

УДК 697.92

DOI: <https://doi.org/10.26661/2071-3789-2021-1-11>

Рижков Вадим Генієвич, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет. ORCID: 0000-0002-0768-544X

Белоконь Карина Володимирівна, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет. ORCID: 0000-0003-2000-4052

Манідіна Євгенія Анатоліївна, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет. ORCID: 0000-0003-4090-9991

Троїцька Олена Олександрівна, доцент, кандидат біологічних наук, Запорізький національний університет. ORCID: 0000-0003-0214-5476

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ВІД ПИЛУ В МЕТАЛУРГІЇ

Повідомлення 1. Фільтрувальні матеріали

Одним з ефективних способів захисту організму працівника від промислового пилу є пропускання запиленого повітря через фільтрувальний матеріал. Зазначений спосіб застосовують як в респіраторах, так і фільтрах для очищення повітря або промислових газів. Показниками, що характеризують роботу фільтрів є коефіцієнт проникності, ефективність, час захисної дії, опір вдиху та видиху (для респіраторів) та інші. У статті описані сучасні матеріали для фільтрації газів, в тому числі повітря, їх властивості, переваги та недоліки, особливості застосування. Для матеріалів на основі перхлорвінілу, що раніше широко застосовувалися, знижується ефективність очищення за температури повітря вище 301 К і високої вологості. Замість них пропонуються фільтрувальні матеріали на основі ультратонких волокон сополімеру стиролу й акрилонітрилу, а також одержаних з розплаву поліпропілену з нанесенням електростатичного заряду. Для тонкого очищення газів за підвищеної температури, застосовують фільтри з кераміки, тонковолокнистої вати з нержавіючої сталі, які мають високу міцність і стійкість до змінних навантажень.

Ключові слова: фільтрація, коефіцієнт проникання, ефективність, фільтрувальний матеріал, НЕРА-фільтр

Вступ. Одним із ефективних способів захисту організму робітника від пилу фіброгенної дії є пропускання запиленого повітря крізь фільтрувальний матеріал. Такий спосіб застосовують як у респіраторах, так і фільтрах (рукавних, рамкових, волокнистих) для очищення повітря або промислових газів.

Змочену тканину для захисту від пилу застосовували ще в античні часи. Перший примітивний респіратор запропоновано О. Гумбольдтом у 1799 р. Відтоді зазначена конструкція пройшла довгий шлях розвитку та у вдосконаленому вигляді її широко застосовують у промисловості.

Вимоги до фільтрів. Існує кілька показників, які характеризують роботу фільтрів та якість фільтрувальних матеріалів. Одним з основних є загальний коефіцієнт проникання, що визначають за формулою:

$$K_{np} = \frac{100 C}{C_0}, \quad (1)$$

де C – концентрація шкідливої речовини (пилу) після проходження фільтру, мг/м³; C_0 – концентрація шкідливої речовини (пилу) в навколишньому повітрі або у газі, що очищують, мг/м³.

Ефективність очищення пилу характеризує відсоток шкідливої речовини, що затримано фільтром:

$$\eta = \frac{100(C_0 - C)}{C_0} = 100 - K_{np}. \quad (2)$$

Показник часу захисної дії T_3 , що визначають у лабораторних умовах, вказує на термін, протягом якого фільтр забезпечує очищення повітря (газу), що проходить через нього, від шкідливої домішки з початковою концентрацією, встановленою за стандартом, до значення, що не перевищує рівень граничнодопустимої концентрації (ГДК). Зазначений показник не встановлює реальний час, протягом якого фільтр працює ефективно, оскільки лабораторні умови його випробувань та умови експлуатації можуть значно відрізнятись. Показник служить для оцінки якості засобу захисту та для порівняння ефективності різних його типів. Очевидно, що показник часу захисної дії повинен бути якомога більше за рівних умов випробувань. Вимоги до фільтрувальних матеріалів регламентовано міждержавними стандартами ДСТ ССБТ, а також в національних стандартах, які є гармонізованими з європейськими стандартами [1; 2].

Головними фізіолого-гігієнічними характеристиками фільтрувальних засобів захисту, які встановлюють максимально допустиму шкідливу дію на організм робітника є опір вдиху та видиху, вміст двооксиду вуглецю у повітрі, яке вдихають та обмеження площі поля зору.

Оскільки перераховані характеристики вказують на ступінь шкідливої дії на організм робітника, всі названі показники повинні бути мінімальними. Врахування їх має принципове значення для фізіологічно обґрунтованого вибирання конкретного засобу захисту за певних умов праці. Наприклад, під час роботи з нетоксичним пилом за невеликої концентрації його у повітрі робочої зони можна з успіхом застосовувати полегшені респіратори у вигляді фільтрувальних напівмасок з низькою ефективністю захисту (не спричиняють додаткового напруження фізіологічних систем організму людини) замість респіраторів з гумовими напівмасками (або масками) та високоефективними фільтрами, що створюють незручності для праці та обмежують працездатність робітника [1; 2].

Фільтрувальні матеріали. Для жодної з категорій фільтрувальних матеріалів не відомо так багато різних видів, як у переліку для повітряної та газової фільтрації. Хоча на фільтрувальні матеріали, що застосовують у цій галузі, накладаються надзвичайно високі вимоги, в останнє десятиліття розвиток у цій області відбувався гігантськими кроками.

Деякі фільтрувальні матеріали, які використовують для фільтрування повітря, у протиаерозольних засобах індивідуального захисту (ЗІЗОД), зменшують свої показники надійності за підвищенням температури та вологості (наявність опадів) навколишнього середовища.

Використовують такі фільтри, як ФПП, ФПМ і НФП. ФПП є фільтром Петріанова на основі перхлорвінілу. Матеріал ФПП є полотном, що складається з шару ультратонких волокон, сполучених розчином перхлорвінілової смоли у дихлоретані, які нанесено на марлеву основу в електричному полі. ФПП має високі фільтрувальні властивості, але його не рекомендують використовувати у ЗІЗОД, які виготовлено на його основі за умов, коли температура навколишнього середовища перевищує 301 К, що пояснюється деструктивними властивостями матеріалу. Під час нагрівання матеріалу ФПП знижуються фільтрувальні властивості матеріалу та починається активне виділення супутнього хлору. Намокання матеріалу також призводить до зниження фільтрувальних можливостей [3].

ФПМ (фільтрувальний полімерний матеріал) являє собою полотно, яке містить шар ультратонких волокон сополімеру стиролу й акрилонітрилу, які нанесено на марлеву

або нетканинну основу в електричному полі. Рекомендований температурний діапазон експлуатації такого матеріалу складає від 243 до +343 К [3].

Матеріал НФП (нетканинний фільтрувальний поліпропіленовий матеріал) є полотном, що містить ультратонкі волокна, одержані з розплаву поліпропілену з нанесенням електростатичного заряду. Рекомендований температурний діапазон експлуатації від 243 до 413 К. Поліпропіленові матеріали мають більш низький опір диханню, фільтрувальні елементи, які виготовлені на їх основі, мають більш високу можливість до авторегенерації. Способи утилізації відпрацьованого матеріалу НФП є більш доступними та безпечними. Аналогом матеріалу НФП є матеріал ефелем. Всі перераховані вище матеріали містять ультратонкі волокна, які призначено для тонкої фільтрації аерозолів [3–5].

З огляду на здатність пилу в повітряних масах наелектризуватися та бути причиною вибухів, особливу важливість під час очищення газів набули фільтрувальні середовища, що володіють електростатичною стійкістю. Значною для газової фільтрації є можливість середовища очищати гарячі гази. Тому велику увагу в цьому питанні сьогодні приділяють керамічним і металевим матеріалам, оскільки обидва види матеріалів є спроможними витримувати високу температуру. Наприклад, виготовляють металеві фільтри з гофрованої жароміцної сталеві стрічки та пористої кераміки. Такі фільтри поєднують високу ступінь очищення з тривалою термічною стійкістю [5; 6].

У США найбільш поширеним та таким, що часто використовують в сухому середовищі є поліефір (близько 70%). Поліамідні нитки мають високу стійкість до стирання, але є чутливими до дії кислотних парів. Важливе значення мають аліфатичні поліаміди. Вони за менших витрат працюють так само добре, як і поліефір. Поліпропілен більше використовують для вологої фільтрації, але він є чутливим до окислювачів, таких як хлор, азотна кислота тощо. ПТФЕ (політетрафторетилен) є практично стійким до більшості хімічних речовин, має максимальну робочу температуру 553 К [5; 6].

Тенденції розвитку фільтрувальних матеріалів. Сучасні умови потребують, щоб з повітряних мас віддалялися не тільки зважені тверді частинки пилу, але й отруйні домішки. З цією метою розроблено комбіновані матеріали, які об'єднують фільтрувальні середовища з адсорбційними матеріалами або матеріалами, що реагують з домішками. Так, наприклад, активоване вугілля з'єднують з волокнами або нитками. Набір таких поєднань безперервно поширюється.

Протягом останнього часу тканинні фільтри удосконалюють за рахунок застосування нових матеріалів. У таких фільтрах використовують фільтрувальні матеріали двох типів: звичайні тканини, виготовлені на ткацьких верстатах, і повсть, одержана шляхом звалювання або механічного переплутування волокон голкопробивним методом. У типових фільтрувальних тканинах розмір наскрізних пор між нитками досягає 100...200 мкм. Якщо раніше такі фільтри виготовляли, в основному, з натурального сировинного складу та волокнистої пряжі, що призводило до їх недовговічності, то тепер – виготовляють із синтетичних волокон і ниток, одно- та багатониткової пряжі. Це дало змогу одержувати основу, яка спроможна нести електростатичні заряди, що допомагає під час фільтрації повітряних сумішей і газів. На сьогодні розроблено різні способи модифікації поверхні тканинних фільтрів способом нанесення іншого матеріалу. Зокрема, виконують ламінування декількох фільтрувальних шарів. Прикладом є «Filterlink» з характерною особливістю у вигляді дуже гладкої лицьової поверхні, що володіє високою стійкістю до забруднення [4; 5].

Фільтрувальна спроможність тканин залежить від характеру та кількості пор, які визначаються сировинним складом та її структурою. Виявлено, що фільтрувальна спроможність тканини пояснюється особливостями її будови (полотняне переплетення,

мінімальна щільність, максимальна поверхнева пористість та максимальний розмір наскрізних пор, як за основою, так і підканням) [4].

Фільтрувальний елемент волокнистих фільтрів складається з одного або декількох шарів, де однорідно розподілено волокна. Волокнисті фільтри, які мають пори, що рівномірно розподілено між тонкими волокнами, працюють з високою ефективністю; ступінь очищення складає 99,5...99,9% за швидкості фільтрувального газу 0,15...1,0 м/с і тиску 500...1000 Па [4; 5].

Фільтрами із скловолокнистих матеріалів можливе очищення агресивних газів за температур до 548 К. Для тонкого очищення газів за підвищеної температури застосовують фільтри з кераміки, тонковолокнистої вати з нержавіючої сталі, що мають високу міцність і стійкість до змінних навантажень, проте їх гідравлічний опір складає 1000 Па. Волокнисті фільтри тонкого очищення використовують у металургії, атомній енергетиці, радіоелектроніці, точному приладобудуванні, промисловій мікробіології, в хіміко-фармацевтичній та інших галузях. Фільтри дають змогу очищувати великі обсяги газів від твердих частинок всіх розмірів, включаючи субмікронні [4–7].

Особливий інтерес представляють трикотажні фільтрувальні рукави, виготовлені основов'язаним способом. Їх міцність і деформаційні характеристики, а також поверхнева щільність легко варіюються. За допомогою такого способу можливим є виробництво безшовного фільтрувального елемента, що скорочує економічні витрати на додаткову сировину, окрім того, виключає можливість швидкого руйнування рукавів у зоні з'єднання. Безшовні фільтрувальні рукави, пройшли апробацію та працюють на підприємствах металургійної, цементної, харчової, машинобудівної промисловості, а також у виробництві будівельних матеріалів.

Аналіз безшовних основов'язаних фільтрувальних рукавів показав високу ефективність пиловловлювання $\eta = 99,99\%$, повітропроникність $B = 165 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, розривна міцність на довжину рукава діаметром 200 мм складає 88 кН. Працездатність становить 19...25 місяців. Рукава задовільно очищають за зворотного продування. Поверхня структури дає змогу витрушувати навіть вапняковий пил, що осідає та твердіє на рукаві. Ступінь регенерації після продування становить 94...97%. Номінальна поверхнева щільність в основов'язаних рукавах дорівнює 345 р/м^2 [4–6].

Раніше в області нетканих фільтрувальних матеріалів застосовували повсть, проте через малу розривну міцність і низьку проникність її використання обмежувалося. Удосконалення методів лиття полімерів із розплаву дає змогу почати виробництво екструзійних повітряно-наповнених полімерних волокон, названих «spunbonded». Матеріали нової технології дали змогу одержувати волокна надзвичайно малого діаметру, що задовільно показали себе в здійсненні тонкої фільтрації. З таких пластиків можна виготовляти шаруваті фільтрувальні матеріали типу «сандвіч». Існують також фільтрувальні матеріали у вигляді сіток, одержаних з дроту і одиночних пластмасових ниток [5].

Зважаючи на особливості фільтрації їх слід розглядати в категорії сит, характерною особливістю яких є гарантовані розміри осередків. Сита можна одержувати кількома способами, найпоширенішим з яких є спікання декількох сіток. Для здійснення на дротяних сітках найбільш тонкої фільтрації використовують багатошарові сітки, названі за кордоном «Worr's Poromet».

Однією з тканин, що може претендувати на звання універсальної, є молочний лавсан. Він відрізняється водовідштовхувальними якостями, стійкістю до сонячних променів. Такий матеріал перешкоджає утворенню шкідливих мікроорганізмів і за належної обробки не деформується та не просідає. Завдяки таким якостям його застосовують як у харчовій промисловості, так і для фільтрування газів [8].

Ще одним прикладом є матеріали, одержані з розплаву поліфеніленсульфідних каучуків марки «Fortron PPS» Фортрон ПФС є лінійним, частково кристалічним поліфеніленсульфідом. Бензольне кільце та атом сірки утворюють скелет цієї макромолекули, надаючи продукту ряд цінних властивостей. Перевагами, які дозволяють віднести Фортрон ПФС до класу високоякісних конструкційних пластмас є експлуатаційна температура до 513 К, а короткочасно – до 543 К; висока власна опірність займанню, відмінні хімічна й окислювальна стійкість, високі твердість і жорсткість, дуже низьке водопоглинення, низька схильність до повзучості, навіть за підвищеної температури.

Неармований Фортрон ПФС розробляють для виробництва високоміцних елементарних ниток, волокон і нетканих матеріалів для промисловості [9].

Зараз у виробництві фільтрувальних матеріалів застосовують також волокна з регенованого казеїнового білка, що міститься у молоці. В Італії як такий матеріал використовують ланітал, в США – фایбролен, аралак. Зазначені волокна є екологічно безпечними та легко утилізуються [5; 10].

HEPA-фільтри. HEPA (англ. High Efficiency Particulate Air або High Efficiency Particulate Arrestance – високоефективне утримання частинок) – вид повітряних фільтрів високої ефективності. Фільтр виготовлено з волокнистого матеріалу (діаметр волокон 0,65...6,5 мкм, відстань між ними 10...40 мкм, рис. 1), складеного «гармошкою», а також корпусу з елементами, які утримують листа в складеному стані (рис. 2). Ефективність HEPA-фільтрів оцінюють за кількістю частинок розміром до 0,06 мкм на літр повітря, що викидають в навколишнє середовище (або у простір під маскою у випадку респіраторів) після проходження фільтра. Класи фільтрів: HEPA 10 (50000 частинок на літр), HEPA 11 (5000 частинок на літр), HEPA 12 (500), HEPA 13 (50), HEPA 14 (5). Ефективність очищення фільтром HEPA 14 складає 99,995% [11–13].

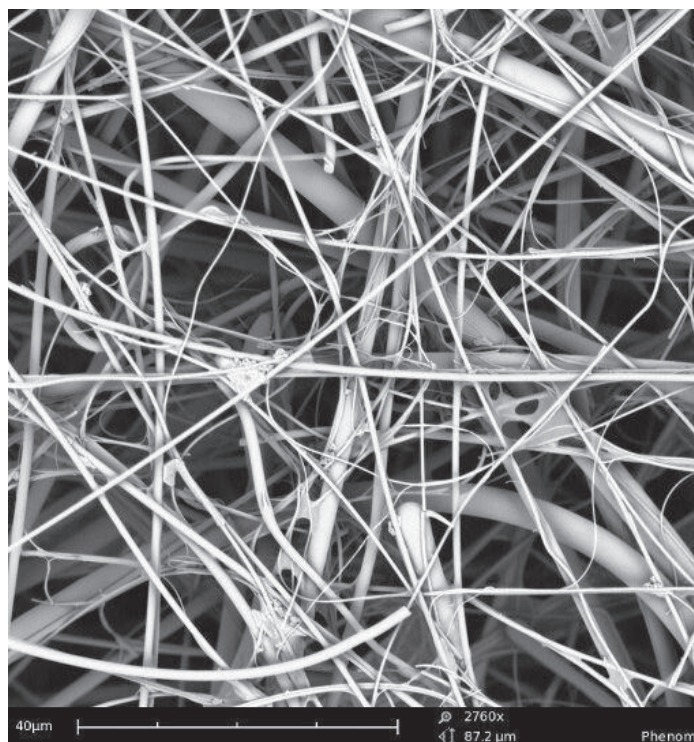


Рисунок 1 – Волокна HEPA-фільтру

Робота фільтрів типу HEPA пов'язана з процесами дифузії, інерції та зачеплення. Дифузія зумовлена явищами адгезії й аутогезії. Адгезія є взаємодією пилу з поверхнею,

на яку його осаджують, в нашому випадку з волокнами НЕРА. Завдяки адгезії на чистих волокнах з'являється перший шар пилу. Аутогезія або злипання є взаємодією пилових частинок між собою. Завдяки аутогенній взаємодії частинки продовжують нашаровуватися одна на одну, утворюючи на волокнах багатошарові конгломерати (рис. 3). Природа адгезії та аутогезії полягає у молекулярній взаємодії частинок одна з однією і з волокнами (сили Ван-дер-Ваальса). Такі сили з'являються на відстані від одного до декількох сотень діаметрів частинок.

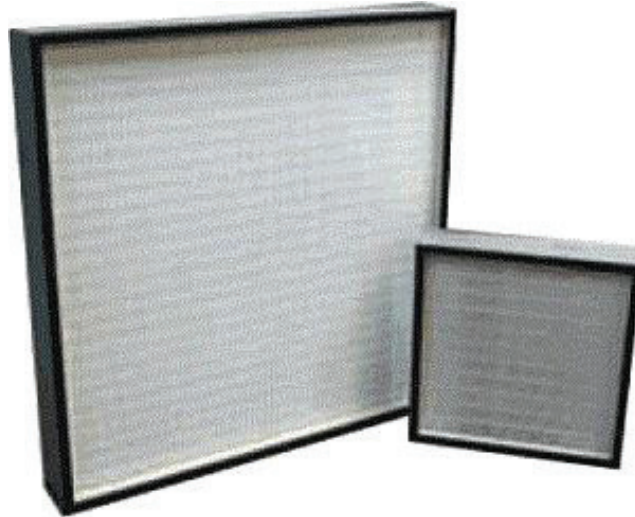


Рисунок 2 – Загальний вигляд НЕРА-фільтру

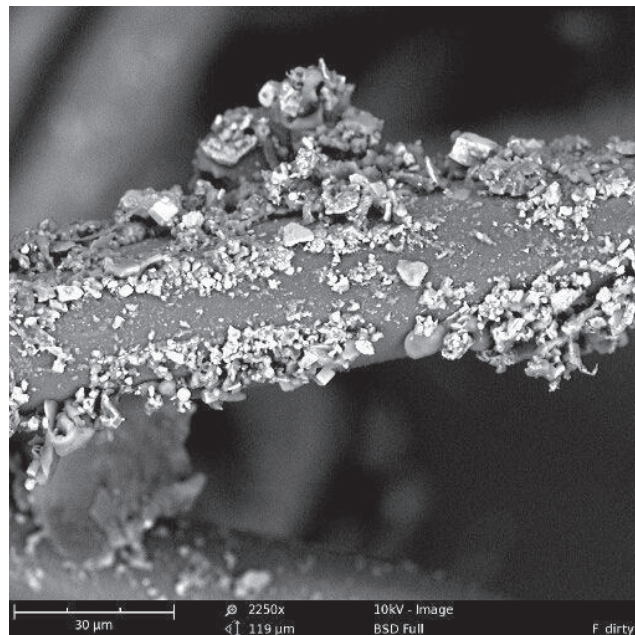


Рисунок 3 – Волокно НЕРА-фільтру з частинками пилу

Найдрібніші частинки (з діаметром менше ніж 0,1 мкм) мають невелику масу та постійно знаходяться у хаотичному броунівському русі. Їх траєкторія постійно коливається відносно лінії струму повітря, у ході коливань частинка виходить з потоку, торкається волокна та осідає.

Більш великі частинки осідають за іншим механізмом, тобто за рахунок сил інерції виходять з повітряного потоку, стикаються з волокном та осідають (ефект інерції).

Дифузійний та інерційний ефекти доповнюють один одного: один відповідає за фільтрацію найдрібніших частинок, інший – за фільтрацію більш великих частинок.

Найскладніше виконати осідання на волокно частинки з проміжним розміром. Їх інерція є ще недостатньо великою, а дифузія вже працює слабо. Тому такі частинки з більшою ймовірністю залишаються у потоці та огинають волокна разом з повітрям. Їх називають частинками з максимальною проникаючою спроможністю (Most Penetrating Particle Size (MPPS)). Для їх осадження найбільше значення має ефект зачеплення, що працює, коли частинка наблизилася до поверхні волокна на відстань свого радіусу. Такого торкання досить для її осадження. Ефективність цього механізму залежить від розміру частинки. Чим більше частинка, тим ймовірніше її торкання волокна. Насправді у НЕРА-фільтрі на частинку одночасно діють всі механізми, тому загальна ефективність НЕРА-фільтра дорівнює сумі вкладів кожного ефекту. Якщо скласти всі три графіки ефективності для кожного механізму, то одержують криву загальної ефективності НЕРА-фільтра (рис. 4) [11–13].

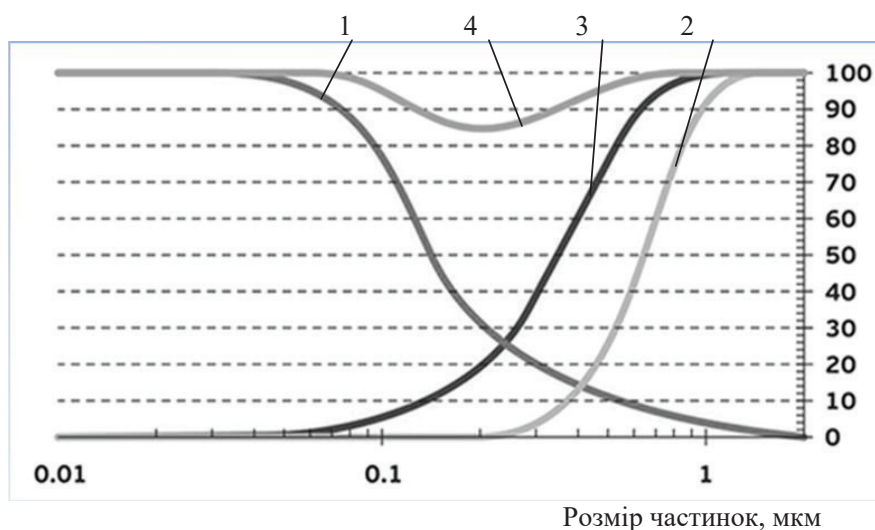


Рисунок 4 – Ефективність НЕРА-фільтру, %
1 – дифузія; 2 – інерція; 3 – зачеплення; 4 – загальна ефективність

У діапазоні MPPS (приблизно від 0,1 до 0,5 мкм) загальна ефективність НЕРА-фільтра знижується. За MPPS вимірюють загальну ефективність. Наприклад, НЕРА-фільтра класу Н11 (Е11), що працює з ефективністю понад 95%. Це означає, що у фільтрі осідають 95 з 100 частинок MPPS. Одночасно інші частинки осідають з ймовірністю майже 100%, але підсумкову ефективність прийнято вказувати саме за MPPS, 95%.

НЕРА-фільтри виготовлено з ультратонких і мікротонких скляних волокон, упакованих у вигляді дрібних складок (мінігофрів), поділених термопластичними або алюмінієвими сепараторами.

Характеристики фільтру Н-14 наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристики фільтру Н-14 [11]

Характеристика	Одиниця виміру	Значення
Максимальна температура експлуатації:		
– з пластиковим сепаратором	К	343
– з алюмінієвим сепаратором	К	363
Ефективність за MPPS	%	99,995
Максимальний перепад тиску	Па	600

Висновки. Традиційні матеріали на основі перхлорвінілу, сополімеру, стиролу та акрилонітрилу, полієфіру, які використовують для фільтрації газоподібного середовища, у тому числі забрудненого повітря, не завжди відповідають вимогам сьогодення. Їх ефективність знижується за підвищеної температури повітря (газів) та у вологому середовищі.

Розвиток новітніх фільтрувальних матеріалів здійснюється такими шляхами:

- розробленням комбінованих матеріалів, що об'єднують фільтрувальні середовища з адсорбційними матеріалами;
- впровадженням синтетичних волокон і ниток, одно- та багатониткової пряжі;
- модифікацією поверхні тканинних фільтрів способом нанесення іншого матеріалу;
- більш широким застосуванням скловолонистих матеріалів для очищення агресивних газів за високої температури;
- застосуванням трикотажних фільтрувальних рукавів, виготовлених основов'язаним способом;
- виробництвом екструзійних повітряно-наповнених полімерних волокон;
- застосуванням матеріалів, одержаних з розплаву поліфеніленсульфідних канчуків;
- використанням волокон з регенованого казеїнового білка;
- все більш широким застосуванням НЕРА-фільтрів з надвисокою ефективністю.

Бібліографічний перелік

1. НПАОП 0.00-1.04-07. Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання [Чинний від 2008-04-04]. Київ : Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, 2007. 32 с.
2. Коваль М.І. Сучасні засоби індивідуального захисту : методичний посібник. Луцьк : Навчально-методичний центр цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Волинської області, 2020. 52 с.
3. Фильтровальные ткани: классификация, применение, свойства и специализация, эффективность и проблемы эксплуатации. URL : <https://promtkan.com.ua/filtrovalnye-tkani-klassifikatsiya-primenenie-svoystva-i-spetsializatsiya-effektivnost-i-problemy-eksplua-tatsii.html>
4. Иванов М.В. Новые химические технологии. Экоиндустрия. Фильтровальные материалы. URL : https://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=121
5. Защепкіна Н.М., Дрегуляс Е.П., Конахевич Н.Р. Аналіз розвитку виробництва фільтрувальних матеріалів. Вісник Хмельницького національного університету. 2013. № 3. С. 87–89.
6. Иванов М.В. Тенденции в развитии фильтровальных материалов. Акватерм. 2003. № 6. С. 12–17.
7. Пелик Л.В. Розробка асортименту і дослідження властивостей фільтрувальних тканин із поліамідних та полієфірних волокон : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. 1999.
8. Фильтровальные материалы: виды, характеристики, назначения. URL: <https://ukr.mentorbizlist.com/4310236-filtering-materials-types-characteristics-purpose>
9. Фортрон ПФС. Fortron PPS — частично кристаллический полифениленсульфид. URL : <http://www.ticona.ru/products/polymers/fortron/>
10. Lanital milk fiber, 100% casein Knitwear Collection. URL : <https://www.puntomaglia.it/news-v66/soft-milk-fiber-sweaters>
11. HEPA. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/HEPA>
12. Что такое HEPA-фильтр: принципы работы и неочевидные факты. URL: <https://habr.com/ru/company/tion/blog/385461/>
13. HEPA-фильтры. URL: <https://teho-parts.com.ua/shop/category/ventiliatsiia/filtry-dlia-ventiliatsii/hepa-filtry?gclid>

References

1. NPAOP 0.00-1.04-07. Pravyla vyboru ta zastosuvannya zasobiv indyvidual'nogo zaxystu organiv dykhnannya [Chynnyy vid 2008-04-04]. Kyiv : Derzhavnyy komitet Ukrainy z promyslovyoi bezpeky, oхoronу pratsi ta girnychogo naglyadu, 2007. 32 s.

2. Koval' M.I. Suchasni zasoby individual'nogo zakhystu : metodychnyy posibnyk. Lutsk : Navchal'no-metodychnyy centr cyvil'nogo zakhystu ta bezpeky zhyttyedyial'nosti Volyns'koyi oblasti, 2020. 52 s.
3. Fil'troval'nye tkani: klassifikatsiya, primenenie, svoystva i spetsializatsiya, effektivnost' i problemy ekspluatatsii. URL: <https://promtkan.com.ua/filtrovalnye-tkani-klassifikatsiya-primenenie-svoystva-i-spetsializatsiya-effektivnost-i-problemy-ekspluatatsii.html>
4. Ivanov M.V. Novye khimicheskie tehnologii. Ekoindustriya. Fil'troval'nye materialy. URL: https://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=121
5. Zashchepkina N.M., Dregulas E.P., Konakhevych N.R.. Analiz rozvytku vyrobnytstva fil'truval'nykh materialiv. Visnyk Xmel'nyts'kogo natsional'nogo universytetu. 2013. No 3. S. 87–89.
6. Ivanov M.V. Tendentsii v razvitii fil'troval'nykh materialov. Akvaterm. 2003. No 6. S. 12–17.
7. Pelik L.V. Rozrobka asortymentu i doslidzhennya vlastyvostey fil'truval'nykh tkanyn iz poliamidnykh ta poliefirnykh volokon : avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tekhn. nauk. 1999.
8. Fil'truval'ni materialy: vydy, kharakterystyky, pryznachennya. URL: <https://ukr.mentorbizlist.com/4310236-filtering-materials-types-characteristics-purpose>
9. Fortron PFS. Fortron PPS – chastichno kristallicheskiy polifenilensul'fid. URL: <http://www.ticona.ru/products/polymers/fortron/>
10. Lanital milk fiber, 100% casein Knitwear Collection. URL: <https://www.puntomaglia.it/news-v66/soft-milk-fiber-sweaters>
11. HEPA. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/HEPA>
12. Chto takoe HEPA-fil'tr: principy raboty i neochevidnye fakty. URL: <https://habr.com/ru/company/tion/blog/385461/>
13. HEPA-fil'try. URL: <https://tehno-parts.com.ua/shop/category/ventiliatsiia/filtry-dlia-ventiliatsii/hepa-filtry?gclid>

Ryzhkov Vadim, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporizhia national university. ORCID: 0000-0002-0768-544X

Belokon' Karina, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporizhia national university. ORCID: 0000-0003-2000-4052

Manidina Eugene, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporizhia national university. ORCID: 0000-0003-4090-9991

Troitska Olena, associate professor, candidate of biological sciences, Zaporizhia national university. ORCID: 0000-0003-0214-5476

OVERVIEW OF MODERN MEANS OF DUST PROTECTION IN METALLURGY

Report 1. Filter materials

One of the most effective ways to protect an employee's body from industrial dust is to pass dust-laden air through a filter material. This method is used both in respirators and in filters for purifying air or industrial gases. The indicators characterizing the operation of filters are the coefficient of permeability, efficiency, time of protective action, resistance to inhalation and exhalation (for respirators), and others. The article describes modern materials for filtering gases, including air, their properties, advantages and disadvantages, and application features. For previously widely used materials based on perchlorovinyl, the cleaning efficiency decreases at air temperatures above 301 K and at high humidity. Instead of them, filtering materials based on ultra-thin fibers of a copolymer of styrene and acrylonitrile, as well as obtained from a polypropylene melt with an electrostatic charge, are proposed. For fine cleaning of gases, at elevated temperatures, filters are used from ceramics, fine-fiber wool from stainless steel, which have high strength and resistance to variable loads. Materials obtained from the melt of Forton PPS grade polyphenylene sulfide rubbers are effective. In Italy, for the first time in the world, casein fiber lanital was used.

The modern newest types of filters include HEPA (High Efficiency Particulate Air or High Efficiency Particulate Arrestance) filters with an efficiency of up to 99.995%. The filter is made of fibrous material (fiber diameter 0.65...6.5 microns, the distance between them is 10...40 microns). The operation of these filters is due to the processes of diffusion, inertia and engagement. Diffusion is caused by the phenomena of adhesion and autogenesis. Adhesion is the interaction of dust with the deposition surface, in our case with HEPA fibers. Due to the adhesion on clean fibers, the first layer of dust appears. Autogenesis, or sticking together, is the interaction of dust particles with each other. Due to the autogenic interaction, the particles continue to layer on top of each other, forming multilayer conglomerates on the fibers. The article discusses these processes, their influence on the efficiency of capturing particles of different sizes.

Key words: filtration, penetration coefficient, efficiency, filter material, HEPA filter

Стаття надійшла: 12.04.2021 р.