

Переработка и использование окалины

Телешова Е.В., Ровин С.Л.

Белорусский национальный технический университет

Окалина – продукт высокотемпературного окисления металла, представляющий собой чешуйчатые частицы различной толщины и размера. Железная окалина образуется при получении и высокотемпературной обработке (как правило при 700°C и выше) стальных и чугунных заготовок: непрерывной разливке и горячей прокатке, термообработке и ковке. Наибольшее количество окалины (до 1,5% от массы заготовки) образуется на машинах непрерывного литья заготовок, на литейно-прокатных станах на станах горячей прокатки. Каждый проход заготовки по вальцам сопровождается отшелушиванием слоя окалины и формированием нового слоя. После охлаждения и очистки проката из окалины, смазочных материалов и воды образуется металлургический отход – шлам, представляющий собой влажную замасленную окалину. Такой тип отходов относится к 3 классу опасности и при захоронении наносит существенный вред окружающей среде. Под действием осадков загрязняющие вещества проникают в глубь почвы и возникает вероятность заражения грунтовых вод. Восстановление природы занимает десятки лет при условии полной консервации полигона.

Для рециклинга (возвращения в производство) промасленной окалины с применением традиционного доменного производства или технологий внедоменной металлургии железа перед брикетированием, окатыванием или агломерацией необходимо удалить содержащиеся в ней нефтепродукты и влагу. Существуют различные технологии, такой очистки:

- биологические методы удаления нефтепродуктов (с помощью микроорганизмов), являются наиболее простым, но не отличаются 100% эффективностью и требуют значительного времени;

- химические методы удаления из окалины нефтепродуктов – применение поверхностно-активных моющих средств, эти методы эффективнее биологических, но приводят к образованию токсичных стоков, которые в свою очередь требуют дорогостоящей очистки;

- инсинерация – выжигание нефтепродуктов, как правило проводится во вращающихся печах, этот метод обеспечивает высокую производительность и 100% удаление влаги и масел, но требует мощной и дорогой системы пылегазоочистки;

- пиролиз – нагрев при дефиците кислорода, при этом происходит удаление нефтепродуктов, испаряющихся в реакторе и затем конденсируемых теплообменнике. Эффективность удаления нефтепродуктов таким методом также достигает 100%, кроме того, в сухом остатке образуется некоторое количество углерода, который потом вместе с окалиной смешивается с рудным концентратом и играет положительную роль при формировании брикетов или спекании агломерата. Недостатки данного метода: высокая стоимость оборудования, относительно низкая производительность процесса и сложности обеспечения его герметичности [1].

Некоторые разработчики предлагают и иные технологии решения задачи рециклинга окалины, которые условно можно отнести к специальным методам, однако они, как правило, имеют локальное значение. Так в статье [2] представлено комплексное решение задачи по совместной утилизации замасленной прокатной окалины и красного шлама с получением ликвидной продукции. Технология основана на взаимодействии в водных растворах продуктов термического окисления индустриальных масел на поверхности прокатной окалины и щелочных реагентов, содержащихся в красном шламе. Выход чугуна при плавке окатышей из полученной в итоге смеси окалины и красного шлама, вдвое превышает выход металла при отдельной плавке красного шлама. Предложенный вариант технологии может быть распространен на переработку других видов отходов черной металлургии, например, доменных и конвертерных шламов. В технологической схеме используется замкнутый цикл водооборота с компенсацией

потерь влаги с осадком и отработанным фильтратом, что повышает эффективность использования растворителя. Первичную обработку окалины предлагается проводить на месте ее получения, а вторичную (совместно с красным шламом) – на предприятии, перерабатывающем бокситы [2].

Развитие одностадийных способов получения стали из руды, минуя доменный передел, может служить базой для создания аналогичных процессов при переработке железосодержащих отходов, учитывая, что окалина содержит до 75% железа и по этому показателю не уступает обогащенным рудным концентратам. В настоящее время отработаны четыре основных способа переработки рудного сырья, которые с определенными оговорками и после предварительной подготовки могут быть использованы и для рециклинга отходов: получение металлизированных окатышей или агломерата, производство губчатого железа в твердом виде, кричного железа в пластичном состоянии, жидкого чугуна или полупродукта.

Рециклинг дисперсных металлоотходов без предварительного брикетирования или окускования представляется наиболее простым технологически и не требующим значительных капиталовложений. Работы в этом направлении привели к созданию систем Redsmelt, Hismelt, Ромелт и некоторых аналогичных. Системы предусматривают получение жидкого металла (чугуна или полупродукта). Из них лишь Ромелт основан на непосредственной переплавке дисперсных материалов. Прочие фактически на предварительных стадиях процесса осуществляют окомковывание, обжиг и частичное восстановление сырья [3].

Новая альтернатива появилась в последнее время в связи с разработкой технологии малотоннажного рециклинга дисперсных металлоотходов в ротационных наклоняющихся печах (РНП), авторство которой принадлежит белорусским ученым БНТУ и ГГТУ им. Сухого. Предлагаемая технология позволяет перерабатывать как металлические, так и оксидные дисперсные отходы практически в их исходном виде, без предварительной подготовки и окомкования, обеспечивая рентабельность даже при небольших объемах – до 1000-500 тонн в год, причем непосредственно на предприятиях, где эти отходы образовались, т.е. без их централизованного сбора, транспортировки и накопления [3].

Для оценки возможности и определения оптимальных режимов переработки в РНП окалины кузнечных и термических цехов ОАО «МТЗ» были проведены лабораторные исследования структуры и физических характеристик этих материалов, включавшие в себя определение влажности, размеров частиц, потерь при прокаливании, пористости, насыпной плотности. Кроме того, с целью определения оптимальных режимов рециклинга окалины, исследовались процессы ее твердофазного восстановления. В качестве восстановителя при этом использовался скрытокристаллический графит.

Образцы окалины имели среднюю насыпную плотность 2200-2500 кг/м³, влажность – не более 0,6%, потери при прокаливании – около 1%. Частицы окалины в образцах отличались большим разбросом размеров: от 1-2 до 10-20 мм, при толщине от 0,05 до 2-3мм, значительной пористостью и большим количеством поверхностных дефектов.

При проведении исследований процесса восстановления навеска окалины смешивалась с восстановителем в пропорциях 2/1. Подготовленные образцы помещались в муфельную печь. Температура нагрева образцов варьировалась в пределах 850–1150°C. Время пребывания материала в печи составляло от 20 до 60 мин. После извлечения образцов из печи они взвешивались. Контроль процесса восстановления осуществлялся по убыли массы, которая, в случае с сухой и обезжиренной окалиной, может быть связана только с удалением кислорода – металлизацией. Исследование проводили отдельно для мелкой (с размерами до 2-3 мм и толщине пластинки не более 0,5 мм) и крупной окалины (размеры не менее 5-10мм при толщине частички – не менее 1 мм). Данные проведенных исследований представлены на рисунке 1.

Из представленных данных видно, что скорость восстановления окалины значительно увеличивается при температурах выше 1000°C, а при температуре 1150 °C уже через 20 минут степень металлизации достигает 61,5%. В тоже время исследования показали, что при температурах около 1250°C окалина начинает активно спекаться. Таким образом, оптимальными

для восстановления окалины твердым восстановителем являются температуры в интервале 1000-1200°C, с увеличением температуры скорость восстановления растет (рис. 1.а).

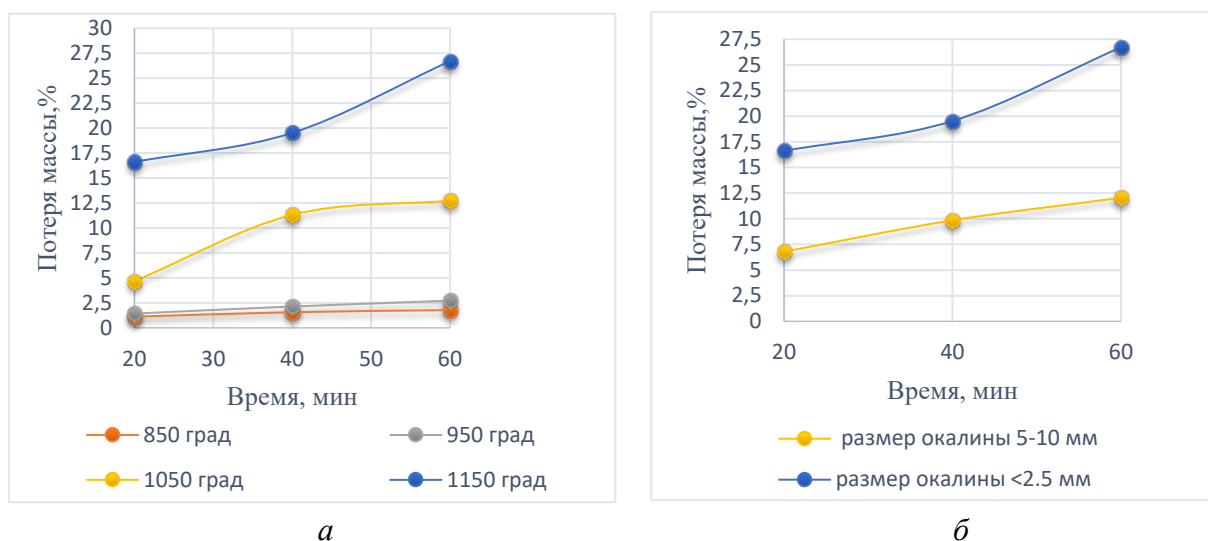


Рисунок 1 - Зависимость степени восстановления окалины от температуры (а) и размера частиц при температуре 1050°C (б)

Важную роль при твердофазном восстановлении играют также предварительная подготовка шихты: измельчение материалов – увеличение площади поверхности контакта (рис. 1.б), и тщательное смешивание частиц оксидов железа и восстановителя, приводят к значительному ускорению процесса восстановления. Это позволяет сделать вывод, что процессы нагрева и восстановления в динамическом слое при постоянном перемешивании, где каждая частичка контактирует с газом-восстановителем-теплоносителем, должны проходить еще более интенсивно. Таким образом, наиболее рациональным способом переработки окалины, образующейся на ОАО «МТЗ», представляется использование предлагаемого способа малотоннажного рециклинга с применением РНП [3].

Несмотря на усилия ученых, инженеров, экологов, промышленников проблема переработки и утилизации железосодержащих техногенных отходов по-прежнему остается чрезвычайно острой, объемы образования и накопления этих отходов продолжают расти. Перечень продукции, которая при современном развитии науки и техники может быть безотходно получена и потреблена, является весьма ограниченным. Поэтому усилия индустриально развитых стран сегодня направлены, во-первых, на предупреждение и минимизацию образования отходов, во-вторых, на их рециркуляцию и вторичное использование, и, наконец, на разработку эффективных методов переработки и полного обезвреживания отходов с тем, чтобы в отвалы попадали только материалы, не загрязняющие окружающую среду.

Литература

1. Липаев, А.А. Обращение с отходами производства и потребления: учебное пособие / А.А. Липаева, С.А. Липаев. – Москва; Волгоград: Инфа-Инженерия, 2021. – 408 с.
2. Танутров, И.Н., Свиридова, М.Н., Чесноков, Ю.А., Маршук, Л.А. Технологическое моделирование совместного выщелачивания замасленной прокатной окалины и красного шлама / Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2020. Том 63. № 11-12. С. 891 – 898.
3. Ровин, С.Л. Рециклинг металлоотходов в ротационных печах / С.Л. Ровин. – Минск: БНТУ, 2015. 382с.