

УДК 621.314.58

Т.В. Критська, зав. кафедрою, доктор техн. наук
К.О. Туришев, асистент
А.В. Таранець, асистент

ЕКОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КИСНЮ Й ОЗОНУ

Запорізька державна інженерна академія

Выполнен анализ особенностей и перспектив использования кислорода и озона в металлургии. Освещены экологические преимущества технологий с использованием озона. Разработана конструкция и описана работа озонаторной станции для выработки 10 г/ч озона при потребляемой электрической мощности 30 Вт, что оптимально для целей обеззараживания, придания вкусовых качеств питьевой воде в полевых условиях, а также дезинфицирования помещений.

Ключевые слова: озон, области применения, преимущества, методы получения, озонаторная станция

Виконано аналіз особливостей і перспектив використання кисню й озону в металургії. Висвітлено екологічні переваги технологій з використанням озону. Розроблено конструкцію й описано роботу озонаторної станції для вироблення 10 г/год. озону за споживаної електричної потужності 30 Вт, що є оптимальним для цілей знезаражування, надання смакових якостей питної води в польових умовах, а також дезінфікування приміщень.

Ключові слова: озон, області застосування, переваги, методи одержання, озонаторна станція

An analysis of features and perspective for use of oxygen and ozone in metallurgy is executed. The ecological advantages of technologies with the use of ozone are covered. The are carried out a construction and it is described work of the ozone station for making of 10 g/hours at an requisite electric power 30 Watt, that optimally for the aims of disintestation and giving of gustative internals to the drinking-water in the field conditions and also disinfections apartment.

Keywords: ozone, application domains, advantages, methods of making, ozone station

Вступ. Використання молекулярного кисню достатньо давно відомо у металургії як інтенсифікатора окиснювальних процесів, у тому числі згоряння палива та одержання полум'я з високою температурою. Використання кисню в доменному виробництві було промислово освоєно на Дніпропетровському заводі металургійного обладнання у 1940 р. Кисневе дуття показало можливості суттєвого підвищення продуктивності плавильних печей, істотного спрощення технологічних процесів і конструкції металургійного обладнання. Сучасне велике металургійне підприємство, яке випускає 1,0 млн. т сталі на рік, потребує 2,0 млн. т вугілля та понад 3,0 млрд. м³ кисню. Якщо у металургійну піч вдувати повітря, де вміст азоту в чотири рази більше ніж вміст кисню, то буде потрібно величезні витрати енергії для нагрівання у повітронагрівачах баластних 12,0 млрд. м³ азоту до температури 700...800 °С. Окрім того, під час подачі повітря у доменну піч можливо досягнення температури ~ 2000 °С, а у разі збільшення вмісту кисню до 30 % температура у печі підвищується до ≥ 3000 °С. При цьому значно збільшиться температура у її горні, швидше вигорять домішки, скоротиться час виплавки металу. Підраховано, що вико-

ристання кисневого дуття дозволить у 2,0...2,5 разів підвищити вихід чавуну та скоротити загальну кількість дуття, що подають для спалювання вуглецю (для спалювання 1,0 кг – від 4,5 до 1,6 м³). Окрім звичайного чавуну для переробки на сталь або для виробництва ливарних цільей є потрібними чавуни спеціальних сортів – феросплави, з підвищеним вмістом кремнію, марганцю, хрому та ін. Їх одержання потребує виключно високої температури, а одержання силікомарганцю, зокрема, не може бути здійснено у звичайній доменній печі. Зменшення вмісту баластного азоту в дутті призводить до підвищення теплотворної спроможності доменного газу, підвищує можливість виробництва цінних хімічних продуктів (аміаку, штучного рідкого палива), тугоплавких шлаків для переробки на важливий будівельний матеріал – портландцемент.

Озон хімічно активніше за кисень та є одним з найсильніших природних окисників. Його окиснювальний потенціал складає 2,07 В (у фторі – 2,4 В, хлорі – 1,7 В). Під час розкладання озону утворюється молекула кисню та атомарний кисень, який активно реагує з іншими речовинами. Озон окиснює всі метали за винятком золота та групи платини, доокиснює оксиди сірки й азоту, окиснює аміак з утворенням нітриту амонію.

В останні двадцять років сфери використання озону значно поширилися та в усьому світі ведуться нові розробки. Додавання озону сприяють інтенсивнішому та повнішому згорянню горючої суміші у двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ). Окиснення або руйнування металу двигуна не відбувається, оскільки сама молекула озону (O_3) довго не існує, миттєво розкладаючись у камері згорання ДВЗ на кисень (O_2) та атомарний кисень (O) і вступити у реакцію з металом фактично не встигає. За концентрації озону в пальному 8...10 % його витрата на 100 км пройденого шляху зменшується на 34...50 %, вміст монооксиду вуглецю та сажи у викидних газах знижується до 0,2...0,3 %, двигун може працювати потужніше й економічніше. Озон знаходить все більш широке застосування у металургійній, хімічній і напівпровідниковій галузі промисловості [2,3]. Перспективним є використання озону в суміші з киснем для інтенсифікації перерахованих вище металургійних процесів. Виконують дослідження щодо використання додавань озону під час спалювання вугілля на ТЕЦ [4]. Ефективність такої міри є очевидною, оскільки окиснювальна здатність озону в 1,5 разів вище, ніж для кисню. Бурхливому розвитку технологій з використанням озону сприяє його екологічна чистота. На відміну від інших окисників озон під час реакцій розкладається на молекулярний та атомарний кисень і граничні оксиди. Такі продукти, як правило, не забруднюють довкілля та не призводять до створення канцерогенних речовин як, наприклад, під час окиснення хлором або фтором.

Взаємодію озону з органічними сполуками широко застосовують у хімічній промисловості та суміжних галузях. Реакції озону з ароматичними сполуками було покладено в основу технологій дезодорації різних середовищ, виробничих приміщень і стічних вод [5].

Існує декілька методів одержання озону, серед яких найбільшого поширення набули електролітичний, фотохімічний та електросинтез у плазмі газового розряду. Електролітичний синтез озону здійснюють у спеціальних осередках за рахунок розкладання води й утворення атомарного кисню, який, приєднуючись до молекули кисню, створює озон і молекулу водню. Як електроліти використовують розчини H_2SO_4 , $HClO_4$, $NaClO_4$ та $KClO_4$. Цей метод дозволяє отримати концентрований озон, проте є дуже енергоємним, тому не знайшов широкого використання. Одержання озону за фотохімічним методом відбувається шляхом дисоціації молекули кисню за дією коротковолнового ультрафіолетового

опромінення. Такий метод не дозволяє одержувати озон високої концентрації. Прилади, що засновано на використанні даного методу, набули поширення для лабораторних цілей, а також у харчовій промисловості [5]. Електросинтез озону є найбільш поширеним методом його одержання. Такий метод поєднує можливість одержання озону високих концентрацій із значною продуктивністю та відносно невеликими енергетичними витратами. В результаті численних досліджень щодо використання різних видів газового розряду для електросинтезу озону поширення набули апарати, які використовують три форми розряду [6]:

- бар'єрний розряд (сукупність імпульсних мікророзрядів у газовому проміжку довжиною 1...3 мм між двома електродами, розділеними одним або двома діелектричними бар'єрами за живленням електродів змінною високою напругою частотою від 50 Гц до декількох кілогерц). Продуктивність однієї установки може складати від грамів до 150 кг озону за годину;

- поверхневий розряд (сукупність мікророзрядів, які розвиваються уздовж поверхні твердого діелектрика за живленням електродів змінною напругою частотою від 50 Гц до 15...40 кГц);

- імпульсний розряд (як правило, стримерний короний розряд, що виникає у проміжку між двома електродами за живленням електродів імпульсною напругою тривалістю від сотень наносекунд до одиниць мікросекунд).

Для одержання озону використовують озонатори – генератори озону, перший з яких було запатентовано Н. Теслою у 1896 р. Озонатор дозволяє вирішувати низку життєвоважливих проблем людини. Проте моделі, що випускає промисловість, є досить громіздкими та енергоємними [7].

Метою роботи є розробка та виготовлення компактної бортової озонаторної станції (ОСБ), з малим енергоспоживанням, призначеної для роботи у складі комплекта обладнання для підготовки питної води за польових умов, у зонах екологічного лиха. Можливим також є доочищення питної води, яку поставляють зношеними або пошкодженими трубопроводами на об'єкти, що не підключено до централізованої енергосистеми.

Озонаторна станція є конструктивно закінченим пристроєм, який може бути використаним для дезінфекції і/або дезодорації обладнання, виробничих приміщень або резервуарів. Функціональну схему ОСБ подано на рис. 1.

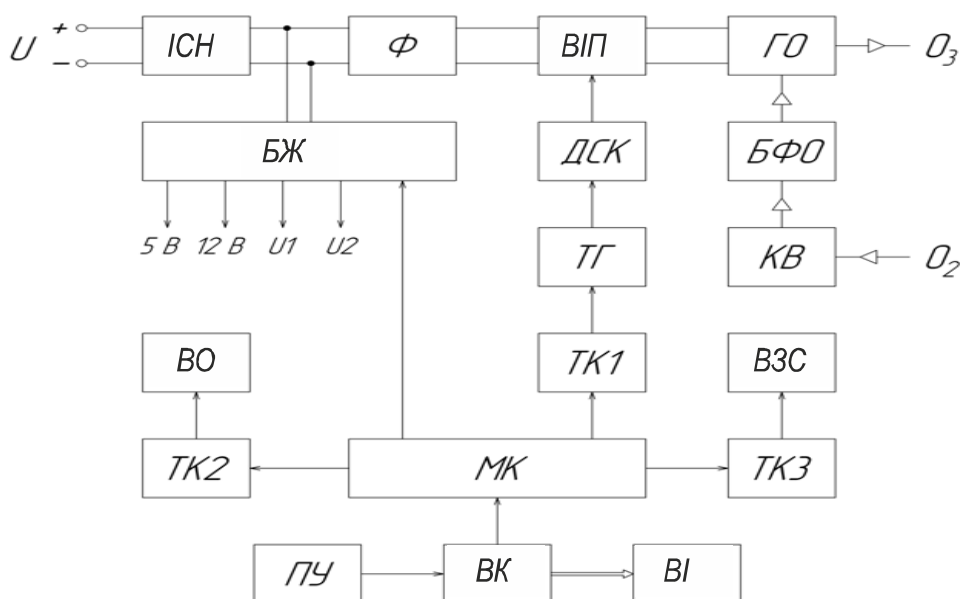


Рисунок 1 – Функціональна схема бортової озонаторної станції (позначення у тексті)

Станція ОСБ здійснює електросинтез озону з кисню повітря за умов відсутності централізованої системи електропостачання змінним струмом (напруга 220 В, частота 50 Гц). Як джерела живлення ОСБ можуть бути використані акумуляторні або сонячні батареї, бортові мережі постійного струму автомобільного транспорту, будівельної техніки напругою від 9 до 30 В і потужністю не менше 30 Вт.

Для перетворення вхідної напруги живлення ОСБ (24 В) на стабілізовану напругу живлення функціональних блоків і вузлів (5 и 12 В) на вході пристрою встановлено імпульсний стабілізатор напруги ІСН. Вихідна напруга ІСН прямує на вхід блоку живлення БЖ і через фільтр Ф, призначений для фільтрації високочастотної складової вхідного струму, що обумовлено електромагнітними процесами у системі ВІП-ГО, на вхід високочастотного перетворювача ВІП.

Параметри напруги живлення генератора озону ГО визначаються його конструкцією та залишаються практично незмінними під час змінування хімічного складу повітря та температури довкілля.

Для підвищення ефективності електросинтезу, а також продовження терміну служби ОСБ і збільшення тривалості міжрегламентної експлуатації обладнання, до складу станції включено блок фільтрації та сушіння повітря (БФО). БФО здійснює очищення повітря від пилу та чужорідних часток з розміром більше 1,0 мкм і

зниження абсолютної вологості повітря, що поступає в ГО, до значення $f = 2,0 \text{ г/м}^3$.

Компримування озono-повітряної суміші для її примусової подачі в резервуар або приміщення з ціллю обробки речовин або об'єктів, здійснюють повітряним компресором КВ. Для примусового охолодження силових елементів схеми ОСБ застосовують вузол охолодження ВО.

За порушень вимог експлуатації обладнання технології, що використовують озон як окисник, та обладнання для електросинтезу озону можуть бути небезпечними для обслуговуючого персоналу. Тому до складу ОСБ включено вузол звукової сигналізації ВЗС, що забезпечує попередження обслуговуючого персоналу про включений стан ОСБ, що полягає у періодичній подачі короткочасних звукових сигналів частотою 2...5 кГц, тривалістю 2 с та періодичністю 5 с.

Тактовий генератор ТГ призначено для формування імпульсів управління силовим ключем ВІП. Частоту прямування імпульсів управління та їх тривалість визначають параметри електромагнітної системи ВІП та електричні параметри генератора озону ГО. Узгодження параметрів вихідних імпульсів ТГ з необхідними параметрами імпульсів управління силового ключа ВІП здійснюють за допомогою драйвера силового ключа ДСК, що встановлено на виході ТГ.

Мікроконтролер МК забезпечує оперативне управління тактовим генератором ТГ, вузлом

охолодження ВО, повітряним компресором КВ і вузлом звукової сигналізації ВЗС. Алгоритм управління (послідовність включення/виключення) визначається режимом роботи ОСБ.

Для узгодження вихідних сигналів МК з сигналами управління ТГ, ВО, та ВЗС на відповідних його виходах встановлено транзисторні ключі ТК1...ТК3. Управління КВ здійснюють вихідним сигналом МК, що поступає на вхід управління блоку живлення. Наявність на вході БЖ сигналу включення джерела живлення повітряного компресора КВ призводить до формування на відповідних виходах БЖ (U1 і U2) напруги живлення КВ (~220 В частотою 50 Гц). Завдання тривалості роботи й оперативне управління ОСБ виконують за допомогою пуль-

та управління ПУ, а індикацію – за допомогою вузла індикації ВІ.

Управляючий контролер УК є програмовим таймером, введення даних до якого здійснюють за допомогою пульта управління ПУ. Вихідні сигнали МК поступають на інформаційні входи ВІ та управляючий вхід МК.

Висновки. В результаті виконаних досліджень розроблено компактний озонатор з виробленням озону кількістю 10 г/год., із споживаною електричною потужністю 30 Вт, що є оптимальним для цілей знезараження та надання смакових якостей питній воді за польових умов, а також для дезінфікування виробничих приміщень.

Бібліографічний список

1. **Лунин, В. В.** Физическая химия озона [Текст] / В. В. Лунин, М. П. Попович, С. Н. Ткаченко. – М. : Изд-во МГУ, 1998. – 480 с. – Библиогр.: с. 477-478. – 500 экз.
2. **Переверзев, А. В.** Оценка электрофизических параметров разрядов для электроустановок нейтрализации диоксида серы [Текст] / А. В. Переверзев, Т. Н. Литвиненко // *Праці Інституту електродинаміки Національної Академії Наук України : збірник наукових праць*. – ІЕД НАНУ, 2015. – № 1 (40). – С. 109-114. – Библиогр.: с. 114.
3. **Критська, Т. В.** Електроімпульсне дроблення високочистого кристалічного кремнію у водному середовищі [Текст] / Т. В. Критська, Т. М. Литвиненко // *Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії*. – Запоріжжя : РВВ ЗДІА, 2016. – Вип. 1 (35). – С. 54-57. – Библиогр.: с. 57.
4. **Мадоян, А. А.** Сероулавливание на ТЭС [Текст] / А. А. Мадоян, Г. В. Базаянц. – Киев : Техніка. – 1992. – 160 с. – Библиогр.: с. 155-159. – ISBN 5-335-00924-1. – 1300 экз.
5. **Бойко, И. И.** Высоковольтный генератор импульсов со средней мощностью до 50 кВт для обработки пищевых продуктов [Текст] / И. И. Бойко, А. Н. Тур, Л. С. Евдошенко и др. // *Приборы и техника эксперимента*. – 1998. – № 2. – С. 120-126. – Библиогр.: с. 126.
6. **Месяц, Г. А.** Генерирование мощных наносекундных импульсов [Текст] / Г. А. Месяц. – М. : Советское Радио, 1974. – 256 с. – Библиогр.: с. 234-251.

Стаття надійшла до редакції 07.11.2016 р.
Рецензент, проф. Г.Б. Кожемякін

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука
<http://www.zgia.zp.ua>