

В.М. Ночвай, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ВИТРАТ КИСНЮ ПАЛЬНИКА

В роботі виконано аналіз технологічних особливостей методу контролю витрат кисню газового пальника.

Актуальність та постановка проблеми. Підвищення надійності та довговічності сучасних машин та обладнання є важливою задачею машинобудування. Одним із шляхів розв'язання цієї задачі є застосування газотермічних покриттів.

Фізико-механічні властивості газотермічних покриттів у значній мірі залежать від технологічних режимів їх напилювання, у тому числі від стехіометричного співвідношення кисень-пальний газ у пальній суміші, яке визначає тип полум'я пальника. Для якісного проведення технологічних процесів газополуменової обробки матеріалів необхідно підтримувати певне співвідношення кисню та пального газу, причому для різних матеріалів, що обробляються, це співвідношення повинно знаходитися у різних межах [1].

При виконанні технологічного процесу нанесення покриттів газополуменовим методом використовують різні моделі установок, апаратів та пальників для газополуменового напилювання [2]. При виконанні газового зварювання та різання металів використовують різноманітні моделі пальників та різаків, а також різні типи пальних газів [3–5]. Тому дослідження технологічних особливостей методу контролю витрат кисню газового пальника є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень та постановка завдання. У роботі [6] досліджено випромінювання полум'я газового пальника, а у роботі [7] розроблено спосіб контролю та регулювання полум'я газових пальників. Метод контролю витрат кисню пальників по потоку випромінювання полум'я розроблено та досліджено у роботі [8], а дослідження систематичних похибок вимірювання потоку випромінювання твердих частинок, які знаходяться у високотемпературному газовому струмені газового пальника, досліджено у роботі [9].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Не досліджено технологічні особливості методу контролю витрат кисню газового пальника при використанні різних пальників: по способу подачі пального газу і окислювача; по типу пального газу; по

призначенню; по потужності полум'я.

Мета досліджень. Виявити та виконати аналіз технологічних особливостей методу контролю витрат кисню газового пальника.

Основна частина. Технологічний процес формування полум'я газового пальника характеризують значення вхідних параметрів (витрати кисню, витрати та тип пального газу) та значення вихідного параметра (потік випромінювання частинок сажового вуглецю).

При виконанні досліджень застосовано: установки для газополуменевого напилювання покриттів (Л-5405А, УГПТ, УГПТ-П); апарати для газополуменевого напилювання покриттів (021-4-01 «Ремдеталь», ГНЛ6-73); пальники для газополуменевого напилювання покриттів (ГН-2, ГН-3); пальники для газового зварювання та паяння металів (безінжекторний ГС-1, інжекторний малої потужності Г-2-02, інжекторний середньої потужності Г-3-02); різачи для кисневого різання металів Р2А-01(для різання з застосуванням ацетилену) та РЗР-62 (для різання з застосуванням газів-замінників ацетилену). При виконанні дослідів застосовано наступні робочі гази: окислювач – кисень; пальні гази – ацетилен, пропан-бутан, МАПП (метилацетилен-пропадієн), водень. При проведенні досліджень методу контролю витрат кисню застосовано установку, показаній на рис. 1.

Тиск кисню, тиск та витрати пального газу прийнято незмінними та встановлено на необхідному рівні з заданою точністю відповідно з технічними характеристиками газового пальника. Змінним фактором прийнято витрати кисню.

При запалюванні пальника подають мінімальну кількість кисню, а у наступних дослідах витрати кисню збільшують дискретно з кроком $h = 0,5$ л/хв.

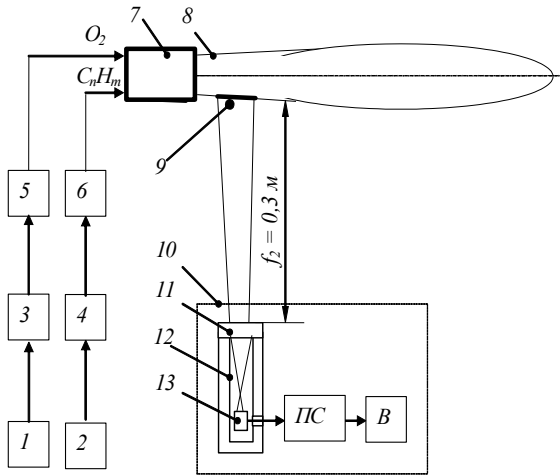


Рис. 1. Схема установки вимірювання потоку випромінювання сажового вуглецю полум'я: 1, 2 – балони кисневий та з паливним газом; 3, 4 – редуктори балонні; 5, 6 – ротаметри; 7 – паливник; 8 – полум'я; 9 – майданчик візування; 10 – ОЕП; 11 – об'єктив; 12 – давач ОЕП; 13 – приймач випромінювання; $f_2 = 0,3$ м – відстань від об'єктива до майданчика візування; ПС – підсилювач сигналу; В – вольтметр

При цьому виконують вимірювання витрат газів за допомогою ротаметрів та напруги на виході оптико-електронного приладу (ОЕП). Вимірювання потоку випромінювання частинок сажового вуглецю виконано з використанням ОЕП. Діапазоном вимірювання потоку випромінювання твердих частинок вибрано ділянку, яка знаходиться в області спектру електромагнітних хвиль $0,5 \dots 1,1$ мкм.

Перша особливість методу контролю витрат кисню паливників полягає в наступному. При виконанні контролю витрат кисню V_{KCS} , які відповідають стехіометричному співвідношенню кисню та пального газу у паливній суміші паливника, і при незмінних витратах пального газу витрати кисню збільшують з кроком h і визначають шукане значення витрат кисню за спадом до нуля потоку випромінювання сажового вуглецю (рис. 2, 3).

U, B

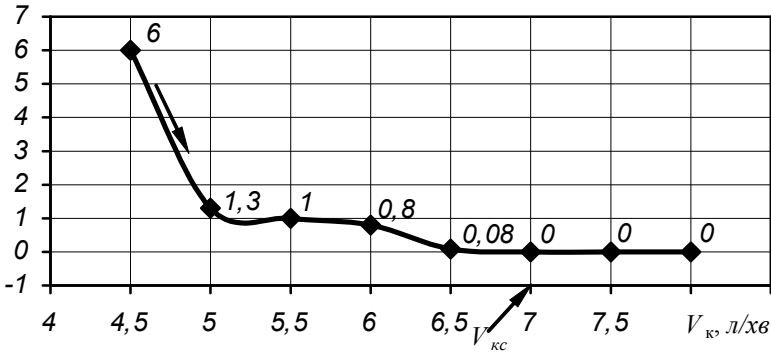


Рис. 2. Залежність напруги на виході ОЕП від витрат кисню (витрати ацетилену 6,6 л/хв.)

U, B

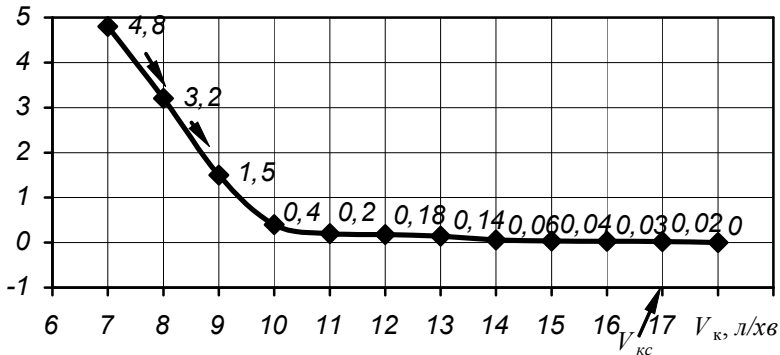


Рис. 3. Залежність напруги на виході ОЕП від витрат кисню (витрати пропан-бутану 6 л/хв.)

При цьому регулювання витрат кисню виконують за допомогою вентиля на ротаметрі. Після закінчення виконання операцій вимірювального контролю отримують нормальний (нейтральний) тип полум'я і можна отримати чисельне значення витрат кисню $V_{к}$ шляхом зняття показів ротаметра в умовних одиницях і визначення

витрат кисню у літрах за хвилину по тарировочному графіку ротаметра.

Друга особливість методу полягає у тому, що при відсутності приладів вимірювання витрат газів (ротаметрів) на посту газополуменевої обробки витрати кисню збільшують плавно за допомогою вентиля на газовому пальнику. У цьому випадку встановлене шляхом регулювання значення витрат кисню $V_{кк}$, яке відповідає стехіометричному співвідношенню кисню та пального газу у пальній суміші пальника, залишається невідомою величиною.

Третя особливість методу. Так як при виконанні контролю з регулюванням витрат кисню задане значення потоку випромінювання твердих частинок сажового вуглецю дорівнює нулю, то вимірювання цього потоку достатньо виконувати в умовних одиницях. Звідси, необов'язково виконувати градування шкали ОЕП в одиницях вимірювання потоку випромінювання твердих частинок, достатньо виконати градування шкали ОЕП в умовних одиницях вимірювання або використати вольтметр з градуйованою шкалою у вольтах. Ця особливість спрощує виготовлення ОЕП.

Четверта особливість методу. Так як значення витрат кисню $V_{кк}$ невідоме до початку виконання контролю, а відоме значення вимірюемого параметра – напруги на виході ОЕП, яке дорівнює нулю, то прийнято нижню та верхню межі допускового інтервалу для значення параметра, що вимірюють. Так як напруга на виході ОЕП і витрати кисню знаходяться в обернено пропорційній залежності

$$U = a_1 + \frac{a_2}{V} + \frac{a_3}{V^2} + \frac{a_4}{V^3} + \frac{a_5}{V^4}, \quad (1)$$

де U – напруга на виході ОЕП; V – витрати кисню пальника; a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 – параметри математичної моделі полум'я газового пальника, то верхній межі $V_{кв} = V_{кк}$ допускового інтервалу для значення контрольованого параметра відповідає нижня межа $U_H = 0$ В допускового інтервалу для значення вимірюваного параметра, а нижній межі $V_{кн} = V_{кк} - 0,5$ л/хв. допускового інтервалу для значення контрольованого параметра відповідає верхня межа $U_B = 0,02$ В допускового інтервалу для значення вимірюваного параметра (рис. 4).

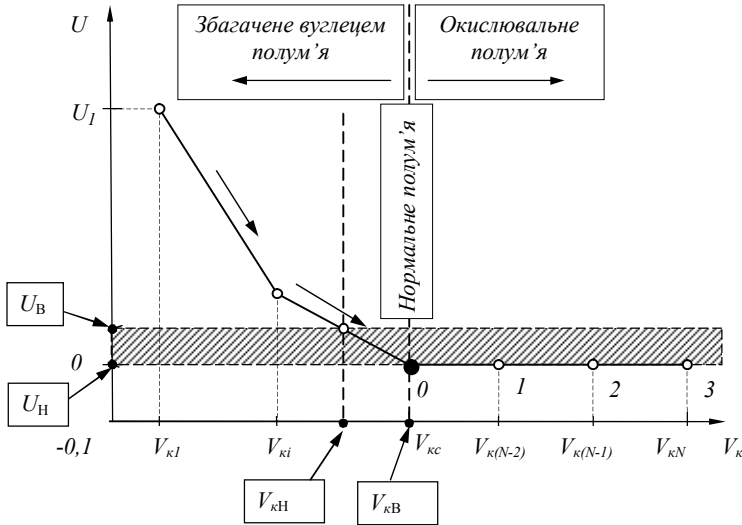


Рис. 4. Межі допускового інтервалу при виконанні активного контролю з регулюванням витрат кисню у пальній суміші пального:
 $V_{кН}$, $V_{кВ}$ – нижня та верхня межі допускового інтервалу для значення контрольованого параметра; $U_{Н}$, $U_{В}$ – нижня та верхня межі допускового інтервалу для значення інформативного параметра

П'ята особливість методу полягає у тому, що при недостатці кисню у пальній суміші при спалюванні палих газів, хімічна формула яких вміщує атом вуглецю, перша стадія реакції горіння проходить по схемі

$$C_n H_m + k O_2 = 2k CO + (n - 2k) C + 0,5 m H_2, \quad (1)$$

де $C_n H_m$ – хімічна формула пального газу; k – кількість молекул кисню використаних у реакції горіння.

При цьому $2k < n$, за межами ядра полум'я знаходяться продукти горіння CO , H_2 , CO_2 , H_2O та тверді частинки сажового вуглецю, який не згорів внаслідок недостатці необхідної кількості кисню. А так як при виконанні контролю витрат кисню вимірюють потік випромінювання компонентів не газової складової полум'я, а твердої фази – частинок сажового вуглецю і виконують якісний аналіз вуглецю у полум'ї пального (присутність або відсутність частинок вуглецю за межами ядра полум'я), то метод контролю витрат кисню газового пального можна застосувати при спалюванні будь-якого типу пального газу, молекула якого вміщує атом вуглецю (ацетилен C_2H_2 , метан CH_4 , окис

вуглецю CO , етан C_2H_6 , пропан C_3H_8 , Н-бутан C_4H_{10} , МАПП (метилацетилен-пропадієн), коксовий, нафтовий та природний газ та інші).

Шоста особливість методу. Результати експериментальних досліджень підтвердили відсутність твердих частинок у полум'ї пальників при спалюванні водню з киснем, так як продуктом його горіння є вода. Тому застосувати розроблений метод контролю витрат кисню при використанні водню неможливо.

Сьома особливість методу. Приймаючи до уваги габарити, масу та автономне джерело живлення ОЕП (табл. 1), то застосовувати метод та засіб контролю можна при виконанні газополумєневих робіт у науково-дослідних організаціях, у навчальних закладах, у виробничих підприємствах різних галузей народного господарства, як в цехових, так і у польових умовах виконання робіт.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики ОЕП

№ з/п	Параметр	Значення параметра
1.	Робочий діапазон спектру, мкм	0,5...1,1
2.	Тип приймача випромінювання	ФД-25К
3.	Відстань від лінзи об'єктива до об'єкта вимірювання, мм	300
4.	Діаметр майданчика візування, мм	5
5.	Діапазон вимірювання напруги на виході підсилювача сигналу, В	0...7,2
6.	Напруга джерела живлення, В	± 9
7.	Габарити перетворювача потік випромінювання-електричний сигнал: – діаметр, мм – довжина, мм	35 120
8.	Габарити електронного блоку, мм	88×58×31
9.	Маса приладу (без джерела живлення), кг	0,27

Восьма особливість методу полягає у тому, що операції вимірального контролю витрат кисню пальника прості і не потребують високого рівня кваліфікації оператора (рис. 5).

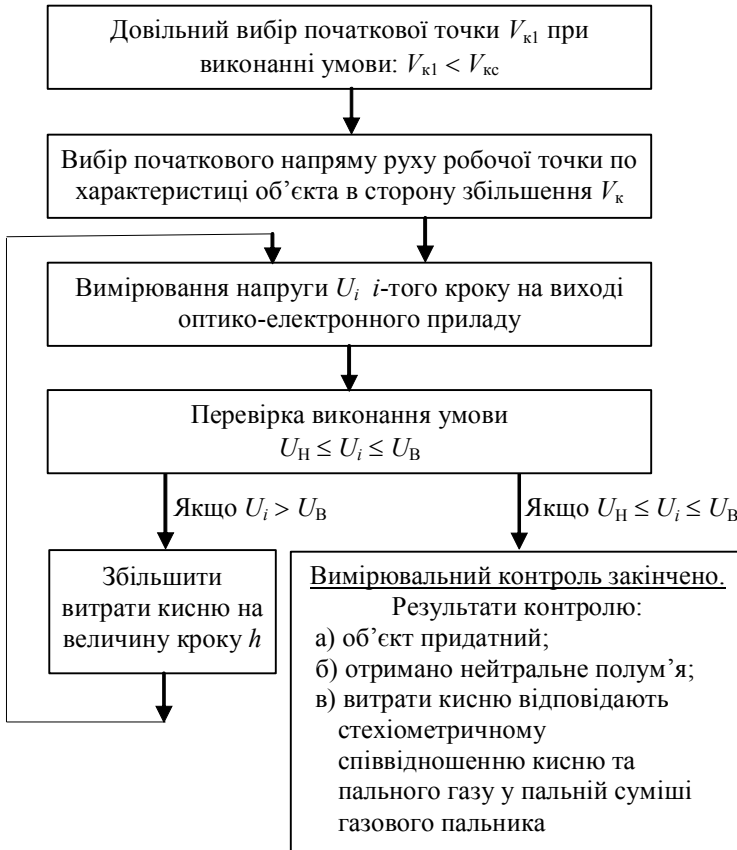


Рис. 5. Схема виконання операції вимірювального контролю

Дев'ята особливість методу полягає у тому, що контроль витрат кисню $V_{кc}$, які відповідають стехіометричному співвідношенню кисню та пального газу у пальній суміші пального, можна виконувати при використанні:

а) різних типів апаратів газополуменевого напилювання покриттів (по способу подачі матеріалу напилювання у високотемпературний струмінь, по потужності полум'я, по продуктивності напилювання матеріалу покриття, по способу застосування – ручних та стаціонарних);

б) різних пальників: по способу подачі пального газу і окислювача (інжекторні та безінжекторні), по типу пального газу (ацетиленові та

для газів-замінників ацетилену), по призначенню – універсальні (зварювання, різання, паяння, напилювання, наплавлення) та спеціалізовані, по кількості струменів (одноструменеві і багатоструменеві), по потужності полум'я, по способу застосування (ручні і машинні).

Висновки. Контроль витрат кисню, які відповідають стехіометричному співвідношенню кисню та пального газу у пальній суміші газового пальника, можна виконати при використанні будь-якого пального газу, молекула якого вміщує атом вуглецю. Застосувати розроблений метод контролю витрат кисню при використанні водню неможливо.

Метод та засіб контролю витрат кисню можна застосувати при використанні різних установок, апаратів та пальників для газополуменевого напилювання покриттів, пальників для газового зварювання та паяння металів, інших пристроїв для спалювання вуглеводних газів з киснем незалежно від конструкції, потужності та призначення.

Метод та засіб контролю можна застосувати при виконанні газополуменевої обробки металів у цехових і польових умовах виконання робіт, операції вимірювального контролю витрат кисню пальника прості і не потребують високого рівня кваліфікації оператора.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Ольшанский Н. А.* Сварка в машиностроении : справочник в 4 т. / *Ольшанский Н. А.* – М. : Машиностроение, 1978-1979.
2. РТМ 3-90. Газотермическое напыление покрытий : сб. руков. техн. матер. – К. : ИЭС им. Е. О. Патона, 1990. – 176 с.
3. *Соколов И. И.* Газовая сварка и резка металлов : учеб. пособ. / *Соколов И. И.* – 2-е изд., перераб и доп. – М. : Высш. шк., 1981. – 320 с.
4. Справочник сварщика / Под ред. В. В. Степанова. – М. : Машиностроение, 1983. – 560 с., ил.
5. *Нинбург А. К.* Газопламенная обработка металлов с использованием газов-заместителей ацетилена / *А. К. Нинбург.* – М. : Машиностроение, 1976. – 152 с.
6. *Ночвай В. М.* Дослідження випромінювання двофазного потоку газ-тверді частинки // Процеси механічної обробки в машинобудуванні. Зб. наук. праць ЖДТУ. – 2006. – № 4. – С. 69-76.

7. Пат. 76332 Україна, МПК F23N 1/02. Спосіб контролю та регулювання полум'я газових пальників / Ночвай В. М., Серов В. В. ; заявник і патентовласник Житомир. держ. технол. ун-т. – № 20041008025 ; заявл. 04.10.04 ; опубл. 17.07.06, Бюл. № 7.
8. Ночвай В. М. Метод контролю витрат кисню пальників по потоку випромінювання полум'я / В. М. Ночвай // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: зб. наук. пр. – Житомир : ЖДТУ, 2009. – № 6. – С. 30–40.
9. Ночвай В. М. Дослідження систематичних похибок вимірювання потоку випромінювання твердих частинок / В. М. Ночвай, В. Г. Петрук // Вісник ЖДТУ. – 2008. – № 4. – С. 43–48.

НОЧВАЙ Володимир Матвійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– газотермічні покриття;

– прилади і методи контролю та визначення складу речовин.

Тел.: 8 096 2117941; (0412) 22-13-65.

Подано 03.09.2011