

УДК 669.712.002.68.002.8 (100)

В.А.УТКОВ, д-р техн. наук, профессор, (812)328-82-65

В.М.СИЗЯКОВ, д-р техн. наук, профессор, (812)328-82-65

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.A.UTKOV, Dr. in eng. sc., professor, (812)328-82-65

V.M.SIZYAKOV, Dr. in eng. sc., professor, (812)328-82-65

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КРАСНЫХ ШЛАМОВ

Рассмотрены преимущества и недостатки комплексной переработки красного шлама с получением глинозема, железа (литейного чугуна) и цемента на площадках глиноземных заводов и способа получения на них только транспортабельного красного шлама для отгрузки и переработки новой товарной продукции на действующих предприятиях.

Ключевые слова: красный шлам, глинозем, цемент.

MODERN QUESTIONS OF THE METALLURGICAL PROCESSING RED MUD

Are considered the advantages and disadvantages of complex processing red mud to produce alumina, iron (cast iron) and cement on the area of alumina refineries and way of getting on them only transportable red mud – for shipping and recycling of new marketable products at operating enterprises.

Key words: red mud, alumina, cement.

Чрезвычайная ситуация с человеческими жертвами, происшедшая недавно в Венгрии из-за прорыва ограждающей дамбы хранилища красного шлама, заставляет с большим вниманием относиться к работам, направленным на переработку этого материала вместо традиционного складирования.

Для нас эта проблема также актуальна. Почти все российские шламохранилища красного шлама (КШ) близки к наполнению. Каждый из них содержит более 10 млн т жидкоподвижного пластичного материала. В шламохранилищах он качается с влажностью от 50 % и более. Высота шламохранилищ глиноземных заводов достигает 30-100 м [2].

В данной работе предлагается краткий обзор последних результатов исследований

и испытаний по переработке КШ для определения наиболее экономически и экологически эффективных направлений наших исследований, разработок и практического внедрения, прежде всего, крупнотоннажных технологий.

За многие годы эксплуатации наиболее распространенного в мировой практике байеровского способа производства глинозема из бокситов предложено множество способов переработки КШ. Самые последние работы, учитывающие предшествующий опыт, освещены на относительно недавних научно-практических конференциях, организованных и проведенных Николаевским глиноземным заводом (НГЗ) [4, 5, 7]. Они были проведены с достаточной степенью ответственности. Этот завод

был построен в экологически чистом районе в 1980 г. с расчетом на разработку и внедрение технологий, позволяющих ограничиться только одним шламохранилищем со сроком службы 20 лет.

Впервые в мировой практике на НГЗ была построена головная промышленная установка по получению из КШ транспортабельного продукта производительностью 20 тыс.т/год [8], где получали достаточно обезвоженный транспортабельный продукт для промышленных испытаний с целью поиска потребителей КШ.

Затем, также впервые в мировой практике, был спроектирован и почти построен цех по фильтрации КШ производительностью 500-700 тыс.т/год. Без него не получить и не поставить покупателям требуемые ими представительные партии нового товара, полученные в промышленных условиях. Эти партии должны быть массой от 1-10 до 20-30 тыс.т на 10-20-дневные испытания на каждом из заводов, например, черной металлургии. Они необходимы для подтверждения гарантируемой технологической эффективности употребления отфильтрованного транспортабельного товарного КШ и последующего согласования с собственниками предприятий-потребителей взаимовыгодных отпускных цен, объемов поставок и их начала.

Обсужденные на этих конференциях [3, 5] доклады свидетельствуют о наличии достаточно глубоко изученных и проверенных в лабораторных, опытно-промышленных и промышленных масштабах вариантах крупнотоннажной переработки КШ. Реализация только части из них, например, для обессоливания и снижения кислотности почв, повышения урожайности сельскохозяйственных культур, производства строительных материалов, очистки газов от вредных примесей и др. в полной мере обеспечивает экономически и экологически эффективный отказ от строительства новых мощных шламохранилищ.

Потребность в КШ существует и у производителей железа, поскольку запасы руд истощаются, а КШ примерно на 50 % состоит из оксида железа. Не случайно это на-

правление в последние годы исследовалось наиболее основательно [8-10]. Технологии многотоннажной переработки КШ с извлечением железа можно разделить на два основных направления:

- комплексная переработка с получением глинозема, железа (литейного чугуна) и цемента на площадках глиноземных заводов;

- получение на площадках глиноземного завода только транспортабельного КШ для отгрузки и переработки новой товарной продукции на действующих предприятиях.

Комплексная переработка красных шламов привлекала исследователей уже с начала производства глинозема по наиболее распространенному гидрохимическому байеровскому способу получения глинозема из бокситов. Это объясняется тем, что в бокситах и КШ исследователями многих стран были найдены практически все элементы таблицы Менделеева. К сожалению, по концентрации красных шламов ни один из них не может конкурировать с традиционным сырьем для их получения. Проблему можно решить комплексной переработкой.

1. Гидрохимическая комплексная переработка привлекательна способностью извлечь из КШ все содержащиеся в нем полезные компоненты. Но ряд серьезных недостатков препятствует их реализации в промышленных масштабах.

Чаще всего в гидрохимических способах комплексной переработки КШ применяются кислотные технологии. Их отходы не могут складироваться совместно со щелочным красным шламом. На глиноземных заводах применяется замкнутый водооборот. Подшламовые воды возвращаются в производство, чтобы снизить потери глинозема и щелочей. Для кислотных технологий требуются дополнительные шламохранилища (зачастую большие площади), отторжения больших площадей. И не лучшие не только по экологической безопасности, но и по потребительскому спросу их содержимого.

Получение качественных металлов из КШ оказывается намного дороже имеющих-

ся на биржах, что связано с весьма затратными перерасходами из-за присутствия в КШ множества примесей.

Экономически оправдана только безотходная комплексная переработка КШ со сбытом всех видов (до 10 и более) получаемой товарной продукции, что в организационном плане является весьма проблематичным.

Промышленный цех по комплексной переработке КШ на площадке глиноземного завода требует не меньшие площади и инвестиции, чем соответствующее глиноземное производство. Инвесторы предпочитают финансировать последнее, как обладающее значительно меньшими экономическими рисками.

В предлагаемых щелочных технологиях с обогащением КШ отсутствуют промышленные данные по качеству шламовых хвостов и соответствия их требованиям потребителей.

Пирогидрохимическая комплексная переработка КШ может быть щелочной и безотходной. Ей принадлежит и ряд других преимуществ:

- пирометаллургическая стадия нацело отделяет от КШ железо, независимо от минералогии бокситов. Обычному обогащению это не удается. Для пирогидрохимической комплексной переработки КШ берется непосредственно из процесса с Ж:Т = 3:1, если позволяют площади;

- получение товарной продукции достаточно высокого качества, имеющего реальный спрос;

- увеличение степени извлечения глинозема из бокситов (на 5-10 %).

Поскольку реализация этого способа на площадке глиноземного завода по указанным причинам проблематична, требуется проработка технологии использования КШ в виде транспортабельного продукта, т.е. с влажностью менее 50 %.

2. Прямое использование и переработка красного шлама в действующих производствах.

В последнее время особенно востребованы технологии, позволяющие экономить рудное сырье и топливо. Нужно улучшать и экологические показатели работы предприятий.

Большой опыт накоплен в направлении использования КШ при производстве строительных материалов (керамзита, цемента, строительных смесей). Но потребности в КШ здесь невелики. Главной причиной отказов потребителей является неконкурентоспособность КШ по стоимости в сравнении с местным сырьем. Для того чтобы доставлять КШ потребителям, его нужно отфильтровать до влажности не менее 25 %. Это стоит около 5 дол./т. Доступные цены для потребителей цементных и керамзитовых заводов не более 2-3 дол./т. Используется только КШ, расположенный в пляжных зонах шламохранилищ, т.е. 5-10 % от массы складированного КШ. В качестве минерализатора для производства керамзита и цементного клинкера у КШ имеется постоянный конкурент – пиритные огарки. Товарному виду строительных материалов с использованием КШ вредят высолы щелочей на поверхности изделий.

Поскольку половину вещественной массы красных шламов составляют оксиды железа, строительные материалы с применением КШ утяжеляются. Стеновой кирпич от этого по нормативам удешевляется, так как растут затраты на транспортировку материалов и создание более основательных фундаментов. Поэтому более логично использование КШ в черной металлургии.

Красный шлам пригоден для применения как заменитель руды, боксита и плавикового шпата при выплавке стали в мартеновских печах и конвертерах.

Красный шлам спекательного происхождения успешно испытан на Карагандинском металлургическом комбинате; байеровский красный шлам – в мартеновских печах Днепропетровского трубного завода.

Однако технологи отдают предпочтение традиционному сырью, опасаясь загрузки в работающую печь высоковлажного материала.

Применение КШ в сталеплавильных производствах (мартеновские печи, электропечи, конвертеры, печи ПЖВ) из-за высокой влажности практически невозможно. Поэтому представляет практический инте-

рес проведение работ по получению из шихты на основе КШ прочных агломератов и окатышей.

Работы в направлении использования красных шламов в производстве железорудных агломератов и окатышей прошли основательную лабораторную и промышленную проверку. Установлено [8-10], что КШ работает, как интенсификатор процесса спекания и стабилизатор двухкальциевого силиката в структуре спека. Он способен:

- заметно улучшать окомкование агломерационной шихты;
- увеличивать производительность агломерационных машин на 8-20 %;
- повышать «холодную» и «горячую» прочность агломератов и окатышей на 3-5 % и 20-40 % соответственно;
- повысить производительность доменных печей на 1,5-2,5 % с одновременной экономией дорогостоящего доменного кокса.

По комплексу указанных свойств у КШ нет конкурирующих материалов. Например, собственные шламовые отходы черной металлургии не пригодны для этой цели, так как не дают упрочнения агломерата и более вредны для футеровки доменных печей из-за большого содержания цинка. Тем не менее специалисты в области черной металлургии опасаются, что значительно меньшее содержание в КШ железа и большее щелочей приведет к потере производительности доменных печей.

Однако допустимость получающегося увеличения содержания Al_2O_3 в составе агломерата отметили японские специалисты [1]. Англичане для увеличения высоты агломерируемого слоя шихты с 450 до 570 мм и повышения «горячей» прочности спека вводят в ее состав известь и серпентин. Ими показано, что добавка титанистых руд (а в КШ до 5 % TiO_2) снижает содержание азота в чугуна на 30-40 %.

Если анализировать влияние других примесей в КШ, то нельзя не отметить полезную роль редкоземельных металлов, повышающих качество литейного чугуна и жидкоподвижность доменных шлаков.

Однако при всех плюсах, бесспорным минусом КШ является меньшее, чем в железных рудах и концентратах, содержание

железа. Уменьшение содержания железа в шихте, загружаемой в доменную печь на 1 %, приводит к потере ее производительности на 1-2 % и перерасходу кокса на 1-1,5 %.

Задача состоит в том, чтобы путем новых экспериментов и расчетов по результатам проведенных испытаний разобраться в значимости комплекса перечисленных показателей и обосновать суммарную эффективность применения КШ в производстве агломератов и окатышей.

Главным достоинством метода плавки КШ в жидкой ванне является использование вместо дефицитного доменного кокса низкокачественных видов топлива. Этот метод разрабатывался применительно к переработке цинкосодержащих шламовых и пылевидных отходов черной металлургии. Их возврат в доменное производство приводит к уменьшению компании доменных печей. Цинк циркулирует в шахте доменной печи, накапливается, оседает в щелях футеровки и разрывает ее.

В России большой опыт по этой технологии и ее экономии накоплен специалистами Московского института стали и сплавов. Промышленные испытания проводились на НЛМК. Некоторые сложные вопросы (стойкость футеровки и поведение примесей) были отмечены и японскими исследователями. Во всяком случае, красный шлам, подготовленный для транспортировки, поможет организовать и провести крупные промышленные испытания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнеев В.И. Красные шламы / В.И.Корнеев, А.Г.Суус, А.И.Цеховой. М., 1991.
2. Критерии возможности переработки красных шламов как техногенного сырья / И.И.Ребрик, В.А.Утков, В.М.Сизяков и др. // Экология и промышленность России, ноябрь, 1998.
3. Малоотходная и безотходная технология на предприятиях алюминиевой промышленности / В.А.Утков, В.С.Кальченко, В.С.Смирнов, Л.Л.Быкова // Цветные металлы. 1999. № 9.
4. Металлургия чугуна / Е.Ф.Вегман, Б.Н.Жеребин, А.Н.Похвиснев и др. М., 2004.
5. Романов Л.М. Особенности поведения оксидов РЗМ при доменной плавке / Л.М.Романов, А.А.Свяжгин, Ю.С.Юсфин и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. 1991. № 11.

6. Опыт освоения подготовки и использования отвальных шламов глиноземного производства / В.А.Утков, В.М.Сизяков, С.А.Николаев и др. // *Металлург.* 2008. № 11.

7. Утков В.А. Переработка отвальных шламов в качестве элемента высокотехнологичной технологии производства глинозема из бокситов и нефелинов // *Технико-экономический вестник «Русский алюминий».* 2007. № 18.

8. Утков В.А. Повышение прочности агломератов и окатышей при помощи бокситового красного шлама / В.А.Утков, Л.И.Леонтьев // *Сталь.* 1995. № 9.

9. Утков В.А. Состояние, проблемы и направления использования в народном хозяйстве красного шлама // *Сб. научных докладов. ОАО «Николаевский глиноземный завод».* г.Николаев, 1999.

10. Утков В.А. О совместном использовании отвальных шламов черной и цветной металлургии / В.А.Утков, П.А.Тациенко // *Металлург.* № 11.

REFERENCES

1. *Korneev V.I., Cehovoj A.I., Suss A.G.* Red mud. Moscow, 1991.

2. *Rebrik I.I. Utkov V.A., Sizyakov V.M.* et al. Criteria the possibility of processing red mud as man-made

materials // *Ecology and Industry of Russia.* Moscow, 1998

3. *Utkov V.A., Kalchenko V.S., Smirnov V.S., Bykova L.L.* Low-waste and waste-free technology in enterprises of aluminum industry // *Nonferrous metals.* 1999. N 9.

4. *Wegman E.F., Zherebin B.N., Pohvisnev A.N., Yushin Y.S.* et al. *Metallurgy of cast iron.* Moscow. 2004.

5. *Romanov L.M., Svyazhina A.A., Jusfin Y.S.* et al. Features of behavior of rare earth oxides in the blast furnace // *Ferrous metals.* 1991. N 11.

6. *Utkov V.A., Nikolaev S.A., Sizyakov V.M.* Experience of development and other preparations for use of sludge dumped alumina production // *Metallurg.* 2008. N 11.

7. *Utkov V.A.* Recycling of sludge dumping as part of high-technology production of alumina from bauxite and nepheline // *Technical – Economic Bulletin «Russian Aluminum».* N 18. 2007.

8. *Utkov V.A., Leontiev L.I.* Increasing the strength of the agglomerates and pellets using bauxite red mud // *Steel.* 1995. N 9.

9. *Utkov V.A.* Status, problems and trends in the economy of red mud // *Coll. of science reports. JSC «Nykolaev Alumina Plant».* Nikolaev, 1999.

10. *Utkov V.A., Tatsienko P.A.* On the joint use of sludge dumping of ferrous and nonferrous metallurgy // *Metallurg.* N 11.