

**УДК 669.1.004.8****Д. В. СТАЛИНСКИЙ**, канд. техн. наук, генеральный директор,**Г. М. КАНЕНКО**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

УкрГНТЦ «Энергосталь» совместно с Институтом черной металлургии разработана технология переработки шламов, сухих пылей, отходов извести и др. методом брикетирования для возможности последующего использования в доменном и сталеплавильном производствах.

В статье также представлен обзор технологий переработки шламов, замасленной окалины, нефте- и маслоотходов, которые могут быть использованы на металлургических предприятиях.

**металлургия, отходы, технологии переработки, шлак, шлам, замасленная окалина**

УкрГНТЦ «Энергосталь» как головной организацией по комплексу направлений, включающему использование вторичных ресурсов, в рамках выполнения работ по «Государственной программе использования отходов производства и потребления на период до 2005 г.», создана информационная система по образованию, утилизации и накоплению, а также по технологиям переработки отходов металлургических предприятий. Обработка данных по образованию, использованию и накоплению отходов производится по формам статотчетности. В общий банк данных включено более 750 наименований отходов 27 предприятий отрасли.

Анализ банка данных показывает, что в связи с увеличением выплавки стали происходит рост образования и накопления отходов металлургических предприятий. С 1998 г. по 2004 г. количество утилизируемых шламов возросло почти в 3 раза, шлаков – на 20 %. При этом общее количество накопленных отходов возросло более, чем в 1,5 раза. В настоящее время на металлургических предприятиях накоплено около 245 млн т шлаков и около 30 млн т железосодержащих пылей, шламов, окалины. Общее количество накопленных отходов превышает 450 млн т.

На большинстве металлургических предприятий сухая колошниковая пыль, отсеиваемая извести и кокса, первичная окалина, сварочный шлак после их подготовки практически полностью возвращаются в производство либо передаются другим предприятиям для использования. Анализ данных по технологиям переработки отходов по-

казывает, что наиболее распространены внедренные более 40 лет назад технологии по грануляции доменных шлаков и использованию железосодержащих отходов в агломерационной шихте после высушивания их на картах прудов-накопителей. Накопление шлаков на металлургических заводах связано с уменьшением объема их использования в промышленности и гражданском строительстве, а также строительстве дорог, что предопределяет поиск новых эффективных технологий.

Проведенный анализ технологий переработки шлаков, железосодержащих шламов и других отходов по отечественным и зарубежным источникам информации, а также сложившееся экономическое положение металлургических предприятий приводят к необходимости разработки менее энергоемких и экономически целесообразных методов подготовки и утилизации отходов в зависимости от их количества, состава и влажности, а также требований к конечному продукту. Все большее распространение получают технологии использования конвертерных шлаков в доменном производстве, что дает возможность уменьшения потребления природных флюсов и экономии природного топлива ввиду наличия активного СаО.

На основе государственной программы использования отходов УкрГНТЦ «Энергосталь» и ГосНИИ «Укрдицемент» разработана и прошла опытно-промышленные испытания новая ресурсосберегающая технология использования сталеплавильных шлаков и замасленной окалины при производстве цементного клинкера.

Использование накопленных шлаков в качестве сырьевой добавки перспективно с учетом роста производства цемента в 2004–2005 гг. Сталеплавильные шлаки по своему химическому составу близки к составу сырьевой смеси при производстве клинкера; важным показателем является наличие  $\text{CaO}$  – до 45 %. Проведенные испытания показали возможность использования сталеплавильных шлаков в количестве до 11 %. При этом наблюдается экономия расхода природного газа на обжиг до 10 % и ускорение процесса клинкерообразования. Промышленное опробование разработанной технологии намечено провести на Краматорском цементном заводе. Замасленная окалина с содержанием масел до 20 % может быть использована в качестве железосодержащей добавки при производстве цементного клинкера с заменой ею пиритных огарков, производство которых в последнее время резко снизилось. Как показали теплотехнические расчеты и опытно-промышленные испытания, при подаче замасленной окалины в количестве до 2 % от состава сырьевой смеси экономия условного топлива составит до 10 кг на 1 т клинкера.

Также в рамках «Государственной программы использования отходов» УкрГНТЦ «Энергосталь» и Институтом черной металлургии (ИЧМ) разработана технология, по которой влажные железосодержащие шламы после частичного высушивания на картах прудов-накопителей смешиваются с отходами извести, другими сухими компонентами и брикетуются. Пресс для брикетирования разработан ИЧМ. Целесообразным является использование сухих пылей (колошниковой, отсевов извести, кокса) и прокатной окалины для повышения прочности брикетов и содержания в них железа. Новизна разработки состоит в подборе состава брикетов, обеспечивающего их прочностные и другие необходимые физико-химические свойства для утилизации в различных металлургических переделах с обеспечением экономической и экологической целесообразности. Полученные в результате испытаний брикеты отвечают необходимым требованиям по прочности для использования их в агломерационном, доменном и сталеплавильном производствах. Брикет с большим содержанием железа (с 50–70 % содержанием шлама) могут направляться в доменную печь либо в сталеплавильные агрегаты взамен руды, а брикеты с содержанием извести до 70 % направляются в доменное производство [1].

По разработкам ИЧМ изготовлено более 20 брикетных прессов производительностью от 0,5 до 20 т/ч, отличающихся простотой и надежностью конструкции, удобством в эксплуатации. В 2003 г. на ОАО «Никопольский ферросплавный завод» по проекту ИЧМ был создан и успешно функционирует комплекс брикетирования отсевов фер-

росплавов; проектная производительность комплекса – 40 000 тонн брикетов в год [2].

Для таких предприятий, как ОАО «Макеевский МК», ОАО «ДМЗ» и ОАО «ДМЗ имени Петровского», где отсутствуют аглофабрики и все ресурсоценные отходы передаются другим предприятиям, экономически целесообразно построить собственные установки по производству железосодержащих брикетов (окатышей) для возврата в доменное или сталеплавильное производство.

Технология переработки железосодержащих отходов методом вибропрессования с последующей термообработкой позволяет получать брикеты, которые отвечают требованиям к доменной шихте по холодной и горячей прочности и могут быть использованы в количестве 6–8 % в шихте доменных печей [3]. На ОАО «Тулит» провели испытания по использованию железокосовых брикетов (железосодержащая часть – 59 %, коксовая мелочь – 26 %) на цементной связке в доменной печи, которые показали, что они являются высококачественным сырьем, содержащим в себе железо, восстановитель и флюсующие элементы [4]. Вопросам повышения прочности брикетов и получения оптимального соотношения окислов  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  посвящены результаты работы, на основании которых видно, что брикеты достигают необходимой ударной прочности на седьмые сутки [5].

Для подготовки и утилизации шламов, в которых имеются вредные примеси в виде оксидов цинка, свинца, щелочных металлов, в УкрГНТЦ «Энергосталь» разработана технология, предусматривающая их совместную переработку с замасленной окалиной, известью и отсевами кокса с получением металлизированных окатышей и цинкового концентрата. Предлагаемая технология [6] предполагает использование в качестве вспомогательных материалов пылевидных отходов обжига извести, обеспечивающих повышение эффективности процесса разложения трудно-восстановимых соединений цинка и свинца. Применение жидкого восстановителя способствует повышению степени восстановления железа и цинка. Технология предусматривает получение металлизированных окатышей со степенью металлизации 92 %, пригодных для использования в сталеплавильном производстве, и цинкового концентрата, который может быть реализован в качестве исходного сырья для получения цинка.

Новой является используемая на меткомбинате «Криворожсталь» технология подготовки шламов аглодоменного, сталеплавильного производства, а также прокатной окалины, которые вводятся в шихту аглопро-изводства после смешивания с водопоглощающими добавками (торфом) [7].

Первичная окалина целиком утилизируется на металлургических предприятиях после переработки ее на



дробильно-сортировочной установке и направляется в аглодоменное производство (металлургические комбинаты «ММК имени Ильича», «Азовсталь» и др.).

Трудности вызывает утилизация мелкой замасленной окалины ввиду высокого содержания в ней маслопродуктов (до 20 %). В УкрГНТЦ «Энергосталь» разработана технология термической переработки замасленной окалины из горизонтальных отстойников прокатных станков, при которой окалина возвращается как сырье в металлургическое производство. При этом производится вторичная теплоэнергия в количестве до 2,5 ГДж/т окалины. Разработаны и внедрены малогабаритные циклонные топки с удельной нагрузкой до 8 ГДж/м<sup>3</sup>, со шлаковиком или без него, – в зависимости от содержания и состава твердых неорганических взвесей. За печами для сжигания твердых и жидких отходов установлены камеры дожигания, котлы-утилизаторы, воздухонагреватели [8].

Переработка замасленной окалины производится на Луганском трубном заводе путем термообработки в печи, введенной в действие в 2000 г. Полученный отоженный и обезвреженный концентрат содержит до 90 % железа и передается на утилизацию предприятиям горно-металлургического комплекса.

На Ново-Липецком металлургическом комбинате (НЛМК) и металлургическом заводе «Электросталь» по разработкам УкрГНТЦ «Энергосталь» внедрена комбинированная установка по термообезвреживанию жидких маслоотходов и замасленной окалины, которая успешно эксплуатируется уже более 20 лет. На НЛМК построена вторая очередь такой установки. При доработке технологии с подачей в обжиговую печь извести на установке можно получать ожелезненную известь либо металлургический продукт. В процессе сжигания топливной фракции жидких маслоотходов при коэффициенте расхода воздуха менее 0,7 и температуре отходящих продуктов сгорания 1000–1100 °С создаются оптимальные условия в циклонной и вращающейся печах для глубокого пиролиза органических соединений топлива и шлама с образованием углеродсодержащих восстановителей и водорода [9].

В УкрГНТЦ «Энергосталь» разработана и прошла промышленные испытания технология пиролиза по переработке замасленной окалины, сущность которой состоит в переработке путем нагрева без доступа воздуха до температуры 800 °С, что обеспечивает протекание процессов деструкции и синтеза [10]. В процессе пиролиза замасленной окалины получают следующие продукты: пиролизный газ – до 15 % с теплотворной способностью 8000–16000 кДж/м<sup>3</sup>; конденсат (смола) – до 25 % с теплотворной способностью до 29000 кДж/кг, используемый как жидкое топливо; железококс – свыше 50 %, применяемый в качестве восстановителя.

УкрГНТЦ «Энергосталь» разработаны высокоэффективные диспергирующие устройства для нефте- и маслоотходов производительностью 5–40 т/ч, которые могут быть применены для подготовки топлива термических, плавильных и обжиговых печей, паровых и водогрейных котлов, сушильных барабанов и других тепловых агрегатов, работающих на мазуте, с получением высококачественной эмульсии разнородных жидкостей-эмульгаторов и утилизацией нефтеотходов. Затраты энергии составляют около 1 квт·ч/т эмульсии.

Таким образом, проведенный анализ показал наличие новых технологий переработки отходов, внедрение которых сдерживается отсутствием средств у металлургических предприятий. Для выбранных приоритетных направлений необходимы инвестиции, которые с учетом возвращения вторичных материальных ресурсов в производство имеют срок окупаемости 0,8–2 года. Увеличение количества утилизируемых отходов возможно при целевом финансировании с использованием льгот по налогообложению, транспортным услугам и созданию специальных фондов для решения этих задач.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каненко Г. М., Носков В. А., Макогон В. Ф. Состояние и перспективы утилизации железосодержащих отходов в металлургическом производстве Украины // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2001. – № 1 – С. 98–100.
2. Носков В. А., Баюл К. В., Неведомский В. А. Опыт освоения промышленного комплекса брикетирования отсевов ферросплавов на ОАО «НФЗ» // Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов: Сб. науч. статей к XIII Международной науч.-практ. конференции: В 2-х т. Т. 2. – Харьков: Райдер, 2005. – С. 243–247.
3. Курунов И. Ф., Канаева О. Г. Брикетирование – новый этап развития технологии окучивания сырья для доменных печей // Черная металлургия: Бюллетень АО «Черметинформация». – 2005. – № 5. – С. 27–31.
4. Белкин А. С. и др. Использование железокосковых брикетов на цементной связке в доменной плавке // Металлург. – 2003. – № 4. – С. 39–41.
5. Белоног В. А. и др. Оптимизация составов смесей для получения высокопрочных шламовых брикетов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2003. – № 4. – С. 139–141.
6. Ульянов В. П., Братчиков В. Г., Жилина Н. И. Переработка железосодержащих пылей и шламов сталеплавильного производства. // Труды Второго конгресса сталеплавильщиков. – М.: АО «Черметинформация», 1994. – С. 20–21.

7. Сокуренок А. В. и др. Опыт комбината «Криворожсталь» по утилизации железосодержащих шламов и вторичной окалины // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2005. – № 3. – С. 111–114.
8. Рыжавский А. З., Братова Т. П., Зимогляд А. В. Опыт УкрГНТЦ «Энергосталь» в области переработки отходов сферы обращения и горючих отходов сферы производства // *Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: Сб. науч. статей XI Международной науч.-практ. конференции: В 2-х т. Т. 2.* – Харьков: «Курсор», 2003. – С. 292–294.
9. Ульянов В. П., Булавин В. И., Пыхтина С. А. Безотходная термическая переработка водомаслоокалиносодержащих отходов с получением товарных продуктов // *Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: Сб. науч. статей XII Международной науч.-практ. конференции.* – Харьков: Райдер, 2004. – С. 290–296.
10. Злобин А. Г., Чалый Л. Г. Переработка маслоокалиносодержащих шламов прокатного производства методом пиролиза // *Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: Сб. науч. статей XII Международной науч.-практ. конференции.* – Харьков: Райдер, 2004. – С. 297–299.

*Поступила в редакцию 28.10.05*

УкрДНТЦ «Енергосталь» разом з Інститутом чорної металургії розроблена технологія переробки шламів, сухого пилу, відходів вапна та ін. методом брикетування для можливості подальшого використання у доменному та сталеплавильному виробництві.

У статті також надано огляд технологій переробки шламів, замасленої окалини, нафта- і масловідходів, які можуть бути використані на металургійних підприємствах.

UkrSSEC «Energostal» together with the Institute of Ferrous Metallurgy has developed the technology for processing sludge, dry dust, lime wastes etc. by briquetting method with subsequent use in blast and steel-melting productions.

There is also a review of technologies for processing sludge, scale of oily and oil wastes which can be used at metallurgical enterprises.