

**УДК 669.05****А. П. СИДОРЕНКО**, ведущий инженер,**А. А. АТАМАНЮК**, начальник участка, **В. Е. КОВАЛЕНКО**, заместитель главного энергетика

ОАО «Запорожсталь», г. Запорожье

З. С. МУЗЫКИНА, канд. техн. наук, ученый секретарь

УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

УМЕНЬШЕНИЕ ЗАТРАТ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ОСАДКОВ

В производственных условиях экспериментально доказана возможность малоэнергоемкого гравитационного обезвоживания шламов аглодоменного, литейного производства и окалины прокатного производства. Внедрены схемы гравитационного обезвоживания шламов от мокрых газоочисток аглофабрики, отстойников обжимного цеха и цеха горячей прокатки тонкого листа.

обезвоживание шламов, гравитационное осаждение, затраты

В горнорудной и металлургической промышленности сгущение суспензий, уплотнение и обезвоживание осадков составляют значительную и энергоемкую часть общего объема производства.

В 70–80 гг. в черной металлургии СССР был принят целый ряд новых решений и направлений по очистке сточных вод, сгущению суспензий, уплотнению и обезвоживанию осадков. Это нашло свое отражение в «Указаниях по проектированию объектов энергохозяйства металлургических предприятий» [1]. Однако не все методы обезвоживания, рекомендованные [1], оказались в полной мере эффективными. Одна из причин этого заключается в том, что в черную металлургию без достаточного обоснования были перенесены методы и оборудование по обезвоживанию шламов, применяемых в химической промышленности [2].

Обезвоживание пылесодержащих шламов было рекомендовано вести по двухступенчатой схеме с обезвоживанием крупного класса (0,3–0,5 мм) на ленточных вакуум-фильтрах, а тонкодисперсных шламов – на барабанных или дисковых вакуум-фильтрах и фильтр-прессах.

По указанной схеме запроектированы и построены корпуса обезвоживания шламов на многих металлургических заводах.

Но механическое обезвоживание шламов в черной металлургии является не только более сложным, но и более энергоемким процессом по сравнению с аналогичными операциями в других отраслях промышленности. Работа фильтр-прессов и вакуум-фильтров осложняется еще и тем, что количество шламов в металлургии значительно больше по объему, чем в других отраслях промышленности. По этой причине ряд предприятий, в частнос-

ти, таких, как Запорожский завод «Днепроспецсталь», Запорожский завод ферросплавов вынуждены вывозить сгущенную пульпу после сгустителей большегрузным автотранспортом на гравитационное обезвоживание в условиях длительного отстаивания.

В то же время гранулометрический состав шламов аглодоменного и литейного производства позволяет обезвоживать их менее энергоемким гравитационным способом по одноступенчатой схеме, без разделения на мелкие и крупные фракции, как предусмотрено нормативами.

Физико-химические основы процессов обезвоживания общеизвестны. Вода во влажных шламах содержится как в свободном состоянии ($\omega_{\text{св}}$) так и в физически связанном ($\omega_{\text{ММБ}}$ – максимальная молекулярная влагоемкость). Именно наличие воды в шламах черной металлургии не только в гравитационном состоянии, но и в виде физически связанной влаги затрудняет их обезвоживание.

Максимальная молекулярная влагоемкость выражается в процентах от всех частиц:

$$\omega_{\text{ММБ}} = (g_1 - g_2 / g_2) \cdot 100,$$

где g_1 – вес навески, в порах которой находится максимальное количество физически связанной влаги;

g_2 – вес той же навески после высушивания при температуре 105 °С.

Считают, что физически связанная влага не может вытечь из пор, поэтому принимают:

$$\omega_{\text{св}} = \omega_{\text{пв}} - \omega_{\text{ММБ}},$$

где $\omega_{\text{пв}}$ – полная влагоемкость, %.

$\omega_{\text{св}}$ – водоотдача, %.

В табл. 1 приведены средние данные о водоотдаче рыхлых пород [3].

Таблица 1. Водоотдача рыхлых пород

Наименование пород	Объемный вес скелета, γ , г/см ³	Полная влагоемкость, $\omega_{\text{пв}}$, %	Максимальная молекулярная влагоемкость, $\omega_{\text{ММБ}}$, %	Водоотдача, %
				$\omega_{\text{св}}$
Песок	1,45	31	2	29
Супесь	1,45	31	6	25
Суглинок	1,45	31	15	16
Глина	1,35	35	35	0

Максимальная молекулярная влагоемкость обусловлена той влагой, которая непосредственно смачивает

поверхность частиц. Чем больше удельная поверхность частиц, тем больше $\omega_{\text{ММБ}}$. Это подтверждается и данными табл. 1.

В институте «Механобрчермет» были проведены исследования по влагоемкости шламов Новолипецкого металлургического комбината. По данным исследований удельная поверхность шлама аглоцеха составляет 273,4 м²/кг, ККЦ № 1 – 1000 м²/кг, ККЦ № 2 – 724,2 м²/кг. Соответственно максимальная молекулярная влагоемкость составила: 11,48; 17,5; 14,6 %. Массовая доля влаги в шламе аглоцеха составляет 13,5–14 %, ККЦ № 1 и ККЦ № 2 соответственно 27–30% и 25–27 %. Получаемый на фильтрах осадок шлама аглоцеха по влаге незначительно выше его $\omega_{\text{ММБ}}$. Осадок шламов ККЦ более влажный, чем значение $\omega_{\text{ММБ}}$, – поэтому его сушат в барабанных сушилках.

Если при обезвоживании шламы не разделять на мелкодисперсную и крупнодисперсную взвесь, то можно уменьшить максимальную молекулярную влагоемкость шлама и достичь удовлетворительной степени обезвоживания при длительном отстаивании в бункерах [4]. Таким образом можно обезвоживать шламы аглофабрик, а также шламы литейного производства, состоящие из мелкого песка и глины, и смесь крупной и мелкой окалины.

На меткомбинате «Запорожсталь» накоплен значительный опыт по гравитационному обезвоживанию шламов. Так, при проектировании оборотного цикла водоснабжения шламовых вод аглофабрики на меткомбинате «Запорожсталь» наряду с рекомендованной двухступенчатой схемой разделения суспензии и механическим обезвоживанием шламов была предусмотрена одноступенчатая гравитационная схема с уплотнением и обезвоживанием осадка на двух горизонтальных отстойниках и бункере для обезвоживания.

При пуске в 1994 г. оборотного цикла аглофабрики механическое обезвоживание вызвало некоторые сложности в работе. В эксплуатации были оставлены гидроциклоны-флокуляторы конструкции УкрГНТЦ «Энергосталь» диаметром 12 м, которые без реагентов при гидравлической нагрузке, в два раза меньше нормативной, позволили достичь содержания взвеси в осветленной воде 25–30 мг/л и сгущения пульпы 120 г/л; горизонтальные отстойники, бункер для обезвоживания шламов с рейферным краном.

В результате этого ежегодно 50–60 тыс. тонн шлама влажностью около 30 % отгружают рейферным краном, стационарно установленным над отстойниками и бункером, в железнодорожные вагоны и вывозят на рудный двор для утилизации.

При удалении шлама рейфером происходит нарушение его структуры и высвобождение содержащейся в



нем воды. Загружаемый грейфером в бункер шлам выдавливает воду в вертикальном направлении в виде родников на поверхность шлама в бункере. При полном заполнении бункера шламом выдавленная вода сливается в отстойники. На рис. 1, 2 приведены проектная схема осветления воды и обезвоживания шлама, а также функционирующая в настоящее время схема гравитационного обезвоживания шлама. Из первоначально построенной схемы корпуса обезвоживания шлама (КОШ) исключены: безнапорный гидроциклон, спиральные классификаторы, ленточные вакуум-фильтры, линии транспортеров кека, насосная перекачки пульпы от гидроциклонов-флокуляторов на сгустители диаметром 18 м, каждый из которых имеет шламовую насосную станцию; дисковые вакуум-фильтры, галерея транспортирования кека и другое оборудование.

В схеме с гравитационным обезвоживанием работают гидроциклоны-флокуляторы, две секции горизонтального отстойника, бункер обезвоживания шлама, мостовой грейферный кран.

Реагентное хозяйство и насосная осветленной воды временно не эксплуатируются.

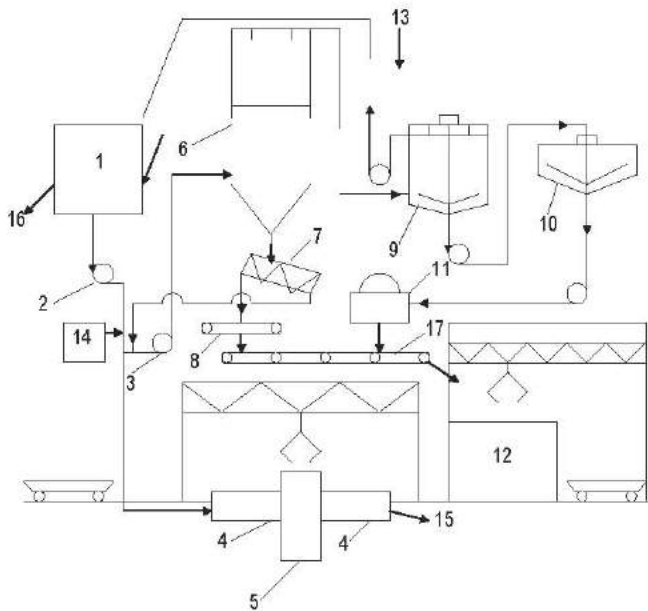


Рис. 1. Проектная схема обратного цикла водоснабжения агломерационного цеха:

1 – аглофабрика; 2 – шламовая насосная аглофабрики; 3 – шламовая насосная обратного цикла; 4 – горизонтальный отстойник; 5 – бункер обезвоживания шлама; 6 – безнапорный гидроциклон; 7 – классификатор; 8 – ленточный вакуум-фильтр; 9 – гидроциклон-флокулятор; 10 – сгуститель; 11 – дисковый вакуум-фильтр; 12 – бункер смеси; 13 – подпитка воды; 14 – реагентное хозяйство; 15 – сброс условно чистой воды; 16 – продувка обратного цикла; 17 – транспортеры.

Соотношение проектных затрат на обезвоживание шлама к фактическим приведено в табл. 2.

На меткомбинате «Запорожсталь» были проведены исследования по гравитационному обезвоживанию шлама газоочисток доменных печей.

В настоящее время шлам газоочисток доменных печей с содержанием взвеси 300–500 г/дм³ подают на дисковые вакуум-фильтры для механического обезвоживания до влажности 25 %. Это требует значительного расхода электроэнергии, компрессорного воздуха, затрат на обслуживание и ремонт механического оборудования.

Нами были проведены опыты по гравитационному уплотнению шлама. При этом шламовую пульпу после сгустителей с содержанием твердого 300 г/дм³ закивали в пустующие бункеры отстойников разливочных машин. После заполнения бункера выгрузку шлама производили грейферным краном. Влажность шлама в бункере составляла 25 %.

Приведенные примеры указывают на возможность гравитационного обезвоживания шлама от мокрых газоочисток доменных печей со значительно меньшими затратами, чем при обезвоживании с использованием вакуум-фильтров и последующей подсушкой шлама. Установлено, что рекомендуемая термическая сушка шлама до влажности 8 % с последующей его выгрузкой на рудный двор неоправдана по энергетическим затратам.

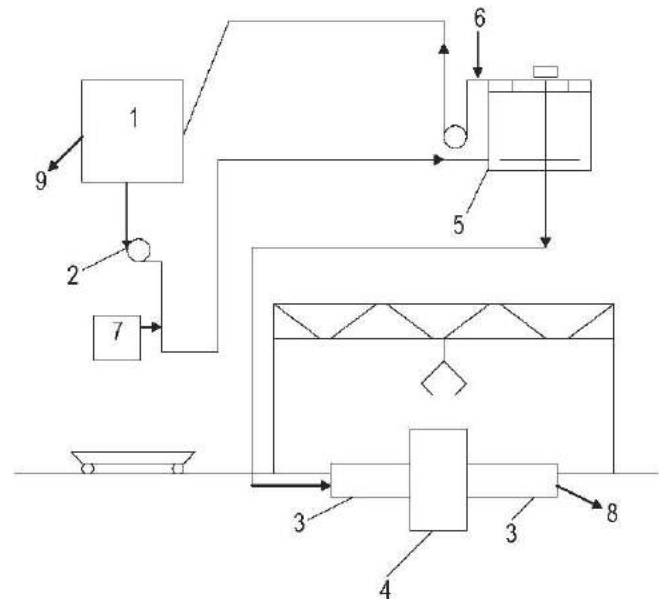


Рис. 2. Существующая схема гравитационного обезвоживания шлама агломерационного цеха:

1 – аглофабрика; 2 – шламовая насосная аглофабрики; 3 – горизонтальный отстойник; 4 – бункер обезвоживания шлама; 5 – гидроциклон-флокулятор; 6 – подпитка воды; 7 – реагентное хозяйство; 8 – сброс условно чистой воды; 9 – продувка обратного цикла.

Таблица 2. Затраты на обезвоживание шламов аглофабрики

Показатель	Ед. изм.	Затраты при работе по проектной схеме	Фактические затраты
Электроэнергия	тыс. кВт·час/год	26000	270
Пар	тыс. т/год	19,2	1,3
Сжатый воздух	тыс. м ³ /год	9301	–
Природный газ	тыс. м ³ /год	14137	–
Доменный газ	тыс. м ³ /год	164160	–
Численность персонала	чел.	90	18

На меткомбинате «Запорожсталь» также имеется опыт гравитационного сгущения окалиносодержащих шламов.

В обжимном цехе комбината находится в эксплуатации оборотный цикл водоснабжения окалиносодержащих вод со временем пребывания воды в яме окалины до 3 минут и последующим осветлением в двух расположенных в цехе двухсекционных горизонтальных отстойниках. Окалину извлекают мостовыми грейферными кранами из ямы непосредственно в вагоны, из отстойников – в бункер для обезвоживания. Время пребывания окалины в бункере составляет 3–5 суток. Сыпучую окалину после бункера отгружают в железнодорожные вагоны и отправляют на утилизацию. Общее количество окалины от обжимного цеха составляет 42–48 тыс. тонн в год.

В цехе горячей прокатки тонкого листа (ГПТЛ) стоки от прокатного стана, загрязненные окалиной и маслом, направляются самотеком в расположенные в цехе ямы окалины черновой, чистовой групп клетей и охлаждения полосы. Время пребывания воды в яме окалины составляет 5 мин. Установленными возле ямы окалины насосами черновой, чистовой групп клетей и охлаждения полосы вода по трубопроводам, уложенным на эстакаде, в количестве до 7 000 м³/час с содержанием взвешенных веществ 300 мг/дм³ перекачивается на площадку оборотного цикла, где осветляется до содержания взвешенных веществ 15–35 мг/дм³ на горизонтальных отстойниках (72 секции), охлаждается на градирнях и подается в цех. Оборотный цикл успешно работает с 1979 г. На площадке оборотного цикла вдоль горизонтальных отстойников установлены наземные бункеры для окалины размером 4×4 м с трехмесячным запасом емкости. Над отстойниками и бункерами находятся два козловых грейферных крана, которые выгружают сыпучую окалину для отправки на рудный двор.

В 1999 г. от ям окалины ЦГПТЛ утилизировано 26,6 тыс. т окалины; от вторичных отстойников – 14,7 тыс. т рассыпающейся окалины с содержанием масел 3–5 %.

Удовлетворительное обезвоживание замасленной окалины от вторичных отстойников объясняется следующим. Предусмотренное нормативами десятиминутное пребывание окалиносодержащих вод в ямах окалины приводит к более резкому разделению частиц окалины по фракциям, упрощая обезвоживание окалины от первичной и усложняя ее обезвоживание от вторичной ступени. При этом мелкодисперсная окалина перенасыщается маслами и при намыве в пологой части секции горизонтального отстойника образует гелеобразную массу, которая после отвода с поверхности секции воды не уплотняется в течение длительного времени. В заглубленной части секции отстойника откладывается более крупная рассыпающаяся окалина. По нашему мнению, в первичных отстойниках окалина должна пребывать не более 5 мин. В этом случае часть крупной окалины выносится на горизонтальные отстойники.

При совместном обезвоживании мелкодисперсной окалины с более крупной окалиной смесь после пребывания в бункере с дренажем в течение 10–15 сут. достигает сыпучего состояния. Дренажная вода отводится в лоток осветленной воды. Таким способом маслосодержащая окалина полностью утилизируется на комбинате с 1979 г.

На меткомбинате «Запорожсталь» имеется также опыт гравитационного сгущения шламов цеха изложниц.

В семидесятых годах на металлургическом комбинате «Запорожсталь» был построен мощный цех изложниц с отделением гидроочистки изложниц от литейной массы и оборотным циклом водоснабжения для осветления 1000 м³/час воды от мелкого песка и глины с отводом шлама в шламонакопитель.

Глинистые частицы в шламе составляют 20–30 %. В процессе длительной эксплуатации оборотного цикла было установлено, что шлам без разделения на крупные и мелкие частицы намывался плотной массой, влажность которой не превышала 30 %. Последующее обезвоживание намытого шлама происходило со скоростью гравитационной фильтрации, составляющей 1 м/сут.

В 1995 г. построен КОШ с пристройкой к нему двух вертикальных отстойников, бункера и мостового грейферного крана. Работает КОШ не через горизонтальные отстойники, а по двухступенчатой схеме с разделением суспензии на песок и глину. Таким образом, в эксплуатации находится четырехэтажный корпус обезвоживания со шламовыми насосными станциями, сгустителями, ленточными вакуум-фильтрами, маслососными станциями, фильтр-прессами, транспортерами, управляемыми



ми вручную и с помощью электроники. При этом глину можно обезводить только на фильтр-прессах до влажности осадка 30 %.

Соотношение затрат по механическому обезвоживанию шламов цеха отливки изложниц к затратам по гравитационному обезвоживанию примерно такое же, как и соотношение затрат по обезвоживанию шламов аглофабрики (табл. 2).

ВЫВОДЫ

Приведенные примеры показывают, что при решении схем обезвоживания и утилизации шламов в черной металлургии необходимо учитывать возможность их гравитационного обезвоживания.

У виробничих умовах експериментально доведена можливість гравітаційного зневоднення шламів аглодоменного, ливарного виробництва та окалини прокатного виробництва. Впроваджена схема гравітаційного зневоднення шламу від мокрих газоочисток аглофабрики, відстійників обтискного цеху і цеху гарячої прокатки тонкого листа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указания и нормы технологического проектирования и технико-экономические показатели. Энергетическое хозяйство предприятий черной металлургии. Т. 14. Очистные сооружения и защита водоемов. ВНТП 1-37—80. МЧМ СССР 1981. – С. 21, – С. 42.
2. Жужиков В. А. Фильтрование, Изд. «Химия», 1968. – С. 324–325.
3. Денисов. Н. Я. Инженерная геология и гидрогеология, Госстройиздат, М., 1957, – С. 175–178.
4. А. с. 1733408 СССР, МПК^С С 02 F 11/12. Устройство для уплотнения и обезвоживания осадков / А. П. Сидоренко, Н. П. Назаренко, Т. А. Яковлева, А. О. Прокопчук (СССР). – № 4795260/26; Заяв. 22.02.90; Опубл. 15.05.92, Бюл. № 18 – 3 с.: ил.

Поступила в редакцию 02.02.07

The opportunity of gravitational slurry decantation at sintering, blast-furnace, foundry shops and scale from rolling shops is experimentally proved under production conditions. The scheme of gravitational slurry decantation for wet scrubber systems of sintering plants, settling tanks of blooming mill department and thin-sheet hot-rolling department was introduced.