

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, десульфурованные 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

Пока загруженные вещества опускаются в печь, они разогреваются, и при температуре около 1000°C коксовая мелочь внутри кирпичей превращается в угарный газ, который восстанавливает крупинки, содержащие оксид железа.

Высокая температура и большая площадь поверхности мелкодисперсных отходов делает скорость реакции очень высокой. В лаборатории были проведены опыты по восстановлению и металлзации за несколько минут, тогда как в печи для этого необходимо 20 минут при температуре 1000–1400 °С. Кирпич преобразуется в прямо восстановленное железо, которое затем попадает в зону плавления печи, где оно сплавляется с другим побочным продуктом, содержащим металл.

Цементация жидкого чугуна особенно интенсивно происходит в горне вагранки. Жидкий чугун и шлак постоянно выкачиваются и пропускаются через разделитель жидкого чугуна и шлака; затем жидкий чугун направляется на дальнейшую обработку, а шлак – в систему грануляции. Цинковый компонент отходов испаряется и выходит вместе с доменным газом, как и сильно обогащенная пыль печи.

После лабораторных тестов первое испытание на производстве было проведено на литейной вагранке. Вагранка с производительностью 10 тонн/час работала больше 10-ти часов с 30 % кирпича. В составе жидкого чугуна не наблюдалось никаких изменений и производительность, как и предполагалось, уменьшилась до 8,5 тонн/час. Было небольшое увеличение оксида железа в шлаке с 1 % до 2,5 %, что равняется 1 кг Fe на тонну жидкого чугуна.

Содержание угарного газа в доменном газе возросло и также возросло количество пыли из-за относительно низкой прочности кирпичей.

Основной вывод из испытания: оксид железа был восстановлен и превращен в жидкий чугун.

#### Шахтная печь Тайсон Хамборн

Для того, чтобы доказать, что этот метод действительно работает, Тайсон Крупп (рис. 2). Сталь совместно с Маннесманн, Кютнер, Б.У.С. и Мессер Грисхайм решили построить опытную шахтную печь в Дуисбурге как реальный демонстрационный завод для производства жидкого чугуна с производительностью 15 тонн/час стоимостью 15 миллионов немецких марок (7,7 миллионов Евро). Периферийное оборудование, например, регенератор, система очистки газа (бывшие в употреблении) были куплены на соседнем литейном заводе, чтобы снизить расходы.



Рис. 2. Технологическая схема переработки отходов

Сама печь была построена на основании бывшей доменной печи №3 в Хамборне.

Внутренний диаметр горна – 2,4 метра, печи – 2,6 метров.

17 000 м<sup>3</sup>/час холодного дутья разогревается в регенераторе до температуры 520°C и печь оснащается 6 сливными медными фурмами и системой для подачи кислорода. Преимуществом этой технологии по сравнению с обогащением кислорода является более глубокое проникновение, что важно для низкого содержания кокса и расхода огнеупорного материала. Доменный газ уходит из печи при температуре 300°C через систему выпуска газа и в систему очистки газа. Сам горн высотой не больше 5 метров и загрузочный материал в этой части печи изолирует процесс от атмосферы. Доменный газ охлаждают, промывают и затем сжигают либо в регенераторе для разогревания холодного дутья, либо в горелке, т.к. на данном этапе проекта не было доступа к газопроводу сталелитейного цеха.

Печь наполняется сливным огнеупорным материалом и работает как обычная вагранка с водяным золоудалением (дном). Чугун и шлак протекают через выпускное отверстие. Шлак и чугун разделяют в трубопроводе, и процесс сохраняет гибкость вагранки. Возможно закрытие вагранки за 1 минуту.

По результатам лабораторных исследований оптимизированный кирпич, содержащий цементное связующее, был высотой 110 мм в форме шестиугольника. Вместе с оксидами, кирпич содержал мелкодисперсную пыль литейного производства, шлак доменной печи, вторичную окалину, 15 % коксовую пыль и цемент, которые смешивали в специальном смесителе.

Кирпичи формовали на вибропрессе и выстаивали 5 дней перед тем, как использовать в качестве крупногабаритного материала. Содержание железа – около 50 %.

#### **Отходы и вещества, содержащие металл**

В течение первых 6 недель после запуска печи использовался только скрап. Затем загружаемые вещества на 100 % состояли из настывки из сталеплавильного производства и магнетических фракций десульфурованного шлака. Материал размером 10 – 600 мм не создавал никаких проблем, более крупные частицы могли быть загружены в ограниченном количестве. Содержание железа в материалах было 70 – 80 % из-за вязкого шлака.

#### **Управление заводом**

После разрешения технических монтажных работ стояла задача определения огнеупорности. Из-за показателя 350 – 450 кг/тонну жидкого чугуна, что выше, чем на литейной вагранке (60 кг/тонну жидкого чугуна), выпускное отверстие быстро изнашивалось. Перепроектировав геометрию переднего слива, срок службы выпускного отверстия был продлен до 14 дней: такая же цифра, как и для вагранки, основанной на скрапе. Было возможно выпускать до 10000 тонн жидкого металла и 4000 тонн шлака за один срок службы.

Пропорция кирпичей постоянно увеличивалась до 70 %. Производительность жидкого чугуна возросла, как и ожидалось, благодаря более низкому объему железа на входе.

На этапе создания опытного образца было произведено почти 50000 тонн жидкого чугуна и переработано 5000 кирпичей.

Как показано на, количество кирпичей не влияет на состав жидкого чугуна, а использование металла из десульфурованного шлака имеет результатом высокое содержание серы. Влияние серы на растворимость углерода в жидком чугуне вы можете увидеть. Содержание углерода возрастает до 4 %, т.к. содержание серы возрастает до 1,3 %, кремния – около 1,5 %. Изменение содержания железа в шлаке – это вопрос износа огнеупора на шлаковой летке.

В отличие от литейного производства кремний был восстановлен из шлака.

Более важным является процентное соотношение кирпичей в шихте и проницаемости печи, измеряемой как противодавление в кольцевом трубопроводе. Увеличение противодавления является результатом увеличения доменного газа; не было признаков квази-когезионной зоны, и не наблюдались засорение или зависание.

Коэффициент пустотности возрастает с увеличением количества кирпичей, т.к. кирпичи имеют один размер, и параметры фильтра приближаются к идеальной одно-зернистой структуре, что снижает противодавление. Увеличение количества кирпичей с 55 % до 70 % шихты не повлияло на увеличение противодавления. Можно предположить, что оба действия исключают друг друга.

Параметры печи не менялись на протяжении всего испытания, и даже остановка на час не повлекла за собой проблем.

#### **Заключение и перспективы**

Основным выводом работы опытного завода стало то, что процесс преобразования агломератов, содержащих железо и оксид, в жидкий чугун в шахтной печи – стабилен и надежен. Было использовано 22,5 тонн кирпичей/час, в дополнении к 9 тонн настывки/час. Использование настывки до 600 мм в шахтной печи, а не в конвертере, увеличивает эксплуатационные качества кислородного конвертера, позволяет прямой выпуск плавки и снижает затраты на десульфацию.

Чистый скрап, покрытый цинком, может быть использован для кислородного конвейера в больших количествах. Шлам, обогащенный цинком, в ОКСИСАП может быть продан для последующего восстановления. Ненужные мелкодисперсные материалы могут быть удалены со шлакового завода, что улучшает свойства и снижает выбросы.

Литература.

1. Черепанов К.А., Черныш Г.И., Динельт В.М., Сухарев Ю.И. Утилизация вторичных материальных ресурсов в металлургии. – М.: Металлургия, 1994. – 224 с.
2. Сокуренок А.В., Шеремет В.А., Кекух А.В. Опыт утилизации железосодержащих шламов и вторичной окалины // Сталь. 2006. – №1.
3. Новый способ переработки сталеплавильных отходов. Электронный ресурс: [http://briquet.ru/newpublications/briquet\\_steel1.html](http://briquet.ru/newpublications/briquet_steel1.html).