



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-4-66-69>
УДК 669.187.2

Поступила 27.10.2021
Received 27.10.2021

АНАЛИЗ СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Н. И. УРБАНОВИЧ, С. В. КОРНЕЕВ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: Urbanovichbntu@tut.by, korneev@bntu.by
В. И. ВОЛОСАТИКОВ, Государственное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», г. Минск, Беларусь, ул. Я. Коласа, 24. E-mail: Volvik75@tut.by
Д. О. КОМАРОВ, РУП БелНИЦ «Экология», г. Минск, Беларусь, ул. Г. Якубова, 76. E-mail: KDOI12176334@gmail.com

В статье рассмотрены виды различных пылевидных железосодержащих отходов, образующихся в металлургическом и литейном производствах. Рассмотрены существующие технологии переработки отходов. Приведены анализ химического состава железосодержащих отходов, морфология и размер частиц. Предложены приемлемые для условий Республики Беларусь варианты технологии переработки и использования.

Ключевые слова. Пылевидные отходы, гидromеталлургия, пирометаллургия, брикетирование, частицы, морфология, варианты использования.

Для цитирования. Урбанович, Н. И. Анализ состава и технологий переработки дисперсных железосодержащих отходов / Н. И. Урбанович, С. В. Корнеев, В. И. Волосатиков, Д. О. Комаров // *Литье и металлургия*. 2021. № 4. С. 66–69. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-4-66-69>.

ANALYSIS OF THE COMPOSITION AND PROCESSING TECHNOLOGIES OF DISPERSED IRON-CONTAINING WASTE

N. I. URBANOVICH, S. V. KORNEEV, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti Ave. E-mail: Urbanovichbntu@tut.by, korneev@bntu.by
V. I. VOLOSATIKOV, State Enterprise “Science and Technology Park BNTU” Polytechnic”, Minsk, Belarus, 24, Ya. Kolas str. E-mail: Volvik75@tut.by
D. O. KOMAROV, RUE BelNITS “Ecology”, Minsk, Belarus, 76, G. Yakubova str. E-mail: KDOI12176334@gmail.com

The article discusses the types of various dusty iron-containing waste generated in metallurgical and foundry production. Rational waste processing technologies are considered. The analysis of the chemical composition of iron-containing waste, morphology and particle size is presented. Variants of processing and use technology that are acceptable for the conditions of the Republic of Belarus are proposed.

Keywords. Pulverized waste, hydrometallurgy, pyrometallurgy, briquetting, particles, morphology, use cases.

For citation. Urbanovich N. I., Korneev S. V., Volosatikov V. I., Komarov D. O. Analysis of the composition and processing technologies of dispersed iron-containing waste. *Foundry production and metallurgy*, 2021, no. 4, pp. 66–69. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-4-66-69>.

В промышленном производстве образуется значительное количество пылевидных (дисперсных) железосодержащих отходов. Наибольшее их количество приходится на долю металлургического и литейного производств. К ним относятся пыль от плавильных печей, отходы дробеметной и дробеструйной обработки отливок и поковок и др.

Для некоторых дисперсных отходов, таких, как отходы дробеметной обработки отливок, рециклинг железа в промышленный оборот не вызывает трудностей. Для других, таких, как пылевидные отходы от плавильных печей, переработка требует сложных технологий и дорогостоящего оборудования. Проблема состоит в том, что эти отходы имеют сложный состав: наряду с оксидами железа и неметаллическими

компонентами (SiO_2 , Al_2O_3) присутствуют оксиды цинка, которые попадают в пыль в процессе плавки цинксодержащего лома.

Возможны два способа переработки отходов от электропечной плавки. При гидрометаллургическом способе цветные металлы (цинк, свинец и другие) выщелачиванием переводятся в раствор, после чего путем электролиза извлекаются из него. Железосодержащий шлак высушивают, окомковывают с углем и добавляют в шихту ЭДП. Недостатками этого метода являются дорогостоящее оборудование и высокая токсичность сопутствующих отходов [1].

Широкое применение для утилизации железосодержащих пылевидных отходов получило пирометаллургическое направление, к которому относятся процессы вальцевания и технологии: FASTMET, FASTMELT, PRIMUS и др. В основе процесса лежит восстановление цинка и свинца из окомкованной шихты, в состав которой, кроме пыли, входят коксовая мелочь и флюсы [2]. Окомкованная шихта поступает в нагревательные печи для возгонки цинка, который осаждается в охлаждаемых скрубберах, а оставшаяся часть шихты расплавляется в электропечах с выходом жидкой стали. Общим недостатком всех систем является дорогостоящее оборудование и многоступенчатость процесса. Такие процессы могут окупаться только при больших объемах пылевидных отходов и не могут быть использованы для условий Республики Беларусь.

В связи с изложенным представляла интерес попытка провести анализ состава дисперсных железосодержащих отходов и в порядке предположения – поиск простых технологий их переработки исходя из сравнительно небольших объемов их образования.

Проанализированы составы и размеры пыли от индукционных электропечей (УПП «Универсал-Лит», г. Солигорск), дуговых сталеплавильных печей (Белорусский металлургический завод, г. Жлобин), отходов абразивной очистки отливок и отходов дробеструйной обработки отливок (Минский тракторный завод), дробеструйной обработки поковок (Могилевский металлургический завод).

С помощью сканирующего электронного микроскопа Vega II LMU изучали морфологию и размеры частиц. Результаты исследований показали, что пыль плавильных печей состоит из частиц в основном округлой формы размером от 0,2 до 3,0 мкм (рис. 1, а). Внешний вид частиц пыли: абразивной обработки, дробеструйной обработки отливок, дробеструйной обработки поковок, отсева и колки дробы показан на рис. 1, б–е.

Химический состав в среднем по площади и отдельных частиц определяли методами сканирующей электронной микроскопии с электронно-зондовым анализом. По цвету можно различить три типа конгломератов: светло-серый, темно-серый и светлые включения округлой формы. Светло-серые конгломераты преимущественно состоят из оксидов железа и цинка, в темно-серых доминирует оксид кремния, а светлые включения в виде шариков на 82% состоят из железа. Усредненный состав плавильной пыли индукционных печей по площади приведен в таблице рис. 2, из которой следует, что Zn, Fe, Si и Mn, а также их оксиды доминируют в пыли от индукционных печей.

Результаты анализов состава других отходов с указанием размерного диапазона частиц приведены в таблице.

Содержание основных элементов в различных видах отходов

Содержание основных элементов					Источник отходов	Размер частиц, мкм
Fe	Si	O	Mn	Zn		
31	22	7	16	11	Индукционная печь	0,2–3
40	10	22	3	22	ДСП печь	0,3–20
78	10	5	0,6	—	Абразивная обработка отливок	До 280
46	38	10	0,7	—	Дробеструйная обработка отливок	До 200
95	2	4	—	—	Дробеструйная обработка поковок	До 200
98	—	—	—	—	Рассев дробы	До 300

Анализ состава и размера частиц различных видов железосодержащих отходов позволяет в порядке предположения определить варианты технологических процессов их переработки, учитывая сравнительно небольшие объемы их накопления. Для пылевидных отходов плавильных печей основной проблемой их переработки является высокое содержание цинка. Разделение оксидов железа и цинка с помощью магнитной сепарации не дало положительных результатов. В связи с высокой дисперсностью пылевидных частиц они не разделяются по составу, а все вместе притягиваются магнитом. Теоретически возможна переработка этих отходов путем прессования в брикеты совместно с восстановителем (углем)

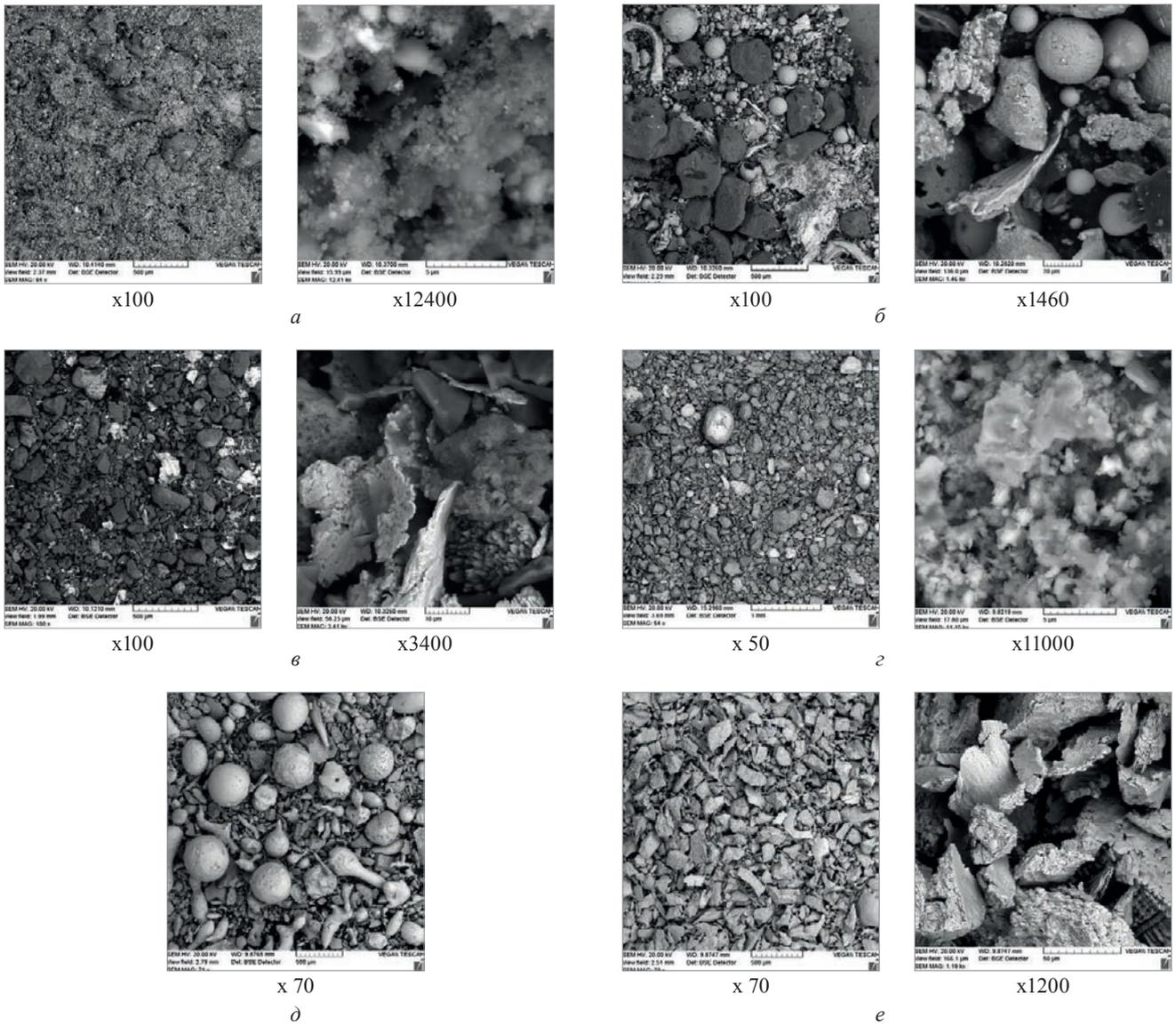


Рис. 1. Внешний вид и морфология частиц железосодержащей пыли газоочисток: *а* – от плавильных печей; *б* – после абразивной обработки отливок; *в* – после дробеметной обработки отливок; *г* – после дробеструйной обработки поковок; *д, е* – после рессева и помола (колки) литой дроби

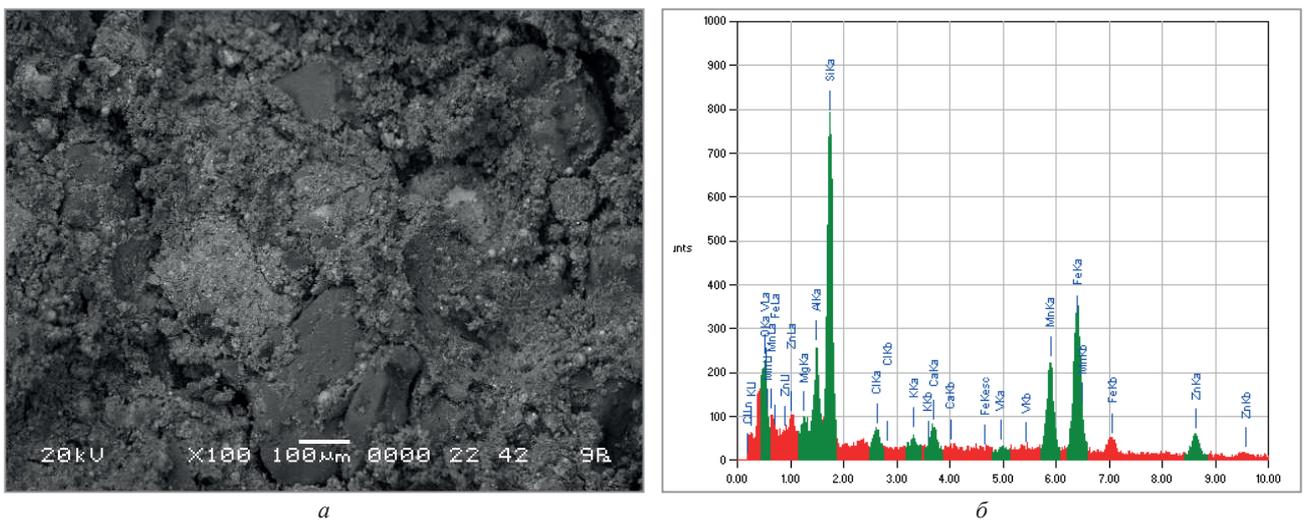


Рис. 2. Химический состав плавильной пыли индукционных печей: *а* – область исследования состава по площади; *б* – спектр качественного состава по площади

Element	(keV)	mass %	Error %	At %	Compound mass % K
O K*	0.525	7.42	0.05	17.35	0.8825
Mg K*	1.253	1.40	0.02	2.16	0.0598
Al K*	1.486	5.80	0.01	8.03	0.3201
Si K	1.739	22.35	0.01	29.75	1.5240
Cl K	2.621	1.55	0.01	1.63	0.1556
K K*	3.312	0.97	0.01	0.93	0.1115
Ca K*	3.690	2.11	0.01	1.97	0.2627
V K	4.949	0.13	0.02	0.09	0.0142
Mn K	5.894	16.29	0.02	11.08	1.7913
Fe K	6.398	30.54	0.02	20.45	3.4597
Zn K	8.630	11.45	0.06	6.55	1.1962
Total		100.00		100.00	

6

6 – таблица результатов химического состава по площади

и связующим (жидким стеклом), но в процессе нагревания брикета при плавке происходит восстановление и возгонка цинка, что приводит к повышению его содержания в пыли. В связи с изложенным представляет интерес поиск технологии переработки, не предусматривающей разделение оксидов цинка и железа, а их очистка от примесей других оксидов с целью последующего использования в других областях промышленного производства, например, в производстве краски, керамики, цемента.

Можно предложить два способа очистки оксидов железа и цинка от загрязняющих примесей. В первом случае можно использовать перетирание пылевидных отходов в воде с последующим отмучиванием. Более высокой степени очистки возможно добиться гидromеталлургической переработкой, для чего за счет обработки раствором серной кислоты цинк и железо переводятся в раствор, из которого они выделяются в виде гидроксидов добавкой щелочи. После промывки и прокалки осадка в качестве конечного продукта получается чистая смесь дисперсных оксидов железа и цинка.

Отходы абразивной обработки отливок и дробеструйной обработки поковок и рассева дробы в связи с высоким содержанием железа можно перерабатывать путем брикетирования совместно с необходимым количеством восстановителя и связующего [3]. Для улучшения прессуемости в состав шихты можно добавить чугунную стружку.

Для отходов дробеметной обработки в связи с высоким содержанием SiO_2 необходимо перед брикетированием провести обогащение методом магнитной сепарации [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Карелов С. В. Комплексная переработка цинко- и свинцовосодержащих пылей предприятий цветной металлургии. М.: ЦНИИЭИцветмет, 1996. 40 с.
2. Доронин И. Е., Свяжин А. Г. Промышленные способы переработки сталеплавильной пыли // Металлург. 2010. № 10. С. 48–53.
3. Комаров О. С., Комаров Д. О., Урбанович Н. И. Переработка и использование отходов, содержащих цветные металлы. Минск: БНТУ. 2018. 113 с.
4. Абрамов А. А. Пути развития теории и совершенствования процессов обогащения полезных ископаемых // Горный журнал. 2006. № 6. С. 108–113.

REFERENCES

1. Karelov S. V. *Kompleksnaja pererabotka cinko- i svincosoderzhashhih pylej predpriyatij cvetnoj metallurgii* [Complex processing of zinc and lead-containing dusts of nonferrous metallurgy enterprises]. Moscow, CNINJeI cvetmet Publ., 1996. 40 p.
2. Doronin I. E., Svjazhin A. G. Promyshlennye sposoby pererabotki staleplavil'noj pyli [Industrial methods of steelmaking dust processing]. *Metallurg=Metallurgist*, 2010, no. 10, pp. 48–53.
3. Komarov O. S., Komarov D. O., Urbanovich N. I. *Pererabotka i ispol'zovanie othodov, sodержashhih cvetnye metally* [Recycling and use of waste containing non-ferrous metals]. Minsk, BNTU Publ., 2018. 113 p.
4. Abramov A. A. Puti razvitiya teorii i sovershenstvovaniya processov obogashheniya poleznyh iskopaemyh [Ways of developing the theory and improving the processes of mineral processing]. *Gornyj zhurnal=Miningjournal*, 2006, no. 6, pp. 108–113.