

# ТЕКСТИЛ ОБЛЕКЛО

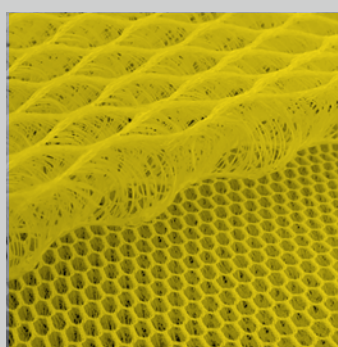
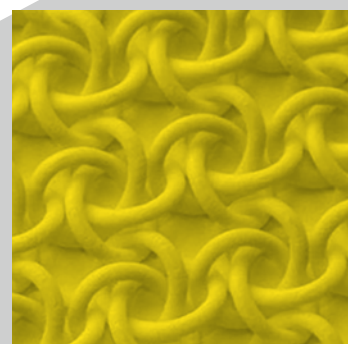
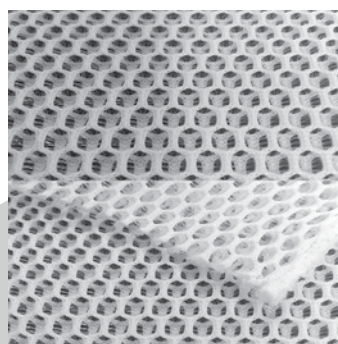
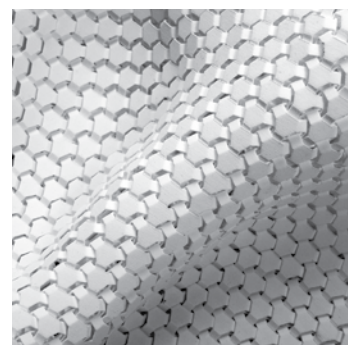
TEXTILE AND GARMENT MAGAZINE

НТС  
ПО ТЕКСТИЛ,  
ОБЛЕКЛО  
И КОЖИ  
[www.tok.fnts.bg](http://www.tok.fnts.bg)

1

2023  
година  
LXXV  
от 1949 г.

open access



ISSN 1310-912X (Print)  
ISSN 2603-302X (Online)  
[www.bgtextilepublisher.org](http://www.bgtextilepublisher.org)  
<https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.0001>

## ЗА ВАШАТА ПОЧИВКА

УС на ФНТС предлага на вашето внимание възможности за почивка в с. Лозенец, община Царево и в къмпинг Градина (между Черноморец и Созопол).

Период	Лозенец тристаен, 106 м <sup>2</sup> етаж 3, 2 спални, 2 бани, 2 тераси Първа линия
<b>1 юни - 15 юли</b>	150,00 лв/ден 37,5 лв на човек
<b>Пакети:</b>	
Понеделник-четвъртък	500,00 лв
Петък - неделя;	450,00 лв
Понеделник- неделя	900,00 лв
<b>16 юли - 2 септември</b>	200,00 лв/ден 50 лв на човек
<b>Пакети:</b>	
Понеделник - четвъртък	700,00 лв
Петък - неделя;	600,00 лв
Понеделник- неделя	1200,00 лв
<b>2 септември - 16 септември</b>	150,00 лв/ден 37,5 лв на човек
<b>Пакети:</b>	
Понеделник - четвъртък	500,00 лв
Петък - неделя;	450,00 лв
Понеделник- неделя	900,00 лв
<b>17 септември - 01 юни</b>	100,00 лв/ден 25 лв на човек
<b>Пакети:</b>	
Понеделник - четвъртък	350,00 лв
Петък - неделя	300,00 лв
Понеделник- неделя	600,00 лв



<http://fnfs.bg/>



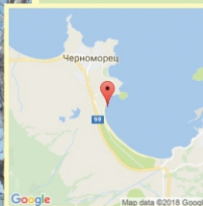
За контакти:  
тел.02 987 7230;  
GSM 087 870 3669;  
e-mail: m.antonov@fnfs.bg

Федерация на научно-техническите съюзи в България, 1000 София, ул. Г.С. Раковски 108

## За членове на ФНТС 20% отстъпка

## ЗА ВАШАТА ПОЧИВКА

<http://fnfs.bg/>



За контакти:  
тел.02 987 7230;  
GSM 087 870 3669;  
e-mail: m.antonov@fnfs.bg

Федерация на научно-техническите съюзи в България, 1000 София, ул. Г.С. Раковски 108

Период	Градина тристаен - 80 м <sup>2</sup> етаж 4, 2 спални, 2 бани, тераса Първа линия
<b>1 юни - 15 юли</b>	100,00 лв/ден 25 лв на човек
<b>Пакети:</b>	
Понеделник-четвъртък	350,00 лв
Петък - неделя;	300,00 лв
Понеделник- неделя	600,00 лв
<b>16 юли - 2 септември</b>	150,00 лв/ден 37,5 лв на човек
<b>Пакети:</b>	
Понеделник - четвъртък	500,00 лв
Петък - неделя;	450,00 лв
Понеделник- неделя	900,00 лв
<b>2 септември - 16 септември</b>	100,00 лв/ден 25 лв на човек
<b>Пакети:</b>	
Понеделник - четвъртък	350,00 лв
Петък - неделя;	300,00 лв
Понеделник- неделя	600,00 лв
<b>17 септември - 01 юни</b>	70,00 лв/ден 17,5 лв на човек
<b>Пакети:</b>	
Понеделник - четвъртък	250,00 лв
Петък - неделя	200,00 лв
Понеделник- неделя	400,00 лв

# ТЕКСТИЛ ОБЛЕКЛО

НТС по текстил,  
облекло и кожи



БРОЙ 1/2023

УДК

СЪДЪРЖАНИЕ

- 678 ТЕКСТИЛНИ МАТЕРИАЛИ СЪС СЕНЗОРНИ СВОЙСТВА И ФОТОДИНАМИЧНА АКТИВНОСТ, Тема №1/6, Модифициране на текстилните материали  
Десислава Станева, Иво Грабчев ..... 1  
<https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.00001.01>
- 678 ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРИЛОЖЕНИЕТО НА DVD ПЛАЗМА ЗА ОБРАБОТКА  
ЗА ЗАБАВЯНЕ НА ГОРЕНЕ НА БОЯДЕНИ ПАМУЧНИ ТЪКАНИ  
ВУ Ти Хонг Кан, Нгуен Ким Ту, Нгуен Ти Ханг, Нгуен Мау Тънг ..... 12  
<https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.00001.02>
- 677 РОЛЯТА НА ИЗПИТВАНИЯТА В ИНОВАТИВНИТЕ ПРОЕКТИ ПРИ  
ОБОРУДВАНЕ НА ВОЕННОСЛУЖЕЩИТЕ  
Десислав П. Беров, Краса К. Костова, Петя В. Недялкова ..... 21  
<https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.00001.03>
- 687 ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ШЕВА НА МОТОРЕН КОСТЮМ  
Горан Дембоски, Ружица Стевковска Стояновска ..... 26  
<https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.00001.04>

**Научна област.** Статиите отразяват разработки и решения от текстилната наука и практика. Те се отнасят към някоя от областите според УДК:

- 33** Икономика. Икономически науки.  
**377** Специално образование. Професионално образование. Професионални училища.  
**378** Висше образование/ Висши учебни заведения.  
**677** Текстилна промишленост. Технология на текстилните материали.  
**678** Промишленост на високомолекулярните вещества. Каучукова промишленост.  
Пластмасова промишленост.  
**687** Шивашка промишленост.  
**745/749** Приложно изкуство. Художествени занаяти. Интериор. Дизайн.  
**658.512.23** Художествено конструиране (промишлен дизайн).

**Адрес на редакцията:**

1000 София, ул. "Г. С. Раковски" 108, стая 407, тел.: 02 980 30 45  
e-mail: [textilejournal.editor@fnts.bg](mailto:textilejournal.editor@fnts.bg)  
[www.bgtextilepublisher.org](http://www.bgtextilepublisher.org)

ISSN 1310-912X (Print)  
ISSN 2603-302X (Online)

<https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.0001>

**Банкова сметка:**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИ СЪЮЗ ПО ТЕКСТИЛ, ОБЛЕКЛО И КОЖИ  
ИН по ДДС: BG 121111930  
Сметка IBAN: BG43 UNCR 9660 1010 6722 00



Печат и предпечат:  
АГЕНЦИЯ КОМПАС ООД

## РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

доц. д-р инж. Ивелин Рахнев, главен редактор      доц. д-р инж. Мария Спасова, ИП-БАН, технически редактор

проф. д-р инж. Христо Петров, ТУ-София  
проф. д-р инж. Андреас Хараламбус, Колеж-Сливен (ТУС)  
проф. д-р инж. Снежина Андонова, ЮЗУ-Благоевград  
проф. д-р инж. Радостина Ангелова, ТУ-София  
проф. д-р инж. Златина Казлачева, ФТТ-Ямбол  
доц. д-р инж. Десислава Грабчева, ХТМУ-София  
доц. д-р инж. Стела Балтова, МВБУ-София

доц. д-р инж. Анна Георгиева, ХТМУ-София  
доц. д-р инж. Капка Манасиева, ВСУ-Варна  
доц. д-р инж. Румен Русев, ФТТ-Ямбол  
доц. д-р инж. Красимир Друмев, ТУ-Габрово  
доц. д-р Ивелина Вардева, СИЕНСИС-София  
д-р Незабравка Попова-Недялкова, НБУ-София  
д-р Николай Божилов, НХА-София

## ЧУЖДЕСТРАНЕН НАУЧЕН КОМИТЕТ

проф. д-р Жан-Ив Дреан - УЮЕ, Мюлуз, Франция  
проф. д-р инж. А. Сезай Сарач, ТУ-Истанбул, Турция  
проф. д-р инж. Йордан Кьосев, ТУ-Дрезден, Германия  
проф. д-р инж. Горан Дембоски, Ун. "Св. св. Кирил и Методий", Скопие, С. Македония  
доц. д-р инж. ВУ Ти Хонг Кхан, ХУНТ, Ханой, СР Виетнам  
проф. д-р инж. Сабер Бен Абдесалем, НИУ - Монастир, Тунис

## ИНФОРМАЦИЯ ЗА АВТОРИТЕ

### ПРАВИЛА ЗА ДЕПОЗИРАНЕ И ПУБЛИКУВАНЕ НА СТАТИИ

**Подаването на докладите** трябва да се адресира до редакцията на имейл  
([textilejournal.editor@fnts.bg](mailto:textilejournal.editor@fnts.bg));

Докладите трябва да са написани на български език от български автори и на английски (работен) език за чуждестранни автори.

**Споразумение за прехвърляне на авторски права** трябва да бъде подписано и върнато на нашата редакция по поща, факс или имейл, колкото е възможно по-скоро, след предварителното приемане на доклада. С подписването на това споразумение авторите гарантират, че целият труд е оригинален и не е бил публикуван, изпраща се само в списанието и че целият текст, данни, фигури и таблици, включени в труда са оригинални и непубликувани преди това или подавани другаде в каквато и да е форма. Процесът на рецензиране започва след получаване на този документ. В случай, че докладът вече е представян на конференция, той може да бъде публикуван в нашето списание, само ако не е бил публикуван в общодостъпни материали от конференцията; при такива случаи трябва да се направи съответното изявление, което се поставя в редакционните бележки в края на статията.

#### Общ стил и оформление

**Обемът на доклада** не трябва да надхвърля 12 стандартни страници (А4) в една колона (страница от 3600 знака), вкл. Таблици и фигури. Форматът е MS Office Word (normal layout). Рецензентите си запазват правото да съкратят статията, ако е необходимо, както и да променят заглавията.

**Заглавието на доклада** не трябва да надхвърля 120 знака.

**Пълните имена на авторите, както и пълните наименования на институциите**, в която работят - факултет, катедра, университет, институт, компания, град и държава трябва да са ясно посочени. Авторът за кореспон-денция и неговият/нейният имейл трябва да са указани.

**Резюмето на доклада** е на английски и не трябва да надхвърля една страница.

**Ключовите думи** трябва да са в рамките на 4 до 6.

**Фигурите и илюстрациите** се номерират последователно (с арабски цифри) и трябва да са споменати в текста. Фигурите се влагат в текста с формат **JPG с минимум 300 dpi**. Фигурите трябва да бъдат интегрирани в текста в **редактируема форма**.

**Таблиците**, със заглавие и легенда по желание, трябва да бъдат номерирани последователно и трябва да са споменати в текста.

**Бележките под линия** трябва да се избягват.

**Препратките (цитирана литература)** трябва да се цитират последователно по ред на появяване в текста, изписани чрез транслитерация на латиница, като се използват цифри в квадратни скоби според **системата Ванкувър**.

# TEXTILE MATERIALS WITH SENSORY PROPERTIES AND PHOTODYNAMIC ACTIVITY

Topic No: 1/6, Modification of textile materials

Desislava Staneva<sup>1</sup>, Ivo Grabchev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Chemical Technology and Metallurgy, 1756 Sofia, Bulgaria

<sup>2</sup> Sofia University "St. Kliment Ohridski", Faculty of Medicine, 1407 Sofia, Bulgaria

E-mail: grabcheva@mail.bg

## Abstract

The textbook "Textile materials with sensory properties and photodynamic activity" (ISBN 978-954-91951-6-3) is intended for the students of the Master's specialty "Medical Textiles" of the University of Chemical Technology and Metallurgy, as well as for all those who work in this field, conduct scientific research, apply these materials in practice and everyday life, or show interest in smart textile materials. It aims to introduce them to two modern and rapidly developing areas in the field of textile production, as well as to technologies for modifying textile materials to give them new properties such as sensory properties and photodynamic activity. Textile materials with sensory properties refer to the so-called intelligent textile materials, which can be used to monitor various vital functions, changes in health status and early diagnosis, as well as various changes in the environment. Their advantage is the ability to be worn constantly without causing discomfort. Their preparation is related to the use of different types of indicator dyes, therefore students need to familiarize themselves with the structure and principles of operation of optical sensors and their application in modifying textile materials. The essence and mechanism of action of photodynamic therapy are discussed. Various photosensitizers and their use in the preparation of textile materials with various medical applications (antimicrobial, self-cleaning, medicinal, etc.) are presented.

# ТЕКСТИЛНИ МАТЕРИАЛИ СЪС СЕНЗОРНИ СВОЙСТВА И ФОТОДИНАМИЧНА АКТИВНОСТ

Тема №1/6, Модифициране на текстилните материали

Десислава Станева<sup>1</sup>, Иво Грабчев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Химикотехнологичен и металургичен университет, 1756 София, България

<sup>2</sup>Софийски университет "Свети Климент Охридски", Медицински факултет,  
1407 София, България

E-mail: grabcheva@mail.bg

## Резюме

Учебникът "Текстилни материали със сензорни свойства и фотодинамична активност" (ISBN 978-954-91951-6-3) е предназначен за студентите от магистърската специалност „Медицински текстил“ на Химикотехнологичния и металургичен университет, както и за всички, които работят в тази сфера, провеждат научни изследвания, прилагат тези материали в практиката и ежедневието си или проявяват интерес към интелигентните текстилни материали. Той има за цел да ги запознае с две съвременни и бързоразвиващи се направления в областта на текстилното производство, както и с технологиите за модифициране на текстилните материали, за да им бъдат придадени нови свойства като сензорни свойства и фотодинамична активност. Текстилните материали със сензорни свойства се отнасят към т. нар. интелигентни текстилни материали, с помощта на които могат да се наблюдават различни жизнени функции, промяна в здравословното състояние и ранна диагностика, както и на различни промени в околната среда. Тяхно предимство е възможността да бъдат носени постоянно, без да създават дискомфорт. Получаването им е свързано с употребата на различни видове индикаторни багрила, затова студентите е необходимо да се запознаят със структурата и принципите на действие на оптичните сензори и приложението им при модифициране на текстилни материали. Разгледана е същността и механизма на действие на фотодинамичната терапия. Представени са различни фотосенсибилизатори и тяхната употреба при получаване на текстилни материали с различни медицински приложения (антимикробни, самопочистващи се, лечебни и др.).

## 1. Увод

### 1.1. Съвременни тенденции в развитието на текстилната промишленост

Текстил е събирателно название за всички продукти, произведени чрез плетене, тъкане, преплитане, пресоване, чрез химична, биотехнологична или термична обработка на различни естествени, изкуствени или синтетични влакна. Производството на текстил и текстилни изделия се нарича текстилна промишленост. Текстилът е едновременно краен продукт за потребление и суровина за други производства. Той намира приложение за: ежедневно, официално и спортно облекло, обувки, домашен текстил, в селското стопанство, транспорта, строителството, в индустрията, като геотекстил, при производството на защитни облекла и лични предпазни средства, за хигиенни материали и медицински изделия, и др.

Производството на текстил е занаят от дълбока древност. Няколко хилядолетия пр. н. ера хората са обработвали ръчно естествените влакна, в малки обеми, за задоволяване предимно на собствените си потребности. В края на 18 век и началото на 19 век, с внедряването на машинни технологии, скоростта на развитие и мащабът на текстилното производство биват силно повлияни от индустриалната революция.

България има вековни традиции в производството на преди, тъкани и текстилни изделия. През Възраждането, то от практика за самозадоволяване се превръща постепенно в занаят и манифактура, а в следствие и в съществен отрасъл на българската лека промишленост. Към 2006 г. текстилната

промишленост е сред отраслите, определящи експортния профил на страната. Днес тенденциите са свързани с въвеждане на ново оборудване и технологии, които да отговарят на екологичните и икономически изисквания за опазване на околната среда, енергийна ефективност, кръгова икономика, разработване на изделия с висока добавена стойност и задоволяващи съвременните потребителски изисквания.

Текстил може да се произвежда от много различни материали. В миналото, текстилът е бил произвеждан само от естествени (животински, растителни) влакна, а след индустриализацията в производството навлизат изкуствени и синтетични влакна, като добавка или като основно съдържание.

В световен мащаб текстилният сектор допринася значително за икономиката и произвежда жизненоважни стоки за хората, от производството на влакна до производството на облекло и др. изделия. Пазарът на текстилни изделия непрекъснато се увеличава, както и на този с медицинско приложение и с антимикробна активност.

Съвременните тенденции в развитието на текстилната индустрия са свързани с нарастване на интереса към текстил, произведен от естествени материали с растителен, животински и/или минерален произход. Освен добрите си експлоатационни качества, естествените влакна имат нисък екологичен отпечатък, тъй като се разграждат в околната среда с течение на времето. Много компании активно работят за превръщане на текстилното производство от линеен в кръгов процес. Това предполага използването на възобновяеми материали при производството на текстил, който

лесно да се рециклира и прилагане на по-щадящи околната среда технологии. Непрекъснато нараства делът на онлайн пазаруването, както и търсенето на текстилни изделия с нова функционалност и потребителски показатели, включително интелигентна реакция спрямо промените в околната среда.

### **1.2. Текстилни материали със сензорни свойства**

През последните години традиционният текстил започна да играе нова роля в материалознанието. Изследователи от различни области на науката се обединяват с цел превръщането на един от най-старите познати и произвеждани от човека материали в ново поколение интелигентен материал.

Интелигентният текстил може да регистрира, реагира и да се адаптира спрямо променящите се условия чрез интегриране на вещества със специални свойства в неговата структура. За да има такива функции той трябва да притежава поне два компонента: сензорен и реагиращ. Външните влияния може да са електрични, термични, магнитни, химични, биологични или от друг произход. Такъв текстил има огромни възможности за приложение навсякъде, където наблюдението и бързата реакция са от жизнена важност, например в медицината, при опазване на околната среда, за предпазно облекло, в селското стопанство, в строителството, за военни цели, при космическите изследвания и др. Главната цел е той да бъде в помощ на човека и да го информира за настъпващите промени в заобикалящата го среда или в жизненото му състояние.

Понастоящем големи усилия и инвестиции са насочени към навременното откриване и предпазване от

различни замърсители във въздуха, водата и почвата. Това е причина за непрекъснато разработване на нови сензори с подобрени характеристики. Сред тях оптичните химични сензори се отличават с редица предимства. Те могат продължително да регистрират наличието на различни химични вещества и така намират многобройни приложения в химическата индустрия, медицината, строителството, селското стопанство и др. Интерес представляват тези сензори, които променят цвета си и така позволяват с „просто око“ да се установи наличието на дадено вещество. Сред другите оптични методи, използвани със сензорна цел, флуоресценцията се отличава със своята чувствителност и многобройни параметри, които могат да служат за аналитична информация и наличие на ефекти, които са непознати за другите спектроскопски методи.

Отлагането на сензорни молекули върху полимерни матрици осигурява условия не само за детекция на минимални концентрации от анализираното вещество, но също и за получаването на трайни във времето материали, които могат да се използват многократно, без да разрушават изследвания обект като реагират сравнително бързо на настъпилите промени в заобикалящата ги среда.

Една нова област в тази насока е изследване на възможностите за използване на текстилни материали като твърд носител на различни абсорбционни и флуоресцентни сензори. Текстилните материали притежават и някои други предимства като гъвкавост, добра проникваемост и оттам лесен контакт с анализираните вещества. Възможността да бъдат моделирани в разнообразни



форми и изделия им позволява да бъдат съвсем естествено носени от човек, без това да създава неудобство и дискомфорт, което е пък особено важно при биосензорите.

С помощта на оптичните сензори може да се проследяват промени в рН на различни течности, за детекция на тежки и преходни метални йони, аниони, неутрални молекули, разтворени и атмосферни газове.

### **1.3. Антимикробна фотодинамична активност на текстилните материали**

В съвременния свят се наблюдава значително търсене и интерес към производство на антимикробен текстил. Нарастващата осведоменост сред хората относно личната хигиена и рисковете за здравето, свързани с микроорганизмите, представлява един от ключовите фактори, движещи пазара на антимикробния текстил. Антимикробните текстилни материали са функционализирани активни текстилни материали, които потискат растежа на микроорганизмите или ги унищожават. Областите, в които могат да се прилагат са: здравеопазване, хигиена, медицински изделия, спортни облекла, домашен текстил, опаковки, автомобили и други превозни средства, при въздушните филтри и системите за пречистване на водата и др. Антимикробният текстил е доста популярен при спортното или активното модно облекло, включително чорапи. Към антимикробното спортно облекло има голям интерес, защото може да бъде полезно за предотвратяване на растежа на микробите и миризмата след изпотяване. Намират своето приложение при производството на лични предпазни средства, бебешки пелени, а също и за маски за лице. Под формата на различни

изделия са важна част при обзавеждането, облеклото и при различни дейности в здравните заведения. Дрехите, които се носят от пациентите и здравните работници, могат да бъдат носители на много микроби, които лесно се предават от един човек на друг. От антимикробни материали се изработват и превръзките за рани. Употребяват се и при третиране на различни кожни заболявания, както и при изработката на медицински изделия. Те се предпочитат също и във всички места, които са податливи на разпространението на микроби, включително редица обществени помещения и транспортни средства.

Един от методите, на който се възлагат големи надежди за справяне със съвременните предизвикателства на пост-антибиотичната ера, при която се увеличава смъртността от различни инфекциозни заболявания поради липса на подходящи терапевтични средства, е антимикробната фотодинамична терапия. Тя включва използването на фотосенсибилизатор, който се активира от светлина с определена дължина на вълната, в присъствие на кислород. В резултат се образува синглетен кислород ( $^1O_2$ ), който унищожават целевите клетки, включително ракови и микробни клетки. Синглетният кислород има кратък полуживот и дифузията му достига само няколко нанометра. Следователно, цитотоксичността му е ограничена до непосредствените клетки.

Установено е, че фотодинамичната терапия е ефективна срещу бактерии, гъбички, вируси, протозои и др. микроорганизми. Тя притежава потенциал за развитие, както от изследователска, така и от практическа гледна точка. Затова в процес е търсенето на нови

фотосенсibiliзатори или нови източници на светлина с по-целенасочено действие. Повечето фотосенсibiliзатори са багрила, които могат да бъдат подходящо приложени върху текстилните материали, за да им придадат антимикуробни свойства. Подобни материали са важна част от клиничната практика, здравните заведения и обществените пространства. Те могат да играят съществена роля при предотвратяване възникването вътреболнични инфекции или на епидемиологично или пандемично разпространение на различни микроорганизми.

## **Част I**

### **Модифициране на текстилните материали**

Съществува голямо разнообразие от технологии за модифициране на текстилните материали. Техният избор зависи от дизайна на текстилния материал, от неговия химичен състав и структура, от химикалите, които ще се използват, от наличното оборудване, както и от крайната му употреба. Други изисквания са свързани с консумацията на вода и отделените отпадни води, необходимата енергия и други екологични изисквания към работното място и условията за производство, от възможността за рециклиране на текстилното изделие. При използваните методи може да се цели образуване на ковалентни връзки между влакнестия материал и обработващите съединения (например багрила, различни биологично активни вещества и др.) и/или образуване на по-слаби връзки (йонни, водородни, Ван дер Ваалсови и др.).

В редица случаи, когато е необходимо

постигане на по-голяма устойчивост при условията на употреба е подходящо ковалентното свързване между багрилото и влакното. Ако се образуват по-слаби връзки, методите за обработка са по-опростени и може да не се прилага предварително модифициране на текстилния материал. В този случай под действие на външни въздействия, като промяна в рН, обработка с определен разтворител, промяна в температурата, тези връзки се разкъсват и багрилата или другите вещества се отделят от влакнестия материал. Съществуват области на приложение, когато това е подходящо. Например, когато текстилните материали се използват като носители на биологично активни вещества често се цели тяхното отделяне от влакнестия или композитен материал да става постепенно и контролирано, започвайки само при необходимост и при дадени условия.

За придаване на нови свойства на текстилните материали като сензорни свойства и фотодинамична активност към тях могат да се свържат, както нискомолекулни, така и високомолекулни (линейни и разклонени) вещества, а също органични и неорганични наночастици. За целта е възможно да се използват два подхода: при първия - се модифицират молекулите на багрилото или полимера, а при втория - се модифицира самия текстилен материал.

#### **I.1. Методи за въвеждане на нови функционални групи във влакнестите материали**

В литературата има описани различни подходи за въвеждане на нови функционални групи във влакнестите материали:

- **Химично разкъсване на глюкозидното ядро в състава на целулозната макромолекула**

По този начин в памучния текстилен материал или друг целулозен материал се въвеждат алдехидни групи чрез следната обработка. Памучния плат се обработва с 0.1 М разтвор на натриев периодат за 18 ч. на тъмно, при стайна температура, след което се промива с дестилирана вода.

- **Въвеждане на нови функционални групи с помощта на плазмена обработка**

С този метод могат да се въведат нови функционални групи в текстилни материали с различен състав (памук, полиамид, полиестер и др.). Азотсъдържащите функционални групи като амино, имино и др. или кислородсъдържащите групи като хидроксилни, карбоксилни и амидни групи могат да се образуват в зависимост от използвания газ (амоняк, азот, кислород, въздух и др.).

- **Химично модифициране на памучен плат с хлороацетил хлорид**

Хлороацетил хлоридът е двуфункционално съединение и притежава два различни по своята реактивоспособност хлорни атоми. По този начин памучният плат може да бъде модифициран с него в среда на диметилформаид. Въведените ацетилхлоридни групи по-нататък лесно образуват естери и амини чрез нуклеофилни реакции на заместване съответно с алкохоли или амини. Памучен плат се модифицира с до 10% (v/v)  $\text{ClCOCH}_2\text{Cl}$  в диметилформаид при 60 °C за 2 ч., при което в целулозната макромолекула са въведени реактивоспособни хлорни атоми.

- **Ковалентно свързване на инициатор на полимеризация върху текстилния материал**

Ако инициаторът е свързан ковалентно към текстилния материал, тогава полимеризацията протича като повърхностно иницирана и полученият полимерен слой ще бъде по-стабилен. В този случай може да се използва известния метод за багрене с реактивни багрила.

- **Създаване на нови функционални групи в полиестерните влакна**

Чрез химична обработка на полиестерния материал в алкална среда с 4–20% разтвор на NaOH или KOH, със или без катализатор или със сярна киселина се разкъсват част от естерните връзки в полимера и така се създават по-голям брой крайни карбоксилни или хидроксилни групи. Друга възможност за въвеждането на нови амино групи в полиестерните макромолекули е чрез използване на етилендиамин за обработката му, което предизвиква неговата аминолиза.

Създаването на нови функционални групи в хидрофобния полиестерен материал може да стане и чрез по-контролиран и по-екологичен процес на ензимна обработка, при която се използват ензими като липази и кутинази, изолирани от различни биологични източници. По този начин се подобряват антистатичните свойства, омекрянето, способността за багрене и допълнително модифициране.

## **I.2. Технологии за модифициране на текстилните материали**

Багренето на текстил също може да се разглежда като процес на модифициране на текстилните материали - влакна, прежда и плат, при който се използва багрилен разтвор. Той се състои

от багрило, вода и различни текстилни спомагателни средства (електролити, алкални вещества, мокрители, диспергатори, омекотители на водата и др. химикали). Целта на процеса на багрене е да се постигне равномерен цвят с добра устойчивост на условията, които са подходящи за крайната употреба на текстилния материал. Изборът на тип текстилен материал, клас на багрилото, начина на багрене и необходимата довършителна обработка са важни решения за постигането на задоволителна устойчивост на цвета на крайният продукт.

Съществуват различни методи за багрене и модифициране на текстилните материали, включващи традиционни и модерни техники. Някой от най-често използваните методи са:

• **Обработка в баня**

Тази процедура включва потапяне на текстилния материал в багрилния разтвор, нагриване и сушене след изваждане от обработващата баня. Използването на ултразвук и микровълни допълнително може да ускори процеса и да подобри фиксирането на багрилните молекули върху повърхността на влакната.

• **Напояване - сушене - термофиксиране**

Предимство на напояването като метод за нанасяне на багрилата е намаляване на използваната вода за обработка и полученото количество отпадъчни води след това. При този метод също може да се избегне етапа на термофиксиране и да се замени със студено отлежаване за определен период от време, с което процеса се забавя, но се пести енергия.

• **Покритие със спрей**

При метода, с използване на спрей, водата за обработка също е намалена като количество и методът е подобен на метода с напояване, тъй като след нанасянето на багрилния разтвор със спрей следва сушене и термофиксиране. Концентрацията на разтвора, диаметърът на дюзите и налягането на струята са параметри, с които може да се контролира количеството на отложеното върху материала багрило. Многократното напръскване може да доведе до неравномерно разпределение на прилаганите химикали. Ако при процеса протичат физико-химични взаимодействия между молекулите на багрилото и функционалните групи на влакната, етапите на сушене и фиксиране може да не са необходими. От друга страна устойчивостта на модифицирането не може да се сравни с тази постигната при методите, в които има потапяне в баня. Причината е бързината на процеса, което не позволява по-дълбоко проникване на разтвора в текстилната структура.

• **Покритие с пяна**

Друг метод е чрез прилагане на пяна образувана от въздух, повърхностно активно вещество или полимерна дисперсия и малко количество вода. Предимството на този метод е бързината, стабилността на продукта и по-малко необходимата енергия за сушене. Този метод се прилага при модифициране на памучен плат с хидрогел и магнитни наночастици, с използване на анионно повърхностно активно вещество за стабилизиране на наночастиците и предотвратяване на агломерирането им.

### • *Метод чрез печатане*

Този метод се използва при трансфер на полимерен разтвор върху текстилния материал по подобен начин на печатането с пигменти. По този начин част от площта остава необработена и може да се получат различни повтарящи се отпечатъци. Така полученият плат е по-мек, има висока абсорбируемост и през него преминават по-лесно флуидите през областите, които не са обработени.

### • *Нанасяне на директно покритие*

При нанасянето на покритие вискозна течност се разпределя равномерно върху повърхността на плата с острието на нож, след което покритието се изсушава или термофиксира. Дебелината на покритието зависи от разстоянието между острието на ножа и повърхността на плата.

### • *Зол-гел метод*

Зол-гел синтезът включва получаването на различни органични, неорганични и хибридни порести материали. Процесът винаги съдържа участието на прекурсори на получения материал, вода и катализатор. Прекурсорите за образуване на зола са метални елементи, заобиколени от различни реактивоспособни лиганди. Сред тях най-използвани са тетраетоксисилан, тетраметоксисилан. Водата е разтворител и страничен продукт на реакцията. Катализаторите може да са киселини или основи. Чрез метода могат да се получат многофункционални текстилни материали с хидрофобни или хидрофилни свойства, с УВ защитни свойства, трудна горимост, антимикробна активност, немачкаемост и др., но запазвайки и останалите си свойства, осигуряващи комфорт на потребителя.

### Използвана литература

1. Optochemical nanosensors, edited by A. Cusano, F. Arreghi, M. Giordano, A. Cutolo, CRC Press Taylor&Francis Group, 2012, ISBN 9781439854891.
2. J.F. Kennedy, K. Bunko, 10 - The use of 'smart' textiles for wound care, edited by: S. Rajendran, In Woodhead Publishing Series in Textiles, Advanced Textiles for Wound Care, Woodhead Publishing, 2009, 254-274, ISBN 9781845692711.
3. Intelligent Textiles and Clothing for Ballistic and NBC Protection, Technology of cutting edge, edited by P. Kiekens, S. Jayaraman, Springer, 2012, ISBN 978-94-007-0576-0.
4. A. P. Demchenko, Introduction to Fluorescence Sensing, 2009, XXVI, p. 590, Chapter 12 (Opening New Horizons), p. 507-544, ISBN: 978-1-4020-9002-8.
5. Photodynamic Therapy. From Theory to Application, edited by Abdel-Kader, Mahmoud H., Springer, 2014, ISBN: 978-3-642-39628-1.
6. Mark Wainwright, Photosensitisers in Biomedicine, 2009, Wiley, ISBN: 978-0-470-74494-9.
7. Joseph R. Lakowicz, Principles of Fluorescence Spectroscopy, 3rd ed., Springer, 2006, ISBN-13. 978-0387312781.
8. A. Lang (Editor), Dyes and pigments: New research, Nova Science Publishers, 2009, ISBN 978-1-60692-027-5.
9. В. Василева, Багрила и текстилни спомагателни средства, изд. ХТМУ, 2002, ISBN 954-8954-23-0.
10. Georgiev NI, Bakov VV, Anichina KK, Bojinov VB. Fluorescent Probes as a Tool in Diagnostic and Drug Delivery Systems. Pharmaceuticals (Basel). 2023, 16(3), 381, DOI: 10.3390/ph16030381.
11. A. Lobnik, M. Turel, Šp. K. Urek (2012). Optical Chemical Sensors: Design and Applications, Advances in Chemical Sensors, Prof. Wen Wang (Ed.), InTech, ISBN: 978-953-307-792-5.
12. I. Grabchev, D. Staneva, I. Betcheva, Fluorescent dendrimers as sensors for biologically important metal ions, Current Medical Chemistry, 2012, 19, 4976-4983, DOI:

10.2174/0929867311209024976.

13. In: Handbook of Photomedicine, edited by M.R. Hamblin, Y. Huang, 2013, CRC Press, ISBN 9780429193842.

14. D. Staneva, I. Grabchev, Chapter 20, Dendrimer as antimicrobial agents, 2021, 363-384, Dendrimer-Based Nanotherapeutics, (edited by P. Kesharwani), Elsevier Inc., DOI: 10.1016/B978-0-12-821250-9.00016-0, ISBN 978-0-12-821250-9.

15. D. Staneva, I. Grabchev, Modification of textile with stimuli responsive polymers. Encyclopedia of Polymer Applications. (edited by M. Mishra), Taylor & Francis, 2018, ISBN 9781351019422.

16. Dodangeh, M.; Grabchev, I.; Staneva, D.; Gharanjig, K. 1,8-Naphthalimide Derivatives as Dyes for Textile and Polymeric Materials: A Review. *Fibers Polym.* 2021, 22, 2368–2379, DOI:10.1007/s12221-021-0979-9.

17. D. Staneva, E. Slaveva Vasileva-Tonkova, I. Grabchev, Chemical modification of cotton fabric with 1,8-naphthalimide for use as heterogeneous sensor and antibacterial textile, *J Photochem Photobiol A: Chemistry*, 2019, 382, 111924, DOI: 10.1016/j.jphotochem.2019.111924.

18. D. Staneva, R. Betcheva, J-M Chovelon, Fluorescent Benzo[de]anthracen-7-one pH-sensor in Aqueous Solution and Immobilized on Viscose Fabrics, *J Photochem Photobiol A: Chemistry*, 2006, 183, 159, DOI: 10.1016/j.jphotochem.2006.03.01

19. D. Staneva, R. Becheva, Synthesis and functional properties of new optical pH sensor based on benzo[de]anthracen-7-one immobilized on the viscose, *Dyes Pigments*, 2007, 74, 148-153, DOI: 10.1016/j.dyepig.2006.01.029.

20. D. Staneva, R. Betcheva, J-M Chovelon, Optical Sensor for Aliphatic Amines Based on the Simultaneous Colorimetric and Fluorescence Responses of Smart Textile, *J Appl Polymer Science*, 2007, 106, 1950-1956, DOI: org/10.1002/app.26724.

21. J. Zhou, B. Jiang, Ch. Gao, K. Zhu, W. Xu, D. Song, Stable, reusable, and rapid response smart pH-responsive cotton fabric based on

covalently immobilized with naphthalimide-rhodamine probe, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2022, 355, 131310, DOI: 10.1016/j.snb.2021.131310.

22. G. J. Mohr, H. Müller, Tailoring colour changes of optical sensor materials by combining indicator and inert dyes and their use in sensor layers, textiles and non-wovens, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2015, 206, 788-793, DOI: 10.1016/j.snb.2014.09.104.

23. W. Chen, J. Chen, L. Li, X. Wang, Q. Wei, R. A. Ghiladi, Q. Wang, Wool/Acrylic Blended Fabrics as Next-Generation Photodynamic Antimicrobial Materials, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2019, 11(33), 29557-29568, DOI: 10.1021/acsami.9b09625.

24. Ch. Jiang, S. Dejarnette, W. Chen, F. Scholle, Q. Wang, R. A. Ghiladi, Color-variable dual-dyed photodynamic antimicrobial polyethyleneterephthalate (PET)/cotton blended fabrics, *Photochem Photobiol Sci*, 2023, 22, 1573–1590, DOI: 10.1007/s43630-023-00398-1.

25. Trovato V, Sfameni S, Rando G, Rosace G, Libertino S, Ferri A, Plutino MR. A Review of Stimuli-Responsive Smart Materials for Wearable Technology in Healthcare: Retrospective, Perspective, and Prospective. *Molecules*. 2022, 27(17), 5709, DOI: 10.3390/molecules27175709.

26. D. Staneva, A. I. Said, E. Vasileva-Tonkova, I. Grabchev, Enhanced Photodynamic Efficacy Using 1,8-Naphthalimides: Potential Application in Antibacterial Photodynamic Therapy, *Molecules*, 2022, 27, 5743, DOI: 10.3390/molecules27185743.

27. H. Manov, D. Staneva, E. Vasileva-Tonkova, P. Grozdanov, I. Nikolova, S. Stoyanov, I. Grabchev, Photosensitive dendrimers as a good alternative to antimicrobial photodynamic

therapy of Gram-negative bacteria, *J Photochem Photobiol, A: Chemistry*, 2021, 419, 113480, DOI: 10.3390/molecules27185743.

28. D. Staneva, H. Manov, E. Vasileva-Tonkova, R. Kukeva, R. Stoyanova, I. Grabchev, Enhancing the antibacterial activity of PAMAM dendrimer modified with 1,8-naphthalimides and its copper complex via light illumination,

Polymers for Advanced Technologies, 2022, 33 (10), 3161–3172, DOI: <https://doi.org/10.1002/pat.5768>.

29. D. Staneva, D. Atanasova, A. Nenova, E. Vasileva-Tonkova, I. Grabchev, Cotton fabric modified with a PAMAM dendrimer with encapsulated copper nanoparticles: Antimicrobial activity, *Materials*, 2021, 14(24), 7832, DOI: 10.3390/ma14247832.

30. N. Promphet, P. Rattanawaleedirojn, K. Siralermukul, N. Soatthiyanon, P. Potiyaraj, Ch. Thanawattano, J. P. Hinestroza, N. Rodthongkum, Non-invasive textile based colorimetric sensor for the simultaneous detection of sweat pH and lactate, *Talanta*, 2019, 192, 424–430, DOI: 10.1016/j.talanta.2018.09.086.

31. L. V. Langenhove, in *Smart textiles for medicine and healthcare: materials, systems and applications*, 2007, Elsevier, Amsterdam, ISBN: 9781845692633.

32. Bonizzoni M., Fluorescent Sensors Based on Indicator Displacement, *Comprehensive Supramolecular Chemistry II*, 2017, 8, 21–36, DOI: 10.1016/B978-0-12-409547-2.12614-9.

33. Ibrahim N.A., Eid B.M., Abdellatif F.H.H. Advanced materials and technologies for antimicrobial finishing of cellulosic textiles, *Handbook of Renewable Materials for Coloration and Finishing*, 2018, 303–356. DOI: 10.1002/9781119407850.ch13.

34. Pragya A., Chatterjee K., Ghosh T.K., *Sensors and actuators for textiles: From materials to applications*, *Smart and Functional Textiles*, 2023, 469–531. DOI: 10.1515/9783110759747-012.

35. Kangazi M.K., Merati A.A. Biomedical applications of healthcare textiles, *Advances in Healthcare and Protective Textiles*, 2023, 23–56, DOI: 10.1016/B978-0-323-91188-7.00014-5

36. Sanz del Olmo N., Carloni R., Ortega P., García-Gallego S., de la Mata F.J. Metallodendrimers as a promising tool in the biomedical field: An overview, *Advances in Organometallic Chemistry*, 2020, 74, 1–52, DOI: 10.1016/bs.adomc.2020.03.001.

37. van der Schueren L., de Clerck K.

Coloration and application of pH-sensitive dyes on textile materials, *Coloration Technology*, 2012, 128 (2), 82–90, DOI: 10.1111/j.1478-4408.2011.00361.x

38. Demchenko A.P. Introduction to fluorescence sensing: Volume 2: Target recognition and imaging, *Introduction to Fluorescence Sensing: Volume 2: Target Recognition and Imaging*, Springer, 2023, 1–761, ISBN: 9783031190889.

39. De Meyer T., Steyaert I., Hemelsoet K., Hoogenboom R., Van Speybroeck V., De Clerck K. Halochromic properties of sulfonphthaleine dyes in a textile environment: The influence of substituents, *Dyes and Pigments*, 2016, 124, 249–257, DOI: 10.1016/j.dyepig.2015.09.007.

40. Simončič B., Tomšič B. Recent Concepts of Antimicrobial Textile Finishes, *Textile Finishing: Recent Developments and Future Trends*, 2017, 3–68, DOI: 10.1002/9781119426790.ch1.

41. Karlsen H., Dong T. Biomarkers of urinary tract infections: State of the art, and promising applications for rapid strip-based chemical sensors, *Analytical Methods*, 2015, 7 (19), 7961–7975, DOI: 10.1039/c5ay01678a.

# ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРИЛОЖЕНИЕТО НА DBD ПЛАЗМА ЗА ОБРАБОТКА ЗА ЗАБАВЯНЕ НА ГОРЕНЕ НА БАГРЕНИ ПАМУЧНИ ТЪКАНИ

ВУ Ти Хонг Кан, Нгуен Ким Ту, Нгуен Ти Ханг, Нгуен Мау Тънг

## STUDY ON THE APPLICATION OF DBD PLASMA IN FLAME RETARDANT TREATMENT FOR DYED COTTON FABRICS

**Vu Thi Hong Khanh<sup>1\*</sup>, Nguyen Kim Thu<sup>2</sup>, Nguyen Thi Hang<sup>1</sup>, Nguyen Mau Tung<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Industrial University of Ho Chi Minh City, Faculty of Garment Technology - Fashion,  
No. 12 Nguyen Van Bao, Ward 4, Go Vap District, Ho Chi Minh City*

<sup>2</sup>*Hanoi University of Science and Technology, Faculty of Textile-Leather and Fashion,  
No. 1 Dai Co Viet, Hai Ba Trung, Hanoi*

\*khanh.vuthihong253bd@gmail.com

**Abstract:** This article presents the results of research on flame retardant treatment for dyed cotton fabric using two procedures (with and without pretreatment with DBD plasma). One bath pad-dry-cure method was used for the flame-retardant finishing. Pyrovatex CP new (PCN), Knittex FFRC (K-FFRC) were used as flame retardant and crosslinking agents. The research results show that, with the fire retardant solution including PCN 450/l and K-FFRC 107 g/l, and the curing temperature at 180°C for 150 seconds, dyed cotton fabric after fire retardant treatment will be durable flame-retardant fabric (LOI of the flame-retardant fabric  $\geq 25\%$  even after 5 washing cycles). However, if the dyed cotton fabric is pre-treated with DBD plasma with a power of 1w/cm<sup>2</sup> for 30 seconds, the curing time can be reduced to 120 seconds, the flame retardant treated fabric will be still a durable flame-retardant fabric. At these conditions, the colour of the dyed cotton fabric is not changed by plasma treatment. However, flame retardant treatment changes the colour of dyed cotton fabrics at a medium ( $2.0 \leq DE_{CIELab} \leq 3.5$ ).

**Keywords.** Dyed cotton fabric, DBD plasma, Flame retardant, Pyrovatex CP new, Knittex FFRC



## Introduction

Cotton is one of the most used textile fibres. However, it is a combustible material with a low LOI of 18.4% [1]. Therefore, flame retardant (FR) treatment for cotton fabrics, especially durable flame retardant, is an important requirement for many areas of use. However, no optimal treatment process for cotton exists which produce flame protected textiles that meet all the requirements with respect to flame retardancy, toxicity, environmental compatibility, the application method, mechanical and chemical durability without the loss of vital intrinsic textile properties [2]. The most common classes of flame retardants are brominated, phosphorus, nitrogen, chlorinated, and inorganic [3]. Halogen-containing FR systems have come under scrutiny due to health and environmental concerns and have recently been restricted in many communities. Recent developments of FR molecules have focused on organophosphorus compounds [4]. Phosphorus-based FR has become a popular alternative to halogen compounds because of their environmentally friendly by-products and their low toxicity. Also, their low production of smoke in fire furthers their appeal. It is a highly effective flame retardant for cellulose and cellulose derivatives. These compounds promote dehydration and char formation [5]. One of the most commercially successful agents is N-methylol dimethylphosphonpropionamide, known under the trade name of Pyrovatex CP New (PCN). Many studies have shown that Pyrovatex CP New (PCN) combining crosslinking agents such as trimethylolmelamine (TMM) or 1,3-dimethylol-4,5-dihydroxyethylene urea (DMDHEU) is a very good choice to create durable flame-retardant cotton fabrics. However, they release formaldehyde, and their mechanical strength is reduced compared with pre-treatments because the crosslinking reaction occurs at high temperature and requires the use of phosphoric acid as a catalyst [3-5]. In our recent studies, a new formaldehyde-free crosslinking agent (Knittex FFRC (K-FFRC)) was used as a replacement for the old one as a solution to reduce

the release of free formaldehyde from fabrics [6, 7]. However, our research has shown that when treating cotton fabric with PCN and K-FFRC, for the treated fabric to be fire resistant (limiting oxygen index (LOI) > 25), the curing temperature must be greater than 170°C and the time curing must also be longer than 120 seconds. It is this condition that reduces the mechanical strength of cotton fabric [8]. To solve this problem, adding a plasma activation process to the fabric is a solution used by many studies [2, 9, 10]. In our previous study, the cotton fabric was preactivated with Dielectric-barrier discharge (DBD) plasma at a power of 1w/cm<sup>2</sup> for 90 seconds. Plasma treated fabric then treated with PCN and K-FFRC. The results show that the fabric has been pre-treated with plasma, during the flame-retardant treatment it only needs to be cured at 160°C for 90 seconds to have a LOI > 25 [11]. To achieve this value, the normal cotton fabric must be cured at 180°C for 120s during flame retardant treatment [8]. This study also shows that too strong plasma treatment conditions (high plasma power, prolonged exposure time) also adversely affect the mechanical performance of cotton fabrics [11]. However, our previous studies are all performed on white cotton fabrics after pre-treatment (undyed fabric), while functional finishing is usually carried out on dyed fabrics, the dyeing process is one of the most important but as well most complex processes of the whole textile finishing. Prinz, K [2] has studied the possibility of combining the Plasma Induced Graft Polymerisation (PIGP) and dyeing methods, various investigative processes have been conducted. The results show that FR treated cotton was dyed with common cellulose dyestuff and possible changes in colour determined by spectrophotometric measurements. Although the exhaustion rate of dyeing on FR treated cotton textiles is reduced compared to untreated cotton, reactive and direct dyeing resulted in excellent colour shade and hue. Finally, pre-dyeing of cotton textiles was performed followed by the FR treatment. It was found that the Degree Of Grafting (DOG) depends on the dyeing hue. This indicates that the hydroxyl groups of the cellulose

influence the affinity of the flame-retardant monomers towards the cotton fibres. Hence, FR treatment via PIGP was investigated on post- or pre-dyed fabrics and showed promising results in terms of flame retardancy, DOG and chromaticity. Ha-Thanh Ngo et al [12] also used DBD plasma to activate dyed polyester fabric before flame-retardant treatment of the fabric. The results showed that samples pretreated with plasma, after flame retardant treatment had LOI values equivalent to those of the sample was not plasma treated, but their fire resistance after 5 washing cycles was much higher than that of the sample which had not been pretreated with plasma [12]. This study also showed that plasma treatment also changed the colour of the dyed fabric more or less depending on the plasma treatment conditions. In the study [12], the plasma power was  $1\text{w}/\text{cm}^2$ , when the plasma treatment time was shorter than 60 seconds the colour difference between plasma treated sample and the reference sample is small, obvious only to the trained eye. However, when the plasma treatment time reached 90 seconds, the colour difference between sample plasma treated sample and control sample is medium, also obvious to trained eye. Therefore, in this study, DBD plasma was applied on undyed and dyed cotton fabrics before they were flame-retardant treated with PCN and K-FFRC. The objective of this study was to clarify the effect of DBD plasma treatment on flame retardant treatment for the undyed and dyed cotton fabric.

### Experimental

#### Materials:

##### · Fabric:

Fabric: Dyed woven cotton fabric with weight of  $242\text{ g}/\text{m}^2$  was supplied by NASILKMEX, Vietnam. The colour parameters of the dyed fabric are presented in Table 1.

Table 1. The colour parameters of the dyed fabric

Colour of fabric	Colour measurement conditions	Colour parameters of the dyed fabric				
		L	a	b	c	h
Green	D65/10	34.76	-37.53	-1.23	37.55	242

· *Chemicals*: Pyrovatex CP New (PCN), Knittex FFRC (K-FFRC), Invadine PBN were supplied by Huntsman. Pyrovatex CP New (PCN) is a N-methylol dimethylphosphonpropionamide, in this study, it was used as flame retardant agent. Knittex FFRC is a modified dihydroxy ethylene urea, it was used as crosslinking and Invadine PBN as tenside agents.

#### Procedure:

The dyed cotton fabric was flame-retardant treated according to 2 procedures (with and without pre-activation with DBD plasma)

- *Procedure 1*: The flame-retardant treatment process for dyed cotton fabric without plasma pre-activation is shown in Figure 1

- *Procedure 2*: The flame-retardant treatment process for dyed cotton fabric with plasma pre-activation is described in Figure 2

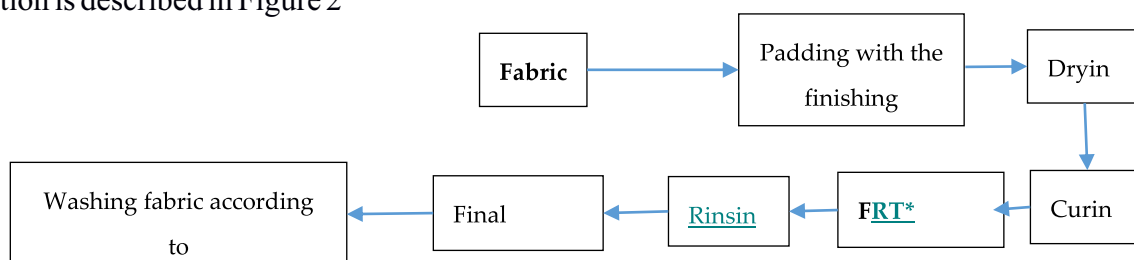


Figure 1. Procedure 1 - Flame-retardant treatment process for cotton fabric without DBD plasma pre-activation

FRT\* - Flame retardant treated

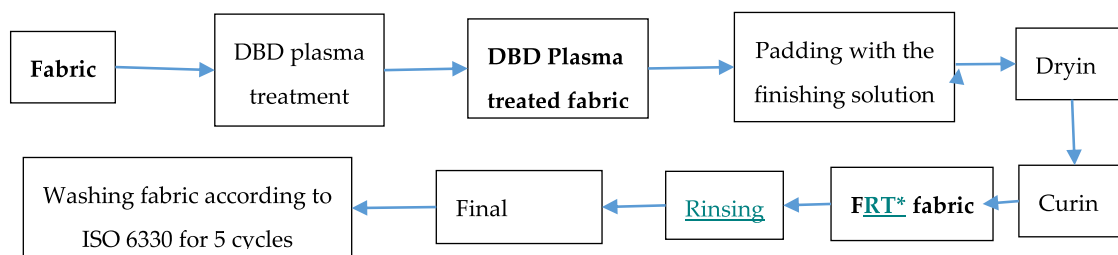


Figure 2. Procedure 2 - Flame-retardant treatment process for cotton fabric with DBD plasma pre-activation

#### • DBD plasma treatment for fabric

Laboratory roll-to-roll DBD plasma equipment with a width of 50 cm developed by School of Engineering Physics (SEP) of Hanoi University of Science and Technology (HUST) as part of the KC.02.13/16-20 project was used in this study. The DBD plasma environment was produced between two parallel electrodes, the length and width of the electrodes are 8 cm and 50 cm, respectively. The cotton fabric with a width of 35 cm can move continuously between the top and bottom electrodes. The tension rollers are placed before and after the electrodes to keep the fabric in uniform tension. The movement speed of the fabric can be controlled by a motor to control the fabric plasma exposure time. In this study, the distance between the electrodes (discharge gap) was 3 mm, the plasma treatment power was 400 W (1 W/cm<sup>2</sup>), an air atmosphere was employed. The plasma exposure time was 30 seconds.

#### • Flame-Retardant Treatment for untreated and DBD Plasma Treated Cotton Fabric

One bath pad-dry-cure method was used for the flame-retardant finishing.

To compare the flame retardant treatment conditions of dyed cotton fabric with undyed cotton fabric, in this study, the flame retardant solution composition and technological parameters of the padding and drying steps were kept the same as in our previous research (flame retardant treatment for undyed cotton [8])

Flame retardant solution included 450g/l Pyrovatex CP New, 107 g/l Knittex FFRC (DHEU) and 5g/l Invadine PBN.

First, the plasma treated fabric was impregnated in finishing solution, then padded

with the pick-up of approximately 80% by padder SDL D394A. The padded samples were dried at 120°C for 3 minutes. After that these samples were cured. The Stenter SDL D398 was used for drying and curing steps. The temperature and curing time have been changed so that the fabrics after flame-retardant treatment are a durable flame-retardant fabric (after 5 washing cycles, the LOI of the fabric must be  $\geq 25\%$  (According to the Flame Retardant Fabric Handbook [1], the LOI of a fabric must be  $\geq 25\%$  for the fabric to be classified as a flame retardant fabric)).

#### • Rinsing

After curing, the FRT samples were rinsed under the running water for 5 minutes to remove all the residual FRs on the fabric surface (unable to react with celluloses) and neutralize the treated fabric. Then, the fabric was dried in the stenter at 110°C for 3 minutes. After that, the treated samples were stored in the polyethylene bags at the standard laboratory conditions for 24 hours before any further analysis.

#### • Washing for FRT fabric samples

To determine the flame-retardant durability of the FRT fabric, the FRT samples were washed in accordance with ISO-6330 standard clause 6A but without added detergent. The Electrolux EW 1290W front load washing machine was used. Washed samples were stored after 5 washing cycles to test the flammability of samples.

#### Characterization of the Control and Treated Cotton Fabric

##### • Measurement of flammability for the samples

- Measurement of flammability of fabric by ASTM D 6413 -2015, the flammability of fabrics is presented by 3 parameters: (1) Char-length (mm)
- The shorter the char length, the higher the

fabric's fire resistance; (2) Afterflame time (s) - The shorter the after flame-time, the higher the fabric's fire-resistance; (3) Afterglow time (s) - The shorter the after glow-time, the higher the fabric's fire-resistance. According to ISO 11612 (The international standard EN ISO 11612 specifies the performance requirements for protective clothing made from flexible materials, which are designed to protect the wearer's body against heat and/or flame)[13], the afterflame time and afterglow time must be  $\leq 2$  s.

- The LOI of fabric samples were measured by ASTM D 2863 -97 standard before and after flame-retardant treatment and after washing. The LOI of the fabric is as high as possible and must be  $\geq 25$  % for the fabric to be classified as a flame retardant fabric[1].

• *Color Measurement*

The colors of the control, plasma-treated samples and FRT samples were measured by Ci4200 Spectro-Photometer, produced by X-Rite Pantone-Michigan-USA (STLF, Hanoi, Vietnam) with D65 illuminant and 10° standard observer. The measurement was repeated 3 times for each sample at 3 different positions. If the color difference between them is less than 0.35, the mean of the 3 measurements will be accepted as the color of the sample. The effect of any treatment on the fabric colour is expressed as the colour difference (DE) between the control and the treated sample. It can be expressed as  $DE_{CIE\text{Lab}}$  or  $DE_{CMC}$  values [14]. Measurement of color of fabric before, after DBD plasma treatment, flame retardant treatment, and after washing cycles.

All the above experiments have been implemented at HUST laboratories.

**Results and discussion**

***Research results on fire retardant treatment for dyed cotton fabric according to procedure 1 (without plasma pre-activation)***

In our previous research (flame retardant treatment for undyed cotton [8]), the optimal curing condition for the undyed cotton fabric after flame retardant treatment to be a durable flame retardant fabric was at a temperature of 180°C for 114 seconds. Under this condition, undyed cotton fabrics that have been treated with flame retardants have a LOI  $> 25\%$  and its flammability parameters consistent with the flame retardant fabric group. Moreover, the flammability parameters of the FRT samples did not change after 5, 10, 20 or even 30 washing cycles. In this study, for dyed cotton fabric, the first curing condition was selected as the optimal condition of undyed fabric (dyed sample FRT1 (Table 2)). In the second condition, the curing temperature was kept at 180°C but the curing time was extended to 150 seconds (dyed sample FRT2 (Table 2)).

*- Evaluation of the flame retardancy of the dyed cotton fabric treated according to procedure 1*

The results of the flammability testing of the dyed cotton fabric after flame retardant treatment according to procedure 1 are presented in Table 2.

*Table 2. Flammability parameters of dyed FRT fabric samples*

Fabric samples	Curing conditions		Flammability parameters of fabric samples			
	Temperature (°C)	Time (s)	Afterflame time (s)	Afterglow time (s)	Char-length (mm)	LOI (%)
Control*	-	-	24.41	90.48	-	18.1
Dyed FRT1	180	114	0	0	91	28.3
Dyed FRT2	180	150	0	0	50	28.9

Control\* - Dyed fabric before any treatment

Table 2 results show that the control fabric sample (dyed fabric without flame retardant treatment) is very flammable, and the fabric has a low LOI (18%). After removing the flame, the fabric continued to burn for up to 24 seconds and then glowed for up to 90 seconds. After completely burning, no char was formed (Figure 3). Meanwhile, the two dyed fabric samples, that have been treated with fire retardants, both have very good fire resistance (their afterflame time and afterglow time are both zero seconds). However, there are still differences between them in accordance with the curing time. The LOI of the sample cured in 150 seconds is 28.9%, while that of the sample cured in 114 seconds is only 28.3%. Likewise, their char-length values are 50 and 91 mm, respectively.

- *Evaluation of the durability of the fire retardant properties of dyed cotton fabric treated according to procedure 1*

To evaluate the durability of the fabric's flame retardancy, the dyed cotton fabric, after being treated with flame retardants according to procedure 1, was washed for 5 cycles as described in part 2. These samples have been named FRT-W5, and have been evaluated for its flammability according to ASTM D 6413 -2015 and ASTM D 2863 -97 standards. The results of this test are presented in Table 3.

The photographs of the samples after vertical flammability test according to ASTM D 6413, are presented in Figure 3.

Table 3. Flammability parameters of dyed FRT fabric samples after 5 washing cycles

Fabric samples	Curing conditions		Number of washes	Flamability parameters of fabric samples			
	Temperature (°C)	Time (s)		Afterflame time (s)	Afterglow time (s)	Char length (mm)	LOI (%)
Dyed FRT1-W5	180	114	5	21.52	0	101	23
Dyed FRT2-W5	180	150	5	0	0	98	25.8

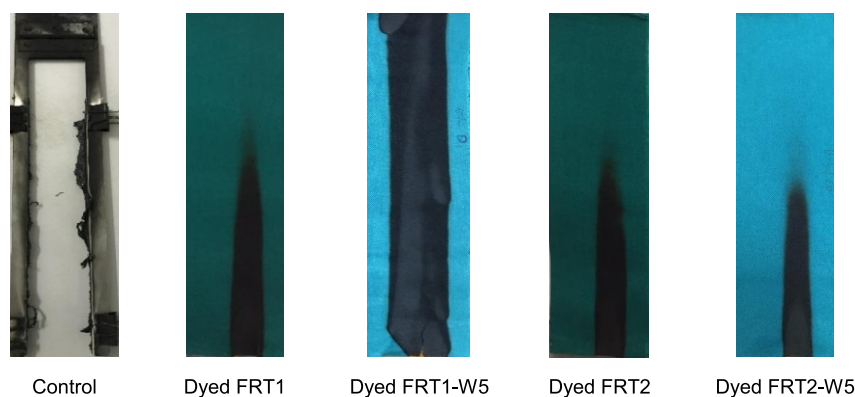


Figure 3. Photographs of the samples after vertical flammability test according to ASTM D 6413

Table 3 and Figure 3 show that, after 5 washing cycles, the dyed FRT1-W5 sample (cured in 114 seconds as for the undyed cotton fabric) has reduced flame retardancy compared to before washing (dyed FRT1). After removing the flame, the sample continued to burn for another 22 seconds until the end of the sample. However, after burning, the char was formed, the LOI was only 23%. Meanwhile, the dyed sample FRT2-W5 (curing in 150 seconds) has an LOI of 25.8% greater than 25, meeting the standard for being a flame retardant fabric [1]. Thus, in order for the dyed cotton fabric after flame-retardant treatment

to be a durable flame retardant fabric, the flame retardant treatment process can remain the same as for undyed fabric except that the curing time must last longer than 35 seconds.

The difference in flame retardant treatment conditions of dyed cotton fabrics compared with undyed cotton fabrics may be due to the fact that both dye molecules and flame-retardant molecules bind to cellulose through their active hydroxyl groups. Maybe, in dyed cotton fabric, some of the active hydroxyl groups of cellulose have been occupied by dye molecules, so dyed cotton fabric needs more time than undyed cotton fabric to have enough bond between cellulose and Flame-retardant molecules make it a durable flame retardant fabric.

- *Effect of flame-retardant treatment on fabric colour*

The colours of the fabric samples were measured as described in section 2 and their colour parameters are presented in Table 4

Table 4. Colour parameters of the sample after flame-retardant treatment and after 5 washing cycles

Fabric Samples	Measurement condition	Color parameters				
		L	a*	b	c	h
Control	D65/10°	34.76	-37.53	-1.23	37.55	242
Dyed FRT1		36.48	-39.80	-2.02	39.85	
Dyed FRT1-W5		39.29	-40.73	-1.50	40.76	
Dyed FRT2		36.83	-39.47	-1.71	39.51	
Dyed FRT2-W5		38.33	-39.16	-1.16	39.18	

From the results of Table 4, the colour difference  $DE_{CIELab}$  between samples is calculated according to Equation 3 [14], the results are shown in Table 5.

$$DE_{CIELab} = \sqrt{DL^2 + Da^2 + Db^2} \quad (3)$$

Table 5. Colour difference  $DE_{CIELab}$  between samples

Sample	Colour difference $DE_{CIELab}$ between samples		
	Control	Dyed FRT1	Dyed FRT2
Dyed FRT1	2.90	0.00	-
Dyed FRT1-W5	-	3.00	-
Dyed FRT2	2.87	-	0.00
Dyed FRT2-W5	-	-	1.56

Table 5 shows that the colour differences between the dyed FRT1 sample and the dyed FRT2 sample with the control sample are 2.90 and 2.87, respectively. According to assessment of Mokrzycki [14] and of Ngo, H.-T [12], these differences are medium ( $2.0 \leq DE \leq 3.5$ ), and obvious only to trained eye

**Research results on fire retardant treatment for dyed cotton fabric according to procedure 2 (with DBD plasma pre-activation)**

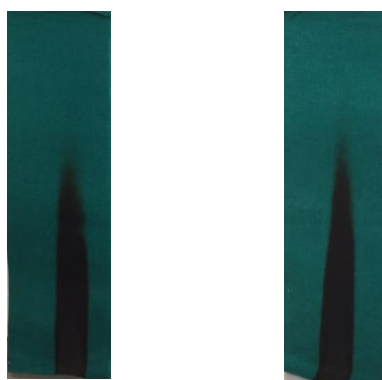
The dyed fabric was treated with flame retardant according to procedure 2 with a plasma treatment time of 30 seconds.

- First, the dyed cotton fabric was treated with DBD plasma as described in section 2 for 30 seconds. Then, the plasma treated samples were treated with flame retardants. Curing conditions were kept the same as Table 2. However, for experimental convenience, the curing time of condition 1 was rounded from 114 seconds to 120 seconds and is called condition 3. The results of testing the flammability of the sample after fire retardant treatment (P30-dyed FRT3, P30-dyed FRT2) and after 5 washing cycles (P30-dyed FRT3-W5, P30-dyed FRT2-W5) are presented in Table 6.

The photographs of the washed samples after vertical flammability test according to ASTM D 6413, are presented in Figure 4

Table 6. Flammability parameters of dyed fabric treated with flame retardants according to procedure 2 after treatment and after 5 washing cycles

Fabric samples	Plasma exposure time (s)	Curing conditions		Number of washes	Flammability parameters of fabric samples			
		Temp. (°C)	Time (s)		Afterflame time (s)	Afterglow time (s)	Char length (mm)	LOI (%)
P30-dyed FRT3	30	180	120	0	0	0	-	29.1
P30-dyed FRT3-W5				5	0	0	108	25.6
P30-dyed FRT2		180	150	0	0	0	-	28.8
P30-dyed FRT2-W5				5	0	0	110	26.2



P30-dyed FRT3-W5    P30-dyed FRT2-W5

Figure 4. Photographs of the washed samples after vertical flammability test according to ASTM D 6413

The results of Table 6 show that, with the support of plasma pretreatment for 30 seconds, the two experimental options allow the dyed cotton fabric after flame retardant treatment to be a durable flame retardant fabric [1]. It also meets ISO standards for making protective clothing [13]. Comparing the data in Table 6 with Tables 2 and 3 shows that when the fabric was pre-treated with plasma (even though the curing conditions did not change), the fire resistance of the fabric was still improved. In particular, the durability in flame retardancy of the fabric has been increased significantly. It is assumed that pre-treatment with plasma made the fabric more activated, so that the reaction between the flame retardant

and the fabric occurred more easily, which in turn helped increase the durability of the fabric's flame-retardant properties.

Colour measurement results show that the colour difference ( $DE_{CIE,Lab}$ ) between the plasma-treated sample and the dyed sample is only 0.26, showing that plasma treatment for 30 seconds does not affect the colour of the dyed fabric.

The colour difference ( $DE_{CIE,Lab}$ ) between the flame retardant treated sample and the dyed sample was 2.21, showing that the flame-retardant treatment changed the colour of the dyed fabric. Thus, it is the same as in the case of samples processed according to procedure 1 (Table 5), this difference is medium ( $2.0 \leq DE \leq 3.5$ ), and obvious only to trained.

### Conclusion

From the above results, some conclusions can be drawn as follows:

Pyrovatex CP New (MDPA) and Knittex FFRC (DHEU) are an effective combination for durable flame-retardant treatment of cotton fabrics including dyed cotton fabric.

The durable flame-retardant treatment process for dyed cotton fabric compared to that for undyed may have the same curing temperature but the curing time needs to be extended.

Plasma pretreatment with the power of  $1\text{W}/\text{cm}^2$  for 30 seconds of dyed cotton fabric before the flame retardant treatment can help increase the flame retardancy of FRT cotton fabric. In particular, the durability in flame retardancy of the FRT fabric has been increased significantly.

Plasma pretreatment at  $1\text{W}/\text{cm}^2$  for 30 seconds of dyed cotton fabric did not change the colour of the fabric. But flame-retardant treatment may change the colour of dyed cotton fabrics with the medium level ( $2.0 \leq DE \leq 3.5$ ). This colour difference is only observable to a trained human eye.

### References

1. Kilinc, F.S., Handbook of fire resistant textiles. 2013.
2. Prinz, K., Flame retardant and dyeing treatment of cellulose fabrics using a combined" grafting from" and PIGP process. 2011, ETH Zurich.

3. Katović, D., et al., Formaldehyde free binding system for flame retardant finishing of cotton fabrics. 2012(1 (90)): p. 94-98.

4. Yasin, S., et al., In situ degradation of organophosphorus flame retardant on cellulosic fabric using advanced oxidation process: A study on degradation and characterization. 2016. 126: p. 1-8.

5. Poon, C.-k. and C.-w.J.C.p. Kan, Effects of  $\text{TiO}_2$  and curing temperatures on flame retardant finishing of cotton. 2015. 121: p. 457-467.

6. Khanh, V.T.H. and N.T.J.I.T. Huong, Influence of crosslinking agent on the effectiveness of flame retardant treatment for cotton fabric. 2019. 70(5): p. 413-420.

7. Huong, N.T., V.T.H. Khanh, and N.P.D.J.I.T. Linh, Optimizing content of Pyrovatex CP New and Knittex FFRC in flame retardant treatment for cotton fabric. 2021. 72(3): p. 315-323.

8. Nguyen, H.T. and H.K.-T.T.P. Vu, OPTIMIZING CURING CONDITIONS IN FLAME RETARDANT TREATMENT FOR COTTON FABRIC. 2019.

9. Tsafack, M.J., J.J.S. Levalois-Grützmaier, and c. technology, Flame retardancy of cotton textiles by plasma-induced graft-polymerization (PIGP). 2006. 201(6): p. 2599-2610.

10. Levalois-Grützmaier, J., et al. Multifunctional coatings on fabrics by application of a low-pressure plasma process. in International Conference on Plasma Surface Engineering. 2012.

11. Nguyen Thi, H., et al., Application of Plasma Activation in Flame-Retardant Treatment for Cotton Fabric. 2020. 12(7): p. 1575.

12. Ngo, H.-T., K. Vu Thi Hong, and T.-B.J.P. Nguyen, Surface Modification by the DBD Plasma to Improve the Flame-Retardant Treatment for Dyed Polyester Fabric. 2021. 13(17): p. 3011.

13. Kariuki, N.D., et al., Clothing standards compliance assessment: The modeling and application of clothing standards compliance index. 2014. 26(5): p. 377-394.

14. Mokrzycki, W. and M.J.M.G.V. Tatol, Colour difference  $\Delta E$ -A survey. 2011. 20(4): p. 383-411.



## РОЛЯТА НА ИЗПИТВАНИЯТА В ИНОВАТИВНИТЕ ПРОЕКТИ ПРИ ОБОРУДВАНЕ НА ВОЕННОСЛУЖЕЩИТЕ

инж. Десислав П. Беров, д-р инж. Краса К. Костова,  
доц. д-р инж. Петя В. Недялкова  
ИНСТИТУТ ПО ОТБРАНА  
ГР. СОФИЯ 1592, БУЛ. "ПРОФ. ЦВЕТАН ЛАЗАРОВ" №2

## THE PART OF LABORATORY TESTS OF INNOVATION PROJECTS RELATED TO EQUIPMENT OF MILITARY UNITS

eng. Desislav P. Berov, d-r eng. Krasa K. Kostova,  
d-r eng. Petia V. Nedyalkova  
DEFENSE INSTITUTE  
1592 SOFIA, 2 PROFESSOR CVETAN LAZAROV BLVD.

**PREAMBLE (ABSTRACT):** The Armed Forces policy for modernization of all NATO-members countries has founded its practical realization throughout clearly fixed and comprehensive national and international projects. We could say the quality of the procured defense products and systems determines in considerable grube the operational capabilities of military forces. The acquisition projects in their nature are comprehensively founded in national and international projects of the NATO policy to modernize and procure its military units. The quality of the defense products should guarantee operational capabilities of the military units and the individual assurance of soldiers in particularly.

**KEY WORDS:** quality control, accreditation, laboratory tests

Участието на България през последните години с военни контингенти в операции, провеждани в условия на висока и многообразна опасност за живота и здравето на военнослужещите и различни природно климатични условия наложи да се преразгледат изискванията към облеклото и снаряжението на българския военнослужещ. Досега полевите облекла на Българската армия са разработвани инцидентно, при което е допускана голяма доза субективизъм, при изграждането на структурата и дизайна на облеклата. Не са отчитани в пълен обем взаимните въздействия на околната среда и целия комплекс индивидуална бойна екипировка. Необходимостта от качествени дрехи и екипировка с нов имидж и защита налага изработването на тъкани за единна бойна камуфлажна униформа.

Повишените изисквания към оборудването на войника на бъдещето са предпоставка във всички страни, членки на НАТО усилено да се разработват концепции, да се експериментира в областта на оборудването на войника.

Политиката за модернизация и снабдяване на отбранителните формирования на страните, членки на НАТО намира своята практическа реализация чрез точно дефинирани и всестранно обосновани инвестиционни национални и международни проекти, наречени проекти по аквизиция /придобиване/. При това от особено значение е факта, че качеството на постъпващите за нуждите на отбраната продукти определя в значителна степен очакваното удовлетворяване на съответните способности на отбранителните формирования, като цяло и на отделния индивид в частност.

В България тези въпроси се решават посредством Института по отбрана към Министерство на отбраната.

Част от основните задачи решавани от института са:

- участие в подготовката, научното съпровождане и цялостното изпълнение на програми и проекти;
- изпълнение на дейности по осигуряване

на качеството при изпълнение на договори за придобиване на отбранителни продукти;

- извършване на лабораторни изпитвания, контрол на качеството и сертифициране на военна и специална продукция, имущества и други продукти, както и на системи за управление на качеството в съответствие със стандартите и съюзните публикации на НАТО и Европейския съюз.

Изменението на характера на изпълняваните задачи и условията за тяхното реализиране наложиха промяна и в изискванията към облеклото и снаряжението. Нарасналите изисквания към качеството на текстилните материали, използвани за нуждите на Българската армия, определят и налагат задълбочени анализи на техните свойства, което от своя страна е предпоставка да се развият концепции и да се експериментира в оборудването на военнослужещите. Това налага усвояване на високи технологии и търсене на уникални възможности за прилагане на авангардни технологии при разработването на проекти, свързани с униформените облекла, обувни изделия и защитните жилетки за балистична защита за кадровите военнослужещи от Българската армия и Министерството на отбраната. Истинско предизвикателство пред военната наука е разрешаване на противоречие от типа на намаляване теглото на оборудването на войника, като същевременно се повиши степента на неговата защита. Като страна член на НАТО, България има задължението да спазва всички ратифицирани стандартизационни споразумения, включително и тези отнасящи се до полевите облекла, като се запазят в максимална степен типичните елементи на българската военна униформа:

- STANAG 2333 – Техническа и защитна характеристика на бойното облекло;
- STANAG 2138 – Принципи и процедури за войскови изпитвания на бойни облекла и индивидуална екипировка;
- STANAG 4364 – Водостойчиво облекло;
- STANAG 2335 – Взаимозаменяемост на

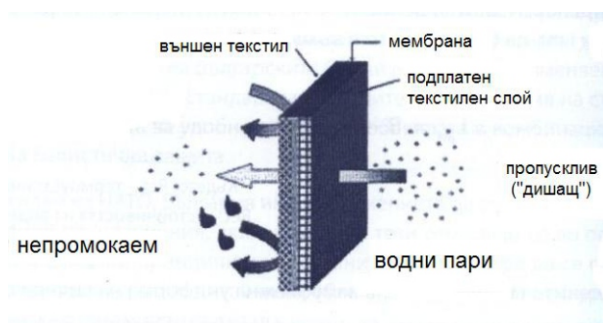
бойните облекла;

- STANAG 4366 – Етикетирание на бойните облекла;

- Съюзна публикация АСРР-1 – Топлоотдаване и физиологична оценка на полевите облекла.

Двуслойните системи текстил или така наречените мембрани са основен елемент в облеклото и обувките за постигане на добра паропропускливост и водоустойчивост. Водонепромокаемите, мембранирани, дишащи тъкани представляват многослойни текстилнополимерни системи, които осигуряват висока хидрофобност на изработените от тях изделия като заедно с това запазват „дишането” и комфорта на потребителя, като пропускат влагата и потта му навън (фиг.1). Мембраната е изключително тънка и лека, но има голяма химична и механична издръжливост, затова издържа на сравнително големи натоварвания. Тя притежава около 1,4 милиарда микроскопични пори на всеки квадратен сантиметър. Тези пори са около 20 000 пъти по-малки от водната капка, но същевременно 700 пъти по-големи от молекулата на водната пара. Именно затова водата не може да премине през изделието, но парата /потта/ се отстранява безпрепятствено.

Мембраната не позволява проникването на вода дори и при екстремни ситуации и поддържа тялото и краката продължително сухи дори и при непрекъсващ дъжд. Решаващо за качеството на готовия продукт е всички шевове да са подлепени, за да не прониква вода през тях.



Фиг. 1

Като цяло от физиологична гледна точка качеството на мембранираната тъкан, е толкова по-високо, колкото е по-ниско съпротивлението на паропреминаване -Ret, следователно е по-добро изпарението на потта от човешкото тяло (така наречената „дишаемост” на ламинираната тъкан) и е по-голям комфорта при неговото носене.

За оценяването на мембранирани тъкани за защитно облекло са приложими разработените от Hohenstein Institute – Германия критерии:

$6 < Ret \leq 13 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$  - добра

$13 < Ret \leq 20 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$  - задоволителна

$Ret > 20 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$  - незадоволителна

В таблица 1 са дадени обобщени стойности за съпротивление на паропреминаване Ret за някои ламинирани тъкани, при които е използвана различен вид мембрана, получени при лабораторни тестове

Таблица 1.

Вид мембрана	Съпротивление на паропреминаване Ret
PU (полиуретанова) мембрана	$5,0 < Ret < 14,0 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$
PTFE (политетрафлуоретиленова) мембрана	$4,0 < Ret < 15,0 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$

За някои ламинати стойностите за Ret могат да надвишават посочените, тъй като влияние оказват степента на запълване на тъканта (текстила) и начина на нанасяне на свързващото вещество.

В тях са заложили основни принципи и изисквания, които следва да се спазват както при разработването на структурата и дизайна на облеклата, така и при осигуряването на определени хигиенни и ергономични свойства.

Управлението на качеството в иновативни проекти по придобиване на бойна екипировка за нуждите на отбраната може да се разглежда като процес.

Процесния модел представя и обяснява специфичните изисквания на системата за управление на качеството в иновативните проекти за нуждите на отбраната. Основен

документ по проблемите на качеството е стандартът ISO 10006:2003 „Управление на качеството. Указания за качество при управление на проектите”.

В отговор на важността на проблема „качество” в международната организация по стандартизация ISO, европейските и националните организации за стандартизация, структурите за стандартизация на НАТО и националните органи за военна стандартизация са създадени редица документи, касаещи този проблем.

Трябва да се отбележи, че един отделен проект може да бъде част от структурата на по-голям проект, в някои проекти целите се усъвършенстват и характеристиките на продукта се определят в процеса на развитие на проекта, резултата от проекта може да бъде една или няколко единици от продукта.

В зависимост от спецификата на решаваните задачи в основата на политиката по качество на НАТО е поставено разбирането, че управлението на качеството е непрекъснат, интегриран процес, който е основан на концепциите, свързани с:

- фазите на жизнения цикъл;
- процесите и участниците в него;
- системата за управление, осигуряване и подобряване на качеството;
- процесите, свързани с проектиране, разработване, внедряване в производството и производство на самите продукти;
- процесите по управление на проектите при тяхната реализация.

Процесът на управление на качеството е процес, който може да бъде приложен към всички процеси по време на целия жизнен цикъл, като бъде насочен към управление на изпълнението на процесите и тяхното подобряване, както е необходимо. Този процес включва планиране, преглед, одит, измерване и наблюдение, проверка, потвърждаване, коригиращи и превантивни действия. Разходите по осигуряването и гарантирането на задоволително качество трябва да се балансират спрямо разходите от очакваните загуби, които биха могли да бъдат

понесени, ако не бъде постигнато задоволително качество.

Специфичен процес е доказване способността на организацията постоянно да произвежда продукт, съответстващ на изискванията и приложимите нормативни изисквания.

Класически процес е увеличаване удовлетвореността на клиентите чрез ефективно приложение на система, включваща процеси за непрекъснато подобряване и осигуряване на съответствие с изискванията на клиентите и приложимите нормативни изисквания.

Изпитванията имат важната задача да се проверят свойствата на продуктите както в процеса на разработването така и при доставката на отбранителни продукти.

В Института по отбрана тези дейности са възложени на лабораториите за изпитване и измерване и в частност в областта на тиловите имущества на Централна изпитвателна лаборатория за тилови имущества (ЦИЛ за ТИ), със сертификат за акредитация, издаден от ИА БСА, съгласно изискванията на БДС EN ISO/IEC 17025:2018.

ЦИЛ за ТИ има изградена, поддържана, развита и функционираща система за управление. Разполага с високо квалифициран, обучен професионално технически персонал, който удовлетворява всички изисквания на БДС EN ISO/IEC 17025:2018 за компетентност, познаване на методите за изпитване, опит и рутинна за коректното им прилагане.

Изпитванията на отбранителни продукти са основния способ да се оцени съответствието им с изискванията на потребителите в Министерството на отбраната и структурите свързани с отбраната на страната. Те се извършват през жизнения цикъл на отбранителни продукти, при спазване на принципите за прозрачност и проследимост в изпълнението на процедурите по изпитване, обективност и достоверност на резултатите.

Акредитацията е жизнено важна за

правилното действие на прозрачен пазар, ориентиран към качеството. Атестатът, издаден на изпитвателната лаборатория е признание за нейната компетентност. Той е документ, пораждащ доверие.

То се основава на гарантирано спазване на следните изисквания:

- безпристрастност, независимост и безупречност;
- управлението, организацията, разпределението и отговорностите на експертния състав и квалификацията;
- помещенията и техническите средства са с гарантирана защита на околната среда и на персонала;
- има документирани политиката и процедурите за поддържане на техническите средства, като строго се следи за тяхното калибриране;
- методите и процедурите за изпитване се актуализират при всяка промяна на стандартите за изпитване или на нормативните документи;
- изградена е система за управление, въведен и действащ Наръчник по качеството;
- протоколите от изпитванията ясно и недвусмислено представят получените резултати.

Въпреки сложния глобален пазар, потребителите имат увереност в качеството на закупените продукти и услуги, чрез последователно прилагане на високи стандарти, прецизни измервания и изпитвания, извършени в съответствие с най-добрите практики. За това акредитацията е важен инструмент при вземане на решения, управление на риска, ограничаване неуспешните продукти и предоставя рамка за иновации.

От всичко изложено до тук можем да направим извода, че организацията, управлението, всеотдаването и провеждането на изпитвания на отбранителни продукти има съществено значение за реализиране на проектите за удовлетворяване на потребностите на Министерството на

отбраната, с отбранителни продукти съответстващи на целите и задачите, както в процеса на разработването, така и при организиране на доставките и в процеса на експлоатацията им в хода на целия жизнен цикъл. Важна роля за успешното реализиране на проектите по аквизиция /придобиване/ има всеобхватното и пълноценно прилагане на политиката по качество на НАТО, базираща се на разбирането, че управлението на качеството е непрекъснат процес, произтичащ през целия жизнен цикъл на отбранителните продукти и системи. Нейната практическа реализация води до провокиране на предизвикателствата за отбранителната промишленост, акцентиращи върху дейностите по планиране, управление, осигуряване и подобряване на качеството, както на процесите свързани с проектирането, разработването и производството на самите продукти, така и на процесите по управление на проектите при тяхната реализация.

#### Литература:

1. БДС EN ISO/IEC 17025:2018 – Общи изисквания относно компетентността на лабораториите за изпитване и калибриране.
2. AQAP 2000 „Политиката на НАТО за интегриран системен подход към качеството през жизнения цикъл”, 2003 г.
3. ISO 10006 -Управление на качеството. Указания за качество при управление на проектите.

## ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ШЕВА НА МОТОРЕН КОСТЮМ

Горан Дембоски, Ружица Стевковска Стояновска

## SEAM PERFORMANCE OF MOTORBIKE SUIT

**Goran Demboski, Ruzica Stevkovska Stojanovska**

*University "Ss.Cyril and Methodius", Faculty of Technology and Metallurgy,  
Department of textile engineering, Skopje, North Macedonia  
goran@tmf.ukim.edu.mk*

### **Abstract**

According findings, the motorcycle is the automobile industry's fastest-growing product globally. Wearing the appropriate personal protective equipment is mandated in many countries to promote motorcyclists safety on the road, since it is essential for their protection and helps to reduce the risks and severity of injuries. The European Standard EN 13595 for "Protective Clothing for Professional Motorcycle Riders" was created and established in 2002. Recently, new standard EN 17092 has been developed, as complement to the EN 13595, which provides improved seams motorcyclists suit. The objective of the paper is to evaluate the performance of various seam types of motorbike suit. The seams investigated are of class 1 and class 5 and the fabrics applied are Kevlar and Coolmax. The results show that seam construction, and combination of fabric and thread properties, influences mechanism of seam failure and seam strength.

**Keywords:** seam, breaking strength, motorbike suit

## Introduction

Motorcyclists' protective clothing, like trousers, jackets, one and two-piece suits, have intention to provide some amount of security and protection to driver, without significantly reducing its ability to control and master the motorcycle. Therefore, this type of garment is designed to provide competent protection during a fall from a motorcycle or another accident on the road. Certainly, it should be clear that no protective garments could offer complete protection against all types of injuries [1]. Recent investigations claim that motorcycles are one of the fast growing goods in automobile sector worldwide. However, there has been substantial growth in the motorcyclist accidents rate. Some studies of motorcycle crash accidents, found that riders wearing protective clothing spent less time in hospital, than those who do not. In addition, the protected riders are 40% less likely to have suffered a permanent physical disadvantage [2]. Because the motorcyclists often suffer serious injuries in accidents, manufacturing competent protective clothing without impairing mobility while riding is of essential importance [3]. This garment acts as an obstacle between the biker's skin and tarmac surface [4] and in at best it can decrease or prevent hurting soft tissue and at the same time, the risk of complications and infections. The reality is that almost half of world's fatal traffic injuries are related to these unprotected drivers, together with pedestrians and cyclists [5].

One of the most used material for protection is Kevlar, which is aramid fibre, famous for its ballistic properties, heat resistance, high tensile strength, resistance to abrasion, cuts and punctures. It is a very strong fibre, created by DuPont and invented by Stephanie Kwolek in 1965 [6, 7]. Kevlar is relatively light material, which does not melt, able to withstand chemical hazards [8, 9]. In addition, frequently used material in motorbike garments is Coolmax

fabric (blend of Polyester fibres), which offers breathability and moisture management, making it an excellent option for consumers looking for the most possible comfort [8].

The manufacturing of high quality clothing is the result of several combinations: design, style, choice of fabrics, patternmaking, sewing and successful finishing [10]. From all of various assembling methods for joining the textile fabrics, stitching is the most frequent used, as it is easy to apply, flexible, cheap and suitable for most applications [11,12]. The characteristics of a properly constructed seam are: strength, elasticity, durability, stability and appearance, which depend on seam type, stitch density, the thread tension and the thread and fabric properties [12]. Because seams hold the pieces of fabric together in a garment, they must be strong enough to maintain this attribute even under extreme conditions, where the garment is subjected to loads or other internal or external forces [13]. The inappropriate choice of stitch or seam type can cause a failure at garment seams [14]. Lock stitch is very common stitch type that can be used for woven and knitted fabrics. It has low thread consumption and it is very secure [11].

Generally, in order to improve the motorcycle safety, many countries mandate the wearing of personal protective equipment. In addition, several standard have been developed aiming to increase safety: EN 13595:2002, EN 13594:2015 and EN 17092:2020. These standards are generally suitable to define the necessary degree of protection in different garment areas. Several studies have investigated the outcome of usage of protectors for motorcyclists [15-17]. The study of Memon *et.al.* confirmed that Kevlar woven & knitted with a combination of 50% polyethylene fibers shows higher damage resistance, favouring its use for sportswear application [18].

The objective of the paper is to evaluate the performance of various seam types of motorbike suit. The first seam is of class 5, sewn

through three layers of knitted fabrics (Coolmax-Kevlar-Coolmax) employing lockstitch stitch type 301 and the second is seam of class 1, employing overlock safety stitch (401.504) for joining two pieces (Coolmax-Kevlar).

## Experimental part

### Materials and methods

Breaking strength analysis is performed on two different seam types of motorbike suit. The first seam is 5.01.01, stitch type 301 (lockstitch), sewn through three layers of knitted fabrics (Coolmax-Kevlar-Coolmax). The second seam is type 1.01.02, stitch type 401.504 (overlock safety stitch). The second seam joins two pieces consisting of two fabric layers (Coolmax-Kevlar). Stitch type 301 is formed of two threads, needle and bobbin thread. Stitch type 401 is also created of two threads, needle and looper thread, while stitch type 504 is created from three threads [19, 20, 21]. The construction of the stitch types 301, 401 and 504 is depicted in fig 1. The configuration of investigated seam types is shown in fig. 2.

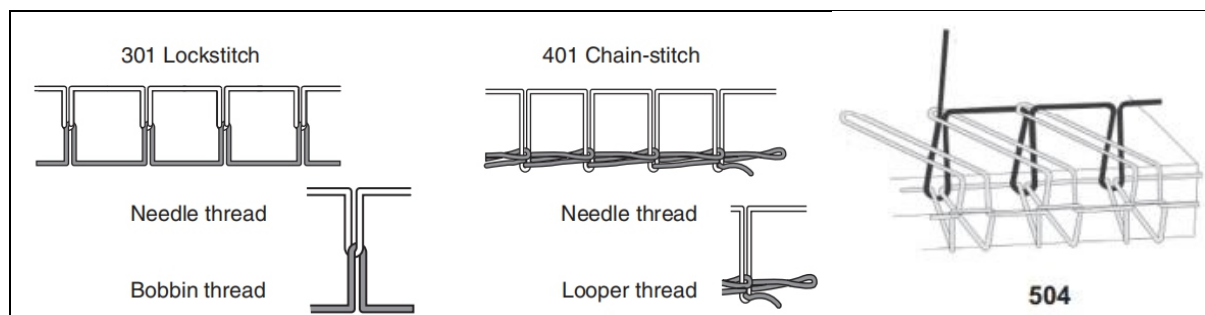


Figure 1- 301 Lockstitch, 401 Chain-stitch and Overedge chainstitch 504



Fig. 2. The configuration of seam types tested

The seam strength is defined as a load required for seam failure. The failure of the seam could be the result of the fabric break, the thread break and breaking the fabric and thread [23]. Beside strength analysis of the seams, the breaking strength of the fabrics was also tested.

### Methods, apparatus and standards

The newest published standard for seam strength analysis - EN 17092:2020, defines the basic performance requirements advised as essential for motorcyclist's protective garments. As the majority of motorcycle clothing on the market has previously not been certified for seam strength achieving this standard should see an improvement in seams [24]. Still, in this research, the used method for seam strength analysis was according to the standard MKC EN 13594:2016 (standards



for testing motorcycle gloves, since the method is the same), since it was requested by the client. Three individual test pieces of each seam and joins are tested and the mean value calculated. The test involves pulling a seam apart using a tensile testing machine and measuring the force for the break to occur. Tensile testing machine (CRE machine) having rate of traverse of 100mm/min. The jaws clamping distance is 30mm and the seam width 25mm. Tinius Olsen, L-series tensile testing machine was used for testing.

The fabric tensile strength was tested according EN ISO 13934-1 Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method. Five samples from each fabric in both direction are cut in 20 cm length and 5 cm width. The fig. 3 shows the testing. The mass per unit area was determined using the standard test methods for Mass per unit area (weight) of fabric D 3776-96.

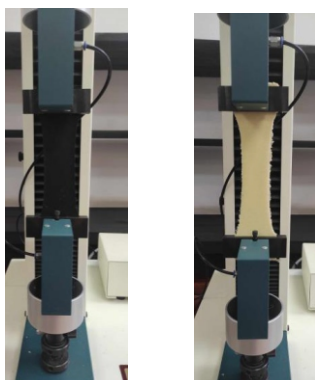


Fig. 3 Tensile testing motorcycle suit materials

**Results and discussion**

The fabric tensile properties were analysed in both principal directions. It is noticeable that Kevlar fabric show higher strength than Coolmax. Also, the Kevlar fabric obtains higher strength in transversal direction. Coolmax fabric shows greater anisotropy and its longitudinal strength is almost three times higher than transversal one. All the fabric

during testing were broken in the jaws.

Table 1. Fabric strength and weight

Fabric Type	Coolmax		Kevlar	
	MD	CD	MD	CD
Weight [g/m <sup>2</sup> ]	140		260	
Force [N]	564	221	607	653
Extension [%]	92.6	236	132	141

The results of seam strength testing are presented in Table 2.

Table 2. Seam strength of tested seam types

Seam type	5.01.01	1.01.02	
Stitch type	301	401	504
Force [N]	526.3	210.6	258.6
Elongation [%]	211.8	150.1	217.7
Extension [mm]	63.6	45.1	65.3
Seam strength [N/mm]	21.1	8.4	10.3

The values for seam strength are calculated by dividing the breaking force with the width of the tested seam. The seam type 5.01.01 remains undamaged during testing (thread did not break) and the maximum force represents breaking of the fabrics fig 4.

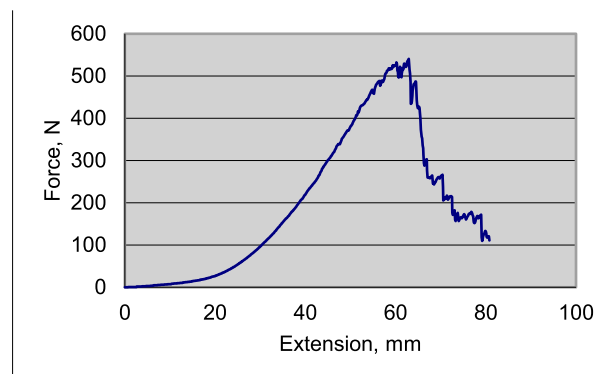


Fig. 4. Force extension curve of the seam type 5.01.01

The force extension curve of the seam type 1.01.02 testing shows quite different behaviour (fig. 5). There are two peaks in the force extension graph: the first peak is breaking of the stitch 401 i.e. the first part of the safety seam and the second peak is breaking the overlook stitch 504, which is second part of the seam. The results is solely attribute to mechanism of seam break, where the seam failure is just the result of sewing thread break. During testing, the thread starts to break and practically gets out of the fabric. The fabric in the seam remains undamaged.

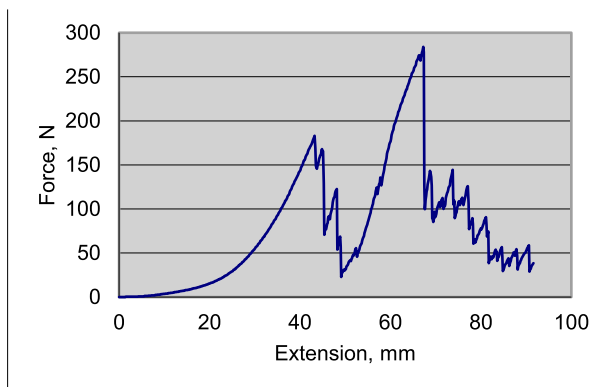


Fig. 5. Force extension curve of the seam type 1.01.02

The seam 5.01.01 type shows excellent performance in terms of safety, comparably to the highest range for AAA class in the first zone, according to the standard EN 17092. The strength of the seam 1.01.02 is within the limits of the standard for different zone and class. Because the performance of the seam 1.01.02 is a result only of sewing thread strength, the performance of this seam can be additionally improved by application of stronger sewing thread.

## Conclusion

The basic element of garment quality are the stitches and seams, especially for the motorbike garments, which should protect the biker in case of traffic accident. Various types of garments have specific seam strength

requirements, which are affected by factors, such as: fabric mechanical properties, sewing thread type and construction, sewing machine tension, sewing needle type, stitch and seam types and stitch density. When buying protective biker clothing, it is important to ensure that the product has been tested according recognized standards on tear, bursting, impact, and abrasion.

The results of seam testing of two different seam types has shown that seam construction greatly influences seam strength. The results of 1.01.02 seam strength testing shows composition of two peaks, which is result of seam failure mechanism directly due to thread break. The first peak depicts breaking of the 401 stitch and the second 504 stitch. The seam having stitch 504 has 23% higher strength than 401, because the different thread configuration in the stitch. Since the fabric in the seam is composed of very strong fibre, it remains undamaged during testing.

## References:

- [1] Slovenski Standard, SIST EN 17092-3:2020, Protective garments for motorcycle riders - Part 3: Class AA garments - Requirements. EN 17092-3:2020. 01-maj-2020.
- [2] CSIR- Central Leather Research. Protective Apparel for Bikers. The leather post. Vol.4, Edition 2, 2019.
- [3] Bollschweiler, N., Marzen, S., Ehrmann, A. New Method to Measure Abrasion of Motorcyclist Protective Clothing. Short Scientific Article. *Tekstilec*, 2018, 61(3), pp.152-161
- [4] Gayathri, N., Palani, R. T. Review on the performance characteristics and quality standards of motorcycle protective clothing. *Journal of Industrial textiles*. Vol. 51(5S), 2022, 7409S–7427S. [sagepub.com/journals-permissions](https://sagepub.com/journals-permissions) DOI : 10.1177/15280837211057578
- [5] Araujo, M.I, Illanes, E., Chap, M. E.,

Rodrigues, E. Effectiveness of interventions to prevent motorcycle injuries: systematic review of the literature. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 2017, 24(3), 406–422, doi: 10.1080/17457300.2016.1224901

[6] <https://www.moto-lounge.dk/blogs/moto-lounge-blog/what-is-kevlar-and-why-or-not-it-is-important-in-motorcycle-clothes>

[7] Meghan, S. Kevlar vs. UHMWPE: What's the Difference? June 01, 2023, see: <https://greatlakesupplyco.com/blogs/articles/difference-between-kevlar-and-uhmwpe-for-motorcycle-protection>

[8] Overcoming Aramid Fabric Limitations: Erez's Breakthrough in Product Development. Coating. Jun, 20, 2023, see: <https://erez-therm.com/kevlar-fabric/>.

[9] Mohit, H., Karthik Babu, N. B., Atul Sasmita, B. and Suresh, N. S. *Applications of Kevlar Fabric Composites In: Natural/Inorganic Fillers*, Editors: Mohit, H. K., Nivedha, B. and Ashok, M. ISBN: 978-1-68507-864-5 © 2022 Nova Science Publishers, Inc.

[10] Demboski, G., Jankoska, M. Seam Pressing performance. *Tekstilna Industrija*, Vol. 70, No 1, 2022. DOI: 10.5937/tekstind2201047D.

[11] Kara, S. Effects of different stitch types and stitch combinations on the seam bursting strength and seam strength of workwear. *Tekstil ve Konfeksiyon* 32(2), 2022, 146-154.

[12] Rostam, N., Saeed, S. N., Seyed, M. E. and Albert, M. M. Seam slippage and seam strength behavior of elastic woven fabrics under static loading. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* Vol. 39, September 2014, pp. 221-229

[13] Joy, S., Md. Abdullah, A. F and Moni, S. M. Modeling the seam strength of denim garments by using fuzzy expert system. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* Vol.16: 1–10, 2021 DOI: 10.1177/1558925021988976

[journals.sagepub.com/home/jef](https://journals.sagepub.com/home/jef)

[14] Akter, M. and Khan, M.R. The Effect of Stitch Types and Sewing Thread Types on Seam Strength for Cotton Apparel. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(7), 2015, pp.198-205. ISSN 2229-5518

[15] Albanese, B., Gibson, T., Whyte, T., Meredith, L., Savino, G., De Rome, L., Baldock, M., Fitzharris, M., Brown, J. Energy attenuation performance of impact protection worn by motorcyclists in real-world crashes. *Traffic Injury Prevention*, 2017, doi: 10.1080/15389588.2017.1311014.

[16] Ekmejian, R., Sarrami, P., NayLor, J. M., Harris, I. A. A systematic review on the effectiveness of back protectors for motorcyclists. *Scandinavian Journal of Trauma Resuscitation Emergency Medicine*, 2016, 24, 115, doi: 10.1186/2Fs13049-016-0307-3.

[17] Giustini, M., Cedri, S., Tallon, M., Roazzi, P., Formisano, R., Pitidis, A. Use of back protector device on motorcycles and mopeds in Italy. *International Journal of Epidemiology*, 2014, 43(6), 1921–1928, doi: 10.1093/ije/dyu209.

[18] Memon, A.A., Peerzada, M.H., Sahito, I.A., Abbassi, S., Jeong, S.H. Facile fabrication and comparative exploration of high cut resistant woven and knitted composite fabrics using kevlar and polyethylene. *Fashion and Textiles*, 2018, 5:1-11.

[19] Gurarda, A. Seam Performance of Garments. *Textile Manufacturing Processes. In Tech Open*. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.86436>

[20] Fan, J. and Hunter, L. *Engineering apparel fabrics and garments*. Woodhead Publishing Limited, Durability of fabrics and garments, 2009.

[21] Colovic, G. Sewing, stitches and seams in book: *Garment Manufacturing Technology*. Editors: Rajkishore, N. and Rajiv, P. Woodhead Publishing Series in Textiles. 2015, Pages 247-273

[22] Mert, A., Ayça, G., Kenan, Ç. E. Investigation of Seam Performance of Chain Stitch and Lockstitch Used in Denim. Article in *Tekstil ve Mühendis*, 2019. DOI: 10.7216/1300759920192611506

[23] Bhavesh, R., Madhuri, K., Sujit, G., Sudhir, M. and Raichurkar, P.P. Trends in Textile Engineering & Fashion Technology. Effect of Sewing Parameters on Seam Strength and Seam Efficiency. Vol.4, Issue1, 2018. ISSN 2578 - 0271, DOI: 10.31031/TTEFT.2018.04.000577

[24] New motorcycle clothing standard (Pt 4) . 24.04.2020, see: <https://www.webbikeworld.com/new-motorcycle-clothing-standard-pt-4/>

[25] Tarikul, I., Md. Rahid M., Shadman, A. K., Md. Rasel, H. and Md. Atikur, R. Effect of seam strength on different types of fabrics and sewing threads. *Research Journal of Engineering Sciences*, ISSN 2278 – 9472, Vol. 7(2), 1-8, February 2018

### EDITORIAL BOARD

Assoc. Prof. Ivelin Rahnev, PhD, Editor in Chief    Assoc. Prof. Maria Spasova, PhD, IP - BAS, Sofia, technical editor

Prof. Hristo Petrov, PhD, TU - Sofia  
 Prof. Andreas Charalambus, PhD, TU - Sofia  
 Prof. Snezhina Andonova, PhD, SWU - Blagoevgrad  
 Prof. Radostina A. Angelova, DSc, TU - Sofia  
 Prof. Zlatina Kazlatcheva, PhD, FTT - Yambol  
 Assoc. Prof. Desislava Grabcheva, PhD, UCTM - Sofia  
 Assoc. Prof. Stela Baltova, PhD, IBS - Botevgrad

Assoc. Prof. Anna Georgieva, PhD, UCTM - Sofia  
 Assoc. Prof. Kapka Manasieva, PhD, VFU - Varna  
 Assoc. Prof. Rumen Russev, PhD, FTT - Yambol  
 Assoc. Prof. Krasimir Drumev, PhD, TU - Gabrovo  
 Assoc. Prof. Ivelina Vardeva, PhD, CNSYS – Sofia  
 Dr. Nezabravka Popova-Nedyalkova, NBU - Sofia  
 Dr. Nikolay Bozhilov, NAA – Sofia

### FOREIGN SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Jean-Yves Drean, DSc, UHA-ENSISA-LPMT, Mulhouse, France  
 Prof. A. Sezai Sarac, DSc, TU-Istanbul, Turkey  
 Prof. Dr. Yordan Kyosev, DSc, TU-Dresden, Germany  
 Prof. Goran Demboski, PhD, U "Ss. Cyril and Methodius" - Skopje, N Macedonia  
 Assoc. Prof. VU Thi Hong Khanh, PhD, HUST - STLF, Vietnam  
 Prof. Saber Ben Abdessalem, PhD, ENI-Monastir, Tunisie

### INFORMATION FOR AUTHORS

#### RULES FOR DEPOSITING AND PUBLISHING ARTICLES

**Submission of a manuscript** should be addressed to the Editorial Office via e-mail (textilejournal.editor@fnts.bg), the paper should be written in Bulgarian from Bulgarian authors and in English (working language) for foreigners.

**Copyright Transfer Agreement** must be signed and returned to our Editorial Office by mail, fax or e-mail as soon as possible, after the preliminary acceptance of the manuscript. By signing this Agreement, the authors warrant that the entire work is original and unpublished, it is submitted only to this journal and all the text, data, Figures and Tables included in this work are original and unpublished and have not been previously published or submitted elsewhere in any form. Please note that the reviewing process begins as soon as we receive this document. In the case when the paper has already been presented at a conference, it can be published in our magazine only if it has not been published in generally available conference materials; in such case, it is necessary to give an appropriate statement placed in Editorial notes at the end of the article.

#### General style and layout

**Volume of a manuscript** submitted should not exceed 12 standard journal pages in single column (3600 characters page), including tables and figures. Format is MS Office Word (normal layout). The editors reserve the right to shorten the article if necessary as well as to alter the title.

**Title of a manuscript** should not exceed 120 characters.

**Full names and surnames of the authors**, as well as full **names of the authors' affiliation** – faculty, department, university, institute, company, town and country should be clearly given. Corresponding author should be indicated, and their e-mail address provided.

**Abstract of a manuscript** should be in English and no longer than one page.

**Key-words** should be within 4-6 items.

For papers submitted in English (any other working language), the authors are requested to submit a copy with a title, abstract and key words in Bulgarian.

**Figures** and illustrations with a title and legend should be numbered consecutively (with Arabic numerals) and must be referred in the text. Figures should be integrated in the text with format **JPG at 300 dpi minimum**, and in **editable form**.

**Tables** with a title and optional legend should be numbered consecutively and must be referred in the text.

**Acknowledgements** may be included and should be placed after Conclusions and before References.

**Footnotes** should be avoided.

**References (bibliography)** should be cited consecutively in order of appearance in the text, using numbers in square brackets, according to the **Vancouver system**.

UDC

CONTENTS

- 
- 678 EXTILE MATERIALS WITH SENSORY PROPERTIES AND PHOTODYNAMIC  
ACTIVITY, Topic No: 1/6, Modification of textile materials  
Desislava Staneva, Ivo Grabchev..... 1  
<https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.00001.01>
- 678 STUDY ON THE APPLICATION OF DBD PLASMA IN FLAME RETARDANT  
TREATMENT FOR DYED COTTON FABRICS  
Vu Thi Hong Khanh, Nguyen Kim Thu, Nguyen Thi Hang, Nguyen Mau Tung..... 12  
<https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.00001.02>
- 677 THE PART OF LABORATORY TESTS OF INNOVATION PROJECTS RELATED  
TO EQUIPMENT OF MILITARY UNITS  
Desislav P. Berov, Krasa K. Kostova, Petia V. Nedyalkova..... 21  
<https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.00001.03>
- 687 SEAM PERFORMANCE OF MOTORBIKE SUIT  
Goran Demboski, Ruzica Stevkovska Stojanovska..... 26  
<https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.00001.04>
- 

**Subject area.** The papers reflect developments and solutions in textile science and practice. They refer to one of the UDC topics:

- 33** Economics. Economic sciences.
  - 377** Special Education. Vocational education. Vocational schools.
  - 378** Higher Education / Higher Education Institutions.
  - 677** Textile Industry. Technology of textile materials.
  - 678** Industry of High Molecular Substances. Rubber industry. Plastic industry.
  - 687** Tailoring (apparel) Industry.
  - 745/749** Applied Art. Art Crafts. Interior. Design.
  - 658.512.23** Artistic design (industrial design).
- 

**Address:** Bulgaria, 1000 Sofia, 108 G. S. Rakovski str., room 407, tel. +359 2 980 30 45  
e-mail: [textilejournal.editor@fnts.bg](mailto:textilejournal.editor@fnts.bg)  
[www.bgtextilepublisher.org](http://www.bgtextilepublisher.org)

ISSN 1310-912X (Print)  
ISSN 2603-302X (Online)

<https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.0001>

**Bank account:**

Scientific Engineering Union of Textile, Garment and Leathers  
VAT identification number: BG 121111930  
Account IBAN: BG43 UNCR 9660 1010 6722 00



Prepress and Printing:  
COMPASS AGENCY Ltd.

venere-1-00252-6/

Основа: 22.6/1 см  
Вътък: 25/1 см  
Сплитка: 8x8; 8 Нищелки

ArahWeave www.arahne.si  
DobbyPro 9.7m E.Miroglio  
localhost.localdomain:arahne 2.6.2023



модел на основа[208]: 8A2B4A2B8A4B4C4B10C10B2A10B10C4B4C4B8A2B4A2B8A94C

A 2/40 Nm 520 S 82398 61K	B 2/40 Nm 520 S 82398 099	C 2/40 Nm 520 S 82398 774
------------------------------	------------------------------	------------------------------

модел вътък[232]: 10a2b4a2b10a4b4c4b12c12b2a12b12c4b4c4b10a2b4a2b10a102c

a 2/40 Nm 520 S 82398 61K	b 2/40 Nm 520 S 82398 099	c 2/40 Nm 520 S 82398 774
------------------------------	------------------------------	------------------------------



**ФНТС**  
**1885**