

ТЕКСТИЛ ОБЛЕКИ

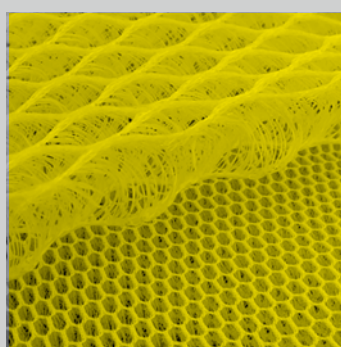
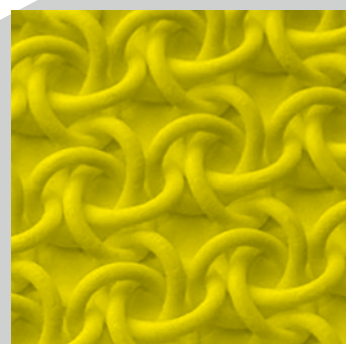
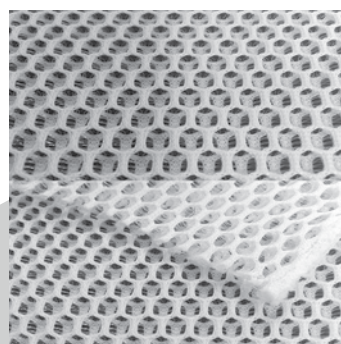
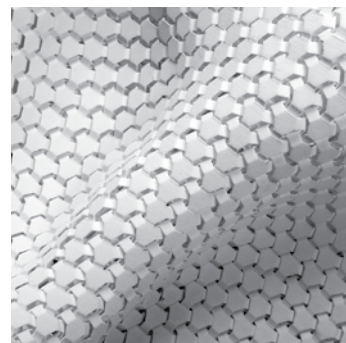
2

2017

год. LXV

TEXTILE AND GARMENT MAGAZINE

НТС
ПО ТЕКСТИЛ,
ОБЛЕКЛО
И КОЖИ



ISSN 1310-912X
www.tok.fnts.bg



Авторски скици
на Маргарита Стойнова
от Технически университет - София.

ТЕКСТИЛ СЪБЛЕКИ

НТС по текстил,
облекло и кожи



БРОЙ 2/2017

Главен редактор:

доц. Ивелин Рахнев, Колеж - Сливен (ТУС)

Assoc. Prof. Ivelin Rahnev, TU - Sofia

Редакционна колегия:

проф. Христо Петров, ТУ - София
проф. Мая Богданова, НХА - София
проф. Росица Бечева, ХТМУ-София
проф. Жан-Ив Дреан, УВЕ - Мюлуза, Франция
проф. Андреас Хараламбус, Колеж - Сливен (ТУС)
доц. Диана Германова-Кръстева, ТУ - София
доц. Ву Ти Хонг Кхан, ХУНТ, Ханой, Виетнам

доц. Анна Георгиева, ХТМУ - София
доц. Златина Казлачева, ФТТ - Ямбол
доц. Снежина Андонова, ЮЗУ - Благоевград
доц. Румен Русев, ФТТ - Ямбол
доц. Стела Балтова, МВБУ - София
д-р Барбара Реста, УБ - Бергамо, Италия
д-р Мария Спасова, ИП-БАН
д-р Незабравка Попова-Недялкова, НБУ - София.

Prof. Hristo Petrov, TU - Sofia
Prof. Maya Bogdanova, NAA - Sofia
Prof. Rossica Betcheva, NAA - Sofia
Prof. Jean-Yves Drean, ENSISA - Mulhouse, France
Prof. Andreas Charalambus, TU - Sofia
Assoc. Prof. Diana Germanova-Krasteva, TU - Sofia
Assoc. Prof. VU Thi Hong Khanh,
HUST - Hanoi, Vietnam
Assoc. Prof. Anna Georgieva, UCTM - Sofia
Assoc. Prof. Zlatina Kazlatcheva, FTT - Yambol
Assoc. Prof. Snezhina Andonova, SWU - Blagoevgrad
Assoc. Prof. Rumen Russev, FTT - Yambol
Assoc. Prof. Stela Baltova, IBS - Botevgrad
Dr. Barbara Resta, University of Bergamo, Italy
Dr. Maria Spasova, IP-BAS, Sofia
Dr. Nezabravka Popova-Nedyalkova, NBU - Sofia

СЪДЪРЖАНИЕ

CONTENTS

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА
МЕХАНИЧНИТЕ СВОЙСТВА НА ТЪКАНИ КОМПОЗИТИ
ОТ ЕСТЕСТВЕНИ ВЛАКНА
Мехмет Карахан, Невин Карахан 30

НАНОМАТЕРИАЛИ И НАНОТЕХНОЛОГИИ
В ТЕКСТИЛНОТО ПРОИЗВОДСТВО И ТЯХНОТО
ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ ЗДРАВЕТО НА ХОРАТА
И ОКОЛНАТА СРЕДА
Василка Пенчева, Стоян Пенчев, Петър Петров 37

ПРИЛОЖЕНИЕ НА 3D ПЕЧАТАНЕТО
В МОДНАТА ИНДУСТРИЯ
доц. д-р инж. Радка Атанасова, Маргарита Стойнова 45

ПРОЕКТИРАНЕ НА ЖЕНСКА НАРОДНА НОСИЯ
ОТ СУКМАНЕН ТИП
Ас. д-р Маргарет СИВОВА 51

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF MECHANICAL
PROPERTIES OF NATURAL FIBER
WOVEN FABRIC COMPOSITES
Mehmet Karahan, Nevin Karahan 30

NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGY
IN TEXTILE PRODUCTION AND THEIR INFLUENCE
ON HUMAN HEALTH AND NATURAL
ENVIRONMENT
Vasilka Pencheva, Stoyan Penchev, Peter Petrov 37

APPLICATION OF 3D PRINTING IN THE
FASHION INDUSTRY
Assoc. Prof. Radka Atanasova PhD, Margarita Stoyanova 45

DESIGN OF FEMALE NATIONAL COSTUME
OF SUKMAN TYPE
Assist. Prof. Margaret SIVOVA, Ph.D. 51

Банкова сметка:

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

www.tok.fnts.bg

ISSN 1310-912X

Адрес на редакцията:

1000 София, ул. "Г. С. Раковски" 108
Address: 1000 Sofia, Bulgaria, 108 G. S. Rakovski str., tel. +359 2 980 30 45
e-mail: textilejournal.editor@fnts.bg

Печат и предпечат:



Агенция Компас ООД

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF NATURAL FIBER WOVEN FABRIC COMPOSITES

Mehmet Karahan and Nevin Karahan

Uludag University Vocational School of Technical Sciences

Görükle-Bursa TURKEY

e-mail: mkarahan@uludag.edu.tr

ABSTRACT

The development of polymer composites containing natural fibers as a sustainable alternative material for certain engineering applications, particularly aerospace and automotive applications, is a popular area of research. In this study, the mechanical properties of flax, jute and jute/carbon woven fabric composites were investigated and compared with those of 3K carbon woven fabric composites. The results of this study demonstrate the utility of natural fibers in composite applications. Furthermore, it is observed that the mechanical properties of natural fibres are significantly affected by changes in temperature. Experimental results prove that the mechanical properties of natural fiber composites are significantly lower than those of carbon fiber composites, but the hybridization of carbon and jute fibers can result in a composite material with enhanced mechanical properties.

Key Words: Natural fiber composites, mechanical properties, impact properties.

INTRODUCTION

The mechanical properties of natural fibers vary greatly with the age of the plant from which they are derived, geographical location, climatic growth conditions, the harvesting method employed, the retting and combing techniques applied, etc. [1], unlike those of synthetic fibers. The variability of these mechanical properties, the compatibility between the matrix and natural fibers and moisture absorption [2] are the principal disadvantages that may prevent the large-scale production of natural fiber composites [3]. The properties of the most widely employed natural fibers, such as flax, hemp, jute, sisal, and kenaf fibers, were studied in previous review articles at the fiber scale [4].

Owing to the adverse effects of composite materials on the environment, their high cost, and other unfavorable properties, researchers have begun to explore natural fiber-based hybrid composites. Hybrid composites, which are obtained by combining synthetic and natural fibers, have been developed to overcome the aforementioned shortcomings. Natural fibers themselves can be treated as composites, which makes them tougher than synthetic fibers; furthermore, appropriately configured high-quality natural fiber-reinforced hybrid composites possess good strength and stiffness values that approximate those of glass

fiber-reinforced composites. It has been observed that the partial replacement of artificial fibers with natural fibers allows for the formation of artificial-natural hybrid composites, which show characteristics intermediate between those of purely natural and purely synthetic fiber-based composites. Indeed, researchers have demonstrated that improved properties can be achieved by hybridizing natural fiber-based composites with glass fibers.

It is clear that, despite the significant advantages of natural fibers, because of their limited mechanical properties, they are not favored for use alone in composite materials to obtain adequate reinforcement in certain applications requiring high mechanical performance [5]. In this case, hybridizing with conventional carbon and glass fibers may lead to better results [6]. Unlike those of synthetic fibers, the mechanical properties of natural fibers show a wide range of variation; therefore, it is particularly critical to determine the properties of these materials in fabric and composite structures because the properties of composite plates can also vary with the properties of yarn and fabric. Thus, the aim of this study was to investigate the mechanical properties of flax, jute and jute/carbon woven fabric composites and compare them with those of 3K carbon woven fabric composites.

MATERIALS AND METHODS

The properties and production parameters of the jute, flax, jute-carbon and carbon woven fabrics and fibers that were used in this study are presented in **Table 1** and **Table 2**. The properties of the jute and flax yarn and fabrics were experimentally determined. All woven fabrics were produced under the same conditions and

with the same weaving machine. The hybrid fabrics were designed to have the same yarn density as 100% carbon fabrics. In the hybrid fabrics, the warp yarns were composed of carbon, whereas the weft yarns were composed of jute. Araldit LY 564 epoxy resin and XB 3486 hardener were mixed in a weight ratio of 100:34 to produce the composite materials.

Table 1

Properties of the woven fabrics used in this study

Reinforcement Definition	Flax fabric	Jute fabric	Jute-Carbon Hybrid fabric	Carbon fabric
Reinforcement Code	R1	R2	R3	R4
Weave type	Plain woven	Plain woven	Plain woven	Plain woven
Number of threads (threads/cm)				
Weft yarn	12	7	6	6
Warp yarn	12	7	6	6
Yarn linear density (Tex)				
Weft yarn	46	230	230	200
Warp yarn	46	230	200	200
Yarn type				
Weft yarn	Ring	Ring	Ring	Filament
Warp yarn	Ring	Ring	Filament	Filament
Yarn definition and composition				
Weft yarn	100% Flax	100% Jute	100% Jute	100% Carbon
Warp yarn	100% Flax	100% Jute	100% Carbon	100% Carbon
Yarn crimp in the fabric (%)				
Weft yarn	5.8	7.7	4.2	0.1
Warp yarn	6.0	6.3	3.0	0.1
Mass per unite area (g/m ²)	120	300	150	210

Table 2

Properties of the fibers used in this study

Parameters	A-38 Carbon*	Flax [1]	Jute [1]
Fiber diameter, μm	7	15-50	40-350
Fiber Young modulus, Gpa	240	27	26.5
Fiber strength, Mpa	3800	500-1500	393-773
Fiber ultimate elongation, %	1.6	2.7-3.2	1.5-1.8
Fiber density, g/cm ³	1.78	1.53	1.3

*: manufacturer data sheet

Table 3

Properties of the composite plates

Sample Code	C1	C2	C3	C4
Reinforcement Type	R1	R2	R3	R4
Fabric Ply Number	12	12	12	24
Stacking direction	0°/90°	0°/90°	0°/90°	0°/90°
Plate thicknesses (mm)	4.93±0.19	10.58±0.11	8.72±0.15	6.32±0.032
Fiber Volume Fraction (%)	43	40	45	52

Composite Production

The fabrics used in the production of the composite materials were cut into 50x50 cm pieces. The end (ends/cm) and the pick count (picks/cm) of the fabrics may have differed from one another. Thus, the fabrics were slightly unbalanced with respect to the total fiber volume content in the warp and weft directions. To balance the warp- and weft-directional fibers in the composite laminate, the fabric layer orientation was alternated when laying the half-ply of samples.

Table 3 shows the main production parameters of the composite samples, such as the ply arrangement,

number of fabric plies and thickness of the composite plates. The vacuum-assisted resin infusion method was used to produce the composite plates. All samples were produced on a glass plate. The samples were held under vacuum to harden for a minimum of 12 hours after resin infusion and were post-cured at 80°C for 4 hours in an oven.

The thicknesses of the finished samples were measured using a caliper. The fiber volume fraction (V_f) was obtained based on the fabric weight and plate thickness as follows:

$$V_f = \frac{n \cdot m}{\rho \cdot h} \quad (1)$$

where n is the number of fabric plies, m is the areal fabric weight, ρ is the fiber density and h is the plate thickness.

The following equations were used to calculate the fiber volume fraction in the warp and weft directions separately for the hybrid composites because the warp and weft yarns were different from one another:

$$m_{\text{warp}} = \frac{\delta_{\text{warp}}}{1000} \cdot \frac{100 + \phi_{\text{warp}}}{100} \cdot T_{\text{warp}} \quad (2)$$

$$m_{\text{weft}} = \frac{\delta_{\text{weft}}}{1000} \cdot \frac{100 + \phi_{\text{weft}}}{100} \cdot T_{\text{weft}} \quad (3)$$

where m_{warp} and m_{weft} are the areal weights of the warp and fill yarns, respectively, δ is the yarn density per meter, ϕ is the yarn crimp percentage and T is the linear density in units of tex. The warp and weft subscripts indicate the yarns in the warp and weft directions, respectively. The fiber volume fractions in the warp and weft directions ($V_{f\text{-warp}}$ and $V_{f\text{-weft}}$) were separately identified as follows:

$$V_{f\text{-warp}} = \frac{n \cdot m_{\text{warp}}}{\rho_{\text{warp}} \cdot h} \quad (4)$$

$$V_{f\text{-weft}} = \frac{n \cdot m_{\text{weft}}}{\rho_{\text{weft}} \cdot h} \quad (5)$$

where ρ_{warp} and ρ_{weft} are the densities of the warp and weft fibers, respectively. The total fiber volume fractions ($V_{f\text{-total}}$) of the hybrid composites were obtained as follows:

$$V_{f\text{-total}} = V_{f\text{-warp}} + V_{f\text{-weft}} \quad (6)$$

Fiber volume fractions calculated for each composite sample are presented in **Table 3**.

Tensile Properties of Composites

Tensile tests of composite samples were performed on an Instron 4505 test device with a crosshead speed of 5 mm/min in accordance with the ASTM D 3039 standard. The samples were cut into 25x250 mm pieces using a water jet, and aluminum end tabs were adhered to the ends of the samples using epoxy glue. A video extensometer was used in the tests as an optical extensometer with a precision of approximately 0.01% strain.

Impact Behavior of Composite

The impact behavior of each composite was evaluated according to (ASTM D256) at room temperature. Izod and Charpy impact tests were used to test the polymeric materials.

In these tests, the calculation of the impact strength and fracture toughness depended on the calculation of the energy required for fracture. The impact strength was calculated based on the following equation:

$$G_c = \frac{U_c}{A} \quad (7)$$

where,

G_c is the impact strength of the material (J/m²),

U_c is the amount of absorbed energy (J), and

A is the cross-sectional area of the specimen (m²).

Fracture toughness, which describes the ability of a material containing a crack to resist fracture can be expressed as

$$K_{Ic} = \sqrt{G_c E} \quad (8)$$

where:

K_{Ic} is the fracture toughness of the material (MPa.m^{1/2}) and

E is the elastic modulus of the material (Mpa).

Water Absorption Properties of Composite

The water absorption properties of samples were determined according to BS EN ISO 62. The samples were cut to dimensions of 10x10 mm. Water absorption tests were conducted by immersing the composite specimens in a deionized water bath at 25 °C until the samples nearly reached saturation. After immersion for 2 and 24 h, the specimens were taken out from the water and all surface water was removed with a clean, dry cloth; the specimens were then weighed. The percentage of water absorption in the composites was calculated by the difference in weight of the samples immersed in water and the dry samples.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Tensile properties of composites

The results of the tensile tests are presented in Table 4, and Figure 1 a-d shows a diagram of stress vs. strain for the warp and weft directions.

Although all samples were produced under the same conditions, the yarn and fiber volume fractions of the natural fiber woven composite structures were determined to be relatively lower than those of the carbon fabric composite due to yarn construction. Gaps between the yarns in the woven structure due to the circular cross-section of the yarns led to the formation of resin-rich areas. Furthermore, the hydrophilic properties of the natural fibers caused more resin to be absorbed between the fibers in the yarns. Therefore, the fiber volume fractions of all samples were normalized to 52% to allow for meaningful comparison of tensile properties between samples. The normalization of the fiber volume fraction was exact for the UD composite along the fiber direction. For the cross-ply or woven composite, the normalization provide only an approximation, neglecting the transverse stiffness of the 90° plies.

In **Table 4**, the values of the Young's modulus and tensile strength are also presented for all samples after being scaled to a total fiber volume fraction of 52%. Scaling the results to the same fiber volume fraction allowed for the trends to be viewed more objectively, as discussed below.

The tensile strengths of the composites in the weft direction ranked as follows, in descending order: sample C4, sample C3, sample C2 and sample C1. The tensile strengths of samples C3, C2 and C1 were 2.36, 2.56 and 4.76 times lower than the tensile strength of sample C4, respectively. The tensile strengths in the

warp direction ranked as follows, in descending order: sample C4, sample C3, sample C2, and sample C1. The tensile strengths of samples C3, C2, and C1 were 2.21 times, 2.29 times, and 4.73 times less than the tensile strength of sample C4, respectively.

Table 4
Experimentally determined tensile properties of composites

Sample	Direction	Young's Modulus (Gpa)	Young's Modulus @52% V_f (Gpa)	Tensile Strength (Mpa)	Tensile Strength @52% V_f (Mpa)	Strain at Failure (%)
C1	Warp	4.85±1.40	5.86±1.40	52.34±4.50	63.29±4.50	1.40±0.15
	Weft	5.17±1.32	6.25±1.32	53.41±6.25	64.58±6.25	1.52±0.12
C2	Warp	6.84±1.84	8.89±1.84	84.74±6.45	110.16±6.45	1.84±0.22
	Weft	7.23±1.91	9.40±1.91	80.34±5.82	104.44±5.82	1.91±0.20
C3	Warp	9.58±1.00	11.07±1.00	97.82±11.50	113.03±11.50	1.03±0.08
	Weft	9.76±1.04	11.47±1.04	95.74±8.15	110.63±8.15	1.04±0.15
C4	Warp	57.84±7.4	57.84±7.4	363.10±12.10	363.10±12.10	0.67±0.02
	Weft	56.72±2.3	56.72±2.3	372.30±15.50	372.30±15.50	0.63±0.02

The samples showed nearly identical properties in the warp and weft directions due to the stacking sequence formed during composite manufacturing; thus, the tensile properties in both directions were quite similar. The strength of the flax-reinforced composite was determined to be approximately 63-64 MPa for 52% V_f , which is very low compared to that of glass- or carbon-reinforced composites.

For the flax-epoxy composite, a serious non-linearity could be observed in the corresponding stress-strain

curve above a certain amount of strain (**Figure 1.a**). It is believed that this behavior is related to the initiation of damage on the flax yarn. The Young's modulus of the flax-epoxy composite was approximately 6 GPa. A non-linearity was observed on the stress-strain curve above 0.5% strain, and the non-linearity increased gradually. The Young's modulus of the composite was 3.1 GPa, thereby decreasing by approximately 48% between 0.5% strain and the ultimate strain.

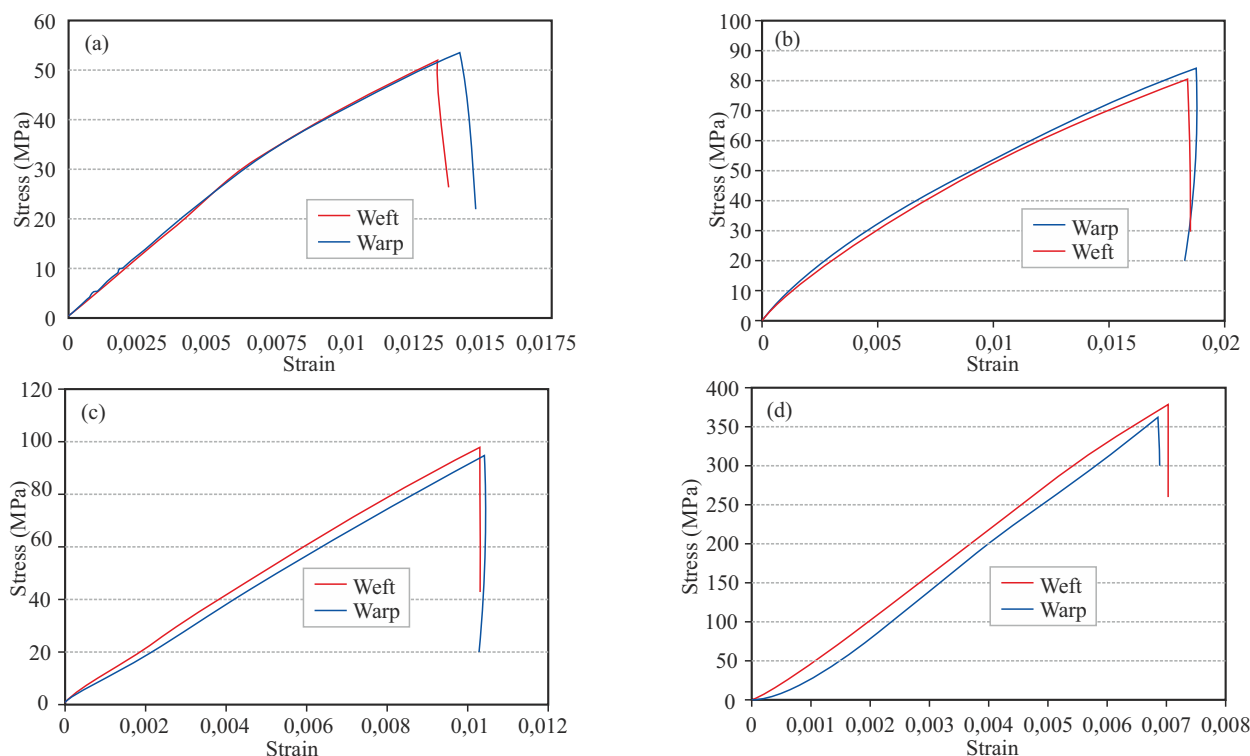


Figure 1 Stress-strain variations for different composite materials:
(a) Sample C1; (b) Sample C2; (c) Sample C3; (d) Sample C4.

The tensile properties of a 100% carbon fiber composite material were measured for comparison with those of the hybrid composites. The tensile strength and Young's modulus of the carbon fiber composite are shown at **Table 4**. Furthermore, the corresponding stress-strain curve is presented in **Figure 1.d**. Initially, a linear characteristic was observed for the stress-strain response. However, as the load level increased, the curve became non-linear and showed a stiffening effect. This behavior is characteristic of carbon fibers, as indicated in the previous studies [5, 6]

The tensile strength of the carbon fiber composites was 4.7 times higher than that of the flax composites and 2.7 times higher than that of the jute composites. Similarly, the Young's modulus was 8 times higher than that of the flax composites and 5 times higher than that of the jute composites. These findings demonstrate that the mechanical properties of the natural fiber composites are too low and incomparable to those of carbon fiber composites.

The results obtained for the carbon-jute composites were lower than expected. The results gathered in **Table 4**, and the corresponding stress-strain curves are shown in **Figure 1.c**.

The Young's modulus and tensile strength of the carbon-jute hybrid composites were higher than those of the 100% jute composite but still lower than expected. For the carbon-jute hybrid composite, the Young's modulus and tensile strength only increased by approximately 24% and 2.6%, respectively, relative to those of the 100% jute composite. The Young's modulus and tensile strength of the hybrid composite were, respectively, 4.2 times and 2.2 times lower than those of the 100% carbon fiber composite. Similar behavior for carbon-flax composites was reported by Dhakal et al. [7]. However, the tensile strength and Young's modulus can increase to a certain level by hybridizing, which holds for fibers that exhibit similar tensile strengths and Young's moduli. Combining a fiber that has high tensile strength and Young's modulus values with another that has lower strength and modulus values cannot provide the expected hybrid effect. This situation can be attributed to a split in the weak fibers, which eliminates their load-carrying ability. Consequently, it is clear that combining carbon and natural fibers cannot increase the tensile properties of the composites as expected. The slope of the stress-strain curve of C3 (**Figure 1.c**) supports this reasoning: there is no appreciable change in the slope of the stress-strain curve of the hybrid sample.

For natural fiber-reinforced composites, one of the most widely used materials is jute fibers. The results of tensile tests applied to jute-epoxy woven composites are presented in **Table 4**, and the corresponding stress-strain curves for the warp and weft directions are presented in **Figure 1.b**. According to these results, the tensile strength of the jute-epoxy composites was measured to be approximately 110 MPa and the Young's modulus was measured to be approximately 9 GPa for 52% V_f . Compared with those of the flax

composites, the tensile strength and Young's modulus of the jute-epoxy composites were 33% and 42% higher, respectively, for 52% V_f .

It is interesting that when the fabric strength values are compared with those of the composite materials, a serious decrease is observed. This situation can be explained by effect of the higher yarn crimp on the woven structure and the process temperature during composite production. The trend observed for the tensile strength between the dry fabrics and composites is quite different. The formation of the fabric structure may affect the tensile strength when it is in composite form. The structure may change due to factors such as tension and contraction during fabrication, which may not affect the properties of dry fabrics but may affect composites.

Impact properties of composite

The impact energies of the composites ranked as follows, in descending order: sample C4, sample C3, sample C1, and sample C2. The impact energies of samples C3, C1 and C2 were 36%, 58%, and 83% lower than the impact energy of sample C4, respectively. The impact strengths of the composites ranked as follows, in descending order: sample C4, sample C3, sample C2, and sample C1. The impact strengths of samples C3, C2 and C1 were 53%, 72%, and 76% lower than the impact strength of sample C4, respectively.

The strength and fracture toughness measured based on Izod and Charpy tests were calculated using equations 7 and 8. The results are shown in **Table 5**. The impact test results are very similar to the tensile test results. The flax-epoxy composites' impact strength and toughness values were 16% and 27% lower than those of the jute-epoxy composites. The carbon-epoxy composites showed the highest impact strength. Compared to those of the 100% flax-epoxy composites, the strength and fracture toughness were 3.1 and 5.8 times higher, respectively. Furthermore, the carbon-epoxy composites' impact strength and fracture toughness were 2.5 and 4.4 times those of the jute epoxy composites, respectively. These results show that carbon-epoxy composites with a high Young's modulus and strength also exhibit a much higher impact strength than that of natural fibers [5].

By hybridization, the impact strength and fracture toughness of the composites increased by a certain amount. Results prove that by hybridizing, the impact properties increased to a greater degree than did the tensile properties. Therefore, it can be concluded that jute fibers slightly increased the toughness of the composite materials. The jute-carbon hybrid composites' impact strength and fracture toughness improved by 65% and 51%, respectively, compared to those of the 100% jute material. However, the jute-carbon hybrid composite materials' impact strength and fracture toughness were 1.11 and 2.56 times lower, respectively, than those of the 100% carbon fiber composites.

Table 6

Experimentally determined impact toughness, water absorption and density of composites.

Samples	Impact Properties			Water Absorption (%)	
	Impact Energy (J)	Impact Strength (kJ/m ²)	Fracture Toughness (MPa.m ^{1/2})	After 2 h immersion	After 24 h immersion
C1	0.727 ± 0.05	6.291 ± 0.30	177.42 ± 6.92	0.192 ± 0.010	0.499 ± 0.030
C2	0.289 ± 0.05	7.292 ± 0.95	226.43 ± 8.83	0.376 ± 0.025	0.775 ± 0.041
C3	1.101 ± 0.22	12.059 ± 1.05	341.47 ± 3.19	0.200 ± 0.040	0.686 ± 0.035
C4	1.723 ± 0.25	25.843 ± 1.52	1215.8 ± 26.1	0.041 ± 0.018	0.050 ± 0.021

Water absorption

The water absorption of the composites after 24 hours of immersion ranked as follows, in descending order: sample C4, sample C2, sample C3, and sample C1. The water absorption values of samples C2, C3 and C1 were 46%, 52%, and 65% less than the water absorption value of sample C4.

Due to the extremely hydrophilic character of natural cellulosic fibers, the effect of their water absorption properties on their mechanical properties is a common research topic. Although water absorption generally improves mechanical properties such as the tensile strength and Young's modulus of cellulosic fibers in yarn form, water absorption causes a decrease when the fibers are used in composite materials. In composite form, absorbed water diffuses to the fiber-matrix interface and decreases the adhesion force, which causes a serious decrease in the mechanical properties of composite materials.

The water absorption properties of the composites are presented in **Table 6**. The water absorption properties were evaluated according to the differences between the dry weight of the composite materials and their weight after 2 and 24 hours of soaking. According to the results, the natural fiber-reinforced composites exhibited very high water absorption values. The water absorption values of the flax-reinforced composites were 0.19% and 0.49% after being soaked for 2 and 24 hours, respectively. The water absorption values of the jute-reinforced composites were greater than those of the flax-reinforced composites. The water absorption values of the jute-reinforced composites were 95% and 55% greater than those of the flax-reinforced composites after soaking for 2 and 24 hours, respectively.

The water absorption values of the carbon-epoxy composites were very low. Specifically, the values were 3.9 and 8.2 times less than the water absorption values of the flax-reinforced composites after soaking for 2 and 24 hours, respectively. Similarly, the water absorption values of the carbon-epoxy composites were 8 times and 13 times less than the values of the jute composites after soaking for 2 and 24 hours, respectively. The water absorption values were observed to increase with hybridization. The water absorption values of the hybrid composites were 46% and 11% less than those of the jute-reinforced composites after soaking for 2 and 24 hours, respectively. The water absorption values of the hybrid composites were much higher than those of the carbon fiber composites. The water absorption values of the hybrid composites were 3.8 and 11.7 times greater than those of the carbon fiber composites after soaking for 2 and 24 hours, respectively.

It is well known that water absorption has a significantly negative effect on the mechanical properties of composite materials. Thus, such materials would not be suitable for applications that involve direct contact with water.

CONCLUSIONS

In this study, the properties of natural fiber woven fabric

composites were investigated experimentally. The following results were obtained:

- The tensile strength and Young's modulus of jute-epoxy composites were 33% and 42% higher than those of flax-epoxy composites.

- The mechanical properties of carbon-epoxy composites were significantly higher than those of natural fiber composites. However, hybridization with carbon fiber made the hybrid materials stiffer, giving rise to stronger mechanical properties than those of the jute fiber composite samples. This finding demonstrates that the hybridization of carbon and jute fibers can result in a composite material with improved tensile properties.

- The flax-epoxy composites' impact strength and toughness were 16% and 27% lower than those of the jute-epoxy composites. The impact strength and fracture toughness of the carbon-epoxy composites were significantly higher than those of the natural fiber composites. However, the results show that the hybridization of carbon and jute fibers can give rise to significantly improved impact properties.

- The water absorption values of the jute-reinforced composites were 86% and 55% greater than those of the flax-reinforced composite after soaking for 2 and 24 hours, respectively. The water absorption values were observed to increase with hybridization. Due to their remarkable sensitivity to moisture, the natural fibers examined in this study were determined to be easily influenced by environmental effects.

REFERENCES

1. Zini E., Scandola M. Green Composites: An Overview *Polymer composites* 2011; 32(12): 1905-15.
2. Stamboulis A., Baillie C., Peijs T. Effects of environmental conditions on mechanical and physical properties of flax fibers. *Composites: Part A*, 32 (2001), 1105-1115.
3. Peng X., Fan M., Hartley J., Al-Zubaidy. Properties of natural fiber composites made by pultrusion *Journal of Composite Materials*, 46 (2012), 237-246.
4. Dittenber, D.B., Ganga Rao H.V.S., Critical Review of Recent Publications on Use of Natural Composites in Infrastructure. *Composites: Part A*, 43 (2012), 1419-1429.
5. Santulli C and Jeronimidis G. Partial replacement of E-glass fibers with flax fibers in composites and effect on falling weight impact performance. *Journal of Material Science* 40(2005): 3581-3585.
6. Venkateswaran N, Elayaperumal A and Sathiyar GK. Prediction of tensile properties of hybrid - natural fiber composites. *Composites: Part B* 2012; 43: 793-796.
7. Dhakal H.N., Z.Y. Zhang, R. Guthrie, J. MacMullen, N. Bennett, Development of flax/carbon fibre hybrid composites for enhanced properties, *Carbohydrate Polymers* 96 (2013) 1-8.

НАНОМАТЕРИАЛИ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В ТЕКСТИЛНОТО ПРОИЗВОДСТВО И ТЯХНОТО ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ ЗДРАВЕТО НА ХОРАТА И ОКОЛНАТА СРЕДА

Василка Пенчева, Стоян Пенчев, Петър Петров

Институт по електроника "Акад. Емил Джаков" - Българска Академия на Науките

РЕЗЮМЕ

Изключително бързото навлизане на научните достижения и иновативни техники от областта на изследванията на наноматериалите в почти всички съвременни производства, включително и в текстилните производства, провокира освен оправдани интереси, така и редица въпроси относно безопасността им за човека и природата. Като всяка друга нова технология, така и нанотехнологиите се нуждаят от съпровода на мотивирано критично отношение.

Ключови думи: наноматериали, нанотехники в текстила, безопасност

NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGY IN TEXTILE PRODUCTION AND THEIR INFLUENCE ON HUMAN HEALTH AND NATURAL ENVIRONMENT

Vasilka Pencheva, Stoyan Penchev, Peter Petrov

Institute of Electronics - Bulgarian Academy of Sciences

ABSTRACT

A boom of implementation of the scientific achievements and innovative techniques in the area of nanomaterial research is marked in nearly all contemporary productions including textile. Except reasoned interest, it raises a series of inquiries about their safety to human population and the surrounding medium. Like every other novel technology, nanotechnologies require the attendance of motivated critical attitude.

Keywords: nanomaterials, nanotechniques in textile, safety of clothing

ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящата работа е представен анализ на проблемите, които възникват при използването на нанотехнологичните продукти, през всички етапи на изследването, производството и приложението им, като не се пропуска от контрол и безопасността за човешкото здраве и околната среда. Една от препоръките на Европейска агенция за безопасност и здраве, към Европейската комисия, от 2008 г., [1], при работа с наноматериали е свързана с попу-

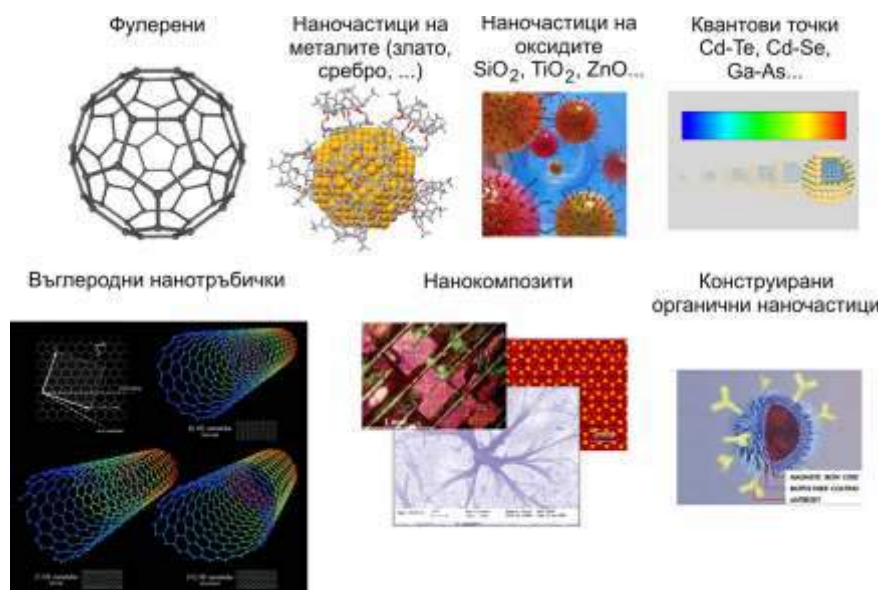
ляризирането на възникващите проблеми при стандартизацията и метрологията в областта на приложение на нанотехнологиите в различни производства и въздействието на наночастиците върху човека и околната среда. За ползата и рисковете от най-използваните наноматериали в съвременния живот, поради все по-честото им присъствие в много потребителски продукти - от многофункционални материали до текстил и неговите приложения за облекла и в потребностите на бита.

Обликът на 21-то столетие, без съмнение, ще се определя от успехите на нанотехнологиите в различните производства и обслужващите ги научни области. Научните достижения през последните десетилетия направиха реалност използването на фулерените, графена, нанометалите (сребро, злато...), наноксидите (SiO_2 , TiO_2 , ZnO ...), нанокмпозитите, квантовите точки (Cd-Te , Cd-Se , Ga-As ...), многообразието от наноконструкции от органически частици (*Фигура 1*) [2].

Нанотехнологиите и техните производни стремително превземат всички сфери на живота. Навлизането на научните достижения и иновативни техники с използване на наноматериали, увеличи неимоверно и възможностите за създаване на популярните интелигентни/ умни/ интерактивни тъкани - (Smart/ interactive textiles - SIT), [3]. Тези материи се оказаха изключително функционални, защото са създадени да чувстват и реагират пасивно или обратимо на стимулиране от разнороден характер: светлинно, механично, термично, химично, електрично, магнитно и др. Основно тяхно качество е, че притежават почти неограничени възможности за стимулирана промяната на цвета си, благодарение на нанодобавките в цикъла на производството и активирането от посочените стимуланти на техните физико-химични свойства.

Научните изследвания и приложенията в областта отварят широко вратата на един нов свят, с неподозирани досега възможности на материята, доказателство за което дава връчената Нобелова награда по физика за 2016 г. на Дейвид Таулес, Дънкан Холдейн и Джей Костерлиц за откритията им, които позволиха по-добро теоретично разбиране на загадките на материята и създадоха нови перспективи за разработване на новаторски материали с екзотични свойства, както се съобщава в комюникето на Нобеловия комитет.

Производството и потреблението на текстил, в широкия им смисъл, като влакна, тъкани, трикотаж, нетъкани материали, в световен мащаб не намалява обема си, дори нараства, пропорционално с нарастване на демографския брой на хората, дори не се влияе съществено от различните световни кризи. Променя се значително географията на водещите производители в света, (Китай, Турция, Индия) и значително по-малко се променят основните консуматори на текстил - Европа, САЩ, Япония, Русия. През последните десетилетия се наблюдава качествена промяна на асортиментите текстил (технически, медицински, за военни приложения, за спортни, модни, защитни облекла, за офиса и дома), дължащи се на растящата роля на нанотехнологиите в производството на текстил.



Фигура 1 Многообразните постижения на съвременните нанотехнологии [2].

Точното определяне на продукцията произведена с нанотехники е трудно да се дефинира, за сегата има предимно оценъчен характер, защото отсъства ясно определение, разграничаващо продукцията получена с конвенционални от тази с нанотехнологии [4].

Производството и използването на нанотехнологичните продукти постави и наложи да се приеме достатъчно коректна дефиниция за наноматериал. На този проблем бе отделено специално внимание в

пътните карти за развитие на нанотехнологиите във водещите страни - САЩ, 2008 г. [5], Европейски съюз, 2011 г. [6], Япония, Русия, Китай.

Усилията на редица специални организации, в рамките на страните от Европейския съюз, след взаимен обмен и анализ на информацията, позволиха в рамките на Семинар в Европейската комисия от 29.11.2011 г., Брюксел, [6], ЕС първи да излезе с дефиниция за наноматериалите. Формулировката описва наноматериалите, като "естествен,

съпътстващ или произведен материал, съдържащ частици в необвързано състояние или под формата на агрегат, или агломерат, при което външният размер в едно или повече измерения на поне 50% от общия брой частици е в обхвата 1 - 100 nm".

Препоръчва се това описание да е в сила за различните сектори и да се използва за всякакви регулаторни цели. До дефиницията, като солидно определение, се е достигнало на основата на актуални прецизни научни данни и широко допитване до компетентните среди на общността. Определението е необходимо на промишлеността за яснота и съгласуване на регулаторната рамка, в тази важна икономическа област, за потребителите, които заслужават точна информация относно употребата на тези вещества.

Използването на нанотехнологичните продукти постави и налага да се реши задачата за обезпечаване на безопасност относно здравето на хората взаимодействащи с тези продукти. Необходимо е да се постигне баланс между безопасността на нанотехнологиите върху здравето на сега населяващите планетата хора и бъдещите поколения, от една страна, и необходимостта да не се спира прогреса в производството и внедряването на нови видове нанопродукти, с полезни за хората и природата свойства.

НАНОЧАСТИЦИ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

Наночастиците не са ново изобретение. Те съществуват в природата в определени форми, различни от тези на синтезираните от антропогенна дейност. В приземния атмосферен слой, например, попадат наночастици, които са следствие

от редица естествено протичащи природни процеси, като изхвърляне на големи количества пепел при вулканична дейност, дим от пожари, пренос на пясъчни маси от пустините, кристали сол от морските и океански водни басейни и др. Живите организми на нашата планета са еволюирали в среда, с незначително количество естествени наноразмерни частици. Това е навярно причината за липса на изградени съответни механизми за защита спрямо тях. Наночастиците, поради малките си размери, са способни с удивителна лекота да преодоляват защитните механизми и предпазни бариери: на кожата, на плацентата, на клетъчните мембрани, на имунната система, на дихателната и хранителната системи (**Фигура 2**).

Прегледът на съвременното производство на наноразмерни материали и приложението им в разнообразни продукти показва, че повече от 90% от тях са нанопраховете (използването им е започнало още преди 50-те години на 20-ти век и до "нанобума" те са наричани ултрадисперсни прахове [7]), използвани в текстилната индустрия, нанокатализаторите и нанопорестите материали (филтрите). Един вид от ултрадисперсните прахове - полихлорирани бифенили в големи количества са добавяни като компонент в промишлените диелектрични течности за електропроизводство и в електротехниката. Досега, в атмосферата са изхвърлени огромни количества от тях, които са се натрупали в живите организми и ги правят изключително устойчиви на биодegradация. По последни оценки те са един от основните замърсители на средата за обитаване, наред с хлорорганичните пестициди и радионуклидите [8].



Фигура 2 Съпоставка на размерите в наносвета и конвенционалния живот

Синтезираните наночастици съществуват в многочислени варианти, притежават различни свойства, което ги прави необичайни и привлекателни, предлагат нови възможности за приложение, които отсъстват в класическата химия на по-едромащабния състав на съответните вещества. Тяхната уникалност, свързана с манипулиране на размера им, се дължи на това, че докато за частици с размери около 100 nm, все още са в сила законите на класическата физика, то за по-малките размери, без рязка граница, вече нараства ролята на законите на квантовата физика, отговорни за промените в свойствата: разтворимост, прозрачност, цвят, електропроводност, температура на топене, отражателна способност и други. Наночастиците притежават по-голяма реакционна способност, тъй като броят на повърхностните им атоми расте с намаляване на геометричния им размер. Поради известната склонност на повърхностните атоми да образуват съединения, се налага необходимостта наночастиците да бъдат покривани или съхранявани в специални защитни среди, (газови, течни), за да се ограничи свързването помежду им или с други частици и увеличат размера си. Високата концентрация на повърхностните атоми в наноклъстерите, които се съдържат предимно в ненаситените химически съединения, прави тези наноматериалите особено практични в процесите на катализа, (ускорява химичните реакции без разход на катализатор и все по-популярни в химическите методи прилагани в производствата на съвременната текстилна индустрия.

Текстилт, произведен чрез използване на нанотехнологии, се различава по принципа на създаването си: "отгоре-надолу" или "отдолу-нагоре", т.е. чрез раздробяване на субстратите (в широкия смисъл на думата), до наноразмери и формирането от наночастици на обемен продукт или самосборка от наночастици на обемен продукт. И в двата случая определението подразбира, безусловно, строго организирана от наночастици структура на нанопродукта и появата на нови или съществено подобрени свойства на материала [4]. Под такова изискване за наноматериали попадат малка част от текстилните материали. Подобно е по-ложението и в много други области на науката и техниката. Изключение прави областта на електрониката, откъдето водят началото си нанотехнологиите въобще.

Има текстил, произведен с използването на готови наночастици, предварително получени чрез методите на нанотехнологиите, т.е. "отгоре-надолу" или "отдолу-нагоре" и тези видове "модерен" текстил са преобладаващо много, като притежават нови качества, нови функционални приложения. За потребителите, в крайна сметка, има значение не толкова принципът, чрез който е получен продукта, а е важно качеството, новите функции и безопасността.

ВИДОВЕ НАНОВЛАКНА И ОБЛАСТИ НА ПРИЛОЖЕНИЕ

Влакна с наноразмерен диаметър може да се произвеждат, и по двата технологични метода: "отдолу - нагоре", чрез самосборка и "отгоре - надолу", чрез разцепление на струята на влакнообразуващия полимер в присъствието на електрично поле, известно, като електроформиране (electrospinning). Технологиите са с универсални възможности и се прилагат за влакнообразуващи полимери с естествен, изкуствен и синтетичен състав. Основното изискване е да няма деструкция на полимерите в процесите на разтваряне и топене, аналогично на изискването при производството на химически влакна по традиционните филерни методи [1, 9]. Високата стойност на производството по тази технология все още го ограничава, но се наблюдава нарастване на обема на продукцията. Приложението на тези нановлакна с различно съдържание е основно за медицински цели - изработване на медицинско защитно облекло, филтри и други видове технически текстил.

Предлагат се все по-активно и друг вид влакна, които се запълват с наночастици, с вариращ състав, размери и форми. Това са нанопродукти от втори тип, както бе посочено. Производството на тези влакна е по традиционните методи, като наночастиците се въвеждат в разтвора или в стопения полимер, от който се изтеглят влакната. В зависимост от състава на въведените наночастици влакната придобиват нови електропроводящи, фото-, био-, магнито-активни и други свойства или значително подобряват изходните си свойства, механичната здравина, например. Този вид влакна се наричат още и композитни, а свойствата им се определят от свойствата на матрицата и на нанонапълнителя. Обемът, на произведените по тази технология влакна, е също ограничен в сравнение с обема на традиционно произведените. Производството им е скъпо и е съпроводено все още от проблеми със съвместимостта на наночастиците и матрицата на полимера, възникват проблеми с разтворите и стопилките на полимерите при източване на влакната. Технологиите са в процес на настройка и оптимизация, търсят се възможности за поевтиняване на производството. Областта на приложение на композитните влакна, запълнени с наночастици, се определя от изключително привлекателните и функционалните им свойства. Те са новото поколение свръхлеки, свръхздрави конструктивни композити с приложение във всички видове транспортни средства, за защитни многофункционални облекла, за текстил предназначен за спортни и медицински продукти.

Около новото поколение биотехнологични влакна, свързани с генномодифицирани естествени влакна, се появиха противоречиви мнения, доколкото ги свързват с продуктите предлагани от фирмата "Монсанто", придобила не особено добра све-

товна известност. Фирмата разработва и отглежда генномодифициран памук, с 30-40% по-висока механична устойчивост, в сравнение с немодифициран висококачествен памук. Поради ред все още отворени за дискусия проблеми, този вид памучни влакна не получиха широко разпространение. Основното им предназначение е за изработване на текстил с повишена механична устойчивост, за връхни памучни облекла, подлагани на износване, избелване с агресивни препарати, при което се губят до 20% от здравината на изделието [1].

Създадена е генномодифицирана нишка, като тази в паяжините, превъзхождаща по здравина всички естествени и химически влакна, с еквивалент на здравината дори по-добър от този на стоманена жица със същата дебелина. До създаването им се е стигнало след изучаване структурата на генома на паяжинната нишка. Известно е, че здравината на нишката на паяжината многократно превишава тази на копринената нишка, изпредена от копринената буба, макар по химичен състав и двете са на белтъчна основа, имащи близост, но с различен набор на аминокиселините, различна геометрия на макромолекулите на белтъка, различен характер на взаимодействието на тези молекули, което определя и разликата в механичната им здравина. След това се имплантира в апарата на наследствеността на копринена буба, на дрожди и на определен вид микроорганизми, гени отговорни за производство на белтък идентичен с този на нишката на паяжината. Най-добър резултат се е получил при микроорганизмите. Техният микробиологичен генномодифициран белтък е използван за производството на белтъчни влакна от вида "паяжинна нишка". Това изключително здраво влакно намира приложение в области, където са необходими леки и много здрави материали: за бронезилетки, импланти в медицината, въпреки много високата му цена.

Обещаващ е опитът да бъдат научени копринени буби да вложат в изработваната от тях копринена нишка въглеродни нанотръбички, които предават два пъти по-голяма здравина на нишката и тя може да издържи най-малко 50% по-високо напрежение преди да се скъса, в сравнение с традиционно получена такава. Бубите са хранени с листа от черница, напръскани с 0.2 % воден разтвор с въглеродни нанотръбички [10]. При обработване, на вече усукани традиционно получени пашкули, е необходимо нановъглерода да бъде разтворен с токсични химически разтворители, които може да останат в коприната. Копринените влакна се загряват до 1050°C, за да се карбонизира коприненият протеин и след това се изследва тяхната проводимост и структура. Резултатите по-казват, че влакната на модифицираната коприна имат по-подредена кристална структура и провеждат електричество, за разлика от обикновените копринени влакна.

Сред влакната от ново поколение са и тези на основата на полимлечната киселина - полилактид-

ни влакна, получавани по сложна технология, комбинираща биотехнологична фаза последвана от традиционна химическа технология. Изходната суровина е от естествени материали, съдържащи полизахариди (царевица, картофи), от които се получава глюкоза и млечна киселина чрез сладко-кисела ферментация. Последователно се получават лактид и полилактид, от които чрез традиционна химическа технология се получават полилактидни влакна. Приложението им е в медицината за изработване на импланти.

От прегледа на различните видове ново поколение влакна, може да се обобщи, че за производството им не са необходими въглеродороди, което ги прави много перспективни за бъдещето, позволява надграждане и модернизирание на традиционните технологии за производството им. Необходимо е оптимизирано развитие на технологичните процеси, с цел да се намали цената на производството и да се увеличи конкурентната способност с естествените и химическите влакна на въглеродородна база.

ОБЛАСТИ НА ПРИЛОЖЕНИЕ НА РАЗЛИЧНИТЕ ВИДОВЕ НАНОТЕКСТИЛ

В основата на всички видове тъкани са влакната. Традиционните и нановлакната широко се използват за създаване на разнообразни композитни материали, където за матрица се използват голям брой полимери, а за напълнители се употребяват различни материали под формата на фини прахове (от микро- до нано-размерен мащаб) с естествен или химикотехнологичен произход. Присъствието на наноразмерните напълнители осигурява голяма здравина на композитните материали, поради увеличената външна повърхност на взаимодействие и възможността да се проявят междумолекулните сили на сцепление между наночастиците на напълнителя и макромолекулите на полимерната матрица. Производството на нанокомпозити в световен мащаб е едно от най-динамично развиващите се направления в производството на ново поколение тъкани. Това производство стимулира развитието на физиката и химията на полимерите, нанотехнологичните производства на напълнители, като наночастици от въглерод с различни форми (нанотръбички, въглеродни влакна, фулерени, графен и др.), различни наноразмерни метали (злато, сребро и др.), оксиди на метали (силиций, титан, алуминий, галий, цинк) и различни по състав вещества.

Свойствата на новите тъкани, получени чрез "умните" технологии, след откриване механизма на действие при ефекта "лотос", "хамелеон" и други заимствани от природата, ги направиха изключително универсални по отношение на приложението им. Те присъстват от аеро- и космическата индустрия до продуктите на облеклото, дома и офиса. Те са навсякъде около нас: водо- и маслофобни, самопочистващи се, температуроустойчиви и огнеза-

щитни, бактерицидни тъкани, защитни облекла от всевъзможни опасности, за военни, медицински, научни приложения [11, 12, 13].

Колкото и разтегливи да са статистическите показания, според тях, реалният принос на нанотехнологиите в световната икономика се оценява към 2009 г., на участие в 1015 продукта, от които като нанотекстил са определени 115 продукта. Лидерството в този световен принос към производството принадлежи на САЩ, Югоизточна Азия, Европейски съюз. За цялото това производство са използвани най-големи количества колоидно сребро - в 259 продукта, следвано от нановъглеродите - в около 82 продукта, титановия диоксид - в над 50 продукта. Производството на фулерени (C60) е достигнало около 500 тона годишно, на нановъглеродни тръбички около 100 тона годишно, на наносилиций около 100 000 тона годишно, на титанов диоксид около 5000 тона годишно, на цинкови окиси около 20 тона годишно [4]. Тази статистика е посочена дотолкова, доколкото би могла да ни даде представа за количествата наноструктурирани вещества, които се произвеждат и прилагат към настоящия период в ежедневието ни живот.

Горчивият опит на човечеството с приложението на азбеста, пестицидите, генномодифицираните продукти би трябвало да изострят сетивността на хората към все по нарастващото производство и използване на наноматериали, по отношение и на контрола над евентуални нежелани ефекти. За да навредят на човешкото здраве, наночастиците трябва да попаднат в организма ни. Един от тези "прозорци" на проникване е човешката кожа, с площ от около 2 m². Здравата кожа има своите защитни механизми, но те са отслабени при нараняването ѝ, а мненията за поведението и относно проникването на наночастиците засега са доста дискуссионни [14, 15].

Друг начин на проникване на наноразмерните вещества в организмите ни е стомашно-чревният тракт (устата, кухнята, хранопроводът, чревният апарат), които имат площ около 2000 m², отново, за съжаление липсват систематични, целенасочени изследвания относно поведението и реакциите на попадналите в този тракт, а от там и в кръвния поток наночастици [14]. Ожесточени са противоречията между учените, когато става въпрос за пренасяне на изводи от експерименти, направени с опитни животни и пренасянето им към хора.

Обонятелният епител на носната кухина, макар и с площ от 5 cm², не е за пренебрегване, от проникване на наночастиците, поради близостта до тъканите на главния мозък. В тях, поради наличието на хемоенцефалитната бариера - една сложна многостепенна система за защита, която ограничава достъпа на химически вещества до невронните и глиалните клетки вътре в мозъка, която спира по-едромасабните частици, за сега не е изследвано задълбочено, какво е поведението и при наномасабни частици.

Белите дробове, активната площ на които достига около 140 m² (приблизително с размер на корт за тенис), е вероятно най-широко отвореният прозорец за проникване на наночастиците в живите дишащи организми. За механизмите на взаимодействие на частиците с този вид човешка тъкан, видовете заболяемост, от продължително въздействие, от вида на попадналото вещество или размерите му, съществува не малко количество изследвания над пушачи и работещи в запрашена/замърсена среда, които биха хвърлили светлина и върху проблемите, в случая с наноразмерни субстанции. Изследвания извършени в Германия, признати и от Световната здравна организация [14], насочват към изявена връзка между честотата на инфарктите на сърцето и дишането на въздух с висока концентрация на наночастици, с пре-пратка към силно замърсената градска среда.

Проникването на наномасабни субстанции в биосферата не би могло да се прогнозира, до какви промени или проблеми може да доведе - липсва натрупана информация. Опитът на човечеството, с опазване на средата на обитаване на планетата ни, показва почти непреодолими трудности, неразбиране, нежелание да се разходват средства за обезопасяване, неутрализиране на отходните газове, прахови, течни и твърди технологични отпадъци от разнообразните антропогенни дейности. Налице са нарушения в балансирания състав на земната атмосфера, водещ до набор от неблагоприятни климатични промени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завидната по бързина скорост на създаване и внедряване на наноматериалите в световен аспект, което наблюдаваме през последните години, контрастира с изоставащите и дори липсващи изследвания и въвеждането на нови документи за контрол, (хармонизацията им с досега действащите), касаещи превенцията на здравето на производители и потребители на иновативните продукти и отклика в околната среда.

Не правят изключение и проблемите от този характер и в областта на производството на текстилни изделия. В научни публикации и медии не липсват предупреждения от страна на учени и неправителствени организации, в които се посочва, че икономическите изгоди от използване на наноматериали и нанотехнологии в текстилната индустрия са толкова големи, че негативните проблеми, които могат да възникнат поради недостатъчно осъзната и пренебрегната необходимост да се проучи задълбочено и осигури безопасност за всички засегнати, може да струва твърде скъпо на цялото общество.

ЛИТЕРАТУРА

1. European Agency for Safety and Health at Work, European risk observatory report - Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational

- safety and health, Luxembourg&Office for Official Publications of the European Communities 2009.
2. <http://www.nanonewsnet.ru/kvanty-nanografen.kansnelson.html>
3. Gonzalez Jose A., "Advanced in Technology: Smart & Engineered Textiles", Proc./ Department of Human Ecology, Protective Clothing Research Group/, University of Alberta-Edmonton, pp.43.
4. Кричевский Г. Е. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды. Издание первое. - М.: 2011. - 528 с.
5. <http://www.foresight.org/>
6. European Commission's DG Employment, Social Affairs and Inclusion, Report "Working with Nanomaterials", a seminar on policy, practice and the role of public authorities in dealing with uncertain risks, Brussels, 29 November 2011.
<http://www.traveiller-mieux.gouv.fr/ING/pdf/>
7. Г. Високов, П. Пиргов, "Ультрадисперсии прахове", София, 1998, 397 стр.
8. DECHEMA (Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie) & VCI (Verband der Chemischen Industrie), <http://www.dw-world.de/...3307,00.htm>
9. Кричевский Г.Е., Все или почти все отеки, Т.1-2, М., "Известия", 2013, 240 с.
10. Nano Lett., 2016: (DOI:10.1021/acs.nanolett.6bo3597)
11. Chad A. Mirkin, Mihail C. Roco, Mark C. Hersam. Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020: Retrospective and Outlook. Spring 2014.
12. Military Textiles. Edited by Eugene Wilusz. Woodhead Publ. Ltd., Oxford, 2009, 484 p.
13. Textile for protection. Edit by R.A.Scott, Woodhead Publ. Ltd., Oxford, 2009, 754 p
14. <http://www.safenano.org/>
15. http://www.nanonewsnet.ru/2008/When_nanoparticles_seep_right_throught_skin/

ПРИЛОЖЕНИЕ НА 3D ПЕЧАТАНЕТО В МОДНАТА ИНДУСТРИЯ

доц. д-р инж. Радка Атанасова, Маргарита Стойнова
катедра „Текстилна техника“, Технически университет – София

РЕЗЮМЕ

Целта на разработката е да се представят технологиите за отпечатване на триизмерни обекти и да се анализира приложението им при проектиране и производство на облекло. Характеризирани са най-често използваните материали и са проследени последователните етапи на най-разпространения метод за 3D печат на облекло с помощта на прахов материал и свързващо вещество. Голяма част от този тип облекла са от иновативни материали, които се поддават на рециклиране.

Ключови думи: технологии с наслявяване на материал, 3D принтери, мода, шевна индустрия.

APPLICATION OF 3D PRINTING IN THE FASHION INDUSTRY

Assoc. Prof. Radka Atanasova PhD, Margarita Stoyanova
Technical University of Sofia, Department of Textile Engineering

ABSTRACT

The aim of the work is to present and to analyse the application of technology to print three-dimensional objects for design and production of clothing. There are characterized most commonly used materials and traced the consecutive stages of the most common method of 3D printing clothing using powder material and an adhesive. Much of this type of clothing is made of innovative materials capable of being recycled.

Keywords: additive manufacturing, 3D printing, fashion, garment industry.

ВЪВЕДЕНИЕ

Иновативните индустриални технологии днес уверено навлизат в модата и в индустрията за облекло. В ерата на високите технологии дизайнът на облекло се насочва в посока на индивидуализация. Дизайнери, инженери и архитекти работят заедно в екип, предлагайки

умни решения за приложение на 3D печатането в модната индустрия. Сериозните екологични проблеми също поставят въпроса за производство на облекло с използване на технологии с наслявяване на материал, с внимание към изчерпаемите природни ресурси на планетата.

Тези световни тенденции оказват своето влияние върху модата - дизайнери като Ирис Ван Херпен представят колекции от облекла, изработени от полимерни материали на 3D принтер в седмица на модата; големи модни компании си партнират с инженерни фирми, за да изработят облекла от иновативни природосъобразни материали; актрисата Ема Уотсън се появява на червения килим с рокля на Calvin Klein и Есо Age, която е изработена изцяло от рециклирана пластмаса.

АНАЛИТИЧНА ЧАСТ

Обект на изследване и анализ в настоящата разработка е технологията за триизмерен печат или 3D печат (принтиране) - една съвременна технология за изработка на триизмерни изделия с произволна форма с помощта на цифров модел. Печатането се реализира като адитивен процес, като се нанасят последователни слоеве от материала до оформяне на крайния детайл. В този смисъл триизмерният печат е коренно различен от традиционните техники, при които за оформяне на искания предмет обикновено се отнема материал (например рязане, струговане, кроене).



Фигура 1 Продукти на 3D печатане в модната индустрия

1. Същност на метода

Триизмерният печат се основава на цифровите технологии. Първият работещ триизмерен принтер е създаден през 1984 г. от Чък Хъл. От

началото на 21-ви век се наблюдава увеличение в продажбите на тези принтери при постоянно редуциране на цената им.



Фигура 2 3D принтирани рокли, диз. Ирис Ван Херпен [4]

горещ силикон, който по случайност вдъхновява изобретяването на FDM. (*Терминът "моделиране чрез отлагане на разтопен материал" и неговата аббревиатура FDM са запазена марка на Stratasys Inc. Еквивалентното наименование - производство чрез разтапяне на влакна или FFF е възприето от общността на RepRap като юридически свободен за използване термин.);

✓ **Екструдирание на паста** - Екструдиранието на паста е процес, свързан с FDM, при който един материал е екструдиран през накрайника и положен в дълга нишка, която оформя обекта. Вместо разтапянето на пластмасово влакно, тук се използва студена или леко затоплена подобна на паста консистенция, оттам и името. След това материалът се фиксира или се изсушава на въздух;

✓ **Многоструен метод (Polyjet)** - Многоструйният процес е сред най-новите попълнения в семейството на 3D печатните процеси. Подобно на SLA, тук също се използва втечен фотополимер. Но за разлика от SLA, където обектът е потопен във вана от смола и всеки пласт се полага и втвърдява отделно с помощта на лазер или ултравиолетова лампа, многоструйният процес разчита на печатаща глава, която наподобява тази на популярните мастиленоструйни принтери за директно впръскване или наслагване, като все още течният най-горен пласт се втвърдява с ултравиолетова светлина. Многоструйният процес предлага висока резолюция, многообразие при материалите и цветовете и е изключително подходящ за производството на най-реалистичните прототипи с гладка повърхност и усещане за напълно завършен продукт.

2. Иновация в модния дизайн и материалите

Като първи продукт на 3D принтиране в модната индустрия се счита "The Black Drape Dress" (черна драпирана рокля), която е продукт на съвместната работа на индустриалните дизайнери Жири Евенхуис и Жан Китънен, 2010 г. по метод на производство - SLS. (*Фигура 1 а*). През 2013 г. архитектът Франсис Битонти и модният дизайнер Майкъл Шмидт си партнират и създават невероятната рокля за бурлеск дивата Дита Фон Тийз. Роклята се състои от 2500 възела, свързани и лепени на ръка. Основата е обработен найлон, полиран с черен лак и инкрустиран с над 12 000 кристала Сваровски. (*Фигура 1 в*). На ревюто на извест-

ната марка бельо Victoria's Secret в Лондон през 2013 г. се появява иновативен дизайн бельо, изработен на 3D принтер. Моделът, Линдзи Елингсн, е напълно сканирана и изделието е създадено по персоналните ѝ антропометрични мерки. Дизайнът се състои от снежинки, прикрепени една към друга, които образуват материя, наподобяваща трикотажен плат. Този нов модел бельо създава напълно нова перспектива за преосмисляне на дизайна на интимно облекло като недвусмислено го приобщава към по-висш клас мода. (*Фигура 1 б*). Сред новаторите в 3D принтирането в модната индустрия се нарежда и холандската дизайнерка Ирис Ван Херпен. Възпитаничка на Института за Изкуства в Арnhem и бивша стажантка за McQueen, през 2015 г. тя стартира своя марка - HERPEN. Тя е сред първите дизайнери, осмелили се да представят 3D принтирани модели на подиума на Седмицата на модата. От 2011 г. до момента тя представя ежегодно колекции, плод не само на нейното въображение, но и резултат на задълбочени научни изследвания на дигитален моден дизайн и свойства на материалите. (*Фигура 2*). С навлизането на 3D принтерите в модата и необходимостта от креативност и експериментиране в областта на дизайна се появява и потребност от нови материали, които да бъдат също толкова иновативни, колкото и методите на производство на детайлите. Пример за това е работата на Анук Випрехт - Spider Dress 2.0 (Рокля паяк) - *Фигура 3 а*. Както подсказва и името на роклята, тя е създадена от триизмерно принтиран материал с вградени сензори за движение, които наподобяват инстинктите на бразилския паяк, използван като вдъхновение. Друг пример за така наречените "smart" материали е проектът на холандската дизайнерка Мартже Дижкстра - "Hard Core Vein 2.0" - 2014 г. Детайлът представлява симулация на кръвоносна система с вградени циркулиращи субстанции - *Фигура 3 б*. Още един резултат на научен труд и дизайнерска иновация е проектът на Нери Оксман - "Wanderers: wearables for interplanetary pilgrims" - *Фигура 4 в*. Компонентите на това "облекло" имат вътрешни кухни и съдови структури, наподобяващи органични клетки, които притежават свойствата на полезните бактерии да отделят кислород или да произвеждат биомаса, биогорива, калций и други.

В основата на всеки 3D принт стои цифров 3D модел на детайла (най-често се използват модели, създадени в различни CAD програми). Моделът може да бъде и резултат от пълно сканиране на тялото или предмета, спрямо който ще се изработи дадения детайл. Моделът се разрязва на хоризонтални слоеве и всеки

слой бива преведен в X и Y координати, които се подават като входни данни на печатната глава. След това 3D принтерът прочита тези координати и принтира обекта слой по слой, наслагвайки материала така, че накрая да се оформи твърд физически обект.



а) [9]



б) [10]



в) [6]

Фигура 3 Триизмерна мода с вложени интелигентни материали

1. Видове технологии за 3D печат

✓ **Стереолитография (SLA)** - Стереолитографията е първата технология за 3D принтиране, превърнала се от лабораторен експеримент в комерсиален продукт. Стереолитографията е процес, който използва фотополимеризирането - технология, която се е използвала и в традиционния офсетов печат, за да се произведат релефни плочи за флексографски печат. Фотополимерът е течен полимер - смола, която се втвърдява при излагане на светлина;

✓ **Селективно лазерно синтероване (SLS)** - Селективното лазерно синтероване е друга важна технология, която се използва за 3D принтиране. При термична обработка силен лазер споява и наслагва слоеве от прахообразен материал. Тънък слой от праха се нанася с ролка върху работната повърхност, след което лазерът очертава сеченията на обекта върху праха, втвърдявайки го. След всеки цикъл на лазера работната повърхност се снижава и нов слой прахообразен материал се разстила върху повърхността на обекта от странично стоящ контейнер;

✓ **Мастиленоструйно принтиране с прах (3DP)** - Принтирането с мастилено-струйна пудра използва подобен начин за наслагване на прах като SLS технологията. Вместо термична-

та обработка на праха с лазер, върху материала се пръска свързвател, който да свърже отделните частици. Тази технология използва мастиленоструйна печатна глава, приличаща много на тази в настолен принтер, затова и самият процес на принтиране прилича много на печата върху хартия. Заради използването на мастиленоструйна печатна глава, някои от машините за мастиленоструйно принтиране на пудра предлагат пълната цветна гама за печат;

✓ **Производство на обекти чрез ламиниране (LOM)** - При LOM технологията принтерите произвеждат обекти, ламинирайки тънки листа материал един върху друг. Напречните сечения се изрязват от слоевете с нож или посредством лазерно рязане. Когато принтът е готов, моделът се вади от монолитния блок материал, в който е вграден;

✓ **Моделиране чрез отлагане на разтопен материал (FDM)*** - Моделирането чрез отлагането на разтопен материал е процес на 3D печат, в който термопластично влакно се вкарва в разтопяваща камера и в следствие се екструдира през накрайник. Обектът се оформя чрез тези разтопени влакна, които се свързват с предходния пласт посредством топлина и се втвърдяват веднага след екструдирането. Процесът наподобява този на пистолетите за



Фигура 4 Авторски дизайнерски решения за облекло, подходящи за производството на 3D принтер

РЕЗУЛТАТИ

Технологията за триизмерен печат доказва безспорно своето превъзходство пред останалите методи за изработка на детайли и авангардни облекла в модната индустрия. На настоящия етап проектите са резултат предимно на дизайнерски експерименти и научни изследвания. Тяхната прецизност и невероятна креативност обаче доказва, че новите технологии предоставят безгранични възможности. Мате-

риалите, които се използват са устойчиви на външни въздействия, природосъобразни и обект на бързо и ефективно рециклиране в края на жизнения им цикъл. Процесът на изработка е без загуба на материал, което прави 3D печатането метод на производство с респект към ресурсите. Чрез тази технологии се постига висока точност на изработка и неограничен брой идентични повторения, след като веднъж е създаден дигитален модел на детайла. Сред

предимствата на 3D принтерите се нарежда и тяхната бърза популярност и достъпност до широк кръг от потребители с оригинални идеи, сред които и не само дизайнери. През последните години се наблюдава разработка на достъпен софтуер за 3D моделиране от неспециализирани фирми с опция за експорт и 3D печат. Навлизането на 3D принтерите като метод на производство в модната индустрия повишава социалните стандарти, като намалява случаите на експлоатация на човешки ресурси (с използване на тежък физически труд, подлагане на монотонна работа). От друга страна, автоматизацията на работния процес намалява потребността от човешки ресурси.

Като недостатък на 3D производството може да се отчете потребността от висококвалифициран персонал, който да обучи редови кадри за работа с този тип технология. Цените на 3D принтерите и материала за печат към момента също надхвърлят оптималната стойност за постигане на конкурентоспособност на пазара.

От екологична гледна точка, въпреки че не генерират загуби, принтери от този тип работят при силно нагряване на материала и отделяне на топлина, което засилва проблемите с глобалното затопляне на планетата.

Като резултат от разработката методът за триизмерно производство на облекло е представен със своите предимства и недостатъци от гледна точка на дизайнери, производствени фирми и потребители. Предложени са авторски дизайнерски решения за художествено проектиране на облекла, подходящи за производството на 3D принтер.

ИЗВОДИ

Резултатите от проведеното изследване могат да се обобщят по следния начин:

1. Технологиите за 3D принтиране отварят пред творците нови хоризонти. Дизайнерите получават уникална възможност да изразяват себе си и заедно с това да са част от една глобална идея за природосъобразно производство на индустриални продукти.

2. Като технология в процес на развитие, 3D принтирането на облекло е в етап на развитие, тестване, усъвършенстване и разпространение.

3. При производство на облекло на 3D принтер се намаляват загубите на материал и природни ресурси.

4. Въпреки ограниченията, свързани с високата цена на необходимия софтуер и хардуер за тримерно печатане, квалифициран

персонал, високите производствени разходи за облекло и някои производствени недостатъци, технологиите за 3D печат заемат своето гарантирано място в модната индустрия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

След проучване и анализ на състоянието на технологиите за производство на облекло чрез наслагване на материал с помощта на 3D принтер ясно се откроява връзката между изкуство и нови технологии в проектирането и производството на облекло. Резултатите показват, че технологията за отпечатване на триизмерни обекти чрез добавяне на материали дава пълна свобода на дизайнерското въображение. В същото време е послание за екологосъобразно производство и иновация в рециклирането.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Khun, R., Reinilda de Fatima B. Minuzzi, The 3D Printing's Panorama in Fashion Design, 2015.
http://www.modadocumenta.com.br/anais/anais/5-Moda-Documenta-2015/02-Sessao-Tematica-Design-Moda-e-Cultura-Digital/Renato-Kuhn_Moda-Documenta2015_THE-3D-PRINTING_SPANORAMA-IN-FASHION-DESIGN_BILINGUE.pdf
- [2] Kinsella, F., <https://connect.innovateuk.org/web/creativektn/article-view/-/blogs/scan-it-print-it-wear-it-the-future-of-fashion-is-3d>, 2014.
- [3] Lewandrowski, N., 3D Printing for Fashion: Additive Manufacturing and its Potential to Transform the Ethics and Environmental Impact of the Garment Industry, 2014.
- [4] <http://www.irisvanherpen.com/>
- [5] <http://www.maartjedijkstra.com/fashion-tech-projects/hard-core-vein-2-0.html>
- [6] <http://www.materialecology.com/>
- [7] <http://b2n.bg/>
- [8] <http://ladytech.ru/naryad-snezhnoj-korolevy-dlya-pokaza-victoria's-secret-2013/>
- [9] <http://www.anoukwipprecht.nl/>
- [10] <http://www.3dprintingindustry.com/>
- [11] <http://www.freedomofcreation.com/home/foc-textiles-to-permanent-collection-at-moma>
- [12] <http://www.dezeen.com/2013/03/07/3d-printed-dress-dita-von-teese-michael-schmidt-francis-bitonti/>

ПРОЕКТИРАНЕ НА ЖЕНСКА НАРОДНА НОСИЯ ОТ СУКМАНЕН ТИП

Ас. д-р Маргарет СИВОВА

ТУ - София, Факултет и Колеж - Сливен, България

e-mail: margaret69@abv.bg

РЕЗЮМЕ

В разработката се представя моделиране на женски сукман - основен елемент от традиционната сукманена носия, предназначен за целите на съвременната художествена самодейност. Върху базата на предварително уточнена основна конструкция на дамска рокля в полувтален силует, построена по методика на Muller & Soon, са разработени моделни варианти на сукман, характерни за Сливенския регион. Моделирането върху конструктивната основа е осъществено чрез прилагане на следните прийоми: трансформиране на свивките; допълнително членение на детайлите; направа на чупки; конично и успоредно разширение на детайлите; изменение на формата и размерите на раменната област и ръкавната извивка. Разработката се базира на БДС 8371-89.

Ключови думи: *конструиране и моделиране на облекло, народна носия, сукманена женска носия, фолклорна област, сценична фолклорна носия, Сливенски регион.*

DESIGN OF FEMALE NATIONAL COSTUME OF SUKMAN TYPE

Assist. Prof. Margaret SIVOVA, Ph.D.

Technical University of Sofia, College - Sliven, Bulgaria

e-mail: margaret69@abv.bg

ABSTRACT

The paper presents modelling of female sukman - an essential element of female national costume of sukman type designed for of modern amateur art. On the basis of preliminary pr?cised primary structure of ladies' dress in slim silhouette, built in Methods of Muller & Soon, developed model variants of sukman, typical from the region of Sliven. Modelling on constructive base is accomplished by applying on the following principles: transformation of curves; further segmentation of the details; making tucks; conical and parallel extension of the details; change the shape and dimensions of the shoulder and armhole. The development is based on Bulgarian National Standard 8371-89.

Keywords: *Structural modelling of clothes, traditional costume, female national costume of "sukman" type, folklore region, stage folk costume, region of Sliven.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Сукманената женска носия е характерна за Тракийската фолклорна област. Състои се от риза, сукман, престилка и разнообразни допълнителни горни дрехи. Сукманът е основна дреха на женската носия, в горната си част с дълбоко изрязана пазва и без ръкави, а в долната си част - с широко разкроени поли. Изработен е от вълна, боядисана с различни цветове, според модата и възрастта на жената [2]. През втората половина на 19 век сукманът при сливенската носия е заменен с една средна форма между сукман и рокля, рязана в кръста, с надиплени поли и опънат корсаж, която се облича над ризата и няма ръкав, а е показан ръкавът на ризата [4].

За целите на съвременната художествена самодейност (ансамбли за народни песни и танци, самодейни изяви, възпроизвеждане на народни обичаи и др.) приложение намират сценичните народни костюми, които заимстват определени елементи както от традиционната, така и от модифицираната народна носия.

Моделните варианти на сукмани, представени в разработката, са вдъхновени от реално съществуващи носии от Сливенския край [2].

ИЗБОР НА КОНСТРУКТИВНА ОСНОВА

Моделните варианти на дамските сукмани се строят върху базата на предварително уточнена основна конструкция на дамска рокля в полувтален силует, построена по методика на Muller & Soon [5] за стандартен типоразмер 164-92-100 по обмерни данни съгласно БДС 8371-89 [1] (**Фигура 1**). Приети са следните прибавки за свобода към основните конструктивни участъци:

- Към полуобиколката на гърдите - трета: $6,0 \div 8,0$ cm;
- Към полуобиколката на талията: $5,0 \div 8,0$ cm;
- Към полуобиколката на ханша: $4,0 \div 7,0$ cm.

Сукманът се проектира с удълбочена ръкавна извивка и удължен гръб в областта на плещите, хоризонтално срязване по линия на талията, раменната свивка в гръба е премахната [5]. За целта са направени следните корекции в ОК на дамска рокля от **Фигура 1**, в резултат на което е получена изходната моделна конструкция (ИМК) на сукмана (**Фигура 2**):

За гръба:

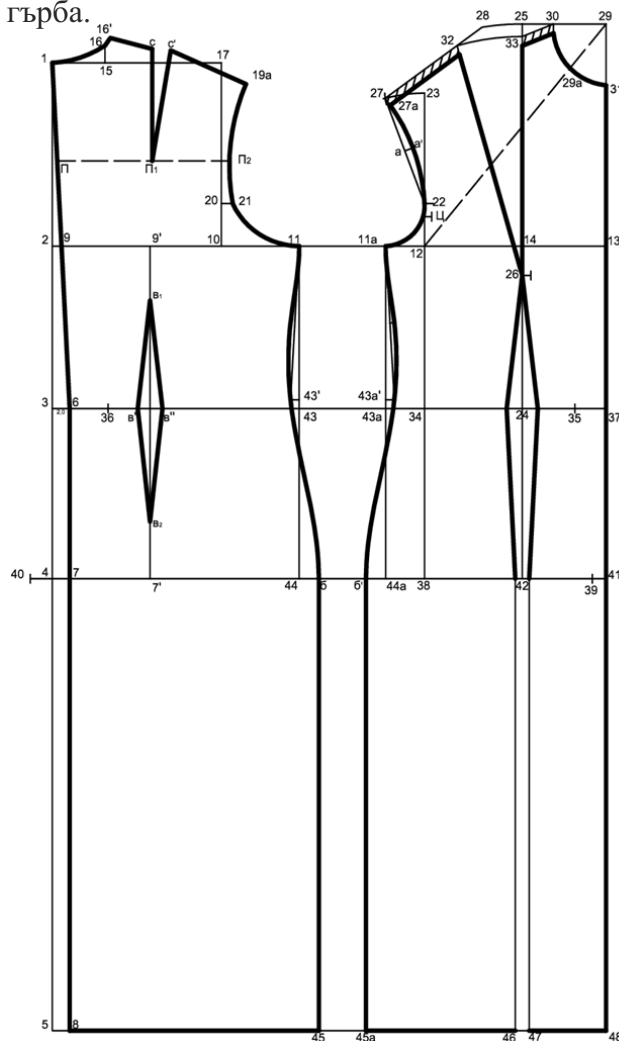
Гръбът се разрязва по хоризонталната линия, минаваща през върха на свивката, т.е. по линия $\Pi-\Pi_1-\Pi_2$, а секторът над тази линия се повдига на $0,5 \div 1,0$ cm вертикално. Следва пълно затваряне на раменната свивка.

Рамото се удължава с $0,5 \div 1,0$ cm ($19'-19'' = 1,0$ cm).

$11-11' = 2,0 \div 3,0$ cm - по страничния шев.

$11'-11'' = 1,0 \div 1,5$ cm - перпендикуляр на страничния шев.

$19''-11''$ - крива, минаваща през т 21, определяща преоформената ръкавна извивка на гръба.



Фигура 1 ОК на дамска рокля в полувтален силует
Типоразмер 164-92-100

За предната част:

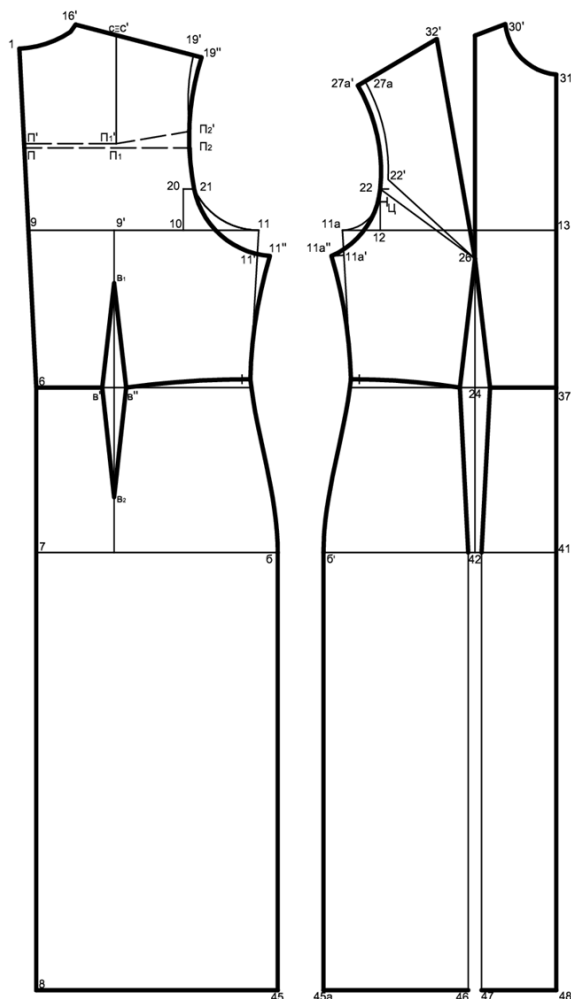
Предната част се разрязва по линия 22-26, секторът 26-22-27a-32' се завърта в посока по часовниковата стрелка при ротация с център т 26 на разстояние, равно на отварянето в гръба при затваряне на свивката ($22-22' = 1,5 \div 2,0$ cm вертикално).

Рамото се удължава с $0,5 \div 1,0$ cm ($27a-27a' = 1,0$ cm).

$11a-11a' = 2,0 \div 3,0$ cm - по страничния шев.

$11a'-11a'' = 1,0 \div 1,5$ cm - перпендикуляр на страничния шев.

$27a'-11a''$ - крива, минаваща през т 22, определяща преоформената ръкавна извивка на предната част.



Фигура 2 ИМК на дамски сукман
Типоразмер 164-92-100

МОДЕЛНИ ВАРИАНТИ НА СУКМАН

Конструктивно формата на представените модели сукмани (Фигура 3, 4, 5, 6 [2]) е решена чрез:

- хоризонтално конструктивно срязване по линия на талията, което разделя сукмана на две части - корсаж и пола;
- отсъствие на среден шев на гърба;
- талийни свивки в корсажа;
- трансформирана в страничния шев раменна свивка;

- леко скъсена, с естествен наклон линия на рамото;
- дълбоко изрязано по форма деколте;
- конично и/или успоредно разширение при полата;
- закопчаване с цип или копчета в левия страничен шев.



Фигура 3 Модел 1
Адаптирана фолклорна
носия на Ансамбъл за
народни песни и танци
Сливен



Фигура 4 Модел 2
Адаптирана фолклорна
носия на Ансамбъл за
народни песни и танци
Сливен



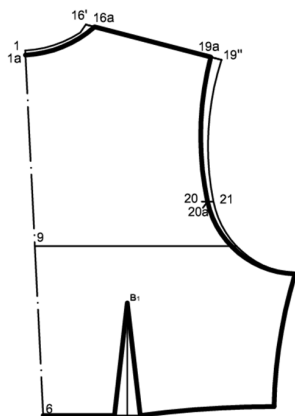
Фигура 5 Модел 3
Празнична женска носия
от с. Чокоба, Сливенско



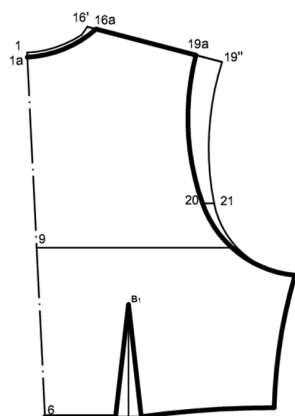
Фигура 6 Модел 4
Сватбена носия от с.
Пъдарево, Сливенско

Моделните варианти на сукманите се строят върху конструкцията от Фигура 2. Приета е базова дължина на долната част (полата) на сукмана 72,0 cm.

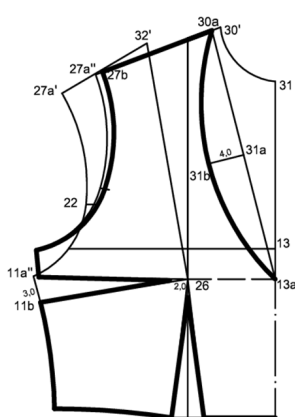
ВАРИАНТИ ЗА ОФОРМЯНЕ НА КОРСАЖА



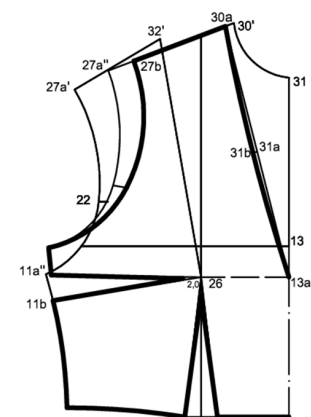
Фигура 7 Гръб Вариант 1



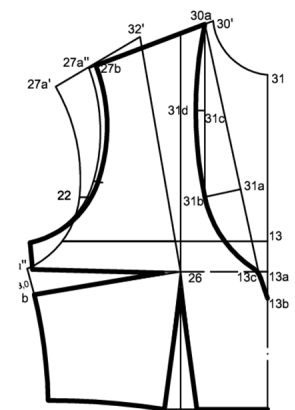
Фигура 8 Гръб Вариант 2



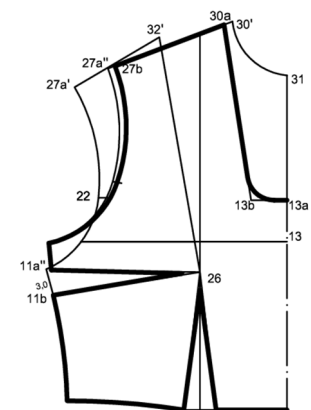
Фигура 9 Предна част
Вариант 1



Фигура 10 Предна част
Вариант 2



Фигура 11 Предна част
Вариант 3



Фигура 12 Предна част
Вариант 4

За Фигура 7: Вратната извивка се удълбочава, така че $1-1a = 0,5$ cm, $16'-16a = 1,0$ cm. Раменната линия се скъсява: $16a-19a = 13,3$ cm. Ръкавната извивка се оформя като гладка крива, минаваща през т 20a (среда на 20-21).

За Фигура 8: Вратната извивка се удълбочава, така че $1-1a = 0,5$ cm, $16'-16a = 1,0$ cm. Раменната линия се скъсява: $19''-19a = 3,0$

cm. Ръкавната извивка се оформя като гладка крива, минаваща през т 20.

За Фигура 9: Раменната свивка се затваря и се отваря в страничния шев по линия $11b-26$ ($11a''-11b = 3,0$ cm). Раменната линия се скъсява: $30'-30a = 1,0$ cm, $30a-27b = 13,0$ cm. Оформя се овално деколте: т 31a - среда на $13a-30a$; $31a-31b = 4,0$ cm - перпендикулар на линия $13a-30a$. Ръкавната извивка се оформя като гладка крива. Върховете на свивките се изместват на 2,0 cm от т 26.

За Фигура 10: Раменната свивка се затваря и се отваря в страничния шев по линия $11b-26$ ($11a''-11b = 3,0$ cm). Раменната линия се скъсява: $30'-30a = 1,0$ cm, $27a''-27b = 3,0$ cm. Оформя се V-образно деколте: т 31a - среда на $13a-30a$; $31a-31b = 0,5$ cm - перпендикулар на линия $13a-30a$, гладка линия $13a-31b-30a$. Ръкавната извивка се оформя като гладка крива. Върховете на свивките се изместват на 2,0 cm от т 26.

За Фигура 11: Раменната свивка се затваря и се отваря в страничния шев по линия $11b-26$ ($11a''-11b = 3,0$ cm). Раменната линия се скъсява: $30'-30a = 1,0$ cm, $30a-27b = 13,0$ cm. Оформя се дълбоко изрязано деколте: $13a-13b = 3,0$ cm; $13a-13c = 1,0$ cm; $13c-31a = \frac{1}{3} 13c-30a$; $31a-31b = 4,1$ cm - перпендикулар на линия $13c-30a$; $31c-31d = 1,0$ cm - перпендикулар на линия $31b-30a$. Ръкавната извивка се оформя като гладка крива. Върховете на свивките се изместват на 2,0 cm от т 26.

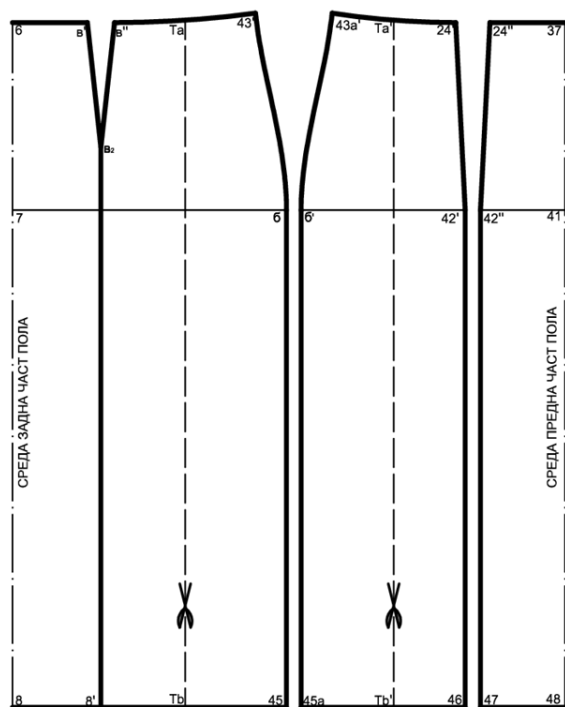
За Фиг. 12: Раменната свивка се затваря и се отваря в страничния шев по линия $11b-26$ ($11a''-11b = 3,0$ cm). Раменната линия се скъсява: $30'-30a = 1,0$ cm, $30a-27b = 13,0$ cm. Оформя се деколте: $13-13a = \frac{1}{4} 13-31$; $13a-13b = 4,0$ cm; закръгленото между линии $13a-13b$ и $30a-13b$ е с $R = 3,0$ cm. Ръкавната извивка се оформя като гладка крива. Върховете на свивките се изместват на 2,0 cm от т 26.

ВАРИАНТИ ЗА ОФОРМЯНЕ НА ПОЛАТА

Пола Вариант 1 - умерено разширение по линията на дължината

Полата на дамския сукман е от шест части - 4 странични и 2 средни части, линиите на вътрешните шевове минават през точките, определящи вталяването на ИМК по линия на талията.

За Фигура 13: Линии v_2-8' , $24'-42'-46$, $24''-42''-47$ - помощни линии, определящи изходното положение на вътрешните шевове. Линии T_a-T_b и $T_a'-T_b'$ - линии на срязване на детайлите за последващо конично разширение на съответните сектори.

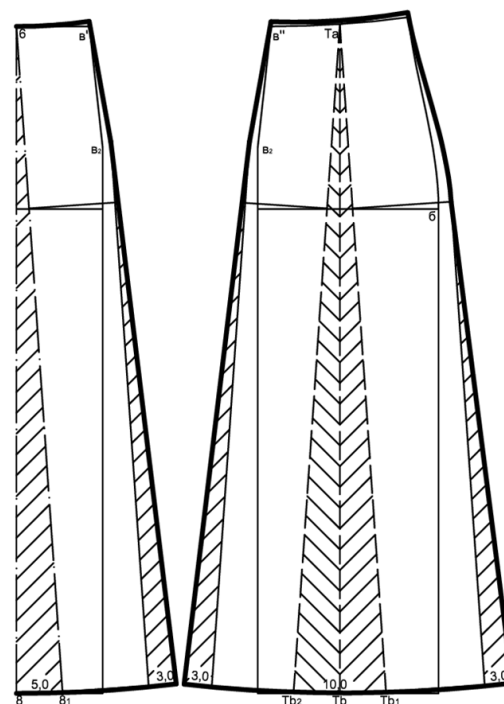


Фигура 13 Подготовка за моделиране на полата

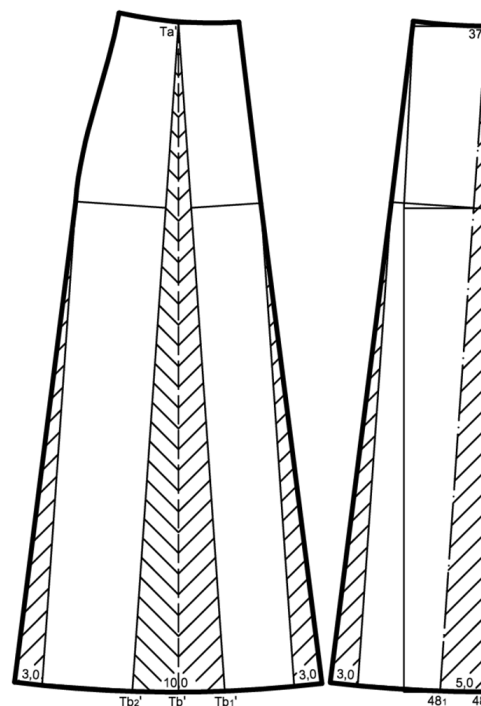
За Фигура 14: Средна задна част: секторът $6-8-8'-v_2-v'-6$ (от Фигура 13) се завърта в посока обратна на часовниковата стрелка спрямо 6 , така че $8-8_1 = 5,0$ cm. Допълнителното разширяване на шева е $3,0$ cm. **Странична задна част:** секторът $T_a-43'-6-45-T_b-T_a$ (от Фигура 13) се завърта в посока обратна на часовниковата стрелка спрямо T_a , така че $T_b-T_{b1} = 5,0$ cm. Допълнителното разширение на шева е $3,0$ cm. Секторът $T_a-v''-v_2-8'-T_b-T_a$ (от Фигура 13) се завърта по посока на часовниковата стрелка спрямо T_a , така че $T_b-T_{b2} = 5,0$ cm. Допълнителното разширение на шева е $3,0$ cm.

За Фигура 15: Средна предна част: секторът $37-48-47-42''-24''$ (от Фигура 13) се завърта по посока на часовниковата стрелка спрямо 37 , така че $48-48_1 = 5,0$ cm. Допълнителното разширение на шева е $3,0$ cm. **Странична предна част:** секторът $T_a'-T_b'-46-42'-24'-T_a'$ (от Фигура 13) се завърта в посока обратна на часовниковата стрелка спрямо T_a' , така че $T_b'-T_{b1}' = 5,0$ cm. Допълнителното

разширение на шева е $3,0$ cm. Секторът $T_a'-T_b'-45a-6'-43a'-T_a'$ се завърта по посока на часовниковата стрелка спрямо T_a' , така че $T_b'-T_{b2}' = 5,0$ cm. Допълнителното разширение на шева е $3,0$ cm.



Фигура 14 Моделиране на задната част на полата

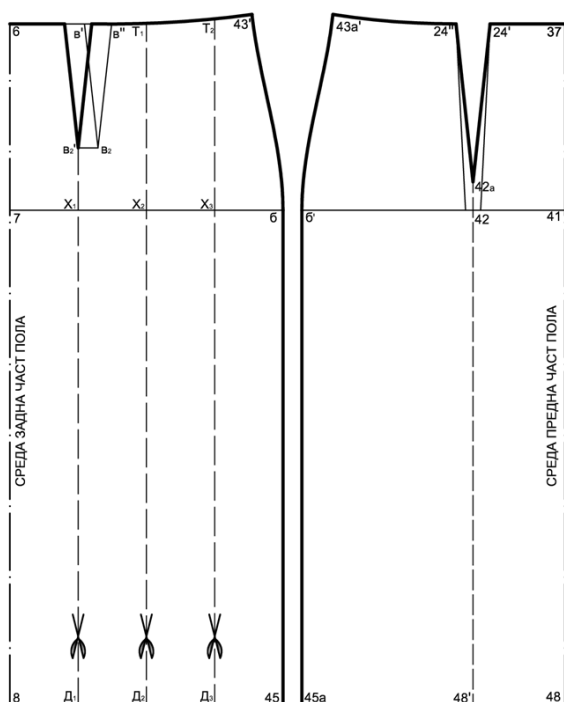


Фигура 15 Моделиране на предната част на полата

Пола Вариант 2 - средно разширение по линията на дължината

Полата на дамския сукман е от две части - предна и задна, при необходимост се допуска среден шев в задната част.

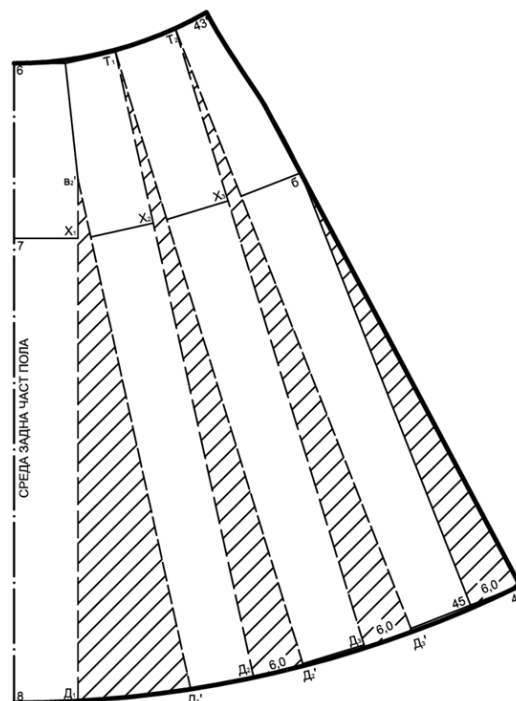
За Фигура 16: $7-X_1 = X_1-X_2 = X_2-X_3 = \frac{1}{4} 7-6$. Талийната свивка в задната част се измества наляво до съвпадане на върха τ_{B_2} с вертикалната линия, минаваща през τ_{X_1} . $42-42a = 3,0$ cm, талийната свивка в предната част се преоформя. Линии $\nu_2'-D_1$, T_1-D_2 , T_2-D_3 и $42a-48'$ -линии на срязване на детайлите за последващо конично разширение на съответните сектори.



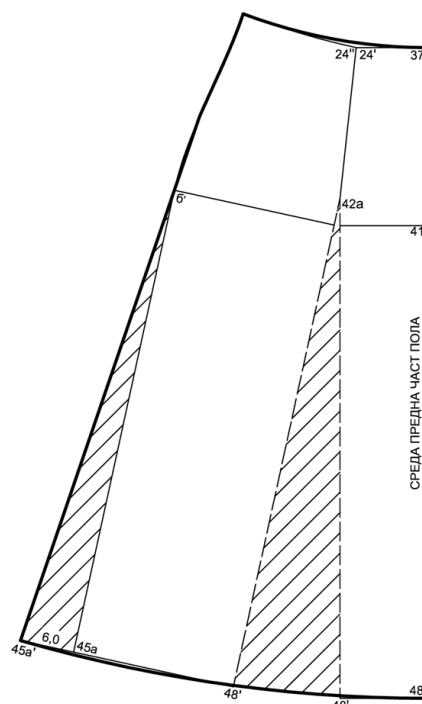
Фигура 16 Подготовка за моделиране на полата

За Фигура 17: Секторът $\nu_2'-D_1-45-43'-\nu_2'$ (от Фигура 16) се завърта в посока обратна на часовниковата стрелка спрямо $\tau_{\nu_2'}$ до пълно затваряне на свивката. Секторът $T_1-D_2-45-43'-T_1$ се завърта в посока обратна на часовниковата стрелка спрямо τ_{T_1} , така че $D_2-D_2' = 6,0$ cm. Секторът $T_2-D_3-45-43'-T_2$ се завърта в посока обратна на часовниковата стрелка спрямо τ_{T_2} , така че $D_3-D_3' = 6,0$ cm. Допълнително разширение на страничния шев $45-45' = 6,0$ cm.

За Фигура 18: Секторът $24''-42a-48'-45a-6'-43a'-24''$ (от Фигура 16) се завърта по посока на часовниковата стрелка спрямо τ_{42a} до пълно затваряне на свивката. Допълнително разширение на страничния шев $45a-45a' = 6,0$ cm.



Фигура 17 Моделиране на задната част на полата



Фигура 18 Моделиране на предната част на полата

Пола Вариант 3 - чупки по линия на талията в задната част и голямо разширение по линията на дължината

Полата на дамския сукман е от четири части - една предна, една средна и две странични задни части с чупки по линия на талията.

Предната част е идентична с тази от **Фигура 18**.

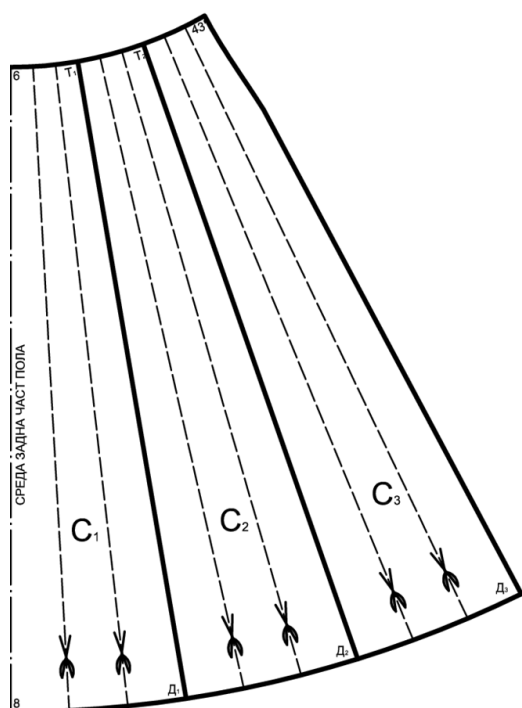
Задната част се моделира върху шаблона от **Фигура 17**.

За Фигура 19: Готовият детайл от **Фигура 17** се разделя на три сектора C_1 , C_2 и C_3 по следния начин:

По ЛТ: $6-T_1 = T_1-T_2 = T_2-43' = \frac{1}{3} 6-43'$

По ЛД: $8-D_1 = D_1-D_2 = D_2-D_3 = \frac{1}{3} 8-D_3$

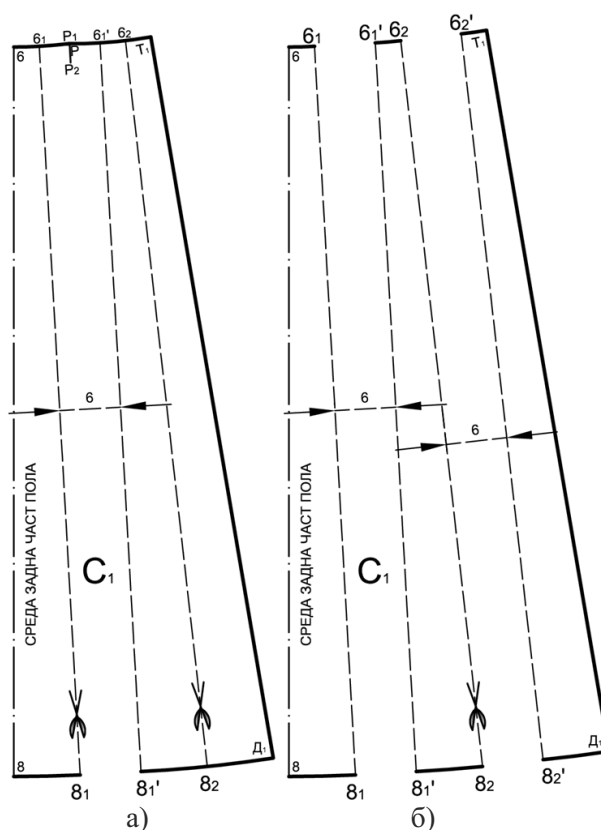
С пунктирни линии са обозначени линиите на срязване за последващо успоредно раздвижване на съответните сектори с цел оформяне на чупки с големина по 6,0 cm.



Фигура 19 Подготовка за моделиране на задната част на полата

Моделирането на чупките се демонстрира върху сектор C_1 (**Фигура 20**):

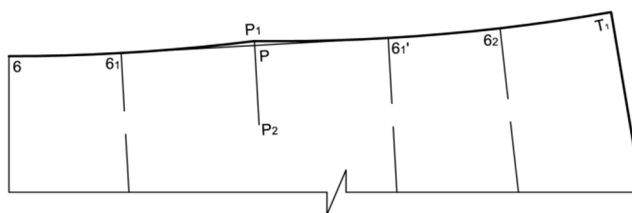
Секторът $6_1'-8_1'-D_1-T_1-6_1'$ е пренесен успоредно на разстояние 6,0 cm относно линия 6_1-8_1 (**Фигура 20a**). Секторът $6_2'-8_2'-D_1-T_1-6_2'$ е пренесен успоредно на разстояние 6,0 cm относно линия 6_2-8_2 (**Фигура 20б**).



Фигура 20 Моделиране на чупки

Оформянето на чупките по линията на талията се извършва по аналогия на описаната за първата чупка (**Фигура 21**) последователност:

Линия 6_1-P_1 е огледален образ на 6_1-6 относно 6_1-8_1 ; Линия $6_1'-P_1$ е огледален образ на 6_1-P_1 относно P_1-P_2 , (P_1-P_2 минава през средата T на $6_1-6_1'$).

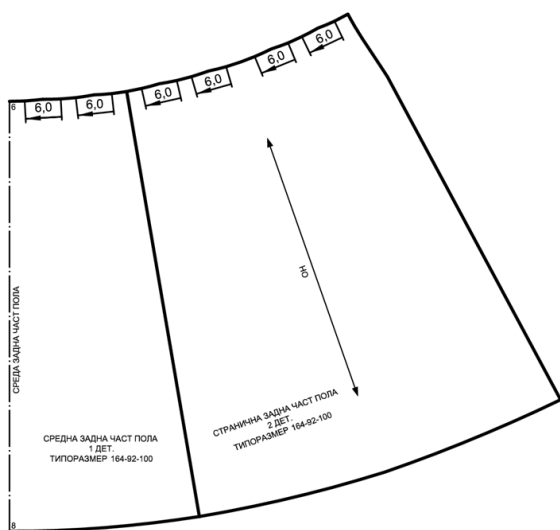


Фигура 21 Оформяне на чупки - фрагмент от **Фигура 20**

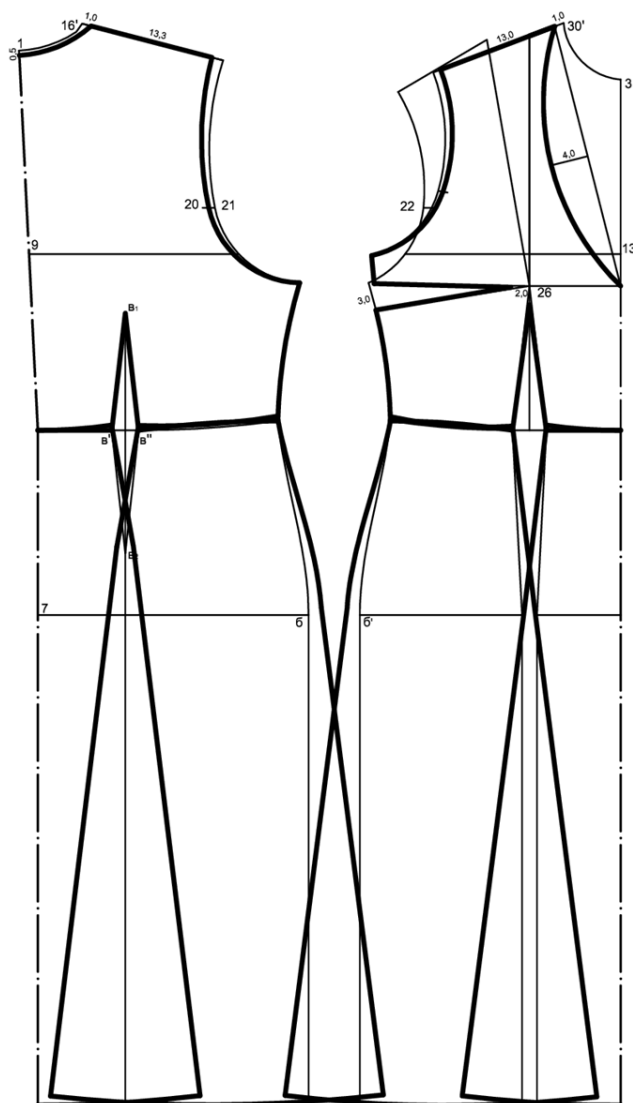
На **Фигура 22** е показана задната част на полата в готов вид.

Моделните варианти на дамските сукмани, показани на **Фигури 3, 4, 5 и 6**, се получават чрез комбиниране на избран вариант корсаж и пола.

На **Фигура 23** е представен конструктивният чертеж на дамски сукман Модел 1.



Фигура 22 Задна част пола



Фигура 23 Конструктивен чертеж на Модел 1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представени са моделни разработки на женски сукмани от сливенския край - основен елемент от сукманената женска носия.

Моделирането е осъществено върху базата на предварително уточнена и многократно използвана в практиката на автора основна конструкция на дамска рокля в полувтален силует, построена по методика на Muller & Soop. Чрез внесени корекции и промени в основните детайли на ИМК са получени моделните варианти на женски сукман.

Чрез комбиниране на избран вариант корсаж и пола се получава разнообразие от моделни варианти на женски сукман.

Разработката може да бъде в помощ на моделиера конструктор, занимаващ се с проектирането на сценични костюми за участие в художествената самодейност.

ЛИТЕРАТУРА

1. БДС 8371-89: Облекло шевно. Типови фигури за жени и техните размерни признаци, 1989.
2. Коева, Й., Сръчността на българката. 24 носии от Сливенския край, "Люти чушки" ООД, 2015.
3. Мюллер, М., Платъя и блузки, Конструирование, система кроя "М. Мюллер и сын", Издательский дом "Эдипресс-Конлига", Москва, 2007.
4. Наследникова, В., История на българския костюм, Наука и изкуство, С., 1974.
5. Muller, M., Schnittkonstruktionen für Kleider und Blusen, Rundschau-Verlag Otto G. Koniger GmbH & Co, Munchen, 1992.



Студентски модел на Ивона Расийска от официалната колекция на специалност "Моделиране, технология и мениджмънт в шевната индустрия" на Югозападния университет "Неофит Рилски" - Благоевград.



by EDOARDO MIROGLIO