УДК 613.6:66.091:541.182.024:661.882.27:546.431

ФІЗІОЛОГО-ГІГІЄНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА УМОВ ПРАЦІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО ПОРОШКУ ТИТАНАТУ БАРІЮ МЕТОДОМ БЕЗПЕРЕРВНОГО ТЕРМІЧНОГО СИНТЕЗУ

Яворовський О. П.[1], Веремей М. І.[1], Шевцова В. М.[1], Бобир В. В.[1], Зінченко Т. О.[1], Полотай В. В.[2], Рагуля А. В.[2]

[1] Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ
[2] Інститут проблем матеріалознавства імені І. М. Францевича НАН України, м. Київ

Проведено дослідження з фізіолого-гігієнічної оцінки умов праці при дослідно-промисловому виробництві нанокристалічного порошку титанату барію методом безперервного термічного синтезу. Встановлено, що для умов праці зайнятого в цьому процесі оператора характерна наявність у повітрі робочої зони пилу нанокристалічного порошку титанату барію, титаніл-оксалату барію; оксиду та діоксиду вуглецю, дія шуму та нервово-емоційне навантаження. У складі пилу нанокристалічного порошку титанату барію, який надходить у повітря робочої зони, превалюють агломерати, розмір яких вимірюється сотнями й тисячами нанометрів. У повітрі, яке видаляється з виробничого встаткування й викидається в атмосферне повітря, виявлені наночастинки розміром від 50 до 100 нанометрів. Для профілактики можливого негативного впливу пилу нанокристалічного порошку титанату барію на працівників необхідне проведення токсикологічних і гігієнічних досліджень з обґрунтування величини його ГДК для повітря робочої зони. Необхідна розробка методів очищення від наночастинок повітря, яке виводиться з виробничого обладнання системою витяжної вентиляції.

Ключові слова: нанотехнологія, наночастинки, титанат барію, умови праці, навколишнє середовище, профілактика

Вступ

Нанотехнології та наноматеріали в наш час стрімко впроваджуються практично в усі галузі промисловості й, відповідно, збільшується кількість працівників, які контактують із нанооб'єктами у виробничих умовах. У міжнародній базі Nanowerk зареєстровано більше 2000 найменувань нанооб'єктів [1]. З урахуванням широкого за масштабами й значного за обсягами використання багатьма країнами світу в різних сферах виробництва й побуту людини нанотехнологій, наночастинки і наноматеріали набувають характеру нового глобального антропогенного чинника, який може характеризуватись потенціальною небезпекою як для здоров'я населення, так і для стану екологічних систем [2].

Проте, на даний час недостатньо вивчена токсичність наночастинок. Покладено тільки початок вивченню умов праці при виробництві та застосуванні наночастинок та наноматеріалів. Ще не встановлені гранично допустимі концентрації наночастинок у повітрі робочої зони [3, 4].

Не вирішеною на даний час гігієнічною проблемою є визначення експозиції наночастинок на робочих місцях. Уважається, що основними шляхами можливого потрапляння наночастинок в організм людини у виробничих умовах є дихальна система, шлунково-кишковий тракт і шкіра. При цьому інгаляційний шлях експозиції розглядається як головний.

Усе це обумовлює актуальність вивчення гігієнічних особливостей нанотехнологій, умов праці зайнятих працівників та розробки методичних підходів до визначення вмісту наночастинок у повітрі робочої зони.

Мета дослідження — установлення гігієнічних особливостей умов праці оператора, зайнятого в технологічному процесі безперервного термічного синтезу нанокристалічного порошку титанату барію необхідної дисперсності в неізотермічних умовах (нелінійний нагрів) та розробка рекомендацій щодо профілактики потенційного негативного впливу шкідливих виробничих чинників цього процесу на працюючих, а також запобігання забруднення навколишнього середовища наночастинками.

Матеріали та методи дослідження

Об'єктами дослідження були: технологічний процес безперервного термічного синтезу нанокристалічного порошку титанату барію, дослідно-

промислова багатосекційна піч обертання для синтезу нанопорошків конструкції Інституту проблем матеріалознавства імені І. М. Францевича НАН України, умови праці зайнятого в цьому процесі оператора, нанокристалічний порошок титанату барію.

Фізіолого-гігієнічну оцінку умов праці оператора, гігієнічну оцінку технологічного процесу, дослідно-промислового встаткування, яке використовувалося в ньому, здійснювали з використанням загально прийнятих гігієнічних, фізико-хімічних, психофізіологічних, ергономічних, хронометражних і математико-статистичних методів.

Оцінку важкості та напруженості трудового процесу оператора проводили відповідно до критеріїв ГН 3.3.5-3.3.8; 6.6.1-083-2001 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», а ергономічну оцінку робочого місця — згідно з ГОСТ 12.2.032-78 та ГОСТ 12.2.033-78.

Вимірювання рівнів шуму на робочому місці проводили за допомогою прецизійного інтегруючого приладу «Larson Davis 800 B». Кількість вимірів на робочому місці становила не менше 3.

Мікроклімат виробничих приміщень досліджували в холодний період року. На кожному робочому місці проводили по три дослідження. Температуру та відносну вологість повітря вимірювали за допомогою аспіраційного психрометра Ассмана, швидкість руху повітря — кульковим кататермометром, інтенсивність інфрачервоного випромінювання — актинометром згідно з вимогами ДСН 3.3.6.042-99.

У зоні завантаження вихідної сировини та в зоні виходу готової продукції визначали вміст у повітрі робочої зони пилу відповідно титаніл-оксалату барію та порошку титанату барію. Відбір проб повітря проводили аспіратором «Тайфун» на фільтри АФА. У кожній точці було відібрано по шість проб.

Фізико-хімічні дослідження вмісту в повітрі робочої зони оксиду та діоксиду вуглецю проводили біля вузла завантаження сировини, біля пульту керування та на місці виходу з печі готової продукції. У кожній точці було проведено по три дослідження. Для визначення діоксиду вуглецю використовували газоаналізатор СМ-2-CO_2, а для визначення оксиду вуглецю — газоаналізатор 621 ЭХ 05-02.

Визначали форми та розміри частинок готової продукції шляхом здійснення електронної мікроскопії відібраного зразка, а також тих пилових частинок із повітря, що видаляються вентиляцією з печі обертання.

Результати дослідження та їх обговорення

У лабораторії фізико-хімії і технології нанокераміки і нанокомпозитів Інституту проблем матеріалознавства імені І. М. Францевича НАН України розроблено технологію термічного синтезу нанокристалічного порошку титанату барію ($BaTiO_3$) необхідної дисперсії в неізотермічних умовах (нелінійний нагрів). Для реалізації цієї технології її авторами була сконструйована спеціальна установка — багатосекційна піч обертання для безперервного синтезу нанопорошків [5, 6].

В основу технології одержання нанокристалічного порошку титанату барію покладено метод тонкого синтезу з розкладанням солей органічних кислот (титаніл-оксалату барію) — оксалат-процес (Печині-процес).

Технологія передбачає нелінійний нагрів вихідного матеріалу як оптимальний для одержання кінцевого продукту синтезу високої дисперсності та з великою питомою поверхнею: швидкий нагрів на початковій стадії утворення проміжних фаз і затухаючий нагрів на наступній стадії утворення титанату барію.

Вихідним матеріалом слугує кристалогідрат титаніл-оксалату барію, що відповідає стехіометричній формулі $BaTiO(C_2O_4)_2 \cdot 4H_2O$, який має питому поверхню 0,9 $м^2/г$.

Технологія включає два послідовних етапи: а) процес термічного розкладання (деструкції) кристалогідрату титаніл-оксалату барію на повітрі; б) синтез нанокристалічного порошку титанату барію в неізотермічних умовах.

У процесі нагріву титаніл-оксалат барію поступово втрачає адсорбовану, а потім і кристалізаційну воду та перетворюється в аморфну смолоподібну субстанцію (масу) — продукт деструкції титаніл-оксалату барію (проміжний продукт синтезу).

Уважають, що утворення проміжного продукту є наслідком реакції окислення оксалату [7]. Розробниками технології встановлено, що у високотемпературній області синтезу виникає конкуренція механізмів прямого синтезу титанату барію зі смолоподібної маси та вторинного синтезу з високодисперсної суміші оксиду титану й карбонату барію [8].

У режимі швидкісного підйому температури в повітря виділяється CO і CO_2 у співвідношеннях (1:4) — (1:5). Оксид вуглецю присутній до досягнення температури 600—620 °С. При цьому швидкість газовиділення збільшується на порядок у

порівнянні з повільним нагріванням, що забезпечує аналогічне збільшення «розпушування» смолоподібної проміжної фази. Внаслідок цього збільшується дисперсність титанату барію.

На другому етапі режим нагріву вповільнюється. Газовиділення CO припиняється, і починається реакція синтезу з високою швидкістю виділення CO_2, максимум якого припадає на 620–670 °С. Процес окиснення при цьому відбувається за участі зв'язаного кисню оксалат-аніона і зв'язаного кисню, який дифузійно підводиться в зону реакції.

Температура завершення синтезу титанату барію становить близько 690 °С. У момент завершення процесу синтезу (при 100 % ступені перетворення) дуже важливо зупинити нагрів для попередження миттєвого укрупнення і припікання надактивних частинок одна до одної в м'яких агрегатах.

Синтезований таким способом нанопорошок $BaTiO_3$ готовий до подальшого використання. Він має максимальну питому поверхню 37,7 $м^2/г$. Розмір частинок, розрахований за питомою поверхнею, дорівнює 25–30 нм, а за даними електронної мікроскопії – 10–60 нм. Для попередження утворення м'яких агрегатів із наночастинок планується в подальшому здійснювати вивантаження нанокристалічного порошку титанату барію з печі-обертання в спеціальний розчин із поверхнево-активною речовиною, а не в порожню ємність.

Встановлено, що технологічний процес термічного синтезу нанокристалічного порошку титанату барію відбувається в багатосекційній печі обертання, основою якої є труба із нержавіючої сталі довжиною 3,6 м і діаметром 0,08 м (рис. 1).

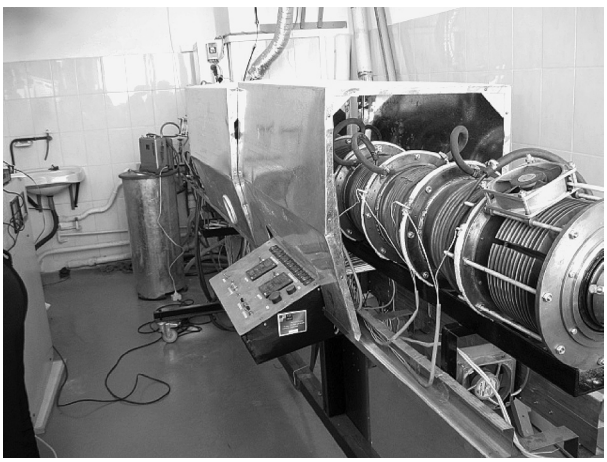

Рис. 1. *Багатосекційна піч обертання для термічного синтезу нанокристалічного порошку титанату-барію.*

Завантаження печі вихідним матеріалом (порошком титаніл-оксалату барію, попередньо висушеним у сушильній шафі при температурі 10^3 °С) здійснюється через приймальний бункер шнекового пристрою (вузол завантаження), який розташований безпосередньо на корпусі печі обертання. Завдяки розташуванню передньої секції труби під певним ухилом рух порошку в напрямку її останньої секції відбувається з постійною лінійною швидкістю – 100 г/хв.

Керування технологічним процесом здійснює оператор із пульта керування. У процесі роботи печі її зовнішня поверхня охолоджується внаслідок циркуляції води в системі металевих трубок, розташованих на цій поверхні. Для охолодження підшипників, розташованих біля першої та останньої секції труби обертання, та електростатичних фільтрів, розташованих поблизу вузла завантаження, передбачено використання електровентиляторів. За технологією готовий нанопорошок титанату барію повинен надходити з останньої секції труби поступово зі швидкістю 60 г/хв у посудину зі скла або пластику ємністю 25 л, яка обладнана мішалкою для механічного розмішування готового нанопорошку. Ця посудина попередньо має заповнюватися водою з додаванням поверхнево активних речовин (ПАР) для одержання суспензії 50 : 50 %. Під час проведення дослідження готовий продукт надходив у відкриту скляну ємність із висоти 0,3 м.

Хронометражними спостереженнями та вивченням організації трудового процесу встановлено, що підготовчо-заключні роботи займають 6,2 % робочого часу, основні операції з доставки вихідного матеріалу на робоче місце – 1,2 %, операції по вмиканню печі та виведенню печі з робочого режиму – 31,2 % робочого часу. При виконанні цих операцій оператор здійснює 15–20 робочих рухів за участю м'язів рук та плечового пояса та 85–90 рухів за участю м'язів кистей та пальців рук за робочу зміну. Переміщення в просторі робочої зони, протяжністю 5,5 м, а також у просторі допоміжних робочих приміщень становить 1 900–2 000 м. Перебування в робочій позі стоячи при керуванні технологічним процесом із пульта досягає 31,2 % робочого часу. Для використання зручної робочої пози сидячи при виконанні цих операцій необхідно збільшити глибину простору для ніг з 300 мм до вимог ГОСТ 12.2.033-78 (не менше 650 мм на рівні підлоги і не менше 450 мм на рівні колін).

Виконання основних операцій технологічного процесу потребує від оператора зосередженого спостереження та напруження уваги протягом 31,2 % робочого часу, а також одночасного спостереження за 18 об'єктами, у т. ч. 16 засобами відображення інформації. Крім того, має місце емоційне навантаження, особливо при визначенні настання моменту завершення процесу синтезу, коли оператор повинен миттєво припинити нагрів для попередження укрупнення і припікання надактивних часток одна до одної в м'яких агрегатах.

Показниками важкості праці оператора є загальне фізичне динамічне навантаження – до 300 кг • м за робочу зміну (переміщення в просторі по горизонталі – до 2 км; стереотипні робочі рухи за участю м'язів рук та плечового пояса й м'язів кистей та пальців рук – відповідно до 20 та 90 рухів за робочу зміну) та статичне навантаження при підтриманні робочої пози стоячи, яке становить 31,2 % часу робочої зміни. Показниками напруженості праці оператора є тривалість зосередження уваги – 31,2 % робочої зміни; кількість об'єктів одночасного спостереження – 18; емоційне навантаження (відповідальність за якість основної роботи).

Загальна оцінка праці оператора згідно із критеріями ГН 3.3.5-3.3.8; 6.6.1-083-2001 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» за ступенем важкості відповідає класу 1 (оптимальний, легке фізичне навантаження), а напруженості класу 3.1. (шкідливий 1 ступеня) – за показниками кількості об'єктів одночасного спостереження та емоційного навантаження.

При дослідженні мікроклімату встановлено, що середня температура повітря на робочих місцях біля вузла завантаження сировини і виходу готової продукції становила 16,4 ± 0,45 °С, а біля пульта оператора – 16,6 ± 0,45 °С. Для робіт категорії II-а, до якої згідно з ДСН 3.3.6.042-99 може бути віднесена робота оператора, допустимі величини температури повітря робочої зони знаходяться в межах 25–17 °С. Тобто, температура на робочих місцях була на 0,4–0,6 °С нижче нижньої межі допустимих величин для холодного періоду року. Величини відносної вологості та швидкості руху повітря на робочих місцях біля виробничого обладнання знаходилися в межах допустимих величин. Вимірювання інтенсивності інфрачервоного випромінювання на робочих місцях показало, що внаслідок застосування системи охолодження зовнішньої поверхні печі виробничого встаткування та обладнання її захисними кожухами, рівень випромінювання був нижче чутливості приладу.

При дослідженні пилового фактора проби повітря пилу відбирали на робочих місцях біля вузла для завантаження сировини та біля виходу готової продукції з останньої секції труби печі обертання.

За результатами досліджень установлено, що вміст пилу титаніл-оксалату барію в повітрі робочої зони при завантаженні сировини коливався в межах від 0,07 до 2,7 мг/м^3 (таблиця).

Концентрація аерозолю порошку титанату-барію в повітрі робочої зони при виході останнього з печі обертання та зсипанні в приймальну ємність (із висоти 0,3 м) коливалася в межах від 0,3 до 1,7 мг/м^3.

При санітарно-хімічних дослідженнях установлено, що оксиду вуглецю під час проведення термічного синтезу в повітрі робочої зони на робочих місцях біля вузла завантаження сировини і біля місця виходу готової продукції не було виявлено, а біля пульта оператора виявлено на рівні 0,5–1,0 мг/м^3, що значно нижче за його ГДК$_{п.р.з.}$ (20 мг/м^3). Концентрації діоксиду вуглецю в повітрі робочої зони на цих робочих місцях становили відповідно 447,3 ± 0,9, 504,7 ± 12,3 і 386,7 ± 10,2 мг/м^3, що значно нижче величини його ГДК$_{п.р.з.}$ (8 000 мг/м^3).

Вимірювання виробничого шуму, основними джерелами якого є система витяжної вентиляції і електровентилятори охолодження підшипників печі обертання, показало, що загальний рівень його (74 дБА) не перевищував наведеної в ДСН 3.3.6.037-99

Таблиця

Уміст пилу в повітрі робочої зони оператора

Місце відбору проб повітря на вміст аерозолю	Кількість відібраних проб	Концентрація пилу, мг/м^3	
		середня	межі коливань
Біля вузла завантаження сировини	6	1,7	0,7–2,7
Біля місця виходу готової продукції	6	1,0	0,3–1,7

допустимої величини, встановленої для робочих місць у виробничих приміщеннях, робота на яких вимагає зосередження, підвищеної вимоги до процесів спостереження та дистанційного керування виробничими циклами (робочі місця за пультами) на рівні 75 дБА. За часовою характеристикою шум постійний.

Для одержання уявлення про форму та розміри частинок нанокристалічного порошку титанату-барію (готовий продукт термічного синтезу), який виходить із печі обертання та зсипається в приймальну ємність, з останньої був відібраний і досліджений під електронним мікроскопом зразок цього порошку (рис. 2).

Установлено, що в порошку, що виходить із печі обертання і збирається в ємності, переважають агломерати частинок титанату барію. Розмір цих агломератів коливається в межах від сотень до тисяч нанометрів.

Для виявлення наявності наночастинок у повітряному середовищі печі обертання та можливості надходження їх у повітря робочої зони та повітря, що видаляється за допомогою системи витяжної вентиляції та викидається в атмосферне повітря, був одержаний конденсат. Утворення конденсату відбувалося при надходженні частини нагрітого повітря, яке виходить із печі, у спеціально створений боковий відвід від повітроводу системи вентиляції. Відвід був занурений (вміщений) в ємність із льодом (холодильник). По завершенні процесу термічного синтезу у відводі утворилося біля 30–40 мл конденсату. Частина його була відцентрифугована в режимі 8 000 об/хв, а одержаний центрифугат був досліджений під електронним мікроскопом. У конденсаті встановлена наявність пилових частинок розміром від 50 до 100, 200–250 нм (рис. 3). Тобто це підтверджує наявність у повітряному середовищі печі-обертання наночастинок розміром 50–100 нм та можливість надходження їх у робочу зону, а також у навколишнє середовище.

Дані щодо токсичних властивостей титанату барію в доступній літературі відсутні. Проте існують відомості про нормований у повітрі робочої зони діоксид титану. При проведенні експериментальних досліджень на щурах із вивчення токсичної дії на легені нано-TiO_2 із розмірами 5, 21 і 50 нм у дозах 5 та 50 мг/кг було встановлено, що ступінь токсичності наночастинок TiO_2 залежить не лише від концентрації, але й від розміру інстильованих частинок [9, 10]. За даними [11] наночастинки TiO_2 в експерименті на щурах викликали канцерогенний ефект. Проте на інших видах тварин він не був виявлений, що свідчить про можливу специфічну дію TiO_2 по відношенню до щурів [11]. Усе це обумовлює необхідність і доцільність проведення експериментальних досліджень токсичних властивостей порошку титанату барію, який надходить у повітря робочої зони у вигляді м'яких агломератів наночастинок, та наукового обґрунтування гігієнічного нормативу його в повітрі робочої зони.

Запропоновані в результаті проведених досліджень рекомендації спрямовані на гігієнічне нормування пилу нанокристалічного порошку титанату барію в повітрі робочої зони та атмосферному

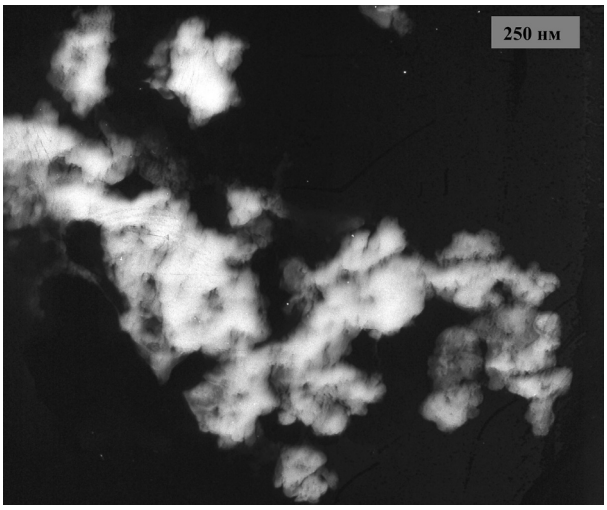

Рис. 2. *Електронограма зразка нанокристалічного порошку титанату барію (× 40 000).*

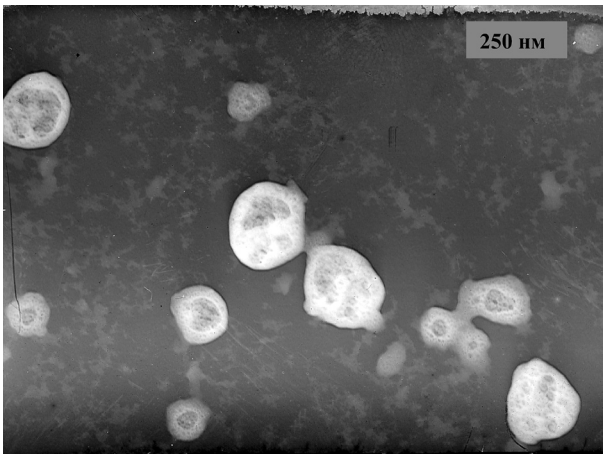

Рис. 3. *Електронограма пилових часток у конденсаті, одержаному з парогазоаерозольної суміші, що видаляється з печі обертання (× 40 000).*

повітрі, розробку методу визначення наночастинок титанату барію в повітрі, удосконалення конструкції установки термічного синтезу (герметизація місця виходу готової продукції, вивантаження її в розчин із поверхнево-активною речовиною, ефективне очищення викидів від наночастинок, оптимізація робочого місця оператора).

Висновки

1. Для технологічного процесу безперервного термічного синтезу нанокристалічного порошку титанату барію характерна наявність ряду шкідливих виробничих чинників: пилу порошку титанату барію та титаніл-оксалату барію, оксиду та діоксиду вуглецю, шуму та нервово-емоційного навантаження. Праця оператора, який керує цим процесом, згідно з критеріями ГН 3.3.5-3.3.8; 6.6.1-083-2001 оцінюється як напружена класу 3.1.
2. У робочій зоні оператора виробничо-промислової установки безперервного термічного синтезу нанокристалічного порошку титанату барію концентрації CO і CO_2, рівні постійного шуму не перевищують допустимих гігієнічних нормативів. Параметри складових мікроклімату в холодний період року були в межах допустимих величин, за виключенням температури повітря, рівень якої був нижче допустимої величини на 0,4—0,6 °С.
3. Специфічним і потенційно небезпечним чинником технології одержання нанокристалічного порошку титанату барію методом термічного синтезу є можливість надходження наночастинок розміром 50—100 нм у повітря робочої зони та утворення з них агломератів більше 100 нм.
4. Існує небезпека забруднення атмосферного повітря наночастинками титанату барію внаслідок викидання в атмосферу системою витяжної вентиляції повітрогазоаерозольної суміші, що утворюється в процесі термічного синтезу нанокристалічного порошку титанату барію, яка вміщує пилові частинки розміром від 50 до 100, 200 нм. Для запобігання цьому повітря, що видаляється з печі обертання, перед викиданням в атмосферу необхідно очищувати від пилових частинок.

Література

1. Онищенко Г. Г. Вопросы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в условиях расширения использования наноматериалов и нанотехнологий / Г. Г. Онищенко // Международный форум по нанотехнологиям.– Москва, 2008.

2. Москаленко В. Ф. Екологічні і токсиколого-гігієнічні аспекти біологічної безпеки нанотехнологій, наначасток та наноматеріалів (аналітичний огляд) / В. Ф. Москаленко, О. П. Яворовський // Науковий вісник Національного медичного університету імені О. О. Богомольця.– 2009.– № 3.– С. 25–35.

3. Фізіолого-гігієнічна оцінка умов праці операторів при одержанні наночасток срібла методом електронно-променевої технології; їх морфологічна і токсикологічна характеристика / Яворовський О. П., Широбоков В. П., Шевцова В. М. [та ін.] // Журнал Академії медичних наук України.– 2009.– № 15(3).– С. 543–554.

4. Глушкова А. В. Нанотехнологии и нанотоксикология – взгляд на проблему / А. В. Глушкова, А. С. Радилов, В. Р. Рембовский // Токсикологический вестник.– 2007.– № 6.– С. 4–8.

5. Рагуля А. В. Синтез и спекание нанокристаллического порошка титаната бария в неизотермических условиях. 1. Управление дисперсностью титаната бария в процессе его синтеза из титанил-оксалата бария / А. В. Рагуля, О. О. Василькив, В. В. Скороход // Порошковая металлургия.– 1997.– № 3/4.– С. 59–65.

6. Синтез и спекание нанокристаллического порошка титаната бария в неизотермических условиях. V. Неизометрическое спекание порошков титаната бария различной дисперсности / [Быков А. И., Полотай А. В., Рагуля А. В., Скороход В. В.] // Порошковая металлургия.– 2000.– № 7/8.– С. 88–98.

7. Stokenhuber M. Preparation of barium titanates from oxalates / M. Stokenhuber, H. Mayer, J. A. Lercher // Ibid.– 1993.– 76.– № 5.– P. 1185–1190.

8. Васылькив О. О. Синтез и спекание кристаллического порошка титаната бария в неизометрических условиях. III. Хроматографический анализ газообразных продуктов разложения титанил-оксалата бария / О. О. Васылькив, О. В. Рагуля, В. В. Скороход // Порошковая металлургия.– 1997.– № 5/6.– С. 53–59.

9. Pulmonary responses of mice, rats, and hamsters to subchronic inhalation of ultrafine titanium dioxideparticles / Bermudez E., Mangum J., Wong B. [et al.] // Toxicol Sci.– 2004. V. 77.– P. 347–357.

10. Hext P. M. Titanium dioxide: inhalation toxicology and epidemiology / P. M. Hext, J. A. Tomenson, P. Thompson // Ann Occup Hyg.– 2005.– № 49 (6).– P. 461–472.

11. Измеров Н. Ф. Гигиена труда / Н. Ф. Измеров, В. Ф. Кирилов.– М.: Издательская група «ГЭОТАР-Медиа», 2008.– 583 с.

Яворовский А. П.[1], Веремей М. И.[1], Шевцова В. М.[1], Бобыр В. В.[1], Зинченко Т. О.[1], Полотай В. В.[2], Рагуля А. В.[2]

ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА БЕСПРЕРЫВНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА ТИТАНАТА БАРИЯ В НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

[1] Национальный медицинский университет имени А. А. Богомольца, г. Киев

[2] Институт проблем материаловедения имени И. М. Францевича НАН Украины, г. Киев

Проведены исследования по физиолого-гигиенической оценке условий труда при опытно-промышленном производстве нанокристаллического порошка титаната бария методом непрерывного термического синтеза. Установлено, что для условий труда занятого в этом процессе оператора характерно наличие вредных производственных факторов: пыли нанокристаллического порошка титаната бария, титанил-оксалата бария, окиси и двуокиси углерода, шума и нервно-эмоциональной нагрузки. В составе пыли нанокристаллического порошка титаната бария, который поступает в воздух рабочей зоны, превалируют агломераты, размер которых измеряется сотнями и тысячами нанометров. В воздухе, который удаляется из производственного оборудования и выбрасывается в атмосферный воздух, обнаружены наночастицы размером от 50 до 100 нанометров. Для профилактики возможного негативного влияния пыли нанокристаллического порошка титаната бария на работников необходимо проведение токсикологических и гигиенических исследований по обоснованию величины его ПДК для воздуха рабочей зоны. Необходима разработка методов очистки от наночастиц воздуха, который выводится из производственного оборудования системой вытяжной вентиляции.

Ключевые слова: нанотехнология, наночастицы, титанат бария, условия труда, окружающая среда, профилактика

Yavorovskyy O. P.[1], Veremey M. I.[1], Shevtsova V. M.[1], Bobir V. V.[1], Zinchenko T. O.[1], Polotay V. V.[2], Ragulya A. V.[2]

PHYSIOLOGICAL AND HYGIENIC CHARACTERISTICS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF UNITERRUPTED THERMAL SYNTHESIS OF BARIUM TITANATE NANOCRYSTAL POWDER IN NONISOTHERMAL CONDITIONS

[1] National medical university of the name of O. O. Bogomol'ca

[2] Frantsevich institute for Problems of Material Sciense of NAN of Ukraine

Studies on physiological and hygienic estimation of the technological process in experimental and industrial production of barium titanate nanocrystal powder by thermal synthesis have been conducted. It is established that it is typical for this process the presence of a number of harmful factors of the work environment. These are: barium titanate nanocrystal powder and barium titanyl-oxalate, carbon oxide and dioxide as well as noise and strain of an operator's work process. In the dust of barium titanate nanocrystal powder, which can enter the working zone air, agglomerates are prevailing. Their size can reach hundreds and thousands nanometers. In the air, which is removed from industrial premises and is thrown out into the atmospheric air, nanoparticles sized from 50 to 100 nanometers have been found. In order to prevent a probable negative effect of the dust of barium titanate nanocrystal powder it is necessary to conduct toxicological and hygienic studies, aiming to grounding TLV value for the working zone air and to develop methods of cleaning of the air, which is thrown into the atmosphere, from nanoparticles.

Key words: nanotechnology, nanoparticles, barium titanate, work environment, environment, prevention

Надійшла: 18.02.2011 р.

Контактна особа: Шевцова Валентина Митрофанівна, докт. мед. наук, професор, кафедра гігієни праці і професійних хвороб, Національний медичний університет імені О. О.Богомольця, проспект Перемоги, 34, м. Київ, 03680. Тел.: (44) 454-49-30. E-mail: kgpnmu@ukr.net