

**Левченко О.Г.<sup>1</sup>, Безушко О.М.<sup>2</sup>, Гончарова О.М.<sup>2</sup>**  
**(<sup>1</sup>КПІ ім. Ігоря Сікорського; <sup>2</sup>ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ)**  
**ПРОЦЕСИ УТВОРЕННЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ПРИ**  
**РУЧНОМУ ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ МІДІ ТА ЇЇ СПЛАВІВ**  
**E-mail: olgapaton60@ukr.net**

Мідь та її сплави широко застосовують при виготовленні виробів різного призначення: трубопроводів, хімічної апаратури, електричних пристроїв та ін. Серед усіх способів зварювання ручне дугове зварювання характеризується значним виділенням зварювального аерозолю (ЗА) в зону дихання зварювальника [1]. В залежності від зварювальних матеріалів, які використовуються, в складі ЗА при зварюванні міді та її сплавів можуть бути такі шкідливі речовини як сполуки міді, алюмінію, цинку, марганцю, сірки, фосфору, розчинні та нерозчинні фториди, а також газоподібні HF і SiF<sub>4</sub> та інші. Ці речовини у різній мірі можуть викликати отруєння, хронічні захворювання органів дихання, центральної нервової системи, сприяють розвитку ракових клітин. Існуючі засоби захисту від ЗА не дають повного усунення шкідливих речовин з зони дихання зварювальника через технологічні особливості способу зварювання. Значну увагу приділяють дослідженням, які спрямовані на мінімізацію виділень шкідливих речовин шляхом вибору оптимального складу зварювального матеріалу, який би задовольняв технологічним вимогам зварювального шва та гігієнічним характеристикам повітря робочої зони. Для цього необхідно вивчити процеси, які відбуваються в зоні зварювання. Значну частину явищ зварювального процесу можна розглядати як реакції хімічної взаємодії. Питання тієї чи іншої хімічної реакції, про напрямок її протікання і про межі, до якої вона прямує, вирішуються за допомогою термодинаміки. Швидкість утворення пари при високій температурі залежить від пружності компонентів пари, температури поверхні випаровування, а також від її площі. Експериментально було доведено, що утворення аерозолю під час зварювання залежить від тривалості формування краплі розплавленого металу, її розмірів та довжини зварювальної дуги [2]. Крапля електродного металу утво-

рюється в результаті дії тепла дуги на торці електрода й утримується силами поверхневого натягу. Відбувається часткове випаровування не тільки металу, але й покриття. Випаровується відносно невелика частина металу в результаті високої температури кипіння металу ( $T_{\text{кип}}(\text{Cu}) = 2595 \text{ }^\circ\text{C}$ ) і значної теплоти випаровування ( $\Delta H(\text{Cu}) = 304 \text{ кДж/моль}$ ) [3]. Частина парів втрачається, попавши в атмосферу, яка оточує дугу, де пари металу конденсуються в крапельки, окислюються і переходять в дрібні тверді частинки оксидів металу, які утворюють дим і завжди оточують зварювальну дугу. Газовиділення, яке відбувається при плавленні електрода, призводить до інтенсивного газового дуття, яке направлене від електрода до ванни. По мірі збільшення краплі в результаті дії сили тяжіння і електромагнітних сил, крапля замикає дуговий проміжок. Після цього частина краплі перетікає у ванну, а інша частина на торці електрода знову починає рости. Розбризування відбувається за рахунок дрібних крапель, які у значній кількості вилітають за межі зварювальної ванни. Пари та дрібні краплі дає не тільки електродний, але й основний метал. Втрати на розбризування збільшуються зі збільшенням сили струму.

#### Література:

1. О. Г. Левченко. Сварочные аэрозоли и газы: процессы образования, методы нейтрализации и средства защиты. – К.: Наукова думка, 2015. – 247 с.
2. Левченко О. Г., Безушко О. М. Мінімізація виділень зварювальних аерозолів / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». GlobeEdit, 150 (2020).
3. Таблицы физических величин: Справочник / под ред. И. К. Кикоина. – Москва: Атомиздат, 1976. – 1008 с.