

УДК 621.184.244.66.669.184.235.083.133

С. І. Семикін¹, к.т.н., с.н.с., ORCID 0000-0002-7365-2259

Т. С. Голуб¹, к.т.н., ORCID 0000-0001-9269-2953

С. О. Дудченко¹, к.т.н., ORCID 0000-0002-7319-9896

В. В. Вакульчук¹, к.т.н., ORCID 0000-0001-7887-2843

П. Г. Прокопенко¹, головний метролог

¹ *Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України*

ВИВЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ГЕНЕРУВАННЯ ОЗОНУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВЕРХНЬОЇ КИСНЕВОЇ ФУРМИ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ ПРОДУВКИ

Анотація. Киснево-конвертерний процес виплавки залізо-вуглецевого напівпродукту є важливим етапом виготовлення сталей різного сортаменту. Серцем цього процесу є верхня киснева продувка, що забезпечує переробку чавуну в сталь. Саме вона в більшій мірі відповідає за технологічні та якісні показники як самого процесу так і отриманого результату – рідкого металевого напівпродукту. Не дивлячись на достатній час існування процесу та різну глибину його дослідження, стрімкі зміни щодо технологічних та екологічних показників сучасності зумовлюють постійно високу актуальність розробок, які без значних капіталовкладень дозволять інтенсифікувати процес конвертування без втрати інших важливих технологічних показників. Серед таких є ідея використання озону як домішки до основного кисневого потоку, молекули якого є більш активними окисниками. В роботі відображені результати натурального фізичного стендового дослідження особливостей генерації озону високовольтним електричним розрядом кистьового типу при продуванні крізь верхню кисневу фурму з одним соплом в залежності від технологічних показників продувки: тиск продувального газу, вид ізоляції на електродах та довжина розрядного проміжку. За показник обрано продуктивність озону, яку визначали у визначеній точці кисневого струменя шляхом вимірювання його концентрації за допомогою спеціального газоаналізатора. Важливою особливістю є те, що розряд створювався безпосередньо на виході з продувної фурми для створення найбільшої кількості озону в потоці газу. Аналіз отриманих результатів досліджень дозволив встановити, що продуктивність генерації озону нелінійно залежить від тиску продувального газу та величини розрядного проміжку між електродами, що створюють високовольтний розряд. Максимуми відповідають тискові 0,15 МПа та довжині розрядного проміжку приблизно 3 калібри продувального сопла. Також кращими показниками щодо генерації озону володіє керамічна ізоляція, яка ймовірно додатково продукує

© Видавець Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, 2024



Ця стаття відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.uk>

озон на своїй поверхні. Запропонований спосіб може бути використаний для активізації обмінних процесів при кисневому конвертуванні.

Ключові слова: озон, киснева продувка, газовий струмінь, високовольтний розряд, ізоляція.

Посилання для цитування: Вивчення закономірностей генерування озону при використанні верхньої кисневої фурми за різних технологічних умов продувки / С. І. Семикін, Т. С. Голуб, С. О. Дудченко, В. В. Вакульчук, П. Г. Прокопенко // *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2024. Вип. 38. С. 253-264. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2024-38-253-264>

Вступ. На сьогоднішній день киснево-конвертерний процес є єдиним економічно обґрунтованим способом масового виробництва конструкційного матеріалу звичайної якості – сталей різного сортаменту. Проте, наявні класичні методи продування ванни киснем через верхні фурми потребують подальшого вдосконалення і модернізації з метою забезпечення як постійно зростаючих потреб ресурсо-енергозбереження, так і дотримання все жорсткіших екологічних норм [1, 2]. Одним з перспективних шляхів досягнення поставлених задач може бути використання попередньої активізації продувочного газу електричним розрядом з формуванням озону.

Метою проведеного дослідження було обґрунтування та розробка методу попередньої активізації кисневого потоку з утворенням озону у кількості, яка може бути ефективною при продувці металевої ванни киснем у конвертері.

Аналіз публікацій. Утворення озону відбувається за рахунок іонізації кисеньвмісного газу. У звичайному стані всі гази майже повністю складаються з нейтральних атомів або молекул. Наприклад, в кожному кубічному сантиметрі повітря міститься лише 0,000001% заряджених часток – йонів й електронів [3]. Такої малої частки електричнозаряджених часток, які здатні переносити заряди, недостатньо для виникнення скільки-небудь помітного електричного струму, адже електричний струм в газах обумовлений спрямованим переміщенням достатньої кількості йонів чи електронів в напрямку поля. При цьому на відміну від розчинів іонізація газів не обов'язково пов'язана з електролітичною дисоціацією молекул. Відомо, що навіть такі гази, як гелій, неон, аргон, молекули яких складаються всього з одного атома, можуть бути іонізовані і в іонізованому стані вони набувають електропровідності [4]. Іонізація газу полягає у відщепленні електрона від нейтральної молекули і в приєднанні деякої частини вільних електронів до нейтральних молекул та атомів [3-10]. Молекула, від якої відірвано один з периферичних електронів, стає позитивним

йоном. У кисні, наприклад, електрон, що відокремився від молекули, при зустрічі з іншою нейтральною молекулою з'єднується з нею, перетворюючи її в електронегативний йон. Газоподібні речовини з зазначеною особливістю електрохімічної поведінки молекул відносять до хімічних речовин молекули яких мають певну спорідненість до електрону. Це означає, що приєднання електрона до нейтральної молекули призводить в подібних випадках до такої перебудови електронної оболонки молекули, що в результаті енергія молекули, яка захопила зайвий електрон, виявляється менше енергії нейтральної молекули на деяку величину, яку і називають енергією спорідненості до електрону. Встановлено, що при певних умовах утворюються негативно заряджені газові йони: H^- , O^- , O_2^- , OH^- , H_2O^- та ін. [3, 11]. Проте, кількість утворених негативних йонів зазвичай невелика. В інертних газах - в аргоні, неоні, гелії, криптоні, ксеноні - і в азоті негативні йони не виникають. При утворенні електричного розряду в газах значно більшу роль відіграють позитивні газові йони. Так, в повітрі утворюються позитивні йони O^+ , O_2^+ , N^+ , N_2^+ , NO^+ . Щоб від'єднати електрон від нейтральної молекули або атома і перетворити їх, таким чином, в позитивний йон, необхідно витратити певну енергію, яку називають енергією іонізації. Для кисню, наприклад, вона складає 12,5 eV [12, 13].

Щоб газ став електропровідним, в ньому необхідно створити велику кількість вільних заряджених частинок, перетворивши нейтральні молекули (атоми) в йони. Це можна зробити двома шляхами: «зовнішнім», коли заряджені частинки створюються дією якого-небудь зовнішнього джерела (його називають іонізатором) – несамостійний розряд, або «внутрішнім», коли вони створюються в газі дією того ж самого електричного поля, яке потім приведе їх в рух і створить електричний струм – самостійний розряд. Напруга, при якій виникає самостійний розряд, називається напругою пробою (потенціал іонізації).

Інтенсивна іонізація молекул або атомів може відбуватися з різних причин: вплив сильного електричного поля; вплив високої температури; вплив радіоактивного або ультрафіолетового випромінювання. Залежно від виду газу, тиску, температури, а також від напруги між електродами, що знаходяться в газі, можуть виникати різні види розряду [9-11]. Наприклад, іонізація в полум'ї, наявність якого є безумовною під час кисневого конвертування. В зв'язку з хімічними процесами в ньому навіть при невисокій температурі відбувається істотна іонізація газу [12, 13]. Експериментально встановлено, що в полум'ї існує поділ зарядів, причому позитивний об'ємний заряд зосереджений в реакційній зоні (у фронті полум'я), а негативний - в передполум'яній зоні [14, 15]. Носіями

негативного заряду в полум'ї є електрони і негативні йони. Отже, встановлено, що максимум іонізації відповідає фронту полум'я, де протікають хімічні процеси, причому концентрація заряджених частинок різко падає після виходу в зону продуктів згорання, хоча в цій зоні і спостерігається максимальна температура.

Найважливішими типами електричного розряду є: іскровий розряд і його потужний різновид – блискавка, тихий розряд, тліючий розряд, коронний, дуговий розряд [6-11, 16]. Іскровий розряд виникає при високій напрузі (кілька кіловольт) при тиску близькому до атмосферного. При цьому виникає «канал» сильно іонізованого газу, за яким і поширюється струм. Навіть при постійній напрузі на електродах іскровий розряд переривчастий. Темний (або тихий) розряд є несамостійним й характеризується густиною струму порядку мікроампер на квадратний сантиметр та дуже малою щільністю об'ємних зарядів. Коронний розряд (чи, як частий його випадок – кистьовий розряд) самостійний і виникає, якщо тиск газу близький до атмосферного, і є сильне неоднорідне електричне поле. Він може існувати поблизу загострених частин провідників, підключених до високовольтних джерел струму. Тліючий розряд виникає, якщо тиск газу низький (від сотих часток до декількох мм.рт.ст.) і напруга на електродах порядку декількох сотень вольт. Він являє собою слабке світіння газу, помітне лише в темному приміщенні або в темний час доби. Причиною іонізації газу в тліючому розряді є ударна іонізація і вибивання електронів з катода позитивними іонами. Дуговий розряд виникає, якщо металеві або вугільні електроди, які приєднані до полюсів джерела постійної напруги, спочатку з'єднати, а потім розвести на невелику відстань. При досить великій напруженості поля між електродами з'являється дуга, що світиться від розжареного і тому високоіонізованого газу.

На рисунку 1 представлена характерна для всіх газів діаграма розподілу ділянок: тихого (несамостійного) розряду, тліючого розряду і дугового розряду [6-8]. По осі ординат в цій діаграмі відкладені величини щільності струму, а по осі абсцис - відношення тиску газу до напруженості електричного поля. Зрозуміло, що коли є певна постійна відстань між електродами і певна незмінна щільність газу, то щільність струму і характер розряду будуть повністю залежати від напруги між електродами.

Метою роботи було обрано створення озону, а найчастіше для цього використовують спосіб іонізації газового потоку високовольтним розрядом зі створенням коронного чи кистьового розряду [16-20]. Це обумовлено значною простотою їх реалізації та експлуатації обладнання, можливістю широкого регулювання параметрів іонізації

поток, стабільністю і надійністю в роботі. Тому надалі для проведення досліджень було обрано варіант розряду – високовольтний кистьовий.



Рисунок 1 – Залежність типу розряду від щільності току та тиску газу.

Методика дослідження. Для проведення серії дослідів з фізичного моделювання продукції активізованими газовими потоками на дослідній ділянці ІЧМ був зібраний експериментальний стенд, схема якого представлена на рисунку 2. Основним елементом розробленого стенду була киснева фурма для верхньої продукції, яку було оснащено ізолюваним електродом та пристроєм створення високовольтного кистьового розряду на виході з фурми. У зв'язку із високою токсичністю великої кількості озону фурма була герметично приєднана до прозорої ємності 25 л, в якій був розміщений пробовідбірник пристрою вимірювання озону Циклон 5-21 з робочим діапазоном значень 0 -100 мг/м³, обладнаний порційним насосом.

Продукцію здійснювали крізь сопло діаметром $2,5 \cdot 10^{-3}$ м киснем чистотою 99,4% при тиску до 0,2 МПа. Високовольтне джерело, що створювало електричний розряд мало напругу 25-30 кВ та частоту проходження імпульсів в діапазоні 150-300 Гц. В рамках кожного з проведених дослідів, при інших незмінних параметрах, встановлювали одну з чотирьох величин тиску кисню перед соплом (0,05; 0,1; 0,15; і 0,2 МПа), а в ході дослідів контролювали концентрацію озону по висі струменя у встановленій контрольній точці на відстані 10 калібрів еквівалентного діаметра сопла від зрізу наконечника фурми. В роботі також було досліджено вплив довжини розрядного проміжку (відстані між електродами, що створюють розряд) й двох типів ізоляції на електроді: фторопластової і корундово-керамічної, на величину концентрації озону в контрольній точці. Для кожного дослідів було проведено по три виміри.



Рисунок 2 – Фото стенду дослідження високовольтної активізації газового струменя: 1 - фурма; 2 - високовольтне джерело струму; 3 - прозора ємність; 4 - балон з киснем, обладнаний редуктором; 5 - прилад Циклон-5-21 для виміру рівня озону, 6 - персональний комп'ютер для безперервної реєстрації показників, 7 - прилади для реєстрації показників продувки

Результати досліджень. Результати вимірювань концентрації озону, що генерується дослідною фурмою по ходу експерименту в газовій суміші, були усереднені в межах конкретних дослідів й наведені на рисунку 3 у перерахунку на продуктивність по озону. По-перше, відмічено, що ізоляція на електроді має вплив на продуктивність озону: вищі результати спостерігалися при наявності корундово-керамічної ізоляції від 20-60% до декількох разів при максимальному розрядному проміжку. Встановлений ефект, ймовірно, пов'язаний з відомим явищем додаткового формування озону на поверхні керамічного діелектрика, що виступає в ролі каталізатора процесу злиття атомів в молекулу озону в результаті електричної активізації атомів кисню при підведенні високовольтного потенціалу. Крім того такий тип ізоляції також відрізняється більшою температуростійкістю, проте значно нижчими показниками міцності, ніж фторопластова ізоляція. Також узагальнені результати свідчать про те, що зі збільшенням тиску продувного газу в проаналізованому діапазоні наявний максимум, характерний для практично всіх дослідних варіантів при 0,15 МПа. Подальше збільшення тиску продувного газу приводить до зниження продуктивності генерації озону, що, вірогідно, пов'язано як з ефектом «здування» розряду струменем газу, так і з підвищеною швидкістю проходження молекул газу, які, мабуть, не встигають розділитися на заряджені частинки.

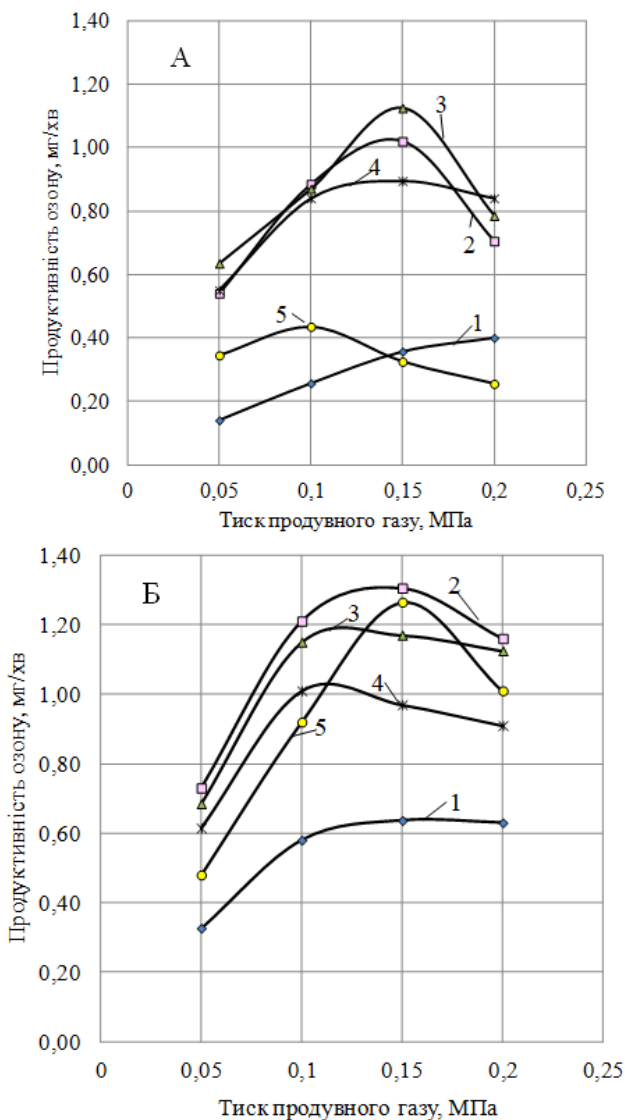


Рисунок 3 – Залежність продуктивності озону від тиску продувального газу та довжини розрядного проміжку за умов фторопластової ізоляції А та корундово-керамічної Б за різних довжин розряду: 1 – 0 калібрів, 2 – 2 калібри, 3 – 3 калібри, 4 – 4 калібри, 5 – 5 калібрів

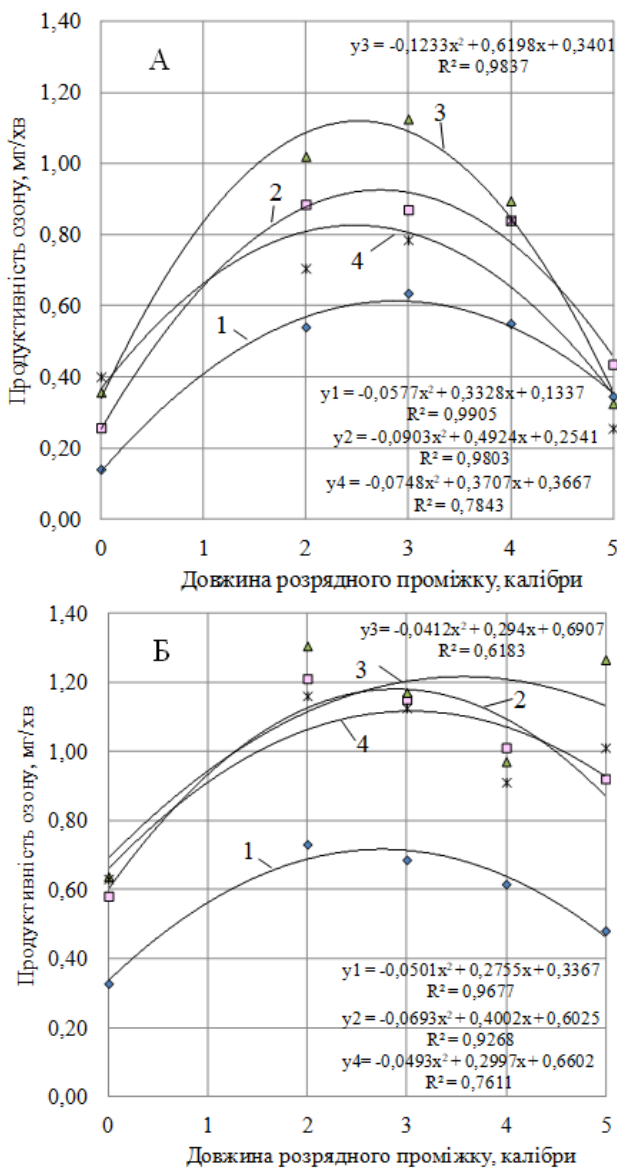


Рисунок 4 – Вплив довжини розрядного проміжку на продуктивність по озону для умов фторопластового ізолятора А та корундово-керамічного Б при тиску продувального газу: 1 – 0,05МПа, 2 – 0,1 МПа, 3 – 0,15 МПа, 4 – 0,2 МПа

Не менш важливим є висновок, що зі збільшенням розрядного проміжку ефективність утворення озону підвищується не лінійно й по різному для двох типів ізоляції (рис. 4). В групі продувок при використанні корундово-керамічної ізоляції кращі результати відмічені при довжині розрядного проміжку 2 калібри, а при фторопластовій ізоляції при довжині розрядного проміжку 2 - 3 калібри. Це, ймовірно, пов'язано з тим, що надто довгий проміжок знижує як стабільність розряду так і кількість розрядів за одиницю часу, які формуються між електродами. А відсутність проміжку обумовлює занадто малу іскру розряду, яка охоплює зовсім невелику частку потоку кисню для його активізації.

Висновки

Результати проведеного фізичного стендового дослідження щодо моделювання активізації газового потоку шляхом подачі високовольтного розряду (25-30 кВ з частотою 150-300 Гц) на виході з фурми при різному типі ізоляції електродів та довжині розрядного проміжку, який забезпечує активізацію молекул кисню, дозволили встановити наступні рекомендації для досягнення кращих показників отриманого рівня озону в кисневому потоці:

1) Зі збільшенням тиску продувального газу показник виходу по озону підвищується нелінійно з наявністю максимуму при 0,15 МПа, що пов'язано з впливом структурних змін в кисневому струмені, які відбуваються з ростом тиску.

2) Зі збільшенням розрядного проміжку ефективність утворення озону підвищується теж нелінійно з наявністю оптимуму на відстані близько 3 калібрів.

3) Рівень продуктивності озону залежить від типу ізоляції електродів: кращим є використання керамічної ізоляції.

Перелік посилань

1. Cappel J., Ahrenhold F., Egger M. W., Hiebler H. and Schenk J. 70 Years of LD-Steelmaking – Quo Vadis? *Metals*. 2022. Vol. 12. P. 912 - 936
2. Lv M., Chen S., Yang L., Wei G. Research Progress on Injection Technology in Converter Steelmaking Process. *Metals*. 2022. Vol. 12, No. 11. P. 1918-1934
3. Von Engel A. *Ionized gases*. 2nd ed. New York, N. Y: American Institute of Physics. 1994. 281 p.
4. Chubb D. L. Ionizing Shock Structure in a Monatomic Gas. *Phys. Fluids*. 1968. vol.11. P. 2363–2376
5. Shuler K. E. *Ionization in High-Temperature Gases*. 1st Edition, 1963. 424 p.
6. Lieberman A. and Lichtenberg A. *Principles of plasma discharge and materials processing*. New York: John Wiley & Sons. 1994. 600 p.
7. Курбанисмаилов В. С., Омаров О. А., Ашурбеков Н. А. *Физика газового разряда*. Учебное пособие. Махачкала : ИПЦ ДГУ, 2001. 114 с.

8. Treumann R. A., Klos Z., Parrot M. Physics of electric discharges in atmospheric gases: an informal introduction. *Space Science Reviews*. 2008. Vol. 137. No. 1-4. P. 133-148
9. Stephenson J. D. An experimental study of electrical discharge in gases at normal temperatures and pressures. *Proc. Phys. Soc.* 1933. Vol. 45. P. 20
10. Lee F. W., Kurrelmeyer B. A Study of direct-current corona in various gases. *Journal of the AIEE Physics*. 2009. Vol. XLIV. P. 184- 192
11. Kossyi I. et al Kinetic scheme of the non-equilibrium discharge in nitrogen oxygen mixtures. *Plasma Sources Science and Technology*. 1992. Vol. 1. P. 207-220
12. Calcote H. F. Mechanisms for the formation of ions in flames. *Combustion and Flame*. 1957. Vol. 1. Iss. 4. P. 385-403.
13. Blades A. T. Ion formation in hydrocarbon flames. *Canadian Journal of Chemistry*. 2011. Vol. 54, No. 18. P. 2919-2924
14. Maa Y., Lia T., Yana J., Wang X., Gao J., Sunb Z. A comprehensive review of the influence of electric field on flame characteristics. *Preprints*. 2020. 2020100454
15. P. Gillon, V. Gilard, M. Idir, B. Sarh, Electric field influence on the stability and the soot particles emission of a laminar diffusion flame. *Combustion Science and Technology*. 2018. Vol. 191. No. 2. P. 325-338
16. Генис А. А., Гориштейн И. Л., Пугач А. Б. Приборы тлеющего разряда, Киев : Техніка. 1970. С. 92-93, 150-151
17. Yehia A. and Mizuno A. Ozone generation by negative direct current corona discharges in dry air fed coaxial wire-cylinder reactors. *Journal of applied physics*. 2013. Vol. 113. Iss. 18. P. 183301
18. Buntat Z., Smith I., Razali N. A. M. Ozone generation using atmospheric pressure glow discharge in air. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2009. Vol. 42. P. 235202,
19. Skalny J. D., Matejcik S., Mikoviny T., Eden S. and Mason N. J. Ozone generation in a negative corona discharge fed with N₂O and O₂. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2004. Vol. 37. P. 1052–1057
20. Chen J. and Davidson J. Ozone production in the positive dc corona discharge: Model and comparison to experiments. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 2002. Vol. 22. P. 495- 522

References

1. Cappel, J., Ahrenhold, F., Egger, M. W., Hiebler, H. & Schenk J. (2022). 70 Years of LD-Steelmaking – Quo Vadis? *Metals*, 12, 912 - 936
2. Lv, M., Chen, S., Yang, L., & Wei, G. (2022). Research progress on injection technology in converter steelmaking process. *Metals*, 12(11), 1918-1934
3. Von Engel, A. (1994). *Ionized gases*. 2nd ed. New York, American Institute of Physics
4. Chubb, D. L. (1968). Ionizing shock structure in a monatomic gas. *Phys. Fluids*, 11, 2363–2376
5. Shuler, K. E. (1963). *Ionization in high-temperature gases*. 1st Edition. 424 p.
6. Lieberman, A. & Lichtenberg, A. (1994). *Principles of plasma discharge and materials processing*. John Wiley & Sons
7. Kurbanismailov, V. S., Omarov, O. A., & Ashurbekov, N. A. (2001). *Fizika*

gazovogo razriada [Physics of gas discharge]. Makhachkala, IPC SU

8. Treumann, R. A., Klos, Z., & Parrot, M. (2008). Physics of electric discharges in atmospheric gases: an informal introduction. *Space Science Reviews*, 137(1-4), 133-148

9. Stephenson, J. D. (1933). An experimental study of electrical discharge in gases at normal temperatures and pressures. *Proc. Phys. Soc.*, 45, 20

10. Lee, F. W., & Kurrelmeyer, B. (2009). A Study of direct-current corona in various gases. *Journal of the AIEE Physics*, XLIV, 184-192

11. Kossyi, I. et al (1992). Kinetic scheme of the non-equilibrium discharge in nitrogen oxygen mixtures. *Plasma Sources Science and Technology*, 1, 207-220

12. Calcote, H. F. (1957). Mechanisms for the formation of ions in flames. *Combustion and Flame*, 1(4), 385-403

13. Blades, A. T. (2011). Ion formation in hydrocarbon flames. *Canadian Journal of Chemistry*, 54(18), 2919-2924

14. Maa, Y., Lia, T., Yana, J., Wanga, X., Gao, J., & Sunb, Z. (2020). A comprehensive review of the influence of electric field on flame characteristics. Preprints. 2020100454.

15. Gillon, P., Gilard, V., Idir, M., & Sarh, B. (2018). Electric field influence on the stability and the soot particles emission of a laminar diffusion flame. *Combustion Science and Technology*, 191(2), 325-338

16. Geneis, A. A., Gorishtein, I. L., & Pugach, A. B. (1970). *Pribory tleushchego razriada* [Glow discharge devices]. Technika. pp. 92-93, 150-151

17. Yehia, A. & Mizuno, A. (2013). Ozone generation by negative direct current corona discharges in dry air fed coaxial wire-cylinder reactors. *Journal of applied physics*, 113(18), 183301

18. Buntat, Z., Smith, I., & Razali, N. A. M. (2009). Ozone generation using atmospheric pressure glow discharge in air. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 42, 235202

19. Skalny, J. D., Matejcek, S., Mikoviny, T., Eden, S. & Mason, N. J. (2004). Ozone generation in a negative corona discharge fed with N₂O and O₂. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 37, 1052-1057

20. Chen, J. & Davidson, J. (2002). Ozone production in the positive dc corona discharge: Model and comparison to experiments. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 22, 495- 522

S. I. Semykin¹, Ph. D. (Tech.), Senior Researcher, ORCID 0000-0002-7365-2259

T. S. Golub¹, Ph. D. (Tech.), Senior Researcher, ORCID 0000-0001-9269-2953

S. O. Dudchenko¹, Ph. D. (Tech.), Senior Researcher, ORCID 0000-0002-7319-9896

V. V. Vakulchuk¹, Ph. D. (Tech.), Senior Researcher, ORCID 0000-0001-7887-2843

P. H. Prokopenko¹, Chief Metrologist

¹ *Iron and Steel Institute of Z. I. Nekrasov National Academy of Sciences of Ukraine*

STUDY OF THE PATTERNS OF OZONE GENERATION USING THE TOP OXYGEN LANCE UNDER VARIOUS TECHNOLOGICAL BLOWING CONDITIONS

Abstract. The basic oxygen furnace process of smelting iron-carbon intermediate product is an important stage in the production of steels of various grades. The heart of this process is the top oxygen blowing, which ensures the processing of cast iron into steel. It is largely responsible for the technological and quality indicators of both the process itself and the result - the liquid metal intermediate product. Despite the sufficient time of existence of the process and the different depth of its research, rapid changes in technological and environmental indicators of modernity determine the constantly high relevance of developments that, without significant capital investments, will allow to intensify the converting process without losing other important technological indicators. Among these is the idea of using ozone as an admixture to the main oxygen flow, the molecules of which are more active oxidants. The paper presents the results of a full-scale physical bench study of the features of ozone generation by a high-voltage brush-type electric discharge when blowing through the top oxygen lance with one nozzle depending on the technological parameters of the blowout: the pressure of the blowout gas, the type of insulation on the electrodes, and the length of the discharge gap. The ozone productivity was chosen as the indicator, which was determined at a certain point of the oxygen jet by measuring its concentration using a special gas analyzer. An important feature is that the discharge was created directly at the outlet of the blowout lance to create the largest amount of ozone in the gas flow. Analysis of the obtained research results allowed us to establish that the ozone generation productivity nonlinearly depends on the pressure of the blowout gas and the size of the discharge gap between the electrodes that create the high-voltage discharge. The maxima correspond to a pressure of 0.15 MPa and a discharge gap length of approximately 3 calibers of the blowout nozzle. Also, ceramic insulation has the best ozone generation performance, that probably additionally produces ozone on its surface. The proposed method can be used to activate exchange processes during basic oxygen furnace process.

Key words: ozone, oxygen blowing, gas jet, high-voltage discharge, insulation.

For citation: Semykin, S. I., Golub, T. S., Dudchenko, S. O., Vakulchuk, V. V., & Prokopenko, P. H. (2024). Study of the patterns of ozone generation using the top oxygen lance under various technological blowing conditions. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*, 38, 253-264. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2024-38-253-264>

Стаття надійшла до редакції збірника 22.09.2024 р.
Рекомендовано до друку редколегією збірника (Протокол № 12 від 19.12.2024 р.)