

КУПЕНКО В.И., ТИЩЕНКО А.П. (ДОННТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРЕВА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ РУДО-УГОЛЬНЫХ ОКАТЫШЕЙ В ПОТОКЕ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Исследован минералогический состав рудо-угольных окатышей после обработки газами процесса плавки 200-кг пилотной установки плавильно-восстановительного агрегата на основе дуговой печи. Показана возможность нагрева и предварительного восстановления железо-оксидных материалов с перспективой их использования в качестве добавки к шихте в процессе выплавки стали.

Проблема утилизации накопленных и производимых металлургической промышленностью Украины железосодержащих отходов является весьма актуальной.

Количество железосодержащих отходов в виде шламов на территории Украины составляет 20 млн. т, в частности на металлургическом комбинате им. Кирова 5–6 млн. т (г. Макеевка).

Из существующих способов утилизации железосодержащих отходов для условий Украины приемлемы варианты с использованием угольных восстановителей. Среди таких процессов наибольшее развитие получили две технологии:

— с использованием металлизированного сырья, получаемого из оксидо-угольных окатышей во вращающейся печи RHF фирмы SMS-Demag [1];

— с использованием оксидно-угольных брикетов, загружаемых в сталеплавильный агрегат в качестве добавки к шихте. Такие брикеты получили коммерческое название Синтеком и прошли опытно-промышленную проверку, в частности, на заводах России [2].

Недостатком рассмотренных технологий являются значительные потери тепла. В первом случае они связаны с разделенностью по агрегатам процессов восстановления и производства металла. Во втором случае — с не использованием тепла и химического потенциала отходящих газов сталеплавильного агрегата для предварительного нагрева и восстановления железо-оксидных материалов.

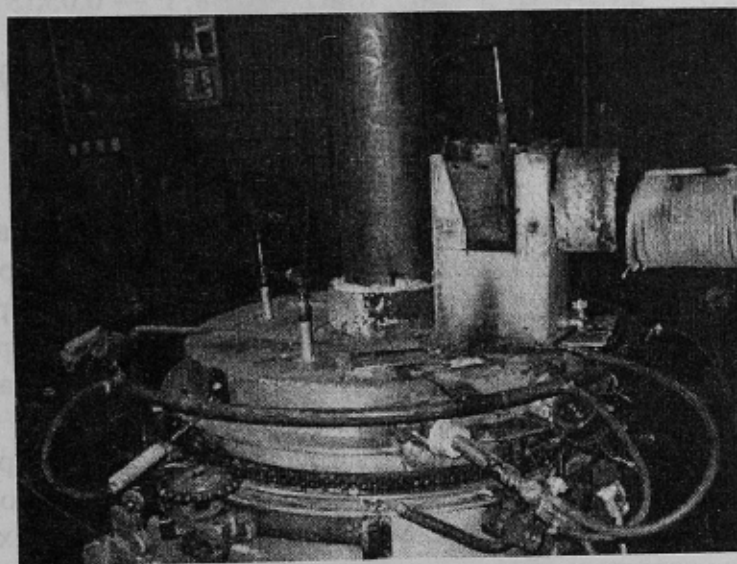


Рис. 1. Пилотная установка плавильно-восстановительного агрегата

В ДонНТУ разработаны основы технологии и плавильно-восстановительный агрегат для утилизации железосодержащих отходов металлургического производства [3]. Интегрированный процесс плавления — восстановления позволит существенно снизить энергоемкость получения жидкого полупродукта. Промысленный вариант этого процесса может быть создан на базе 25–100 т дуговой сталеплавильной печи (ДСП).

Целью настоящих исследований является изучение возможности использования физического тепла и химического потенциала отходящих газов ДСП для нагрева и предварительного восстановления

железо-оксидных материалов в виде рудо-угольных окатышей.

Исследования было выполнено на пилотной установке плавильно-восстановительного агрегата (рис. 1).

Установка создана на базе однофазной 200-кг дуговой сталеплавильной печи и дооборудована сводовой камерой, приводом вращающейся тарели, системой загрузки через сводовый патрубок с возможностью предварительного нагрева разгрузочным шнеком (рис. 2).



Рис. 2. Вид вращающейся тарели и шнековой системы выгрузки материалов

Для поддержания температурного режима, а также для регулирования восстановительной атмосферы в сводовой камере, были установлены 3 газоздушные горелки и газокислородная горелка. Химический состав газовой фазы определяли на газовом хроматографе ЛХМ 8МД.

Эксперименты выполняли следующим образом. Необходимое количество железорудных окатышей, из расчета получения на вращающейся тарели 2–3 слоев, загружали через дозатор.

Вращающаяся тарель транспортировала материал от зоны загрузки к зоне выгрузки.

Длительность обработки составляла 10 минут, после чего окатыши выгружались в центр рабочего пространства печи с помощью шнека. Температура отходящих газов контролировалась с помощью 5 термопар.

В экспериментах использовали рудо-угольные окатыши следующего состава, %: рудный концентрат — 40, шлак — 40, уголь — 20.

Ниже приведен химический состав материалов, %:

Криворожский рудный концентрат $Fe_{\text{общ}}$ — 63,3; FeO — 27,4; Fe_2O_3 (Fe_3O_4) — 61,14; SiO_2 — 9,0; CaO — 0,46; MgO — 0,7; Al_2O_3 — 1,03; MnO — 0,08; P — 0,03; S — 0,16.

Шлак Енакиевского металлургического завода ($Fe_{\text{общ}}$ — 48,7; FeO — 10,6; Fe_2O_3 — 57,8; P — 0,01; S — 0,28; Cu — 0,03; шлакообразующие — 19,21; H_2O — 12,07.

Уголь (C — 77; S — 2; A — 9; H_2O — 3; летучие — 9).

Изучение минералов проводили методом рудной микроскопии [4] на полированных шлифах (аншлифах). Применение поляризованного света позволяет определять ряд оптических констант: показатель отражения, т.е. способность минерала отражать определенное количество света, а также характеристики связанные с оптической анизотропией-двуотражение, эффекты поляризации. Этот метод также позволяет анализировать цвет минерала в отраженном свете.

При микроскопическом изучении установлено, что окатыши имеют концентрически-скорлуповатую структуру и представляют собой композицию фаз различного минерального, фракционного состава и происхождения. Микроструктура окатышей характеризуется наличием скелета из угловатых обломков размером в десятые доли миллиметров, сцементированных пылеватой дисперсной массой практически того же минерального состава, с размером обломков в несколько мкм и менее. Все компоненты шихты плотно контактируют. Составляющие шихты различного происхождения отличаются по минеральному составу и особенностям структуры. Частицы шлама (отходов

металлургического производства) отличаются тем, что они как правило несут следы частичного или полного плавления и перекристаллизации (рис. 3).

Магнетит



Ферриты кальция в стекле

Рис. 3. Шлам (увеличение 600X)

Рудная часть представлена главным образом магнетитом, имеющим вид правильных, хорошо ограненных кристаллов размером до 0,1 мм, образующих скопления в массе шлама. Формирование таких кристаллов возможно при перекристаллизации шихты в пластическом состоянии. Отличаются также дендриты магнетита, образовавшиеся из жидкого железо-силикатного расплава. На периферии обломков и вокруг пор магнетит замещен гематитом. В стекле шлама отмечены также совместно кристаллизующиеся из расплава ферриты кальция: короткостолбчатые кристаллы двухкальциевого феррита $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ и игольчатые кристаллы однокальциевого феррита CaFe_2O_4 . Размер кристаллов — сотые доли миллиметров. В небольшом количестве в состав шлама входит металл в виде микроскопических (размер 0,05–0,2 мм) капель, неправильных скругленных и угловатых частиц. На внешней поверхности таких частиц иногда наблюдается пленка гидроксидов железа.



Гематит

Магнетит

Рис. 4. Концентрат (увеличение 600X)

Рудный концентрат в составе окатышей представлен угловатыми обломками магнетита, частично замещенного гематитом, сростками магнетита с кварцем и зернами кварца (рис. 4).

Для рудного концентрата характерно редкое преобладание зерен размером в сотые доли миллиметров. Отмечены также и более крупные. До 0,5 мм округлые зерна кварца. Учитывая тугоплавкость и химическую инертность этого минерала, он может быть отнесен к песчаному материалу шлама.

В составе окатышей присутствует также углеродистый материал в виде угля и кокса (обломочная структура размером до 0,7 мм).

Исследование предварительного нагрева рудо-угольных окатышей проводили в сводовой камере пилотной установки. При нагреве до 150°C происходил процесс выхода летучих угля и остаток придавал прочность после охлаждения (рис.5). Окатыши нагревали до температуры 950°C в течении 6 минут с последующим водяным охлаждением. Они отличались более высокой прочностью и твердой поверхностью.

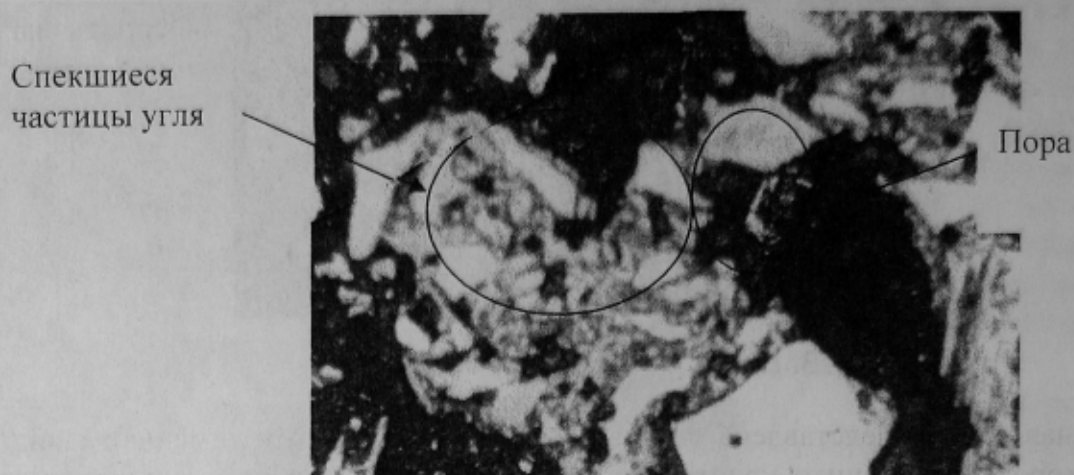


Рис. 5. Спекшиеся частицы угля

Микроскопическое изучение не выявило существенных отличий по фазовому составу и микроструктуре от исходного материала (рис. 6).

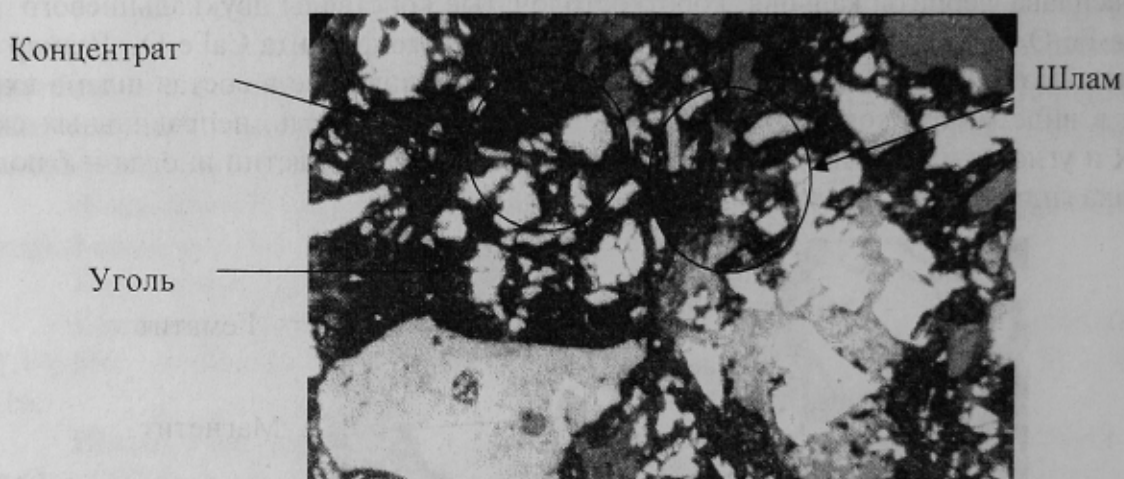


Рис. 6. Шлиф окатыша после термообработки (увеличение 600X)

Показана возможность использования физического тепла и химического потенциала отходящих газов ДСП для нагрева и предварительного восстановления железокислотных материалов в виде рудо-угольных окатышей для их последующего переплава в плавильно-восстановительном агрегате. Петрографические исследования рудо-угольных окатышей, подвергшихся обработке отходящими газами, показали, что плавление, перекристаллизация и окисление их не происходит. Твердофазное упрочнение материала, по-видимому, связано с реакциями минералообразования в наиболее мелких субмикроскопических пылеватых частицах.

Список литературы

1. Method of producing iron nuggets; Pat. EP1167547 (CH), IPC C21B13/10 / Tanigaki Yasuhiro (JP); Ito Shuzo (JP); Tokuda Koji (JP); Kikuchi Shoichi (JP); Tsuchiya Osamu (JP). — 5 p.: fig.
2. Щедрин В.М. Рудо-угольные материалы (окатыши и брикеты из дисперсных компонентов) // Сталь, 2001. — №12. — С. 8–12.

3. Тищенко П.И., Троянский А.А., Тимошенко С.Н., Тищенко А.П. Разработка основ непрерывного плавления-восстановительного процесса в дуговой печи // Сб. научн. тр. ДонНТУ. Сер. Металлургия, 2002. — Вып. 40. — С. 76–81.

4. Перелелицын В.А. Основы технической минералогии и петрографии. — М.: Недра, 1987. — 255 с.

© Купенко В.И., Тищенко А.П., 2004

МАКУРОВ С.Л. (ПГТУ, Г. МАРИУПОЛЬ), МОТРЕНКО С.А. (ОАО «ТАГМЕТ», Г. ТАГАНРОГ)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАФИНИРОВАНИЯ СТАЛИ НА УСТАНОВКЕ «КОВШ — ПЕЧЬ»

Рассмотрены технологические мероприятия для улучшения процесса внепечного рафинирования стали на установке ковш-печь, внедрение которых позволило получать низкосернистую сталь (0,005–0,008% S) с узкими пределами по химическому составу и температуре.

Освоение новых газовых и нефтяных месторождений, содержащих значительное количество сероводорода, остро ставит проблему обеспечения нефтегазовой промышленности трубами, стойкими против сероводородного растрескивания.

Существенный вклад в обеспечение требуемой стойкости данных сортаментов труб против сероводородного растрескивания и хрупкого разрушения вносят: чистота стали по содержанию серы (<0,015%), а также сурьмы, олова, мышьяка, способствующих развитию процессов обратимой отпускной хрупкости при термоулучшении.

В ОАО «ТАГМЕТ» (Таганрогский металлургический завод) для обеспечения постоянно ужесточающихся требований к качеству трубного металла в мартеновском цехе проведена реконструкция комплекса установок внепечной обработки [1].

Сталь выплавляют в 290-т мартеновских печах, работающих скрап-процессом с завалкой твердого чугуна и карбюризатора (20–25 и 0,9% соответственно). Металл выпускают в два 135-т ковша через раздвоенный симметричный качающийся желоб, что позволяет более точно распределять металл по ковшам. У 80% плавов масса металла в ковше составляет 135±5 т, без качающегося желоба она была в пределах 135±10 т.

Во время выпуска плавки в ковши после введения раскислителей присаживают твердую шлакообразующую смесь (ТШС), состоящую из извести и плавикового шпата в соотношении 70:30 в количестве 5–6 кг/т, и продувают аргоном через пористую пробку, расходуя 50–100 л/мин для обеспечения равномерного распределения ферросплавов и более быстрого формирования жидкого шлака. Такая технология позволяет уменьшить содержание серы в стали за время выпуска. В металле ковшей с отсечкой печного шлака степень десульфурации составляет в среднем 39,2%, а в ковшах, через которые перепускают шлак, — 29,9%.

После обработки стали на стенде под печью ковши с металлом поступают на установку ковш-печь (УКП), приобретенную у фирмы «Даниэли». Она снабжена трансформатором мощностью 20 МВА и предназначена для одновременной обработки двух ковшей с поочередным нагревом электродами, закрепленными на поворотной колонне. Electroды диаметром 406 мм поворачиваются на угол 80° со скоростью 5°/с. Диаметр их распада составляет 700 мм. Предусмотрены две системы поворотных водоохлаждаемых сводов-крышек (угол поворота 115°, скорость 5°/с). Максимальный расход аргона через пористую пробку — 600 л/мин. Скорость нагрева — до 4,5°/с, средняя продолжительность обработки одного ковша — 50 мин.