

ГАВЕНКО С. Ф.

Українська академія друкарства

ORCID ID: 0000-0003-4973-5174

e-mail: havenko1559@gmail.com

НАЗАР О. Р.

Українська академія друкарства

ORCID ID: 0000-0002-4029-1178

e-mail: olegnazar2009@gmail.com

КОЧУБЕЙ В. В.

НУ «Львівська політехніка»

ORCID ID: 0000-0003-1537-3953

e-mail: vicvitkoch@gmail.com

ПЕЛИК Л. В.

Львівський торговельно-економічний університет

ORCID ID: 0000-0002-3365-0312

e-mail: lpelyk@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕРМОТРАНСФЕРНОГО ДРУКУ НА БАВОВНЯНОМУ ТЕКСТИЛЬНОМУ МАТЕРІАЛІ

У статті наведені термогравіметричні дослідження бавовняного текстильного матеріалу до і після задрукування термотрансферним друком. Для досліджень використано тестову шкалу з лініатурою растру від 100 до 140 лін/см. Наведені денситометричні показники якості утворених термотрансферних зображень пластезолевими фарбами. Встановлено, що зі збільшенням лініатури растрових зображень колірні показники відбитків на текстильному матеріалі дещо зменшуються, що необхідно враховувати при виконанні замовлень в промислових умовах. За допомогою електронної мікроскопії досліджено процес взаємодії фарби з волокнами бавовни при закріпленні надрукованих зображень. Підтверджено суттєвий вплив на якість відбитків на текстильному матеріалі поверхневої структури бавовняних волокон, їх будови, складу барвника та режимів друку.

Ключові слова: бавовняний текстильний матеріал, термотрансферний друк, термогравіметричний аналіз, мікроскопія.

SVITLANA HAVENKO, OLEH NAZAR, VIKTORIA KOCHUBEI, LESIA PELYK

Lviv University of Trade and Economics,

THE RESEARCH OF QUALITY OF THERMOTRANSFER PRINT IMAGES ON COTTON TEXTILE MATERIAL

The article presents thermogravimetric studies of cotton textile material before and after printing by thermal transfer printing. Thermal transfer printing on garments and knitwear, umbrellas, bags, advertising banners, posters, etc. is popular. Transfer printing technology involves the transfer of the image to the textile material using an intermediate medium. First, the desired image is formed on a special paper or film using screen printing. Then, with the help of temperature in special presses, it is transferred to the textile material. If the image is multicolored, the whole process is repeated separately for each color. Heat transfer technology allows to apply high- and multi-color images to finished products or semi-finished products with high accuracy; to carry out personalized printing. Since thermal transfer printing involves the presence of high temperatures to obtain an image on the material, a comprehensive thermal analysis of cotton fabric was performed before and after printing. A test scale with a raster line from 100 to 140 lines / cm was used for research. Densitometric indicators of quality of the formed thermotransfer images by plastazol paints are given. It is established that with the increase of the line of raster images the color indicators of the prints on the textile material decrease slightly, which must be taken into account when fulfilling orders in industrial conditions. Using electron microscopy, the process of interaction of dye with cotton fibers in the fixation of printed images was studied. Significant influence on the quality of prints on textile material of surface structure of cotton fibers, their structure, dye composition and printing modes is confirmed. It is established that cotton fabric with printed image at 140 oC provides high quality color printed thermal transfer images. This is confirmed by such qualimetric indicators as optical density, image contrast, brightness. Modeling the mechanism of fixing the printed image on the fabric during thermal transfer printing can be divided into four stages: diffusion of the dye from the environment to the surface of the fibers; sorption of the dye on the surface; diffusion of dye inside the fiber; sorption of the dye on the inner surface of the fiber, which require more detailed and in-depth studies.

Keywords: cotton knitted fabric, thermal transfer printing, thermogravimetric analysis, microscopy.

Постановка проблеми

Здавна люди створювали різні візерунки і малюнки на тканині, прикрашали ними одяг, предмети побуту. Сьогодні текстильна промисловість завдяки новітнім технікам і засобам друку має широкий спектр технологій для оздоблення виробів з тканин. Популярним є термотрансферний друк на швейних та трикотажних виробах, парасольках, сумках, рекламних банерах, плакатах тощо. Технологія трансферного друку передбачає перенесення зображення на текстильний матеріал за допомогою проміжного носія. Спочатку на спеціальному папері або плівці утворюється за допомогою трафаретного друку потрібне зображення. Потім за допомогою температури у спеціальних пресах воно переноситься на текстильний матеріал. Якщо зображення багатоколірне, то весь процес повторюється окремо для кожного кольору [1]. Технологія термоперенесення дозволяє з високою точністю наносити на готові вироби або напівфабрикати одно- і багатокольорові зображення; здійснювати персоналізований друк.

Постановка завдання. Мета дослідження полягала у визначенні термостійкості текстильного матеріалу із вмістом 100 % волокон бавовни при оздобленні їх термотрансферним друком.

Виклад основного матеріалу

Об'єктом дослідження було вибрано тканина із вмістом 100 % волокон бавовни, полотняного переплетення, відбіленого оброблення, яке використовується для пошиття швейних виробів. Друкування тестової шкали (рис. 1) проводили на термотрансферному пресі марки EB 380 FH (22кВТ) фірми EVER BRIGHT MACHINERY CO.LTD у виробничих умовах ТЗОВ Компанія «Еней» (м. Львів) Режими друкування – робоча температура –140 °С, час перенесення зображення з трансферу – 5 с, тиск – 3–4 бари. Друкування здійснювали пластизольовими фарбами фірми Antex, серії NF, зокрема NF82 (magenta), NF83 (yellow), NF84(cyan), NF (black). Для збільшення адгезії використовували крупнодисперсний трансферний клей TM 2000. Для виготовлення трансферу використовували папір 90GSM. Якість отриманих зображень на бавовняному текстильному матеріалі оцінювали з використанням спектроколориметра SPM 50 фірми GRETAG. Заміри проводились при коефіцієнті процентного покриття фарбою полотна – 80 %. Термічні дослідження зразків бавовняної тканини виконували на дериватографі Q-1500D системи «Паулік – Паулік – Ердей» з реєстрацією за допомогою комп'ютера аналітичного сигналу втрати маси та теплових ефектів. Зразки аналізувалися в динамічному режимі з швидкістю нагрівання 5 °С/хв в середовищі повітря. Маса зразків становила 100 мг, а еталонною речовиною був алюміній оксид Al_2O_3 .



Рис. 1. Тестова шкала для контролю якості зображень термотрансферного друку на бавовняному трикотажному матеріалі

Оскільки термотрансферний друк передбачає наявність високих температур для отримання зображення на матеріалі, був проведений комплексний термічний аналіз бавовняної тканини до і після друкування. Визначення оптимальної температури перенесення зображень з трансферу забезпечує необхідний рівень якості відбитку на матеріалі. Термогравіметричні криві (TG) відображають втрату маси зразка при їх нагріванні. Криві диференційного термогравіметричного аналізу (DTG) показують швидкість втрати маси зразків. Ці криві є результатом диференціювання кривих TG. Криві диференційного термічного аналізу DTA показують теплові ефекти відповідних перетворень зразків [2].

Результати термічного аналізу представлені у вигляді термограм та зведених кривих DTA (рис. 2–3). На першій стадії термолізу (рис. 1) досліджуваного відбіленого зразка бавовняної тканини, в температурному інтервалі 20–221 °С, відбувається виділення летких компонентів, присутніх у зразку. Цей процес супроводжується втратою маси зразка (5,65 %) та появою ендотермічного ефекту на кривій DTA (DTA).

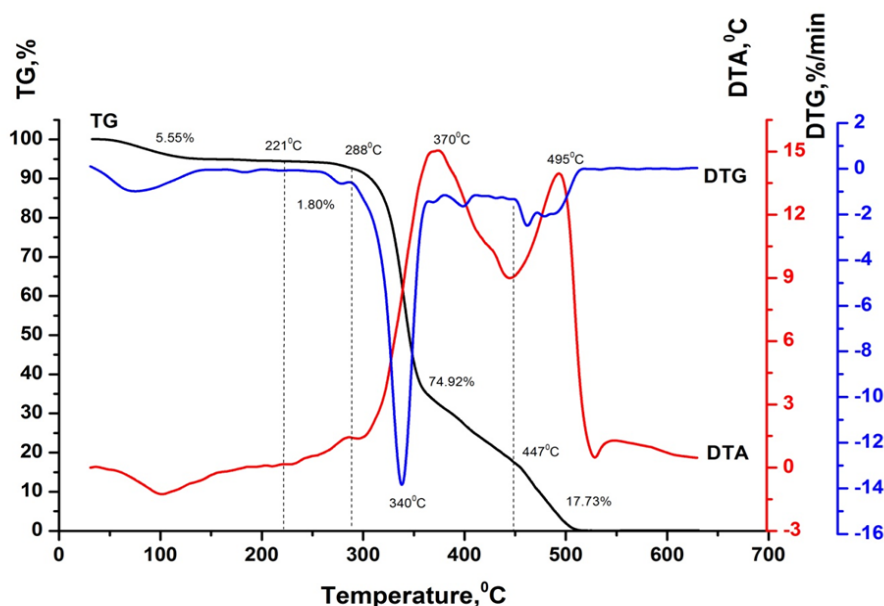


Рис. 2. Термограма відбіленого бавовняного текстильного матеріалу

На другій стадії термолізу, в температурному інтервалі 221–288 °С, у досліджуваному відбіленому зразку поруч із процесами піролізу целюлози починають розвиватись термоокисні деструктивні процеси, яким відповідає незначна втрата маси зразка (1,80 %) та поява невисокого екзотермічного ефекту на кривій DTA.

На третій стадії термолізу, в температурному інтервалі 288–447 °С, в досліджуваному відбіленому зразку відбуваються активні деструктивні та термоокисні процеси, які супроводжуються полуменем

горінням летких продуктів розкладу. Про це свідчить інтенсивна втрата маси зразка (74,92 %) та стрімкий екзотермічний ефект на кривій ДТА, з максимумом за температури 370 °С [3].

На четвертій стадії термолізу, в температурному інтервалі 447–650 °С, відбувається згорання карбонізованого залишку зразка, яке супроводжується поступовою втратою маси досліджуваного відбіленого зразка (17,73 %) та чітким екзотермічним ефектом на кривій ДТА, з максимумом за температури 495 °С.

На відміну від відбіленого зразка, досліджуваний зразок бавовняної тканини з надрукованим зображенням (рис. 3) містить меншу кількість летких компонентів. В температурному інтервалі 20–190 °С, на першій стадії термолізу він менш інтенсивно втрачає масу (2,13 %) у порівнянні із відбіленим зразком (5,55 %). Це, ймовірно, можна пояснити гідрофобізуючою дією компонентів фарби.

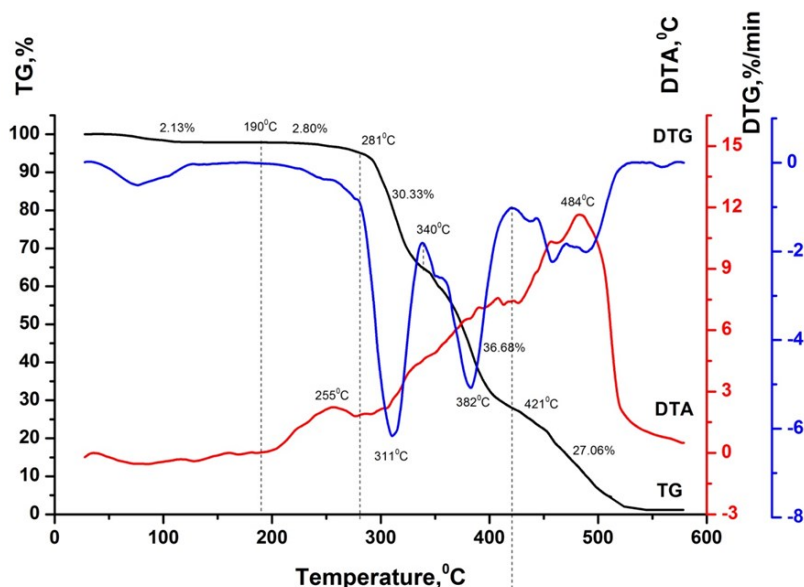


Рис. 3. Термограма бавовняного текстильного матеріалу з надрукованим зображенням

Досліджуваний зразок з надрукованим зображенням відзначається нижчою термічною стійкістю у порівнянні із відбіленим зразком. Початкові термоокисні процеси в цьому зразку (190 °С), у порівнянні із відбіленим зразком (221 °С), зміщені в область нижчих температур. В температурному інтервалі 190 – 281 °С, на другій стадії термолізу, він більш інтенсивно втрачає масу (2,80 %), у порівнянні із відбіленим зразком (1,80 %). На кривій ДТА спостерігається поява чіткого екзотермічного ефекту, з максимумом за температури 255 °С.

За температур, вищих 281 °С, в зразку з надрукованим зображенням починають протікати глибокі термоокисні процеси, які супроводжуються згоранням продуктів деструкції [4]. На відміну від відбіленого зразка, в досліджуваному зразку з надрукованим зображенням на третій стадії термолізу, в температурному інтервалі 281–421 °С, спостерігається поява двох екстремумів на кривій ДТГ (DTG), з максимум за температур 311 °С та 382 °С. Їм відповідає втрата маси зразка 30,33 % та 36,68 %, відповідно. Процеси згорання в зразку з надрукованим зображенням протікають менш інтенсивно, у порівнянні із відбіленим зразком. Про це свідчить поетапна та менш інтенсивна втрата маси зразка на третій стадії термолізу та поява менш стрімкого екзоэффекту на кривій ДТА, що свідчить про ймовірну наявність у складі фарби сповільнювачів горіння.

Результати дослідження колірних характеристик тестової шкали бавовняного текстильного матеріалу з надрукованим зображенням представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

**Колірні характеристики тестової шкали
бавовняного текстильного матеріалу з надрукованим зображенням**

Оптична густина D (поле 80 %)	ΔE	Світ- лота, dL	Рівномірність друкування, лін/см	Контраст, %	Лініатура, лін /см	
1,58	3,63	15,49	17	1.81	21	100
1,80	4,82	10,05	19	1.84	24	120
1,55	5,54	11,54	20	1.93	26	140

Аналіз таблиці 1 показує, що бавовняна тканина з надрукованим зображенням при температурі 140 °С забезпечує високу якість кольорових надрукованих термотрансферних зображень. Це підтверджують такі кваліметричні показники, як оптична густина, контрастність зображення, світлота [5]. Крім того, досліджувані режими друку забезпечують рівномірність друкування при мінімальному розтискуванні елементів контрольної шкали. Причому, зі зростанням лініатури зображень, колірні характеристики відбитку

дещо знижуються, хоч візуально є непомітними.

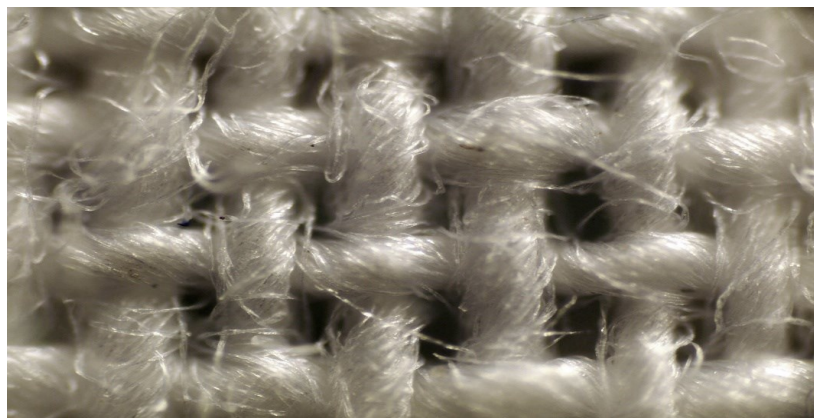


Рис. 4. Мікрофотографія структури бавовняної тканини перед друкуванням на ній контрольної шкали (зб.х100)

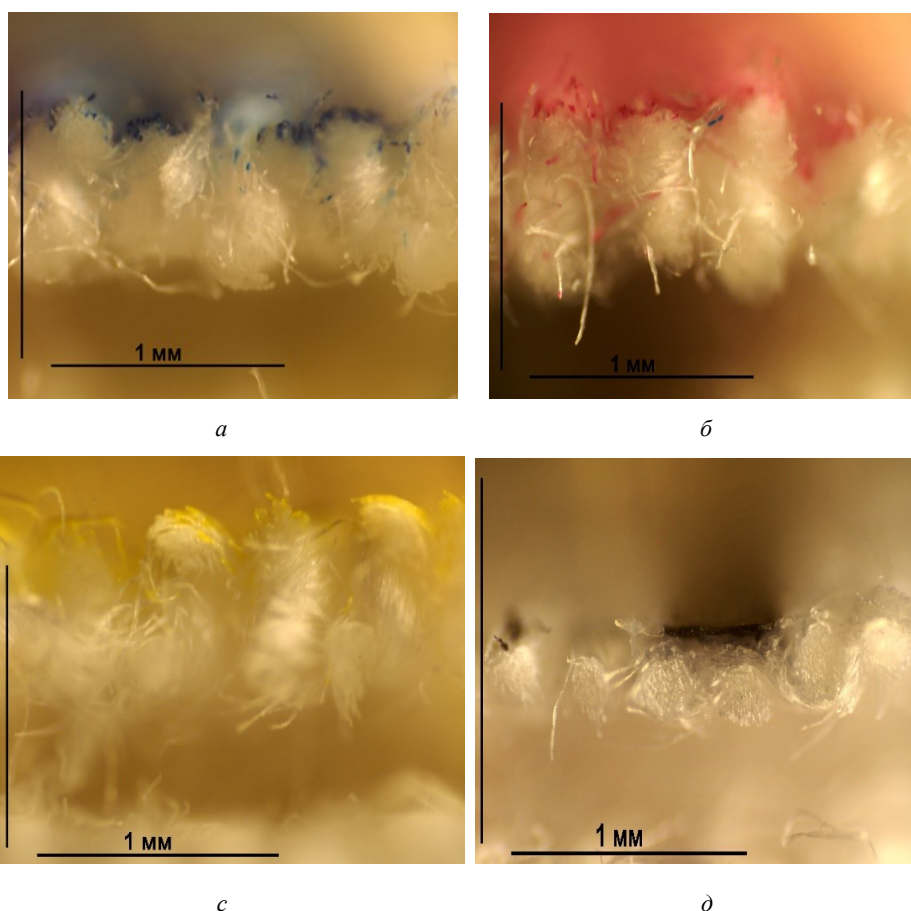


Рис. 5. Мікрофотографії фрагментів шкали (зб.х100), утворених термотрансферним друком фарбами СМЯК: а) cyan; б) magenta; в) yellow; г) black

Аналіз рис. 4–5 показали, що фарба під дією тиску і температури нерівномірно проникає в структуру волокон тканини. Встановлено, що структура тканини та надмолекулярна будова волокна впливають на механізм закріплення друкованих зображень на текстильному матеріалі. Гідрофільні бавовняні волокна з розвинутою системою мікропор під дією вологи, яка міститься у фарбі, за рахунок капілярного підняття швидко набухають і являють собою насичений рідиною пористий матеріал. На межі «волокно – фарба» відбувається всмоктування рідини. Під дією температури фарба дифундує в глибину волокна. Як відомо, механізм дифузії передбачає наявність динамічної рівноваги між барвником, сорбованим на стінках пор волокна і барвником, який є у фарбі в рухомому стані. Досліджено, що чим вища пористість волокна, тим глибше барвник фарби проникає у структуру тканини, і очевидно якіснішим буде надруковане зображення.

Моделюючи механізм закріплення друкованого зображення, на тканині при термотрансферному друці можна виділити чотири етапи: дифузія барвника з зовнішнього середовища до поверхні волокон;

сорбція барвника на поверхні; дифузія барвника всередині волокна; сорбція барвника на внутрішній поверхні волокна, які вимагають більш детальних і глибоких досліджень.

Висновки

Диференційний термічний та термогравіметричний аналізи відносяться до неізотермічних методів дослідження і полягає у вивченні властивостей об'єкта дослідження в умовах програмованої зміни температури в часі, що дає змогу одночасно реєструвати весь комплекс фізичних, хімічних та термохімічних перетворень, які відбуваються в системі залежно від температури.

Проведені комплексні термічні дослідження показали, що процеси згорання в текстильному матеріалі з надрукованим зображенням протікають менш інтенсивно, у порівнянні із відбіленим зразком. Встановлено, що при значному підвищенні температури енергія руху атомів і молекул може перевищити енергію внутрішньомолекулярних зв'язків, тоді настає процес термічної деструкції полімеру, що призводить до незворотніх змін у структурі та властивостей волокон.

Мікроскопічні дослідження структури задрукованої поверхні тканини підтверджують змодельований процес утворення термотрансферного зображення, проникаючи на певну глибину. Оскільки термотрансферний друк інтенсивно використовується для оздоблення швейних та трикотажних виробів, поглиблене вивчення механізму закріплення фарби на тканині є актуальним.

Література

1. Havenko S., Menżyńska N., Khadzynova S. Ocena jakości nadruku termotransferowego na etykietach i metkach odzieżowych / S. Havenko, // Przegląd paperniczy. – 2013. – № 9. – S. 481- 485.
2. Альмяшев В.И., Кириллова С.А., Гусаров В.В. Методы термического анализа материалов. Электронное учебное пособие. — Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2011. — 48 с.
3. Yalchko V., Kochubey V., Hnatyshyn Y., Dzyadevych B., Zaikov G. Investigation of thermal power characteristics of wood pulp// Bulletin of Kazan Technological University. 2014. T.17, №6. – 129-132.
4. Pelyk L.V., Pelekh Yu.A. Wearing out process of textile materials made of thermoresistant fibers and its impact on the filtering capacity of the hose filters/ Advanced technologies in education, industry and the environment. Monograph: edited by Olga Paraska, Norbert Radek, Oleg Synyuk/ Kielce University of Technology, Kielce, Poland, – 2020. – 297 с. (83-93 с.).
5. Пелик Л.В. Матеріалознавство та основи технологій виробництва товарів. Навчально- наочний посібник / Л.В. Пелик, І.С.Полікарпов, Р.В. Кирильчук та ін. // Львів: Видавництво Львівської комерційної академії, 2015. – 108с.

References

1. Havenko S., Menżyńska N., Khadzynova S. Ocena jakości nadruku termotransferowego na etykietach i metkach odzieżowych / S. Havenko, // Przegląd paperniczy. – 2013. – № 9. – S. 481- 485.
2. Almyashev V.I. Methods of thermal analysis of materials. Electronic textbook. / V.I. Almyashev, S.A. Kirillova, V.V. Gusarov - St. Petersburg: SPbGETU "LETI" Publishing House, 2011. - 48 с
3. Yalchko V., Kochubey V., Hnatyshyn Y., Dzyadevych B., Zaikov G. Investigation of thermal power characteristics of wood pulp// Bulletin of Kazan Technological University. 2014. T.17, №6. – 129-132.
4. Pelyk L.V., Pelekh Yu.A. Wearing out process of textile materials made of thermoresistant fibers and its impact on the filtering capacity of the hose filters/ Advanced technologies in education, industry and the environment. Monograph: edited by Olga Paraska, Norbert Radek, Oleg Synyuk/ Kielce University of Technology, Kielce, Poland, – 2020. – 297 с. (83-93 с.).
5. Pelyk L.V. Materials science and basics of production technologies. Educational and visual aid / L.V. Pelyk, I.S. Polikarpov, R.V. Kirilchuk and others. // Lviv: Lviv Commercial Academy Publishing House, 2015. - 108p.

Рецензія/Peer review : 07.12.2021

Надрукована/Printed :30.12.2021