.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию закономерностей сухой магнитной сепарации переработки техногенных отходов конверторной плавки высокофосфористых чугунов. В условиях АО «АрселорМиттал Темиртау» шлак, получаемый в конверторном цехе не утилизируется из за повышенного содержания в нем вредных примесей (сера, фосфор) и как отходы производства в отвал направляется 82,85% шлака. Выполнен обобщенный анализ соотношения железа, извлеченного агломерационным и доменным скрапом и отправляемым в отвалы металлургического производства. Настоящая работа содержит результаты магнитной сепарации конверторного шлака. Результаты обработки полученных данных по магнитной сепарации конверторных шлаков различных фракций показала, что доля магнитной и немагнитной части зависит от крупности фракции. Так же приведены показатели эффективности извлечения железа методом магнитной сепарации конверторного шлака в зависимости от индукции.

Ключевые слова: дробление, фракция, конверторный шлак, магнитная сепарация, анализ образцов, обогащение

INVESTIGATION OF REGULARITIES OF DRY MAGNETIC SEPARATION

Sultamurat G.I., Boranbaeva B.M., Maksyutin L.A., Asauova A.E.

*Karaganda State Technical University, Karaganda,
e-mail: sultamurat_gi@mail.ru*

This article is devoted to the study of man-made waste recycling converter melting high phosphorous iron. In terms of «ArcelorMittal Temirtau» slag produced in the converter shop is not utilized due to the increased levels of harmful impurities (sulfur, phosphorus) and as a production waste dump is directed to 82.85% of the slag. The present work contains the results of magnetic separation converter slag. The results of data processing for magnetic separation of converter slag various fractions showed that the proportion of the magnetic and non-magnetic portion is dependent on the size fractions. Also shows the efficiency of extraction of iron by magnetic separation of converter slag according to the induction.

Keywords: crushing, fraction converter slag, magnetic separation, analysis of samples, enrichment

Настоящая работа содержит материалы предварительных исследований по возможности утилизации конверторного шлака АО «АрселорМиттал Темиртау» по маршрутной технологии (рис. 1).

Определение фракционного состава исходного конверторного шлака проводили путем рассева на виброситах и взвешивания отдельных фракций на технических весах в лабораторных условиях. Таким образом, металлические включения конверторного шлака имеет правильную шарообразную форму частиц размерами от 20-30 мкм, шлак конверторного производства представляет собой техногенный отход в котором железосодержащая часть представлена в виде мельчайших металлических королек различной дисперсности. Это показывает то, что в процессе охлаждения и застывания жидкого конверторного шлака происходит расслоение.

Внедрение в технологию производства извлечение мелкодисперсного металла путем магнитной сепарации измельченного

конверторного шлака с дальнейшим брикетированием полученного обогащенного продукта позволит значительно уменьшить потери железа в отвалах.

Для исследования закономерностей сухой магнитной сепарации конверторный шлак фракций >40, 40-20, 20-10, 10-5 мм подвергли подготовке к испытаниям согласно маршрутной технологии (рис. 1).

Каждая из фракций прошла стадии дробления в щековой дробилке, затем измельчения в шаровой мельницы с последующим рассевом по фракциям 5-3, 3-1, 1-0 мм. Перед магнитной сепарацией все фракции довели до крупности 0,5 -2 мм в соответствии с требованиями инструкции по работе магнитного сепаратора.

Результаты магнитной сепарации конверторного шлака приведены в табл. 1.

Результаты обработки полученных данных по магнитной сепарации конверторных шлаков различных фракций показала, что доля магнитной и немагнитной части зависит от крупности фракции (рис. 2).

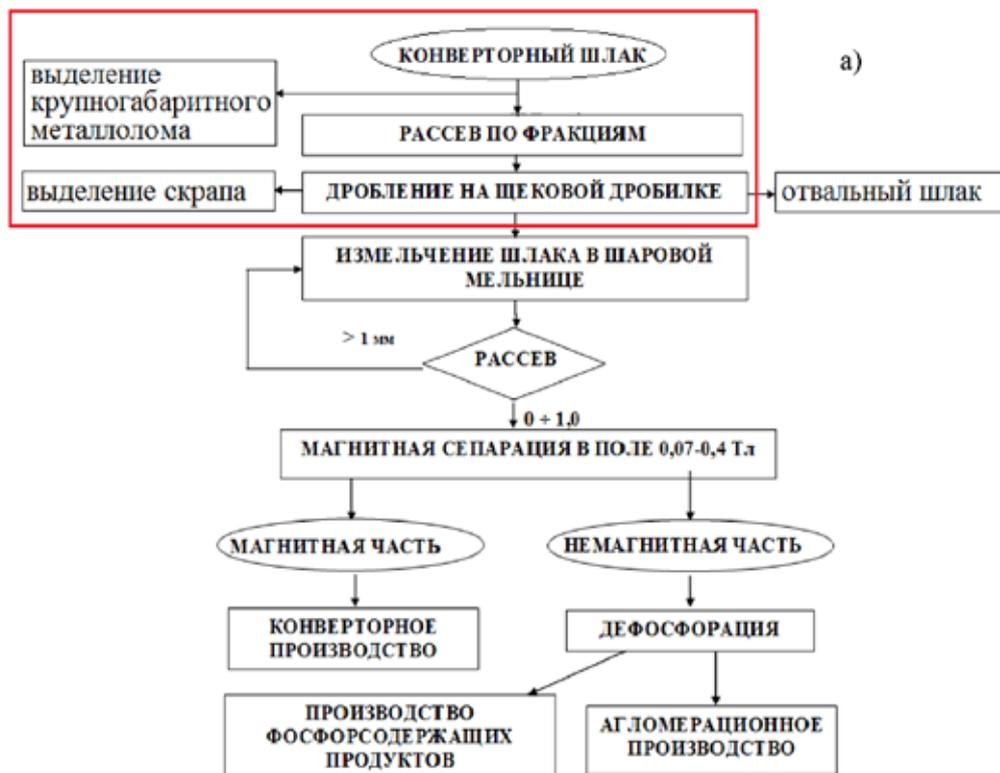


Рис. 1. Логическая схема исследования возможности утилизации конверторного шлака АО «АрселорМиттал Темиртау» (а – существующая технология производства)

Таблица 1

Результаты магнитной сепараций

Фракций, мм	Магнитная часть		Немагнитная часть		Итого	
	10 ³ кг	%	10 ³ кг	%	10 ³ кг	%
1	2	3	4	5	6	7
Фракция +40						
3-5	59	0,16	7	0,06	66	0,14
1-3	95	0,26	24	0,22	119	0,25
0-1	36530	99,58	11370	99,72	47930	99,68
Итого	36684	100	11401	100	48085	100
Итого, %	76,28	100	23,72	100	100	100
Фракция +20						
3-5	99	0,62	33	0,13	132	0,33
1-3	31	0,20	0	0	31	0,07
0-1	15580	99,18	24820	99,87	40400	99,60
Итого	15710	100	24853	100	40563	100
Итого, %	38,72	100	61,28	100	100	100
Фракция +10						
3-5	210	0,40	77	3,35	287	0,52
1-3	228	0,44	5	0,3	233	0,43
0-1	51520	99,2	2220	96,4	53740	99,1
Итого	51958	100	2302	100	54260	100
Итого, %	95,75	100	4,25	100	100	100
Фракция +5						
3-5	100	0,2	0	0	100	0,2
1-3	113	0,6	5	0,5	118	0,6
0-1	24690	99,2	950	99,5	25640	99,2
Итого	24903	100	955	100	25858	100
Итого, %	96,30	100	3,7	100	100	100
Фракция +40						
3-5	125	0,7	8	0,1	133	0,2
1-3	318	2,2	48	0,7	366	0,6
0-1	14450	97,1	7250	99,2	21700	99,2
Итого	14893	100	7306	100	22199	100
Итого, %	67,08	100	32,92	100	100	100

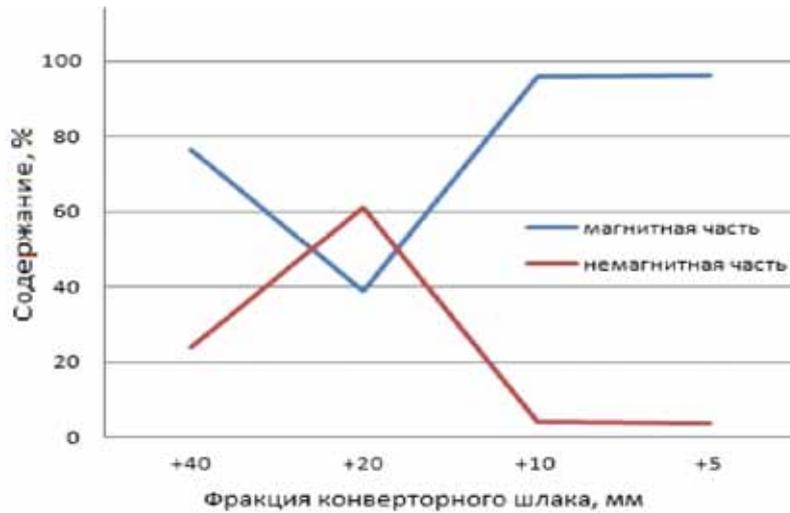


Рис. 2. Распределение конверторного шлака на магнитную и немагнитную части в зависимости от фракций

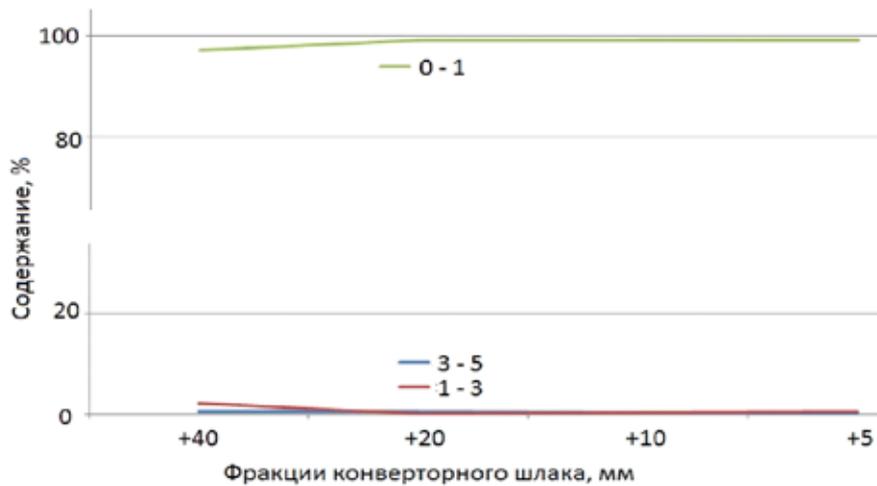


Рис. 3. Распределение магнитной части конверторного шлака в зависимости от крупности измельчения фракций

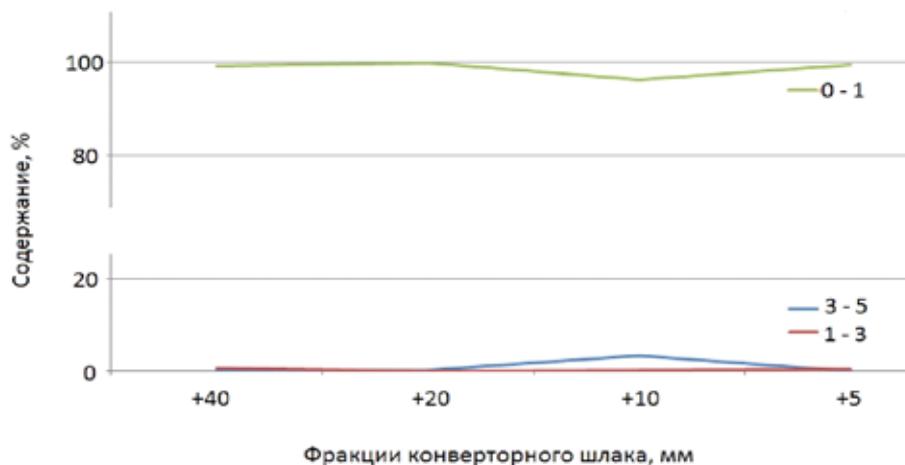


Рис. 4. Распределение немагнитной части конверторного шлака в зависимости от крупности измельчения фракций

Более высокое разделение конверторного шлака на магнитную и немагнитную составляющие характерно для более мелких фракций 10–20, 10–5 мм.

На рис. 3, 4 приведено распределение магнитной и немагнитной части в зависимости от крупности измельчения каждой фракции конверторного шлака.

Как видно из приведенных графиков, крупность измельчения любых фракций конверторного шлака >40, 40-20, 20-10, 10-5 мм способствует более полному извлечению ее магнитной части или железа. Разделение конверторного шлака на магнитную и немагнитную части составляет величину порядка 99,2–99,6%.

Следовательно для более глубокого извлечения железа из конверторного шлака необходимо проводить магнитную сепарацию на предварительно измельченном шлаке. При этом очень важным являются параметры магнитной сепарации (табл. 2).

магнитной фракции ($P_{\text{мф}}$) и исходного конверторного шлака ($P_{\text{кш}}$). Масса последнего принята за 100%. Аналогично вычисляется и выход немагнитной части конверторного шлака.

$$\gamma_{\text{ки}} = \frac{P_{\text{мф}}}{P_{\text{ки}}} 100\%; \gamma_{\text{нф}} = \frac{P_{\text{нф}}}{P_{\text{ки}}} 100\%.$$

Выход магнитной фракции при магнитной сепарации конверторный шлак может быть вычислен по содержаниям железа в исходном конверторном шлаке, магнитной и немагнитной ее фракциях. При магнитной индукции 0,07 Тесла выход магнитной фракции составил:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{ки}} &= \frac{(\alpha\text{Fe} - \nu\text{Fe})100}{(\beta\text{Fe} - \nu\text{Fe})} = \\ &= \frac{(31,22 - 20,76) 100}{(38,23 - 20,76)} = 59,87\%. \end{aligned}$$

Таблица 2

Химический анализ продуктов обогащения конверторного шлака методом магнитной сепарации

Материал	Магнитная индукция, Тесла	Содержание, %			
		Fe	FeO	P ₂ O ₅	CaO
Исходный шлак	-	31,22	24,35	2,19	40,8
Магнитная фракция	0,07	38,23	34,68	1,61	29,1
Немагнитная фракция	0,07	20,76	12,58	2,91	62,6
Магнитная фракция	0,4	33,72	23,78	1,98	35,7
Немагнитная фракция	0,4	17,00	11,79	2,56	48,6

Как показали исследования, по обогащению конверторного шлака крупностью 5-20 мм методом магнитной сепарации, при магнитной индукции в диапазоне 0,07-0,4 Тесла происходит разделение шлака на магнитный концентрат, содержащий 33,72-38,23 % железа; 29,1-25,7% окиси кальция; 1,61-1,98% пятиоксида фосфора (табл. 2).

Из полученных данных (табл. 2), магнитная сепарация увеличивает содержание железа и снижает содержание фосфора в магнитной части конверторного шлака. Эффективность магнитного обогащения конверторного шлака оценивали показателями обогащения по содержанию железа в исходном конверторном шлаке (αFe), в магнитной фракции (βFe) и в немагнитной части конверторного шлака (νFe). Чем выше содержание железа в магнитной части и чем ниже оно в немагнитной фракции, тем эффективнее считается обогащение.

Выходом магнитной фракции конверторного шлака ($\gamma_{\text{кш}}$) – это соотношение масс

Выход немагнитной фракции составил:

$$\gamma_{\text{нф}} = 100 - 59,87 = 40,13\%.$$

Извлечение железа ($\epsilon_{\text{мф}}$) в магнитную фракцию конверторного шлака определяется как соотношением масс железа в магнитную фракцию конверторного шлака и в исходном конверторном шлаке. При магнитной индукции 0,07 Тесла извлечение железа в магнитную фракцию составило:

$$\epsilon_{\text{мф}} = \frac{\gamma_{\text{ки}} \beta \text{Fe}}{\alpha \text{Fe}} = \frac{59,87 \cdot 38,23}{31,22} = 73,32\%.$$

Доля оставшегося железа в немагнитной части конверторного шлака составила

$$\epsilon_{\text{нф}} = \frac{\gamma_{\text{нф}} \nu \text{Fe}}{\alpha \text{Fe}} = \frac{40,13 \cdot 20,76}{31,22} = 26,68\%.$$

Коэффициенты обогащения (K_0) показывает, во сколько раз содержание железа в магнитной фракции больше, чем в исход-

Таблица 3

Показатели обогащения конверторного шлака

Материал	Магнитная индукция, Тесла	Содержание Fe, %	Выход, %	Извлечение железа, %	Коэффициент обогащения	Коэффициент сокращения
Исходный шлак	-	31,22				
Магнитная фракция	0,07	38,23	59,87	73,32	1,22	1,67
Немагнитная фракция	0,07	20,76	40,13	26,68		
Магнитная фракция	0,4	33,72	85,05	91,86	1,08	1,18
Немагнитная фракция	0,4	17	14,95	8,14		

ной конверторном шлаке. При магнитной индукции сепаратора равной 0,07 Тесла коэффициент обогащения равен:

$$K_o = \beta_{Fe} / \alpha_{Fe} = 38,22 / 31,22 = 1,22.$$

Коэффициент сокращения показывает во сколько раз масса магнитной фракции меньше массы исходного конверторного шлака. При магнитной индукции сепаратора равной 0,07 Тесла коэффициент сокращения равен:

$$K_c = 100 / \gamma_{кш} = 100 / 59,87 = 1,67.$$

Эффективность обогащения конверторного шлака необходимо оценивать по всем показателям обогащения одновременно. Так, высокое содержание железа в магнитной фракции может сопровождаться ее низким выходом или низким извлечением железа во фракцию. Наоборот, высокий выход магнитной фракции связан с пониженным содержанием железа в нем и т. д.

В табл. 3 приведены показатели эффективности извлечения железа методом магнитной сепарации конверторного шлака в зависимости от индукции.

Таким образом, из 1 т конверторного шлака можно получить 598,7 кг магнитной фракции. При этом 73,32 % Fe может быть возвращено в металлургический передел (в конверторную плавку). Немагнитная фракция, обогащенная фосфором объемом 402,3 кг, после извлечения фосфора может быть использована в качестве добавок агломерационной шихты; а продукты дефосфорации – направлены на получение фосфорсодержащих удобрений.

Заключение

1. Анализ современного состояния и тенденции развития технологии утилизации конверторного шлака по литературным источникам показал, что в странах Евросоюза шлак, полученный при производстве стали, практически полностью находит свое применение в дорожном строительстве (48%), гидротехнике (3%), производстве удобрений (3%), использовании для внутренних технических нужд (10%), около 13% отправляется на захоронение в отвалы. По данным АО «АрселорМиттал Темиртау». Конверторный шлак перерабатывают с целью извлечения металлического скрапа, при этом более 80% шлака поступает в отвал.

2. Измельчение любых фракций конверторного шлака >40, 40-20, 20-10, 10-5 мм до 0,074 мм способствует более полному извлечению магнитной части или железа. Разделение конверторного шлака на магнитную и немагнитную части составляет величину порядка 99,2-99,6%. Извлечение железа в магнитную фракцию при магнитной индукции 0,07 Тесла составило 73,32% при 0,4 Тесла – 91,86%.

Список литературы

1. Кюн М. Улучшение использования отходов металлургического производства – шаг на пути к устойчивому развитию // Черные металлы. – 2013. – С. 35-42.
2. Исследование и разработка технологии обезфосфоривания лисаковских железных руд Республики Казахстан. Промежуточный отчет. № госрегистрации 0113РКО0154, 2014 г.
3. Отчет по теме «Разработка и освоение новых технологических схем утилизации отходов металлургического передела ОАО «ИСПАТ КАРМЕТ» 2004 г.
4. Технологическая линия подготовки руды и техногенных отходов для решения широкого спектра задач глубокого обогащения руд горнодобывающих предприятий и техногенных отходов металлургических предприятий Республики Казахстан. Отчет, № гос. регистрации 0112РКО2866. Инв. № 0213РКО2692, 2013 г.
5. Сұлтамұрат Г.И., Максютин Л.А., Султангазиева А.Б. Исследование процессов утилизации техногенных отходов конверторного производства // Труды Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан – 2050» (Сагиновские чтения №5) 20-21.06.13. В 4-х ч. Часть 3. КарГТУ. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2013. – 383 с. – С. 179-181.