

ВПЛИВ СКЛАДУ ЗВ'ЯЗУЮЧОГО ПОКРИТТЯ ЕЛЕКТРОДІВ НА ТОКСИЧНІСТЬ ЗВАРЮВАЛЬНИХ АЕРОЗОЛІВ

О.Г. Левченко¹, А.О. Лук'яненко², О.В. Демецька³

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». 03056, м. Київ, просп. Перемоги, 37. E-mail: levchenko.opcb@ukr.net

²ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

³Київський міжнародний університет. 03179, м. Київ, вул. Львівська, 49

За результатами санітарно-гігієнічної оцінки покритих електродів для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей досліджено вплив складу зв'язуючого покриття електродів на токсичність аерозолів, що утворюються при застосуванні даних електродів. Для цього застосовано експрес-метод визначення цитотоксичності, рівнів виділень та хімічного складу зварювальних аерозолів, а також їх розрахункові гігієнічні показники у відповідності з міжнародним стандартом ДСТУ ISO 15011-4:2008. Показано, що для створення нових марок зварювальних електродів з поліпшеними гігієнічними характеристиками варто мати не тільки дані первинної санітарно-гігієнічної оцінки, а й результати біологічних досліджень токсичності зварювальних аерозолів. Установлено, що застосування в покритті електродів зв'язуючого на основі чистого літійового або літій-натрій-калієвого рідкого скла замість калій-натрієвого дає можливість зменшити рівень виділення в повітря зварювального аерозолу, вміст у ньому високотоксичного шестивалентного хрому і за рахунок цього — загальну його токсичність. Бібл. 14, табл. 3, рис. 4.

Ключові слова: покриті електроди, зварювальні аерозолі, шестивалентний хром, індекс цитотоксичності

Електродугове зварювання характеризується виділенням у повітря робочої зони шкідливих для організму людини аерозолів, токсична дія яких визначається хімічним складом зварювальних електродів [1]. Тому створення нових марок зварювальних матеріалів обов'язково має супроводжуватись їх первинною санітарно-гігієнічною оцінкою у відповідності з міжнародними стандартами ДСТУ ISO 15011-1:2008 [2] та ДСТУ ISO 15011-4:2008 [3]. Ці стандарти дозволяють отримати необхідну інформацію про хімічний склад зварювальних аерозолів (ЗА) та орієнтовно розрахувати ризик їх шкідливої дії на організм зварника. Для створення нових марок зварювальних електродів з поліпшеними гігієнічними характеристиками варто мати не тільки дані первинної санітарно-гігієнічної оцінки, а й результати біологічних досліджень токсичності ЗА. Такі дослідження, особливо з використанням дослідних тварин, реалізуються на протязі доволі тривалого часу й потребують значних витрат.

Для оцінювання токсичної дії малорозчинних промислових аерозолів, у тому числі зварювальних, найбільше значення має така їх ключова властивість як цитотоксичність, що визначає небезпеку виникнення професійного захворювання — пневмоконіозу [4]. Цитотоксичність як властивість частинок пилу (аерозолу) є визначальним фактором для оцінювання ступеня його дії на організм людини та математичного прогнозування порівняльної небезпеки розвитку пневмоконіозу. Цитотоксичність визначає кінетику накопичення та затримки пилу в легенях і лімфовузлах

людини, а також інтенсивність шкідливої дії на тканину цих органів. Цю характеристику оцінюють у різних короткочасних тестах, що пов'язано з пануючими уявленнями про ключову роль пошкодження пиловими частинками макрофагів у патогенезі силікозу та інших видів пневмоконіозу. Використовуються також тести, засновані на реєстрації феноменів активації макрофагів або на тому чи іншому поєднанні цих явищ. Проте трактування результатів тестування та їх використання для прогнозування дії аерозолів на організм часто проводяться без урахування ролі процесів активації та пошкодження макрофага як у механізмах, що лежать в основі тесту, так і в патогенезі пневмоконіозу [5].

Використання так званих альтернативних токсикологічних моделей (культур клітин, експрес-тестів та ін.) дозволяє одержувати інформацію про токсичність та небезпеку хімічних сполук і матеріалів менш затратними способами чи підходами в коротші строки та більш гуманно з позицій біоетики порівняно з традиційними методами експериментальних досліджень на лабораторних тваринах *in vivo*. У свою чергу, інформація, отримана в експериментах *in vitro*, може бути використана для скринінгу зварювальних матеріалів у якості «вектора» для проведення поглиблених експериментальних досліджень *in vivo*. Зокрема, експрес-оцінка токсичності ЗА з використанням як тест-об'єкта короткочасної суспензійної культури сперматозоїдів бика різко знижує працездатність і вартість випробувань. Метод дозволяє оцінити сумарний ефект від впливу на культуру всієї сукупності токсикантів, присутніх у ЗА, за біологічною

Таблиця 1. Показники виділень та хімічний склад ЗА

Вид рідкого скла (зв'язуючого покриття)	Інтенсивність виділення V_a , г/хв	Питоме виділення G_a , г/кг	Масова частка, % в ЗА					
			Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Mn	Ni	F _p	F _{np}
K – Na (0 %)	0,51	11,58	1,96	2,62	4,81	1,47	11,68	1,30
Li – Na – K (0,7 %)	0,45	10,10	1,77	2,67	5,27	1,38	10,24	1,69
Li – Na – K (1,8 %)	0,35	7,28	1,44	2,82	5,69	1,29	10,35	1,88
Li – Na (2,7 %)	0,26	5,52	0,89	3,04	5,73	1,62	11,65	1,34
Li (3,2 %)	0,20	4,52	Не виявлено	3,91	5,20	1,39	5,76	1,56

Примітка. У скобках зазначена масова частка Li₂O в рідкому склі.

дією її екстракту на тест-об'єкт за час, що не перевищує 3 год [5].

У роботі [6] було підтверджено можливість застосування зазначеної методики експрес-оцінки для порівняльної гігієнічної оцінки зварювальних електродів. При цьому було підтверджено, що токсичність ЗА, які утворюються під час зварювання високолегованих сталей, значно вища, ніж при зварюванні вуглецевих та низьколегованих сталей і, переважно, визначається вмістом у покритті електродів канцерогенного шестивалентного хрому (Cr⁶⁺) та нікелю [7]. Разом з тим, як показано в роботі [8], токсичність ЗА суттєво залежить від співвідношення у складі зв'язуючого (рідкого скла) електродного покриття літію, натрію й калію (Li–Na–K), що і визначає наявність у складі ЗА канцерогенного шестивалентного хрому (Cr⁶⁺).

Метою даної роботи було визначення впливу хімічного складу Li–Na–K зв'язуючого покриття електродів для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей на цитотоксичність ЗА, що утворюються при їх застосуванні.

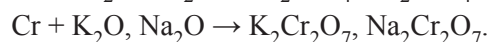
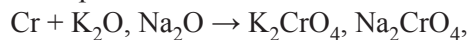
Відбирання проб ЗА для визначення їх санітарно-гігієнічних характеристик здійснювалось у відповідності зі стандартом [2] методом повного уловлювання аерозолі, що утворюється під час зварювання, за допомогою спеціального стенду з фільтром ФПП, встановленого на шляху руху ЗА з укриття зони зварювання. Визначали наступні показники утворення ЗА: інтенсивність виділення

V_a , г/хв; питоме виділення (маса ЗА, що утворюється при розплавленні кілограма зварювальних електродів) G_a , г/кг; хімічний склад ЗА, мас. %)

Оцінювання токсичності здійснювали на підставі експериментально визначеного індексу цитотоксичності I_t за методикою [5] експрес-оцінки токсичності ЗА in vitro на серійному аналізаторі АТ-05 та (для порівняння) на основі розрахункових гігієнічних показників — граничного значення та класу ЗА згідно з ДСТУ ISO 15011-4:2008 [3]. Для цього користувались вище зазначеними показниками інтенсивності виділень ЗА V_a , мг/с та його хімічним складом у відповідності з методиками [2, 9].

Для відбирання проб ЗА використовували дослідні марки зварювальних електродів типу Э-08Х20Н9Г2Б з різним складом рідкого скла-зв'язуючого в покритті (табл. 1). Наплавлення здійснювали на пластини сталі 12Х18Н10Т постійним струмом (150 А) зворотної полярності з використанням випрямляча ВДУ-504. Для кожного варіанта виконували мінімум три досліди. Отримані результати досліджень (табл. 1) показують, що застосування в покритті електродів у якості зв'язуючого Li–Na–K рідкого скла замість K–Na дозволяє (в залежності від вмісту в ньому Li) приблизно в 1,2...1,5 рази зменшити показники виділень ЗА і до 1,4 раза — вміст у ньому високотоксичного шестивалентного хрому (Cr⁶⁺), а застосування Li–Na зв'язуючого дає можливість у 2 рази знизити виділення ЗА і у 2,2 рази вміст у ньому Cr⁶⁺ (рис. 1). Використання у покритті Li-рідкого скла дозволяє зменшити виділення ЗА в 2,5 рази і запобігти утворенню в ньому Cr⁶⁺ (рис. 2).

Відсутність у даному випадку в складі ЗА Cr⁶⁺ можна пояснити хімічними властивостями рідкоземельних елементів. Відомо, що під час плавлення і утворення ЗА наявність у покритті електродів K і Na, як правило, призводить до утворення в результаті взаємодії цих речовин з хромом їх хроматів та біхроматів:



Саме ці хімічні сполуки і є надзвичайно небезпечними (канцерогенними) речовинами, які визначають у даному випадку величину токсичності ЗА. Застосування ж у покритті електродів Li₂O внаслідок особливостей його хімічних властивостей не призводить до утворення аналогічних

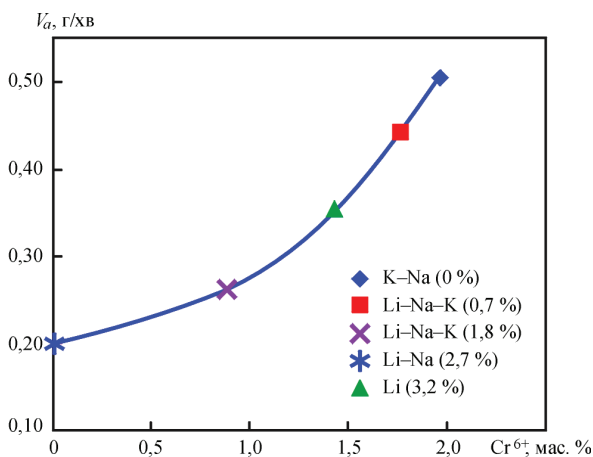


Рис. 1. Залежність інтенсивності виділення V_a ЗА від вмісту в них шестивалентного хрому Cr⁶⁺ (у скобках зазначена масова частка Li₂O в рідкому склі)

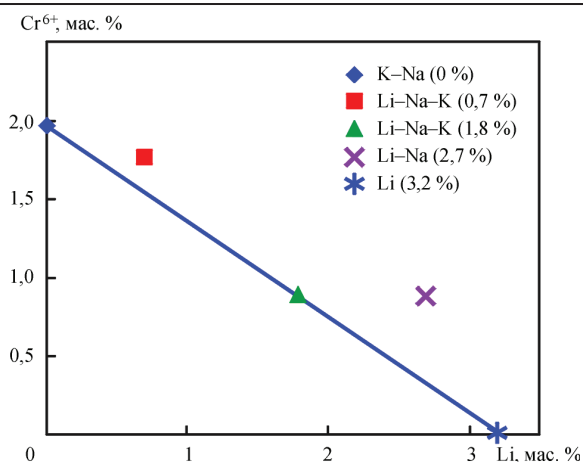


Рис. 2. Залежність шестивалентного хрому Cr⁶⁺ від вмісту літію в рідкому склі

хроматів [8, 10–12]. Утворення ж інших надзвичайно небезпечних сполук шестивалентного хрому CrO₃, окрім помірно токсичного тривалентного Cr₂O₃, також не підтверджено [13]. Наступним етапом даної роботи було визначення впливу складу рідкого скла на величину токсичності ЗА [14]. Для цього визначили та проаналізували розрахункові показники токсичності [3]: граничне значення ЗА $LV_{WF(A)}$ та гігієнічний клас електродів, який, в свою чергу, визначається цим граничним значенням та інтенсивністю виділення ЗА (табл. 2), а також експериментально визначений індекс цитотоксичності.

Результати досліджень (табл. 3) показали, що граничне значення ЗА $LV_{WF(A)}$ зменшується зі зростанням вмісту в покритті електродів шестивалентного хрому: воно мінімальне (0,31 мг/м³) у випадку зварювання електродами з K–Na зв’язуючим, зростає з підвищенням у ньому літію та має максимальну величину (0,97 мг/м³) при застосуванні в покритті рідкого скла на основі чистого літію. Мінімальне значення $LV_{WF(A)}$ свідчить про максимальну відносну токсичність ЗА (для порівняння ЗА однієї маси) і, відповідно, максимальне — про меншу токсичність, характерну для ЗА, отриманих при зварюванні електродами з покриттям із літієм. За встановленою ве-

Таблиця 3. Гігієнічна характеристика ЗА

Вид рідкого скла (зв’язуючого покриття)	Інтенсивність виділення ЗА V_a , мг/с	Граничне значення ЗА $LV_{WF(A)}$, мг/м ³	Клас електродів	Цитотоксичність I_p , %
K–Na (0 %)	8,3	0,31	0C	22,3
Li–Na–K (0,7 %)	7,5	0,33	0B	12,5
Li–Na–K (1,8 %)	5,8	0,37	0B	18,8
Li–Na (2,7 %)	4,3	0,44	0B	29,0
Li (3,2 %)	3,3	0,97	1B	66,2

Примітка. У скобках зазначена масова частка Li₂O в рідкому склі.

Таблиця 2. Класифікація зварювальних матеріалів в залежності від рівня виділень і розрахункового граничного значення ЗА [3]

Граничне значення ЗА $LV_{WF(A)}$, мг/м ³	Інтенсивність виділення ЗА V_a , мг/с	Клас зварювального матеріалу				
		< 3	3...8	8...15	15...25	> 25
> 4,5	5	5a	5b	5c	5d	5e
3,5...4,5	4	4a	4b	4c	4d	4e
2,5...3,5	3	3a	3b	3c	3d	3e
1,5...2,5	2	2a	2b	2c	2d	2e
0,5...1,5	1	1a	1b	1c	1d	1e
< 0,5	0	0a	0b	0c	0d	0e

личиною $LV_{WF(A)}$ можна зробити висновок, що токсичність ЗА, отриманих при зварюванні електродами зі зв’язуючим з літієм приблизно в три рази менша, ніж ЗА, які утворюються при застосуванні Na–K рідкого скла, що пояснюється відсутністю в ЗА шестивалентного хрому (рис. 3).

Що стосується гігієнічного класу електродів як узагальнюючого (практично абсолютного) показника токсичності, то він має нульове «0» значення для всіх електродів, крім електродів з літєвим зв’язуючим у покритті, який відноситься до класу 1 і свідчить про меншу токсичність ЗА. Таким чином, електроди з Na–K та Li–Na–K зв’язуючим відносяться до найгіршого гігієнічного класу, оскільки у складі ЗА, які утворюються при зварюванні ними, присутній шестивалентний хром, а електроди з літєвим зв’язуючим відносяться до менш небезпечного класу «1».

Разом з тим, враховуючи показник інтенсивності виділення ЗА, уточнюємо до якого узагальнюючого класу електродів вони відносяться. Так, електроди з Na–K зв’язуючим покриття відносяться до найгіршого гігієнічного класу — «0C» з максимальною інтенсивністю виділення ЗА ($V_a = 8,3$ мг/с), а електроди з літєвим зв’язуючим — до найкращого в

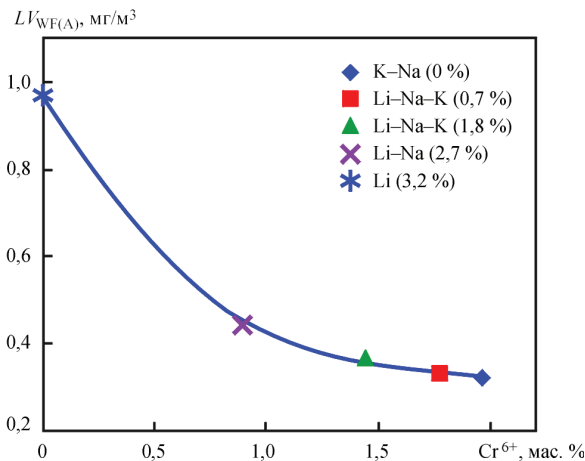


Рис. 3. Залежність граничного значення ЗА від вмісту в ньому шестивалентного хрому Cr⁶⁺ (у скобках зазначена масова частка Li₂O в рідкому склі)

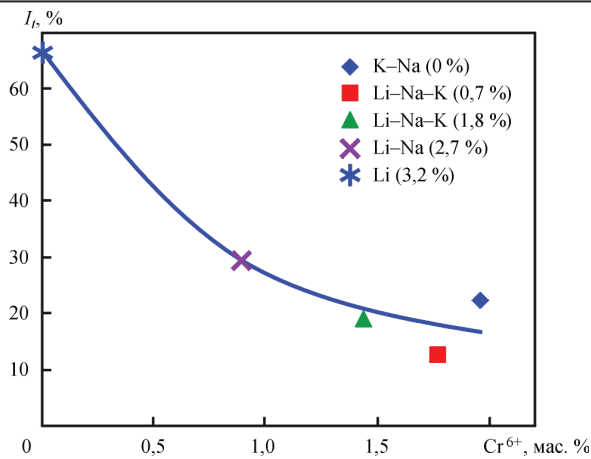


Рис. 4. Залежність індексу цитотоксичності I_t від вмісту в ЗА шестивалентного хрому Cr^{6+} (у скобках зазначена масова частка Li_2O в рідкому склі)

даному випадку класу ($V_a = 3,3$ мг/с). При цьому слід зазначити, що практично всі електроди для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей відносяться до класу «0», показник граничного значення $LV_{WF(A)}$ якого не повинен перевищувати найбільш жорстке значення — $0,5$ мг/м³ (див. табл. 2) згідно стандарту ДСТУ ISO 15011-4:2008 [3]. Таким чином, для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей бажано застосовувати електроди зі зв'язуючим на основі чистого літійового рідкого скла. Це дозволяє вийти за межі найбільш токсичного гігієнічного класу «0», тобто поліпшити гігієнічні характеристики електродів.

І нарешті, визначити числове значення токсичності ЗА дозволив показник їх цитотоксичності I_t (див. табл. 3). Так, при застосуванні в покритті електродів літійового зв'язуючого він має максимальну величину ($I_t = 62,1$ %), що свідчить про мінімальну токсичність ЗА (оскільки при значеннях $I_t = 70 \dots 120$ % дослідний матеріал вважається нетоксичним). При зварюванні електродами з іншими зв'язуючими в залежності від їх складу він змінюється від 12,5 до 29,0 %, що свідчить про тенденцію до підвищення токсичності ЗА при зменшенні у складі рідкого скла вмісту літію. Звичайно, що це, в свою чергу, пояснюється вмістом у ЗА шестивалентного хрому: з підвищенням його концентрації у складі ЗА зменшується індекс цитотоксичності, тобто підвищується токсичність ЗА (рис. 4).

Слід зазначити, що застосування даного скринінгового методу [5] в практиці санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних електродів не дозволяє зробити однозначний висновок про залежність токсичності ЗА від вмісту в покритті Li, Na, K та шестивалентного хрому, оскільки на токсичність ЗА також впливають і інші складові покриття електродів, такі як нікель, марганець, розчинні фториди тощо.

Висновок

Використання відомих міжнародних стандартизованих методів санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних матеріалів у комплексі з методом визначення індексу цитотоксичності зварювальних аерозолів дозволив установити, що застосування в покритті електродів для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей зв'язуючого на основі чистого літійового або літій-натрій-калієвого рідкого скла замість калієво-натрієвого дозволяє зменшити рівень виділення в повітря зварювального аерозолу, вміст у ньому високотоксичного шестивалентного хрому і за рахунок цього — загальну його токсичність.

Список літератури

1. Левченко О.Г. (2015) *Сварочные аэрозоли и газы: процессы образования, методы нейтрализации и средства защиты*. Киев, Наукова думка.
2. (2011) ДСТУ ISO 15011-1:2008. *Охрана здоров'я та безпека у зварюванні та споріднених процесах. Лабораторний метод відбирання аерозолів і газів, утворюваних під час дугового зварювання*. Частина 1. Визначення рівня виділень і відбір проб для аналізу мікрочастинок аерозолів. Чинний від 2008-08-15. Київ, Держспоживстандарт України.
3. (2011) ДСТУ ISO 15011-4:2008. *Охрана здоров'я та безпека у зварюванні та споріднених процесах. Лабораторний метод відбирання аерозолів і газів. Частина 4. Форма для запису даних про аерозолі*. Чинний від 2008-08-15. Київ, Держспоживстандарт України.
4. Кундієв Ю.І., Корда М.М., Кашуба М.О., Демецька О.В. (2015) *Токсикологія аерозолів*. Тернопіль, ТДМУ «Укрмедкнига».
5. Демецька О.В., Леоненко Н.С., Мовчан В.О., Левченко О.Г., Лук'яненко А.О. (2016) *Спосіб експрес-оцінки токсичності зварювальних аерозолів in vitro*. Україна Пат. 110801, МПК G 01 N 33/48 (2006/01).
6. Левченко О.Г., Демецька О.В., Лук'яненко А.О. (2016) Цитотоксичність зварювальних аерозолів, що утворюються під час зварювання покритими електродами. *Український журнал з проблем медицини праці*, 3(48), 30–36.
7. Ющенко К.А., Булат А.В., Левченко О.Г. и др. (2009) Влияние состава основного металла и электродного покрытия на гигиенические характеристики сварочных аэрозолей. *Автоматическая сварка*, 7, 45–50.
8. Ющенко К.А., Булат А.В., Скорина Н.В. и др. (2017) Влияние вида связующего на технологичность изготовления и свойства покрытых электродов типа Э-08Х20Н9Г2Б. *Там же*, 1, 5–13.
9. (1990). *Методические указания по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая фаза и газы)*. № 4945–88. Москва, Минздрав СССР.
10. Kimura I., Kobayashi M., Godai T. et al. (1979) Investigations on Chromium in Stainless Steel Welding Fumes. *Welding Research Supplement*, 8, 195–204.
11. Åström H. (1993) Advanced development techniques for coated electrodes. *Welding Review International*, 12, 2, 72, 74, 76.
12. Griffiths T., Stevenson A. (1989) Binder developments for stainless electrodes. *Welding Review*, 8, 3, 192, 194, 196.
13. Левченко О.Г., Безушко О.Н. (2015) Термодинамика образования соединений хрома в сварочных аэрозолях. *Автоматическая сварка*, 7, 24–27.
14. Levchenko O.G., Lukianenko A.O., Demetska O.V., Arlamov O.Y. (2018) Influence of Composition of Binder of Electrodes Coating on Cytotoxicity of Welding Aerosols. *Materials Science Forum*, 927, 86–92.

References

1. Levchenko, O.G. (2015) *Welding aerosols and gases: Processes of formation, methods of neutralization and security facilities*. Kiev, Naukova Dumka [in Russian].
2. (2011) DSTU ISO 15011-1:2008: *Occupational health and safety in welding and allied processes. Laboratory method of aerosol and gas extraction formed in arc welding*. Pt 1: Determination of emission level and sampling for analysis of aerosol microparticles. Valid from 2008-8-15. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
3. (2011) DSTU ISO 15011-1:2008: *Occupational health and safety in welding and allied processes. Laboratory method of aerosol and gas extraction*. Pt 4: Fume data sheets. Valid from 2008-8-15. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
4. Kundiev, Yu.I., Korda, M.M., Kashuba, M.O., Demetska, O.V. (2015) *Toxicology of fumes*. Ternopil, TDMU Ukrmedknyga [in Ukrainian].
5. Demetska, O.V., Leonenko, N.S., Movchan, V.O. et al. (2016) *Method of express-evaluation of toxicity of welding fumes in vitro*. Pat. 110801, Ukraine, Int. Cl. G 01 N 33/48 (2006/01) [in Ukrainian].
6. Levchenko, O.G., Demetska, O.V., Lukyanenko, A.O. (2016) Cytotoxicity of welding fumes formed in arc welding with coated electrodes. *Ukrainsky Zh. z Problem Medytsyny Pratsi*, 3(48), 30-36 [in Ukrainian].
7. Yushchenko, K.A., Bulat, A.V., Levchenko, O.G. et al. (2009) Effect of composition of base metal and electrode covering on hygienic properties of welding fumes. *The Paton Welding J.*, 7, 44-48.
8. Yushchenko, K.A., Bulat, A.V., Skorina, N.V. et al. (2017) Effect of binder type on manufacturability and properties of E-08Kh20N9G2B type coated electrodes. *Ibid.*, 1, 2-9.
9. (1990) 4945-88: Procedural guidelines on determination of harmful substances in welding fume (solid phase and gases). Moscow, Minzdrav SSSR.
10. Kimura, I., Kobayashi, M., Godai, T. et al. (1979) Investigations on chromium in stainless steel welding fumes. *Welding J., Res. Suppl.*, 8, 195-204.
11. Astrom, H. (1993) Advanced development techniques for coated electrodes. *Welding Review Int.*, 12(2), 72, 74, 76.
12. Griffiths, T., Stevenson, A. (1989) Binder developments for stainless electrodes. *Welding Review*, 8(3), 192, 194, 196.
13. Levchenko, O.G., Bezushko, O.N. (2015) Thermodynamics of formation of chromium compounds in welding aerosols. *The Paton Welding J.*, 7, 22-25.
14. Levchenko, O.G., Lukianenko, A.O., Demetska, O.V., Arlamov, O.Y. (2018) Influence of composition of binder of electrodes coating on cytotoxicity of welding aerosols. *Mater. Sci. Forum*, 927, 86-92.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СВЯЗУЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ ЭЛЕКТРОДОВ НА ТОКСИЧНОСТЬ СВАРОЧНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ

О.Г. Левченко¹, А.О. Лукьяненко², О.В. Демецкая³

¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского». 03056, г. Киев, просп. Победы, 37

²ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03150, г. Киев, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

³Киевский международный университет. 03179, г. Киев, ул. Львовская, 49

По результатам санитарно-гигиенической оценки покрытых электродов для сварки высоколегированных хромоникелевых сталей исследовано влияние состава связующего покрытия электродов на токсичность аэрозолей, образующихся при применении данных электродов. Для этого применен экспресс-метод определения цитотоксичности, уровней выделений и химического состава сварочных аэрозолей, а также их расчетные гигиенические показатели в соответствии с международным стандартом ДСТУ ISO 15011-4:2008. Показано, что для создания новых марок сварочных электродов с улучшенными гигиеническими характеристиками следует иметь не только данные первичной санитарно-гигиенической оценки, но и результаты биологических исследований токсичности сварочных аэрозолей. Установлено, что применение в покрытии электродов связующего на основе чистого литиевого или литий-натрий-калиевого жидкого стекла вместо калий-натриевого дает возможность уменьшить уровень выделения в воздух сварочного аэрозоля, содержание в нем высокотоксичного шестивалентного хрома и за счет этого — общую его токсичность. Библиогр. 14, табл. 3, рис. 4.

Ключевые слова: покрытые электроды, сварочные аэрозоли, шестивалентный хром, индекс цитотоксичности

INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF ELECTRODE COATING BINDER ON TOXICITY OF WELDING FUMES

O.G. Levchenko¹, A.O. Lukianenko², O.V. Demetskaya³

¹National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky KPI». 37 Pobedy Ave., 03056, Kyiv, Ukraine. E-mail: levchenko.opcb@ukr.net

²E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. 11 Kazimir Malevich Str., 03150, Kyiv, Ukraine. E-mail: office@paton.kiev.ua

³Kyiv International University. 49 Lvivska Str., 03179, Kyiv, Ukraine

Results of sanitary-hygienic assessment of coated electrodes for welding high-alloyed chromium-nickel steels were used to study the influence of the composition of electrode coating binder on toxicity of aerosols, which form at application of these electrodes. Express-method of determination of cytotoxicity, levels of evolution and chemical composition of welding fumes, as well as their calculated hygienic values in accordance with international standard DSTU ISO 15011-4:2008 were applied for this purpose. It is shown that in order to develop new grades of welding electrodes with improved hygienic characteristics, it is reasonable to have not only initial sanitary-hygienic evaluation, but also the results of biological studies of the toxicity of welding fumes. It is found that application in electrode coating of a binder based on pure lithium or lithium-sodium-potassium liquid glass instead of potassium-sodium, enables reducing the level of welding fume evolution into the air, its content of highly toxic hexavalent chromium, and, lowering its general toxicity, due to that. 14 Ref., 3 Tabl., 4 Fig.

Keywords: coated electrodes, welding fumes, hexavalent chromium, cytotoxicity index

Надійшла до редакції 22.01.2019