

УДК (621.791.037:546.76-168):613.155.006.3

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ ЕМІСІЇ НАНОРОЗМІРНИХ ФРАКЦІЙ ТВЕРДОЇ СКЛАДОВОЇ ЗВАРЮВАЛЬНИХ АЕРОЗОЛІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ПОКРИТИМИ ЕЛЕКТРОДАМИ

Рязанов А. В.¹, Андрусишина І. М.¹, Демешька О. В.²

¹Державна установа «Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва Національної академії медичних наук України», м. Київ

²Київський міжнародний університет

Вступ. Відомо, що емісією наночастинок у повітря робочої зони можуть супроводжуватися як виробничі процеси, кінцевим продуктом яких є наноматеріали, так і процеси, що безпосередньо не пов'язані з нанотехнологіями, зокрема електрозварюванням.

Мета дослідження – проаналізувати нанорозмірні фракції, що утворюються при зварюванні рутіловими електродами зі зниженим вмістом хрому (VI).

Матеріали та методи дослідження. З метою оцінки емісії наночастинок у повітря робочої зони при зварюванні високолегованими марками дослідних електродів з рутіловим видом покриття (дві марки) та різним типом зв'язуючого зі зниженим вмістом хрому (VI) використовували дифузійний аерозольний спектрометр ДАС 2702, «АероНаноТех», Росія. Хімічний склад проб повітря вивчали методом атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) за допомогою приладу «Optima 2100 DV» («Perkin-Elmer», США).

Результати. У повітрі робочої зони при першому зварюванні дослідним електродом 14–25 виявлено нанорозмірні хром (VI), марганець, цинк, залізо, кобальт, мідь, кремній. При повторному зварюванні в повітрі робочої зони виявлено нанорозмірні марганець, кобальт, кремній, магній, алюміній, кадмій, фосфор. При зварюванні дослідним електродом 14–32 у повітрі робочої зони виявлено нанорозмірний цинк. При повторному зварюванні в повітрі робочої зони виявлено нанорозмірні марганець, кремній, магній, алюміній, кадмій.

Висновки. Встановлено, що зварювання дослідними електродами з поліпшеними санітарно-гігієнічними характеристиками супроводжується емісією в повітря робочої зони частинок нанодіапазону (1–100 нм), що відрізняється вмістом нанорозмірних металів у різний період часу. 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.

Ключові слова: нанорозмірні фракції, зварювальні аерозолі, зварювальні електроди, повітря робочої зони, хром (VI)

Вступ

Зварювальний процес супроводжується комплексом несприятливих хімічних, фізичних і психофізіологічних чинників, які становлять небезпеку для здоров'я зварювальників [1, 2]. Важливо підкреслити, що протягом трудової діяльності зварювальника поєднання виробничих факторів, які впливають на його організм, можуть неодноразово змінюватися. Умови праці можуть суттєво відрізнятися не тільки в різних галузях виробництва, але й на окремих ділянках одного й того самого підприємства.

Залежно від виду виробничої операції, виду металу, типу зварювальних матеріалів, технологій виробництва зварювальник знаходиться під впливом різних за своєю природою шкідливих виробничих факторів. Дослідження наявності шкідливих

речовин у повітрі робочої зони та зоні дихання працюючих, зайнятих різними видами та способами зварювання, показали, що найнесприятливішим фактором є саме хімічний. Виконання зварювальних робіт супроводжується утворенням шкідливих чинників хімічної природи, основу яких складають токсичні компоненти зварювального аерозолу (ЗА), а також пил флюсів. Водночас їхній кількісний та якісний склад залежать від методу зварювання, складу металу та ін.

Незважаючи на те, що ЗА як професійна шкідливість вивчаються досить давно, до цих пір залишаються не з'ясованими багато питань стосовно залежності їхньої біологічної агресивності від основних фізико-хімічних властивостей. До останніх можна віднести дисперсність частинок твердої

складової зварювальних аерозолів (ТСЗА), їхні структурні параметри, розчинність окремих сполук. Концентрація пилу ЗА у повітрі робочих приміщень більшості збірно-зварювальних виробництв не відповідає гігієнічним регламентам, при цьому провідна фракція ЗА представлена наночастинками [3, 4]. Як відомо, в останні роки накопичено достатньо експериментальних даних, які свідчать на користь того, що речовинам в нанодіапазоні властива більш велика біологічна активність і пошкоджувальна дія [5].

Зокрема, результати досліджень свідчать щодо однакової природи та схожих механізмів утворення ТСЗА при зварюванні електродами з різними видами покриття. Головними складовими всіх ТСЗА є частинки нанорозмірів. В основному вони згруповані в агломерати, що налічують від кількох до тисяч частинок, які, згідно з даними рентгеноспектрального мікроаналізу, складаються переважно зі сполук лужних металів, силікатів і оксидів заліза. При цьому інтегральний хімічний склад нанорозмірних частинок ТСЗА суттєво залежить від виду електродного покриття [3].

Дана обставина є надзвичайно важливою з точки зору потенційно небезпечної взаємодії ЗА з організмом людини та обумовлює необхідність досліджень нанорозмірних фракцій ТСЗА в зоні дихання зварника.

Мета дослідження – проаналізувати нанорозмірні фракції, що утворюються при зварюванні покритими електродами зі зниженим вмістом хрому (VI).

Матеріали та методи дослідження

З метою оцінки емісії наночастинок у повітря робочої зони при зварюванні високолегованими марками дослідних електродів з рутиловим видом покриття (дві марки) та різним типом зв'язуючого зі зниженим вмістом хрому (VI) (табл. 1) використовували дифузійний аерозольний спектрометр ДАС 2702, «АероНаноТех», Росія.

Для дослідження масової концентрації зважених частинок і концентрації хімічних елементів повітря з об'ємною витратою 0,5 л/хв аспірували за допо-

могою пробовідбірника ТАЙФУН Р-20-2 через поглинач Зайцева, що містить 10 мл деіонізованої води. Відібрану пробу відфільтровували за допомогою шприца, до якого приєднаний фільтротримач з мембранним дисковим фільтром «Domnick Hunter» (Англія) діаметром 25 мм і розміром пор 100 нм.

Хімічний склад проб повітря вивчали методом атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) за допомогою приладу «Optima 2100 DV» («Perkin-Elmer», США).

Результати дослідження та їх обговорення

У попередніх дослідженнях було оцінено емісію в повітря робочої зони наночастинок у разі зварювання 5 марками дослідних електродів з рутиловим покриттям зі зниженим вмістом хрому (VI) (14–25, 14–26, 14–27, 14–30, 14–32) у зварювально-затравлювальному комплексі ДУ «Інституту медицини праці імені Ю. І. Кундієва НАМН України». Найменшу емісію частинок від 1 до 100 нм одразу після зварювання спостерігали в разі використання електрода 14–25, що становила 16 994 частинок/см³, а найбільшу – електрода 14–32, що становила 241 409 частинок/см³ (табл. 2).

При цьому аналіз проб повітря, відібраних під час зварювання дослідними електродами щодо вмісту нанорозмірних металів, показав, що зварювання електродом 14–25 супроводжується найбільшою емісією таких нанорозмірних металів як хром, марганець, цинк, залізо, кобальт, мідь, кремній, тоді як зварювання електродом 14–32 (що не містить хрому VI), супроводжувалось емісією лише нанорозмірного цинку. Водночас при повторній серії досліджень було встановлено, що зварювання електродом 14–25 супроводжується емісією в повітря робочої зони наступних металів у нанорозмірному стані (до 100 нм): марганцю, кобальту, кремнію, магнію, алюмінію, кадмію, фосфору, барію та стронцію.

Так само при повторному зварюванні дослідним електродом 14–32 у повітрі робочої зони виявлено нанорозмірні марганець, кремній, магній, алюміній, кадмій, барій та стронцій (табл. 3).

Таблиця 1

Гігієнічна характеристика зварювальних електродів

Позначення електрода	Тип зв'язуючого	Масова частка основних компонентів зварювального аерозолю, %					
		Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Ni	Mn	F _D ⁻	F _H ⁻
14–25	K–Na	1,96	2,62	1,47	4,81	11,68	1,30
14–32	Li	не виявл.	3,91	1,39	5,20	5,76	1,56

Таблиця 2

Динаміка концентрації наночастинок у повітрі робочої зони при зварюванні дослідними електродами, частинок/см³

Електрод	Фон	1 хв	Приріст концентрації	5 хв	10 хв	20 хв	30 хв
14-25	23 102	40 096	16 994	88 785	57 973	65 549	70 998
14-26	32 325	95 501	63 176	60 468	43 250	54 841	65 326
14-27	24 485	217 373	192 888	99 923	80 190	40 839	70 138
14-30	32 102	235 508	203 406	82 696	85 331	65 261	65 225
14-32	26 896	268 305	241 409	109 600	60 650	81 696	43 033

Таблиця 3

Концентрація нанорозмірних металів у пробах повітря при зварюванні дослідними електродами, мг/м³

Метал, мг/м ³	Фон	14-25*	14-25**	14-32*	14-32**
Марганець	< 0,00003	0,0007	0,00047	-	0,0011
Цинк	0,000015	0,093	-	0,00051	-
Залізо	< 0,0003	0,003	-	-	-
Кобальт	< 0,0002	0,0003	0,0001	-	-
Мідь	< 0,0003	0,0011	-	-	-
Хром	< 0,000005	0,0014	-	-	-
Кремній	< 0,000002	0,003	0,007	-	0,0028
Магній	< 0,000003	-	0,0065	-	0,0033
Алюміній	< 0,000003	-	0,00093	-	0,0035
Кадмій	< 0,000003	-	0,00013	-	0,00001
Фосфор	-	-	0,008	-	-

Примітка. *Перше зварювання, **повторне зварювання.

Отримані дані свідчать на користь того, що при дослідженнях емісії нанорозмірних фракцій ТСЗА доцільно використовувати індивідуальні пробовідбірники, які можуть надавати інформацію щодо депонування наночастинок в органах респіраторного тракту зварювальників. Слід зазначити, що попередніми власними дослідженнями були отримані дані динаміки змін у часі після зварювання електродами з покриттям рутилу й основним (карбонатно-флюоритним) видом покриття щодо кількості частинок ТСЗА в різних діапазонах їхніх розмірів від 1 до 100 нм. Було встановлено, що концентрація наночастинок у повітрі робочої зони залежить від марки й діаметра зварювального електрода, а також відстані від зони зварювання (зі збільшенням відстані від місця відбору проб у зону зварювання концентрація частинок зменшується). При цьому в виробничих приміщеннях, де постійно проводяться зварювальні роботи, наночастинок ЗА можуть перебувати в повітряному середовищі ще довго після припинення процесу зварювання.

Зокрема, черговим підтвердженням щодо ролі наночастинок у розвитку несприятливих симптомів з боку органів респіраторного тракту стали нещодавні дослідження шведських гігієністів. Було показано [6], що суттєве збільшення маркерів запалення (лейкотрієнів) у представників зварювальних професій (у десять разів більше порівняно з контрольною групою) може вказувати на субклінічні ефекти навіть при експозиції ЗА нижче шведського гігієнічного нормативу 1 мг/м³. Проте португальські вчені [7] вважають за необхідне зменшити емісію наночастинок у повітря робочої зони, порівнюючи різні режими зварювання та зварювальні матеріали.

Таким чином, незважаючи на те, що наночастинок, які утворюються при електрозварюванні, на думку провідних експертів з питань нанобезпеки, поки що не потребують додаткового регламентування, дослідження емісії нанорозмірних фракцій ТСЗА в повітря робочої зони є доцільним як складовий компонент комплексної санітарно-гігієнічної оцінки зварюваль-

них матеріалів, так і щодо підвищення ефективності заходів безпеки при зварювальних роботах.

Відбір проб повітря слід проводити в зоні дихання зварювальника (постійне робоче місце). При непостійному робочому місці відбір проб проводиться в точках, в яких працівник може перебувати протягом зміни. Пристрої для відбору проб можуть бути стаціонарними або персональними (індивідуальними). Тривалість відбору однієї проби повітря визначається методом аналізу й залежить від концентрації речовини в повітрі робочої зони. Кількість проб, що відбираються протягом зміни, а також на окремих етапах технологічного процесу в одній точці, залежить від ступеня сталості технологічного процесу, але має становити не менше трьох.

Слід брати до уваги й тривалість перебування зварювальника на виробничій ділянці протягом однієї робочої зміни з урахуванням виду робочого місця (постійне або непостійне).

Оцінка експозиції наноматеріалами на робочому місці потребує застосування різних методик відбору проб та використання приладів та обладнання. Зокрема, для встановлення розміру, елементного складу та масової концентрації наночастинок, що присутні в повітрі робочої зони, проби повітря відбирають у деіонізовану воду та відфільтровують через мембранний дисковий фільтр з розміром пор 100 нм. Концентрацію та елементний склад наночастинок у відфільтрованій пробі визначають методом атомно-емісійної спектроскопії, а розмір наночастинок визначають за допомогою аналізатора частинок (наноаналізера). Вимірювання кількості наночастинок у повітрі робочої зони забезпечують такі прилади, як конденсаційний лічильник частинок (CPC) та дифузійний аерозольний спектрометр. Також сьогодні перспективним є використання диференційних аналізаторів рухливості частинок (DMPS), що є здатними визначати в реальному часі за рухливістю наночастинок їхню кількісну концентрацію та розподілення за розміром [8], та сучасний метод багатоелементного аналізу SP MC-ICP, який має здатність визначати розмір, концентрацію та структуру наночастинок у розчинах.

Технічні методи контролю повинні доповнюватися адміністративними заходами. Технічні й адміністра-

тивні заходи щодо захисту від нанорозмірних фракцій ТСЗА повинні бути доповнені індивідуальними засобами захисту, наприклад, респіраторами, захисними рукавичками, захисними окулярами та захисним одягом. Використання їх дозволить знизити ризики, пов'язані з присутністю в повітрі робочої зони аерозолів наночастинок, що утворюються в ході здійснення технологічних процесів та окремих виробничих операцій при розробці, виробництві, зберіганні, транспортуванні та утилізації наноматеріалів.

Висновки

1. Встановлено, що зварювання дослідними електродами (електрод 14–24 – тип зв'язуючого K-N, електрод 14–32 – тип зв'язуючого Li) з рутиловим видом покриття зі зниженим вмістом хрому (VI) супроводжується різними показниками емісії в повітря робочої зони частинок нанодіапазону (1–100 нм). Зокрема, незважаючи на те, що приріст концентрації наночастинок після зварювання електродом 14–32 був найбільшим (241 409 частинок/см³) порівняно з електродом 14–25 (16 994 частинок/см³), через 30 хв загальна концентрація наночастинок у повітрі робочої була найменшою саме після зварювання електродом 14–32 (43 033 частинок/см³), тоді як відповідні значення для електрода 14–25 були найбільшими (70 998 частинок/см³).
2. Зварювання дослідними електродами супроводжується емісією в повітря робочої зони нанорозмірних металів (14–25: хром, марганець, цинк, залізо, кобальт, мідь, кремній, магній, алюміній, кадмій, фосфор, барій, стронцій; 14–32: марганець, кремній, магній, алюміній, кадмій, цинк, барій, стронцій).
3. Серед дослідних електродів з поліпшеними санітарно-гігієнічними характеристиками електрод 14–32 має найсприятливіший профіль безпеки, оскільки зварювання ним не супроводжується емісією в повітря робочої зони хрому (VI) у нанорозмірному стані, а також завдяки найкращим показникам елімінації наночастинок з повітряного середовища.

risk of lung cancer. *Scand J Work Environ Health*. 2008. V. 34 (6). P. 444–450.

3. Gubanya I. P., Yavdoschin I. R., Stepanyuk S. N., Demetska O. V. Towards the problem of dispersity and morphology of particles in welding aerosols. *The Paton Welding Journal*. 2014. V. 6–7. P. 159–162.

Література

1. Antonini J. M. Health effects of welding. *Crit Rev Toxicol*. 2003. V. 33. P. 61–103.

2. Siew S. S., Kauppinen T., Kyurenen P., Heikkilä P., Pukkala E. Exposure to iron and welding fumes and the

4. Cena L. G., Keane M. J., Chisholm W. P., Stone S., Harper M., Chen B. T. A novel method for assessing respiratory deposition of welding fume nanoparticles. *J Occup Environ Hyg*. 2014. V. 11 (12). P. 771–780.

5. Oberdörster G. Safety assessment for nanotechnology and nanomedicine: concepts of nanotoxicology. *J of Intern Med*. 2019. V. 1 (267). P. 89–105.

6. Dierschke K. Acute respiratory effects and biomarkers of inflammation due to welding-derived nanoparticle aggregates. *Int Arch Occup Environ Health*. 2017. V. 90 (5). P. 451–463.

7. Pacheco R. Evaluation of the amount of nanoparticles emitted in welding fume from stainless steel using different shielding gases. *Inhal Toxicol*. 2017. V. 29 (6). P. 282–289.

8. PD ISO/TR 28439:2011 Workplace atmospheres - Characterization of ultrafine aerosols/nanoaerosols - Determination of the size distribution and number of concentrations using differential electrical mobility analyzing systems. URL: <https://www.iso.org/standard/44697.html> (Дата звернення 22.12.2017).

Рязанов А. В.¹, Андрусишина И. Н.¹, Демешкая А. В.²

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЭМИССИИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ФРАКЦИЙ ТВЕРДОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СВАРОЧНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ СВАРКЕ ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

¹Государственное учреждение «Институт медицины труда имени Ю. И. Кундиева Национальной академии медицинских наук Украины», г. Киев

²Киевский международный университет

Введение. Известно, что эмиссией наночастиц в воздух рабочей зоны могут сопровождаться как производственные процессы, конечным продуктом которых является наноматериалы, так и процессы, которые непосредственно не связаны с нанотехнологиями, в частности электросварки.

Цель исследования – проанализировать наноразмерные фракции, образующиеся при сварке покрытыми электродами с пониженным содержанием хрома (VI).

Материалы и методы исследования. С целью оценки эмиссии наночастиц в воздух рабочей зоны при сварке высоколегированными марками исследовательских электродов с рутиловым видом покрытия (две марки) и различным типом связующего с пониженным содержанием хрома (VI) использовали диффузный аэрозольный спектрометр ДАС 2702, «АероНаноТех», Россия. Химический состав проб воздуха изучали методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) с помощью прибора «Optima 2100 DV» («Perkin-Elmer», США).

Результаты. В воздухе рабочей зоны при первой сварке исследовательским электродом 14–25 обнаружено хром, марганец, цинк, железо, кобальт, медь, кремний. При повторной сварке в воздухе рабочей зоны выявлены наноразмерные марганец, кобальт, кремний, магний, алюминий, кадмий, фосфор. При сварке исследовательским электродом 14–32 в воздухе рабочей зоны выявлены наноразмерный цинк. При повторной сварке в воздухе рабочей зоны выявлены марганец, кремний, магний, алюминий, кадмий.

Выводы. Установлено, что сварка исследовательскими электродами с улучшенными санитарно-гигиеническими характеристиками сопровождается эмиссией в воздух рабочей зоны частиц нанодиапазоне (1–100 нм), отличается содержанием наноразмерных металлов в разный период времени. Опытные электроды при сварке продемонстрировали тенденцию уменьшения эмиссии в воздух рабочей зоны наноразмерных металлов, в частности, хрома, коррелирует со снижением содержания этого элемента в их составе.

Ключевые слова: наноразмерные фракции, сварочные аэрозоли, сварочные электроды, воздух рабочей зоны, хром (VI)

Ryazanov A. V.¹, Andrusyshyna I. M.¹, Demetska O. V.²

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ASSESSING THE EMISSION OF NANOSIZED FRACTIONS OF THE WELDING AEROSOL SOLID COMPONENT FORMING DURING WELDING WITH COATED ELECTRODES

¹State Institution «Kundiiiev Institute of Occupational Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv

²Kyiv International University

Introduction. It is known that nanoparticle emission in the air of working zone can be followed by both processes of nanomaterial production and processes that don't relate to nanotechnologies directly, electric welding in particular.

The purpose of research – to assess nanosized fractions formed in welding with coated electrodes and reduced chromium (VI) content.

Materials and methods of research. In order to assess the emission of nanoparticles in the air of working zone in welding with high-alloy electrodes with rutile coating (two grades) and reduced chromium (VI) content the diffusion aerosol spectrometer DAS-2702, «AeroNanoTech», Russia, was used. The chemical composition of air samples was determined by atomic-emission spectrometry method with inductively coupled plasma on the device Optima 2100 DV («Perkin-Elmer», USA).

Results. In the air of the working zone, in the first welding with the tested electrode 14–25 there have been detected chromium (VI), manganese, zinc, iron, cobalt, copper, and silicon. The second welding showed nanosized manganese, cobalt, silicon, magnesium, aluminum, cadmium, phosphorus. After welding with the experimental electrode 14–32 in the air of the working zone, nanosized zinc was detected. Manganese, silicon, magnesium, aluminum, cadmium were found in the working zone after repeated welding.

Conclusions. It is established that welding with the tested electrodes with improved sanitary and hygienic characteristics is accompanied by emission of particles in the range of 1–100 nm in the air of the working zone and it differs by the content of nanoscale metals in different time periods. The tested electrodes show a tendency to reduce the emission of nanoscale metals in the air of the working zone, in particular chromium and is corresponding to the decrease in the content of this element in their composition.

Key words: nanoscale fraction, welding aerosols, welding electrodes, working zone air, chromium (VI)

References

1. Antonini J. M. (2003), «Health effects of welding», *Crit Rev Toxicol*, 33, 61–103.
2. Siew S. S., Kauppinen T., Kyyrcnen P., Heikkilä P. and Pukkala E. (2008), «Exposure to iron and welding fumes and the risk of lung cancer», *Scand J Work Environ Health*, 34 (6), 444–450.
3. Gubnya I. P., Yavdoschin I. R., Stepanyuk S. N. and Demetska O. V. (2014), «Towards the problem of dispersity and morphology of particles in welding aerosols», *The Paton Welding Journal*, 6–7, 159–162.
4. Cena L. G., Keane M. J., Chisholm W. P., Stone S., Harper M. and Chen B. T. (2014), «A novel method for assessing respiratory deposition of welding fume nanoparticles», *J Occup Environ Hyg.*, 11 (12), 771–780.
5. Oberdörster G. (2019), «Safety assessment for nanotechnology and nanomedicine: concepts of nanotoxicology», *J Intern Med.*, 267 (1), 89–105.
6. Dierschke K. (2017), «Acute respiratory effects and biomarkers of inflammation due to welding-derived nanoparticle aggregates», *Int Arch Occup Environ Health.*, 90 (5), 451–463.
7. Pacheco R. 2017, «Evaluation of the amount of nanoparticles emitted in welding fume from stainless steel using different shielding gases», *Inhal Toxicol.*, 29 (6), 282–289.
8. PD ISO/TR 28439:2011 Workplace atmospheres – Characterization of ultrafine aerosols/nanoaerosols – Determination of the size distribution and number of concentrations using differential electrical mobility analyzing systems. URL: <https://www.iso.org/standard/44697.html> (Accessed 22.12.2017).

ORCID ID співавторів та їхній внесок у підготовку та написання статті:

Рязанов А. В. (ORCID ID 0000-0002-4134-346X) – аналіз результатів дослідження, висновки;

Андрушишина І. М. (ORCID ID 0000-0001-5827-3384) – вивчення хімічного складу проб повітря методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) за допомогою приладу «Optima 2100 DV» («Perkin-Elmer», США);

Демещька О. В. (ORCID ID 0000-0002-8174-7813) – оцінка емісії наночастинок у повітря робочої зони при зварюванні високолегованими марками дослідних електродів з рутиловим видом покриття та різним типом зв'язуючого зі зниженим вмістом хрому (VI) за допомогою дифузійного аерозольного спектрометра ДАС 2702, «АероНаноТех», Росія.

Надійшла: 22 грудня 2017 р.

Контактна особа: Рязанов А. В., ДУ «Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва НАМН України», буд. 75, вул. Саксаганського, м. Київ, 01033. Тел.: + 38 0 44 284 34 27.