**УДК 669**

**Совершенствование способов утилизации железосодержащих пылей и шламов металлургического производства**

***А.Т. Сулейменов, магистрант Инновационного Евразийского университета, гр. МТЛ- 202(м)***

*Ю.Б. Ичева, к.т.н, доцент Инновационного Евразийского университета*

***Инновационный Евразийский Университет (г. Павлодар),***

***Е-mail:*** [*aidos\_usolka007@mail.ru*](mailto:aidos_usolka007@mail.ru)

*Аннотация. Сделана работа по исследованию физико-химических характеристик железосодержащих отходов. Разработка технологической схемы переработки железосодержащих пылей и шламов для использования в агломерационном производстве*

Во всех металлургических процессах образуется значительное количество пыли, которую необходимо улавливать и утилизировать с целью извлечения содержащихся в них металлов и поддержания необходимого уровня охраны окружающей среды. Для этого применимы системы сухого и мокрого пылеулавливания. Основная проблема при улавливании металлургической пыли – повышенное содержание цинка и свинца, которые нарушают процессы пылеулавливания и собственно выплавки.

Отходы металлургических производств можно условно подразделить на 2 группы:

1.Отходы черной металлургии.

2.Отходы цветной металлургии.

На металлургическом комбинате с замкнутым циклом (чугун-сталь-прокат) твердые отходы могут быть двух видов-пыли и шлаки. Довольно часто применяется мокрая газоочистка, тогда вместо пыли отходом является шлам. Наиболее ценными для черной металлургии являются железосодержащие отходы (пыль, шлам, окалина), в то время как шлаки в основном используются в других отраслях промышленности. При работе основных металлургических агрегатов образуется большее количество тонкодисперсной пыли, состоящей из оксидов различных элементов. Последняя улавливается газоочистными сооружениями и затем либо подается в шламонакопитель, либо направляется на последующую переработку (в основном как компонент аглошихты). Шламы можно разделить на:

• шламы агломерационных фабрик;

• шламы доменного производства:

→ газоочисток доменных печей;

→ подбункерных помещений доменных печей;

• шламы сталеплавильного производства:

→ шламы газоочисток мартеновских печей;

→ шламы газоочисток конвертеров;

→ шламы газоочисток электросталеплавильных печей.

По содержанию железа их подразделяют следующим образом:

→ богатые (55-67%)-пыль и шлам газоочисток мартеновских печей и конвертеров;

→ относительно богатые (40-55%)-шламы и пыли аглодоменного производства;

→ бедные (30-40%)-шлам и пыль газоочисток электросталеплавильного производства. Основными характеристиками шламов являются химический и гранулометрический состав, однако при подготовке шламов к утилизации необходимо знать параметры, как плотность, влажность, удельный выход и др. Следует отметить, что пыли (шламы) металлургических предприятий по химическому (и отчасти по гранулометрическому) составу отличаются друг от друга, поэтому эти характеристики представлены далее в усредненном виде.

Актуальность данной темы. В наше время существует просто огромное количество самых разных предприятий, расположенных во многих точках нашей планеты. Следует понимать, что лишь малый процент из них имеют возможность похвастаться такой роскошью, как безотходное производство. Остальные предприятия, зачастую, пытаются справляться с имеющимися отходами собственными силами. Что, чаще всего, не очень получается. Человечество обрастает заводами, различными производствами, следовательно, и отходов становится все больше. Именно поэтому утилизация отходов в наше время является очень актуальной темой.

Шлам (от нем. Schlamm - грязь) - отходы продукта, составляющие пылевые и мелочные его части, получаемые в виде осадка при промывке какого-либо рудного материала. Во всех металлургических переделах образуется значительное количество пыли, которые необходимо улавливать и утилизировать с целью извлечения содержащихся в них металлов и поддержания необходимого уровня охраны окружающей среды. Железосодержащие шламы металлургических предприятий образуются в процессе агломерации железных руд - шламы от газоочистки, аспирационные шламы, шламы гидросмыва рабочих площадок; в доменном переделе - колошниковая пыль, шламы мокрой газоочистки, аспирационные шламы литейных дворов и бункеров; в сталеплавильном производстве - мартеновские и конвертерные шламы мокрой и сухой газоочистки, а также крупная и мелкая прокатная окалина. Основная масса металлургических шламов содержит от 45 до 70 % железа. Таким образом, железосодержащие шламы представляют собой новый особый вид сырья для черной металлургии. Шламы являются вторичным техногенным сырьем. Обезвоженные шламы и уловленные пыли всех металлургических производств используются преимущественно в качестве добавок в аглошихту и являются заменой части первичного рудного сырья. Классификация отходов производства возможна по различным признакам, среди которых основными можно считать следующие: а) по отраслям промышленности-черная и цветная металлургия, рудо- и угледобывающая промышленность, нефтяная и газовая и т.д.; б) по фазовому составу твердые (пыли, шламы, шлаки), жидкие (растворы, эмульсии, суспензии), газообразные (оксиды углерода, азота, соединение серы и др.); в) по производственнным циклам при добыче сырья (вскрышные и овальные породы), при обогащении (хвосты, шламы, сливы), в пирометаллургии (шлаки, шламы, пыли, газы), в гидрометаллургии (растворы, осадки, газы). На металлургическом комбинате с замкнутым циклом (чугун-сталь-прокат) твердые отходы могут быть двух видов-пыли и шлаки. Довольно часто применяется мокрая газоочистка, тогда вместо пыли отходом является шлам. Наиболее ценными для черной металлургии являются железосодержащие отходы (пыль, шлам, окалина), в то время как шлаки в основном используются в других отраслях промышленности. При работе основных металлургических агрегатов образуется большее количество тонкодисперсной пыли, состоящей из оксидов различных элементов. Последняя улавливается газоочистными сооружениями и затем либо подается в шламонакопитель, либо направляется на последующую переработку (в основном как компонент аглошихты). Шламы можно разделить на: )шламы агломерационных фабрик; а)газоочисток доменных печей; б)подбункерных помещений доменных печей; )шламы газоочисток мартеновских печей; )шламы газоочисток конвертеров; )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. Основными характеристиками шламов являются химический и гранулометрический состав, однако при подготовке шламов к утилизации необходимо знать параметры, как плотность, влажность, удельный выход и др. Следует отметить, что пыли (шламы) металлургических предприятий по химическому (и отчасти по гранулометрическому) составу отличаются друг от друга, поэтому эти характеристики представлены далее в усредненном виде. Шламы пылеулавливающих устройств доменной печи образуются при очистке газов, выходящих из нее, обычно в скрубберах или трубах Вентури. Перед ними устанавливаются радиальные или тангенциальные сухие пылеуловители, в которых улавливается наиболее крупная, так называемая колошниковая, пыль, которая возвращается в аглопроизводство как компонент шихты. Технология подготовки шламов доменных газоочисток предусматривает обезвоживание осаждением в отстойниках, фильтрование в аппаратах различного типа и при необходимости термическую сушку. Особенностью шламов доменных газоочисток является повышенное содержание в них цинка. Вследствие этого при подготовке их к использованию в качестве компонента доменной шихты необходимо проводить обесцинкование. Последняя может проводиться как пиро - , так и гидрометаллургическими способами. При содержании в шламах цинка > 12 % они могут использоваться как сырье для его получения. Шламы подбункерных помещений доменных печей, как указывалось ранее, похожи по химическому и гранулометрическому составам на шламы аглофабрик, поэтому в настоящее время единственным направлением утилизации этих шламов является использование их в качестве компонента аглошихты. Подготовка их в этом случае предусматривает обычные стадии обезвоживания; желательно, чтобы этот материал, смешиваемый с другими компонентами аглошихты, имел зернистую структуру. Это улучшает окомкование аглошихты и приводит к увеличению газопроницаемости ее слоя, что благотворно сказывается на производительности агломашины и качестве агломерата. Обезвоживание шламов.

Пыли металлургического производства обычно не требуют какой - либо предварительной подготовки перед утилизацией. Шламы, прежде чем их использовать (например в качестве компонента шихты), необходимо подвергнуть обезвоживанию (сгущению, фильтрованию, сушке). Сгущение - процесс повышения концентрации твердой фазы в сгущаемом продукте (шлам, пульпа), протекающий под действием гравитационных и (или) центробежных сил. При сгущении шламов стремятся получить не только осадок достаточной плотности, но и возможно более чистый слив, что позволяет использовать последний в оборотном цикле и исключить потери твердого продукта. Поскольку количество воды в сгущаемом продукте составляет 30 - 60%, то использовать такой обводненный материал в качестве добавки к аглошихте или окомковывать его с целью получения окатышей практически невозможно. Поэтому сгущенный продукт необходимо профильтровать для того, чтобы содержание влаги в нем снизить до 8 - 10%. При фильтровании шламов происходит процесс разделения жидкого и твердого под действием разрежения или давления, сопровождающийся удалением влаги через пористую перегородку (обычно фильтровую ткань и частично осадок). На фильтрование обычно подают шламы, частицы которых имеют размер<1 мм, так как обезвоживать такие дисперсные системы другими методами нецелесообразно из - за малой скорости удаления влаги и, как следствие, значительной влажности получаемого осадка. Процесс фильтрования зависит от многих факторов, основные из которых следущие: содержание твердого в шламе, крупность твердой фазы, разность давлений по обе стороны фильтрующей перегородки и др. В настоящее время разработаны различные технологии комплексной переработки шламов (пылей); часть из них реализована в промышленном масштабе за рубежом. У нас такие технологии разрабатываются на уровне исследовательских работ и полупромышленных испытаний. Промышленного производства металлизованных окатышей из шламов (пыли) аглодоменного и сталеплавильного производств пока нет; эти материалы используются лишь как компоненты аглошихты. Разработана технология использования шламов доменного, мартеновского, конвертерного и частично электросталеплавильного производств на Челябинском металлургическом комбинате (ЧМК). Отделение подготовки к утилизации железосодержащих шламов работает последующей схеме: шламы из радиальных отстойников после сгущения до 600 г/л поступают в вакуум - фильтры, а после них (с влажностью 36%) в сушильные барабаны; затем шламы с влажностью 10% подаются на аглофабрику. Известно, однако, что использование шламов в качестве компонента аглошихты осложняется нестабильностью их химического и гранулометрического состава, что требует разработки технологии рекуперации этих материалов в каждом конкретном случае. Использование в аглошихте таких тонкодисперсных материалов, как шламы сталеплавильного производства, приводит к ухудшению газопроницаемости спекаемого слоя и вследствие этого к снижению производительности агломашины. Кроме того, увеличивается вынос весьма мелких частиц (размером <10 мкм), которых в шламах содержится до 30 - 40%, что значительно снижает эффективность работы газоочистных установок. Использование шламов препятствует высокое содержание в них цинка (в конверторных шламах его < 1%, в остальных 0. 4 - 0. 6 %), причем при кругообороте цинка в печи агломерат - доменная печь - шламы доменных газоочисток его количество в последних возрастает. Институтом "Уралмеханобр" совместно с Карагандинским металлургическим комбинатом разработана новая технология утилизации железосодержащих шламов в аглопроизводстве. По существующей схеме шламы аглофабрик 1 и 2, подбункерных помещений доменныхпечей 3 и 4, тракта шихтоподачи дробильно - сортировочной фабрики сгущают и обезвоживают (крупнозернистую фракцию на ленточных, тонкозернистую - на дисковых вакуум - фильтрах). Обезвоженные продукты объеденяют и подают в шихтовое отделение аглофабрики 2. По новой технологии шламы после двустадийного сгущения с содержанием твердого 40 - 50 % подают в распыленном виде в первичные смесители аглошихты вместо технической воды. В результате шлам достаточно равномерно распределяется в объеме аглошихты, а вся шихта увлажняется до необходимого уровня при значительном сокращении расхода технической воды. На Орско - Халиловском металлургическом комбинате была разработана и опробована технология получения во вращающейся печи окускованного продукта из смеси доменного и мартеновского шламов. Длина барабана 18 м, угол наклона 2 (диаметр не приводится). Шлам влажностью 30 - 70 % подавали в печь с помощью специальной форсунки, процесс спекания регулировали изменением скорости вращения печи, интенсивностиподачи шлама и тепловой нагрузки. Способ переработки пылей и шламов следует выбирать для каждого металлургического завода в соответствии с характеристиками образующихся отходов. В таблице 1 показаны особенности и разновидности этих способов. С точки зрения переработки пыли и шламов заслуживают особого внимания способы, в которых извлекают цинк, свинец, соединения щелочных металлов (классификация исходного материала в аппаратах типа гидроциклонов, получение хлорированных и металлизованных окатышей). Эти способы широко применяются в Японии, где в конце 60 - х - начале 70 - х годов большое внимание было обращено на производство металлизованных окатышей с использованием в качестве востановителя угля. Как уже указывалось, общим для этих процессов является использование для востановительного обжига окатышей вращающейся (трубчатой) печи. Отличаются они в основном технологией подготовки исходных материалов. В последние годы на таких установках вместе с вращающейся печью работает устройство типа аглоленты, на которой осуществляются сушка и предварительный нагрев окатышей теплом дыма, уходящего из трубчатой печи решетка - трубчатая печь. Строительство таких установок довольно дорого, поэтому японской фирмой "Раса" был разработан альтернативный 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 в вакуум - фильтры, затем в тарельчатый окомкователь для получения миниокатышей (1 - 5 мм), которые далее поступают на агломашину. Слив гидроциклонов с содержанием твердого 2% подают в отстойники, откуда через 3 ч шлам с концентрациейтвердых частиц 9% 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 удается снизить до 2 кг/т чугуна, а количество цинка, поступающего в доменную печь с агломератом, состовляет 0. 2 кг/т чугуна. В процессе Раса - НГП используется специальный агрегат, с помощью которого с твердых частиц снимается (обдирается) поверхостный слой, содержащий соединения цинка. Капитальные и эксплуатационные затраты на строительство установки, работающей по этому процессу, в 10 - 15 раз ниже затрат в случае использования, например, способа СЛ - РН. Проектная производительность одной установки составляет 120 тыс. т в год (по исходному сырью).

Обесцинкивание железосодержащих пылей. В пылях доменного (в меньшей степени конвертерного и электросталеплавильного) производства содержится довольно значительное количество цинка, свинца и солей щелочных металлов, вредно влияющих на процесс получения чугуна. Особенно нежелателен цинк, вызывающий образование настылей в доменной печи, разрушение ее футеровки, ухудшающий качество агломерата, изготовленного из сырья с большим содержанием цинка. При утилизации таких пылей присадкой их в агломерационную шихту происходит накоплениецинка в получаемом агломерате. По существующим нормам содержание цинка в сырье, поступающем в доменную печь, не должно превышать 1. 0 %, в то время как в пылях доменных газоочисток его содержание может доходить до 15. 3 % на Кузнецком металлургическом комбинате ( по данным 1986 г. ), 3. 8 % на Череповецком, 1. 94 % на Нижнетагильском, 1. 5 - 2. 77 % на Западно - Сибирском металлургическом комбинате (на заводах Украины не превышает 0. 5 %). Это свидетельствует о необходимости обесцинкования пылей (шламов), имеющих повышенное содержание цинка. Разработаны два типа процессов извлечения цинка из исходного материала (окисленные цинковые руды, цинковые шлаки и кеки, пыли, шламы) - пиро - и гидрометаллургический. Первый применяется в основном в черной металлургии, второй - в цветной. Основой пирометаллургического процесса извлеченияцинка (и свинца) является восстановительный обжиг сырья чаще всего во вращающихся (трубчатых) печах, восстановитель кокс, а в

последние годы энергетический уголь. Можно утверждать, что все процессы получения металлизованных окатышей так или иначе связаны с отгонкой цинка из исходной шихты и последующим улавливанием его в виде оксида либо металлического цинка. Взаимодействие углерода с оксидом цинка протекает по реакциям ZnO + C = Zn(пар) + CO; ZnO + C = 2 Zn(пар) + CO2. Первая реакция пртекает при температуре 950 С, вторая - при 1070 С и выше, причем возгонка цинка наиболее интенсивно идет при 980 - 1000 С. Установлена линейная зависимость между количеством получаемого цинка и степенью металлизации шихты. Вчастности, в конце трубчатой печи степень возгонки цинка возрастает до 96 - 98 %, свинца - до 99 %, а степень металлизации - до 94 %. При температуре выше 1100 С существенноускоряется процесс возгонки всех цветных металлов, содержащихся в сырье. В возгонках восстановительного обжига пылей доменных газоочисток может находится значительное количество редкоземельных элементов (например, теллура и индия до 0. 15 кг/т пыли). Предварительная подготовка пыли (кека) обычно заключается в их грануляции с получением окатышей диаметром 5 - 15 мм. В последние годы разрабатываются новые способы извлечения цинка и других цветных металлов из дисперсных отходов металлургического производства. В частности, был предложен процесс их обесцинкования путем электроплавки окатышей, полученных из пыли, в дуговой электропечи. Принципиально этот метод заключается в следующем. При получении окатышей в них "накатывался" углеродосодержащий материал (например, молотый кокс) с тем, чтобы при плавке их в дуговой печи образовывалась восстановительная атмосфера. Оксиды кремния, кальция, марганца, имеющиеся в окатышах, представляют собой по существу пустую породу; при плавке они образуют шлаковый расплав, который периодически выпускается из печи. Цветные металлы возгоняются и образующийся пылегазовый поток направляется в газоочистные сооружения через окислительную камеру. Цветные металлы превращаются в оксиды, которые затем и улавливаются. Уловленная пыль содержит до 50 % цинка. Кроме того, газовым потоком выносятся и такие металлы, как индий, таллий, кадмий. Возможно проведение процесса обесцинкования с использованием плазмы. В способе "Плазмадаст" (Швеция) восстановительным агрегатом является шахтная печь, в которую загружаются исходный материал (пыль) и коксовая мелочь. В нижней части ее располагаются плазматроны. В восстановительной атмосфере печи оксид цинка восстанавливается до чистого цинка, который, находясь в парообразном состоянии, вместе с отходящими газами поступает в конденсатор, где конденсируется до жидкого металла.

Агломерационные шламы (аглошламы) образуются при гидроулавливании пыли из мешков мультициклонов, аппаратов мокрой очистки технических и аспирационных газов, при гидравлической уборке помещений и промывке трубопроводов агломерационных фабрик. В остальных случаях аглошламы образуются за счет потерь рудной смеси при гидроочистке вагонов и при гидроудалении коллекторной пыли. Ш(шлам) агломерационных фабрик принадлежат к группе, относительно богатой железом; по основным химическим компонентам они близки к агломерационной шихте (40-60 % Fеобщ). Наиболее существенными факторами, влияющими на образование агломерационных Ш., являются: число зон агломерационной установки, имеющих газоочистку (зоны спекания, охлаждения); характер удаления коллекторной пыли (очистка мокрая и сухая); наличие гидросмыва. При наличии газоочистки только в зоне спекания удельный выход шламов составляет 10—15 кг/т агломерата. При дополнительной очистке отходящих газов в зоне охлаждения удельный выход Ш. повышается до 23,3—27,9 кг/т агломерата.

Необходимым условием успешной утилизации шламов является правильная их подготовка. Основные процессы, предшествующие использованию шламов - сгущение, фильтрование, термическая сушка. Использование влажных шламов без специальных установок затрудняет их транспортирование, загрязняет территорию завода, оборудование и помещения. Кроме того, шлам повышенной влажности плохо смешивается с аглошихтой, ухудшает процесс спекания и снижает прочность агломерата.

Оптимальная для утилизации влажность шламов 8-9%. Механические методы обезвоживания шламов - фильтрование и центрифугирование - обеспечивают влажность шламов 15-25%.

Дальнейшее уменьшение влажности обычно достигается термической сушкой в сушильных барабанах. Понижения влажности после механического обезвоживания можно также добиться смешиванием его с сухими железосодержащими продуктами (горячим возвратом аглофабрик, колошниковой пылью) и негашеной известью (в том числе отходами извести с обжиговых печей), которые имеются на многих металлургических предприятиях. Наиболее эффективная технологическая схема механического обезвоживания шламов аглофабрики характеризуется разделением шлама на две - три фракции, каждая из которых обезвоживается отдельно на аппаратах различного типа. Обычно наиболее крупная фракция обезвоживается в

классификаторах, фракция средней крупности - на ленточных вакуум-фильтрах и наиболее мелкая фракция - на вакуум-фильтрах. Это связано со значительной полидисперсностью шлама аглофабрик. Примером служит схема обезвоживания шламов, обезвоживания шламов агломерационного производства. Чаще для обезвоживания шламов аглопроизводства применяют следующие аппараты: гидроциклоны и спиральные классификаторы, радиальные сгустители, ленточные и дисковые вакуум-фильтры.

За рубежом шлам аглофабрик также используется в основном в качестве добавки к аглощихте. Основными мероприятиями по повышению уровня использования шламов аглофабрик следует считать улучшение качества проектирования объектов, сокращение сроков строительства, введение в эксплуатацию корпусов подготовки шламов к утилизации.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. **Решетняк В., Санковский А., Соляник Д ., Мареев И.**

**Источник:** <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=732383> **© Библиофонд**

2. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка// Файловый архив для студентов — 2015.