

## ГІГІЄНИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕКТРОДІВ З ФТОРИСТОКАЛЬЦІЄВИМ ПОКРИТТЯМ ТА РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЇХ ПОДАВАННЯМ

Я.В. Куровець

Івано-Франківське управління філії ВРТП «Укргазенергосервіс» ДК «Укртрансгаз»,  
76000, Тисмениця, Галицька, 91, тел. (0342)552758, e-mail: VRTPIV@ITSIV.ua

*Наведено результати досліджень гігієнічних характеристик електродів з фтористокальцієвим покриттям типу АНО. Визначено концентрації аерозолі і токсичних елементів у повітрі робочої зони електросварювальників. Для зменшення впливу утворених шкідливих речовин на організм зварювальника пропонується система автоматичного керування подавання електрода.*

Ключові слова: зварювання, електрод, керування.

*Наведены результаты исследований гигиенических характеристик электродов с фтористокальциевым покрытием типа АНО. Определены концентрации аэрозоля и токсических элементов в воздухе рабочей зоны электросварщиков. Для уменьшения влияния образующихся вредных веществ на организм сварщика предложена система автоматического управления подачей электрода.*

Ключевые слова: сварка, электрод, управление.

*The results of investigation sanitary descriptions of electrodes are conducted with fluoricalcium coverage of ANO type. The concentrations of aerosol and toxic elements are certain in mid air working areas of electric welders. For influence diminishing of harmful matters on the organism of worker the serve automatic control system of electrode is offered.*

Keywords: welding, electrode, management.

Характерною рисою зварювальних робіт у газовій промисловості є мала відстань джерела шкідливих речовин від робочого місця зварювальника. Насамперед, це стосується ручного дугового зварювання, за якого безпосередньо зона дихання зварювальника перебуває на відстані декількох сантиметрів. Ці обставини зумовлюють вкрай незадовільні умови праці, що відповідним чином впливає на здоров'я працівників.

Штучні електроди, що використовуються у процесі ручного дугового зварювання, повинні відповідати санітарно-гігієнічним вимогам. За хімічним складом стрижні електродів, які виготовляються із зварювального дроту (ГОСТ 2246-70), поділяються на низьковуглецеві, леговані та низьколеговані. До складу дроту входять різні метали, в тому числі і шкідливі для організму людини. Особливо високою токсичністю володіють з'єднання марганцю, хрому, нікелю тощо.

Під час спорудження компресорної станції «Гарутино» застосовувались декілька типів електродів з фтористокальцієвим покриттям типу АНО, які володіли покращеними технологічними властивостями, були призначені для зварювання різних конструкцій.

У зварювальних процесах компресорних станцій використовувались електроди типу АНО-4, АНО-6, АНО-7 і АНО-8. Вони мають однаковий стрижень, що складався з дроту С<sub>6</sub>-0,8А, але відрізнялися кількістю і хімічним складом компонентів покриття.

Умовам праці зварювальників та заходам щодо їхнього поліпшення у різних галузях присвячено безліч наукових робіт, серед яких мож-

на виділити [1,2,3,4,5]. Однак, дослідженням кількісних характеристик токсичних речовин в аерозолі у зварюванні різними електродами на підприємствах газової галузі приділяють ще мало уваги.

Автором досліджувалась валова кількість токсичних газів, токсичних речовин, що виділялися у повітря робочої зони під час зварювальних процесів електродами типу АНО.

Для дослідження об'ємів забруднення повітря робочої зони використовувалися дві групи методів – лабораторні та експресні. У першому використовувався аспіраційний метод відбору проб. Для експресного методу використовувався універсальний газоаналізатор УГ-2 та газоаналізатор ГНК-3.

До складу покриттів електродів типу АНО входять такі основні елементи: залізний порошок, рутиловий концентрат, феромарганець, слюда, целюлоза, плавиковий шпат, мармур, феросиліцій, карбоксиметилцелюлоза і деякі інші. Кількісні співвідношення цих елементів різні, тому гігієнічні властивості електродів неоднакові. З рис. 1 видно, що найбільше зварювального аерозолі виділяється у процесі зварювання електродом АНО-4. Це зумовлюється тим, що в обмазці цього електроду міститься менше оксиду заліза, яке пригнічує пилотворення, ніж в обмазках інших електродів і дещо більше феромарганця, що збільшує кількість пилу. Дещо більша валова кількість аерозолі спостерігається під час зварювання електродом АНО-6.

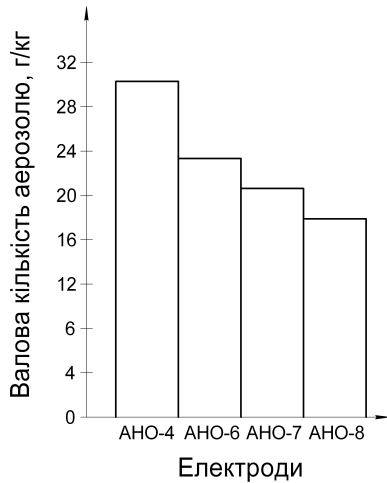
Під час зварювальних робіт у компресорному цеху станції досліджувалась наявність токсичних елементів у складі аерозолі. Вста-

новлено, що найбільш токсичними з них є марганець і фторид (рис. 2). Найбільша кількість оксидів заліза, марганцю і розчинних вторидів виділяється при зварюванні електродом АНО-4.

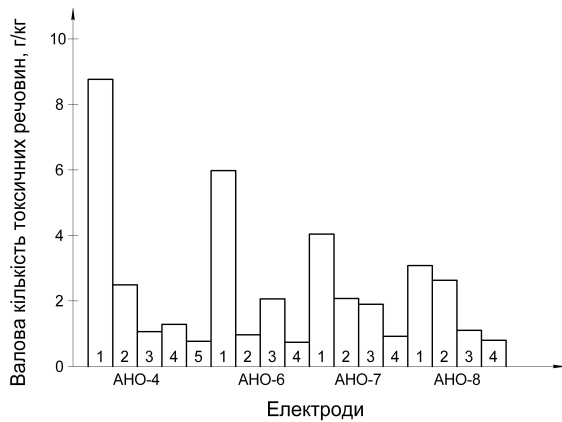
На підставі оцінки газової складової аерозолі (насамперед, оксиди азоту і фтористого водню) на перше місце за токсичністю слід також віднести електрод АНО-4 (рис. 3). При цьому слід врахувати, що оксид вуглецю і фтористий кремній мають меншу токсичність.

Для гігієнічної оцінки зварювальних матеріалів було визначено концентрації аерозолі та токсичні елементи, що містяться в ньому, та в повітрі робочої зони зварювальника. Під час зварювання перед щитком зварювальника концентрація аерозолі і таких токсичних речовин, як марганець і фториди значно перевищують норми ГДК (рис. 4).

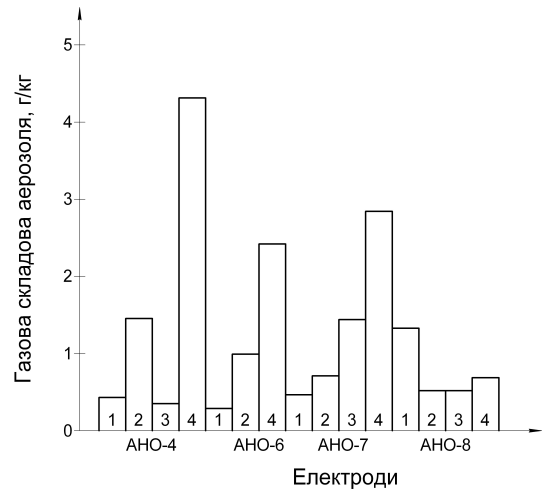
З рисунка 5 видно, що у процесі зварювання електродами всіх марок в значних концентраціях виділяється фтористий водень. Отже, і за наслідками оцінки повітря робочої зони досліджувані електроди розташовуються в тому ж порядку шкідливості, що і за оцінкою валових виділень аерозолі.



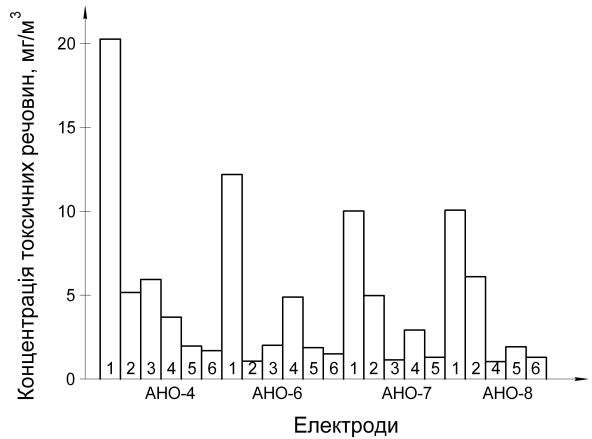
**Рисунок 1 – Валова кількість аерозолі (г/кг) у процесі зварювання електродами з фтористокальцієвим покриттям**



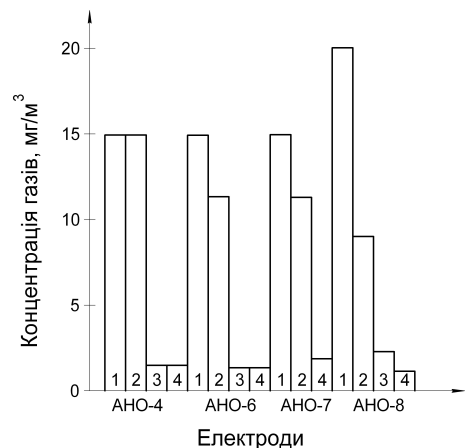
**Рисунок 2 – Валова кількість токсичних речовин в аерозолі (г/кг) у процесі зварювання електродами з фтористокальцієвим покриттям**



**Рисунок 3 – Валова кількість токсичних газів у процесі зварювання електродами з фтористокальцієвим покриттям**



**Рисунок 4 – Концентрації токсичних речовин у процесі зварювання електродами з фтористокальцієвим покриттям**



**Рисунок 5 – Кількість газів перед щитком зварювальника у процесі зварювання електродами з фтористокальцієвим покриттям**

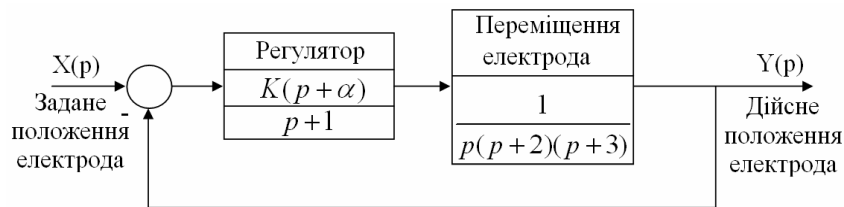


Рисунок 6 – Структурна схема системи подавання електрода

Для зменшення впливу утворених шкідливих речовин на організм електрозварювальників автором даної статті запропоновано систему автоматичного керування подаванням електрода згідно з наведеним розрахунком. Суть методу зводиться до того, що електрод зварювального апарату підводиться до різних місць зварюваних деталей, і досить швидко і надійно відбувається зварювання різних конструкцій. Структурну схему системи подавання електрода зображено на рисунку 6.

Необхідно визначити діапазон значень параметрів  $K$  і  $\alpha$ , при яких система буде стійкою, тобто зварювальний шов буде відповідати заданим параметрам. Для дугового зварювання передавальна функція має вигляд:

$$W(p) = 1 + \frac{K(p + \alpha)}{p(p + 1)(p + 2)(p + 3)}, \quad (1)$$

де:  $K$  – коефіцієнт підсилення;  
 $\alpha$  – постійна (константа).

Відповідно характеристичне рівняння має вигляд:

$$p^4 + 6p^3 + 11p^2 + (K + 6)p + K\alpha = 0. \quad (2)$$

Складемо таблицю Рауса:

Таблиця 1 – Таблиця Рауса

|       |           |           |           |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| $p^4$ | 1         | 11        | $K\alpha$ |
| $p^3$ | 6         | $K + 6$   |           |
| $p^2$ | $b_3$     | $K\alpha$ |           |
| $p^1$ | $c$       |           |           |
| $p^0$ | $K\alpha$ |           |           |

де  $b_3 = \frac{60 - K}{6}$  і  $c_3 = \frac{b_3(K + 6) - 6K\alpha}{b_3}$ . (3)

Коефіцієнт  $c_3$  встановлює зв'язок між параметрами  $K$  і  $\alpha$ . Аналіз значень коефіцієнта  $b_3$  свідчить, що  $K$  буде менше 60. Припустимо, що  $c_3 = 0$ , і отримаємо:

$$(K - 60)(K + 6) + 36K\alpha = 0. \quad (4)$$

Із рівняння (4) впливає залежність між  $K$  і  $\alpha$ :

$$\alpha \leq \frac{(K - 60)(K + 6)}{36K\alpha}. \quad (5)$$

Для конкретного випадку приймаємо, що  $K = 40$ , тоді отримаємо  $\alpha \leq 0$ . За таких значень параметрів система є стійкою, і її передавальна функція набуває вигляду:

$$W(p) = 1 + \frac{40(p + 0.638)}{p(p + 1)(p + 2)(p + 3)}. \quad (6)$$

Система  $n$ -го порядку має характеристичне рівняння загального вигляду:

$$p^4 + a_{n-1}p^{n-1} + a_{n-2}p^{n-2} + \dots + a_1p + w_n^n = 0. \quad (7)$$

Якщо поділити всі члени рівняння на  $w_n^n$  і ввести позначення  $p^* = p/w_n^n$ , то отримаємо запис характеристичного рівняння у нормальному вигляді:

$$p^{*n} + bp^{*n-1} + cp^{*n-2} + \dots + 1 = 0. \quad (8)$$

Діаметр електрода  $d = 5$  мм.

Для дугового зварювання рівняння прийме вигляд:

$$p^3 + 5p^2 + 2p + 8 = 0. \quad (9)$$

Розділимо на  $8 = w^3$ , то отримаємо

$$\frac{p^3}{w_n^3} + \frac{5}{2} \frac{p^2}{w_n^2} + \frac{2}{4} \frac{p}{w_n} + 1 = 0, \quad \text{або} \quad (10)$$

$$p^{*3} + 2.5p^{*2} + 0.5p + 1 = 0. \quad (11)$$

Для рівняння (11)  $b = 2.5$  і  $c = 0.5$ . Використовуючи нормований запис характеристичного рівняння складемо зведену таблицю умов стійкості системи до 6-го порядку. Дані зведені до таблиці 2.

В даному випадку для  $n = 3$ , маємо  $bc = 2.5 \cdot 0.5 = 1.25$ . Якщо виконується умова стійкості  $bc - 1 = 1.25 - 1 = 0.5 > 0$ , то система стійка.

Визначимо стійкість даної системи за критерієм Михайлова.

Для цього запишемо характеристичне рівняння, що описує автоматичну систему, у вигляді

$$F(p) = a_0p^n + a_1p^{n-1} + a_2p^{n-2} + \dots + a_0 = 0. \quad (13)$$

Вираз (11) набуде вигляду:

$$p^3 + 2.5p^2 + 0.5p + 1 = 0. \quad (14)$$

В рівнянні (14) проводимо підстановку  $p = jw$ , в результаті чого отримаємо

$$-jw^3 - 2.5w^2 + 0.5jw + 1 = 0.$$

Виділимо дійсну та уявну частини:

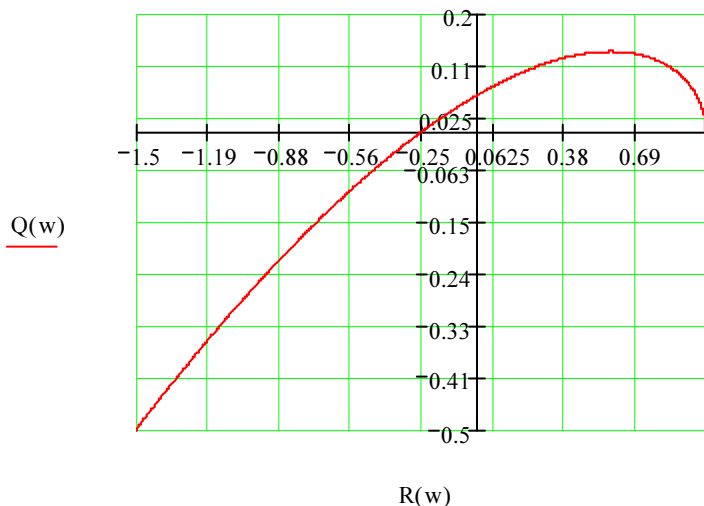
$$P(w) = -2.5w^2 + 1$$

$$Q(w) = -w^3 + 0.5w$$

Для побудови годографа змінюємо  $w = 0.. \infty$ .

**Таблиця 2 – Критерій стійкості Рауса – Гурвіца**

| n | Характеристичне рівняння                       | Критерій  |
|---|--|---|
| 2 | $p^2 + bp + 1 = 0$                             | $b > 0$   |
| 3 | $p^3 + bp^2 + cp + 1 = 0$                      | $bc - 1 > 0$  |
| 4 | $p^4 + bp^3 + cp^2 + dp + 1 = 0$               | $bcd - d^2 - b^2 > 0$   |
| 5 | $p^5 + bp^4 + cp^3 + dp^2 + ep + 1 = 0$        | $bcd + b - d^2 - b^2e > 0$  |
| 6 | $p^6 + bp^5 + cp^4 + dp^3 + ep^2 + fp + 1 = 0$ | $(bcd + bf - d^2 - b^2e) + b^2c - bd - bc^2f - f^2 + bfe + cdf > 0$ |



**Рисунок 7 – Годограф Михайлова**

Знаходимо значення  $w$ , за якого годограф Михайлова перетинає додатню уявну вісь, привівнявши до 0 дійсну частину.

$$-2.5 \cdot w^2 + 1 = 0; \quad w = 1;$$

$$Q(w) = -1^3 + 0.632 \cdot 1 = 0.064$$

Знаходимо значення  $w$ , за якого годограф Михайлова перетинає дійсну від'ємну вісь, привівнявши до 0 уявну частину.

$$-w^3 + 0.5w = 0; \quad w = 0.707$$

$$P(w) = -0.707^2 + 1 = -0.25$$

На рисунку 7 зображено графічне відображення годографа Михайлова.

Таким чином, дана система є стійкою, бо годограф Михайлова починається на дійсній додатній осі і послідовно проти годинникової стрілки проходить три квадранти ( $n=3$ ).

### Висновки

Дослідження гігієнічних характеристик електродів типу АНО показали, що валова кількість аерозолі, що виділяється при зварювальних процесах, залежить від виду їх покриття (обмазки). Найбільша кількість його зафіксована у процесі дугового зварювання електродом АНО-4. Встановлено, що у складі аерозолі містяться такі токсичні речовини, як оксиди заліза, марганець, фториди, кремній, метан.

Для зменшення впливу шкідливих речовин на організм електрозварників запропоновано систему автоматичного керування подаванням електрода.

### Література

- 1 Левченко О.Г. Методи нейтралізації токсичних речовин у зварювальному виробництві / О.Г. Левченко, С.А. Грищенко // Вісник ННДПБОП. – К., 2003. – № 6. – С.19-23.
- 2 Эннан А.А. Улавливание и нейтрализация токсичных газообразных веществ в сварочном производстве / А.А. Эннан, Т.Л. Ракитская // Автомат. сварка. – 2000. – № 1. – С.48-52.
- 3 Сербін В.П. Застосування кліноптилоліту для очищення повітря від зварювального аерозолі / В.П. Сербін, О.Г. Шевченко, Л.А. Шевченко // Наукові вісті. – К.: НТУУ «КПІ», 2000. – № 6. – С. 111-117.
- 4 Левченко О.Г. Шляхи вирішення екологічних проблем зварювального виробництва / О.Г. Левченко // Праці інституту електродинаміки Національної академії наук України: Збірник наукових праць (Спеціальний випуск). – 2004. – С.84-89.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
16.11.09

Рекомендована до друку професором  
Д. Ф. Тимківим