

А. Д. Учитель /д. т. н./, В. П. Соколова /к. т. н./,
Н. А. Дац, А. З. Приплюцкая

Национальная металлургическая академия
Украины, г. Днепро, Украина

Переработка железосодержащих шламовых отходов горнодобывающей и металлургической промышленности. Переработка шламов металлургических производств

A. D. Uchitel /Dr. Sci. (Tech.)/,
V. P. Sokolova /Cand. Sci. (Tech.)/, N. A. Dats,
A. Z. Priplotskaya

National metallurgical academy of Ukraine, Dnipro,
Ukraine

Processing of mining and metallurgical industry ferriferous slime. Processing of metallurgical productions slime

Цель. Анализ данных о количестве и качестве шламовых отходов металлургических производств, а также обзор технологических решений по их переработке.

Результаты. Показано, что основными направлениями переработки шламовых отходов металлургических производств в настоящее время являются: обезвоживание и обесцинкование шламов доменных газоочисток, при этом обесцинкование ведут механическими способами (обесшламливанием) или пиро-металлургическими способами с получением гранулированного обесцинкованного железосодержащего продукта, а также получение железосодержащих брикетов из металлургических шламов, в частности тонкодисперсных отходов конвертерного производства.

Научная новизна. Разработка технологических решений по переработке металлургических шламов текущих производств.

Практическая значимость. Разработка технологических решений по переработке металлургических шламов текущих производств с целью их утилизации позволит снизить техногенную нагрузку на окружающую среду. (Табл. 3. Библиогр.: 13 назв.)

Ключевые слова: металлургические шламы, шламы газоочисток, обезвоживание, обесцинкование, гранулирование, брикетирование, шламонакопитель.

Постановка проблемы. Металлургическое производство в Украине сопровождается образованием огромного количества промышленных отходов, достигающих 30 % объёма выпуска стали. Около 80 % из них составляют шлаки, около 20 % приходится на пыли и шламы газоочисток. Наиболее ценными для черной металлургии являются железосодержащие отходы (пыль, шлам, окалина), в то время как шлаки в основном используются в других отраслях промышленности. Всего на металлургических предприятиях Украины по состоянию на 2008 г. накоплено более 70 млн т шламов, из которых 21 млн т пригодны для повторного использования [1].

Ежегодно при производстве металлургической продукции образуется 4 млн т шламов, которые содержат 2 млн т техногенного железа. Шламы разных цехов складываются в общих шламохранилищах. Частично металлургические шламы используются в качестве компонента шихты при

производстве агломерата, но большая их часть остается в шламохранилищах.

Шламы металлургического производства можно разделить на: 1) шламы агломерационных фабрик; 2) шламы доменного производства, в том числе газоочисток доменных печей и подбункерных помещений доменных печей; 3) шламы газоочисток мартеновских печей; 4) шламы газоочисток конвертеров; 5) шламы газоочисток электросталеплавильных печей. По содержанию железа их подразделяют следующим образом: а) богатые (55–67 %) – пыль и шлам газоочисток мартеновских печей и конвертеров; б) относительно богатые (40–55 %) – шламы и пыли аглодоменного производства; в) бедные (30–40 %) – шлам и пыль газоочисток электросталеплавильного производства.

Основным потребителем энергии и источником эмиссии вредных веществ в окружающую среду является аглодоменный комплекс (более

70 % выбросов и промышленных отходов). Поэтому правильный подход к сокращению потерь сырья и переработке промышленных отходов может дать ощутимый экономический и эколого-социальный эффект [2].

Основными характеристиками шламов являются химический и гранулометрический состав, однако при подготовке шламов к утилизации необходимо знать такие параметры, как: плотность, влажность, удельный выход и др.

Изложение основного материала

Обезвоживание и обесцинкование металлургических шламов

Актуальной является проблема утилизации соединений, содержащих железо и цинк из шламов и пылей – крупнотоннажных отходов газоочисток металлургических заводов. Технология подготовки шламов доменных газоочисток предусматривает обезвоживание осаждением в отстойниках, фильтрование в аппаратах различного типа и при необходимости термическую сушку. При подготовке их к использованию в качестве компонента доменной шихты необходимо проводить обесцинкование. Последняя может проводиться как пиро-, так и гидрометаллургическими способами.

Извлечение в полупромышленных и промышленных масштабах цинка и железа из пылей и шламов газоочисток чёрной металлургии производится в основном в Германии, Японии и США. Основными способами являются модификации вельц-процесса. На заводах Европы («Август Тиссен хютте», Германия; «Бритиш стил», Англия; «Юзинор», Франция и др.) сухую сталеплавильную пыль транспортируют на усреднительный склад сырья и утилизируют с окалиной в количестве до 100 кг/т агломерата, а шламы подают в окомкователи аглофабрик [3].

Японской фирмой «Раса» был разработан способ переработки пылей и шламов с большим содержанием цинка и других примесей – процесс Раса-НГП. Исследования фирмы «Син ниппон» показали, что цинк в доменных шламах сосредоточивается в основном в наиболее тонкой фракции (около 20 мкм), железо сравнительно равномерно распределено во всех фракциях, а углерод – в наиболее крупных. На этой основе

была разработана технология отделения наиболее тонкой фракции (содержащей соединения цинка) с помощью гидроциклона. Сгущенный шлам направляется на вакуум-фильтры, затем в тарельчатый окомкователь для получения миниокатышей (1–5 мм), которые далее поступают на агломашину. Слив гидроциклонов с содержанием твердого 2 % подает в отстойники, откуда через шлам подается в фильтр-пресс, а осветленная вода возвращается в первичный отстойник. При содержании цинка на входе в гидроциклон 3–5 % в шламе, подаваемом на окомкование (а в дальнейшем на агломерацию), содержится цинка всего 1 %, в то время как в сливе гидроциклонов количество его достигает 8–15 %. Поскольку в сгущенном продукте, а следовательно, и в миниокатышах содержится довольно много углерода, удельный расход кокса при агломерации удастся снизить до 2 кг/т чугуна. Количество цинка, поступающего в доменную печь с агломератом, составляет 0,2 кг/т чугуна. В процессе Раса-НГП используется специальный агрегат, с помощью которого с твердых частиц снимается (обдирается) поверхностный слой, содержащий соединения цинка. Проектная производительность одной установки составляет 120 тыс. т в год (по исходному сырью).

Пирометаллургическая переработка цинковых продуктов в РФ, Польше, Болгарии, Японии проводится методом вальцевания, в практике других стран большей частью используют шахтную плавку с последующим фьюмингованием образующихся при шахтной плавке цинковистых шлаков.

В большинстве стран СНГ такие технологии разрабатываются на уровне исследовательских работ и полупромышленных испытаний. Так, в работах [2; 4] изложены результаты исследований автора (Харьковский институт экологии и социальной защиты) по разработке технологий утилизации цинкосодержащих шламов газоочисток доменного и сталеплавильного производств. Особое внимание автор обращает на возможность экономически выгодного снабжения отечественной промышленности стратегически важными дорогостоящими и дефицитными соединениями Zn из техногенных месторождений – шламонакопителей заводов чёрной металлургии (табл. 1).

Таблица 1

Объёмы пылей и шламов на предприятиях чёрной металлургии (2010 г.)

Страна, предприятие	Объём лежалых шламов, млн т	Поступление, тыс. т/год	Содержание компонентов, % масс.		
			Zn	Pb	Fe
Украина, ММК им. Ильича	4,9	210	0,5–2,9	1–1,6	48–59
РФ, Новотроицк, «УралСталь»	6,2	160–180	1,9–3,8	1–1,6	49–56
РФ, Липецк, НЛМК	5,1	До 300	1,6–2,6	1–2	45–54
РФ, Череповец, «Северсталь»	5,5	До 300	12–16	1–2	50–58
Молдавия, Рыбница, МолдМЗ	0,9	12	8–12	1–1,8	56–60

Испытания технологии проводили на базе ОАО фирмы «Елауслтд» (бывший Харьковский опытный цементный завод). Полученный Zn-концентрат содержит на 10–17 % Zn больше, чем лучший концентрат завода «Укрцинк». Обесцинкованные гранулы пригодны для возврата в аглодоменное производство. Их химический состав, % масс.: Feобщ – 57÷62; Zn ≤ 0,1. Фракционный состав 2–10 мм, насыпная плотность – 2,5÷2,7 г/м³. Степень металлизации – до 92 %.

Автор статьи [2] совместно с сотрудниками Украинского научно-исследовательского института экологических проблем и Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» разработал способ переработки отходов газоочисток металлургического производства, в состав которых входит пыль или шламы, содержащие цинк и железо [5]. Технология прошла опытно-промышленные испытания также на фирме «Елауслтд» на сырье металлургических заводов Украины, России, Молдовы, Германии. Источниками сырья для указанной технологии служат техногенные месторождения металлургических предприятий. Во всех экспериментах полученные обесцинкованные окатыши содержали 57–61 % масс. Feобщ, 0,08 % масс. Zn, прочность окатышей на раздавливание – 160–180 кг/окатыш, степень металлизации – до 82 %, т. е. окатыши пригодны для возврата в основное производство. Получаемый цинковый концентрат содержал 70–80 % масс., что на 10–15 % больше, чем стандартный концентрат марки КЦ-О. По мнению автора, установка по извлечению Zn и Fe из отходов газоочисток металлургического производства позволяет обеспечить устойчивое развитие металлургической промышленности Украины на базе собственного импортозамещающего техногенного сырья, снабжение линий горячего цинкования металлургических комбинатов собственным металлургическим цинком и снижение себестоимости товарной продукции металлургических заводов.

Кроме пирометаллургических способов обесцинкования металлургических шламов, разрабатываются методы снижения содержания цинка в металлургических шламах с использованием обогатительных процессов – магнитной сепарации и флотации. В частности были проведены исследования на пробе железосодержащих шламов, поступающих на вакуум-фильтровальную установку ОАО «ММК» [6]. Схема обогащения включала основную мокрую магнитную сепарацию и перечистку магнитного продукта. В результате массовая доля железа в магнитной фракции повысилась с 52,0 до 61,2 %, а цинка снизилась с 0,415 до 0,262 %. Но при такой схеме обогащения шламов извлечение цинка в магнитную фракцию

остаётся достаточно высоким – 53,6 %. Испытаны режимы флотации на пробе шламов с массовой долей цинка 0,6 %. Полученный в режиме обратной флотации концентрат содержал 60 % железа и 0,38 % цинка. Извлечение цинка в железосодержащий продукт достаточно высокое – 54,9 %.

Из обогатительных переделов переработки металлургических шламов заслуживает внимания технологический промышленный комплекс, который разработан и эксплуатируется НПП «Укрэкология» под Каменским (бывший Днепродзержинск) и способен ежегодно дополнительно извлекать из заскладированных металлургических шламов 250 тыс. т товарного концентрата с содержанием железа 63 % и кремнезема до 5 % и возвращать высококачественное сырье в металлургический процесс. В Приднепровье скопилось около 8 млрд т промышленных отходов, и ежегодно этот «запас» пополняется еще на сотни тысяч тонн. Только в одном Днепродзержинске накопилось свыше 50 млн т отходов – почти полвека на восточной окраине города сбрасывали отходы производства Днепровский меткомбинат и Днепродзержинский коксохимзавод (бывший Приднепровский химический завод) [7].

Разработан способ переработки шламов металлургических производств (КМК «Криворожсталь»), включающий перекачку насосными станциями шламов для накопления и сгущения в прудах-осветлителях, подачу земснарядами сгущенного в прудах-осветлителях материала на карты-отстойники, классификацию материала на картах-отстойниках с возвратом тонкого слива в пруды-осветлители с последующей сушкой накопленного зернистого продукта, выемку просушенного зернистого материала и доставку его на рудный двор для введения в агломерационную шихту. Перекачка насосными станциями шламов на карты-отстойники для классификации подаваемого материала со сбросом тонкого слива в пруды-осветлители с последующей сушкой накопленного зернистого материала позволяет на 90–95 % снизить содержание цинка и свинца в накопленном для последующей сушки, выемки и доставки на рудный двор материале для введения в агломерационную шихту. Это обусловлено тем, что 90–95 % цинка и свинца содержатся в тонкодисперсной фракции шламов, которая удаляется вместе с тонким сливом при классификации на картах-отстойниках, а подача земснарядами сгущенного в прудах-осветлителях тонкодисперсного материала в аккумулялирующую ёмкость даёт возможность практически полностью извлечь цинк и свинец из замкнутого цикла рециркуляции шламов металлургических производств [8].

В предложенном способе использования железосодержащих отходов в агломерационном

процессе (КМК «Криворожсталь») [9], включающем обезвоживание и сушку шламов металлургического производства на картах-отстойниках, смешивание других железосодержащих отходов, например, замавленной прокатной окалины, аспирационной пыли, гидросмыва подбункерных помещений со шламами металлургического производства и введение полученной смеси в агломерационную шихту, причем смешивание других железосодержащих отходов со шламами осуществляют перед подачей шламов на обезвоживание и сушку. Это способствует улучшению равномерности смешивания шламов с другими отходами, обеспечивает уменьшение расхода концентрата при производстве агломерата, снижение себестоимости агломерата за счёт замены части железорудного концентрата железосодержащими отходами.

Для повышения эффективности использования металлургических шламов в агломерационном процессе предлагается обезвоживать путём смешения их с модифицирующей добавкой – углефицированным органо-минеральным соединением, в частности искусственно активированным поверхностно-активными веществами – торфом. При этом увеличивается поглощающая способность торфа, что способствует перераспределению влаги из шламов, обезвоживанию шламов и повышению их сыпучести. Такая смесь легко шихтуется в агломерационном процессе. Кроме того, торф является полезной добавкой, позволяющей сократить расход твёрдого топлива при агломерации [10].

Производство железосодержащих брикетов

Одним из способов утилизации металлургических шламов является производство брикетов. Разработан способ производства железосодержащих брикетов с использованием разного рода железосодержащих материалов, в том числе металлургических шламов и других отходов [11]. Способ включает смешивание железосодержащего сырья с органичной добавкой и окуско-

вание полученной смеси, причем в качестве железосодержащего сырья используют замавленную прокатную окалину, металлургические шламы, возврат агломерата, отсев агломерата, колошниковую пыль, обогащённый шлак, железорудный концентрат, железную руду, пыль электрофильтров. В качестве органической добавки применяют смеси отработанных масел и битумно-рубероидных материалов. Химический состав используемых металлургических шламов приведен в табл. 2.

Использование данного способа обуславливает снижение себестоимости и уменьшение экологического риска производства железосодержащих брикетов.

Вопросам утилизация металлургических шламов с получением брикетов посвящена работа [12]. Отмечено, что в сутки на ОАО «Северсталь» (г. Череповец) при подготовке и осуществлении конверторных процессов изымается из производства и теряется в виде мелкодисперсной пыли 800 т конверторного шлама. Авторы считают, что технологический цикл «железосодержащие отходы – брикет» легко автоматизируется и может быть встроен в современное металлургическое производство, в том числе в гибкие производственные системы. В качестве исходного материала для исследований использовали сухой железосодержащий шлак, образуемый в конверторном производстве в процессе плавки стали. Экспериментально определена следующая технологическая схема приготовления смеси: 1) ввод в смеситель (бегун) установленного количества сухих фракций смеси, продолжительность перемешивания сухих компонентов 1,5...2,0 мин; 2) ввод в однородную массу сухой шихты жидкого стекла на натриевой основе в качестве связующего; 3) перемешивание полученной смеси в течение 3 мин.

Спроектирован участок для утилизации металлургических отходов конверторных производств на производственных площадях ОАО «Северсталь». Реализация данной работы, как

Таблица 2

Химический состав металлургических шламов

Компоненты	Текущие шламы газоочисток				Заскладированные шламы
	Агломерационные	Доменные	Мартеновские	Конвертерные	
Fe _{общ}	55,5–60,1	29,7	58,2–58,3	43,7	39,0–52,8
FeO	17,9–18,5	7,22	5,56–12,6	11,3	7,5–19,9
Fe ₂ O ₃	58,83–66,07	34,46	69,52–77,2	19,95	47,94–53,41
SiO ₂	6,5–9,6	6,5	3,1–5,0	3,5	4,2–10,4
MgO	0,75–1,18	0,77	0,87–2,63	6,1	2,77–4,14
CaO	4,9–5,5	18,6	3,04–5,5	15,7	7,8–9,6
MnO	0,17–0,24	0,63	0,47–0,67	0,6	0,31–0,64
C	1,78–3,42	12,63	1,8–4,65	3,2	2,41–14,66
Al ₂ O ₃	0,27	0,75	-	-	-

считают авторы, обеспечит: вовлечение в сферу материального производства тонкодисперсных металлургических железосодержащих отходов (шламов); получение в качестве готового продукта (брикет) материалов, обладающих потребительской стоимостью, и обеспечение рентабельности их производства; снижение расходов на шихтовые материалы и расходов на транспортные грузоперевозки; исключение расходов по складированию и хранению шламов на внешнем полигоне промотходов; охрану окружающей среды и содействие созданию экологически безопасной среды обитания человека; практически безотходную технологию утилизации тонкодисперсных отходов конвертерного производств.

Для шламов конвертерного производства стали ПАО «Мечел» (Россия) предложена технология переработки шламов конвертерного производства и замасленной окалины прокатного производства с получением брикетов, используемых в доменном процессе [13]. Химический состав шламов кислородно-конвертерного производства «Мечел» приведён в табл. 3.

Таблица 3
Химический состав конвертерных шламов, масс. %

Fe	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	ZnO	MnO	MgO	Cr ₂ O ₃	Pb
58,0	3,4	12,1	0,25	3-4	0,96	2,2	0,39	1-2

Объём образования конвертерного шлама на предприятии составляет около 1 млн т в год. Применение термообработки замасленной окалины в смеси с конвертерным шламом позволит создать в барабанной печи восстановительную атмосферу, что обеспечит восстановление оксидов цинка и свинца до металлов. Наиболее экономично восстановление оксидов свинца и цинка проводить в двух последовательно расположенных вращающихся печах. В первой печи для полного восстановления оксида свинца до металла достаточно поддерживать температуру 500–600 °С и отделять расплавленный свинец через специальную летку, расположенную в нижней части печи. Для полного восстановления оксида цинка температуру во второй печи необходимо повышать до 1100–1200 °С, а отделение расплавленного цинка проводить после охлаждения паров цинка в конденсаторе до температуры 530–560 °С. Обожжённый шлак и окалина после охлаждения подаются в бункер прокалённой смеси ковшовым элеватором и далее вместе с добавкой вяжущего и смешивания смеси в шнековом смесителе подвергаются прессованию на пресс-валках. Брикетты из бункера готовой продукции отгружаются автотранспортом в доменный цех на переработку.

Необходимо отметить, что целесообразным является разработка на базе теоретических и

экспериментальных исследований технологий и оборудования по переработке обводнённых металлургических шламов текущих производств с целью их утилизации, что позволит снизить экологически опасное воздействие на окружающую среду шламонакопителей агломерационного и доменного производства в районах размещения крупнотоннажных отходов газоочисток металлургических заводов.

Выводы

1. Металлургическое производство в Украине сопровождается образованием огромного количества промышленных отходов, достигающих 30 % объёма выпуска стали.

2. Актуальность проблемы переработки отходов металлургических производств заключается в разработке эколого-экономически целесообразных технологий производства продукции, их внедрении на металлургических заводах Украины, сокращении объёма лежалых промышленных отходов, снижении степени загрязнения окружающей природной среды, сокращении энергозатрат и экономии природных ресурсов.

3. Основные виды дисперсных железосодержащих отходов металлургических производств – это шламы агломерационных фабрик; шламы доменного производства, в том числе газоочисток доменных печей и подбункерных помещений доменных печей; шламы газоочисток мартеновских печей, конвертеров, электросталеплавильных печей.

4. Переработка шламов металлургических производств предусматривает обезвоживание осадением в отстойниках, фильтрование, при необходимости сушку, обесцинкование. Извлечение цинка осуществляться в основном пирометаллургическими способами. Обезвоженные и обесцинкованные шламы утилизируют в агломерационном производстве. Разработаны технологии переработки шламов металлургических производств, в частности конвертерного, в брикетты.

5. Перспективной, на наш взгляд, является разработка технологических решений по переработке металлургических шламов текущих производств с целью их утилизации и снижения техногенной нагрузки на окружающую среду.

Библиографический список / References

1. Современное состояние проблемы образования и накопления промышленных отходов в Украине / А. М. Касимов, А. М. Коваленко, А. А. Романовский, А. В. Носова // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: Зб. наук нр. Укр. НДІЕП. – Харків: Райдер, 2008. – Вип. XXX. – С. 23–35.

Kasimov A. M., Kovalenko A. M., Romanovskiy A. A., Nosova A. V. *Sovremennoe sostoyanie problemy*

obrazovaniya i nakopleniya promyishlennyih othodov v Ukraine. Problemi ohoroni navkolishnogo prirodnoho seredovischa ta ekologichnoyi bezpeki. Kharkiv, Rayder, 2008, issue 30, pp. 23-35.

2. Коваленко А. М. О шламах газоочисток доменного и сталеплавильного производств / А. М. Коваленко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 2 (56). – С. 4–8.

Kovalenko A. M. *O shlamah gazoochistok domennogo i staleplavilnogo proizvodstv. Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovyih tehnologiy. 2012, no. 2 (56), pp. 4-8.*

3. Управление опасными промышленными отходами. Современные проблемы и решения / А. М. Касимов, Л. Л. Товажнянский, В. И. Ташинский и др.; под ред. А. М. Касимова. – Х.: Изд. Дом. НТУ «ХПИ», 2009. – 500 с.

Kasimov A. M., Tovazhnyanskiy L. L., Tashinskiy V. I. *Upravlenie opasnyimi promyishlennymi othodami. Sovremennyye problemy i resheniya. Kharkiv, NPI Publ. 2009, 500 p.*

4. Утилизация цинкосодержащих шламов газоочисток доменного и сталеплавильного производств / Ф. М. Касимов, О. Е. Леонова, А. М. Коваленко и др. // Сотрудничество для решения проблемы отходов: III междунар. конф., 7–8 февраля 2006 г.: тезисы докл. – Х., 2006 – С. 125–127.

Kasimov F. M., Leonova O. E., Kovalenko A. M. *Utilizatsiya tsinkosoderzhaschih shlamov gazoochistok domennogo i staleplavilnogo proizvodstv. Sotrudnichestvo dlya resheniya problemy othodov: III mezhdunar. konf., 7–8 February, 2006. Kharkiv, 2006, pp. 125-127.*

5. Декларационный патент на корисну модель 15514, Україна, МПК (2006); С22В7/02; С22В5/10 (2006.01). Спосіб переробки відходів газоочищення металургійного виробництва [О. М. Касимов, О. М. Коваленко, О. О. Романовський]. Заявлено 21.11.05; Опубл. 17.07.2006, офіц. бюл. «Промислова власність», 2006. – № 7. – 6 с.

Kasimov O. M., Kovalenko O. M., Romanovskiy O. O. *Deklaratsiyuniy patent na korisnu model 15514, UkraYina, MPK (2006); S22V7/02; S22V5/10 (2006.01). Sposib pererobki vidhodiv gazoochischen metalurgiyynogo virobnitstva. Zayavleno 21.11.05; Opubl. 17.07.2006, ofIts. byul. "Promislova vlasnist", 2006, no. 7, 6 p.*

6. Горлова О. Е. Изыскание путей комплексной переработки шламов доменного производства / О. Е. Горлова, А. Н. Тарасова, О. Г. Ефремова // Вестник МГТУ им. Г. И. Носова. – 2005. – № 4. – С. 4–6.

Gorlova O. E., Tarasova A. N., Efremova O. G. *Izyiskanie putey kompleksnoy pererabotki shlamov domennogo proizvodstva. Vestnik MGTU im. G. I. Nosova. 2005, no. 4, pp. 4-6.*

7. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://podrobnosti.ua/516562-kak-utilizirovat-terrikony-promothodov.html>

Electronic resource. Available at: <http://podrobnosti.ua/516562-kak-utilizirovat-terrikony-promothodov.html>

8. Пат. 57465 Україна, МПК 7 С22В1/00. Спосіб переробки шламів металургійних підприємств / Ю. В. Брегман, О. В. Дубина, А. В. Кекух, І. М. Коваленко, І. Г. Ковзун, В. М. Корякін, І. М. Любимов, М. М. Омесь, І. Т. Проценко, А. В. Сокурченко, З. Р. Ульберг, В. О. Шеремет (Україна); № 2002108450; Заявл. 24.10.02; Опубл. 16.06.03, Бюл. № 6. – 3 с.

Bregman Yu. V., Dubina O. V., Kekuh A. V., Kovalenko I. M., Kovzun I. G., Koryakin V. M., Lyubimov I. M., Omes M. M., Protsenko I. T., Sokurenko A. V., Ulberg Z. R., Sheremet V. O. *Pat. 57465 UkraYina, MPK 7 S22V1/00. Sposib pererobki shlamiv metalurgiyynih pidpriemstv (Ukrayina); no. 2002108450; Zayavl. 24.10.02; Opubl. 16.06.03, Byul. no. 6, 3 p.*

9. Пат. 53360 Україна, МПК 7 С22В1/16, F23G7/00. Спосіб використання залізовмісних відходів в агломераційному процесі / Ю. В. Брегман, О. В. Дубина, А. В. Кекух, І. М. Коваленко, В. М. Корякін, М. І. Котляр, І. М. Любимов, Г. І. Орел, П. І. Оторвін, С. В. Пустоветов, І. М. Сміяненко, А. В. Сокурченко, О. М. Страшко, В. О. Шеремет (Україна); № 2002053748; Заявл. 07.05.02; Опубл. 15.01.03, Бюл. № 1. – 3 с.

Bregman Yu. V., Dubina O. V., Kekuh A. V., Kovalenko I. M., Koryakin V. M., Kotlyar M. I., Lyubimov I. M., Orel G. I., Otorvin P. I., Pustovetov S. V., Smiyanko I. M., Sokurenko A. V., Strashko O. M., Sheremet V. O. *Pat. 53360 UkraYina, MPK 7 S22V1/16, F23G7/00. Sposib vikoristannya zalizovmisnih vidhodiv v aglomeratsiynomu protsesi (Ukrayina); no. 2002053748; Zayavl. 07.05.02; Opubl. 15.01.03, Byul. no. 1, 3 p.*

10. Пат. 41130 Україна, МПК 7 С02F11/12, С02F11/16. Спосіб отримання суміші з залізовмісного шламу та модифікуючої добавки / О. В. Дубина, В. О. Шеремет, О. О. Гогенко, Л. Ю. Фрадкін, І. М. Сміяненко, Г. В. Козенко, М. М. Омесь, А. В. Кекух, О. Я. Зусмановський, С. М. Крипак, М. І. Котляр, О. М. Гришин (Україна); № 2001021285; Заявл. 22.02.01; Опубл. 15.08.01, Бюл. № 7. – 2 с.

Dubina O. V., Sheremet V. O., Gogenko O. O., Fradkin L. Yu., Smiyanko I. M., Kozenko G. V., Omes M. M., Kekuh A. V., Zusmanovskiy O. Ya., Kripak S. M., Kotlyar M. I., Grishin O. M. *Pat. 41130 UkraYina, MPK 7 S02F11/12, C02F11/16. Sposib otrimannya sumishi z zalizovmlsnogo shlamu ta modifikuyuchoyi dobavki (Ukrayina); no. 2001021285; Zayavl. 22.02.01; Opubl. 15.08.01, Byul. no. 7, 2 p.*

11. Пат. 103596 Україна, МПК С22В1/24, С22В1/244. Спосіб виробництва залізовмісних брикетів / В. В. Іванченко, В. М. Корякін, В. І. Яцьків, Є. В. Яцьків, О. В. Корякіна (Україна); № u201505586; Заявл. 08/06/15; Опубл. 25.12.15, Бюл. № 24. – 10 с.

Ivanchenko V. V., Koryakin V. M., Yatskiv V. I., Yatskiv E. V., Koryakina O. V. Pat. 103596 Ukraina, MPK S22V1/24, C22V1/244. Spisib virobnitstva zalizovmsnih briketiv (Ukrayina); no. u201505586; Zayavl. 08/06/15; Opubl. 25.12.15, Byul. no. 24, 10 p.

12. Технология и экономическая эффективность переработки железосодержащих отходов (шламов) конвертерного производства ОАО «Северсталь» в прочные брикеты / Е. М. Бульжев, В. Н. Кокорин, А. С. Марков, А. А. Митюшкин и др. // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – 2009. – Т. 11, № 3 (2). – С. 404–408.

Bulyizhev E. M., Kokorin V. N., Markov A. S., Mityushkin A. A. *Tehnologiya i ekonomicheskaya effektivnost pererabotki zhelezosoderzhaschih othodov (shlamov) konverternogo proizvodstva ОАО "Severstal" v prochnyye brikeyi.* Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy Akademii nauk, 2009, vol. 11, no. 3 (2), pp. 404-408.

13. Добровольский И. П. Перспективная технология переработки шламов конвертерного производства и замасленной окалины / И. П. Добровольский, П. Н. Рымарёв // Вестник Челябинского гос. Университета, 2010. – № 8 (189). – С. 40–45.

Dobrovolskiy I. P., Ryimaryov P. N. *Perspektivnaya tehnologiya pererabotki shlamov konverternogo proizvodstva i zamaslennoy okalinyi.* Vestnik Chelyabinskogo gos. Universiteta, 2010, no. 8 (189), pp. 40-45.

Purpose. In the article cited data about an amount and quality of slime wastes of metallurgical productions, and also review of technological decisions on their processing.

Findings. It is shown, that basic directions of processing of slime wastes of metallurgical productions it is presently been: dehydration and dezincing of domain gas cleaning slime, here dezincing conduct mechanical methods (deslimation) or pyrometallurgical methods with the receipt of granular dezincing ferriferous product, and also receipt of ferriferous briquettes from metallurgical slime, in particular the micronized wastes of converter production.

Originality. Development of technological solutions for the processing of metallurgical slurries of current production.

Practical value. Development of technological decisions on processing of watered metallurgical slime of current productions with the purpose of their utilization will allow to bring down the technogenic loading on an environment.

Key words: metallurgical slime, gas cleaning slime, dehydration, dezincing, granulation, briquetting, tailing dump.

**Рекомендована к публикации
д. т. н. А. Д. Учителем**

Поступила 19.01.2018

