



МОЗ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ імені ДАНИЛА ГАЛИЦЬКОГО

Лабораторія промислової токсикології

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПРОФІЛАКТИЧНОЇ МЕДИЦИНИ

Збірник наукових праць

Випуск 20



МОЗ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Данила Галицького
Лабораторія промислової токсикології

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ПРОФІЛАКТИЧНОЇ МЕДИЦИНИ»**

Збірник наукових праць
Випуск двадцятий

Львів — 2020 р.

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПРОФІЛАКТИЧНОЇ МЕДИЦИНИ

Випуск двадцятий

2020

Збірник наукових праць заснований у 1995 році

Редакційна колегія:

Головний редактор: Б.П. Кузьмінов

Заст. головного редактора: Т.С. Зазуляк

Відповідальний секретар О.М. Колінковський

Редакційна рада:

О.Д. Луцик (Львів)

В.П. Андрущенко (Львів)

Є.Я. Склярів (Львів)

М.Р.Гжегоцький (Львів)

Л.М. Шафран (Одеса)

І.В. Завгородній (Харків)

Н.М. Дмитруха (Київ)

Ю.О. Соболев (Мінськ)

І.В. Сергета (Вінниця)

М.І. Мізюк (Івано-Франківськ)

Адреса редакції

79010, м. Львів-10, вул. Пекарська, 69

Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

тел. (032) 260-09-06, <http://appm.meduniv.lviv.ua>, E-mail: zbirka.profmed@gmail.com

Засновник:

Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

Збірник зареєстрований Міністерством юстиції України

(Свідоцтво: Серія КВ № 21726-11626Р від 02.11.2015 р.)

**ОЦІНКА НАНОСПЕЦИФІЧНОГО РИЗИКУ
ПРИ ЗВАРЮВАННІ ПОКРИТИМИ ЕЛЕКТРОДАМИ ЗІ ЗНИЖЕНИМ ВМІСТОМ
ХРОМУ (VI)**

Луговський С.П., Демецька О.В., Мовчан В.О., Палійчук С.П.

*Державна установа «Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва Національної академії
медичних наук України», м. Київ, Україна*

Анотація. Зварники належать до групи високого професійного ризику, при цьому одним з найбільш чутливих параметрів для оцінки ризику є концентрації хрому шестивалентного (Cr (VI)) у зоні дихання зварника. Відомо, що емісією наночастинок в повітря робочої зони можуть супроводжуватися як виробничі процеси, кінцевим продуктом яких є наноматеріали, так і процеси, що безпосередньо не пов'язані з нанотехнологіями, зокрема електрозварювання. Було оцінено «наноспецифічний» ризик при використанні експериментальних покритих електродів зі зниженим вмістом Cr (VI). Встановлено, що зниження в покритті електродів для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей вмісту Cr (VI) дозволяє зменшити рівень виділення в повітря робочої зони Cr (VI), а також позитивно відбивається на показниках цитотоксичності твердої складової зварювального аерозолу (ТСЗА) та супроводжується зниженням ризику несприятливого впливу нанорозмірних фракцій ТСЗА.

***Ключові слова:** зварники, зварювальні аерозолі, хром шестивалентний, наноспецифічний ризик.*

Вступ. У світі налічується близько 5 млн осіб, що зазнають впливу зварювальних аерозолів (ЗА), тоді як в Україні до початку ХХІ ст. налічувалось 1,65 тис підприємств та організацій, на яких було зайнято 72,1 тис зварників. На жаль, протягом останніх десятиріч спостерігається спад виробництва, скорочення підприємств машино- та судобудівництва, відсутність якісного контролю умов праці. Своєю чергою, незадовільні умови праці представників зварювальних професій обумовлені тривалим впливом шкідливих факторів виробничого середовища, у першу чергу, компонентами ЗА [1].

Незважаючи на те, що ЗА як професійна шкідливість вивчаються досить давно, до цих пір залишаються не з'ясованими багато питань стосовно залежності їх біологічної агресивності від основних фізико-хімічних властивостей. До останніх можна віднести дисперсність частинок твердої складової зварювальних аерозолів (ТСЗА), їх структурні параметри, розчинність окремих сполук тощо.

Зварники належать до групи високого ризику захворювання на рак, при цьому одним з найбільш чутливих параметрів для оцінки ризику є концентрації хрому шестивалентного (Cr (VI)) у зоні дихання зварника. Як відомо, у 2017 році Міжнародна Агенція з Вивчення Раку (МАВР)

класифікувала ЗА як канцероген 1-ї групи [2]. Епідеміологічні дослідження сполук хрому продемонстрували сильний зв'язок між впливом Cr (VI) і смертністю від раку легенів, а також позитивні асоціації з раком носа та носової порожнини [3, 4].

Також слід зазначити, що концентрація пилу ЗА в повітрі робочих приміщень більшості збірно-зварювальних виробництв не відповідає гігієнічним регламентам, при цьому провідна фракція ЗА представлена наночастинками [3, 5]. Як відомо, в останні роки накопичено достатньо експериментальних даних, які свідчать на користь того, що речовинам в нанодіапазоні властива значна біологічна активність і пошкоджувальна дія [4].

Зокрема, результати досліджень свідчать про однакову природу та схожі механізми утворення ТСЗА при зварюванні електродами з різними видами покриттів. Головними складовими всіх ТСЗА є частинки нанорозмірів. Переважно, вони згруповані в агломерати, що налічують від декількох до тисяч частинок, які складаються переважно зі сполук лужних металів, силікатів і оксидів заліза. При цьому, інтегральний хімічний склад нанорозмірних частинок ТСЗА суттєво залежить від виду електродного покриття [5]. Зазначена обставина є надзвичайно важливою з точки зору потенційно небезпечної взаємодії ЗА з організмом людини та обумовлює необхідність досліджень нанорозмірних фракцій ТСЗА.

Мета дослідження полягала в оцінці «наноспецифічного» ризику при використанні експериментальних покритих електродів зі зниженим вмістом Cr (VI).

Матеріали та методи досліджень. З метою оцінки емісії наночастинок в повітря робочої зони при зварюванні високолегованими марками дослідних електродів з рутиловим видом покриття (дві марки: «14-25» та «14-32») зі зниженим вмістом Cr (VI) (Табл.1.), використовували дифузійний аерозольний спектрометр ДАС 2702, «АероНаноТех». Цитотоксичність оцінювали за допомогою способу експрес-оцінки токсичності ЗА *in vitro* на підставі експериментально визначеного індексу цитотоксичності (I_c) на серійному аналізаторі АТ-05 [6].

Наноспецифічний ризик розраховували за допомогою підходу «контрольних смуг» [7, 8].

Результати та їх обговорення. Попередніми дослідженнями встановлено, що зварювання експериментальними електродами зі зниженим вмістом Cr (VI) супроводжується емісією в повітря робочої зони частинок нанодіапазону (1-100 нм), що відрізняється вмістом нанорозмірних металів в різний період часу (Рис.1, 2).

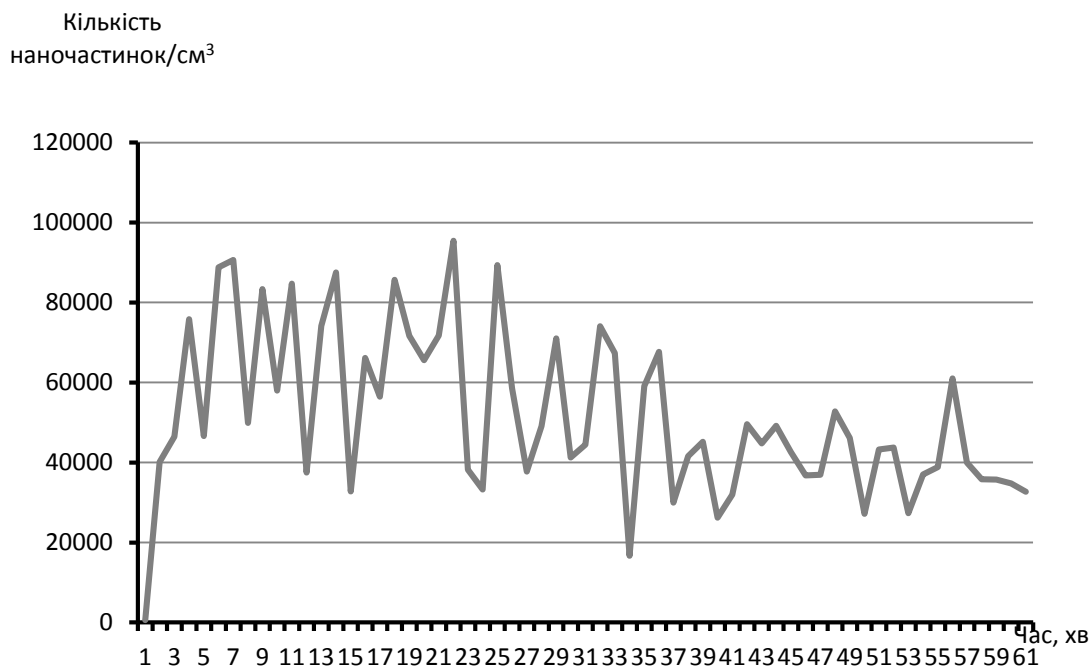


Рис. 1. Динаміка концентрації частинок 1-100 нм в повітрі робочої зони після зварювання електродом «14-25»

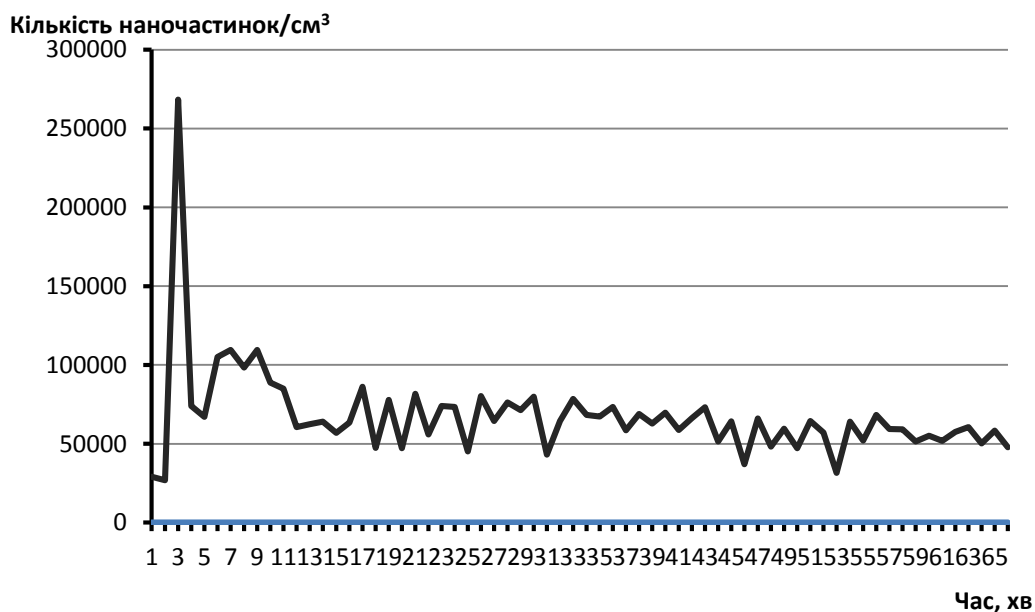


Рис. 2. Динаміка концентрації частинок 1-100 нм в повітрі робочої зони після зварювання електродом «14-32»

Дослідні електроди при зварюванні продемонстрували тенденцію щодо зменшення емісії в повітря робочої зони нанорозмірних металів, зокрема, хрому, що кореспондує зі зниженням вмісту цього елемента в їхньому складі.

Зокрема, в повітрі робочої зони при зварюванні дослідним електродом «14-25» методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) виявлено нанорозмірні хром, марганець, цинк, залізо, кобальт, мідь, кремній, магній, алюміній, кадмій, фосфор. Своєю чергою, при зварюванні дослідним електродом «14-32» в повітрі робочої зони виявлено нанорозмірний цинк, кремній, магній, алюміній, кадмій, натомість, не виявлено хром [9].

Обидва досліджувані зразки ТСЗА виявили цитотоксичну дію *in vitro*. Значення індексу токсичності ТСЗА дослідного електроду «14-25» становили 31,3%, натомість I_t ТСЗА дослідного електроду «14-32» становив 66% та наближався до значення, при якому зразок вважається нетоксичним (70-120%) (табл.1).

Таблиця 1

Гігієнічна характеристика ЗА, що утворюються при застосуванні електродів для зварювання високолегованих сталей, та індекс токсичності ТСЗА (I_t , %)

Марка електроду	I_t , %	Масова частка основних компонентів ЗА, %					
		Cr^{+6}	Cr^{+3}	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>	F_D^-	F_H^-
14-25	31,3	1,96	2,62	1,47	4,81	11,68	1,30
14-32	66,2	не виявл.	3,91	1,39	5,20	5,76	1,56

Отже, зниження в покритті електродів для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей вмісту Cr (VI) дозволяє зменшити рівень виділення в повітря Cr (VI) та впливає на цитотоксичність ТСЗА.

На думку експертів Наукового Комітету з вперше ідентифікованих ризиків для здоров'я Європейської Комісії, слід розмежовувати ситуації, коли необхідним є традиційний підхід до оцінки ризику, або потрібно проводити «наноспецифічну» оцінку ризику. Зокрема, проведення «наноспецифічної» оцінки ризику доцільно у випадках, коли виробнича діяльність супроводжується емісією в повітря робочої зони частинок розміром 1-100 нм [10]. Доступною та доцільною альтернативою аналізу потенційного ризику з подальшим керуванням ним є підхід

«контрольних смуг» (*control banding*), що базується на використанні доступної інформації щодо токсичності матеріалу, який використовується, та рівнів експозиції на робочому місці. Кожна «контрольна смуга» є результатом поєднання розрахункових значень різних аспектів токсичності (як «батьківського» матеріалу, так і самого наноматеріалу) та експозиції (рівні запиленості, кількість та тривалість виробничих операцій, кількість працюючих тощо), та виводить на практичні шляхи щодо керування ризиком з метою його мінімізації. В основу «контрольних смуг» покладено консервативний підхід, відповідно до якого невідомий ризик є ризиком високим, — на невідомий фактор закладено 75% від максимального значення кожного з факторів, що аналізуються. Останнім кроком є використання так званої матриці смуг контролю, за допомогою якої можна запропонувати ті чи інші інженерні чи управлінські заходи щодо зниження ризику [7, 8]. Використання підходу «контрольних смуг» дозволило оцінити ризик при зварюванні високолегованими марками дослідних електродів з рутиловим видом покриття (дві марки) зі зниженим вмістом Cr (VI).

Так, за показниками токсичності електроду «14-25» було нараховано 66,8 балів, тоді як електрод «14-32» отримав за цим показником 50 балів. Своєю чергою, сумарна кількість балів, розрахованих за показниками експозиції, становила 28,75 для електроду «14-25» та 36,25 - для електроду «14-32». Таким чином, якщо зіставити одержані бали за показниками токсичності та експозиції в матриці «смуг контролю», то для електроду «14-25» на перетині отриманих значень є «смуга контролю» СК 2 («місцева вентиляція»), а для електроду «14-32» - «смуга контролю» СК 1 («загальна вентиляція»), яка умовно відповідає відповідно мінімальному ризику (табл. 2).

Таблиця 2

Матриця смуг контролю в залежності від показників токсичності наноматеріалів та експозиції на робочому місці

Експозиція	Малоймовірно (0-25)	Менш ймовірно (26-50)	Ймовірно (51-75)	Більш ймовірно (76-100)
Токсичність				
Дуже висока (76-100)	СК 3	СК 3	СК 4	СК 4
Висока (51-75)	СК 2	СК 2 Електрод «14-25»	СК 3	СК 4
Середня (26-50)	СК 1	СК 1 Електрод «14-32»	СК 2	СК 3
Низька (0-25)	СК 1	СК 1	СК 1	СК 2

З цього приводу слід зазначити, що контрольна смуга СК 4 («консультація фахівця») умовно відповідає найвищому ризику та передбачає прийняття широко кола рішень щодо зниження ризику, починаючи з тих, які притаманні контрольним смугам СК 1 («загальна вентиляція»), СК 2 («місцева витяжна вентиляція»), СК 3 («ізоляція та обмеження»), і закінчуючи

адміністративними заходами (тривалість зміни, часті вологі прибирання, провітрювання приміщення, заміна наноматеріалу та ін.), а також рекомендаціями щодо засобів індивідуального захисту.

Висновки. Встановлено, що зниження в покритті електродів для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей вмісту Cr (VI) дозволяє зменшити рівень виділення в повітря робочої зони хрому, позитивно відбивається на показниках цитотоксичності ТСЗА та супроводжується зниженням ризику несприятливого впливу нанорозмірних фракцій ТСЗА.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лубянова И.П. Избыточное железо и патологии у рабочих сварочных профессий /за ред. Ю.И. Кундієва. Киев: Авиценна, 2013. 238 с.
2. Guha N., Loomis D., Guyton KZ., Grosse Y., El Ghissassi F, Bouvard V, et al. Carcinogenicity of welding, molybdenum trioxide, and indium tin oxide. *The Lancet Oncology*. 2017.18(5). 581–582.
3. Yatera K., Morimoto Y., Ueno S., Noguchi S., Kawaguchi T. et al. Cancer Risks of Hexavalent Chromium in the Respiratory Tract. *J UOEH*. 2018. 40(2).
4. Yang S.Y., Lin J.M., Lin W.Y., Chang C.W. Cancer risk assessment for occupational exposure to chromium and nickel in welding fumes from pipeline construction, pressure container manufacturing, and shipyard building in Taiwan. *J Occup Health*. 2018. 60(6). 515-524.
5. Straif K., Benbrahim-Tallaa L., Baan R., Grosse Y., Secretan B., et al. A review of human carcinogens-Part C: metals, arsenic, dusts, and fibres. *The Lancet Oncology*. 2009. 10(5). 453-4.
6. Спосіб експрес-оцінки токсичності зварювальних аерозолів in vitro пат. **110801**Україна : МПК: G01N 21/01, G01N 33/48; заявл. 29.03.2016 ; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20.
7. Brouwer DH. Control Banding Approaches for Nanomaterials. *Ann Occup Hyg*. 2012. 56 (5). 506-514.
8. Zalk DM., Heussen GH. Banding the world together; the global growth of control banding and qualitative occupational risk management. *Safety Health Work*. 2011. 4. 375-379.
9. Рязанов А. В., Андрусишина І.М., Демецька О.В. Методологічні аспекти оцінки емісії нанорозмірних фракцій твердої складової зварювальних аерозолів, що утворюються при зварюванні покритими електродами. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2018. 1. 32-37.
10. Kuempel E.D. Geraci C.L., Schulte P.A. Risk assessment and risk management of nanomaterials in the workplace: translating research to practice . *Ann Occup Hyg*. 2012. 56 (5). 491-505.

REFERENCES

1. Lubyanova I.P., Kundiev Yu.I (Ed) (2013) Excess iron and pathologists in welding professions. Kyiv: Avicenna.

2. Guha N., Loomis D., Guyton KZ., Grosse Y., El Ghissassi F, Bouvard V, et al. Carcinogenicity of welding, molybdenum trioxide, and indium tin oxide. *The Lancet Oncology*. 2017.18(5). 581–582.
3. Yatera K., Morimoto Y., Ueno S., Noguchi S., Kawaguchi T. et al. Cancer Risks of Hexavalent Chromium in the Respiratory Tract. *J UOEH*. 2018. 40(2).
4. Yang S.Y., Lin J.M., Lin W.Y., Chang C.W. Cancer risk assessment for occupational exposure to chromium and nickel in welding fumes from pipeline construction, pressure container manufacturing, and shipyard building in Taiwan. *J Occup Health*. 2018. 60(6). 515-524.
5. Straif K., Benbrahim-Tallaa L., Baan R., Grosse Y., Secretan B., et al. A review of human carcinogens-Part C: metals, arsenic, dusts, and fibres. *The Lancet Oncology*. 2009. 10(5). 453-4.
6. Method for express evaluation of toxicity of inert aerosol in vitro Pat. 110801 Ukraine: IPC: G01N 21/01, G01N 33/48; declared 03/29/2016; publ. 10/25/2016, Bull. Number 20.
7. Brouwer DH. Control Banding Approaches for Nanomaterials. *Ann Occup Hyg*. 2012. 56 (5). 506-514.
8. Zalk DM., Heussen GH. Banding the world together; the global growth of control banding and qualitative occupational risk management. *Safety Health Work*. 2011. 4. 375-379.
9. Ryazanov A. V., Andrusyshyna I. M., Demetska O. V. Methodological aspects of assessing the emission of nanosized fractions of the welding aerosol solid component forming during welding with coated electrodes. *Ukrainian Journal of Occupational Health*. 2018. 1. 32-37.
10. Kuempel E.D. Geraci C.L., Schulte P.A. Risk assessment and risk management of nanomaterials in the workplace: translating research to practice. *Ann Occup Hyg*. 2012. 56 (5). 491-505.

ОЦЕНКА НАНОСПЕЦИФИЧНОГО РИСКА ПРИ СВАРКЕ ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ХРОМА (VI)

Луговской С.П., Демецкая А.В., Мовчан В.А., Палийчук С.П.

Аннотация. Сварщики относятся к группе высокого профессионального риска, при этом одним из самых чувствительных параметров для оценки риска является концентрации хрома шестивалентного (Cr (VI) в зоне дыхания сварщика. Известно, что эмиссией наночастиц в воздух рабочей зоны могут сопровождаться как производственные процессы, конечным продуктом которых есть наноматериалы, так и процессы, которые непосредственно не связаны с нанотехнологиями, в частности электросварки. Было оценено «наноспецифичный» риск при использовании экспериментальных покрытых электродов с пониженным содержанием Cr (VI). Установлено, что снижение в покрытии электродов для сварки высоколегированных хромоникелевых сталей содержания Cr (VI) позволяет уменьшить уровень выделения в воздух рабочей зоны Cr (VI), а также положительно отражается на показателях цитотоксичности твердой составляющей сварочного аэрозоля (ТСЗА) и сопровождается снижением риска неблагоприятного влияния наноразмерных фракций ТСЗА.

Ключевые слова: сварщики, сварочные аэрозоли, хром шестивалентный, наноспецифичный риск.

NANOSPECIFIC RISK ASSESSMENT DURING WELDING WITH COATED ELECTRODES WITH REDUCED Cr (VI) CONTENT

Lugovskiy S.P., Demetska O.V., Movchan V.O., Paliichuk S.P.

Abstract. Welders belong to the high risk of cancer, with one of the most sensitive parameters for assessing the risk is the concentration of chromium hexavalent (Cr (VI) in the breathing zone of the welder. It is known that the emission of nanoparticles into the air of the working area can be accompanied as production processes, finite the product is nanomaterials and processes that are not directly related to nanotechnology, in particular electrical welding.

The "nanospecific" risk was assessed during the use experimental coated electrodes with low Cr (VI) content. It has been found that the reduction Cr (VI) content in the coating of electrodes for welding high-alloy chromium-nickel steels reduces the level of Cr (VI) in the working zone air and is accompanied by a lower risk of the adverse influence of nanoscale fractions of the solid welding component.

Keywords: welders, welding fumes, hexavalent chromium, nanospecific risk.

Луговський Сергій ORCID ID 0000-0002-3948-7026; +38(066) 308 86 12, lugsp61@gmail.com

Демецька Олександра ORCID ID 0000-0002-8174-7813

Мовчан Валентина ORCID ID 0000-0002-6712-7976

Палійчук Сергій ORCID ID 0000-0001-9906-6525