

УДК 677.494+620.18

Л.В. ПЕЛИК
Львівська комерційна академія

МЕТОДИ МОДИФІКАЦІЇ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕРМОСТІЙКИХ ВОЛОКОН ДЛЯ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто нові види термостійких волокон для виробництва фільтрувальних текстильних матеріалів. Проаналізовано технологічні підходи до методів модифікації термостійких волокон для фільтрувальних текстильних матеріалів. Запропоновано фільтрувальний нетканий матеріал із суміші волокон номексу та кевлару із політетрафторетиленовим обробленням для рукавних фільтрів.

Ключові слова: волокно номекс, волокно кевлар, рукавні фільтри, фільтрувальний текстильний матеріал.

L.V. PELYK
Lviv Commercial Academy

METHODS OF MODIFICATION OF PROPERTIES HEAT-RESISTANT FIBERS FILTER FOR TEXTILE MATERIALS

Abstract

Consider new types of heat-resistant fibers for the production of textile filter. Analysis of technological approaches to methods modified heat-resistant fibers for filtration of textile materials. A filtering nonwoven material from a mixture of fibers kevlar and nomex of polytetrafluorethylenovym processing for bag filters.

Keywords: fibre of nomex, fibre of kevlar. bag filters, filter textile material.

Постановка проблеми

Технологічні гази на заводах металургійної промисловості часто мають підвищену температуру й містять деякі агресивні компоненти: хлор, хлористий водень, сірчистий ангідрид, алюміній, кадмій та ін. До найнебезпечніших забруднювачів навколишнього середовища належать сполуки важких металів. Найбільше цих токсикантів викидається на територіях індустріально урбанізованих агломерацій, зокрема в місцях функціонування ТЕС, а також підприємств металургійної та цементної промисловості. У повітрі промислових міст фіксується підвищений вміст таких токсичних важких металів, як Cd, Pb, Mn, Cr, Zn, Cu та ін., а також Al, Fe, Ca, Mg. Для фільтрації таких газів "ідеальний" фільтрувальний текстильний матеріал повинен володіти наступними властивостями:

- термостійкістю й хімічною стійкістю при робочих температурах;
- будовою, що забезпечує досить повне вловлювання пилу при помірному гідравлічному опорі;
- тривалим терміном служби, обумовленим механічними властивостями тканини, а також її хімічною й термічною стійкістю у робочих умовах;
- високою пилоємністю при фільтрації і здатністю затримувати таку кількість пилу після регенерації, яка достатня для забезпечення високої ефективності очистки газів від тонкодисперсних частинок;
- збереженням оптимально високої повітропроникності в запиленому стані;
- високою міцністю і стійкістю до стирання при багаторазових згинах, стабільністю розмірів і властивостей при підвищеній температурі;
- здатністю до легкого видалення накопиченого пилу;
- помірною вартістю.

Деякі з перерахованих вимог залежать від властивостей застосованих текстильних волокон, інші – від структури й технології виготовлення фільтрувальних матеріалів. Правильний вибір фільтрувальних текстильних матеріалів визначає ефективність очищення й надійність роботи рукавного фільтру. Ці показники характеризують здатність фільтрувального матеріалу вловлювати пил при помірному гідравлічному опорі й задовільній довговічності в умовах експлуатації.

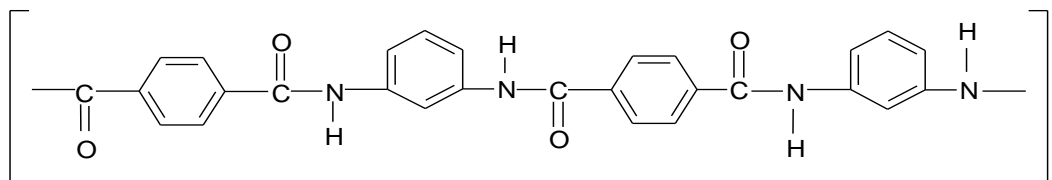
Формулювання мети дослідження

Метою роботи є аналіз технологічних підходів до методів модифікації термостійких волокон для фільтрувальних текстильних матеріалів.

Викладення основного матеріалу дослідження

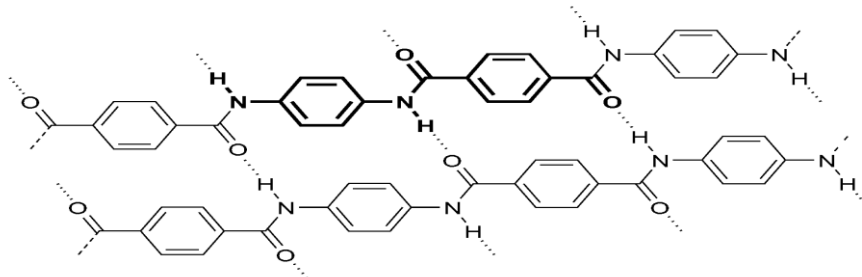
Збереження формостійкості волокна і фільтрувальних текстильних матеріалів на його основі при підвищених температурах є однією з основних вимог до фільтрувальних рукавних фільтрів у металургійній промисловості. Використання інноваційних видів термостійких текстильних волокон у матеріалах технічного призначення дозволило створити нові структури фільтрувальних текстильних матеріалів для пилогазоочисних систем, а саме фільтрувальні текстильні матеріали із волокон арселону, номексу та кевлару.

Метаарамідне волокно номекс (m-aramid) (повна назва мета-ізофталамід) є полімером і отримується з мета-фенілен-діаміну хлориду в амідному розчині.



Метаарамідне волокно номекс має здатність до зміни лінійних розмірів у полум'ї, в результаті чого втрачає свої захисні властивості. Текстильний нетканий матеріал із волокна номексу має високий модуль еластичності (стійкість тканини до згинуприблизно у 3 рази вища, ніж у поліефірної тканини), відмінна стійкість до абразивного зносу, висока стійкість до тривалих температур (250-350 °C) витримує піки до 500°C.

Полімерний ланцюжок волокна номексу має меншу міцність порівняно з параараміднимволокном кевлар (Kevlar) (торгова назва арамиду – поліпарафенілен-терефталамід) – синтетичного волокна, що володіє високою міцністю (у п'ять разів міцніше сталі). Структуру параамідного волокна кевлар можна представити такою схемою:



Текстильний матеріал із волокна кевлару зберігає міцність і еластичність при низьких температурах, аж до криогенних (-196°C), більше того, при низьких температурах він навіть стає міцнішим; володіє високою еластичністю та термостійкістю до тривалих температур – 300-500 °C, витримує піки більше 600°C. При нагріванні волокно кевлар не плавиться, а розкладається при порівняно високих температурах (430-480°C).

Кевлар додають і в інші термостійкі волокна для зниження їх теплового зсідання, наприклад, в поліімідне волокно P84 або в поліамідоімідне кермель. У полібензimidазольне волокно вводять келар з метою здешевлення найбільш дорогого матеріалу, а для зниження зсідання його піддають сульфурванню.

Для зниження зсідання були розроблені різні способи поверхневого оброблення метаарамідних волокон різними реагентами. Результатом такого модифікування стало волокно НТ-4, фільтрувальні тканини з якого витримують дію полум'я протягом 60 с [1]. Але найбільш вдале рішення проблеми зниження теплового зсідання термостійких волокон виявилось використання суміші коротких волокон. Цей метод був використаний для зниження зсідання пряжі і тканини японського метаарамідного волокна конекс, у яке для стійкості форми додавали 3-20 % високоміцного волокна технору [2].

Аналізуючи дані методи та враховуючи їх практичну спрямованість, нами запропонований новий термостійкий фільтрувальний нетканий матеріал із використанням суміші коротких волокон номекс (80 %) і кевлар (20 %) (рис. 1). Нами був запропонований фільтрувальний нетканий матеріал з суміші волокон номексу та кевлару лінійною густиною пряжі 0,17текс і 0,44текс і каркасу – тканина із волокна номекс полотняного переплетення із поверхневою густиною 95 г/м² та лінійна густина нитки 0,50 текс [3].

Цей матеріал отриманий шляхом багаторазового пробиття зазубленими тонкими голками волокнистих шарів і сітчастої основи, витканой за довжиною із пряжі «номекс», а за шириною – ізмультифіламентних ниток з «номексу» або з«тефлону». Виготовлений таким чином нетканий матеріал

із політетрафторетиленовим обробленням піддається термічному обробленню поверхні для регулювання повітропроникності і забезпечення легкого відокремлення пилового осаду. Голкопробивні матеріали є об'ємними трьохвимірними структурами із середнім об'ємом пор близько 80 % і високою повітропроникністю, що дозволяє поєднувати у рукавному фільтрі високу продуктивність та високий ступінь очистки газу. Голкопробивні матеріали «номекс» виготовляються із штапельних волокон товщиною 1.1, 1.7, 2.2, 6.1 і 11 дтекс (1 дтекс = 1 грам / 10000 м). Чим тонше волокно, тим вище затримуюча здатність матеріалу дрібних частинок. Наприклад, одна і та ж маса волокон товщиною 1.1 дтекс має на 40 % більшу поверхневу густину, ніж волокна товщиною 1.7 дтекс. Це означає, що матеріал з тонких волокон при однаковій масі забезпечуватиме меншу емісію (проскакування) частинок пилу крізь себе. Як правило, матеріали з таких мікрОВОЛОКОН застосовують для фільтрації надтонкого субмікронного пилу.

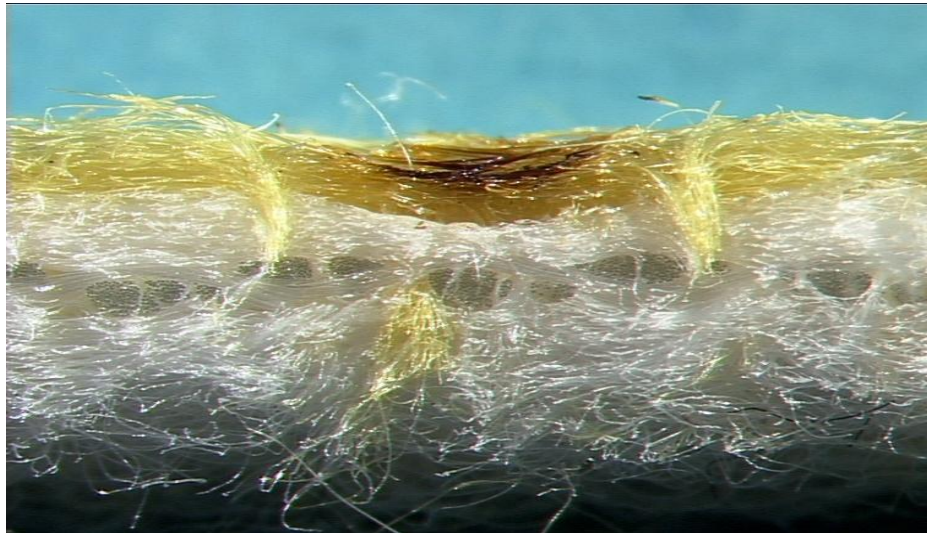


Рис. 1. Новий термостійкий фільтрувальний нетканый матеріал із суміші коротких волокон номексу та кевлару

Проведені нами дослідження показали, що фільтрувальний нетканый матеріал із суміші волокон номексу та кевлару не пропавився, а обвуглились тільки верхні шари волокон. Це говорить про високу термостійкість даного матеріалу. У фільтрувальному текстильному матеріалі із такої пряжі не відбуваються зміни лінійних розмірів, і він характеризується високою термостійкістю.

Найбільш універсальною характеристикою вогнезахисту полімерних матеріалів залишається «кисневий індекс» (КІ) – мінімальна концентрація кисню у суміші з азотом, яка необхідна для підтримки горіння вертикально розташованого зразка при запалюванні його зверху. Дослідження, проведені Волохіною А.В. [4], показали, що КІ метаарамідних волокон складає 28 ± 2 , а для волокон на основі гетероциклічних полімерів (Р84, арімід, кермель, РВІ, тогілен, русар і тверлан) він значно вищий – 35-40.

Оскільки в деяких випадках при експлуатації виробів у середовищі, збагаченому киснем, потрібні текстильні матеріали із більш високим значенням КІ, проводилися дослідження, метою яких було підвищення рівня вогнезахисту термостійких волокон, а особливо найменш вогнезахисних волокон із метаарамідів. Ці дослідження проводились у різних напрямках:

- сополіконденсація звичайних мономерів із мономерами, які містять галогени;
- введення антипіренів у прядильні розчини метаарамідів та інших полімерів, а також на поверхню термостійких волокон;
- високотемпературне оброблення волокон або тканин із метаарамідів різними реагентами.

При додаванні мономерів, які містять фосфор і галогени, підвищується КІ метаарамідів до 42-43, тобто до рівня, який присутній у гетероциклічних полімерах. Але у технологічній практиці цей спосіб не був реалізований з причини недостатньої доступності цих мономерів та їх підвищеної вартості.

Для поверхневого оброблення різних термостійких волокон ефективним антипіреном проявила себе ортофосфорна кислота. Так, фільтрувальна тканина з волокна номексу, яка оброблена 15 % розчином ортофосфорної кислоти з наступним термообробленням при 350 °С, має КІ на рівні 68 %. Для підвищення вогнестійкості поліамідів рекомендовано введення у прядильний розчин антипіренів, таких

як: червоний фосфор, у присутності якого КІ зростає до 45 %, різні фосфорні кислоти, амонієві солі органічних кислот [5].

Дослідження, з метою надання волокну номекс підвищеної вогнестійкості, проводились шляхом обробки різними агресивними речовинами з одночасним або наступним термообробленням при високих температурах. У якості таких речовин використовували газоподібні хлор і бром, пари сірки, тіонілхлорид, фосген, хлорокись фосфора. Такими способами були отримані широко розрекламовані раніше волокна, які не горять типу дюрет, НТ-4, фенілон Д. Але ці фільтрувальні текстильні матеріали не отримали розвитку як через зниження їх міцності, так і внаслідок нетехнологічності процесу.

Враховуючи низьку вогнестійкість метаарамідного волокна номекс і реальні умови експлуатації рукавних фільтрів у металургійному виробництві, нами запропоновано фільтрувальний нетканий матеріал з волокон номексу та кевлару із політетрафторетиленовим обробленням (PTFE).

PTFE – це оброблення напівкристалічним політетрафторетилем, отриманим із мономеру тетрафторетилену шляхом полімеризації (тефлон). Робоча температура при помірних механічних навантаженнях від -200 °С до +260 °С. Гіроскопічність покриття практично нульова. Оброблення забезпечує стійкість майже до усіх відомих хімічно агресивних середовищ та до гарячої водяної пари, стійкість до стирання. Тефлон має найнижчий коефіцієнт тертя серед усіх твердих матеріалів. Також оброблення надає нетканим матеріалам високі діелектричні властивості. Недоліком є його відносно низька зносостійкість, для усунення якого до тефлону додають спеціальні наповнювачі. Варто зазначити, що досліджувану нами фільтрувальну тканину із скловолокна, для збільшення її зносостійкості, наносили трьохкомпонентне політетрафторетиленове оброблення, яке складалося із суміші силіконових масел, графіту і тефлону.

Особливе місце серед термостійких волокон на основі гетероциклічних поліариленів займають поліоксадіазольні волокна – єдині, які підтримують горіння у повітряному середовищі (КІ = 20-24). Ці волокна представляють великий практичний інтерес, оскільки для їх отримання використовується найбільш дешева вихідна сировина – терефталева кислота і гідразинсульфат. Для підвищення вогнестійкості оксалону вводять бром у процесі сополімеризації з бромтерефталевою кислотою або шляхом бромовання полімера.

Відомо, що при горінні полімерних волокон виділяються шкідливі речовини. Токсичність продуктів горіння термостійких волокон менша, ніж у натуральних та синтетичних волокон. Цьому сприяє ароматична будова волокноутворюючих полімерів, при горінні яких вихід летючих продуктів менший, а кількість вуглецю у продуктах піролізу, у порівнянні з алифатичними полімерами, більший.

Світло- і погодостійкість є одними із важливих факторів експлуатаційних характеристик текстильних матеріалів. Дія світла, атмосферних опадів і кисню у повітрі викликають деструкцію волокон, яка проявляється у зниженні молекулярної маси і погіршенні механічних властивостей волокон. Інтенсивність фотохімічної деструкції залежить від багатьох факторів: діаметру елементарної нитки, кількості скручувань комплексних ниток, способів оброблення і фарбування. Але в основному фотодеструкція волокон визначається хімічною будовою полімеру. Серед синтетичних волокон найбільш стійкі до дії атмосферного впливу є поліакрилонітрильні і поліефірні. У порівнянні з ними, поліамідні волокна володіють пониженою атмосферостійкістю. Волокна із ароматичних полімерів, як і поліамідні волокна, характеризуються невисокою стійкістю до впливу світлопогоди. Їх зберігання на світлі викликає пожовтіння і потемніння, вони стають крихкими, і механічні властивості знижуються. Але деструктивні процеси у першу чергу впливають на поверхневі шари волокон, тому для них ефективні захисні покриття, наприклад, поєднання із світлостійкими волокнами [6].

У реальних умовах експлуатації термостійких волокон фотохімічна деструкція супроводжується окисленням, яке прискорює фотостаріння. Тому атмосферостійкість термостійких волокон значно підвищується при введенні в них стабілізаторів фотоокисленої деструкції. Захист від світлостаріння здійснюється веденням антиоксидантів, які затримують процес окислення полімеру. Встановлено, що високоміцні поліамідні волокна характеризуються вищою атмосферостійкістю, ніж келар. Для атмосферостійкості поліоксадіазольних волокон у їхній склад вводять хлорид марганцю [7].

До основних галузей застосування термостійких волокон можна додати виготовлення із них вогнезахисних декоративно-оббивних тканин, покриття, яке використовується у літаках, автомобільній промисловості, для виробництва захисного одягу для пожежників, рятувальників, нафтовиків та ін. Але термостійкі волокна виявились складними для колорування за наступних причин:

- щільна кристалічна структура;
- відсутність полярних груп, які являються активними центрами сорбції барвника;
- власне забарвлення від жовтого до золотисто-жовтого і коричневого кольорів (це відноситься в основному до волокон із гетероциклічних полімерів, оскільки метаарамідні волокна мають білий колір).

Не дивлячись на перераховані причини, проблема фарбування термостійких волокон була вирішена не тільки для метеарамідів, але і для інших волокон, які забарвлюються у темні кольори різних відтінків.

При фарбуванні термостійких волокон використовують три основні способи, які відрізняються за стадіями переробки полімеру у волокно: фарбування у «масі», при якому органічний пігмент вводиться у прядильний розчин; фарбування волокна в набухлому стані; поверхнєве фарбування готових волокон або тканин.

На відміну від звичайних вогнезахисних волокон на основі бавовни і вовни, термостійкі волокна володіють більш високим рівнем протипожежного захисту та високою термостійкістю, які не змінюються в часі. Завдяки довготривалому терміну придатності фільтрувальних матеріалів із термостійких волокон, досягається значна економія, яка компенсує затрати на використання дорогих волокон.

Економічно вигідно застосування суміші термостійких волокон із більш дешевими вогнезахисними природними волокнами. Так, термостійке волокно Р-84 для здешевлення використовують в суміші з віскозним волокном та вовною. Тканини на основі термостійкого волокна номекс стають менш горючими при додаванні 20-25 % поліефірного волокна. Великий інтерес представляють також змішані текстильні матеріали на основі термостійких арамідних волокон і порівняно дешевого поліакрилонітрильного волокна. При цьому досягається важливий синергетичний ефект: термостійкі волокна у кількості 35 % від маси суміші надають текстильному матеріалу стійкість до стирання, а поліакрилонітрильне волокно – підвищену вогнестійкість.

Із великої кількості запропонованих методів модифікації термостійких волокон лише деякі реалізовані практично. Причиною цього є зниження розривальних характеристик, ускладнення технологічного процесу та висока вартість термостійких волокон.

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що зміна властивостей цих перспективних термостійких волокон у потрібному напрямі досягається традиційними методами: зміною хімічної будови волоконотворюючих ароматичних полімерів, формуванням із суміші цих полімерів або змішуванням волокон на їх основі, а також введенням спеціальних добавок у прядильні розчини або на поверхню волокна.

Висновки

1. Зниження теплового зсідання термостійких волокон досить ефективно можна вирішити шляхом використання їх сумішей із невеликим додаванням безусадкових волокон, а також термохімічним обробленням поверхні цих волокон.

2. Модифікацією хімічної структури термостійких полімерів можна значно підвищити рівень вогнестійкості волокон на їх основі. Зміна хімічної будови при цьому відбувається різними способами, а саме: із спільною поліконденсацією з мономерами, які містять атоми галогенів або фосфору; введення антипіренів у прядильні розчини або на поверхню волокна; шляхом оброблення поверхні волокон різними реагентами в поєднанні із високотемпературним обробленням.

Список використаної літератури

1. Перепелкин К.Е. Сорбция водяных паров высокопрочными параарамидными нитями / К.Е. Перепелкин, С.Ф. Гребенников, Н.П. Лебедева // Химические волокна. – 2007. – № 5. – С. 50-52.
 2. Морозова М.Ю. Исследование возможности комплексного текстильного материала на основе смесовых волокон / М.Ю. Морозова, И.Г. Полушенко // Химические волокна. – 2008. – № 1. – С. 40-42.
 3. Пелик Л.В. Особливості фізико-хімічних властивостей рукавних фільтрів із матеріалу «номекс» в умовах металургійного виробництва / Л.В. Пелик // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2010. – № 4 (54). – С. 133-135.
 4. Волохина А.В. Модифицированные термостойкие волокна / А.В. Волохина // Химические волокна. – 2003. – № 4. – С. 11-19.
 5. Айзенштейн Э.М. Современные достижения в области нетканых материалов / Э. М. Айзенштейн // Текстильная промышленность. – 2007. – № 6-7. – С. 40-42.
 6. Бурков В.В. Современные высокотемпературные текстильные материалы для пылегазоочистки / В.В. Бурков // Пылегазоочистка – 2009: сборник статей междунар. конф., 29 - 30 сентября 2009 г. – М., 2009. – С. 79 - 82.
- Горчакова В.М. Нетканые текстильные материалы, модифицированные кремнийорганическими соединениями / В.М. Горчакова, Б.А. Измайлов // Текстильная промышленность. – 2010. – № 5. – С. 50-52.