

СУБЛИМАЦИОНЕН ТРАНСФЕРЕН ПЕЧАТ ВЪРХУ ДВУСЛОЕН ПЛАТ (ПОЛИЕСТЕР/ПАМУК)

Георги ГЕОРГИЕВ¹, Гаетано РИМИНИ², Десислава СТАНЕВА³, Ивелин РАХНЕВ¹

¹Колеж - Сливен при ТУ - София, ²Е. Миролио ЕАД - Сливен, ³ХТМУ - София

РЕЗЮМЕ

При това изследване е установено, че с помощта на трансферен печат може да се постигне цветово разнообразяване на двуслоен плат (лице - полиестер и опак - памук). Получените отпечатъци се отличават с голяма устойчивост при условията на употреба, тъй като багрилото прониква в структурата на полиестерните влакна. След приключване на процеса плата запазва структурата си и добрите си физико-механични свойства. Сублимационният трансферен печат се отличава с редица икономически и екологични предимства. Методът е лесен за приложение и икономичен по отношение на използваните багрила, производствената площ, време за зареждане и обслужване на машините, необходим персонал, съкращаване на технологични операции, икономия на технологична вода и др. При този вид печатане не се генерират отпадъчни води, а хартията след печатането се използва за художествен амбалаж.

Ключови думи: сублимационен трансферен печат, двуслоен плат, памук, полиестер

SUBLIMATION TRANSFER PRINTING ON DOUBLE LAYER FABRIC (POLYESTER/COTTON)

Georgi GEORGIEV¹, Gaetano RIMINI², Desislava STANEVA³, Ivelin RAHNEV¹

¹College of Sliven - Technical University of Sofia, ²E. Miroglio EAD - Sliven, ³UCTM - Sofia

ABSTRACT

In this study, it has been found that with the help of transfer printing, it is possible to achieve a color variation of a double-layer fabric (a face - polyester and a reverse layer - cotton). The resulting prints are characterized by a high resistance under the conditions of use as the dye penetrates into the structure of the polyester fibers. After finishing the process the fabric retains its structure and its good physico-mechanical properties. Sublimation transfer printing is characterized by a number of economic and environmental advantages. The method is easy to use and economical in terms of dyes used, production area, time for loading and servicing the machinery, necessary personnel, cutting down a number of technological operations, saving of technological water, etc. This type of printing does not generate waste water, and paper after printing is used for artistic packaging.

Keywords: sublimation transfer printing, double layer fabric, cotton, polyester

1. Увод

Сублимационният трансферен печат е метод, който се използва в текстилното производство повече от 30 години. При него различни изображения могат да се пренасят (трансферират) от хартия върху текстилен субстрат. През 90-те години на XX век, с въвеждането на мастилено-струйните принтери при отпечатването върху хартията, методът придобива още по-голяма популярност, тъй като процесът се ускорява без да е необходимо да се инвестира в скъпи съоръжения. За целта се използват специални мастила, които се нанасят върху хартия чрез пиезоелектрическа печатаща глава. При нагряване на хартията, която е в контакт с текстилния материал, багрилата преминават в газова фаза и проникват в структурата на субстрата, което отличава метода от другите методи за печат, при които багрилата остават само върху повърхността на влакната. Отпечатаните по този начин изображения са много устойчиви, имат висока разделителна способност и добър цетови ефект. При употреба не се начупват, трудно избледняват и не се отделят от субстрата. Усещането при допир не се влияе от отпечатъка [1]. Това, че процесът не е сложен го прави подходящ за печатане и върху плетива, които иначе трудно се печатат. Друго предимство е, че използваното оборудване не изисква големи инвестиции. Сложни десени се получават много по-лесно върху хартия, отколкото върху плат. По този начин много бързо се задоволяват изискванията на клиентите и може да се работи в малки серии, което позволява по-голяма гъвкавост. За разлика от другите методи на печатане, при този метод не се използва запарване и пране, както и други процеси за фиксиране на отпечатъците, което спестява вода, пречистване на отпадъчни води и енергия. Получаването на готов продукт изисква много по-малко материали, средства и химикали.

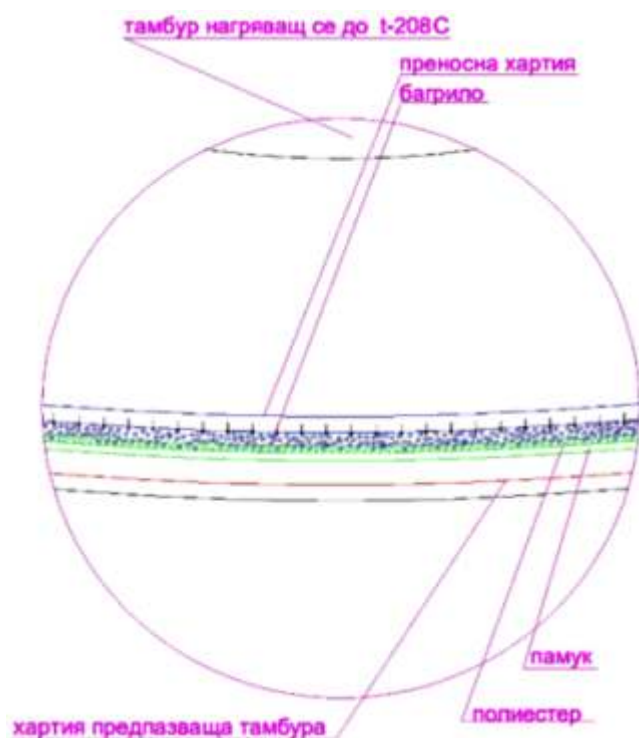
Освен изброените предимства сублимационният трансферен печат има и някои недостатъци, от които основен недостатък е липсата на универсалност спрямо широката гама от влакна, използвани от текстилната промишленост. Особено подходящ е за полиестерен плат и за смеси, съдържащи поне 50% полиестер, както и за ацетатни влакна [2]. Причината за това е, че само определени дисперсни багрила могат да сублимират, т.е. да преминават в газообразно състояние от носителя

(обикновено хартия) върху тъкан при определени условия като време, температура и налягане. Дисперсните багрила са неразтворими във вода и багрят хидрофобните синтетични влакна (полиестерни, ацетатни, полиамидни и полиакрилонитрилни). Изборът на багрила за трансферен печат зависи от редица фактори, които са свързани с различните етапи на трансферния печат. За да бъдат подходящи, багрилата трябва да имат специфични физични и химични свойства. Получените отпечатъци трябва да имат устойчивости, отговарящи на крайната употреба на съответното изделие. Затова добрите резултати зависят от различни фактори като вида на багрилата, хартията, плата и условията на трансфер (температура и времето за отпечатване). Дори малка промяна в тези показатели може да доведе до промяна в цвета и дори до разрушаване на плата. [3].

За да се получи високо качество на пренесените отпечатъци, е необходимо хартията, багрилата и машините за трансферен печат да отговарят на определени технологични изисквания. Основното изискване към багрилата е способността им да сублимират, т.е. трансформират им от твърдо в газообразно състояние без преход през течна фаза. Освен това багрилото трябва да може да дифундира в субстрата. Дифузията се осъществява при температура над температурата на встъкляване на влакната. Тази температура трябва да остане обаче значително по-ниска от температурата на стапяне на влакната, за да се избегне нежелания ефект на втвърдяване и пожълтяване на плата. Сублимацията на багрилата настъпва при нагряване между 190°C и 230°C, при което протича дифузия от хартията в пространството между хартията и текстила, адсорбция на повърхността на влакната и дифузия във вътрешността им. При тези температури полиамидните влакна частично повърхностно се стапят и се получава твърд опип след охлаждане, а полиакрилонитрилните влакна - пожълтяват. За да бъде приложим този метод на печатане и за естествените материали (памук, коприна или вълна) е необходимо модифицирането им, при което да се въведат нови хидрофобни функционални групи. В същото време температурата на сублимация не трябва и да е много ниска, защото това може да доведе до сублимиране при следващите производствени обработки (термично пресоване, плисиране) и при домашната употреба

Предпазната хартия се развива от *рулото 2*, минава покрай *валът 7* и влиза между тамбура и *повлекателното кросно 8*, с което кросното достига до *руло 10*. Така хартията предпазва кросното от замърсяване с багрилото. Платът от *стойката 3* се развива и преминавайки през *валове 5* и *разширителя 6* влиза между тамбура и предпазната хартия, като полиестерното лице е отгоре. Напечатаната хартия се развива от *рулото 4*, преминава между полиестерното лице на платът с багрилото към него до достигане на излизане от тамбура, където багрилото се отделя от преносната хартия, която вече освободена от багрилото и се навива на *руло 18*. След като багрилото се е отделило от хартията и е останало върху платът то по кросното платът се отправя към *балерината 12* под която има *ваничка 11*. От балерината през *валове 13*, преминава към *изтеглящия вал 14*, който обръща направлението хоризонтално и преминавайки *валове 15*, ще достигни до изтеглящия *вал 16*, който от негова страна променя посоката вертикално към *накатаващото устройство 17*.

На *Фигура 2* е представен изнесен елемент, при който багрилото се отделя от преносната хартия и се закрепва върху плата.



Фиг. 2 Термо-динамичен процес на сублимация на багрилото и пренос върху текстилната подложка

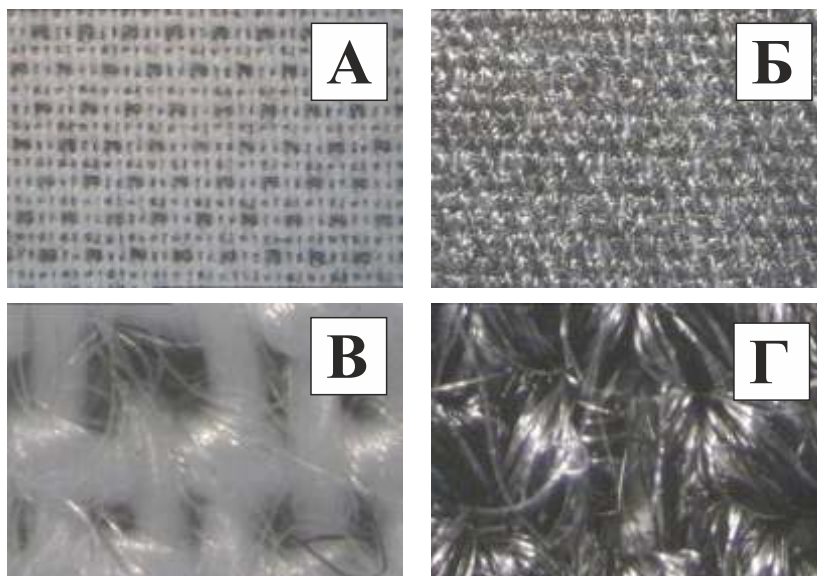
В текстилната практика полиестерът се използва самостоятелно, предимно под формата на гладки и текстурирани копирини за изработване на тъкани и трикотаж за горно дамско и детско облекло. Тези артикули се отличават с красив външен вид и често се десенират чрез печатане. Силно хидрофобният характер на полиестера /при стандартни условия поема само 0,4% влага/, плътната и високо ориентирана структура на влакната и липсата на багрилни центрове правят тези влакна едни от най-трудно багрене. Дисперсни багрила и пигментите са единствените, с които могат да се багрят и печатат полиестерни влакна. Освен трудното багрене другите недостатъци на полиестерните платове са свързани с техните експлоатационни свойства като твърд опип, ниска хигроскопичност и способност за натрупване на статично електричество. През последните години преодоляването на тези недостатъци се постига чрез подходящо конструиране на плата, така че да позволи отделянето на потта и изпарението ѝ. По този начин облеклото остава сухо дори при физическо натоварване или спорт и осигурява охлаждане и комфорт [9]. Когато облеклото ще се използва като защитно, успешен подход е създаването на двоен тъкан плат с полиестерно лице и памучно опако. По този начин се комбинират предимствата на двата материала и се подобрява физиологичния комфорт на облеклото [10].

Целта на това изследване е да се изследва възможността за цветово разнообразяване на двуслоен плат (лице - полиестер, опако - памук) чрез използването на трансферен сублимационен печат, при което да се определят най-подходящите параметри на процеса на печатане и влиянието им върху свойствата на плата.

2. Експериментална част

2.1. Материали

Изследваният текстилен материал е двуслоен плат, съставен от два различни вида влакна. Основните нишки са полиестерни и изграждат лицевата част на плата. Вътъчните нишки са от памучна кардирана прежда и изграждат опаковата страна на плата. Сплитката е 1/1 Лито, а вдявката е 8+2. На *Фигура 3* са представени микроскопски снимки на лицевата и опаковата страна на плата при различно увеличение.

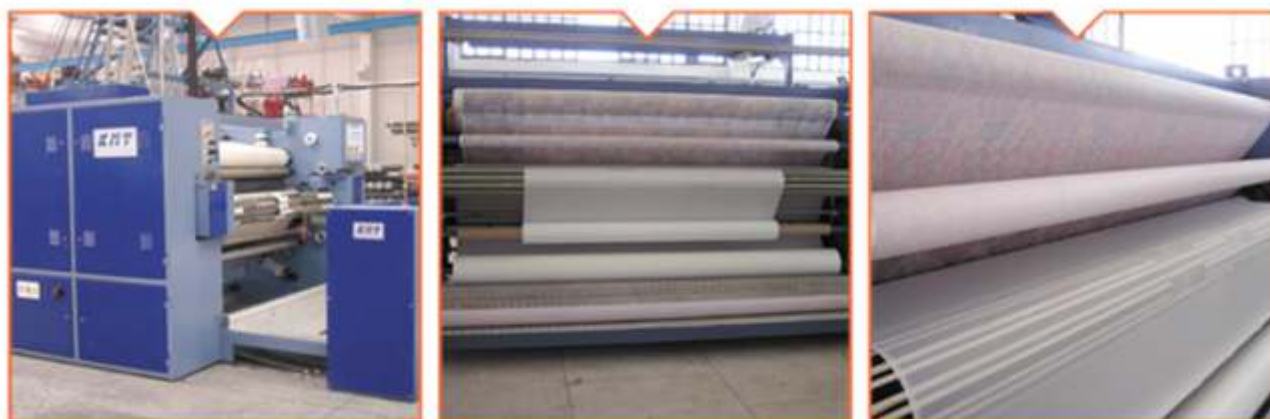


Фиг. 3 Микроскопски снимки на изследвания плат преди печатане: при увеличение 0.63 А) лице; Б) опако; при увеличение 4.0 В) лице; Г) опако.

2.2. Апаратура

Печатането на плата е осъществено в апаратния цех на фирма "Е. Миролио" ЕАД -

Сливен, www.emiroglio.com. Използван е каландър Salvade (Фигура 4).



Фиг. 4. Каландър Salvade

Технологичните параметри на каландъра са температура 200-250 °C и налягане 0,2 - 0,3 МРа. Скоростта на доставка на плата върху цилиндричната повърхност на каландъра е 12 m/min (200 mm/s).

2.3. Анализи

Физико-механичните свойства на напечатаните платове са изследвани с динамометър Titan - Universal Tester Model 510, при условията посочени в стандарт БДС EN ISO 13934-1:2013 (Текстил. Свойства при опън на платове. Част 1: Определяне на максимална сила и разтегливост при максимална сила по метода на

цяла лента (ISO 13934-1:2013). Изследвани са по 5 образци по основа и 5 образци по вътък. Образците са с размери 200 mm x 100 mm, като се разнищват по 5 mm от двете страни. Приложена е максимална сила 3000 N, при челюстно разстояние - 200 mm и скорост на разширение - 100 mm/min [11].

3. Резултати и дискусия

3.1. Определяне на работните параметри на процеса на печатане

За постигане на високо качество на отпечатване е необходимо прецизно настройване на работата на каландърната машина и спазване на

изискванията по съответната техническа документация. Правилното центроване на плата спрямо хартията за трансферен печат осигурява получаване на желания вид и качества. Подготовката на машината за работа включва последователно зареждане на предпазната хартия, плата и хартията за трансферен печат. Добрият краен резултат зависи от синхронизираната съвместната работа на механизмите за опъване и подаване на плата, от правилното влизане на плата и трансферната хартия в разстоянието между тамбура и кросното.

Освен параметрите посочени в експерименталната част, друг важен параметър, който оп-

ределя качеството на процеса е скоростта на движение на плата. Затова при подготовката на техническата документация е необходимо да се пресметне времето, за което един вътък минава през работния участък от влизането му заедно с трансферната хартия до излизането му като готов напечатан плат и освободена от багрилото хартия. За целта се използва уравнение (1).

$$T_c = C_c/V_g, \quad (1)$$

където:

T_c - време на контакта

V_g - скорост на доставката

C_c - дължина на работния контакт

Таблица 1

Означения и стойности на някои от работните параметри на тамбура

Работни параметри	Означение	Стойност
Скорост на доставката	V_g	200 mm/s
Радиус на тамбура	r	750 mm
Хорда на участъка	a	300 mm
Височина на хордата	b	150 mm

Дължина на тамбура - C_t

$$C_t = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot 3,14 \cdot 750 = 4710 \text{ mm.}$$

Дължина на участъка който не осъществява работен процес.

Радиус - R

$$R = b/2 + a^2/(8 \cdot b) = 150/2 + 300^2/(8 \cdot 150) = 150$$

Ъгъл - α

$$\alpha = 2 \cdot \arcsin(a/(2 \cdot r)) = 2 \cdot \arcsin(300/(2 \cdot 150)) = 180^\circ$$

Дължина на дъгата - S

$$S = \pi \cdot R \cdot \alpha / 180 = 3,14 \cdot 150 \cdot 180 / 180 = 471 \text{ mm}$$

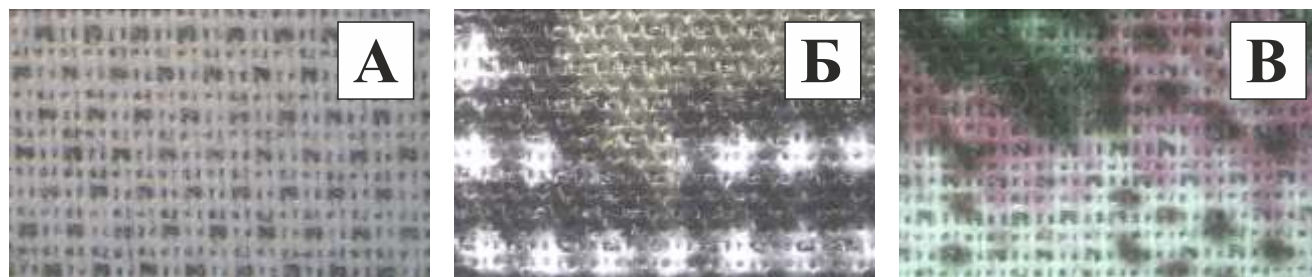
Получените данни се заместват в уравнение (1).

$$T_c = C_c/V_g = (C_t - S)/V_g = (4710 - 471)/200 = 4238.8/200 = 21 \text{ s.}$$

Един вътък престоява в работна среда за 21 секунди.

3.2. Микроскопско изследване на напечатания плат

Микроскопски снимки на артикула на трансфериран плат.



Фиг. 5 Микроскопски снимки на:

А) изходния плат; Б) напечатан плат-артикул 3281; В) напечатан плат-артикул Col.

От **Фигура 5** се вижда, че след отпечатване се запазва структурата на плата и специфичния релеф на двойната тъкан. В зависимост от вида на отпечатъка оцветяването е по-слабо или по-

интензивно и багрилото прониква в структурата на лицевите полиестерни влакна. Това позволява постигане на отпечатъци с високо качество и уникална шарка/десен.

3.3. Изследване на физико-механичните свойства на плата след печатане

В **Таблица 2** са представени опитните резултати, получени при изследване устойчивостта на опън на напечатания плат по основа.

Таблица 2

Опитни резултати от изследване свойствата на опън на образци по основа

№	Приложена сила, N	Удължение, %
1	1673.93	29.27
2	1659.09	29.22
3	1694.91	29.78
4	1696.20	29.72
5	1663.15	28.92

В **Таблица 3** са представени някои статистически характеристики за оценяване на резултатите от проведените измервания. Определен е интервала на доверие на средната стойност при брой на измервания $n = 5$ и вероятност $P = 0.95$, т.е. **95%** вероятност измерването да попадне в интервала на доверие. От получените стойности се вижда, че всички резултати попадат в съответния интервал на доверие.

Таблица 3

Статистическа обработка на резултатите за устойчивост на опън на образци, изследвани по основа

Статистически данни	Стойност, N	Стойност, %
Средноаритметична стойност	1677.46	29.38
Минимална стойност	1659.02	28.92
Максимална стойност	1696.20	29.78
Диапазон (размах)	37.18	0.86
Медиана	1673.93	29.27
Интервал на доверие (максимална стойност)	1699.02	29.83
Интервал на доверие (минимална стойност)	1655.89	28.92

В **Таблица 4** са представени опитните резултати, получени при изследване устойчивостта на опън на напечатания плат по вътък. За разлика от резултатите получени при изследването по основа се вижда, че е необходима много по-малко сила за разкъсване на плата, при което се получава повече от два пъти по-голямо удължение.

Таблица 4

Опитни резултати от изследване свойствата на опън на образци по вътък

№	Приложена сила, N	Удължение, %
1	680.41	68.86
2	690.60	67.46
3	676.94	67.52
4	682.78	68.25
5	700.40	66.66

В **Таблица 5** са представени статистически характеристики за оценяване на резултатите от проведените измервания по вътък. За разлика от стойностите, получени при изследванията по основа се вижда, че не всички резултати попадат в съответния интервал на доверие. Три от стойностите за приложената сила са извън този интервал на доверие и два от резултатите за удължение. Това означава, че изследваните материали са с голяма хетерогенност в структурата си по вътък.

Таблица 5

Статистическа обработка на резултатите за устойчивост на опън на образци, изследвани по вътък

Статистически данни	Стойност, N	Стойност, %
Средноаритметична стойност	686.46	67.15
Минимална стойност	676.94	66.66
Максимална стойност	700.40	68.86
Диапазон (размах)	23.45	2.20
Медиана	682.78	67.52
Интервал на доверие (максимална стойност)	697.85	68.28
Интервал на доверие (минимална стойност)	674.60	66.02

3.4. Изследване на експлоатационните свойства на напечатания плат

Под устойчивост на цвета се разбира способността на напечатания текстил да запази цвета си при различните начини на въздействие, на които може да бъде подложен по време на производството и използването му. Тези изследвания включват устойчивост на мокра обработка при различни условия като температура, използване на детергент, продължителност на процеса и устойчивост на химическо чистене. От получените резултати зависи, кой метод е най-подходящ за почистване на текстилното изделие, с цел постигане на дълготрайната му употреба. Устойчивостта на сухо и

мокро триене, както и устойчивостта на пот са важни параметри, също свързани с комфорта при носене на съответното изделие и запазване на добрия му външен вид. В **Таблица 6** са представени различните анализи, при които е изпитан изследвания напечатан плат. Повечето от получените стойности са 4, с изключение на устойчивостта на химическо чистене, където е

получената максималната стойност 5. Това означава, че при различните мокри обработки, сухо и мокро триене, както и под действието на пот се наблюдава слаба промяна в цвета на отпечатъка и химическото чистене е подходящ метод за поддръжка на напечатания плат, с цел по-дълготрайно запазване на отпечатъците.

Таблица 6

Анализи за изследване устойчивостта на отпечатъците при условията на употреба

№	Анализ	Стойност
1	Устойчивост на мокра обработка (вода) при $(37 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ за 4 h	4
2	Устойчивост на пране при 40°C	4
3	Устойчивост на сухо триене	4
4	Устойчивост на мокро триене	4
5	Устойчивост на пот	4
6	Устойчивост на химическо чистене	5

4. Заключение

Методът на сублимационен трансферен печат може успешно да се използва за отпечатване на различни изображения върху двуслоен плат полиестер/памук. Получените отпечатъци се отличават с голяма устойчивост при условията на употреба, тъй като багрилото прониква в структурата на полиестерните влакна. След приключване на процеса плата запазва структурата си и добрите си физико-механични свойства.

Предимствата на метода са:

- икономичност по отношение на използваните багрила, производствената площ, време за зареждане и обслужване на машините, необходим персонал, съкращаване на технологични операции, икономия на технологична вода и други.

- гъвкавост и приложимост на метода по отношение на количество, вид и разнообразие на използваните десени, тъкани и конфекционирани изделия в съответствие с модата и желанието на клиента.

- високо качество при възпроизвеждане на различни по характер и вид десени със сложни колористични ефекти, полутонове и преходи в наситеността на цветовете.

- екологически чиста и практически безотпадна технология. Не се генерират отпадъчни води, а хартията след печатането се използва за художествен амбалаж.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chi-Ching Lin, Fu-Ling Chang, Yuan-Shing Perng, and Shih-Tsung Yu, Effects of Single and Blended Coating Pigments on the Inkjet Image Quality of Dye Sublimation Transfer Printed

Paper: SiO_2 , CaCO_3 , Talc, and Sericite, *Advances in Materials Science and Engineering*, Volume 2016, Article ID 4863024, 10 pages.

2. Текстилна химия - II част, Виолета Василева, Химикотехнологичен и металургичен университет, София, 2012.
3. Singh, O.P., Ahluwalia, H. and Kaur, J., "Transfer-printability of the selected blue disperse dyes on polyester", *Colourage*, 1999, Vol. XLVI No. 3, pp. 15-20.
4. Машини и процеси в предачеството, Иван Б. Георгиев, София, 1995.
5. Машини и процеси в тъкачеството, Георги С. Попов, София, 1998.
6. Ръководство за лабораторни упражнения по "Машини и процеси в тъкачеството", Георги С. Попов, София, 1997.
7. Ръководство за лабораторни упражнения по "Текстилни изпитвания", Богдана Иванова Митова и Диана Стоянова Германова-Кръстева, София, 1995.
8. Машини и процеси в текстилното облагородяване, Маргарита Незнакомова, София, 2001 г.
9. *Innovation and Technology of Women's Intimate Apparel*, Eds.: Yu W., Fan J., Harlock S., Ng S.-P., Woodhead Publishing in Textiles and CRC Press LLC, ISBN-13: 978-1-84569-046-5, 2006.
10. Рахнев И., Изотропно равновесие на двойна тъкан с памучен влакнест състав, *Текстил и облекло*, 4, 2017, 92-102.
11. Collier B.J., and Epps H.H., *Textile testing and analysis*. New Jersey: Pearson Education, ISBN: 0-13-488214-8, 1999.