

УДК 622.782.4:622.341.15

А. А. Чугайнова, Б. П. Юрьев, В. А. Дудко

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ СИДЕРИТОВЫХ РУД К МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМУ ПЕРЕДЕЛУ

Аннотация. Установлено, что несмотря на большие запасы бакальские сидеритовые руды не нашли широкого применения в чёрной металлургии. Это связано с тем, что существующий способ их подготовки, заключающийся в окислительном обжиге в шахтных печах с целью удаления диоксида углерода в процессе декарбонизации и повышения содержания железа, не позволяет получать продукт, отвечающий современным требованиям по содержанию железа и по прочностным характеристикам. В данной работе предложена новая технология восстановительного обжига сидеритовой руды, позволяющая получать металлизированный концентрат с высоким содержанием железа и с высокой степенью десульфурации. Рассмотрена газовая схема, не требующая специальных установок для проведения конверсии газа. Разработана технология восстановительного обжига сидеритовых руд. Использование металлизированного продукта из сидеритовых руд с высоким содержанием железа позволит получать значительный экономический эффект в доменном производстве.

Ключевые слова: сидеритовые руды, доменная печь, восстановительный обжиг, шахтная печь, газовая схема, технология, содержание железа

Abstract. It has been established that despite the large reserves of Bakal siderite ores, they are not widely used in ferrous metallurgy. This is due to the fact that it provides a product that meets modern requirements for iron content and strength characteristics. This paper proposes a new technology for reductive roasting of siderite ore, which makes it possible to obtain a metal concentrate with an iron content and a high degree of desulfurization. A gas scheme is considered that does not require special installations for gas conversion. The use of a metal product from siderite ores with a high iron content will provide a significant economic effect in blast furnace production.

Key words: siderite ores, blast furnace, reduction roasting, shaft furnace, gas scheme, technology, iron content

В настоящее время сидеритовые руды не нашли широкого применения в чёрной металлургии, несмотря на большие запасы, близкие к 1 млрд. т [1]. Это связано не только со сравнительно низким содержанием в них железа (28-32 %), которое в результате окислительного обжига в шахтных печах возрастает в концентрате до 44-48 % за счёт удаления диоксида углерода при разложении карбонатов, а главным образом отсутствием эффективной технологии обогащения и подготовки их к плавке с получением материала богатого железом и с низким содержанием магнезии и вредных примесей [2-3].

Вести плавку на шихте из 100 % сидеритовой руды практически невозможно, её необходимо смешивать с другими рудами. Так, при использовании одних сидеритовых руд в шихте доменных печей содержание магнезии в шлаки будет составлять более 30 %. Такие шлаки при температуре 1400 °С получаются практически твёрдыми. Таким образом, основная причина,

ограничивающая применение сидеритовой руды в доменном производстве, связана с высоким содержанием в них магнезии. Поэтому одни сидеритовые руды вследствие их высокой основности и значительного содержания магнезии не могут проплаваться в доменных печах [1].

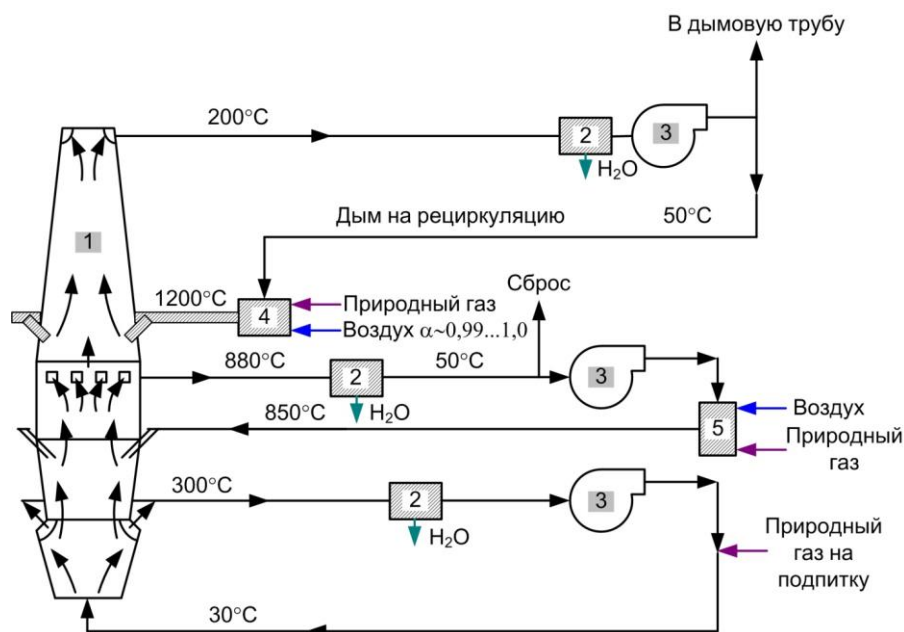
Применение в доменных печах обожженной сидеритовой руды [4] исключает протекания в них нежелательных процессов, связанных с разложением карбонатов и действием диоксида углерода на восстановимость руды. Однако подготовка руды к обжигу, сам процесс обжига и последующие обогащение обожженного продукта связаны со значительными затратами. Кроме того, после протекания процессов декарбонизации происходит разупрочнение кусков руды, сопровождающееся образованием значительного количества мелочи, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления столба шихтовых материалов и к уменьшению газопроницаемости слоя.

Учитывая тенденцию развития горно-металлургической промышленности в направлении производства и потребления высококачественных концентратов с содержанием железа более 65 %, возникает необходимость в разработке новой технологии восстановления сидеритовых руд с получением металлизированного концентрата пригодного для доменного производства. Следовательно, перспективным направлением по использованию сидеритовых руд следует считать направление, связанное с разработкой технологии процесса восстановительного обжига сидеритовых руд.

Существуют различные варианты конструктивного оформления различных способов восстановительного обжига [5]. В данной работе рассмотрена технология восстановительного обжига сидеритовых руд в шахтных печах. Разработке технологии предшествовало тщательное изучение процесса восстановления при обжиге сидеритовых руд [6]. В результате установлено, что проведение восстановительного обжига требует обязательного наличия зон восстановления и охлаждения восстановительного продукта в нейтральной или восстановительной среде для исключения окисления полученного продукта. Следовательно, возникает необходимость создания трехзонной шахтной печи. В верхней зоне происходит обжиг руды в окислительной (или нейтральной) атмосфере для проведения процесса декарбонизации, частичного обессеривания продукта, а также нагрева материалов до определённой температуры перед выдачей в восстановительную зону [7]. В восстановительной зоне происходит восстановление оксидов железа водородом. Здесь также возможно протекание реакций конверсии природного газа с влагой рециркулируемого водорода. В зоне охлаждения восстановленный продукт охлаждается природным газом.

Сотрудниками УрФУ им. Б. Н. Ельцина и института ВНИИМТ разработана технология подготовки сидеритовых руд с получением металлизированного концентрата. Газовая схема процесса восстановительного обжига сидеритовой руды представлена на рис. 1. Технологический процесс протекает в следующей последовательности. Нагрев и обжиг сидеритовой руды производится в верхней зоне шахтной печи [1] в нейтральной атмосфере, полученной в выносной топке [4] с коэффициентом избытка воздуха $\alpha=0,98-1,00$. Для снижения температуры продуктов сгорания с 1950 до 1200 °С подается рециркуляционный газ газодувкой

[3], предварительно охлаждённый и очищенный в системе газоочистки. Количество подданного рециркуляционного газа составляет 42 % от общего количества продуктов сгорания ($2100 \text{ м}^3/\text{кг}$), необходимых для процесса нагрева материала до $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ и проведения процессов декарбонизации. Общий расход природного газа в верхней зоне составляет $116 \text{ м}^3/\text{кг}$ металлизированного продукта. Остатки очищенного колошникового газа выбрасываются в атмосферу.



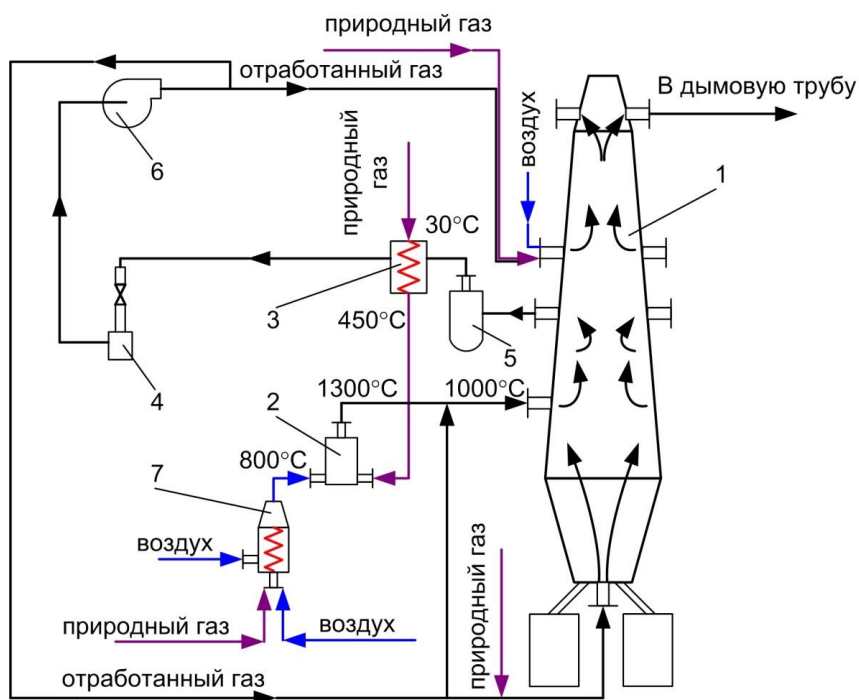
1 – шахтная противоточная печь; 2 – система очистки и охлаждения газов; 3 – газодувка; 4 – топка; 5 – газоподогреватель.

Рис. 1. Газовая схема процесса восстановительного обжига сидеритовой руды

После разложения карбонатов сидеритовая руда из зоны обжига поступает в зону восстановления со степенью восстановления порядка 20 %. Окончательное восстановление сидеритовой руды до 70 % происходит в зоне восстановления водородом, циркулирующим в замкнутом цикле.

На рис. 2 представлена технологическая схема восстановительного обжига сидеритовой руды в трёхзонной шахтной печи с использованием для получения восстановительного газа электрогазовых горелок, разработанных в институте ВНИИМТ. Технологический процесс протекает следующим образом. Природный газ, нагретый в рекуператоре за счёт физической теплоты колошникового газа до $450 \text{ }^\circ\text{C}$, и воздух, подогретый до $800 \text{ }^\circ\text{C}$, подаются на конверсию в электрогазовую горелку. Полученный конвертированный газ разбавляется осушенным отработанным газом для снижения его температуры с 1300 до $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ и подается в зону восстановления шахтной печи. В верхней зоне протекают процессы нагрева до $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ и декарбонизации сидеритовой руды. В зоне восстановления нагретая руда восстанавливается до 85 %, а в зоне охлаждения полученный продукт охлаждается до $250 - 300 \text{ }^\circ\text{C}$ смесью обратного и природного газов. Окончательное охлаждения до $50 \text{ }^\circ\text{C}$ производится в бункерах шахтной печи рециркулируемым обратным газом.

Таким образом, схема является полностью автономной, так как нет побочной продукции и весь газ используется на нагрев и восстановление сидеритовой и руды.



- 1 – шахтная противоточная печь; 2 – электрогазовая горелка;
 3 – газоподогреватель; 4 – система газоочистки и осушки;
 5 – система охлаждения; 6 – газодувка; 7 – рекуператор.

Рис. 2. Технологическая схема восстановительного обжига сидеритовой руды

Разработана технология восстановительного обжига сидеритовой руды, позволяющая получать металлизированный концентрат с высоким содержанием железа, который может быть использован в доменных печах. Рассмотрена газовая схема применительно к восстановительному обжигу, которая не требует использования специальных установок для проведения конверсии газа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90192/19.

Список использованных источников

1. Технологические и теплотехнические основы подготовки сидеритовых руд к металлургическим переделам: монография / Б.П. Юрьев, С.Г. Меламуд, Н.А. Спирин, В.В. Шацлло. – Екатеринбург: ООО АМК «День РА», 2016. – 428 с.

2. Костина З.И., Крылова С.А., Понурко И.В. К вопросу о способах переработки сидеритовых руд // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2015. №11. – С. 580-582.

3. Савченко И.А., Смирнов А.Н., Турчан М.Ю. Подготовка высокомагнезиальных сидеритов бакальского рудного поля к металлургическому производству методами пиро- и гидрометаллургии // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия», 2016. Т. 16. №3. С. 63 – 69.

4. Пирометаллургическая переработка комплексных руд / Л.И. Леонтьев, Н.А. Ватолин, С.В. Шаврин, Н.С. Шумаков. – М.: Металлургия, 1997. – 432 с.

5. Шумаков Н.С. Получение металлизированного концентрата из сидеритовых руд Бакальского месторождения // Комплексное использование минерального сырья, 1990. № 4. – С. 52-55.

6. Юрьев Б.П., Гольев В.А., Дудко В.А. Анализ восстановления железа при обжиге сидеритовых руд // Сталь, 2019. №10. – С. 3-6.

7. Юрьев Б.П., Гольцев В.А., Дудко В.А. Изучение процесса термообработки сидеритовой руды в шахтной печи // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экологической информации, 2018. №8. – С. 36- 42.

УДК 621.783.231

Т. А. Шайдурова, М. Д. Казяев

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

КОНСТРУКЦИЯ И ТЕПЛОВАЯ РАБОТА КОЛПАКОВЫХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РУЛОНОВ ХОЛОДНОКАТАННОЙ СТАЛИ

Аннотация. Холоднокатанная стальная лента после прокатки сворачивается в рулоны, которые подвергаются рекристаллизационному высокотемпературному отжигу в колпаковых печах. Термическая обработка рулонов осуществляется в защитной атмосфере водорода и азота.

Для этого садка из 2-5 рулонов закрывается герметичным стальным муфелем, под которым циркулирует защитная атмосфера.

Муфель накрывают футерованным нагревательным колпаком, внутренняя поверхность которого разогревается либо с помощью электронагревателей, либо газовыми горелками.

Тепловой режим термообработки формируется технологами и проходит несколько этапов: нагрев садки рулонов до заданной температуры, выдержка для выравнивания температуры по объему рулонов, охлаждение садки под колпаком и муфелем и дальнейшее охлаждение на воздухе.

Электрическая и топливная теплогенерация должны обеспечивать строгое выполнение режима термообработки.

Равномерность нагрева стопы рулонов зависит, прежде всего, от конструкции печи, которая может быть выполнена в одностопном и многостопном вариантах, а также от способа теплообмена в системе: нагревательный колпак – муфель – поверхность рулонов и