

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2024.01.018

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ПЛАСТИКУ В ДОМЕННІЙ ПЕЧІ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИКИДИ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ

Чайка О.Л., Корнілов Б.В., Москалина А.О., Лебідь В.В.

*Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України, Дніпро, Україна*

**Анотація.** *Зважаючи на світові тенденції щодо зменшення впливу антропогенних факторів на природу, а саме утилізації пластмасових відходів та декарбонізацію промислових потужностей виконано дослідження впливу використання пластику в доменній печі, як найбільш енергоємного агрегату в циклі виробництва сталі, на техніко-економічні показники доменної плавки та викиди CO<sub>2</sub> з доменної печі на основі теплового балансу.*

*Встановлено, що використання пластику в доменній печі дозволить вирішити питання його утилізації з найменшими наслідками для навколишнього середовища. Встановлені кількісний вплив використання пластику на продуктивність печі, витрату коксу та викиди CO<sub>2</sub>.*

*Визначено коефіцієнт заміни коксу різними видами пластику при використанні його в доменній печі.*

**Ключові слова:** *доменна піч, декарбонізація, витрата коксу, пластикові відходи, утилізація, коефіцієнт заміни.*

**Вступ.** Збільшення виробництва та споживання пластмасових матеріалів призводить до постійного збільшення кількості пластикових відходів. Виробництво та споживання пластмас у всьому світі зросло приблизно з 1,5 млн тонн у 1950 році до 245 млн тонн у 2008 році [1,2].

Після використання пластик, який не підлягає повторній переробці, викидають (звалища та поховання відходів пластику) або спалюють. При викиданні пластик довго зберігається у навколишньому середовищі. У разі спалювання відходів пластику в навколишнє середовище можуть виділятися токсичні гази, що містять такі речовини як діоксини, фурани, ртуть та поліхлоровані дифеніли [1]. Тому задача утилізації пластику без шкоди для навколишнього середовища є актуальною проблемою.

Одним з ефективних способів переробки зростаючої кількості пластикових відходів, що утворюються, є їх утилізація (вдування) в доменних печах (ДП), окремо і/або спільно з пиловугільним паливом (ПВП) та іншими паливними добавками [2].

Перші спроби вдування відходів пластику в доменні печі в Європі зроблено на Бременському сталеливарному заводі (Німеччина) у 1994 році, а через рік налагоджено технологію вдування відходів пластику в доменні печі. У Японії першу інтегровану систему для вдування пластикових відходів було встановлено на заводі Keihin Works (завод East Japan Works) компанії NKK (нині JFE Steel) у Японії [3]. Технологія вдування відходів пластику в фурмене вогнище доменних печей застосовується на кількох металургійних заводах Європи та Японії [2], Індії та Китаю [2].

З погляду екології вдування відходів пластику в доменну піч спільно з іншими паливними добавками має ряд переваг [4]: переробка значної кількості відходів пластику (до 100 тис. т. відходів на рік при питомій витраті пластику 3 кг/т чавуну); ефективність використання енергії становить більше 80% у доменному виробництві порівняно з іншими способами переробки пластику; утилізація пластику в доменній печі є одним з найбільш екологічних способів переробки відходів пластику, так як не утворюються шкідливі речовини (зокрема діоксини).

**Основна частина.** Виконано аналіз впливу вдування різних видів пластику (поліетилен – PE, полістирен – PS, поліетилентерефталат – PET), хімічний склад яких наведено в таблиці 1 [2], спільно з природним газом на викиди CO<sub>2</sub> та показники доменної плавки з використанням теплового балансу, який розраховувався за теплоенергетичною моделлю І.Д. Семікіна [5].

Таблиця 1

Хімічний склад видів пластику

Складові, %	Вид пластику		
	Поліетилен (PE)	Полістирен (PS)	Поліетилентерефталат (PET)
Вуглець C, %	85,60	92,16	64,71
Водень H <sub>2</sub> , %	14,21	7,63	3,89
Кисень O <sub>2</sub> , %			31,23
Зольність, %	0,19	0,21	0,17
Сума, %	100,0	100,0	100,0

Розрахунок виконано при зміні витрати пластику в діапазоні від 0 до 100 кг/т та постійній витраті природного газу – 50 м<sup>3</sup>/т для 2 варіантів

розрахунку (рис. 1): при змінній теоретичній температурі в межах 1800-2200°C та за підтримки теоретичної температури на постійному рівні ~2100°C.

Застосування різних видів пластику (PE, PS та PET) надає різний вплив на техніко-економічні показники доменної плавки та викиди CO<sub>2</sub> з доменної печі (рис. 1).

При постійній теоретичній температурі збільшення витрати пластику PE / PS на кожні 10 кг/т чавуну призводить до збільшення продуктивності печі на 78 / 72 т/добу та зменшення витрат коксу на 11,5 / 11,1 кг/т чавуну. При використанні пластику PET на кожні 10 кг/т продуктивність печі зменшується на 37 т/добу та витрати коксу на 5,8 кг/т.

При змінній теоретичній температурі збільшення витрати пластику PE / PS / PET на кожні 10 кг/т чавуну призводить до зменшення продуктивності печі на ~12,7 / 8,2 / 38,7 т/добу та витрат коксу на 11,9 / 11,5 / 5,8 кг/т.

Таким чином, аналітичним способом визначено коефіцієнт заміни коксу різними видами пластику в діапазоні: PE – 1,28-1,34 кг/т; PS – 1,23-1,28 кг/т, PET – 0,57-0,61 кг/т.

Зважаючи на світові тенденції щодо зменшення впливу антропогенних факторів на природу, а саме декарбонізацію промислових потужностей, до яких відноситься і металургійний комплекс (на долю доменних печей, в якому приходиться близько 70% енергоресурсів), важливим питанням є аналіз впливу тих чи інших факторів, в тому числі й використання пластику, на викиди діоксиду вуглецю з доменної печі.

В результаті аналізу встановлено що збільшення витрати пластику PE / PS на кожні 10 кг/т чавуну дозволяє зменшити викиди CO<sub>2</sub> з урахуванням допалювання CO поза ДП на 6,5-7,0 / 2,8-3,5 кг/т на кожні 10 кг/т пластику як за постійної так і за змінної теоретичної температури. Використання пластику PET призводить до збільшення викидів CO<sub>2</sub> з доменної печі на 5,5 кг/т на кожні 10 кг/т пластику, а екологічний ефект від його використання ґрунтується на його утилізації в доменній печі.

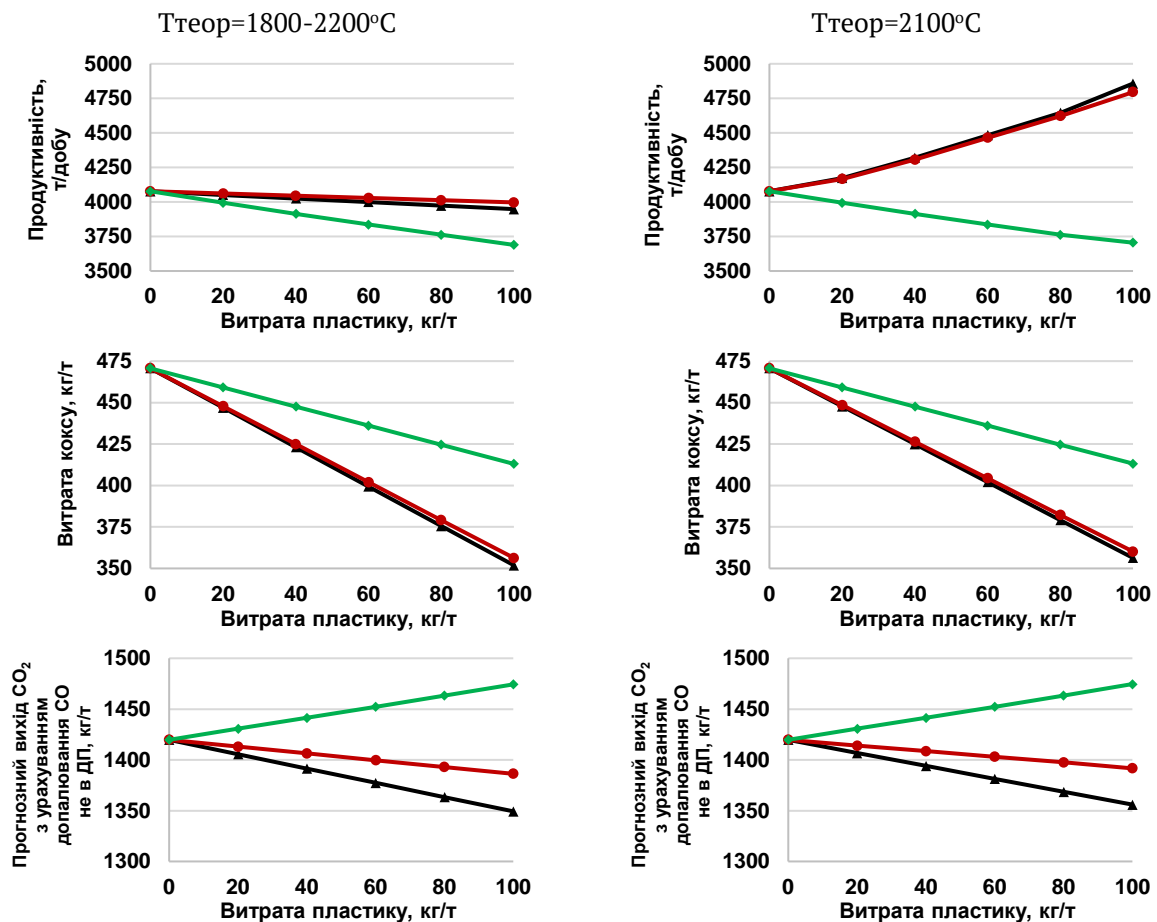


Рисунок 1 – Вплив витрати пластику на техніко-економічні показники доменної плавки та викиди CO<sub>2</sub> за підтримки теоретичної температури горіння на постійному рівні ( $T_{теор}=2100^{\circ}C$ ) та змінній теоретичній температурі ( $T_{теор}=1800-2200^{\circ}C$ )

На рисунку: —▲— PE, —●— PS, —◆— PET

**Висновки.** Використання пластику в доменній печі дозволить вирішити питання його утилізації з найменшими наслідками для навколишнього середовища.

Використання пластику PE / PS на кожні 10 кг/т чавуну дозволяє зменшити витрату коксу на 11,5-11,9 / 11,1-11,5 кг/т чавуну та викиди CO<sub>2</sub> з урахуванням допалювання СО поза ДП на 6,5-7,0 / 2,8-3,5 кг/т.

Визначено коефіцієнт заміни коксу різними видами пластику при використанні його в доменній печі: PE – 1,28-1,34 кг/т; PS – 1,23-1,28 кг/т, PET – 0,57-0,61 кг/т.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Меньшикова Е. А. Токсичные загрязнители из пластиковых отходов. Лучшие научные исследования 2022: сборник статей IV Международного научно-исследовательского конкурса. 20 февраля 2022, г. Пенза, С. 16-19.

2. Carpenter A. Injection of Coal and Waste Plastics in Blast Furnaces. 2010. London, UK.
3. Ziebek A, Stanek W. Forecasting of the energy effects of injecting plastic wastes into the blast furnace in comparison with other auxiliary fuels. *Energy* 2001; 26 (12): 1159-1173.
4. Wakimoto K. A feedstock recycling system of waste plastics in a blast furnace at NKK // *Ironmaking Conference Proceedings*. 2001. P. 473-483.
5. Бородулин А. В., Горбунов А. Д., Орел Г. И., Романенко В. И. Домна в энергетическом измерении. Кривой Рог: Издательство СП «Мира» 2004 г., с. 436.

### **Analysis of the impact of plastic utilization technology in a blast furnace on technical and economic indicators and carbon dioxide emissions**

Chaika O., Kornilov B., Moskalyna A., Lebid V.

**Abstract.** *Taking into account global trends in reducing the impact of anthropogenic factors on nature, namely the utilization of plastic waste and decarbonization of industrial facilities, the article studies the impact of the use of plastic in a blast furnace, as the most energy-intensive unit in the steel production cycle, on the technical and economic indicators of blast furnace melt and CO<sub>2</sub> emissions from the blast furnace based on the heat balance.*

*It was found that the use of plastic in a blast furnace will allow solving the issue of its utilization with the least environmental impact. The quantitative impact of plastic use on furnace performance, coke consumption, and CO<sub>2</sub> emissions was determined.*

*The coefficient of coke replacement by different types of plastic when used in a blast furnace was determined.*

**Keywords:** *blast furnace, decarbonization, coke consumption, plastic waste, utilization, replacement rate.*

### **REFERENCE**

1. Menshikova E. A. Toksichnie zagryazniteli iz plastikovikh otkhodov. The best scientific research 2022: collection of articles of the IV International Research Competition, February 20. Penza. – 2022. p. 16-19.
2. Carpenter A. Injection of Coal and Waste Plastics in Blast Furnaces. 2010. London, UK.
3. Ziebek A, Stanek W. Forecasting of the energy effects of injecting plastic wastes into the blast furnace in comparison with other auxiliary fuels. *Energy* 2001; 26 (12): 1159-1173.
4. Wakimoto K. A feedstock recycling system of waste plastics in a blast furnace at NKK // *Ironmaking Conference Proceedings*. 2001. P. 473-483.
5. Borodulin A. V., Gorbunov A. D., Orel G. I., Romanenko V. I. Domna v energeticheskom izmerenii. Krivoi Rog: Borodulin A. V., Gorbunov A. D., Orel G. I., Romanenko V. I. Domna v energeticheskom izmerenii. Krivoi Rog: Izdatelstvo SP «Mira» SP «Mira» 2004. – pp. 436.