

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО СЫРЬЯ ИЗ ЖЕЛЕЗО- И УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ**

*Л.А. Оганян, студент гр. 10280, С.Н. Федосеев, асс. каф. МЧМ*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел.: 8 (384-51) 6-22-48*

*E-mail: fedoseevsn@list.ru*

Существует два пути увеличения запасов естественных ресурсов: можно совершенствовать способы обнаружения, доставки, хранения, а можно повышать эффективность их использования. В первом случае мы имеем дело с технологиями разработки запасов, во втором – с технологиями их использования, или с ресурсосберегающими технологиями. Именно технологии использования являются основой концепции устойчивого развития, разработка и реализация которой – ответ человечества на глобальную сырьевую и экологическую угрозу.

Переработка и утилизация техногенных отходов важны не только с точки зрения их использования как альтернативного источника сырья, но и с точки зрения охраны окружающей среды.

При этом по технологическим качествам отходы зачастую превосходят руды, добываемые из недр.

Руды черных металлов, как правило, используются некомплексно, в результате чего теряется значительное количество полезных компонентов, накапливающихся в отвалах и хвостохранилищах.

При устойчивом росте мировой добычи полезных ископаемых лишь 10% сырья, извлекаемого из недр, превращается в готовую продукцию, остальные 90% – это отходы, загрязняющие окружающую среду.

Важным фактором развития металлургической промышленности с позиций ее обеспечения является расширение использования вторичного сырья – лома и отходов черных и цветных металлов. Расширение масштабов использования энерго-, ресурсо- и трудосберегающих прогрессивных технологий практически на всех металлургических переделах должно обеспечить конкурентоспособность производств и продукции.

Современный научно-технический прогресс неразрывно связан с созданием эффективных энергосберегающих технологий, обеспечивающих комплексное использование сырья, материалов и снижение вредного воздействия на окружающую природную среду.

Металлургическое производство технологически сопровождается образованием значительного количества различных отходов, достигающих 30% от выпуска стали. Около 80% из них составляют шлаки, а около 20% приходится на пыли и прочие отходы.

На долю металлургии приходится 38% общих выбросов промышленности, из них на долю черной металлургии – 16%. В зарубежных странах значительные средства расходуются на мероприятия, предотвращающие загрязнение окружающей среды, например, в Германии эти суммы составляют 20-27 долл/т, в Северной Америке – 15 долл/т.

Основным потребителем энергии и источником эмиссии вредных веществ в окружающую среду является агломерационный комплекс (более 70% выбросов приходится на агломерационное и коксохимическое производства). Поэтому принципиальное изменение технологии на этом участке производственного цикла может дать ощутимый эффект.

В агломерационном, доменном и сталеплавильном производствах железосодержащие шламы и пыли составляют 2-5% или 20-50 кг/т продукции. С переходом на взимание экологических налогов пропорционально объемам фактических выбросов производства, в том числе вывоза отходов на технологические свалки, наиболее прогрессивные кампании начали понимать, что значительно дешевле исключить или сократить количество отходов на местах их образования, чем выплачивать экологические налоги.

Утилизация пыли и шламов производится преимущественно на крупных металлургических предприятиях в агломерационном производстве. Для вторичного использования в металлургии применимы только предварительно специально подготовленные данные отходы. Основная технологическая сложность в переработке шламов – обезвоживание их до влажности 10-12 %. В то же время на машиностроительных, сталеплавильных и сталепрокатных предприятиях неполного цикла шламы преимущественно идут в отвалы. В связи с этим актуальным становится развитие компактных производств малой и средней мощности по переработке сухой пыли и шламов во вторичное сырье в виде брикетов, отвечающих требованиям современных металлургических процессов.

В большинстве случаев богатое железосодержащее сырье представляет собой тонкодисперсные концентраты и ведение металлургических процессов в печах требует их окускования для обеспечения достаточной газопроницаемости. Традиционной шихтой для таких переделов является агло-

мерат, окатыши, железо прямого восстановления, чушковый чугун, металлолом, ферромарганец, ферросилиций и т.д., а также минеральное сырье в качестве флюсующих добавок.

Окусование является одной из актуальных задач в подготовке железосодержащих материалов к металлургическому переделу.

Для получения товарного продукта, пригодного для реализации на рынке вторичного сырья, брикет должен отвечать ряду требований:

- не должен содержать вредных для металлургического процесса примесей элементов сверх допустимого уровня;
- обладать прочностью, достаточной для его последующей транспортировки;
- сохранять прочность при увлажнении при транспортировке;
- обладать прочностью при высоких температурах;
- обладать однородностью химического состава;
- обладать однородностью линейных размеров кусков;
- иметь себестоимость, сопоставимую с традиционной.

Окусование мелкодисперсных пылей и шламов позволяет не только обеспечить предприятия дополнительными ресурсами железосодержащих материалов и уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду, но стабилизировать работу основных переделов – подготовки сырья и доменного производства.

Железоуглеродные материалы (окатыши и брикеты из дисперсных компонентов) своим появлением знаменуют переломный момент в осуществлении рационального способа производства железа. Их принципиальное отличие от традиционной шихты по степени дисперсности компонентов, площади поверхности контакта оксидов железа с углеродом и газом) сообщает системе новые качества. Восстановление при этом протекает интенсивнее и совместимо с высоким окислительным потенциалом газа в межкусковых полостях.

На сегодняшний день известны три способа окусования мелких руд, концентратов и отходов: агломерация, грануляция (окомкование) и брикетирование.

**Агломерация** – процесс получения кусков (агломерата) методом спекания мелкой руды и концентрата с топливом при высокой температуре горения.

**Грануляция (окомкование-окатывание)** – процесс получения окатышей, основанный на свойстве увлажненных тонко измельченных частиц руды или концентрата образовывать окатыши большей или меньшей крупности и прочности, которым, скатыванием в специальных аппаратах, придается необходимый размер и форма, последующим обжигом – повышенная прочность.

**Брикетирование** – процесс получения кусков (брикетов) с добавкой и без добавки связующих веществ с последующим прессованием смеси в брикеты нужного размера и формы.

Целью структурообразования мелких материалов является не только получение определенного размера кусков, но и создание в искусственных структурах комплекса заданных физико-химических свойств. В связи с этим существует закономерная причинно-следственная связь технологических параметров процессов структурообразования с качественными характеристиками подготовленных материалов.

Мелкофракционные материалы фракции 0-10 мм обладают низкой газопроницаемостью, что затрудняет их использование в агломерационном процессе без предварительной подготовки.

Брикетирование мелкозернистых и тонкодисперсных материалов со связующими веществами – наиболее универсальный способ вовлечения в переработку ценных топливных, рудных и минеральных сырьевых компонентов, а также ряда техногенных отходов, которые по своему агрегатному физическому состоянию непригодны для непосредственного использования в технологических процессах и аппаратах.

Отличительной особенностью процесса брикетирования является возможность изготовления брикетов из шихтовых смесей, эффективных для основных типов агрегатов металлургического передела.

Наиболее экономически выгодной и экологически безопасной является «холодное» брикетирование. Недостатки ранее принятой технологии изготовления брикетов на штемпельных, револьверных, вальцевых прессах (низкая производительность, сложность оборудования, ограниченность в размерах и т.д.) полностью разрешены на вибропрессовальных линиях по производству строительных изделий.

Проанализировав эксплуатационные качества брикетов с различными связующими и технологичность их применения в производстве, наиболее экономически выгодным является применение портландцемента. К преимуществам портландцемента относятся:

- возможность быстрого (не более 16 часов) достижения требуемой эксплуатационной прочности;
- незначительные энергозатраты для ускорения набора прочности брикетами (обеспечение температуры  $t \sim 50^\circ \text{C}$ );
- начало схватывания цемента (адгезионная активность) наступает не ранее 2 часов, что обеспечивает возможность «спокойной» эксплуатации оборудования, исключая «заклинивание» машин и механизмов при непродолжительной аварийной остановке;
- цемент не настолько химически агрессивен, как, например, жидкое стекло или известь, работа с которыми требует специальных навыков персонала и специального транспортного и накопительного оборудования;
- портландцемент является гидравлическим вяжущим, то есть сохраняет свои свойства как в воздушно-сухих, так и во влажностных условиях, в отличие от воздушных вяжущих (известки, магнезиального вяжущего, жидкого стекла и др.);
- высокая удельная поверхность цемента позволяет обеспечить достаточное сцепление частиц основных компонентов брикета при минимальном расходе связующего;
- под воздействием вибрации цемент подвергается «разжижению», обеспечивая создание плотной структуры брикета в процессе формования без создания внутренних напряжений, в отличие от воздействия высоких давлений;
- процесс гидратации цемента, происходящий в камерах тепловой обработки, экзотермичен; при твердении цемента выделяется теплота в количестве 40-80 ккал/г (в зависимости от вида цемента), то есть каждая тонна брикета в процессе набора прочности является дополнительным источником тепла в количестве 4000-8000 ккал;
- рынок поставщиков портландцемента достаточно велик, то есть данное вяжущее относится к недефицитным, что является значимым фактором при организации высокопроизводительных брикетных фабрик.

Недостатком портландцемента является содержание серы в количестве 0,4-1,2 %. Однако следует отметить, что в составе брикета цемент не превышает 10 %, то есть каждая тонна брикета привносит в металлургическую шихту 0,04-0,12 % S, что сопоставимо с количеством серы в традиционном углеродосодержащем материале. Портландцемент – это комплексный материал, полученный обжигом и совместным помолом глины и известняка и имеющий в своем составе окислы: CaO – 62-67 %; SiO<sub>2</sub> – 20- 23 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4-8 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 1-4 %; MgO – 0,5-5 %; SO<sub>3</sub> – 1-3 %; K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O – 0,5-1 %. Поведение портландцемента при высоких (свыше 1000°C) температурах требует дополнительного изучения. Наличие в составе цемента таких окислов, как CaO, MgO дают основание для предположения, что сера останется в шлаковой части, а не перейдет в расплав металла. Кроме того, в зависимости от времени твердения портландцемента (а этот процесс интенсивно идет в течение 28 суток, а далее развивается медленно) образуются различные кристаллогидраты. Поэтому определение возраста использования брикетов при соблюдении оптимального для плавки соотношения «прочность-температура плавления», также требует дополнительного изучения.

Кроме того, следует сказать о существовании такой разновидности цемента, как глиноземистые цементы. Обладая всеми физико-механическими свойствами, присущими портландцементам, глиноземистые цементы имеют существенные отличия по химическому составу. Содержание основных окислов в глиноземистом цементе: CaO – 35-40 %; SiO<sub>2</sub> – 4-8 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 35-44 %; FeO – 4-10,5 %; MgO – 0,5-5 %; SO<sub>3</sub> – 0,01-0,32 %; K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O – 0,1-1,2 %. Использование в качестве вяжущего глиноземистого цемента позволит ограничить количество серы в брикете. Однако следует иметь в виду, что глиноземистый цемент является дефицитным материалом и его цена ~ в 5 раз превышает цену портландцемента.

Рассматривая тему вяжущих материалов для производства металлургических брикетов нельзя не упомянуть о шлакощелочном вяжущем. Применение шлаков в качестве связующего для металлургических брикетов наиболее целесообразно. Однако, в составе шлаков также, как и в портландцементе, присутствует сера в приблизительно равном количестве. Но главная причина, ограничивающая применение шлаков в качестве связующего – это высокие энергетические затраты для активизации шлаков. Шлаки активны, если их удельная поверхность более 4500 см<sup>2</sup>/г. Для сравнения продолжительность помола шлаков до требуемой тонкости в 2-2,5 раза превосходит продолжительность помола цементного клинкера.

Учитывая все вышеизложенное, можно сделать вывод о преимуществах использования портландцемента в качестве вяжущего при производстве металлургических брикетов, что не исключает

использование других видов связующих (извести, жидкого стекла, магнезиального, шлакощелочного вяжущего и пр.) для решения специальных задач.

Литература.

1. Л.А. Лурье. Брикетирование к металлургии. М. «Металлургия», 1963 г
2. В.П. Булгаков, Г.В. Булгаков. Исследование минералогического состава окалиноуглеродистых брикетов в процессе восстановления. М. «Черная металлургия», № 7, 1998 г.
3. Реферат И.М.Мищенко Утилизация окускованной углеродосодержащей металлургической пыли. «Производство чугуна», 1998 г.
4. О.В. Юзов, В.А. Исаев. Анализ расхода основных ресурсов в черной металлургии России. «Сталь», № 10, 1999 г.
5. В.С. Лисин. Тенденции реструктуризации черной металлургии. «Сталь», № 10, 1999 г.

### ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ЗАВОДОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ «ОКСИКАП»

*А. Серикбол, студент гр. 10В20, С.Н. Федосеев, асс. каф. МЧМ*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел.: 8 (384-51) 6-22-48*

*E-mail: fedoseevsn@list.ru*

Сегодня в Германии около 20–25 кг тонкодисперсной стальной пыли, содержащей окалину на тонну термически необработанной стали появляется в очистительных системах на сталеплавильных заводах. Т.к. этот материал содержат цинк, свинец и щелочь, он не может быть переработан для повторного использования и должен быть переработан внешним образом либо вывезен на свалку.

Ограниченные возможности захоронения, растущие цены, требовательные законы и распоряжения правительства, а также обсуждения проблем окружающей среды на государственном уровне – все это затрудняет продолжение такой практики. Поэтому была разработана новая технология переработки этих отходов для повторного использования, предотвращения выбросов, которая отвечает экологическим требованиям и снижает расходы.

Новая технология, названная ОКСИКАП, основана на модернизации вагранки. Она основана на преобразовании холодно окускованных агломератов, содержащих углерод, в жидкий чугун. Основные преимущества этого процесса для сталелитейного производства:

- процесс очень похож на доменную печь, поэтому требуется минимальное обучение оператора
- процесс дополняет жидкий чугун для сталелитейного производства и гарантирует высокий процент использования железосодержащих частиц
- обогащенный цинком шлам может быть продан для дальнейшего восстановления
- все виды металлов, содержащих металл, такие как настыль, десульфурированные металлы и шлак могут быть переработаны

#### Протекание процесса

Процесс заключается в соединении мелкодисперсных оксидов с восстановителем, содержащим коксовую мелочь. В результате чего получают кирпичи, которые загружаются в шахтовую печь вместе с другим железосодержащим побочным продуктом, коксом или флюсом (рис.1).



Рис. 1. Процесс ОКСИКАП