

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІРУ ВУГЛЕЦЕВОЇ НАСАДКИ ЕЛЕКТРОКОНВЕРТОРУ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ В'ЯЗКИХ ОРГАНІЧНИХ СУПУТНИХ ПРОДУКТІВ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА© * Д.Ю. Білець¹, П.В. Карножницький², Д.В. Мірошніченко³

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2, Україна

¹Білець Дар'я Юрійович, ст. викладач кафедри «Технології переробки нафти, газу та твердого палива» (ПНГТТ), e-mail: dariabilets@gmail.com²Карножницький Павло Володимирович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри, e-mail: lab.vtii@gmail.com³Мірошніченко Денис Вікторович, докт. техн. наук, проф., зав. кафедри, e-mail: dvmir79@gmail.com

Статтю присвячено подальшій розробці технологічних параметрів нового методу утилізації органічних коксохімічних матеріалів з отриманням генераторного газу, склад якого можна регулювати в бік збільшення вмісту в ньому горючих компонентів за рахунок використання електроконвертора. Наведені технологічна схема, світлина та опис роботи електроконвертора.

Розглянуто можливість використання коксового дріб'язку різної крупності в якості вуглецевої насадки в електроконверторі при утилізації в'язких коксохімічних супутніх продуктів (наприклад, кам'яновугільних фусів) з отриманням генераторного газу. Для проведення досліджень з визначення оптимального розміру коксу, який використовується як вуглецева насадка, було взято зразок товарного доменного коксу на ПрАТ «ДХКЗ», подрібнений на класи крупності 3-6; 6-10 та 10-13 мм. Наведено значення середнього діаметру ($d_{ср}$), сумарної площі поверхні засипу (S) та насипної густини (Z) різних класів коксу. Досліджено вплив цих показників вуглецевої насадки на витрату електроенергії у електроконверторі під час газифікації органічних коксохімічних відходів. Зокрема визначалась необхідна кількість електроенергії для нагріву вуглецевої насадки з температури оточуючого середовища до 1000 °C впродовж 3 хв.

На підставі отриманих даних були визначені графічні залежності витрат електроенергії від показників $d_{ср}$, S та Z вуглецевої насадки. Визначено, що витрати електроенергії зменшуються при збільшенні крупності зерен коксу. Надано рівняння, які характеризують залежності витрат електроенергії від середнього розміру, площі поверхні та насипної густини зерен коксу. Зроблено висновок, що як вуглецеву насадку краще використовувати кокс крупністю 10-13 мм, оскільки для його розігріву необхідно менше електроенергії та при нагріванні не спостерігаються значні коливання напруги, як при нагріванні класів меншої крупності.

Ключові слова: коксовий дріб'язок, клас крупності, середній діаметр, сумарна площа поверхні засипу, насипна густина кам'яновугільні фуси, електроконверсія, витрати електроенергії.

В роботах [1, 2] був представлений новий метод утилізації органічних коксохімічних супутніх продуктів (наприклад, кам'яновугільних фусів) з отриманням генераторного газу, склад якого можна регулювати в бік збільшення вмісту в ньому горючих компонентів за рахунок використання електроконвертора.

На рис. 1 наведені схема та світлина електроконвертора. Електроконвертор 1 являє собою циліндричну вертикальну піч. Стінки електроконвертора виконані з корунду, закритого металевим кожухом. Є 4 пари графітових електродів 3, які створюють зону нагріву. Кожен електрод має водяне охолодження 7. У середині електроконвертора по висоті на сітчастій діафрагмі 5 завантажена вуглецева насадка 2, в якості якої використовується кам'яновугільний кокс. Електронагрів здійснюється при подачі електричного струму до графітових електродів. Температура регулюється подачею струму до електродів 4. У місцях засипу вуглецевої насадки утворюються мікродугові розряди, температура в яких може досягати 2500 °C [3]. Для проведення досліджень з визначення оптимального розміру коксу, який використовується як вуглецева насадка електроконвертора, було взято зразок доменного коксу на ПрАТ «ДХКЗ», якісні показники якого представлені в таблиці 1.

* Автор для листування

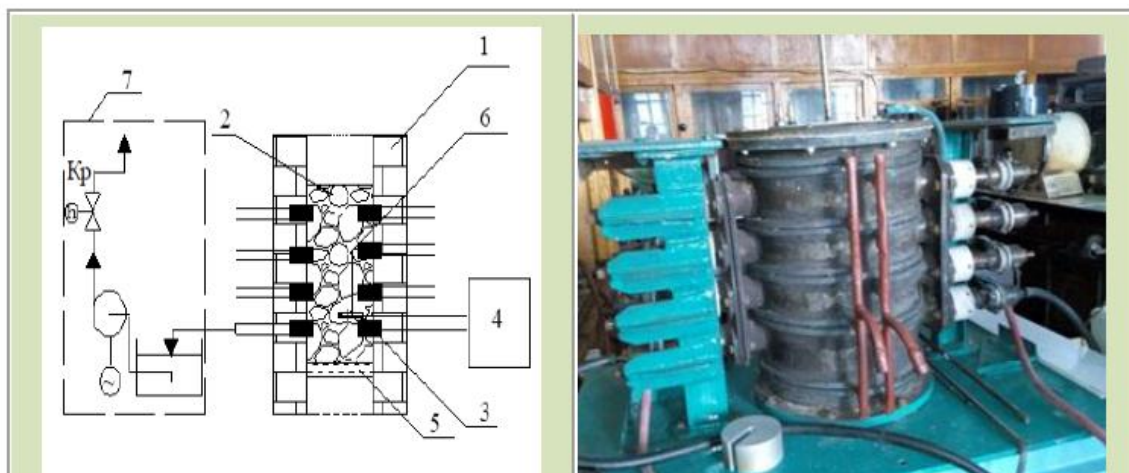


Рис 1. Схема та світлина електроконвертора

1 – електроконвертор; 2 – вуглецева насадка; 3 – графітові електроди; 4 – блок керування електроконвертором; 5 – сітчаста діафрагма; 6 – термопара ТХА; 7 – блок водяного охолодження; Кр – кран регулюючий

Таблиця 1

Якісні показники якості зразку доменного коксу ПрАТ «ДХКЗ»

Технічний аналіз, %				Механічна міцність, %		Показники «Nippon Steel», %	
W_t^r	A^d	S_t^d	V^{daf}	M_{25}	M_{10}	CRI	CSR
5,1	11,6	0,45	0,6	85,8	7,8	34,0	50,0

Таблиця 2

Показники класів коксу

№	Клас, мм	Середній діаметр, $d_{ср}$, мм	Сумарна площа поверхні засипу, S , m^2	Насипна густина, Z , kg/m^3
1	3-6	4,5	0,387	462,6
2	6-10	8,0	0,212	450,6
3	10-13	11,5	0,14	427,5

Таблиця 3

Визначення необхідної кількості електроенергії для нагріву вуглецевої насадки

№	Клас коксу, мм	Температура, °C	Споживана потужність W , кВт/ч	
			Фактичне значення	Середнє значення
1	2	3	4	5
1	3-6	100	3,0-3,5	2,4
		200	3,0-3,5	
		300	1,0-1,5	
		400	1,0-1,5	
		500	2,0-2,5	
		600	2,0-2,5	
		700	4,0-5,0	
		800	1,5-2,0	
		900	2,0-2,5	
2	6-10	100	2,0-2,5	2,3

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
2	6-10	200	2,5-3,0	2,3
		300	3,0-3,5	
		400	2,0-2,5	
		500	2,0-2,5	
		600	2,5-3,0	
		700	1,5-2,0	
		800	1,5-2,0	
3	10-13	900	1,5-2,0	2,0
		1000	2,0-2,5	
		100	1,5-2,0	
		200	1,5-2,0	
		300	2,0-2,5	
		400	1,5-2,0	
		500	1,5-2,0	
		600	2,0-2,5	
		700	2,0-2,5	
		800	2,0-2,5	
		900	2,0-2,5	
		1000	2,0-2,5	

Промисловий кокс було подрібнено на класи крупності 3-6; 6-10 та 10-13 мм для вибору оптимального розміру вуглецевої насадки електроконвертору з точки зору витрат електроенергії. Сумарну площу поверхні для кожного класу визначали за допомогою формули (1) [4]:

$$S = 6 \sum \frac{G_i}{d_i}, \text{ м}^2 \quad (1),$$

де G_i – маса i -го класу крупності коксу, кг; d_i – середній діаметр кусків i -го класу, мм.

Насипну густину коксу різних класів визначали згідно ГОСТ 25927-95 (ИСО 567-74) [5].

Під час подальших досліджень визначалась необхідна кількість електроенергії для нагріву вуглецевої насадки з температури оточуючого середовища до 1000 °С впродовж 3 хв. Результати представлені в таблиці 3.

На підставі отриманих даних були визначені графічні залежності (рис.1-3) витрат електроенергії від середнього діаметру ($d_{\text{ср}}$), площі поверхні (S) та насипної густини (Z) вуглецевої насадки.

З отриманих графічних залежностей видно:

- 1) що більше крупність зерен коксу, то менше витрати електроенергії;
- 2) що менша площа поверхні зерен вуглецевої насадки, тим менше витрати електроенергії;
- 3) чим менше насипна густина вуглецевої насадки, тим менше витрати електроенергії потрібно.

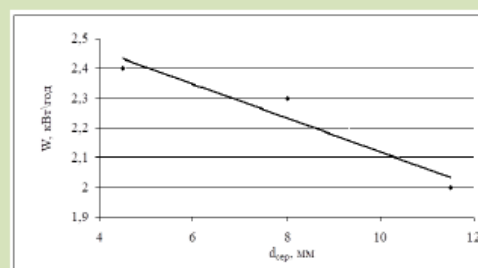


Рис. 2 Графічна залежність витрати електроенергії від середнього діаметру зерен коксу

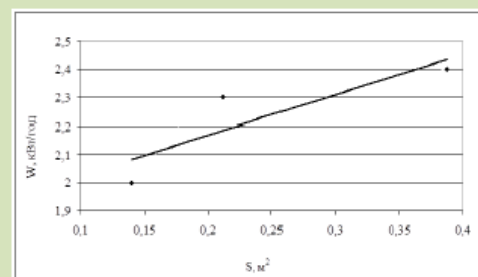


Рис. 3 Графічна залежність витрати електроенергії від площі поверхні зерен коксу

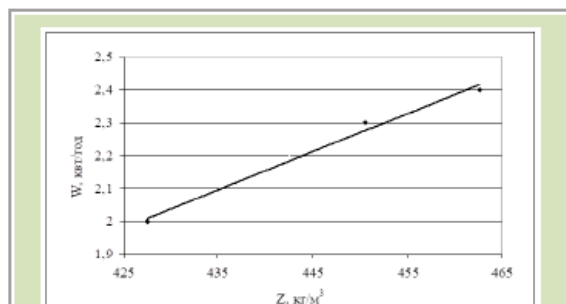


Рис. 4 Графічна залежність витрати електроенергії від насипної густини зерен коксу

В табл. 4 наведено розроблені рівняння, які характеризують залежності витрат електроенергії від середнього розмі-

ру (№1), площі поверхні (№2) та насипної густини зерен коксу (№3), а також коефіцієнти кореляції та детермінації.

З отриманих даних можна зробити висновок, що як вуглецеву насадку краще використовувати кокс крупністю 10-13 мм, оскільки для його розігріву необхідно менше електроенергії та при нагріванні не спостерігаються значні коливання напруги, як при нагріванні класів меншої крупності.

Висновки

1. На підставі виконаних лабораторних досліджень розроблені математичні та графічні залежності впливу середнього діаметру ($d_{ср}$), площі поверхні (S) та насипної густини вуглецевої насадки (Z) на витрату електроенергії у електроконверторі під час газифікації органічних коксохімічних відходів.

2. Визначено, що оптимальним з точки зору витрат електроенергії є клас 10-13 мм, який рекомендується до застосування у електроконверторі.

Таблиця 4

Розроблені рівняння та їх статистична оцінка¹

№	Вид рівняння	r^1	R^2
1	$W = -0,0571 \cdot d_{ср} + 2,6905$	0,9608	0,9231
2	$W = 1,4243 \cdot S + 1,8825$	0,8692	0,7554
3	$W = 0,0116 \cdot Z - 2,955$	0,9949	0,9899

¹ r – коефіцієнт кореляції; R^2 – коефіцієнт детермінації

Бібліографічний список

1. D.Yu. Bilets. Utilizing Viscous Organic Coke-Plant Wastes / D.Yu. Bilets, P.V. Karnozhitskiy, P.P. Karnozhitskiy // *Coke and Chemistry*. – 2018. – Vol. 61. – Iss. 4. – P. 147–151, DOI: 10.3103/S1068364X18040026.

2. Пат. № 136361 UA МПК C10J 3/00. Спосіб отримання генераторного газу / П.В. Карножницький, Д.В. Мірошніченко, Д.Ю. Білець, О.В. Босояленська, Г.А. Григор'єв. – Заявл. 20.03.2019; опубл. 12.08.2019.

3. Слободской С.А. Электротермия в новых процессах углехимии: монография / С.А. Слободской. – Харьков: Підручник НТУ "ХПІ", 2013. – 252 с.

4. Перов В.А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / В.А. Перов, Е.Е. Андреев, Л.Ф. Билекно. – Москва: Недра, 1990. – 301 с.

5. Кокс. Метод определения насыпной плотности в малом контейнере: ГОСТ 25927–95 (ИСО 567–74). – [Действующий от 1997–01–03]. – К.: Госстандарт Украины, 1997. – 8 с. – (Межгосударственный стандарт).

Рукопис надійшов до редакції 02.12.2019

DETERMINATION OF THE OPTIMAL SIZE OF THE CARBON NOZZLE OF THE ELECTROCONVERTER WHEN DISPOSING OF VISCOUS ORGANIC BY-PRODUCTS OF COKE PRODUCTION

© D.Y. Bilets, P.V. Karnozhitskiy, PhD in technical sciences, D.V. Miroshnichenko, Doctor of Technical Sciences (NTU "KhPI")

The article is devoted to the further development of the technological parameters of a new method for utilizing organic coke-chemical secondary products to produce generator gas, the composition of which can be regulated in the direction of increasing the content of combustible components in it through the use of an electro converter. The technological scheme, a photograph and a description of the operation of the electro converter are given.

The possibility of using coke breeze of varying degrees of fineness as a carbon nozzle in an electro converter for the disposal of viscous organic coke chemical materials (for example, coal fuser) to produce the generator gas is considered. To conduct the research to determine the optimal size class of coke,

which is used as a carbon nozzle, a sample of marketable blast furnace coke was crushed into particle sizes 3-6; 6-10 and 10-13 mm. The mean diameter (d_{cp}), a total surface area of the backfill (S) and bulk density (Z) of various classes of coke are given. The influence of these indicators of the carbon nozzle on the energy consumption in the electro converter during the gasification of organic by-product coke wastes was investigated. In particular, the required amount of electricity was determined to heat the carbon nozzle from ambient temperature to 1000 °C for 3 minutes.

Based on the data obtained, graphical dependences of the energy consumption on the indicators d_{cp} , S and Z of the carbon nozzle were determined. It was determined that the energy consumption decreases with an increasing grain size of coke. Equations are presented that characterize the dependence of energy consumption on the average size, the surface area, and bulk density of coke grains. It is concluded that it is better to use coke with a particle size of 10–13 mm as a carbon nozzle, since less electricity is needed to heat it and significant voltage fluctuations are not observed when heating, as while heating classes of smaller size.

Keywords: coke breeze, class size, average diameter, total surface area of the backfill, bulk density, carbonaceous sludge, electro-conversion, power consumption.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА УГЛЕРОДИСТОЙ НАСАДКИ ЭЛЕКТРОКОНВЕРТОРА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ВЯЗКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

© Д.Ю. Билец, П.В. Карножницький, к.т.н., Д.В. Мировишченко, д.т.н. (НТУ «ХПИ»)

Статья посвящена дальнейшей разработке технологических параметров нового метода утилизации органических коксохимических вторичных продуктов с получением генераторного газа, состав которого можно регулировать в сторону увеличения содержания в нем горючих компонентов за счет использования электроконвертора. Приведены технологическая схема, фотография и описание работы электроконвертора.

Рассмотрена возможность использования коксовой мелочи разной степени крупности в качестве углеродной насадки в электроконверторе при утилизации вязких органических коксохимических материалов (например, каменноугольных фусов) с получением генераторного газа. Для проведения исследований по определению оптимального класса крупности кокса, который используется в качестве углеродистой насадки, был взят образец товарного доменного кокса, измельченный на классы крупности 3-6; 6-10 и 10-13 мм. Приведены значения среднего диаметра (d_{cp}), суммарной площади поверхности засыпки (S) и насыпной плотности (Z) различных классов кокса. Исследовано влияние этих показателей углеродной насадки на расход электроэнергии в электроконверторе во время газификации органических коксохимических отходов. В частности, определялось необходимое количество электроэнергии для нагрева углеродистой насадки с температуры окружающей среды до 1000 °C в течение 3 мин.

На основании полученных данных были определены графические зависимости расхода электроэнергии от показателей d_{cp} , S и Z углеродистой насадки. Определено, что расход электроэнергии уменьшается при увеличении крупности зерен кокса. Представлены уравнения, характеризующие зависимость расхода электроэнергии от среднего размера, площади поверхности и насыпной плотности зерен кокса. Сделан вывод, что в качестве углеродной насадки лучше использовать кокс крупностью 10-13 мм, так как для его разогрева необходимо меньше электроэнергии и при нагревании не наблюдаются значительные колебания напряжения, как при нагревании классов меньшей крупности.

Ключевые слова: коксовая мелочь, класс крупности, средний диаметр, суммарная площадь поверхности засыпки, насыпная плотность каменноугольные фусы, электроконверсия, расход электроэнергии.