

Огляд перспективних технологій обробки текстильних матеріалів*

Як відомо, обробне виробництво є завершальним етапом у процесі виробництва тканини або трикотажного полотна. Саме від обробного виробництва значною мірою залежить якість готової продукції.

Якість обробки текстильних матеріалів, у свою чергу, дуже тісно пов'язана із волокнистою сировиною, технологією фарбування й характером застосовуваних ТДР, парком технологічного устаткування. Слід також враховувати екологічні та економічні аспекти виробництва.

Якщо мовити про тенденції у галузі виробництва волокон, на кінець 90-х років минулого століття частка хімічних волокон перевищила частку натуральних. Збільшилася частка мікрОВОЛОКОН, насамперед поліамідних та поліефірних. Зросло використання еластомірних (поліуретанових) і поліпропіленових волокон. З'явилося нове волокно під торговою маркою ЛЮЦЕЛЛ, отримане внаслідок прямого розчинення деревної целюлози у N-метилфорфамін-N-оксиді.

Нині для підвищення конкурентоспроможності текстильних виробів першорядне значення має їх колористичне оформлення.

В сфері виробництва та споживання барвників спостерігаються такі тенденції:

- ✓ Знижується частка дешевих сірчистих барвників (в 1997 р. їх частка становила 36,4%)
- ✓ Зростає частка катіонних барвників
- ✓ Неухильно зростає частка пігментів (20,5%), особливо у вибиванні
- ✓ Знижується роль кубових барвників й водночас зростає виробництво дисперсних (8,5%)
- ✓ Дані щодо активних барвників є суперечливими, проте усе більше виробляють функціональні барвники для періодичного фарбування з невеликою кількістю електроліта

Тепер усе більшого значення набувають різноманітні методи інтенсифікації процесів: хімічні, фізичні та біологічні.

ХІМІЧНА ІНТЕНСИФІКАЦІЯ

Важливий момент у фарбуванні — сумісність барвників.

З теоретичного погляду останні слід підбирати, виходячи із подібності їхніх кінетичних і термодинамічних характеристик.

Сучасні дослідження довели, що між мембраною клітин шерсті є прошарок міжклітинної речовини, маса якої становить 3-4% від маси волокна. Це речовина некератинової природи, не містить цистину, гідрофільна й тому добре розчинна у кислотах, лугах, легко піддається дії окислювачів та відновників.

Вважають, що дифузія барвників здійснюється через ці міжклітинні комплекси, а дифузійні та сорбційні властивості шерстяних волокон керуються ліпідною складовою міжклітинних комплексів.

У фарбування шерсті стали використовувати інтенсифікатори для зменшення деструкції волокна, застосовуючи принцип мікрокапсулювання, зокрема ліпосом.

З хімічного погляду, вони являють собою фосфатидилхоліл з двошаровою структурою й туди може вміщуватись, наприклад, розчин хлору, що сприяє зменшенню руйнування шерсті у разі хлорування.

Під час фарбування кислотними барвниками відбувається сповільнення вибирання барвника. Крім того, посилюється гідрофобна взаємодія з міжклітинним комплексом, що підвищує сорбцію барвника.

Основний напрямок розвитку технології фарбування шерсті пов'язаний із модифікацією некератинових ділянок волокна, наприклад, завдяки обробці ферментами, полярними органічними розчинниками, неводними лугами, неіоногенними та амфотерними ПАР.

Одним з промислових неіоногенних продуктів є Байлан НТ, який містить епоксидовані амітилнонлфеноли та диспергуючі агенти з великою довжиною ланцюга. Такі інтенсифікатори не тільки прискорюють фарбування, а й підвищують рівноту.



Механізм дії полягає у створенні фази у поверхні волокна з високою концентрацією барвника, що підвищує швидкість процесу. Амфотерні сполуки, крім того, впливають на структуру міжклітинного комплексу.

Видалення протеїнових і/або ліпідних речовин під час обробки шерсті амфотерними ПАР сприяє поліпшенню процесу фарбування шерсті, що підтверджується даними хроматографії та електронної мікроскопії. У випадку необроблених зразків спостерігається вибіркоче забарвлення кутікули, тоді як більше проникнення у волокно є у разі фарбування Байланом НТ, тобто відбувається трансклітинна дифузія барвника.

Важливу роль у процесах обробки текстильних матеріалів відіграють ПАР. Кількісною характеристикою, яка зумовлює галузі застосування ПАР, є відношення гідрофільної та гідрофобної частин, гідрофільно-ліпофільний баланс (ГЛБ). Наприклад, ПАР із значенням ГЛБ $\approx 1,5$ застосовують як антиспінувач; 3,5—6 — емульгатори типу м/в. Для зворотних емульсій типу в/м використовують ПАР з ГЛБ = 8—18. Для поліпшення змочування застосовують препарати з ГЛБ $\approx 7-9$, для просочення — 13—15, для розчинення й диспергування — 15—18.

Однією з основних функцій ПАР у процесі фарбування є вирівнювання забарвлення. Механізми дії ПАР у таких випадках можуть бути різноманітні:

- ◆ Барвник і вирівнювальний агент можуть конкурувати за активні центри волокон (наприклад, під час фарбування найлону кислотними барвниками)
- ◆ Барвник утворює комплекс з вирівнювальним агентом
- ◆ Вирівнювання забарвлення може бути досягнуто також завдяки міграційному ефекту

При цьому для отримання рівних забарвлень, особливо хімічних волокон, важливе значення має солубілізаційна здатність ПАР, бо у волокно можуть потрапити тільки окремі молекули, а не асоціати.

Ліпосоми також використовують для інтенсифікації процесу фарбування поліефірних волокон та їх сумішей з натуральними.

Найцікавішим є застосування ліпосом Ecotranсі 1-00Н для фарбування суміші «шерсть-поліефір» дисперсними барвниками, які забезпечують фіксацію на шерсті дисперсних барвників.

Іншим хімічним інтенсифікатором процесу фарбування поліефірних волокон є гідрозин, який викликає часткове розкладання поліефірного волокна до дигідрозидів терефталевої кислоти й етиленгліколя із втратою маси. Оптимальною температурою гідрозиноліза виявилась температура 120°C та тривалість обробки ≈ 120 хв, після чого волокно можна фарбувати кислотними барвниками.

Останні роки широко застосовують термостійкі волокна, головним чином арамідні, фарбування яких має значну складність. Одним із вирішень є використання високополярних розчинників — ДМФА, ДМАА, ДМСО.

* За матеріалами Московського державного текстильного університету ім. О.М.Косигіна.

Як інтенсифікатор застосовували емульсію ацетофенону концентрацією 40 г/л. Фарбування провадили катіонними барвниками за температури 80—120°C протягом 90 хв. Обробка органічними розчинниками спричиняється до збільшення кристалітів та зменшує їх орієнтацію. У волокнах утворюються порожнини розміром 50—100А, що поліпшує забарвлення волокон.

Стічні води фарбувально-обробного виробництва після фарбування можуть погіршити екологічне оточення. Наприклад, виробництво й застосування світлотривких металомістких барвників викликає значне занепокоєння. Синтез таких барвників включає у себе обробку азосполучень, що містять групи в орто- та пара-положеннях, здатних взаємодіяти з іонами Cr^{3+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , які можуть виділятися у воду в надмірних кількостях, внаслідок чого виникає ризик погіршення здоров'я людини або стану довкілля.

Ще один цікавий напрямок хімічного прогресу в обробці текстильних матеріалів — застосування кремнійорганічних сполук та циклодекстринів, які утворюються під час ферментативного розкладання крохмалю й уже давно застосовуються в фармацевтичній та косметичній галузях. Нещодавно розроблено промисловий спосіб виробництва циклодекстринів, що дало поштовх для застосування їх у інших галузях, зокрема текстильній.

Важливим позитивним моментом використання циклодекстринів є відсутність токсичності у даних сполук. Вони — біорозкладні, внаслідок чого не виникають проблеми, пов'язані з очисткою стічних вод. ХПК циклодекстринів того самого порядку, як і у інших прискорювачів.

Циклодекстрин утворює комплекси з барвниками, внаслідок чого його використовують як сповільнювач під час фарбування поліамідних волокон.

Іншою перспективною, проте значно більш великотоннажною речовиною, є хітозан. Його отримують, обробляючи у лузі хітин — основу панцирів членистоногих, ракоподібних. Це — біологічно чистий продукт, який поступається за обсягом лише целюлозі, також відновлюється у природі.

За структурою хітозан — аналогічний целюлозі.

Розчиняється у слабких розчинах оцтової кислоти. Речовина має унікальні бактерицидні та антисептичні властивості й сприяє підвищенню забарвлення.

ФІЗИЧНА ІНТЕНСИФІКАЦІЯ

Під фізичною інтенсифікацією зазвичай мають на увазі дію різних фізичних полів на процеси обробки текстильних матеріалів з метою скорочення обмежених стадій процесу, поліпшення якості текстильних матеріалів; надання їм властивостей, яких не можна досягти за традиційної технології; зменшення габаритів устаткування й витрати матеріалів; поліпшення економічних, ергономічних та екологічних характеристик; підвищення продуктивності устаткування; забезпечення моніторингу процесу.

У багатьох випадках, однак, процеси перебігають на різних рівнях, тому й інтенсифікуюча дія має бути комбінованою. Поміж основних фізичних методів найперспективнішим вбачається використання акустичних методів, методів ВЧ-, НВЧ- та фотодії, а також плазмохімічної й лазерної дії на текстильні матеріали.

Своєрідним напрямком у розвитку обробки є проведення процесів у надкритичних середовищах. Застосування води, як відомо, створює значні екологічні проблеми. Альтернативним середовищем можуть бути системи газів за високих тисків і температури (надкритичні середовища), як це має місце у разі вилучення кофеїну з кофеїних бобів. Так, рідкий пропан застосовують для видалення ланоліну з шерсті.

Механізм дії надкритичного середовища полягає у розчиненні барвників до окремих молекул. Низька в'язкість спричиняється до доброї рівноти забарвлення. Немає необхідності у перемішуванні й використанні інтенсифікаторів, бо саме середовище здатне знижувати температуру склування. Ця технологія, окрім виключення води, зменшує споживання енергії під час фарбування, бо після такої обробки волокна зовсім сухі.

Рідкий діоксид вуглецю є найпридатнішою речовиною для використання в обробному виробництві, бо є нетоксичний, негорючий, його неважко отримати у значних кількостях.

ПЛАЗМОХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Як відомо, плазма — це стан іонізованого газу, викликаний усілякого типу зарядами. У текстильній промисловості зазвичай застосовують жевріючий розряд, а плазму називають «низькотемпературна».

Основні компоненти плазми:

- ✓ Потік електронів
- ✓ Потік іонів, збуджених молекул, атомів, радикалів
- ✓ Кванти жорсткого ультрафіолетового випромінювання

Потрапляючи на поверхню текстильних матеріалів, плазма викликає руйнування молекул, їх випаровування та інші деструктивні процеси на глибині приблизно 30—50 нм. Услід за первинними процесами травлення поверхні можуть здійснюватись і вторинні процеси.

Переваги плазмохімічної технології полягають у підвищенні продуктивності, оскільки тривалість самих процесів скорочується у десятки й сотні разів; у можливості модифікації поверхні волокон з метою зміни змочувальності, адгезії та інших показників; у можливості зниження температури процесів й скороченні їх кількості.

Однак слід мати на увазі певну витрату електроенергії, порівняно невисокий ресурс роботи плазмохімічної апаратури та необхідність, у більшості випадків, вакуумування систем.

Досвід свідчить, що обробка плазмою шерсті має певні переваги порівняно з традиційним хлоруванням, насамперед внаслідок її економічності.

Слід враховувати і вплив складу газового середовища плазми на її дію на волокно. Так, киснева плазма викликає значне травлення поверхні волокна, тоді як повітряна плазма — її невеликі фізичні модифікації.

Добрі результати має плазмова обробка льону.

Традиційний мокрий спосіб прядіння й обробки льону потребує великої кількості енергії, забруднює стічні води, тоді як «сухий» спосіб плазмової обробки сприяє модифікації поверхні, добрій змочувальності, причому найліпші наслідки спостерігаються в інертній аргонній плазмі.

Добрі результати щодо обробки плазмою отримано й для шерсті. Плазмохімічна обробка шерсті за атмосферного тиску є перспективною.

Важливим видається питання про вплив плазми на структуру волокон та їх забарвлення. Основний вплив полягає у модифікації поверхні волокон, особливо натуральних.

Плазма, діючи на неорієнтовану аморфну фазу, може сприяти зниженню забарвлення, проте, з іншого боку, обробка плазмою відкриває домени для дифузії барвників, що, навпаки, призводить до підвищення забарвлення.

Вид плазми має різний вплив на волокно. Якщо киснева плазма чинить в основному хімічну дію, то аргонна — фізичну.

У разі обробки шерсті методом Херкосетт замість хлорування та обробки смолами пропонується обробка плазмою і новою смолою на основі колагену.

У різних галузях промисловості частка плазмохімічних процесів у вартісному вираженні становить декілька мільярдів доларів за рік.

УЛЬТРАЗВУКОВА ТЕХНОЛОГІЯ

Нині для обробки використовують акустичні коливання частотою 15—20 кГц. Для цього застосовують перетворювачі електродинамічного, магнітофрикційного, п'єзоелектричного типу, які перетворюють електричні коливання у механічні.

Механізм дії УЗ-коливань полягає у виникненні й лопанні мікропузирків (кавітація), а також у виникненні мікротечій.

Відбувається розривання структури рідини й при цьому виникають значні градієнти температур, тисків, електричних полів, що забезпечує ліпше масоперенесення. Швидкість вибілювання у разі застосування даної технології може бути збільшена вдвічі. УЗ-поля впливають і на структуру волокна, утворюючи щілини, тріщини й інші дефекти.

ДІЯ ТОКІВ ВИСОКОЇ ЧАСТОТИ НА ПРОЦЕСИ ОБРОБКИ

Ефекти, пов'язані з дією токів високої частоти (ТВЧ) на процеси обробки, поділяються на теплові й нетеплові. Особливе значення мають теплові дії, бо тільки цим способом можна гнучко підводити великі питомі потужності енергії, тобто можливим є дуже швидке й селективне нагрівання.

Нині розроблені процеси сушіння, вибілювання, мерсеризації, фарбування та малозмінальної обробки. Використання ТВЧ та насиченої водяної пари дає змогу додатково підвищити ступінь білості на 6—8%.

У разі обробки током частотою 40,68 МГц протягом кількох секунд підвищується орієнтація кристалітів, що спричиняється до підвищення міцності на 6—19%, подовження на 13—23 та роботи на розрив на 25—30%. При цьому спостерігається стабілізація розмірів матеріалу. Окрім позитивного впливу на волокнистий матеріал ТВЧ-обробка значно видозмінює й стан барвників (наприклад, підвищується розчинність дисперсних барвників). Недоліками цього способу є підвищена витрата електроенергії та висока вартість апаратури.

ЛАЗЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ

Останнім часом лазерну технологію застосовують під час різання тканин; гравіювання рисунків на шкірі; фіксації барвників на термопластичних волокнах; у разі попередньої підготовки шерсті.

Світло лазера має незвичайні властивості порівняно з традиційними тепловими джерелами. Основні з цих властивостей: спрямованість, когерентність та можливість змінювати товщину променя з високою концентрацією енергії.

Такі властивості дають можливість лазеру створювати і нагрівати лінію, шириною від декількох мікрон до сантиметра. Зазвичай лазерний промінь сканує текстильний матеріал під комп'ютерним контролем, будучи рівномірним і гнучким джерелом тепла. Найзручнішими лазерами є аргонний та рубіновий через їхню частоту випромінювання. Зауважимо, що основною причиною деструкції волокон у разі експозиції сонячною радіацією та штучними джерелами світла зазвичай вважають ультрафіолетове випромінювання, яке відсутнє під час лазерного нагрівання.

Можливість використання локалізованого тепла для швидкої фіксації барвників має потенціальну цінність для обробки.

У разі вибору лазера слід мати на увазі, що довжина відбитої хвилі забарвленого текстильного матеріалу має бути сумісною із довжиною хвилі аргонного лазера.

Технологія вибивання із застосуванням лазера полягає у такому. На тканину наносили вибивний склад, який містить альгінат натрію, активний барвник, сечовину, соду. Тканину тричі просочували для повного проникнення барвника. Потім її сушили та термофіксували аргонним лазером за температури 94, 199 і 235°C, після чого промивали.

ЦИФРОВА ТЕХНОЛОГІЯ ВИБИВАННЯ

Ця технологія вибивання із застосуванням чорнила ґрунтується на тому, що невеликі краплі рідини під комп'ютерним контролем точно ежектуються ударом у волокно в потрібне місце. Концепція є дуже простою, проте призводить до різних технічних вирішень. Спочатку цю технологію було запропоновано у Франції в 1867 р. лордом Кельвіном. Перше устаткування промислового виробництва запропоновано в 1951 р. під назвою «Осцилломинк».

Соплові технології класифікуються за двома категоріями:

- ◆ *Неперервна соплова технологія, відповідно до якої краплі чорнила утворюються й наносяться неперервно*
- ◆ *«Краплі за необхідністю», відповідно до якої краплі утворюються й наносяться вибірково*

У разі неперервної соплової технології чорнило витікає через маленьке сопло діаметром від 10 до 100 мкм під високим тиском. Потік чорнила, що витікає, розпадається на окремі маленькі краплі. Зазвичай формування крапель стимулює високочастотний перетворювач. Це дає змогу отримувати рівномірні й контрольовані краплі. Така електронна технологія утворення крапель найширше розповсюджена. Краплям надається електричний заряд внаслідок пропускання їх біля заряджених електродів. Заряджені краплі відхиляються під час наступного проходу через електричне поле.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ

Застосування біотехнологічних методів обробки текстильних матеріалів передбачає, насамперед, використання ефективних біокатализаторів — ферментів для здійснення тих або інших фізико-хімічних процесів за м'яких «фізіологічних» умов. Часто-густо окремі ферменти функціонують у складі мультиплетних систем, каталізуючих певні послідовності реакцій.

Найповніше пропрацьовано біотехнології у операціях підготовки (розшліхтування тканин, відварювання та вибілювання бавовняних тканин, промивання шерстяних тканин, знеклеювання шовку), а також для створення ефектів «варіння» джінсових та інших тканин, м'якшення, карбонізації біополірування, надання м'якості виробам.

Останнім часом з'являються повідомлення про застосування ферментів у фарбуванні та вибиванні текстильних матеріалів, а також для модифікації самих волокон (наприклад, надання біостійкості шерсті, хоча публікацій у цій галузі мало). Одним з недоліків ферментів є їх порівняно висока вартість, тому іноді ферменти іммобілізують або прикріплюють до яких-небудь носіїв. Це дає змогу повторно використовувати каталізатори й отримувати продукт, не забруднений ферментом.

Тепер провадяться великі дослідження впливу різних ферментів на зміну структури волокна: сирового, мерсеризованого, забарвленого барвниками різних класів.

Особливо часто ферменти застосовують під час підготовки тканин.

Широке застосування ферментів мають і у разі біовідварювання джінсових виробів для поліпшення м'якості бавовняних та змішаних тканин, видалення пілінгу.

Нині застосування ферментів дуже різноманітне. Так, обробка ліпазою суттєво поліпшує змочуваність поліефірних волокон.

Розроблено технологію біовідварювання бавовняних тканин без втрати міцності волокна, із високим показником якості.

Целюлази широко використовують для надання ефекту потертості; для очистки стічних вод від барвників (зокрема, фенолоксидаз).

Целюлазні комплекси ефективні для котонізації лляних волокон, отримання бавовноподібних волокон й поліпшення прядильних властивостей.

У шерстяній підгалузі однією з альтернатив хлорування під час малозважальної обробки шерсті є обробка ферментами.

Тепер широко застосовують три групи ферментів — ліпази, ліпопротеїніліпази та протеази, які можуть викликати розкладання молекул протеїнів або поліпептидів. Широке розповсюдження має препарат Бактосол С1, який представляє серилпротеазу.

Обробка ним сприяє значному зменшенню усадки й водночас підвищенню білості шерсті.

Обробка шерстяних тканин протеазами сприяє зменшенню кількості проколювань, м'якості шерстяних виробів.

Не менш значуща проблема — промивання вибитих тканин, особливо від загусників на основі крохмальних та модифікованих крохмальних загущень, широко використовуваних на вітчизняних текстильних підприємствах. Специфіка промивання тканини з вибивним рисунком полягає у необхідності максимально дбайливого і водночас ретельного видалення з поверхні матеріалу плівки загусника, що висох.

Ефективність видалення загусника визначає характеристики тривкості забарвлень, споживчі якості тканин — м'якість на дотик, гігроскопічність.

Досліджено можливість використання низки ферментів амілолітичної та целюлолітичної активності та їх композицій з ПАР для промивання тканин, вибитих кубовими, активними і оксиазобарвниками.

За показниками ступеня видалення крохмальних та крохмально-метасиликатних загущень після ферментативного промивання, капілярності й тривкості забарвлень проти мокрого, сухого тертя, мильних обробок оптимізовані температурно-часові та концентраційні параметри проведення процесу, здійснено вибір найпридатніших для цього ферментів.

Показано можливість заміни високотемпературного промивання тканин, вибитих активними барвниками на основі крохмально-метасиликатного загущення, на низькотемпературне промивання з використанням ферментів та їхніх композицій із спеціально підібраними ПАР неіоногенної природи. Ферментативне промивання не тільки забезпечує раціональність технологічного процесу, екологічною та економічною, а й дає змогу отримувати тканини за тривкістю забарвлень проти мокрого тертя на 1—1,5 бала вище, ніж під час промивання за відомою високотемпературною технологією з миючими засобами.

У разі роботи з ферментами виключається можливість запліскування білого фону рисунку, підвищується капілярність готових тканин, не знижується інтенсивність забарвлень. Відсутність піноутворення у процесі роботи з ферментами на високошвидкісному устаткуванні також є позитивним чинником.