



The possibilities of processing and using of own iron-ore raw material in conditions of the Republic of Belarus for production of high-quality grades of steel are examined.

В. И. ТИМОШПОЛЬСКИЙ, ПИИ «ЕВРОСТАЛЬ ЛТД», И. А. ТРУСОВА,
И. Н. ПЛЮЩЕВСКИЙ, С. В. КОРНЕЕВ, БНТУ

УДК 669.181

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛИЗОВАННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МАРОК СТАЛИ. СООБЩЕНИЕ 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СХЕМ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЗОВАННОГО СЫРЬЯ

Вопросы и целесообразность использования собственных железорудных месторождений рассматривались в работе [1], где выполнен анализ технологического развития процессов бескоксовой металлургии. Там же доказана возможность получения из железорудного сырья металлизированных окатышей на базе собственных месторождений Республики Беларусь, при этом отмечено, что качество данных окатышей соответствует требованиям технологии Белорусского металлургического завода.

Учитывая наличие запасов железной руды, современный металлургический завод, большое количество машиностроительных предприятий с собственными металлургическими участками на территории Республики Беларусь, дефицитность качественного лома, актуальным остается вопрос выбора технологий производства металлизирован-

ного сырья для дальнейшего его использования в технологии производства стали.

Формирование металлургического производства полного цикла целесообразно оценивать на основе внедоменной бескоксовой металлургии, развитие которой во многом определяется наличием легкообогащаемых руд, недорогого газа-восстановителя, доступной электроэнергии. При этом необходимо соотносить капитальные затраты рассматриваемой технологии прямого восстановления и определить источник энергоносителя, т. е. топлива для восстановительных процессов.

В настоящее время существует более десятка технологий прямого восстановления железа, из которых только несколько нашли свое промышленное применение или находятся на стадии внедрения после длительных испытаний. Рассматривая существующие процессы внедоменного восста-

Т а б л и ц а 1. Классификация процессов прямого восстановления железа

Технологические процессы	Тип продукта восстановления		Степень промышленного применения		Используемые шихтовые материалы		Тип восстановителя		
	губчатое железо	передельный чугун	промышленное применение	промышленное опробывание	кусовая руда, окатыши	мелкие фракции руды	кокс	уголь	природный газ
Midrex	+		+		+				+
HYL	+		+		+			+	+
Corex		+	+		+		+	+	
Fastmet		+		+		+		+	+
Hismelt		+		+		+		+	+
Tecnored		+		+	+	+		+	
ITmk-3		+		+		+		+	+
Circofer	+		+			+		+	
Circored	+			+		+		+	+
Finmet	+			+		+			+

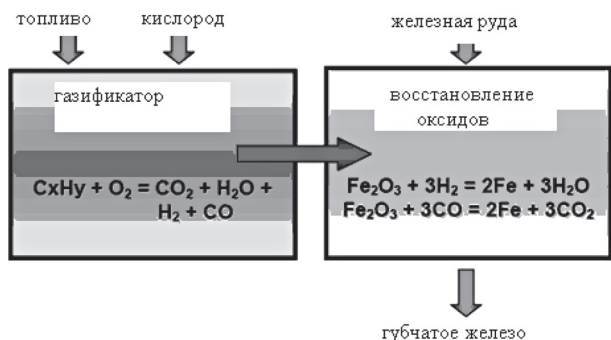


Рис. 1. Схема процесса восстановления оксидов железа

новления железа, следует отметить, что первоначально разработанные технологии и оборудование были рассчитаны на крупные металлургические предприятия в странах, обладающих собственными сырьевыми ресурсами (рудой, природным газом, каменным углем). Первыми внедренными в промышленность технологиями бескоксовой металлургии были процессы Midrex, HYL, использующие в качестве восстановителя природный газ [1]. Известно, что промышленное развитие получили два направления бескоксowego производства первичного железа: твердофазное восстановление оксидов железа с получением твердого губчатого железа и жидкофазное восстановление оксида железа с получением передельного чугуна. В попытках классифицировать технологии прямого восстановления используются различные подходы [2]. В табл. 1 приведена классификация основных разработанных процессов по наиболее общим критериям.

Очевидно, что представляют интерес промышленно освоенные процессы, позволяющие исключить применение углеводородного топлива, кокса и обладающие универсальностью технологии. В частности, процесс HYL-III Energiron позволяет использовать различные виды газов-восстановителей: природный, коксовый, синтезированный (синтез-газ) [3]. Для получения металлизированного сырья в качестве шихтовых материалов используются окатыши и непосредственно кусковая руда в соотношении до 70/30 соответственно. Конечным продуктом является губчатое железо с высокой однородностью свойств, степенью металлизации свыше 93% и с возможным содержанием углерода в диапазоне 0,8 – 4,0%. Наиболее актуальны для стран, не имеющих углеводородных энергоносителей, рассмотрение и оценка технологии, которая базируется на подходе газификации углеродсодержащих материалов с последующей подачей сформированного синтез-газа на серийный модуль производства губчатого железа (рис. 1).

В такой схеме используются низкосортные виды топлива, в частности, угольная пульпа, тяже-

лые остатки нефтеперегонки, нефтяной кокс и т. п. Конструкторско-технологическое исполнение предполагает такую конфигурацию процесса, производственная гибкость которого дает возможность применения технологии в регионах, где наблюдается высокая стоимость или ограниченная доступность к природному газу. Первоначально в качестве восстановителя в технологии HYL использовали природный газ. Затем процесс был модифицирован таким образом, что без изменений параметров и функционирующего оборудования в единой схеме можно использовать не только природный газ, но и другие виды топлива (уголь, нефтяной кокс, древесный уголь), подвергая их предварительной газификации с целью получения восстановительного синтез-газа и последующим сохранением качества конечного продукта – губчатого железа. Техническое решение технологии сформировано с учетом возможности перехода с одного на другой тип топливноносителя без изменения размерных и конструктивных характеристик используемого оборудования.

Получение синтез-газа в процессе HYL для прямого восстановления железных оксидов было разработано совместно с американской фирмой «Тексако», которая является родоначальником применения для газификации водно-угольных суспензий (рис. 2).

Данная система газификации работает в промышленном масштабе не только с угольной смесью, но и с мазутом, тяжелыми углеводородами, нефтяным коксом. Также возможно обрабатывать шламы, отложения которых содержат как органические, так и неорганические составляющие, отходы химической и нефтехимической переработки, отложения на дне нефтяных резервуаров, биомассу. Таким образом, углеродсодержащие отходы производств можно дополнительно использовать

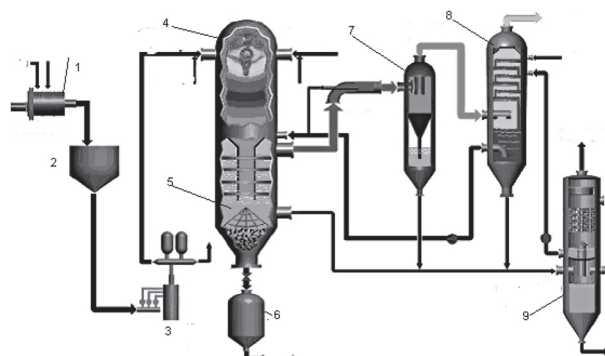


Рис. 2. Схема газификации: 1 – получение водно-угольной суспензии; 2 – резервуар хранения суспензии; 3 – насос подачи суспензии; 4 – газификатор; 5 – камера охлаждения газификатора; 6 – выгрузка шлака; 7 – циклоны; 8 – скруббер; 9 – испаритель

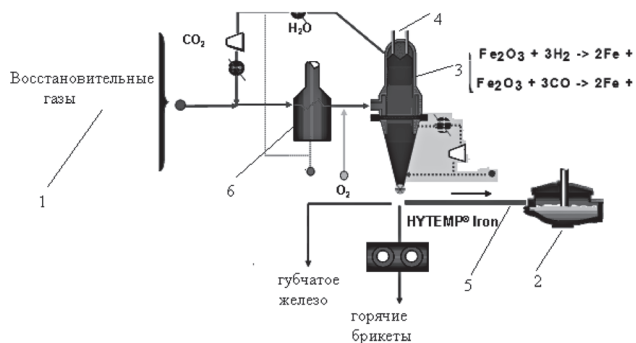


Рис. 3. Технологическая схема восстановления оксидов железа в процессе HYL-III: 1 – подача синтез-газа из газогенератора; 2 – электродуговая печь; 3 – шахтная восстановительная печь; 4 – загрузка железной руды; 5 – пневматическая подача горячего губчатого железа HYTEMP® в сталеплавильную печь; 6 – подогрев синтез-газа перед подачей в восстановительный реактор

как альтернативный источник топлива при производстве сырья для металлургических переделов. В специально разработанный инжектор, расположенный наверху огнеупорного газификатора, нагнетаются твердые топливные составляющие в виде взвеси в суспензии, содержащей 40–70% твердых компонентов при 30–60%-ной жидкой составляющей, которой обычно служит вода. Процесс протекает при давлении 20 атм и температурах 1200–1600°C. Результатом газификации альтернативных источников топлива является синтез-газ, обогащенный водородом и содержащий монооксид углерода.

Одно из главных преимуществ HYL-процесса – технологическая конфигурация завода, состоящая из независимой генерации восстановительного газа, восстановительного модуля и блока селективного устранения воды и диоксида углерода (рис. 3). При данном технологическом подходе единственным требованием для процесса восстановления является нагнетание требуемого количества водорода и оксида углерода. Как видно из рисунка, конечным продуктом процесса может быть либо непосредственно губчатое железо, либо горячие брикеты [4].

После выхода из газогенератора синтез-газ направляется в восстановительный реактор, подвергаясь предварительному нагреву до 930–950 °C вместе с повторно используемым газом реактора. Процесс восстановления протекает при 950 °C и давлении 2,5–6,0 атм. Удельный расход синтез-газа на 1 т губчатого железа составляет 600–700 м³, окатышей и железной руды – 1,38 т. После восстановления железных руд в реакторе уходящие газы отводятся через верхнюю часть реактора и подвергаются очистке в скрубберах.

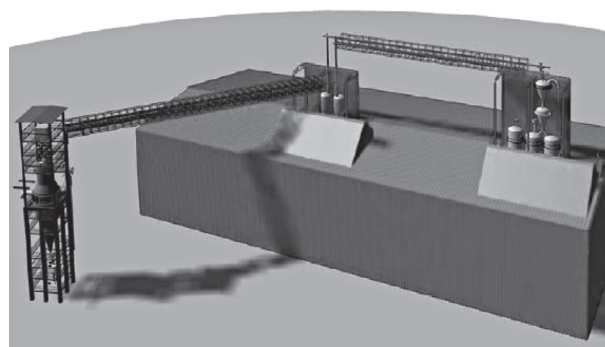


Рис. 4. Схема подачи горячего губчатого железа в электродуговую печь

Известно, что для увеличения производительности дуговой печи целесообразно применение предварительного нагрева металлургической шихты. В связи с этим технология HYL предлагает разработанную и промышленно-используемую систему пневматической подачи горячего губчатого железа непосредственно в сталеплавильный цех [5].

Таким образом, процесс HYL, разработанный для восстановления железной руды с использованием в качестве восстановителей газов водорода и монооксида углерода, имеет три разновидности конечного продукта:

- губчатое железо – охлаждается и используется для выплавки стали;
- горячие брикеты – брикетирование губчатого железа в горячем состоянии после процесса восстановления (для выплавки стали или продажи);
- использование системы HYTEMP® iron – пневматической транспортировки горячего губчатого железа сразу после процесса восстановления в электродуговую печь сталелитейного цеха, что значительно сокращает технологический цикл производства стали (рис. 4, 5).

Горячее губчатое железо выгружается из реактора при 700 °C и оперативно перемещается в изолированные бункера с инертным газом, расположенные наверху плавильного участка, из которых

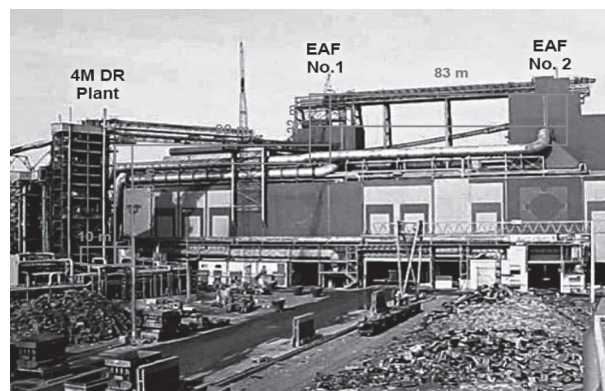


Рис. 5. Использование схемы HYTEMP® в заводских условиях

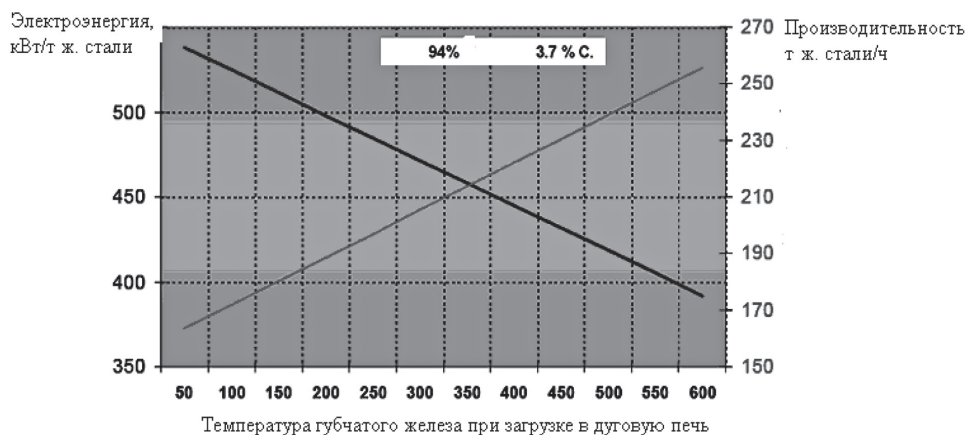


Рис. 6. Влияние температуры губчатого железа на расход электроэнергии и скорость выплавки стали

губчатое железо загружается в дуговую печь при 650 °C. В результате достигается существенное уменьшение расхода электроэнергии в дуговой печи, расхода электродов и огнеупорных материалов, увеличение производительности печи.

На рис. 6 показано влияние температуры загружаемого губчатого железа на расход электроэнергии и скорость плавки с учетом 100%-ной загрузки губчатым железом со степенью металлизации 94% и содержанием углерода 3,7%. Характеристики электродуговой печи: производительность – 135 т; средняя активная мощность – 113 МВт; расход кислорода – 25 м³ на 1 т стали.

При подаче горячего губчатого железа с температурой 600 °C сбережение электроэнергии достигает 25%, при этом производительность возрастает до 20%.

Согласно данным разработчиков, губчатое железо непосредственно после восстановления представляет собой высококачественную металлическую шихту для переплава с низким уровнем примесных элементов, обеспечивая возможность выплавки высококачественных сталей. Операционное управление процессами восстановления железа позволяет получать конечный продукт со степенью металлизации выше 95% и содержанием углерода до 4%, причем данные показатели могут варьироваться в зависимости от требований конкретных металлургических производств по выплавляемым маркам сталей.

Гибкость маркетингового подхода в технологии НУЛ основана на производстве модулей с различной производительностью губчатого железа. В зависимости от мощностей металлургических производств серийно выпускаются технологические модули по восстановлению железа производительностью от 200 000 до 2000 000 т металла в год (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Стандартные модули процесса НУЛ

Производительность, т/год	Внутренний диаметр шахтного реактора, м
200 000 микро-модуль	2,5
500 000	4,0
800 000	5,0
1 200 000	5,5
1 600 000	5,7
2 000 000	6,0

Ранее серьезными препятствиями для интегрирования процессов прямого восстановления в мини-металлургические заводы были высокие капитальные затраты, характерные для традиционных модулей, рассчитанных на высокую производительность, что являлось одной из причин непривлекательности их использования для функционирующих металлургических предприятий. С целью устранения данных затруднений внедряются мини-заводы по производству губчатого железа производительностью начиная с 200 000 тыс. т в год. Соответственно уменьшаются капитальные затраты и требуемая площадь для размещения завода.

Таким образом, при рассмотрении возможностей переработки собственного железорудного сырья в условиях Республики Беларусь следует обратить внимание на технологический процесс производства металлизированного сырья НУЛ-III. В качестве преимуществ можно отметить следующие:

- конструкторско-технологическое решение, обеспечивающее производство восстановительного синтез-газа из доступного недефицитного топлива (различные типы неметаллургического угля, нефтяной кокс и др.);
- возможность полного исключения использования природного газа;
- применение кусковой руды до 30% в шихте вместе с окатышами при производстве металлизированного продукта;

- получение губчатого железа со степенью металлизации более 94% и содержанием углерода 0,8 – 5,0%;

- применение линии Nutemp, обеспечивающей немедленную подачу горячего губчатого железа с температурой 600–700 °С в электродуговую печь, что снижает энергозатраты при выплавке стали,

уменьшает расходы электродов и огнеупорных материалов и повышает производительность печи;

- возможность использования технологического модуля восстановления определенной производительности, находящейся в соответствии с объемом выпускаемой металлопродукции (от 200 000 до 2000 000 т губчатого железа в год).

Литература

1. Тимошпольский В. И. Развитие металлургического комплекса на базе промышленного освоения железных руд для использования в Республике Беларусь (В порядке обсуждения) // Литье и металлургия. 2007. № 2. С. 6 – 17.

2. Markotic A., Dolic N., Krutic V. State of The Direct Reduction And Reduction Smelting Processes // Jjournal of Mining And Metallurgy. 2002. Vol. 38. P. 123 – 141.

3. Pablo E. Duarte, Edward O. Gerstbrein. A Reliable And Economical Approach For Coal Based DRI Production // AIC Conferences 3-rd Annual Asian Steel Summit Hong Kong, June 17–19, 1997.

4. Pablo E. Duarte. HYL Direct Reduction Technology: Adaptations for the Indian Market. HYL, Hylsa Technology Division, Mexico.

5. Pablo E. Duarte. Using the HYL Process with Syngas from coal gasification for DRI Production. 2006. HYL, Hylsa Technology Division, Mexico.