

УДК 669.162.8 (477)

БЕСКОКСОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ ЧУГУНА ДЛЯ УСЛОВИЙ УКРАИНЫ

И.В. Мишин

Донецкий национальный технический университет

В статті проведено розрахунок матеріальних і теплових балансів та економічної ефективності виплавки чавуну з використанням різної залізорудної сировини в печі рідкофазного відновлення Ромелт без допалювання газів, що відходять з печі.

Развитие современной металлургии неотрывно связано не только с повышением качества получаемой продукции, но и с уменьшением энергетических затрат, использованием более дешёвых видов топлива, забалансовых запасов железных руд. Наиболее энергозатратным в классической схеме выплавки стали является доменная технология, включающая также агломерационное и коксовое производство [1].

Современный уровень доменной технологии достигается за счёт следующих мероприятий: вдувание пылеугольного топлива в количестве 200-250 кг/т чугуна; улучшение показателей качества кокса CRI и CSR, применение качественного офлюсованного агломерата и окатышей с высоким содержанием железа, механической прочностью и низким содержанием кремнезема и вредных примесей, использование металлизированного сырья.

Обеспечение данного уровня в Украине является возможным, но труднодостижимым из-за ряда факторов: запасы коксующихся углей резко ограничены, большая их часть импортируется и стоимость постоянно растёт, запасы железной руды представлены в основном кварцитами с низким содержанием железа, требующими обогащения до 55-65% Fe и окускования. Возможными решениями данных проблем являются два направления: полная реконструкция существующих агрегатов, внедрение новых технологий подготовки сырья, систем автоматизации и контроля и переход на бескоксую или малококсую технологию.

Несмотря на то, что процент выплавляемой стали в мире по бескоксовой технологии составляет 7-8%, данное направление является наиболее перспективным. Из более чем тысячи патентов можно выделить два способа получения железа прямого восстановления: твердофазное и жидкофазное, а также как частный случай – их комплексное применение.

Преимуществами большинства агрегатов бескоксовой металлургии по сравнению с доменной технологией являются: использование неокискованного сырья, отходов металлургического производства, использование недефицитных видов топлива, более низкая стоимость оборудования и эксплуатационных затрат, высокий уровень экологической безопасности [2].

Получение металла производится как одностадийным способом (кислородный конвертер) так двух- и трёхстадийными процессами (Corex). При сравнении энергозатрат на производство металла видно преимущество многостадийных процессов, так как задействуются вторичные энергоресурсы (тепло отходящих газов, разделение на твердо- и жидкофазное восстановление). В таблице 1 представлено сравнение энергозатрат на разные типы процессов [3].

Таблица 1

Энергозатраты на разные типы процессов получения металла,
ГДж/т

Тип процесса	I	II	III	Электроплавка	Доменная печь
Расход, ГДж/т	26,5-29,9	15,5-16,5	13,3-14,5	16,3-17,2	14,7

I, II, III – соответственно одно-, двух- и трёхстадийный процесс

Из данной таблицы видно, что наиболее совершенным агрегатом для производства металла является доменная печь, конкурентоспособными технологиями есть только многостадийные процессы.

Из промышленно внедренных установок прямого получения железа необходимо выделить Midrex, Finmet, Corex и Ромелт.

Для условий Украины, при разработке бескоксовой и малококсовой технологии выбран процесс жидкофазного восстановления Ромелт без дожигания отходящих газов под сводом печи. При обосновании выбора данного агрегата были произведено моделирование процесса на основе материальных и тепловых балансов для разных типов железорудного сырья, произведена экономическая оценка выбранного способа по сравнению с доменным процессом.

Главной особенностью процесса Ромелт без дожигания является использование его в качестве газификатора угля, при этом получаемый чугу́н в данном случае является второстепенным продуктом. В качестве железорудных материалов используется любое железосодержащее сырье, а в качестве энергоносителя рядовой

донбасский энергетический уголь. Шлаковая ванна продувается не воздухом, а техническим кислородом, что позволяет достичь высокой концентрации восстановителя в отходящих газах. В расчётах принимается степень дожигания 5%, а прямое восстановление равно 1. Отходящие газы имеют температуру 1400-1500°C и содержат до 90% CO+H₂. Тепло высокотемпературных газов может быть использовано при нагреве шихты, поступающей в печь Ромелт, в котле-утилизаторе для производства энергии, а восстановительный потенциал отходящих газов в процессах твердофазного восстановления или в качестве горячих восстановительных газов (ГВГ), вдуваемых в шахту доменной печи.

Для расчётов в качестве железорудного сырья были выбраны руды и концентраты Украины и зарубежных экспортеров сырья (табл.1). В качестве энергоносителя выбран угольный концентрат с содержанием нелетучего углерода 70%, а флюсующей добавки – известь Еленовского месторождения с содержанием CaO 87%.

Таблица 2
Химсостав железорудной части шихты [1-3]

Сырье	Состав, %								
	Fe	FeO	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn	P	S
Руда									
Лебединская руда	4,8	6	3	0,3	9,1	2,5	-	0,03	0,57
Михайловское месторождение	7,3	5,5	1,7	0,3	10,4	1,1	0,1	0,04	0,22
Кварцит КМА	3,5	3,1	1,62	1,34	42,6	1,86	-	0,09	0,07
Концентрат									
Ингулецкий ГОК	63,7	26,7	0,3	0,7	8	0,4	-	0,02	0,09
Северный ГОК	65,2	26,7	0,5	0,3	8,5	0,2	-	0,01	0,03
Полтавский ГОК	64,8	27,4	0,3	0,55	8,8	0,3	-	0,01	0,05
Концентрат (зарубежный)									
Эл Пало (Венесуэла)	67,5	-	0,12	0,18	0,65	0,8	-	0,04	0,005
Аквас Кларас (Бразилия)	67,8	-	0,05	0,03	0,65	0,96	-	0,04	0,004
Маунт Ньюмен (Австралия)	66,5	-	0,04	0,05	3	1	-	0,05	0,006

Как видно из таблицы 2, зарубежный концентрат имеет низкий процент кремнезёма по сравнению с концентратом Украины и России,

что позволяет получать чугун с низким выходом шлака и соответственно с более низким расходом угля .

Таблица 3

Расход шихтовых материалов для разных типов железорудного сырья, т/т чугуна

Месторождение	Расход, т/т чугуна			
	Железорудная часть	Шлака	Уголь	Известь
Руда				
Лебединская руда	1,64	0,76	2,58	0,49
Михайловское месторождение	1,57	0,75	2,59	0,52
Кварцит КМА	2,6	3,06	4,04	1,8
Концентрат (Украина)				
Ингулецкий ГОК	1,41	0,61	2,44	0,45
Северный ГОК	1,38	0,61	2,5	0,46
Полтавский ГОК	1,39	0,63	2,5	0,47
Концентрат (зарубежный)				
Эл Пало (Венесуэла)	1,34	0,37	2,35	0,33
Аквас Кларас (Бразилия)	1,34	0,37	2,34	0,33
Маунт Ньюмен (Австралия)	1,36	0,43	2,39	0,37

Наибольший расход топлива в процессе Ромелт без дожигания составляет более 4 тонн на тонну чугуна при использовании кварцитов КМА, наименьший – при использовании концентратов.

Таблица 4

Выход восстановительных газов

Железорудная часть шихты	м ³ /т чугуна
Железная руда	
Лебединская руда	4126,3
Михайловское месторождение	4178,9
Кварцит КМА	6480
Концентрат (Украина)	
Ингулецкий ГОК	3897
Северный ГОК	3810,7
Полтавский ГОК	3956
Концентрат (зарубежный)	
Эл Пало (Венесуэла)	3610,2
Аквас Кларас (Бразилия)	3630,8
Маунт Ньюмен (Австралия)	3740,6

При расчёте экономической эффективности были взяты средние мировые цены на металлургическое сырьё по состоянию на апрель 2010 года (табл. 5).

Таблица 5

Средние цены на металлургическое сырьё и чугун

Металлургическое сырьё и продукция	Стоимость 1 тонны чугуна, грн
Концентрат железорудный	480
Аглоруда	320
Кварцит	200
Окатыши	680
Кокс	2040
Природный газ, за 1 тыс. м ³	1900
Известь	400
Угольный концентрат	680
Чугун передельный	2800

При кислородной или парокислородной конверсии из 1000 м³ природного газа образуется 2570 м³ восстановительного газа [4].

Таблица 6

Расчётные значения себестоимости чугуна при различных видах железорудного сырья

Вид железорудного сырья	Себестоимость, грн
Кварцит	3200
Руда	2740
Концентрат	2670

Из таблицы 6 видно, что при использовании восстановительного газа, себестоимость чугуна, полученного в процессе Ромелт без дожигания отходящих газов, сравнима со стоимостью чугуна, выплавляемого в доменной печи.

Выводы

Таким образом, произведенный нами расчёт основных параметров технологии производства чугуна с использованием агрегата Ромелт без дожигания отходящих газов позволяет предложить данную технологию как альтернативу доменной печи или как составляющую часть доменного цеха.

Библиографический список

1. Юсфин Ю.С. Металлургия железа / Ю.С Юсфин., Н.Ф. Пашков – М.: Академкнига, 2007. – 470 с.

2. Курунов И.Ф. Состояние и перспективы бездоменной металлургии железа / И.Ф. Курунов, Н.А. Савчук – М.: Черметинформация, 2002. – 200 с.
3. Товаровский И.Г. Эволюция доменной плавки / И.Г. Товаровский, В.П. Лялюк.- Днепропетровск: Пороги, 2001. – 424с.
4. В.П. Иващенко. Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «Новые процессы производства металлов из железорудного сырья» / Иващенко В.П., Терещенко В.С. – Днепропетровск.: ГМетАУ, 2007. – 32с.