

новности шлака $B = \text{CaO}/\text{SiO}_2 = 1,24$. В системе $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ этим условиям отвечает шлак стехиометрического состава $6\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ($54,4 \text{ CaO} + 29,1 \text{ SiO}_2 + 16,5 \text{ Al}_2\text{O}_3$) при основности $B = 1,87$. При взаимодействии этих шлаков образуется легкоплавкая эвтектика состава $10\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ($52,7\text{CaO} + 3,8\text{MgO} + 9,5 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 34,0 \text{ SiO}_2$) ($T_{\text{э}} \leq 1250 \text{ }^\circ\text{C}$) с основностью $B = 1,56$.

Для изготовления предлагаемых рафинировочных шлаков можно использовать дешевые и недефицитные материалы: доломит, известняк, шамотный бой и кварциты. По своей десульфурующей способности они являются полноценными заместителями дорогих известково-глиноземистых шлаков.

Список литературы

1. Анализ рафинировочных процессов ковшевой обработки стали / Буга И.Д., Троцан А.И., Белов Б.Ф., Носоченко О.В. [и др.] // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2010. – №3. – С. 16-20.
2. Метод побудови полігональних діаграм стану потрійних металургійних систем / Белов Б.Ф., Троцан А.И., Буга И.Д., Носоченко О.В., Бродецкий И.Л., Крейденко Ф.С. // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №48344 від 18.03.2013.

УДК 662.767.2:658

В.П. Бобылев, А.И. Пудла

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА НА БИОТОПЛИВА НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ДНЕПРОПЕТРОВСКА

Днепропетровск имеет мощный промышленный потенциал, который характеризуется высоким уровнем развития тяжелой индустрии. Основа промышленности города - металлургический комплекс. Продукция отрасли составляет 6,9% от общего объема производства черной металлургии Украины, в том числе: труб – 51,4% , стали – 5,3% , чугуна – 5,0% , проката – 4,4%, кокса – 4,0%. Для получения готовых труб или проката заготовку необходимо нагреть до определенной температуры в нагревательных печах различных типов. Количество нагревательных и термических печей по всем заводам составляет несколько сотен.

Основное топливо для всех этих печей и установок – природный газ. При его полном сгорании образуется диоксид углерода (парниковый газ) [1]

$$M_G = 3,667 C^P M_F / 100, \quad (1)$$

где M_G – масса образованного диоксида углерода при сгорании всего топлива, т/т продукции; 3,667 – коэффициент, который определяет массу образующегося диоксида углерода на единицу массы сгораемого углерода; C^P – массовая доля содержания углерода в топливе, %; M_F – масса сгоревшего природного газа, т/т продукции. Коэффициент 3,667 найден из уравнения полного окисления углерода, в этой связи в уравнение (1) входят массы газов, а не их объемы.

Природный газ различных месторождений имеет разный состав, что определяет различия в содержании углерода и удельной плотности газа. Для упрощения примерных расчетов предположим, что природный газ состоит из одного метана. По массе такой газ будет содержать 75% углерода и иметь удельную плотность 0,717 г/л. При таких допущениях можно воспользоваться несколько упрощенными зависимостями.

Объем V_G образованного CO_2 (m^3 /т продукции) при сжигании метана определяется по массе окисленного горючего вещества

$$V_G = 1855 \frac{75}{100} M_F, \quad (2)$$

где 1855 – коэффициент объема газа, который задает объем образующегося газа на 1 т массы сгораемого топлива при $C^P = 100\%$ и с учетом удельной плотности диоксида углерода $1,977 \text{ кг}/m^3$: $3,667 \cdot 1000 / 1,977 = 1855$; M_F – масса сгоревшего метана, т/т продукции.

По заданному объему окисленного метана объем V_G образованного CO_2 (m^3 /т продукции) при сжигании метана, 1 м^3 которого весит 0,000717 т, определяется из выражения (2) как

$$V_G = 0,997 V_F, \quad (3)$$

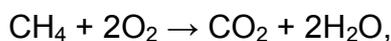
где 0,997 – коэффициент объема газа, который задает объем образующегося диоксида углерода на единицу объема метана; V_F – объем сгоревшего метана, m^3 /т продукции. Таким образом, 1000 м^3 метана, полностью сгорая, образуют $\beta_{\text{эш}} = 997 \cdot 1,977 = 1971 \text{ кг}$ или $1,977 \text{ т } CO_2 / \text{тыс. м}^3$. Природный газ содержит меньше углерода на 2-3%, по этой причине значение для него $\beta_{\text{эш}} < 1,997$.

Приведем расчет снижения парникового эффекта при сжигании биогаза наиболее распространённого состава (биогаз спиртзавода): CO_2 – 30 %; CH_4 – 58 %; O_2 – 2 %; H_2 – 8 %; N_2 – 1 %; H_2S – 1 %; $\gamma = 1,073 \text{ кг}/m^3$; $Q_H^P \approx 22 \text{ МДж}/m^3$.

При выбросе в атмосферу 1 нм³ биогаза вклад в парниковый эффект, выраженный в эквиваленте диоксида углерода, составляет:

$$0,58 \cdot \gamma_{\text{м}} \cdot 21 + 0,29 \cdot \gamma_{\text{у}} \cdot 1 \approx 9,34 \text{ кг},$$

где $\gamma_{\text{м}} = 0,72 \text{ кг/нм}^3$ – плотность метана; $\gamma_{\text{у}} = 1,98 \text{ кг/нм}^3$ – плотность CO₂; а при сжигании 1 нм³ биогаза:



$$0,58 \cdot \gamma_{\text{у}} \cdot 1 + 0,29 \cdot \gamma_{\text{у}} \cdot 1 \approx 1,72 \text{ кг}.$$

То есть снижение выброса парникового газа – метана, при сжигании биогаза, выраженное в эквиваленте диоксида углерода, составляет 82 %. В Украине есть технические возможности использовать более чем 200 крупных мусорных полигонов и очистных сооружений, отходы промышленных предприятий, спиртзаводов, сельскохозяйственне и др. отходы для получения биогаза в количестве от 300 до 2 тыс. м³/час, что позволит частично решить проблему энергоносителей [2].

Список литературы

1. *Чесноков Ю.Н.* Разработка графов эмиссии диоксида углерода металлургическими предприятиями / *Ю.Н. Чесноков, В.Г. Лисиенко, А.В. Лаптева* // *Металлург.* – 2012. – № 12. – С. 23-26.
2. *Сигал И.Я.* Опыт сжигания биогаза в промышленных паровых котлах / *И.Я. Сигал, А.В. Смихула, В.А. Колчев* // *Труды XV международной конференции «Теплотехника и энергетика в металлургии».* – Днепропетровск, 2008. – С. 206-208.

УДК 669.184.244.66.001.57-52

В.С. Богушевский, К.В. Егоров, В.Ю. Сухенко

Национальный технический институт Украины «КПИ», Киев

КОНТРОЛЬ КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕССА

Среди косвенных измерений характера протекания продувки наиболее полно и всесторонне исследованы параметры отходящего газа [1], тепловой работы водоохлаждаемого оборудования [2], вибрационных и пульсационных характеристик объекта [3, 4]. В общем случае эти параметры являются функцией изменения химсостава ванны, шлака и температуры металла.

Проведены исследования по выявлению связей между выходными параметрами процесса и косвенными измерениями [5]. Так, по данным, полученным на ЕМЗ, сде-