

В.Е. Абракітов, М.Ю. Іващенко, М.О. Мороз, О.Ю. Нікітченко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ ІЗ АБРАЗИВНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Досліджено, що якість абразивних матеріалів має прямий вплив на безпеку праці. Використання сучасних матеріалів при шліфуванні призводить до зростання швидкості обробки поверхні в два-три рази. Запропоноване рішення сприяє зниженню концентрації пилу на робочому місці, робить його фракцію більш безпечною, скорочує тривалість впливу промислового пилу на працівника та підвищує продуктивність праці.

Ключові слова: абразив, безпека, ливарники, тил, силікоз, шліфування.

Постановка проблеми

Ливарне виробництво є одним з найбільш шкідливих та небезпечних виробництв в індустрії. Незважаючи на останні досягнення в технологіях, працівники ливарних відділень продовжують зіткнення зі стійкими шкідливими чинниками, що негативно впливають на їх безпеку та здоров'я.

Навіть на передових заводах із відмінними програмами боротьби та контролю за цими чинниками збереження здоров'я та добробуту персоналу залишається однією з найбільш актуальних завдань для керівництва, робітників та їх представників [1–5]. Ця проблема залишається актуальною як у періоди промислового спаду, коли увага до питань безпеки й здоров'я відступає на другий план, так і під час періоду економічного піднесення, коли збільшення виробництва може призвести до використання потенційно небезпечних технологій [6]. Тож навчання та контроль над шкідливими факторами залишатимуться постійною потребою на довгий час.

Запиленість є одним з ключових факторів, що значно впливає на захворюваність працівників ливарного виробництва. Навіть при ретельно контрольованих процедурах очищення діоксид кремнію присутній, навіть якщо на відливках візуально сліди пилу не помітні.

Силікоз є найпоширенішим захворюванням на сталеливарних ділянках зачистки, тоді як на чавуноливарних ділянках зачистки більш поширений змішаний пневмоконіоз. Поширеність захворювань зростає зі збільшенням тривалості та рівнів запиленості. Свідчить про те, що на сталеливарних виробництвах силікоз імовірніший, ніж на чавуноливарних, через більший вміст у повітрі діоксиду кремнію. Спроби встановити рівень впливу, при якому силікоз не виникає, не дали конкретних результатів; порогове значення становить приблизно 100 мкг/г^3 , а нижня межа, ймовірно, – половина цієї величини.

У багатьох країнах частота захворювань на

силікоз знижується, частково завдяки змінам у технологіях, спрямованим на зниження шкідливого впливу кремнієвого піску, та переходу від виробництва динасової цегли до нових матеріалів для футерування в сталеплавильному виробництві. Головною причиною є скорочення кількості працівників на виробництві сталі та ливарних підприємствах за рахунок автоматизації. Проте у багатьох ливарних цехах рівні запиленості залишаються на небезпечно високому рівні, особливо в країнах з високим ступенем ручної праці в ливарному процесі.

Протягом тривалого часу з'являлися дані про силікотуберкульоз у ливарників. На підприємствах, де спостерігалось зниження захворюваності на силікоз, також спостерігалось зменшення кількості випадків туберкульозу, але ця хвороба не була повністю ліквідована. Туберкульоз залишається значним фактором смертності серед працівників у ливарному виробництві в країнах, де на металургійних підприємствах високий рівень запиленості і від туберкульозу страждає населення.

Багато робітників, що хворіють на пневмоконіоз, також страждають від хронічного бронхіту, який часто супроводжується емфіземою. Протягом тривалого часу дослідники вважали, що у деяких випадках захворювання можуть бути пов'язані з незахищеністю від впливу шкідливих факторів на виробництві. Зареєстровано випадки раку легенів, часткової пневмонії, бронхопневмонії і коронарного тромбозу у робітників ливарного виробництва, які пов'язані з пневмоконіозом.

Нещодавній аналіз випадків смертності серед ливарників, зокрема в американській автомобільній промисловості, показав зростання частки раку легенів. Висока захворюваність на рак легенів у працівників в очисних відділеннях, де основним шкідливим фактором є діоксид кремнію, можливо, також пов'язана зі змішаним впливом шкідливих факторів.

Механічна обробка або різання – це технологія, яка застосовує механічний вплив на матеріали за

допомогою інструментів, що видаляють зайве. Внаслідок цього процесу метал набуває необхідної форми.

Один з різновидів механічної обробки – вплив абразивними матеріалами. Під час цього процесу абразивні матеріали, як-от шліфувальні круги або пісок, використовуються для обробки поверхні металевих виробів. До того ж можна додати обробку напилком – це ще один метод обробки металу, який передбачає використання напилка для видалення матеріалу з поверхні. Напилек – це інструмент з гострими зубцями, який може різати метал. Обробка напилком дозволяє досягти більш точної форми виробу.

Абразивні матеріали широко застосовуються для очищення зварних швів на відливках як на спеціальних верстатах, так і при ручній обробці. Одним з найпопулярніших інструментів у цій галузі є кутова шліфувальна машина (КШМ, або болгарка), а основним абразивним матеріалом для цього застосування є зачисні і відрізнні круги на бакелітовій зв'язці [1].

Шліфувальні круги доступні з різними допоміжними матеріалами. Деякі з них є дорогими абразивними матеріалами з міцним абразивним зерном, інші – дешевими аналогами. Також використовуються різні зв'язувальні речовини. Сьогодні шліфувальні круги класифікують за багатьма параметрами.

Середня вага одного круга розміром 125×1 мм становить 30 г, з яких близько 20 г – абразивне зерно. Оскільки ресурс зачисного круга може відрізнятись майже в 20 разів, один і той же обсяг роботи може вимагати витрати від 20 до 400 г абразиву.

Під час роботи з КШМ та абразивним кругом на бакелітовій зв'язці оператор може стикатися з ризиком отримання травми внаслідок руйнування круга та впливу шкідливих факторів, зокрема вібрації, підвищеного рівня шуму, виділення іскор і великих фракцій матеріалу, а також високого рівня запиленості.

Особливу увагу слід звернути на такий шкідливий фактор, як пил, який утворюється під час обробки металевих виливок абразивними матеріалами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Постійне вдихання промислового пилу може призвести до професійних захворювань, серед яких силікоз, пневмоконіоз та навіть онкологічні захворювання. Хоча існують різні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), важливо розуміти, що вони є останнім заходом захисту здоров'я робітників і використовуються тоді, коли інші заходи не є можливими [5, 6].

Під час технологічних процесів: обдирання, зачистки металу, шліфування, заточування, притирання та обробки поверхні – утворюється абразивний промисловий пил. Цей пил складається з твердих часток різних розмірів, які зависають у повітрі робочої зони та повільно осідаються [7–10].

Промисловий пил є аерозолем, де повітря є дисперсійним середовищем, а тверді частки – дис-

персною фазою. Фізичні, фізико-хімічні та хімічні властивості пилу впливають на його токсичність, подразливу та фіброгенну дію на людину. Щільність і форма частинок, адсорбційні властивості, розчинність та електрзарядженість частинок, а також концентрація пилу в повітрі робочої зони або атмосфері впливають на його властивості.

Промислові аерозолі можуть мати різні види шкідливого впливу, включно із фіброгенною дією, загальною токсичністю, дратівливістю, канцерогенністю та мутагенністю [8]. Наприклад, абразивний пил, що утворюється під час обдирання, зачистки металу тощо, вважається аерозолем переважно фіброгенної дії, яка може спричинити утруднене дихання, кашель, чхання, отруєння, задуху, погіршення видимості, подразнення шкіри та підвищену сльозотечу, що може призвести до травмування.

Мета статті

Професійні захворювання, пов'язані з впливом промислових аерозолів, включають пневмоконіози, алергічні реакції, бронхіт та інші. Боротьба з виробничим пилом є важливим завданням гігієни праці, оскільки велика кількість працівників може бути піддана його впливу. Зниження рівня пилу в повітрі робочої зони може покращити умови праці та зменшити ризик професійних захворювань працівників. Це також може призвести до економічних вигод для підприємства, зменшуючи витрати на лікування та компенсації працівників.

Метою роботи є вивчення рівня запиленості під час використання абразивних матеріалів.

Дослідження були проведені за допомогою стандартних методик визначення запиленості, зокрема вагового та лічильного методів.

Виклад основного матеріалу

Під час досліджень була використана операція зачистки зварних швів на швелері № 20 (Сталь 7) перед випробуваннями. Шви були поперек швелера і мали довжину близько 200 мм. Операція передбачала зворотно-поступальні рухи шліфувальної машини вздовж шва, рух по переходу на новий шов і зачистку фаски на краю швелера. Тривалість операції не перевищувала двох хвилин, що визначалося тривалістю відбору проби повітря в зоні дихання працівника. Після завершення операції працівник вимикав машинку і провітрював приміщення протягом 15 хвилин.

Для операції використовувалися 2 фіброваних круги з керамічним зерном точної форми $\varnothing 125$ мм та 2 відрізнні круги на бакелітовій зв'язці $\varnothing 125$ мм і товщиною 6 мм різних фірм виробника.

Результати порівняння концентрації аерозолів переважно фіброгенної дії в повітрі робочої зони при роботі з фіброваними кругами та кругами на бакелітовій зв'язці представлені в табл. 1.

Таблиця 1
Вирахування концентрації пилу в повітрі робочої зони за роботою КШМ

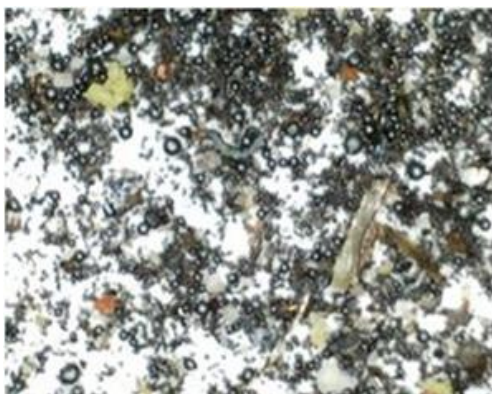
Об'єкт	ГДК, мг/м ³	Визначена концентрація, мг/м ³	Перевищена ГДК, разів
КШМ + шліфувальний круг із зерном точної форми	6	22,8	3,8
КШМ + шліфувальний круг із бакелітовою зв'язкою	6	55,6	9,2

Проведене вимірювання концентрації пилу виконувалося за допомогою гравіметричного методу. За результатами експерименту, виконаного з використанням фібрового круга, було виявлено перевищення гранично допустимої концентрації у 3,8 раза. Тоді як зачисний круг на бакелітовій зв'язці, який також використовувався у дослідженні, показав перевищення у 9,2 раза.

Отримані результати свідчать про те, що фіброві круги зменшують концентрацію пилу в 2,5 раза.

Пил, що утворюється при роботі абразивним кругом на бакелітовій зв'язці, може відрізнитися за складом та дисперсністю. Склад пилу залежить від оброблюваного матеріалу та типу абразивного круга, до того ж різні виробники можуть використовувати різні складові для своїх кругів. Дисперсність пилу визначається розміром часток. Крім того, характер пилу може змінюватися залежно від наявності старого покриття або іржі на оброблюваному матеріалі.

На зображеннях пилу під мікроскопом, який утворюється під час шліфувальних робіт з різними матеріалами, видно, що при використанні фібрового зачисного круга утворюється більш великодисперсний пил, схожий на стружку, тоді як при шліфуванні поверхні кругами на бакелітовій зв'язці зі звичайним керамічним зерном – дрібнодисперсний пил (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Фотографії утворюваного при шліфувальних роботах пилу: а) під час обробки кругами на бакелітовій зв'язці зі звичайним керамічним зерном утворюється дрібнодисперсний пил; б) при обробці фібровими кругами із зерном точної форми утворюється стружка

Великодисперсний і дрібнодисперсний пил мають різні властивості та можуть впливати на здоров'я та навколишнє середовище. Походження: цей тип пилу може утворюватися під час обробки матеріалів, наприклад, під час різання, шліфування або свердління.

Давайте розглянемо їх відмінності.

Великодисперсний пил:

- розмір часток: частки великодисперсного пилу зазвичай більше 10 мікрометрів (мкм);
- вплив на здоров'я: великодисперсний пил менш небезпечний для здоров'я, оскільки він не може проникнути глибоко в дихальні шляхи. Однак великі частки можуть подразнювати очі та дихальні шляхи.

Дрібнодисперсний пил:

- розмір часток: частки дрібнодисперсного пилу менше 10 мкм і можуть бути навіть менше 2,5 мкм;
- вплив на здоров'я: дрібнодисперсний пил є небезпечним, оскільки може проникати глибоко в легені та викликати серйозні проблеми зі здоров'ям, зокрема захворювання серця, респіраторні захворювання та інші.

Дрібнодисперсний пил є більш небезпечним для здоров'я, оскільки може проникати в дихальні шляхи та мати довготривалий вплив. Великодисперсний пил менш небезпечний, але однаково може викликати дискомфорт та подразнення.

Дрібнодисперсний пил може залишатися в повітрі робочої зони тривалий час і потрапляти в легені працівника легше, ніж великодисперсний. Ці дрібні частинки, менше 5 мікрон, можуть проникати в кров і вражати різні органи, оскільки вони менше товщини стінки альвеол.

Пил, який утворюється під час обробки металу різними абразивними матеріалами, відрізняється за розміром через вміст керамічного оксиду алюмінію (Al_2O_3). У звичайних абразивних матеріалах керамічне зерно має неправильну (рис. 2) форму, що призводить до перегріву поверхні при обробці металу. Натомість абразивні керамічні зерна з точною формою правильної призми швидко та рівномірно прорізають метал без перегріву. Під час зносу абразивного зерна мікрочастинки сколюються, відкриваючи нові гострі краї, що підвищує агресивність і тривалість служби абразивних матеріалів з керамічним зерном точної форми.

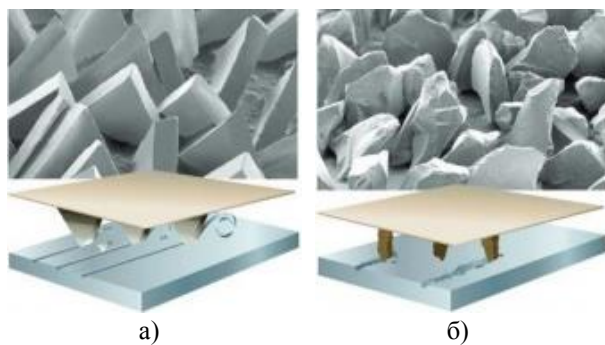


Рис. 2. Керамічні зерна можуть мати різну форму, що впливає на принцип їх використання при обробці металу: а) точна форма; б) звичайна форма

Лабораторні дослідження на підприємстві показали, що абразивні шліфувальні круги із зерном точної форми видаляють стільки ж металу при силі натиску 6 кг, як і інші круги при силі натиску 10 кг. Крім того, ці круги видаляють на 40 % більше металу, ніж будь-які інші при тій же силі натиску.

Висновки

Із проведеного наукового дослідження можна зробити такі висновки:

1. Якість абразивного матеріалу має прямий вплив на безпеку праці.
2. Використання сучасних матеріалів дозволяє збільшити швидкість обробки поверхні в декілька разів (в 2–3 рази), що підвищує продуктивність праці та зменшує тривалість негативного впливу промислового пилу на оператора при виконанні однакового обсягу роботи.
3. Застосування сучасних абразивних матеріалів дозволяє знизити концентрацію пилу на робочому місці, зробити фракцію пилу менш шкідливою, скоротити тривалість впливу пилу на працівника та підвищити продуктивність праці робітника.

Література

1. *Handbook of Metal Injection Molding / A volume in Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering*

Book, 2012 - 586 p. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090669500261>

2. Глиняна Н. М. Охорона праці у ливарному виробництві / Н. М. Глиняна. – Краматорськ : ДДМА, 2009. – 184 с.

3. Оцінка умов праці ливарників. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%9E%D0%A5%D0%9E%D0%A0%D0%9E%D0%9D%D0%90_%D0%9F%D0%A0%D0%90%D0%A6%D0%86/R_Litvo.pdf.

4. S. Ramrattan. *Non-standard tests for process control in chemically bonded sands*. Edition: First Edition Publisher: American Foundry Society Editor: Ian Kay ISBN: 978-0-87433-399-2 December 2013. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/259800577_Metal_Casting_Principles_and_Techniques

5. Охорона праці в Україні та за кордоном: система менеджменту охорони здоров'я та професійної безпеки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studwood.ru/676828/bzhd/vvedenie/> (дата звернення 25.05.2021).

6. *Safety and health. Ergonomic & Safety Assessment Guide for Machines and Equipment*. 2007 National Safety Council. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.safetyandhealthmagazine.com/ext/resources/files/Resources/Ergonomic_Checklist.pdf

7. Безпека праці на ливарному виробництві // Охорона праці і пожежна безпека. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://oppb.com.ua/news/bezpeka-praci-na-lyvarnomu-vyrobnytvi>

8. Peter Beeley. *Foundry Technology*. Second edition. Environmental protection, health and safety. – 711 p. https://www.academia.edu/4161769/foundry_technology_by_peter_beeley

9. Steve Hurst. *Metal Casting Appropriate Technology in the Small Foundry*. Intermediate Technology Publications, 1996 – 227 p. https://books.google.com.ua/books/about/Metal_Casting.html?id=5Yp5QgAACAAJ&redir_esc=y

10. *Safety considerations in additive manufacturing processes*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785323051027>

References

1. «Handbook of Metal Injection Molding» – A volume in Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering Book, 2012. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090669500261>
2. Hlyniana N. M. (2009). Okhorona pratsi u lyvarnomu vyrobnytstvi . Kramatorsk : DDMA.
3. Otsinka umov pratsi lyvarnykiv. https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%9E%D0%A5%D0%9E%D0%A0%D0%9E%D0%9D%D0%90_%D0%9F%D0%A0%D0%90%D0%A6%D0%86/R_Litvo.pdf.
4. S. Ramrattan (2013). Non-standard tests for process control in chemically bonded sands. Edition: First Edition Publisher: American Foundry Society Editor: Ian Kay. https://www.researchgate.net/publication/259800577_Metal_Casting_Principles_and_Techniques
5. Okhorona pratsi v Ukraini ta za kordonom: systema menedzhmentu okhorony zdorovia ta profesiinoi bezpeky. <https://studwood.ru/676828/bzhd/vvedenie>.
6. Safety and health. Ergonomic & Safety Assessment Guide for Machines and Equipment. 2007 National Safety Council.

[https://www.safetyandhealthmagazine.com/ext/resources/files/](https://www.safetyandhealthmagazine.com/ext/resources/files/Resources/Ergonomic_Checklist.pdf)

Resources/Ergonomic_Checklist.pdf

7. Bezpeka praci na lyvarnomu vyrobnytstvi // Okhrona praci i pozhezhna bezpeka. <https://oppb.com.ua/news/bezpeka-praci-na-lyvarnomu-vyrobnytstvi>

8. Peter Beeley. Foundry Technology. Second edition. Environmental protection, health and safety. https://www.academia.edu/4161769/foundry_technology_by_peter_beeley

9. Steve Hurst (1996). Metal Casting Appropriate Technology in the Small Foundry. Intermediate Technology Publications. https://books.google.com.ua/books/about/Metal_Casting.html?id=5Yp5QgAACAAJ&redir_esc=y

10. Safety considerations in additive manufacturing processes. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785323051027>

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Савцова, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: АБРАКИТОВ Володимир Едуардович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – abrakitov67@gmail.com

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0583-5122>

Автор: ІВАЩЕНКО Марина Юріївна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – marina.sh.225@gmail.com

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9202-6448>

Автор: МОРОЗ Микола Олександрович

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – Mykola.Moroz@kname.edu.ua

Автор: НІКІТЧЕНКО Ольга Юріївна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – olganikitchenko369@gmail.com

OCCUPATIONAL SAFETY WHEN WORKING WITH ABRASIVE MATERIALS

V. Abrakitov, M. Ivashchenko, M. Moroz, O. Nikitchenko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Foundry is one of the most harmful and dangerous operations in the industry. Research shows that the quality of abrasive materials directly impacts occupational safety. Peeling, metal stripping, grinding, sharpening, lapping, and surface treatment generate abrasive industrial dust. This dust consists of particles of various sizes that float in the work area air and settle slowly. Constant inhalation of industrial dust can lead to occupational diseases such as silicosis, pneumoconiosis, and even cancer.

Laboratory tests have shown that fine-grained abrasive grinding wheels remove the same amount of metal at a pressure force of 6 kg as other wheels with a pressure force of 10 kg. In addition, these wheels remove 40% more metal than any of the others with the same pressure force. The dust formed during metal processing with various abrasive materials differs in size due to the ceramic aluminium oxide content (Al₂O₃).

We can draw the following conclusions from the conducted study:

- 1. The quality of the abrasive material has a direct impact on occupational safety.*
- 2. The use of modern materials in grinding makes it possible to increase the speed of surface treatment by several times (2–3 times), improving labour productivity and reducing the duration of the negative impact of industrial dust on the operator when performing the same amount of work.*
- 3. Modern abrasive materials can lower the concentration of dust in the workplace, make the dust fraction less harmful, reduce the duration of dust exposure to the worker, and increase the worker's productivity.*

Controlling industrial dust is an urgent occupational health issue, as many workers can be affected by it. Reducing dust levels in the air of the work area can improve working conditions and mitigate the risk of occupational diseases among employees. It can also lead to economic benefits for the company by reducing the cost of medical treatment and workers' compensation.

The proposed solution helps to decrease dust concentration in the workplace, makes its fraction safer, reduces the employees' time of exposure to dust, and increases labour productivity.

Keywords: abrasive, safety, foundry workers, dust, silicosis, grinding.