

Г.В. МІЩЕНКО, Д.С. КАЧУК
Херсонський національний технічний університет
В.В. НАЗАРОВА
Херсонська державна морська академія

ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОФОБІЗАЦІЇ ТКАНИН З ПІГМЕНТОВАНИМИ ПОЛІМЕРНИМИ ПЛІВКАМИ НА ПОВЕРХНІ

Розглянуто особливості гідрофобізації тканин, зокрема камуфляжних, які попередньо були пофарбовані субстантивними барвниками і надруковані за пігментною технологією. Показано, що під час гідрофобізації таких тканин утворюється більш складний адсорбційний комплекс, в якому змінюються характер і міцність зв'язків між шарами полімерів. Розглянуто шляхи і запропоновано добавки, які збільшують міцність зв'язку на межі «полімер-гідрофобізатор – полімер-зв'язуюче» і забезпечують підвищення якості водовідштовхувального ефекту, сформованого кремнійорганічними олігомерами. Визначено вплив пігментованої плівки на поверхні тканин на процес адсорбції гідрофобізатору і добавки, які інтенсифікують цей процес.

Ключові слова: гідрофобізація, водовідштовхування, тканина, пігмент, адсорбція, плівка, зв'язуюче, якість.

H.V. MISCHENKO, D.S. KACHUK
Kherson National Technical University
V.V. NAZAROVA
Kherson State Maritime Academy

FEATURES OF HYDROPHOBIZATION OF THE FABRICS WITH PIGMENTED POLYMERIC FILMS ON THE SURFACE

Abstract – The features of hydrophobization of fabrics, in particular camouflage, previously painted by substantive dyes and printed by the pigment technology have been considered. It was shown that in hydrophobization of such fabrics more sophisticated adsorption complex is formed, where the nature and strength of links between layers of polymers are changed. An analysis was made of the ways and additions that increase the strength of the bond on the verge of "polymer-water repellent – polymer-binder" and provide the improving of quality of water repellent effect formed by silicon oligomers were proposed. The influence of pigmented film on the surface of fabrics on the process of adsorption of water repellent and additives that intensify this process were determined.

Keywords: hydrophobization, water repellence, fabric, pigment, adsorption, film, binder, quality.

Постановка проблеми

Гідрофобізація текстильних матеріалів, до якої відносять водовідштовхувальне оброблення тканин, є найбільш поширеною серед спеціальних видів оброблення останніх. Гідрофобізації піддають текстильні матеріали з різним волокнистим складом та різного призначення. Серед цих матеріалів значне місце займають тканини, що були надруковані за пігментною технологією, зокрема це камуфляжні тканини. Але надання водовідштовхувальних властивостей цим тканинам на заключній стадії опорядження за найбільш поширеною технологією гідрофобізації, побудованою на застосуванні кремнійорганічних сполук (КОС), не забезпечує одержання якісного ефекту.

Оцінка показника водовідштовхування на камуфляжних тканинах, опоряджених за розробленою у роботі [1] технологією водовідштовхувального оброблення, показала, що на одній і тій же тканині мають місце різні показники водовідштовхування: на пофарбованих ділянках – до 100 у.о., а на ділянках, надрукованих пігментами, лише 50–60 у.о. Тобто 50 відсотків поверхні тканини змочуватиметься, що вимагає розробки окремої технології водовідштовхувального оброблення для таких тканин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Спеціальні властивості тканин, в тому числі і водовідштовхувальні, яких тканини набувають в процесі заключного оброблення, у теперішній час є найбільш вимоговими [2].

Водовідштовхувальні властивості текстильним матеріалам надаються шляхом нанесення на них спеціальних гідрофобізуючих препаратів, серед яких найбільше практичне значення мають два типи сполук: кремнійорганічні і флуорорганічні. Незважаючи на те, що дослідження кремнійорганічних сполук як гідрофобізаторів триває більше п'ятдесяти років [3–5], можливості цих сполук не вичерпано і вони не втратили свого значення дотепер, про що свідчить значний обсяг літератури, в якій КОС є предметом дослідження [6–8].

Основну увагу дослідники приділяють розробці ресурсоощадної технології, зниженню матеріало- та енерговитрат, підвищенню якості ефектів гідрофобізації. В результаті цих робіт розроблено ресурсозберігаючу технологію [1], що забезпечує стовідсоткове водовідштовхування з поверхні тканин, тобто ефект вищий за той, що вимагає держстандарт України, і знаходиться на рівні показників, що забезпечуються флуорорганічними сполуками, вартість яких значно вища за вартість кремнійорганічних сполук.

Однак, як відмічено вище, технологія не працює на тканинах, які попередньо оброблялися за пігментною технологією і містять на поверхні пігментовану полімерну плівку.

Мета дослідження

Метою даної роботи є одержання високоякісного ефекту водовідштовхування на камуфляжних тканинах шляхом дослідження особливостей гідрофобізації тканин, надрукованих за пігментною технологією,

і пошуку шляхів підвищення якості гідрофобізації таких тканин кремнійорганічними сполуками.

Основний матеріал дослідження

Забарвлені за пігментною технологією тканини, в тому числі камуфляжні, перед заключним обробленням зазвичай піддаються фарбуванню субстантивними барвниками і друкуванню пігментами, які закріплюються на поверхні тканини плівками полімерних зв'язуючих, що поряд з пігментом входять до друкувального складу, який наносять на поверхню тканини до її гідрофобізації. Наявність плівки зв'язуючого на поверхні тканини змінює її поверхневі характеристики, що впливає на процес адсорбції полімеру-гідрофобізатору поверхнею тканини в процесі її гідрофобізації і характер зв'язків у адсорбційному комплексі, що утворюється в результаті адсорбції полімеру-гідрофобізатору субстратом.

Ці фактори обумовлюють визначення тих задач, що треба вирішувати для досягнення поставленої в роботі мети. Отже, це наступні задачі:

- вивчення впливу на адсорбцію полімеру-гідрофобізатору наявності на волокні плівки зв'язуючого та забезпечення у разі необхідності (при зниженні адсорбції полімеру) інтенсифікації процесу адсорбції;
- визначення поверхневих характеристик тканини після її друкування пігментами і утворення адсорбційних комплексів з полімером-гідрофобізатором;
- забезпечення стійкості адсорбційних комплексів, що утворюються в процесі гідрофобізації тканин.

На рис. 2 процес гідрофобізації камуфляжних тканин, що забарвлювалися за пігментною технологією, представлено як утворення більш складного адсорбційного комплексу у порівнянні з таким, що утворюється в процесі гідрофобізації тканин, забарвлених субстантивними барвниками, без участі зв'язуючих (рис. 1).

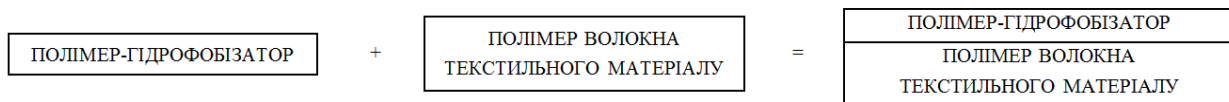


Рис. 1. Адсорбційний комплекс, що утворюється при гідрофобізації тканини, забарвленої субстантивними барвниками

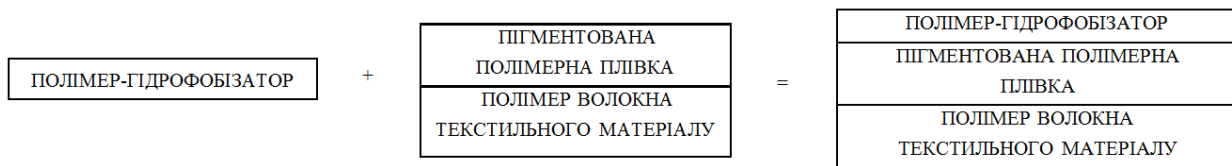


Рис. 2. Адсорбційний комплекс, що утворюється при гідрофобізації тканини, забарвленої пігментами

Якщо врахувати особливості пігментного друку, а саме те, що барвник з плівкою зв'язуючого при якісному друці знаходиться лише на лицевій поверхні тканини, схема, подана на рис. 2, буде мати наступний вигляд (рис. 3):

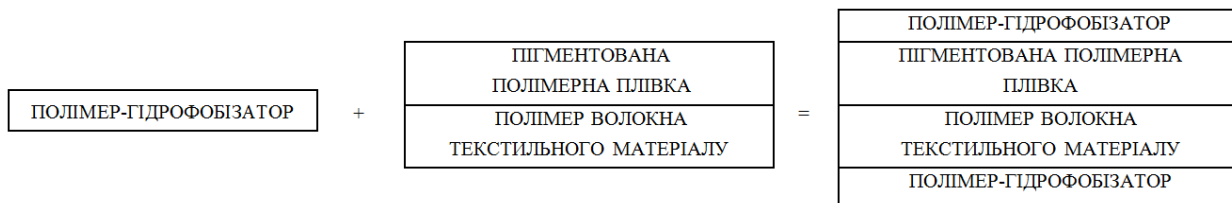


Рис. 3. Адсорбційний комплекс, що утворюється при гідрофобізації тканини, забарвленої пігментами, з урахуванням особливостей пігментного друку

Розгляд процесу формування водовідштовхувального ефекту на тканині з пігментованою плівкою на поверхні як утворення адсорбційного комплексу дає можливість вирішувати проблему як його стійкості, так і одержаного ефекту з позицій колоїдної хімії полімерів, застосовуючи для цього характеристики поверхневих властивостей полімерів, що утворюють комплекс, в тому числі вільну енергію на поверхні розділу двох конденсованих фаз.

У даній роботі для одержання і вивчення адсорбційних комплексів у якості полімеру гідрофобізатору використовували п'ятидесятивідсоткову водну емульсію олігометилгідридсилоксану.

Підготовану плащову тканину арт. 2701, до складу якої входить 53 % бавовни і 47 % поліефірного волокна, фарбували активними і дисперсними барвниками за технологією, прийнятою на ПАТ «Черкаський шовковий комбінат», і просочували вказаною емульсією, після чого тканину висушували.

Для одержання комплексу, представленого на рис. 2, пофарбовану тканину друкували за типовою технологією пігментами, для чого використовували у якості зв'язуючого водні дисперсії акрилових кополімерів, а саме: стиrolакриловий кополімер з підвищеним вмістом карбоксильних груп і кополімер бутилакрилату і стиrolу, що містив фрагменти метилолакриламідів (виробництво «Полімер», м. Херсон). Після друкування тканину просочували КОС і сушили.

У наведених на рис. 1, 2 комплексах об'єднані полімери, плівки яких значно відрізняються одна від одної за хімічним складом і поверхневими енергіями.

Для розрахунку вільної енергії на поверхні розділу плівок здійснювали оцінку поверхневих енергій вільних плівок γ_1 і γ_2 , а також їх дисперсійної складової та складової, обумовленої утворенням водневих зв'язків, за даними вимірювань на поверхні плівок крайових кутів змочування двох рідин з відомими значеннями γ та її складових з використанням методу Ребіндера, після чого визначали міжфазний натяг $\gamma_{1,2}$ розрахунковим методом [9]. Для цієї цілі використовували узагальнене рівняння Оуенса і Вендта, запропоноване для усіх систем, в тому числі для двох твердих поверхонь:

$$\gamma_{1,2} = \gamma_1 + \gamma_2 - 2(\gamma_1^d \gamma_2^d)^{1/2} - 2(\gamma_1^h \gamma_2^h)^{1/2} \quad (1)$$

або

$$\gamma_{1,2} = [(\gamma_1^d)^{1/2} - (\gamma_2^d)^{1/2}]^2 + [(\gamma_1^h)^{1/2} - (\gamma_2^h)^{1/2}]^2 \quad (2)$$

де $\gamma_{1,2}$ – міжфазний натяг на межі розділу між речовинами 1 і 2;

γ_1^d, γ_2^d – дисперсійна складова вільної поверхневої енергії для речовин 1 і 2 відповідно;

γ_1^h, γ_2^h – складова вільної поверхневої енергії, обумовлена утворенням водневих зв'язків, для речовин 1 і 2 відповідно.

В цих рівняннях враховано, що вільна енергія γ плівок складається з різних сил: водневих – γ^h і дисперсійних γ^d .

Визначення поверхневих енергій показало, що кремнійорганічний олігомер формує плівку з поверхневою енергією 20–22 мДж/м², а плівки з акрилових кополімерів мають поверхневу енергію 60–66 мДж/м².

Критична поверхнева енергія бавовняного волокна знаходиться в залежності від ступеня його підготовки до опорядження і коливається в межах 22 мДж/м² для непідготовленого волокна і 50 мДж/м² для якісно підготовленого.

Розрахунок $\gamma_{1,2}$ для комплексів, поданих на рис. 1 і 2, показав, що система, сформована полімерами лгідрофобізатору і зв'язуючого, характеризується досить високим міжфазним натягом, що знаходиться у межах 25–30 мДж/м², в той час як для системи «кремнійорганічний полімер – полімер волокна» даний показник становить 15–18 мДж/м². Одержані дані свідчать, що комплекси, зображені на рис. 1 і 2, будуть значно відрізнятися за стійкістю, а отже, значно будуть відрізнятися і показники стійкості водовідштовхувального ефекту, сформованого цими комплексами.

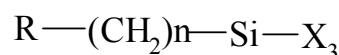
Для забезпечення необхідної міцності і стійкості подібних утворень треба обирати полімери з відповідними характеристиками. Оскільки типи полімерів визначено технологіями опорядження і змінювати їх можливості немає, для забезпечення стійкості комплексу «полімер гідрофобізатору – полімер зв'язуючого – полімер волокна» можна використати два інші шляхи:

- застосування солей-комплексоутворювачів, здатних зв'язати шари різних полімерних плівок між собою;
- використання промоторів адгезії [10, 11].

Отже, задача на наступному етапі роботи полягала у пошуку відповідних промоторів адгезії, які будуть ефективно «працювати» у конкретному комплексі, а саме – утвореному кремнійорганічним олігомером і акриловим кополімером.

Розглянувши можливі для підсилення адгезії сполуки і враховуючи екологічний і технологічний аспекти їх застосування на виробництві, ми зупинили свій вибір на силанах.

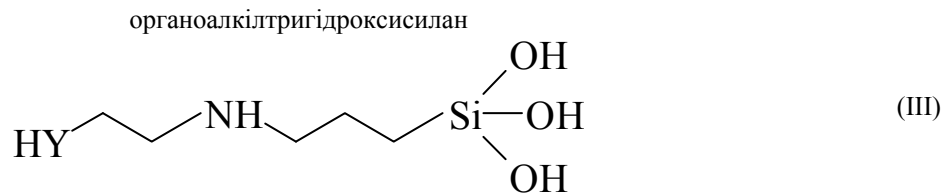
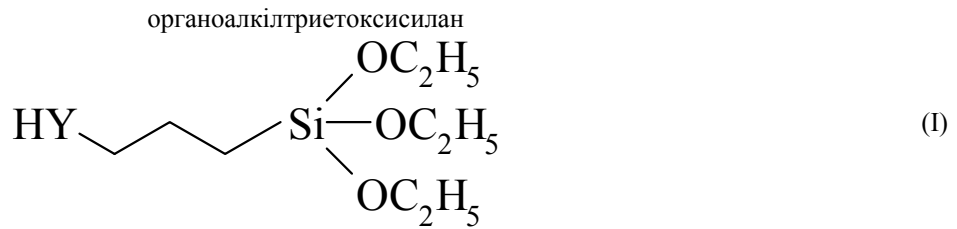
Загальна формула силану, що є промотором адгезії, демонструє наявність функціональних груп двох класів сполук:



де X – група, що підлягає гідролізу – зазвичай алкокси-, ацилоксигрупа, галогеновмісна або аміногрупа; R – органічний радикал.

Триалкоксилани гідролізуються з формуванням силаноловмісних аналогів. Далі відбувається конденсація з утворенням олігомерів. Олігомери взаємодіють з функціональними групами речовин з наступним формуванням ковалентних зв'язків. Реакції відбуваються одночасно після початкової стадії – гідролізу. Група R залишається доступною для ковалентного зв'язування або фізичної взаємодії з іншими фазами [12].

У роботі у якості таких промоторів адгезії було обрано дві сполуки:



Нижче, в табл. 1 показано, як впливають обрані силани на якість водовідштовхувального ефекту. До аפרету додавали аміни, оскільки вони є необхідними складовими при застосуванні даних силанів [13].

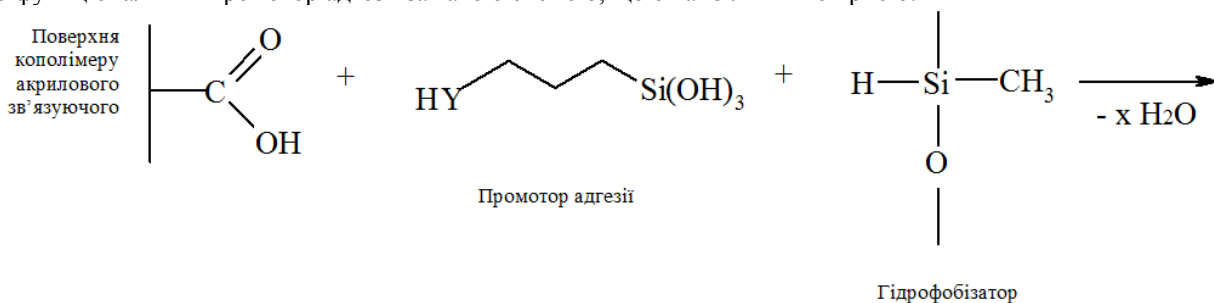
Таблиця 1

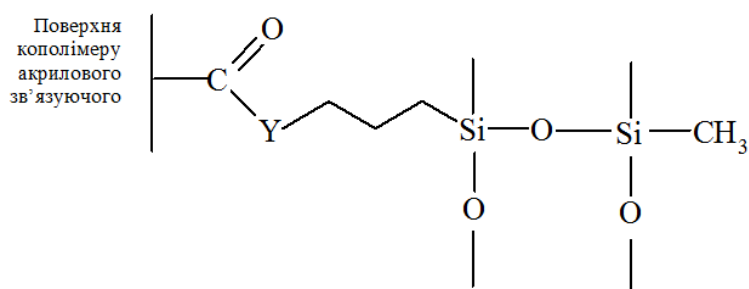
Вплив добавок на ефект гідрофобного оброблення олігометилгідридсилоксаном надруксованої пігментами бавовняної тканини

Компоненти аפרету	Концентрація компонентів, г/л	Водовідштовхування, у.о.		
		80 °C	120 °C	сушка 80 °C, т/о – 150 °C
Гідрофобізатор Силан I Первинний амін	30 5 15	0–50	50	70
Гідрофобізатор Силан I Вторинний амін	30 5 15	55	70	85
Гідрофобізатор Силан I Третинний амін	30 5 15	60	60	75
Гідрофобізатор Силан II Первинний амін	30 5 15	0	0	50
Гідрофобізатор Силан II Вторинний амін	30 5 15	0–50	0–50	55
Гідрофобізатор Силан II Третинний амін	30 5 15	0–50	0–50	55

У присутності силану I одержано водовідштовхувальний ефект, що знаходиться у межах держстандарту.

Взаємодія макромолекул полімеру-гідрофобізатору з акриловим полімером, що має вільні карбоксильні групи, і розташованим на поверхні субстрату, що опоряджується, здійснюється через біфункціональний промотор адгезії за такою схемою, що є найбільш ймовірною:





Загальний комплекс, що утворюється на поверхні тканини, і відповідає наведеному на рис. 2, може бути представлений такою ймовірною схемою:

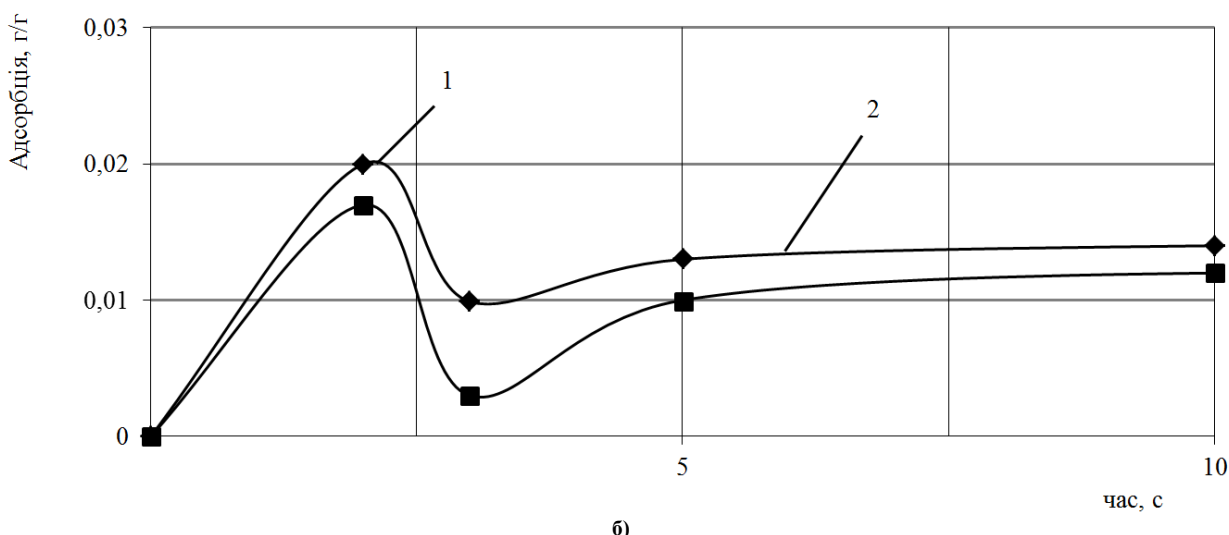
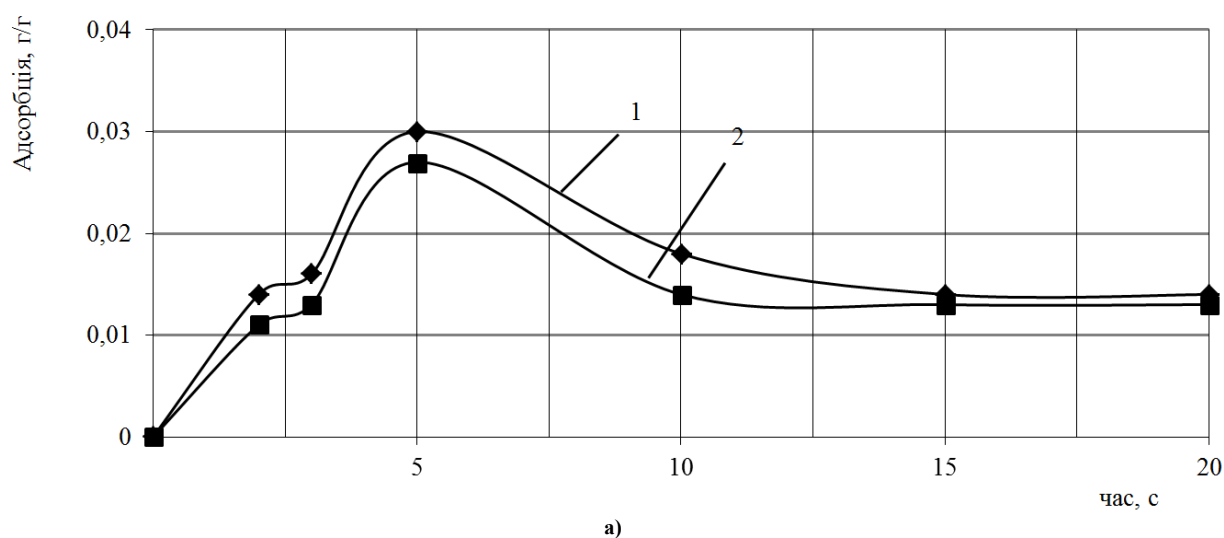
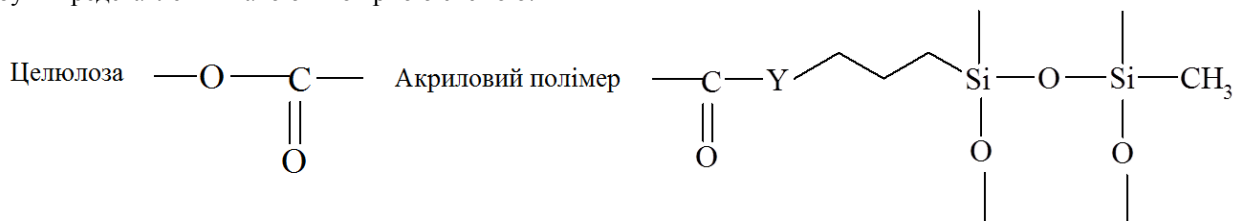


Рис 4. Кінетичні криві адсорбції кремнійорганічного гідрофобізатору (концентрація 30 г/л) тканиною:
1 – бавовняною (арт. 5107); 2 – бавовняно-поліефірною (арт. 3112)
а) відбіленою; б) надрукованою пігментним складом на основі акрилового зв'язуючого

З наведеної схеми видно, що на поверхні опорядженої тканини збільшується кількість кремнійвмісних груп, що збільшує водовідштовхувальний ефект.

Можливість утворення наведеної вище схеми і збільшення на поверхні тканини угруповань з атомом Силіцію підтверджена методом інфрачервоної спектроскопії. Були зняті ІЧ-спектри зразків бавовняно-поліефірної тканини, надрукованої пігментами і просоченої кремнійорганічним олігомером в

присутності добавки біфункціонального кремнієвмісного промотору адгезії та без цієї добавки. На спектрах спостерігався ріст інтенсивності смуги при 1017 см^{-1} , яка відноситься до валентних коливань угруповання – Si – O – Si –, що може свідчити про утворення зв'язків між біфункціональним промотором адгезії і кремнійорганічним полімером гідрофобізатору.

Для одержання вимогового водовідштовхувального ефекту треба забезпечити необхідну кількість полімеру гідрофобізатору на поверхні тканини. Цей показник забезпечується на стадії просочування тканини розчином, що включає гідрофобізуючий полімер, на якій відбувається адсорбція полімеру поверхнею тканини.

На рис. 4 показано, як знижується адсорбція полімеру гідрофобізатору тканиною, на поверхні якої вже знаходиться полімерна плівка, сформована полімером зв'язуючого в процесі друкування тканини пігментами.

Дані одержували гравіметричним способом, для чого визначали адсорбцію за різні відрізки часу зразками тканини з полімером на поверхні (рис. 4.а) і без нього (рис. 4.б).

З експериментальних даних, наведених на рис. 4, видно, що кількість полімеру-гідрофобізатору за час просочення (2–5 с) знижується з 30 г/кг до 20 г/кг. Отже, процес адсорбції потребує інтенсифікації, для чого можуть слугувати різні добавки просочувальної ванни. Нами встановлено, що інтенсифікаторами адсорбції КОС є солі d-металів, аміни і безпосередньо промотор адгезії.

Нижче, на рис. 5 показано, як збільшується адсорбція гідрофобізатору бавовняною тканиною, надрукованою пігментами, у присутності амінів.

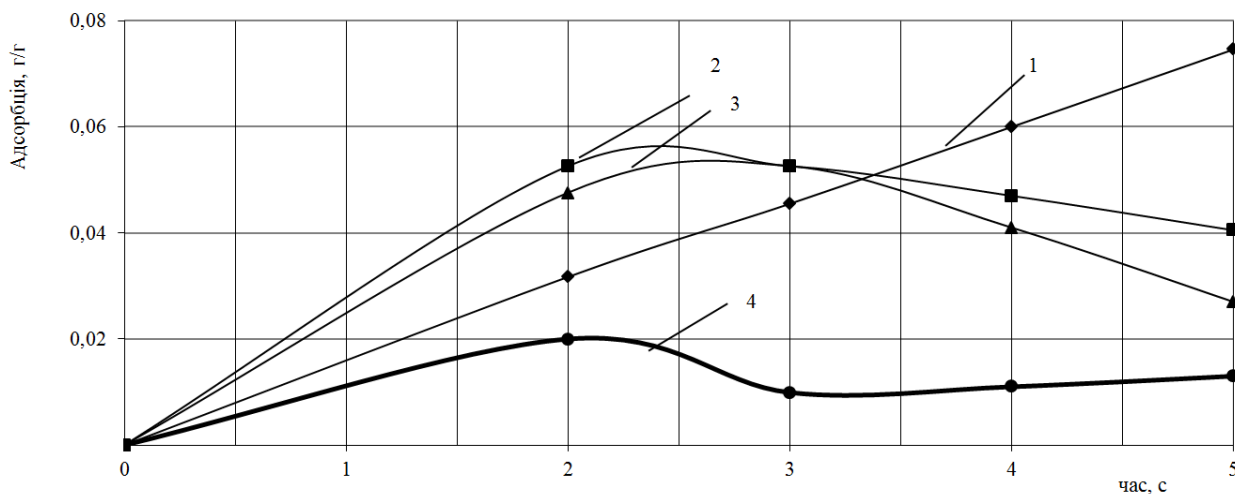


Рис. 5. Кінетичні криві адсорбції гідрофобізатору бавовняною тканиною, надрукованою пігментним складом, в присутності амінів: 1 – первинного аміну; 2 – вторинного аміну; 3 – третинного аміну; 4 – без аміну

Час просочення зразків тканини при побудові кінетичних кривих обмежено часом її перебування у плюсовці, тому у якості добавок, що підсилюють адсорбцію, можуть бути рекомендовані вторинні і третинні аміни.

Добавки амінів збільшують адсорбцію полімеру гідрофобізатору майже у 2 рази у порівнянні з тканиною, що не містить плівки на поверхні, і у 3 рази – з тією, що містить плівку зв'язуючого. Аналогічний характер мають кінетичні криві сорбції гідрофобізатору у присутності солей і промотору адгезії.

Отже, адсорбція полімеру-гідрофобізатору тканинами – процес, який легко регулюється нескладними технологічними прийомами, в тому числі на тих тканинах, що містять на поверхні полімерну плівку.

Висновки

Показано причини зниження показників водовідштовхувальних властивостей при формуванні гідрофобного ефекту на тканинах, забарвлених за пігментною технологією, для чого процес гідрофобізації розглянуто як ускладнення адсорбційного комплексу, в якому змінюється характер і міцність зв'язків між шарами полімерів.

Показано ефективність застосування біфункціональних силанів для підвищення якості водовідштовхувального оброблення в процесі гідрофобізації кремнійорганічними сполуками камуфляжних тканин, що обумовлюється їх спорідненістю як до полімеру гідрофобізатору, так і до акрилового зв'язуючого, який утримує пігмент на волокні. Ефект водовідштовхування в присутності біфункціональних силанів може бути збільшено з 50 у.о. до 80–90 у.о.

Вивчено процес адсорбції полімеру-гідрофобізатору тканинами, на поверхні яких знаходиться пігментована акрилова плівка. Показано, що присутність останньої на волокні зменшує адсорбцію полімеру гідрофобізатору в 1,5 рази, що також є причиною зниження ефекту гідрофобізації на цих тканинах.

Показано, що процес адсорбції полімеру-гідрофобізатору тканиною з полімерною пігментованою

плівкою на поверхні легко піддається інтенсифікації, в результаті якої кількість полімеру на волокні може бути збільшена до вимогових значень нескладними технологічними прийомами.

Література

1. Назарова В.В. Розробка матеріало- та енергозберігаючої технології гідрофобної обробки тканин кремнійорганічними олігомерами : дис. ... кандидата технічних наук : 05.19.03 / Назарова Вікторія Вікторівна. – Херсон, 2009. – 219 с.
2. Глубіш П.А. Хімічна технологія текстильних матеріалів (Завершальне оброблення) : навч. посіб. / Глубіш П.А. – К. : Арістей, 2006. – 304 с.
3. Волкова Л.М. Исследование новых кремнийорганических препаратов для гидрофобизации хлопчатобумажных тканей / Л.М. Волкова // Применение силиконов в текстильной и легкой промышленности / Л.М. Волкова. – М. : ЦНИИТЭИЛегпрома, 1970. – С. 74–80.
4. Орлов Н.Ф. Кремнийорганические соединения в текстильной и легкой промышленности / Орлов Н.Ф., Андросова М.В., Введенский Н.В. – М. : Легкая индустрия, 1966. – 240 с.
5. Семак Б.Д. Износостойкие ткани с отделкой силиконами / Семак Б.Д. – М. : Легкая индустрия, 1977. – 152 с.
6. Міщенко Г.В. Кремнієорганічні сполуки у сучасних технологіях гідрофобного оброблення тканин / Г.В. Міщенко, В.В. Назарова. – Херсон : Видавництво «Олді-плюс», 2011. – 189 с.
7. Качук Д.С. Гидрофобная отделка кремнийорганическими соединениями текстильных материалов, напечатанных пигментами / Д.С. Качук, Л.А. Нестерова, Е.А. Венгер // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 5. – С. 123–129.
8. Измайлов Б.А. Гидрофобная отделка текстильных материалов хлопчатобумажных и полшерстяных волокон высшими олиго(алкилоксиметил)силоксанами / Б.А. Измайлов, А.В. Неделькин, О.В. Ямбулатова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 2. – С. 43–46.
9. Ван Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров / Д.В. Ван Кревелен ; [пер. с англ. Ф.Ф. Ходжеванова] ; под ред. А.Я. Малкина. – М. : Издательство «Химия», 1976. – С. 101–103.
10. Verkholtantsev V.V. Adhesion promoters. *European Coatings Journal*. 1999. № 11. pp. 52–60.
11. M. Arif Butt, Arshad Chughtai, Javaid Ahmad, Rafiq Ahmad, Usman Majeed, I.H. Khan Theory of Adhesion and its Practical Implications. A Critical Review. *Journal of Faculty of Engineering and Technology*. 2007–2008. pp. 21–45.
12. Barry Arkles Silane Coupling Agents: Connecting Across Boundaries. Morrisville, PA : Gelest, Inc., 2006. 60 p.
13. Фрейдин А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений / Фрейдин А.С. – М. : Химия, 1981. – 272 с.

References

1. Nazarova V.V. Rozrobka materialo- ta enerhozberihaiuchoi tekhnolohii hidrofobnoi obrobky tkanyn kremniiorhanichnymy olihomeramy : dys... kandydata tekhnichnykh nauk : 05.19.03. Kherson, 2009, 219 p.
2. Hlubish P.A. Khimichna tekhnolohiia tekstylnykh materialiv (Zavershalne obroblennia) : navch. posib. Kyiv, Aristei, 2006, 304 p.
3. Volkova L.M. Issledovanye novy'x kremnyjorganicheskyykh preparatov dlya gidrofobizatsii xlopchatobumazhny'x tkaney. *Primenenie silikonov v tekstil'noj i legkoj promy'shlnosti*. Moscow, CzNIITE'ILegproma, 1970, pp. 74-80.
4. Orlov N.F., Androsova M.V., Vvedenskiy N.B. Kremnijorganicheskie soedineniya v tekstil'noj i legkoj promy'shlnosti. Moscow, Lyogkaya industriya, 1966, 240 p.
5. Semak B.D. Iznosostojkie tkani s otdelkoj silikonami. Moscow, Lyogkaya industriya, 1977, 152 p.
6. Mishchenko H.V., Nazarova V.V. Kremniiorhanichni spoluky u suchasnykh tekhnolohiikh hidrofobnoho obroblennia tkanyn. Kherson, vydavnytstvo «Oldi-plius», 2011, 189 p.
7. Kachuk D.S., Nesterova L.A., Venger E.A. Gidrofobnaya otdelka kremnijorganicheskimi soedineniyami tekstil'ny'x materialov, napechatanny'x pigmentami, *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promy'shlnosti*, 2014, No. 5, pp. 123-129.
8. Izmajlov B.A., Nedel'kin A.V., Yambulatova O.V. Gidrofobnaya otdelka tekstil'ny'x materialov xlopchatobumazhny'x i polusherstyany'x volokon vy'sshimi oligo(alkiloksimetilen)siloksanami, *Izvestiya vy'sshix uchebny'x zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promy'shlnosti*, 2009, No. 2, pp. 43-46.
9. D.V. Van Krevelen Svojstva i ximicheskoe stroenie polimerov. Ed. by A.Ya. Malkina, Moscow, Izdatel'stvo «Ximiya», 1976, pp. 101-103.
10. Verkholtantsev V.V. Adhesion promoters, *European Coatings Journal*, 1999, No. 11, pp. 52-60.
11. M. Arif Butt, Arshad Chughtai, Javaid Ahmad, Rafiq Ahmad, Usman Majeed, I.H. Khan, Theory of Adhesion and its Practical Implications. A Critical Review, *Journal of Faculty of Engineering and Technology*, 2007 – 2008, pp. 21-45.
12. Barry Arkles, Silane Coupling Agents: Connecting Across Boundaries. Morrisville, PA, Gelest, Inc., 2006, 60 p.
13. Frejdin A.S. Prochnost' i dolgovechnost' kleevyx soedinenij. Moscow, Ximiya, 1981, 272 p.

Рецензія/Peer review : 18.1.2015 р.

Надрукована/Printed : 26.1.2015 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Валько М.І.