

ОЦІНКА ВМІСТУ ПРОМИСЛОВОГО УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО АЕРОЗОЛЮ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ ПЛАВИЛЬНИКА МЕТАЛУ ТА СПЛАВІВ У МАШИНОБУДІВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Шаравара Л. П.

Запорізький державний медичний університет

Вступ. Умови праці працівників, зайнятих процесом плавлення металів, оцінюються як шкідливі, а за деякими факторами – як небезпечні. Дослідження пилу в повітрі робочої зони підтверджують наявність часток крупнодисперсної фракції.

Мета дослідження – оцінка вмісту промислового ультрадисперсного аерозолю на робочому місці плавильника металу та сплавів у машинобудівному виробництві.

Матеріали та методи дослідження. Для дослідження фізичних властивостей промислового ультрадисперсного аерозолю використовували прилад NanoScan SMPS Скануючий класифікатор наночастинок, Модель 3910. Визначали кількість, площу поверхні, об'єм та масову концентрацію частинок розміром від 10 до 416 нм на робочих місцях плавильників при відкритому та вакуумному способі плавлення. Як контрольна група були взяті працівники адміністративного корпусу.

Результати. Встановлено, що на робочому місці плавильників, зайнятих відкритим методом плавлення, загальна концентрація частинок нанорозмірного діапазону більше порівняно з плавленням металу вакуумним способом у 8,2 разу ($< 0,00001$), за площею поверхні в 7,5 разу ($< 0,005$), за масовою концентрацією в 7,2 разу ($< 0,04$). Також відмічалася вірогідна відмінність показників при відкритому плавленні металів порівняно з контролем за концентрацією наночастинок у 11,7 разу ($< 0,00001$), за площею поверхні в 11,3 разу ($< 0,003$), за масовою концентрацією в 10,7 разу ($< 0,03$).

Висновки. Підтверджена наявність частинок нанорозмірного діапазону на робочих місцях працівників, зайнятих процесом плавлення металів. Їхня концентрація залежить від методу плавлення та технологічних операцій, які виконує плавильник під час плавлення. Тому визначення вмісту ультрадисперсного промислового аерозолю на робочому місці працівників є важливим етапом при ідентифікації небезпеки та оцінці професійного ризику для здоров'я працюючих з метою застосування ефективних методів профілактики.

Ключові слова: ультрадисперсний промисловий аерозоль, умови праці плавильника, наночастинок, повітря робочої зони, професійний ризик

Вступ

До шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища працівників, які займаються плавленням металів, відносяться: підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; несприятливий виробничий мікроклімат і підвищений рівень інфрачервоної радіації; вплив низько- та середньочастотного шуму, виробничої вібрації, у зв'язку з чим умови праці плавильників оцінюються як шкідливі, а за деякими факторами – як небезпечні [1–4]. Поєднаний вплив факторів виробничого середовища сприяє розвитку професійної та виробничо обумовленої захворюваності (силікоз, пиловий бронхіт, нейросенсорна туговухість), призводить до підвищення рівня захворюваності з тимчасовою втратою працездатності, серед яких гострі респіраторні

хвороби та грип, захворювання верхніх дихальних шляхів, бронхіти та пневмонії, хвороби шкіри та кістково-м'язової системи [5, 6].

Процеси плавлення металу супроводжуються утворенням дрібнодисперсного пилу та пари розплавлених металів, яка конденсує в аерозолі з утворенням зважених частинок ультрадисперсного розміру (≤ 100 нм). Дослідження фракційного складу та концентрації пилу в повітрі робочої зони на робочих місцях плавильників підтверджують наявність зважених частинок з переважним умістом часток крупнодисперсної фракції PM_{10} , а також дрібнодисперсної фракції $PM_{2,5}$, які сприяють розвитку захворювань верхніх і нижніх дихальних шляхів [1, 7–10]. Досліджено, що через наявність на робочому місці шкідливих факторів виробничого середовища в плавильників уже через 1–5 років

роботи з'являються перші прояви порушення носового дихання та катаральні ураження бронхів, через 10–15 років стажу – катаральні назофарингіти та обструктивні захворювання бронхів [3, 11].

Дослідження вмісту ультрадисперсного промислового аерозолу в повітрі робочої зони працівників вказаної професії залишається актуальним для оцінки професійного ризику та розробки ефективних заходів профілактики серед працівників групи підвищеного ризику.

Мета дослідження – оцінка вмісту промислового ультрадисперсного аерозолу на робочому місці плавильника металу та сплавів у машинобудівному виробництві.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження вмісту ультрадисперсних частинок у повітрі робочої зони на робочому місці плавильника машинобудівного підприємства проводилося за допомогою приладу NanoScan SMPS Скануючий класифікатор наночасток, Модель 3910 (США), який дозволяє вимірювати зважені частинки розміром у діапазоні від 10 до 416 нм. Оцінювали наступні показники ультрадисперсного аерозолу: кількість частинок, площу поверхні, об'єм і масову концентрацію наночастинок при відкритому плавленні металів при роботі печі EI-96ГЛ і вакуумному плавленні при роботі вакуумно-індукційної печі ВВП-100. Усього було проведено по 182 дослідження числа (кількість частинок/см³), площі поверхні (нм²/см³), об'єму (нм³/см³) і масової концентрації (µг/см³) ультрадисперсних частинок на робочих місцях плавильника металу та сплавів при різних видах плавлення та у працівників контрольної групи (адміністрація).

Результати дослідження та їх обговорення

При плавленні металів на досліджуваному машинобудівному підприємстві використовується відкритий і вакуумний спосіб плавлення. Для цього на підприємстві застосовуються два види печей: вакуумні індукційні печі (ВІП) та індукційні тигельні плавильні електропечі (ІТПЕ). ВІП дозволяють одержати високоякісні тугоплавкі сплави металів, при використанні яких суттєво зменшується вміст газів, а також число неметалічних включень, забезпечується висока однорідність і щільність злитків шляхом спрямованої кристалізації рідкого металу,

поліпшуються фізико-механічні властивості металу. Цей вид плавлення активно застосовується в літакобудуванні, атомній, ракетній та інших галузях промисловості. ІТПЕ використовуються для розплавлення металу та отримання чавунних і металевих відливок найвищої якості, а також для лиття легованих і нержавіючих сплавів, феросплавів і тому застосовуються в ливарних цехах металургійних заводів, у цехах точного лиття, а також у ремонтних цехах машинобудівних заводів.

Відмінність цих методів полягає в тому, що при використанні ВІП у процесі плавлення застосовується герметична вакуумна камера та вакуумні насоси, при цьому температура в індукторі вакуумної камери може сягати 2200 °С. При використанні ІТПЕ відсутня вакуумна камера, плавлення відбувається в набивному тиглі відкритим способом – у середовищі повітряної атмосфери, і може розвивати температуру до 1800 °С.

Завдання та обов'язки плавильників при плавленні металу та сплавів на ВІП полягають в підготовці вакуумної індукційної електропечі до плавлення, встановленні в піч електродів і графітових тиглів, встановленні форм у заливальну камеру. Плавильник вмикає та вимикає вакуумні насоси, визначає вакуум в печі, веде плавлення сплавів за встановленим технологічним режимом, заливає форми та охолоджує відливки або зливки в нейтральному середовищі, розбирає піч, чистить її, заливальну камеру та кристалізатори.

При плавленні металу та сплавів на ІТПЕ плавильник готує різні припої для паяння, лудіння, готує печі до плавлення металів, зважує матеріали, веде процес плавлення матеріалів з дотриманням заданого хімічного складу, розливає припої в прутики, завалює печі шихтою, бере участь у процесі плавлення металів та в ремонті печей, відбирає проби рідкого металу та визначає за даними експрес-аналізу його готовність до випуску.

Дослідження фізичних властивостей ультрадисперсних частинок (УЧ) промислового аерозолу в повітрі робочої зони плавильника при плавленні металів на ІТПЕ надано в таблиці 1. За результатами дослідження встановлено, що на робочому місці плавильника при плавленні металів на ІТПЕ загальна концентрація УЧ становила 69 700 частинок/см³, загальна площа поверхні – $2,11 \cdot 10^9$ нм²/см³, загальний об'єм поверхні – $7,18 \cdot 10^{10}$ нм³/см³, загальна масова концентрація – 86,22 мкг/м³.

Таблиця 1

Аналіз вмісту ультрадисперсного промислового аерозолю на робочому місці плавильника при плавленні відкритим способом (ІПТЕ)

	Число, кількість/см ³	Площа поверхні, нм ² /см ³	Об'єм поверхні, нм ³ /см ³	Масова концентрація, мкг/м ³
Median (nm)	43,1008	197,5537	260,2217	260,2217
Mean (nm)	69,7799	204,6186	253,6221	253,6221
Geo. Mean (nm)	46,3855	175,0580	232,4201	232,4201
Mode (nm)	36,5174	205,3525	365,1741	365,1741
Geo. St. Dev.	2,4531	1,8538	1,5771	1,5771
Загальна концентрація	6,97 · 10 ⁴	2,11 · 10 ⁹	7,18 · 10 ¹⁰	86,2240

Встановлено, що найбільшу питому вагу за кількісною концентрацією мають наночастинки діаметром 15,4; 27,4 та 36,5 нм, найбільшу масову концентрацію, площу та об'єм поверхні — частинки діаметром від 154,0 до 365,2 нм (табл. 2).

Динаміка концентрації УЧ розміром 18 нм під час плавлення металів на ІПТЕ знаходилась у межах від 3061,2 до 6390 (Mean 4670,5; Std.Dev. 740,3) і спостерігалася протягом усього часу плавлення в повітрі робочої зони (рис. 1).

Динаміка концентрації УЧ частинок розміром 35 нм під час плавлення даним способом знаходилась у межах від 5421,8 до 2,0 · 10⁴ (Mean 9660,7; Std.Dev. 2780,9), максимальна кількість частинок фіксувалася безпосередньо під час розливання металу у форми та під час завантаження шихти та електродів, що наочно зображено на рисунку 2.

Схожа тенденція спостерігалася з концентрацією УЧ розміром 52 нм, а саме підвищення концентрації частинок під час розливання металу, завантаження шихти та електродів у піч (Max 4,15 · 10³) і поступове її зниження (Min 3239,8) (Mean 9200,6, Std.Dev. 5607,4).

На робочому місці плавильника при вакуумному способі плавлення загальна концентрація УЧ складала 8472,6 частинок/см³, загальна площа поверхні — 2,77 · 10⁸ нм²/см³, загальний об'єм поверхні — 9,98 · 10⁹ нм³/см³ і загальна масова концентрація — 11,98 мкг/м³ (табл. 3).

При вакуумному методі плавлення металів найбільшу питому вагу за кількістю мали зважені частинки діаметром від 27 до 86 нм, найбільшу масову концентрацію, площу та об'єм поверхні — зважені частинки понад 154 нм (табл. 4).

Таблиця 2

Питома вага ультрадисперсних частинок різного діаметра за фізичними властивостями при відкритому способі плавлення (ІПТЕ), %

Діаметр наночастинок, нм	Кількість частинок, %	Площа поверхні, %	Об'єм поверхні, %	Масова концентрація, %
11,5	7,02	0,09	0,006	0,006
15,4	11,004	0,27	0,02	0,02
20,5	9,13	0,39	0,04	0,04
27,4	11,23	0,87	0,12	0,12
36,5	11,28	1,56	0,28	0,28
48,7	9,79	2,41	0,58	0,58
64,9	8,69	3,81	1,21	1,21
86,6	8,75	6,82	2,89	2,89
115,5	8,31	11,52	6,50	6,50
154,0	6,67	16,43	12,36	12,36
205,4	4,43	19,43	19,49	19,49
273,8	2,42	18,83	25,19	25,19
365,2	1,27	17,54	31,31	31,31

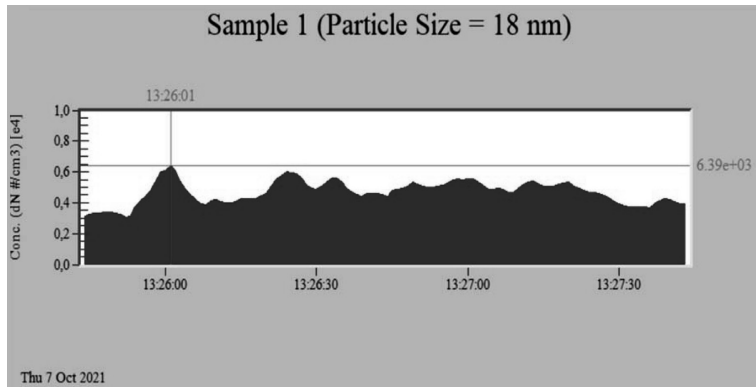


Рис. 1. Динаміка концентрації ультрадисперсних частинок діаметром 18 нм при відкритому способі плавлення чавуну

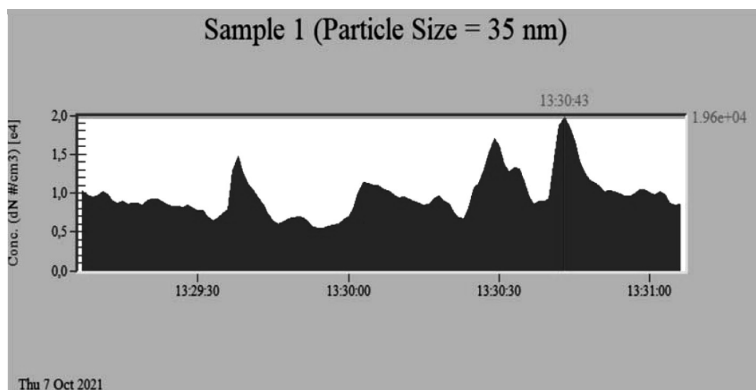


Рис. 2. Динаміка концентрації ультрадисперсних частинок діаметром 35 нм при відкритому способі плавлення чавуну

Дослідження наночастинок діаметром 18 нм під час процесу плавлення показало, що їхня кількісна концентрація була відносно стабільною протягом всього процесу плавлення й склала Mean 494,7; Std.Dev. 20,8 (рис. 3).

Наночастинки розміром 35 нм також мали стабільну кількість під час плавлення, але при відкритті печі спостерігалось збільшення їхньої кількісної концентрації майже в 8,8 разу, що наочно продемонстровано на рисунку 4.

Також спостерігалась відносно стабільна концентрація під час вакуумного плавлення серед наночасти-

нок розміром 52 нм, їхня концентрація знаходилась у межах від 452,6 до 825,4 (Mean 547,6; Std.Dev. 59,9).

При дослідженні вмісту УЧ у повітрі робочої зони працівників контрольної групи (адміністрація) встановлено, що загальна концентрація УЧ становила 5974,4 частинок/см³, загальна площа поверхні – $1,88 \cdot 10^8$ нм²/см³, загальний об'єм поверхні – $6,68 \cdot 10^9$ нм³/см³, загальна масова концентрація – 8,01 мкг/м³. Найбільшу питому вагу за кількістю частинок мали зважені частинки діаметром від 27 до 86 нм (11,2–13,3 %), найбільшу масову концентрацію (12,96–27,3 %), площу

Таблиця 3

Аналіз вмісту ультрадисперсного промислового аерозолю на робочому місці плавильника при плавленні вакуумним способом (ВІП)

	Число, кількість/см ³	Площа поверхні, нм ² /см ³	Об'єм поверхні, нм ³ /см ³	Масова концентрація, мкг/м ³
Median (nm)	53,6603	206,1240	309,7261	309,7261
Mean (nm)	75,0513	215,9894	275,9164	275,9164
Geo. Mean (nm)	54,2240	179,6392	250,8860	250,8860
Mode (nm)	48,6968	365,1741	365,1741	365,1741
Geo. St. Dev.	2,2156	1,9451	1,6275	1,6275
Загальна концентрація	8472,6249	$2,77 \cdot 10^8$	$9,98 \cdot 10^9$	11.9804

Таблиця 4

Питома вага ультрадисперсних частинок різного діаметра в промисловому аерозолі за фізичними властивостями при вакуумному способі плавлення, %

Діаметр наночастинок, нм	Кількість частинок, %	Площа поверхні, %	Об'єм поверхні, %	Масова концентрація, %
11,5	3,19	0,041	0,002	0,002
15,4	5,76	0,13	0,009	0,009
20,5	6,31	0,26	0,02	0,02
27,4	10,66	0,77	0,1	0,09
36,5	13,30	1,7	0,29	0,29
48,7	13,85	3,15	0,71	0,71
64,9	13,04	5,28	1,59	1,59
86,6	11,72	8,43	3,38	3,38
115,5	9,05	11,58	6,19	6,19
154,0	5,71	13,00	9,27	9,27
205,4	3,17	12,82	12,19	12,19
273,8	2,03	14,61	18,52	18,52
365,2	2,21	28,23	47,73	47,73

(12,4–46,5 %) та об'єм поверхні (12,4–46,5 %) – зважені частинки понад 205 нм.

Встановлено, що при відкритому плавленні металів загальна концентрація частинок нанорозмірного діапазону в 8,2 рази більше порівняно з плавленням металу вакуумним способом ($< 0,00001$), за площею поверхні у 7,5 рази ($< 0,005$), за масовою концентрацією в 7,2 рази ($< 0,04$).

Також відмічалася вірогідна відмінність показників при відкритому плавленні металів та на робочому місці працівників контрольної групи за концентрацією наночастинок у 11,7 рази порівняно з контролем ($< 0,00001$), за площею поверхні в 11,3 рази ($< 0,003$), за масовою концентрацією в 10,7 рази ($< 0,03$).

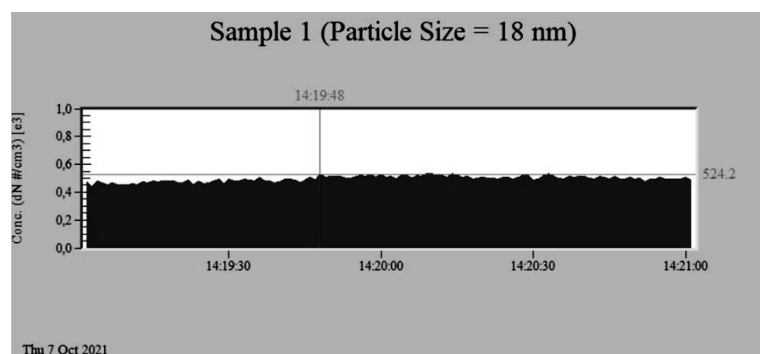


Рис. 3. Динаміка концентрації ультрадисперсних частинок діаметром 18 нм при вакуумному способі плавлення

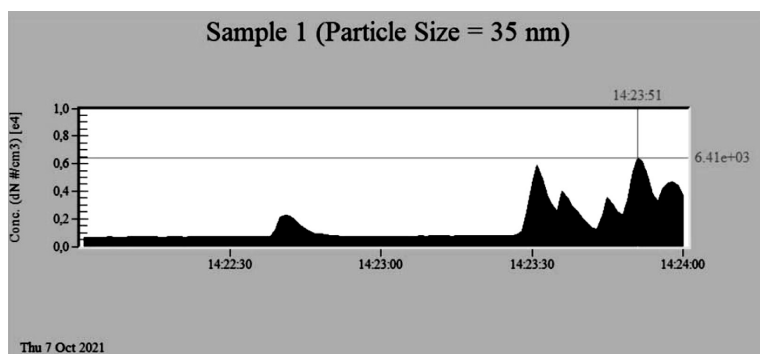


Рис. 4. Динаміка концентрації ультрадисперсних частинок діаметром 35 нм при вакуумному способі плавлення

Висновки

1. Доведено, що процес плавлення металів є джерелом утворення частинок нанорозмірного діапазону, які потрапляють у повітря робочої зони й впливають на працівників протягом усього робочого часу. При всіх видах плавлення металів на робочому місці плавильника переважають наночастинки розміром від 15 до 86 нм.
2. При відкритому плавленні металів на ТПЕ концентрація частинок нанорозмірного діапазону в 8,8 рази більше порівняно з плавленням металу вакуумним способом на ВІП. Встановлена вірогідна відмінність між показниками, отриманими при плавленні відкритим методом і вакуумним методом плавлення, і також контрольною групою за показниками загальної концентрації частинок, площею поверхні та масовою концентрацією.
3. При відкритому плавленні металів плавильники протягом усього робочого часу піддаються

впливу наночастинок високої концентрації на відміну від плавильників, які використовують вакуумну плавку. При останньому методі плавки концентрація наночастинок значно збільшується (у 8,8 рази) лише при відкриванні печі, яка впливає на працівників протягом 30 % робочого часу.

4. Таким чином, визначення фізичних властивостей ультрадисперсного промислового аерозолу на робочому місці працівників є важливим етапом при ідентифікації небезпеки та оцінці професійного ризику для здоров'я працюючих з метою застосування ефективних методів профілактики.

Перспективи подальших досліджень. Надалі планується провести дослідження хімічного складу ультрадисперсного промислового аерозолу в повітрі робочої зони плавильника металу та сплавів й оцінити ризик їхнього негативного впливу на здоров'я працівників.

Література

1. Гигиенические особенности условий труда и их влияние на здоровье работников, занятых на производстве феррованадия. Д. М. Шляпников, П. З. Шур, В. Б. Алексеев и др. *Медицина труда и промышленная экология*. 2013. № 11. С. 12–16.

2. Апрелева Н. Н., Сетко Н. П. Гигиеническая характеристика индивидуального профессионального риска у рабочих вторичной обработки цветных металлов. *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 1–1. С. 1289.

3. Условия развития и особенности течения заболеваний органов дыхания у плавильщиков титановых сплавов. Е. М. Власова, Н. К. Вознесенский, В. Б. Алексеев и др. *Гигиена и санитария*. 2018. № 97 (1). С. 65–69. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-1-65-69>.

4. Шамансурова Х. Ш. Условия труда горнорабочих при извлечении золота методом гравитационно-сорбционной технологии. *Запорожский медицинский журнал*. 2011. Т. 13, № 5. С. 83–85.

5. Лазаренков А. М. Исследование влияния условий труда на общую заболеваемость литейщиков. *Литье и металлургия*. 2019. № 3. С. 156–159. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-3-156-159>.

6. Лазаренков А. М. Исследование влияния условий труда на работающих в литейных цехах. *Литье и*

металлургия. 2019. № 2. С. 134–137. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-2-134-137>.

7. Оценка риска и профилактика патологии органов дыхания у работников титаномагниевого производства. В. Б. Алексеев, Д. М. Шляпников, Е. М. Власова и др. *Гигиена и санитария*. 2016. № 95 (1). С. 37–41.

8. Actual problems of exposure risk assessment of finely dispersed aerosols and aerosols of nanoparticles. А. I. Sevalnev, L. P. Sharavara, O. O. Nefedov et al. *Запорізький медичний журнал*. 2018. Т. 20, № 2 (107). С. 270–274.

9. Elihn K., Berg P. Ultrafine Particle Characteristics in Seven Industrial Plants. *Ann. Occup. Hyg.* 2009. Vol. 53, № 5. P. 475–484. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mer033>.

10. Hsien Yi., Chung Min Liao. BMI- based approach reveals direct impact of metal dust exposure on influenza-associated lung function decrement risk in smelters. *Journal of Hazardous Material*. 2012. Vol. 235–236. P. 210–217.

11. Особенности заболеваний органов дыхания у плавильщиков титановых сплавов в условиях сочетанного воздействия мелкодисперсной пыли и соединений хлора. Е. М. Власова, О. Ю. Устинова, А. Е. Носов и др. *Гигиена и санитария*. 2019. № 98 (2). С. 153–158.

Шаравара Л. П.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО АЭРОЗОЛЯ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ПЛАВИЛЬЩИКА МЕТАЛЛА И СПЛАВОВ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Запорожский государственный медицинский университет

Вступление. Условия труда работников, занятых процессом плавления металлов, оцениваются как вредные, а по некоторым факторам – как опасные. Исследования пыли в воздухе рабочей зоны подтверждают наличие частиц крупнодисперсной фракции.

Цель исследования – оценка содержания промышленного ультрадисперсного аэрозоля на рабочем месте плавильщика металла и сплавов в машиностроительном производстве.

Материалы и способы исследования. Для исследования физических свойств промышленного ультрадисперсного аэрозоля использовали прибор NanoScan SMPS Сканирующий классификатор наночастиц, Модель 3910. Определяли количество, площадь поверхности, объем и массовую концентрацию частиц размером от 10 до 416 нм на рабочих местах плавильщиков при открытом и вакуумном способе плавления. В качестве контрольной группы были взяты работники административного корпуса.

Результаты. Установлено, что на рабочем месте плавильщиков, занятых открытым методом плавления, общая концентрация частиц наноразмерного диапазона больше по сравнению с плавлением металла вакуумным способом в 8,2 раза ($< 0,00001$), по площади поверхности в 7,5 раза ($< 0,005$), по массовой концентрации в 7,2 раза ($< 0,04$). Также отмечено вероятное отличие показателей при открытом плавлении металлов в сравнении с контролем по концентрации наночастиц в 11,7 раза ($< 0,00001$), по площади поверхности в 11,3 раза ($< 0,003$), по массовой концентрации в 10,7 раза ($< 0,03$).

Выводы. Подтверждено наличие частиц наноразмерного диапазона (≤ 100 нм) на рабочих местах работников, занятых процессом плавления металлов. Их концентрация зависит от метода плавления и технологических операций, выполняемых плавильщиком во время плавления. Поэтому определение содержания ультрадисперсного промышленного аэрозоля на рабочем месте работников является важным этапом при идентификации опасности и оценке профессионального риска для здоровья работающих с целью применения эффективных методов профилактики.

Ключевые слова: ультрадисперсный промышленный аэрозоль, условия труда плавильщика, наночастицы, воздух рабочей зоны, профессиональный риск

Sharavara L. P.

EVALUATION OF THE CONTENT OF INDUSTRIAL ULTRAFINE AEROSOL AT THE WORKPLACE OF A SMELTER AND ALLOYS IN MACHINE-BUILDING PRODUCTION

Zaporizhzhia State Medical University

Introduction. The working conditions of workers engaged in the process of melting metals are assessed as harmful, and according to some factors as dangerous. Dust studies confirm the presence of particles of coarse fraction in the air of the working area.

The aim of the study – to evaluate the content of industrial ultrafine aerosol in the workplace of metal and alloy melters in the machine-building production.

Materials and methods. The NanoScan SMPS Scanning Nanoparticle Classifier, Model 3910, was used to study the physical properties of the industrial ultrafine aerosol. The number, surface area, volume, and mass concentration of particles ranging in size from 10 to 416 nm at melter workplaces with open and vacuum melting were determined. Employees of the administrative corps were taken as a control group.

Results. It was found that at the workplace of melters engaged in the open melting method, the total concentration of particles in the nanoscale range is 8.2 times higher than in the melting of metal by vacuum (< 0.00001), by surface area it is 7.5 times higher (< 0.005), by mass concentration – 7.2 times (< 0.04). There was also a significant difference in the open melting of metals compared with the control of the concentration of nanoparticles – of 11.7 times (< 0.00001), the surface area – of 11.3 times (< 0.003), the mass concentration – of 10.7 times (< 0.03).

Conclusions. The presence of nanoscale particles at the workplaces of workers engaged in the smelting of metals has been confirmed. Their concentration depends on the method of melting and technological operations performed by the melter during melting. Therefore, the determination of the content of ultrafine industrial aerosol in the workplace is an important step in identifying hazards and assessing occupational risks to the health of workers in order to apply effective methods of prevention.

Key words: ultrafine industrial aerosol, melting conditions, nanoparticles, air of the working area, occupational risk

References

1. Shlyapnikov, D. M. et al. (2013), «Hygienic features of working conditions and their impact on the health of workers employed in the production of ferrovanadium» [«Vyvchennia, otsinka i zmeshennia ryzyku inhaliatsiinoho i perkutannoho vplyvu pestytsydiv na osib, yaki pratsiuut z nymy abo mozhut zaznavaty vplyvu pid chas i pislia khimichnoho zakhystu roslyn ta inshykh ob'ektiv»], *Occupational medicine and industrial ecology*, No. 11, pp. 12–16.
2. Apreleva, N. N., Setko, N. P. (2015), «Hygienic characteristics of individual occupational risk in workers in secondary processing of non-ferrous metals» [«Hyhyenycheskaia kharakterystyka yndyvydualnoho professyonalnoho ryska u rabochykh vtorychnoi obrabotky tsvetnykh metallov»], *Modern problems of science and education*, No. 1–1, pp. 1289.
3. Vlasova, Ye. M. et al. (2018), «Conditions for the development and features of the course of respiratory diseases in titanium alloy smelters» [«Uslovyia razvytyia y osobennosti techenia zabolevanyi orhanov dykhanyia u plavylshchykov tytanovykh splavov»], *Hygiene and sanitation*, No. 97 (1), pp. 65–69, <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-1-65-69>.
4. Shamansurova, Kh. Sh. (2011), «Working conditions of miners when extracting gold using gravity-sorption technology» [«Uslovyia truda hornorabochykh pry yzvlachenny zolota metodom hravytatsyonno-sorbtsyonnoi tekhnolohyy»], *Zaporozhye medical journal*, No. 13 (5), pp. 83–85.
5. Lazarenkov, A. M. (2019), «Study of the influence of working conditions on the overall incidence of foundry workers» [«Yssledovanye vlyianyia uslovyi truda na obshchuiu zabolevaemost lyteishchykov»], *Casting and metallurgy*, No.3, pp. 156–159. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-3-156-159>.
6. Lazarenkov, A. M. (2019), «Study of the impact of working conditions on workers in foundries» [«Yssledovanye vlyianyia uslovyi truda na obshchuiu zabolevaemost lyteishchykov»], *Casting and metallurgy*, No. 2, pp.134–137. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-2-134-137>.
7. Alekseyev, V. B. et al. (2016), «Risk assessment and prevention of respiratory pathology in workers of titanium-magnesium production» [«Otsenka ryska y profylaktyka patolohyy orhanov dykhanyia u robotnykov tytanomahnyevykh proyzvodstv»], *Hygiene and sanitation*, No. 95 (1), pp. 37–41.
8. Sevalnev, A. I. (2018), «Actual problems of exposure risk assessment of finely dispersed aerosols and aerosols of nanoparticles», *Zaporozhye medical journal*, No. 20 (2), pp. 270–274.
9. Elihn K., Berg, P. (2009), «Ultrafine Particle Characteristics in Seven Industrial Plants», *Ann. Occup. Hyg.* No. 53 (5), pp. 475–484. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mep033>.
10. Yi Hsien, Chung, Min Liao. (2012), «BMI- based approach reveals direct impact of metal dust exposure on influenza-associated lung function decrement risk in smelters», *Journal of Hazardous Material*, No. 235–236, pp. 210–217.
11. Vlasova, Ye. M. (2019), «Features of respiratory diseases in titanium alloy melters under conditions of combined exposure to fine dust and chlorine compounds» [«Osobennosti zabolevanyi orhanov dykhanyia u plavylshchykov tytanovykh splavov v uslovyakh sochetannoho vozdeistvyia melkodispersnoi pyly y soedynenyi khlora»], *Hygiene and sanitation*, No. 98 (2), pp. 153–158.

ORCID ID автора:

Шаравара Л. П. (ORCID ID 0000-0001-9102-3686).

Інформація щодо джерел фінансування дослідження: дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи кафедри загальної гігієни та екології ЗДМУ «Наукове обґрунтування та управління ризиками в системі громадського здоров'я», № державної реєстрації 0117U006957.

Надійшла: 2 листопада 2021 р.

Прийнята до друку: 2 грудня 2021 р.

Контактна особа: Шаравара Лариса Павлівна, кандидат медичних наук, Запорізький державний медичний університет, буд. 26, пр. Маяковського, м. Запоріжжя, 69035. Тел.: + 38 0 99 271 77 57.
Електронна пошта: saravalarisa@gmail.com