

1

Ročník 20.  
**2013**

ISSN1335-0617

Indexed in:

Chemical  
Abstracts,

World Textile  
Abstracts

EMDASE

Elsevier  
Biobase

Elsevier  
GeoAbstracts

# VLAÍKNA TEXTIL

VÚTCH



CHEMITEK



TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC • FAKULTA TEXTILNÍ



Trentianska univerzita  
Fakulta priemyselných technológií v Púchove

Alexandra Dubčeka v Trnave



Spoľačnosť priemyselnej chémie



# FIBRES AND TEXTILES

## VLÁKNA A TEXTIL

### Vydáva

- Slovenská technická univerzita v Bratislave,  
Fakulta chemickej a potravinárskej technológie
- Technická univerzita v Liberci,  
Fakulta textilní
- Trenčianska univerzita A. Dubčeka v Trenčíne,  
Fakulta priemyselných technológií
- Výskumný ústav chemických vlákien, a.s. Svit
- Slovenská spoločnosť priemyselnej chémie,  
Bratislava
- VÚTCH – CHEMITEK, spol. s r.o., Žilina

### Published by

- Slovak University of Technology in Bratislava,  
Faculty of Chemical and Food Technology
- Technical University of Liberec,  
Faculty of Textile Engineering
- A. Dubček University in Trenčín,  
Faculty of Industrial Technologies
- Research Institute of Man-Made Fibres, j.s.c., Svit
- Slovak Society of Industrial Chemistry, j.s.c.,  
Bratislava
- VÚTCH – CHEMITEK, Ltd., Žilina

### Šéfredaktor (Editor in Chief): A. Ujhelyiová

#### Redakčná rada

M. Hricová, M. Jambrich, J. Kochan, P. Lizák, P. Michlík, M. Pajtášová, M. Prášil, M. Révus,  
I. Sroková, V. Váry

#### Editorial Board

R.U. Bauer (DE), D. Ciechanska (PL), T. Czigani (HU), J. Drašarová (CZ), A.M. Grancarić (HR), M. Krištofič (SK),  
I. Krucinska (PL), A. Marcinčin (SK), A.M. Marechal (SL), J. Militký (CZ), R. Redhammer (SK), J. Šajbidor (SK),  
J. Šesták (SK), M. Budzák (SK), J. Vavro (SK), V. Vlasenko (UA)

Výkonný redaktor (Executive Editor): M. Hricová

#### Redakcia a distribúcia časopisu: (Editorial Office and distribution of the journal)

STU in Bratislava, FCHPT, Oddelenie vlákien a textilu,  
Radlinského 9, 812 37 Bratislava, SK  
Tel: 00 421 2 59 325 575  
Fax: 00421 2 524 931 98  
e-mail: [marcela.hricova@stuba.sk](mailto:marcela.hricova@stuba.sk)

#### Objednávka a inzercia časopisu: (Order and advertisement of the journal)

Slovenská spoločnosť priemyselnej chémie,  
člen Zväzu vedecko-technických spoločností  
Radlinského 9, 812 37 Bratislava, SK  
Tel: 00 421 2 59 325 575, Fax: 00421 2 524 931 98  
e-mail: [marcela.hricova@stuba.sk](mailto:marcela.hricova@stuba.sk)

#### Objednávka časopisu zo zahraničia – okrem Českej Republiky Order of the journal from abroad – excepting Czech Republic

SLOVART G.T.G. s.r.o. EXPORT-IMPORT  
Krupinská 4, P.O.Box 152, 852 99 Bratislava, SK  
Tel: 00421 2 839 471-3, Fax: 00421 2 839 485  
e-mail: [info@slovart-gtg.sk](mailto:info@slovart-gtg.sk)

#### Sadzba a tlač

FOART, s.r.o., Bratislava

#### Typeset and printing at

Časopis vychádza 4x ročne  
Ročné predplatné 60 EUR

Journal is published 4x per year  
Subscription 60 EUR

Contributions are issued without any proof-readings

**ISSN 1335-0617**

Evidenčné číslo MKCR SR Bratislava EV 4006/10

# Fibres and Textiles (1) 2013

## Vlákna a textil (1) 2013

### Content

#### TEXTILE MATERIALS

- 3 *M. Motawe, A. Havelka, L. Hes and Z. Kús*  
Comparative study for cotton and merinowool  
fabrics comfort properties
- 9 *V. Chaban*  
Influence of plastic deformation warp thread on  
basic physical and mechanical data warp-  
knitting fabrics

#### TEXTILE CHEMISTRY

- 14 *J. Kebíšková, I. Sroková and V. Sasinková*  
Surface-active agents based on esterified  
polysaccharides

#### NEWS FROM DEPARTMENTS

- 20 *L. Nagy and A. Havelka*  
Power is the problem – piezoelectric elements  
usage as an energy source for smart clothing
- 26 *L. Sodomka*  
Philosophy and strategy at research of  
polymer technology of nanofibres

### Obsah

#### TEXTILNÉ MATARIÁLY

- 3 *M. Motawe, A. Havelka, L. Hes a Z. Kús*  
Porovnávacia štúdia komfortných vlastností  
výrobkov z bavlny a vlny merino
- 9 *V. Chaban*  
Vplyv plastickej deformácie osnovných nití na  
základné mechanicko-fyzikálne vlastnosti  
osnovných pletenín

#### TEXTILNÁ CHÉMIA

- 14 *J. Kebíšková, I. Sroková a V. Sasinková*  
Povrchovo-aktívne látky na báze  
esterifikovaných polysacharidov

#### Z VEDECKO-VÝSKUMNÝCH A VÝVOJOVÝCH PRACOVÍSK

- 20 *L. Nagy a A. Havelka*  
Napájanie je problém – použitie piezo  
elementov ako zdroja energie pre Smart odevy
- 26 *L. Sodomka*  
Filosofie a strategie při výzkumu polymerové  
technologie nanovláken



# COMPARATIVE STUDY FOR COTTON AND MERINOWOOL FABRICS COMFORT PROPERTIES

M. Motawe, A. Havelka, L. Hes and Z. Kůš

*Technical University of Liberec, Faculty of Textile Engineering, Department of Clothing Technology, Studentska 2, 461 17 Liberec, Czech Republic  
mhmotawe@gmail.com*

**Abstract:** In this research, thermophysiological properties for knitted fabrics made from cotton and merinowool were investigated. The results are presented graphically and discussed, and the influence of the type of fibers on thermophysiological properties was observed for both fabrics. Although cotton fabrics are widely and commonly used in tropical weather, but it was found that merinowool fabrics showed enhanced thermophysiological properties.

**Key words:** Thermophysiological properties, Clothing comfort, Merinowool, Cotton, Knitted fabrics.

## 1 INTRODUCTION

Textile clothing materials whether of woven, knitted or non-woven construction are disperse systems consisting of textile fibers, air and moisture. Air has a very low thermal conductivity and offers a high resistance to conductive heat transfer. Textile fibers are much better conductors of heat than air, i.e. the thermal conductivity of wool fibers is about 10 times and of cotton fibers about 25 times higher than of air [1-3].

As the fibers occupy major fraction of the total volume in a textile fabric, the differences in fiber type are of significant importance for the dry heat transfer, the thermal insulation and moisture transfer [1-3].

There are specific physical textile properties that may be measured in an effort to predict the comfort performance of a fabric; basically a textile material should be evaluated in terms of the most general functional properties: thickness, weight, thermal insulation, resistance to evaporation and air penetration. There are also some properties that could be an indicator for overall thermophysiological properties of the fabrics, for instance there are three clothing factors that relate directly to thermal comfort. First is the overall thickness of the materials with air spaces between the skin and environment, second is the extent to which air can penetrate the clothing by wind or wearer

motion, and the third is the requirement that fabric does not restrict the evaporation of perspiration [4-6].

## 2 EXPERIMENTAL

### 2.1 Measuring methods

In this work the different comfort properties, i.e. thermal effusivity  $e$  ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ), thermal diffusivity ( $m^2/s$ ), thermal conductivity  $k$  ( $W/mK$ ), thermal resistance  $R_{ct}$  ( $m^2Kw^{-1}$ ), water vapor resistance  $R_{et}$  ( $m^2Pa/W$ ) and water vapor permeability index  $I_{mt}$  for cotton and merinowool garments have been measured under nine different combinations of tropical conditions.

This was to determine the comfort properties of each type and to monitor the effect of humidity and temperature which actually exists in tropical countries on the comfort properties of these fabrics.

Thermal effusivity  $e$  ( $Ws^{1/2}/m^2K$ ), thermal diffusivity ( $m^2/s$ ) and thermal conductivity  $k$  ( $W/mK$ ) were measured using Thermal conductivity analyzer [7], while thermal resistance  $R_{ct}$  ( $m^2Kw^{-1}$ ) and water vapor resistance  $R_{et}$  ( $m^2Pa/W$ ) were measured using Sweat Guarded Hot Plate (SGHP) under isothermal conditions [8]. Water vapor permeability index  $I_{mt}$  was calculated using relevant standards [9].

## 2.2 Materials

In this work two different types of garments made from cotton and merino wool, with plain structure and very limited variation of weight and thickness were used to investigate and compare their thermophysiological properties, within the simulated designed tropical weathered conditions. Table 1 shows the specification of materials being used within this research.

**Table 1** Materials specification

Sample	Merino wool	Cotton
<b>Yarn count, Tex</b>	19.78	19.6
<b>Loop length, cm</b>	0.38	0.253
<b>Course count per cm</b>	22	23
<b>Wale count per cm</b>	12.2	11.5
<b>Thickness, m</b>	0.00097	0.00109
<b>Weight, g/m<sup>2</sup></b>	146.22	152.9

Nine different test conditions were carried for each of the samples, varying between 15°C then 25°C then 35°C, combined with different levels of humidity, from 40% then 60% and then 80%.

These simulated nine conditions represent the weather combinations during the year in the tropical condition. The mean results for ten experiments were calculated and data was graphically presented.

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

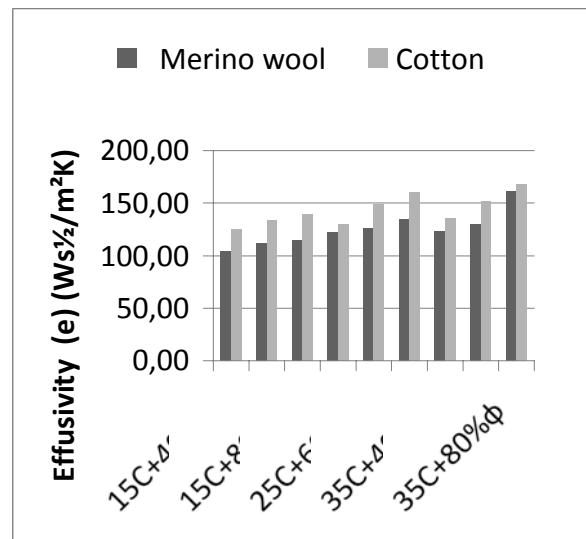
### 3.1 Thermal effusivity $e$ ( $\text{Ws}^{1/2}/\text{m}^2\text{K}$ )

Effusivity combines thermal conductivity, density and heat capacity into one value

$$e = \frac{1}{(kpc_p)^{1/2}} \quad (1)$$

where  $k$  is the thermal conductivity,  $p$  is the density and  $c_p$  is the specific heat capacity. The product of  $p$  and  $c_p$  is known as the volumetric heat capacity.

A material's thermal effusivity is a measure of its ability to exchange thermal energy with its surroundings [10].



**Figure 1** Tested material's effusivity

Due to high temperature and high humidity existing in the tropical condition, the effusivity ( $\text{Ws}^{1/2}/\text{m}^2\text{K}$ ); which assess the fabric's character in the aspect of it's "coolwarm" feeling, is getting higher. It is observed that fabrics with low value of thermal effusivity ( $\text{Ws}^{1/2}/\text{m}^2\text{K}$ ) gives us a "warm" feeling and vice versa. It is obvious from Figure 1 that cotton gives cooler feeling than merino wool fabrics.

### 3.2 Thermal diffusivity $a$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

Thermal diffusion is defined by the relationship:

$$a = \frac{k}{pc} \quad (2)$$

where  $p$  is fabric density,  $c$  is the specific heat of fabric, and  $k$  is the thermal conductivity. Thermal diffusion is an ability related to the heat flow through the fabric structure. Substances with high thermal diffusivity rapidly adjust their temperature to that of their surroundings [11]. It is clear from Figure 2 that merino wool has higher effusivity than cotton fabrics.

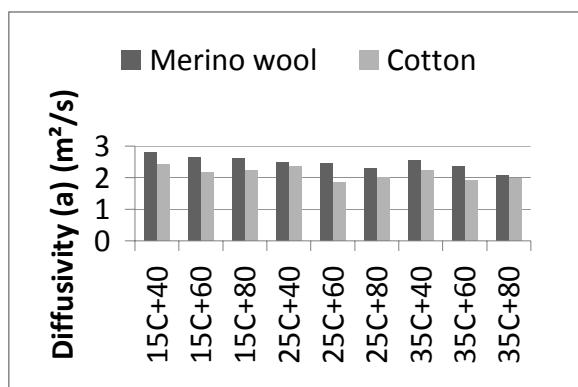


Figure 2 Tested material's diffusivity

### 3.3 Thermal conductivity $k$ (W/mK)

$k$  is defined as the thermal conductivity. Fabrics having a large thermal conductivity value are good conductors of heat; one with a small thermal conductivity value is a poor heat conductor, and it can be a good insulator.

Hence, the hot condition is simulated; it is then required to have fabrics that easily release the heat from the body [12].

$$Q = kA \frac{dT}{dX} \quad (3)$$

Equation (3) shows the total heat flow in accordance with the thermal conductivity, where  $Q$  is a measure of the heat flow,  $A$  is the cross sectional area and  $dT/dX$  is the temperature/thickness gradient.

It is concluded from (Figure 3) that cotton fabrics have high thermal conductivity compared with merino wool ones.

### 3.4 Thermal resistance $R_{ct}$ ( $\text{m}^2\text{Kw}^{-1}$ )

Thermal resistance is connected with fabric thickness by:

$$R_{ct} = \frac{\sigma}{k} \quad (4)$$

Where  $\sigma$  is the fabric thickness,  $k$  is the thermal conductivity [8, 13].

In such hot condition with higher temperature and higher humidity, it is desirable for the human being to wear something that eases the release of the body temperature, in a way to make the wearer feel cooler. Thermal

resistance of materials under investigation is shown in Figure 4.

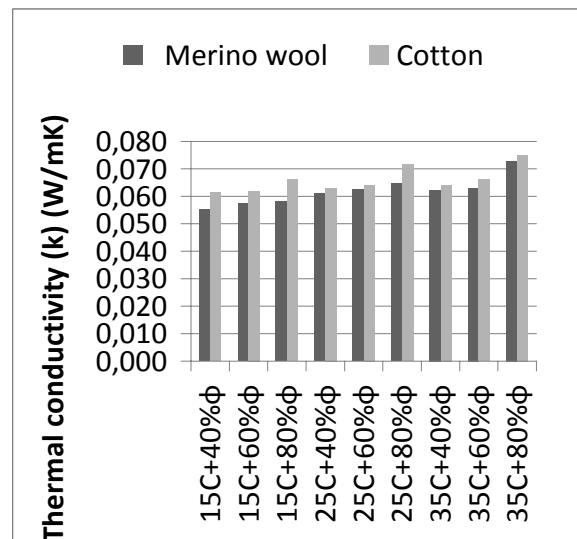


Figure 3 Tested material's conductivity

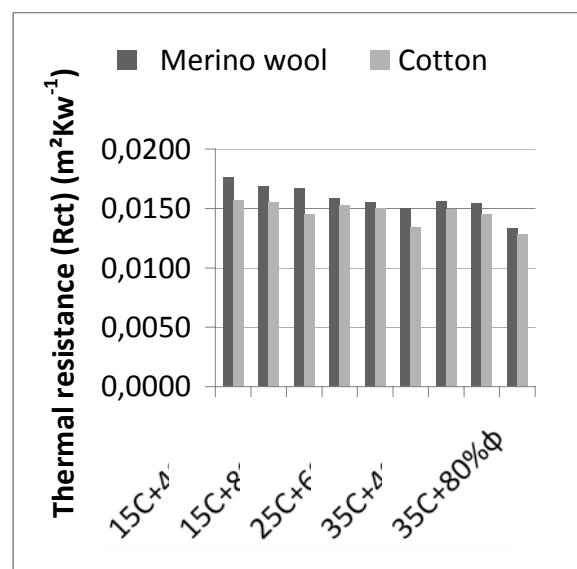


Figure 4 Tested material's thermal resistance

### 3.5 Water vapor resistance $R_{et}$ ( $\text{m}^2\text{Pa}/\text{W}$ )

Water vapor resistance  $R_{et}$  is the water-vapor pressure difference between the two sides of specimen, divided by the resultant evaporative heat flux per unit area in the direction of the gradient [8].

$$R_{et} = \frac{A'}{\Delta P \frac{H - \Delta H_e}{A}} \quad (5)$$

where  $\Delta P$  is the difference of partial pressure between the two sides of the specimen,  $A'$  is the area of the measuring unit (plate) in  $m^2$ ,  $H$  is the heating power supplied to the measuring unit (plate), and  $\Delta H_e$  is the correction term.

With the increase of temperature and humidity, the cotton absorbs the existence humidity causing the fibers to swell, which in turn minimizes the pores ratio with in the fabric.

As water vapor normally transfers from regions with high water vapor pressure to others with low water vapor pressure, passing through the pores in the fabric, the resistance to vapor transfer becomes higher due to the reduced pores areas, and at the same time because of the higher humidity existence.

These two phenomenon lead to higher water vapor resistance and less wearer comfort in the investigated tropical condition.

The water vapor resistance behavior of cotton and merino wool garments is shown in Figure 5.

### 3.6 Water vapor permeability index $I_{mt}$

$I_{mt}$  is the ratio of thermal resistance and the water vapor resistance according to:

$$I_{mt} = S \frac{R_{ct}}{R_{et}} \quad (6)$$

where  $S$  equals  $60 \text{ Pa/K}$ ,  $I_{mt}$  is dimensionless and has values between 0 and 1 [9, 14].

A value of 0 implies that the tested fabric is water vapor impermeable, that is, it has infinite water vapor resistance, and a material that has a value of 1 has both the water vapor resistance and the thermal resistance of an air layer with the same thickness.

The water vapor permeability index is a total indicator for wearer comfort from thermophysiological point of view. Figure 6 shows that merino wool fabrics show enhanced properties in the tropical condition.

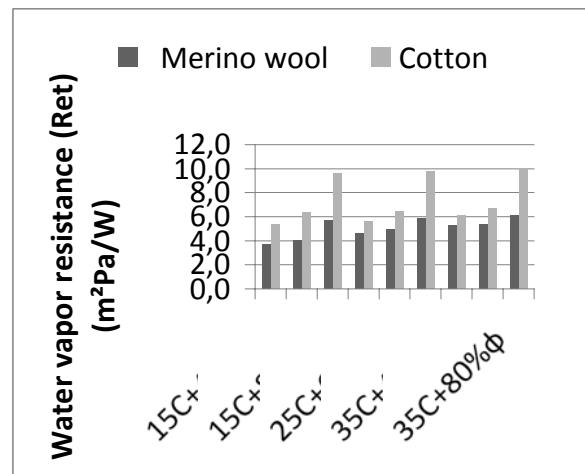


Figure 5 Tested material's water vapor resistance

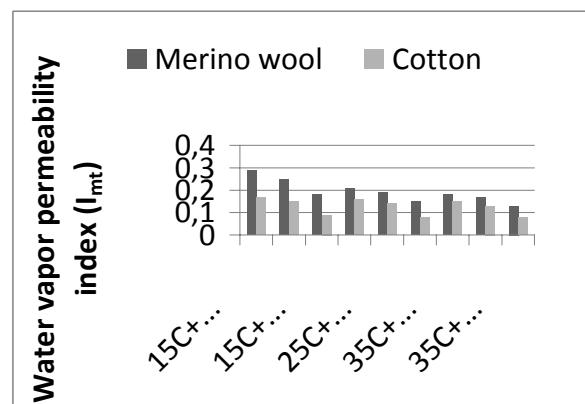


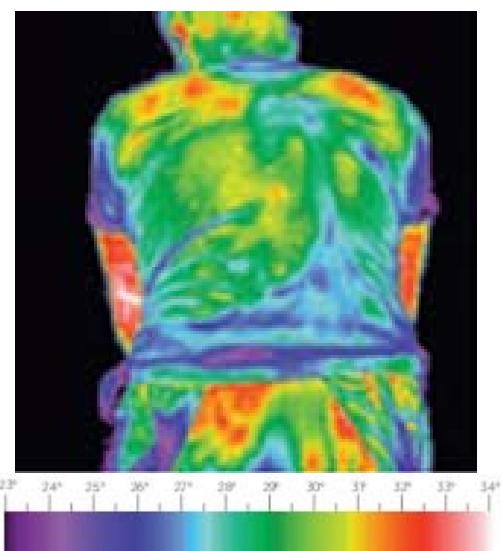
Figure 6 Tested material's water vapor permeability index

### 3.7 A comparative study in a selected condition

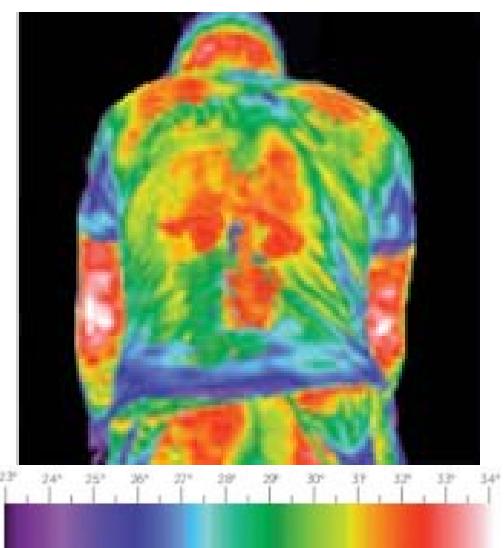
A comparative study for the tested fabrics was held in  $25^\circ\text{C}$  with 40% humidity, as a neutral condition related to the other conditions. Wearer trial have been done by a healthy human being and thermal photos were taken with thermal camera after forty minutes of continuous cycling, each of the trials was done in a single day to avoid over heating of the body, to make sure that there is no body over heating temperature involved in the thermal photographing, and to maintain the same body effort level as constant as possible.

Thermal photos were used to evaluate the fabrics thermoregulation properties.

Figures 7 and 8 show that merino wool maintains an enhanced thermoregulation property in the simulated tropical condition, even after doing an intensive physical effort for a certain amount of time. It shows that merino wool is more comfortable for the wearer as it gives more cooler feeling compared with cotton fabric.



**Figure 7** Merino wool thermal photo



**Figure 8** Cotton thermal photo

#### 4 CONCLUSION

This research aimed to studying thermophysiological properties for conventional garments used in tropical

weather countries, and comparing it to Merino Wool garments as an unconventional material.

It also aimed to evaluate the comfortability of these materials under different conditions of temperatures and humidity that actually exists in countries with hot weather.

It was found that Merino wool achieved two of the most significant thermophysiological properties desired for materials used in such a hot condition, which are; the lowest water vapor resistance, and the highest water vapor permeability index.

Cotton is good in absorbing sweat and humidity, but it is not that good when it comes to loosing that humidity. Humidity in the form of sweat or moisture within the surroundings, when absorbed by cotton fibers, it causes the fibers to swell, leading to less air permeability, which is a dominant factor in releasing the water vapor from the skin to the environment. Garments saturated with humidity causes unpleasant feeling when wearing, it sticks to the body, leading to less comfort to the wearer.

Thermal photographing showed that merino wool garment showed enhanced thermo-regulating properties compared to cotton garments.

It could be concluded that the dominant factor in the thermal behavior of the Merino wool is the special construction and the fineness of the fibers, as well as the air gaps in the fiber construction.

Merino Wool showed excellent properties at regulating body temperature, especially when worn against the skin; it draws moisture (sweat) away from the skin, in a phenomenon known as wicking. Merino Wool fabrics are slightly moisture repellent, as keratin fibers are hydrophobic at one end and hydrophilic at the other, it allows the wearer to avoid the feeling of wetness, combined with the body's ability to create heat; the fabric dries much faster than cotton creating a cycle of moisture evaporation.

## 5 REFERENCES

1. Woodcock A.H.: Moisture Transfer in Textile Systems, Part-I, *Textile Research Journal*. 32(8), 1962, 628-633
2. Keighley J.H.: Breathable fabrics and comfort in clothing, *Journal of Coated Fabrics* Vol. 15 October, 1985, 89-104
3. Olesen B.W., Sliwinska E., Madsen T.L., Fanger P.O.: Effect of body posture and activity on the insulation of clothing, *Ashrae Transactions* 32, 1982, 791-805
4. Yoo S. and Barker R.L.: Comfort properties of heat resistant protective workwear in varying conditions of physical activity and environment. Part I: Thermophysical and sensorial properties of fabrics, *Textile Research Journal* 75, 2005a, 523-530
5. Yoo S. and Barker R.L.: Comfort properties of heat resistant protective workwear in varying conditions of physical activity and environment. Part II: Perceived comfort response to garments and its relationship to fabric properties, *Textile Research Journal*. 75(7), 2005b, 531-541
6. Higgins S.C. and Anand M.E.: Textile materials and products for active wear and sportswear, *Technical Textile Market*, 1st quarter, 52, 2003, 9-40
7. C-Therm TCi Thermal Conductivity Analyzer manual, C-Therm Technological Company
8. Huang J.: Sweating guarded hot plate test method, *Polymer Testing* 25(5), 2006, 709-716
9. International Standard, ISO 11092, Textiles-physiological effects-Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (Sweating Guarded Hotplate test).
10. Baehr H. and Stephan K.: Wärme- und Stoffübertragung 4. Auflage, Springer, 2004, 172, ISBN 3-540-40130-X
11. Holman J.: Heat transfer, 9<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, 2002, ISBN 0070296391
12. Frydrych I., Dziworska G., Bilska J.: Comparative Analysis of the Thermal Insulation Properties of Fabrics Made of Natural and Man-Made Cellulose Fibres, Fibres and Textiles in Eastern Europe, October/December 2002, 40-44
13. Mecheels J. and Umbach K.H.: Thermo-physiological Properties of Clothing System, *Melliand Textilberichte* 58, 1978, 73-81
14. Das B., Das A., Kothari V.K., Fangueiro R. and de Araújo M.: Moisture transmission through textiles, Part 1: Processes involved in moisture transmission and the factors at play, *Autex Research Journal* 7(3), 2007, 100-110

# INFLUENCE OF PLASTIC DEFORMATION WARP THREAD ON BASIC PHYSICAL AND MECHANICAL DATA WARP-KNITTING FABRICS

V. Chaban

Kiev National University of Technologies and Design  
Nemirovich-Danchenko 2, 01011 Kiev, Ukraine  
chaban.v@knutd.com.ua

**Abstract:** Considered influence of stretch basic thread on amount of theirs plastic deformation. Here are results of the experimental researches in 3 forms of the thread: synthetic thread – polyester thread (PETF) 16.8 Tex, polyamide thread (kapron) 15.6 Tex, artificial hydrocellulose thread (viscose) 16.6 Tex.

**Keywords:** warp-knitting machine, knitting fabric, plastic deformation, rate of surface density.

## 1 INTRODUCTION

**Formulation of the problem:** Quality of warp-knitting fabrics largely depends from feeder and tension warp threads. Oscillation in tension threads lead to appearance a number defects and first of all to irregularity and incorrectness of loop structure of knitting fabric, to change its physical and mechanical properties. [1-3]. Successful solution of the problem for further improvement warp-knitting machines is target to improve quality of warp-knitting fabrics. In this should be considered influence of physical and mechanical properties warp threads on quantity of theirs plastic deformation after linkage in fabrics. Target of researches became analytic research of influence plastic deformation warp-threads link aged in knitting fabric on basic physical and mechanical data warp-knitting fabrics.

## 2 EXPERIMENTAL

### 2.1 Textile materials

It was chosen for experimental researches of definition influence warp threads on physical and mechanical properties of warp-knitting fabric was used fabric from three kinds of packages and three kinds of threads: polyester thread (PETF) 16.8 Tex, polyamide

thread (Kapron) 15.6 Tex, viscose thread 16.6 Tex.

### 2.2 Research methods

**Object and methods of research:** Object of researches elected warp-knitting fabrics and influence of plastic deformation warp thread on basic physical and mechanical properties. Definition of surface density was conduct by standard method (merged sizes and weight of spot sample). Definition of rate of thermal conductivity was conduct by standard method (merged temperature of layers warp-knitting fabric on permanent power of heat flow). For definition rate of air permeability was used device VPTM-2, that merges quantity of air that coming through unit of area in unit of time. For definition rate of stability to abrasion was used device DIT-M, that working on planetary motion at sample.

## 3 RESULTS AND DISCUSSIONS

### 3.1 Surface density

Define influence of plastic deformation on quantity surface density of fabrics. Calculation will be conducted by the formula [4].

$$PP = \frac{m}{S_p + S_{pi}}, \quad (1)$$

where  $PP$  – is surface density,  $m$  - mass of selected sample,  $S_p$  - area of sample without plastic deformation,  $S_{pr}$  - additional area, which added because of plastic deformation. Results of the calculations by the formula (1) illustrated on Figure 1. It should be noted, that for all types of threads calculation conducted for the biggest tension, that reached 30. For this value of tension was considered quantity of plastic deformation, that was got by thread after link aging in jersey fabrics.

Analysis of the obtained data allowed making further conclusions. The biggest decreasing of surface density was observed in fabrics with polyester threads to 5.6%. The lowest decreasing of surface density was observed in fabrics with polyamide thread to 1.5%. In fabrics with viscose threads decreasing of surface density was 3.2%. These results explained by physical and mechanical

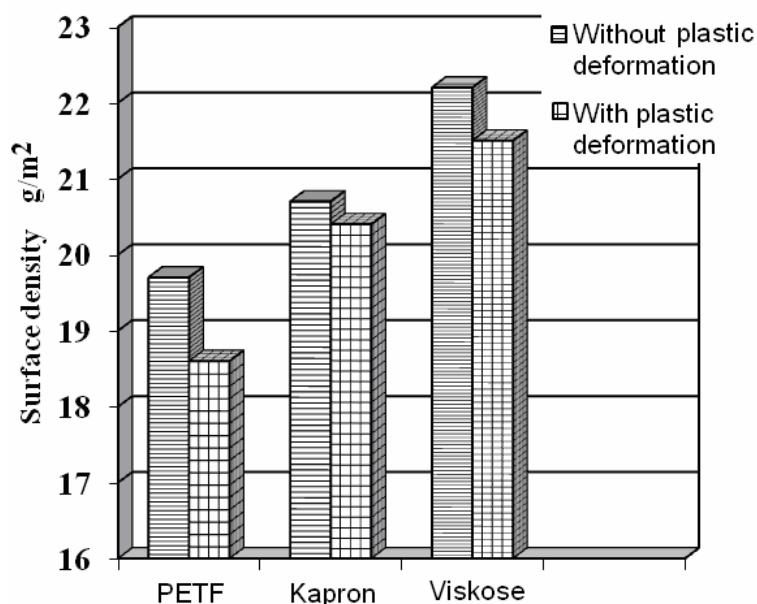
properties of the given threads, in particular relative strength and relative elongation. These decreasing of surface density leads to decreasing canvas resistance to abrasion, to decreasing thermal properties, to increasing air permeability. Certainly, in each specific case should be considered purpose of produced fabrics.

### 3.2 Thermal properties

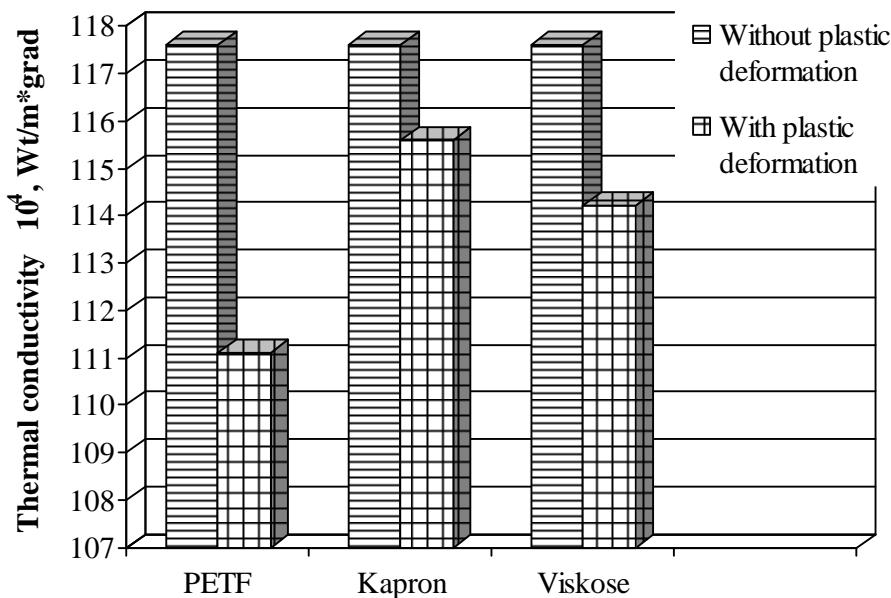
Define influence of plastic deformation on thermal properties on knitting fabrics. Evaluate degree thermal conductivity will be at a rate of thermal conductivity. [4].

$$\lambda = \frac{Q\delta}{S(t_1 - t_2)} \quad (2)$$

where  $Q$  - power of thermal flow,  $\delta$  - thickness of the material,  $S$  - area of the material and  $t_1, t_2$  - surfaces temperature layer of material.



**Figure 1** Definition of surface density



**Figure 2** Results of calculation rate of thermal conductivity

Analysis of the obtained data showing that the biggest difference in its quantity will be in polyester threads –  $6.5 \times 10^{-4}$  Wt/(m\*grad). For PA thread and viscose thread quantity of the rate of thermal conductivity in case with plastic deformation and without it will be close values. Explanation of this is that polyester threads got the biggest value of thickness – 16.8 Tex. It should be noted that in case without plastic deformation structure of knitting fabrics is denser with minor air “pillows”.

### 3.3 Air permeability

Define influence of plastic deformation on air permeability. For this is easy to use rate of air permeability. Rate of air permeability equals:

$$B = \frac{V}{ST} \quad (3)$$

where  $B$  - rate of air permeability,  $V$  - quantity of air that passes through material,  $S$  - area of the material,  $T$  - air passing time

Calculation results of the rate of air permeability are illustrated on Figure 3.

These results explained by in case with plastic deformation structure of knitting fabrics obtained more discharged and knitting

fabrics easier passes over air. For polyester knitting fabrics this rate equals respectively 1.47 and 1.38. It should be noted that quality assessment knitting fabrics depends on its functional purpose.

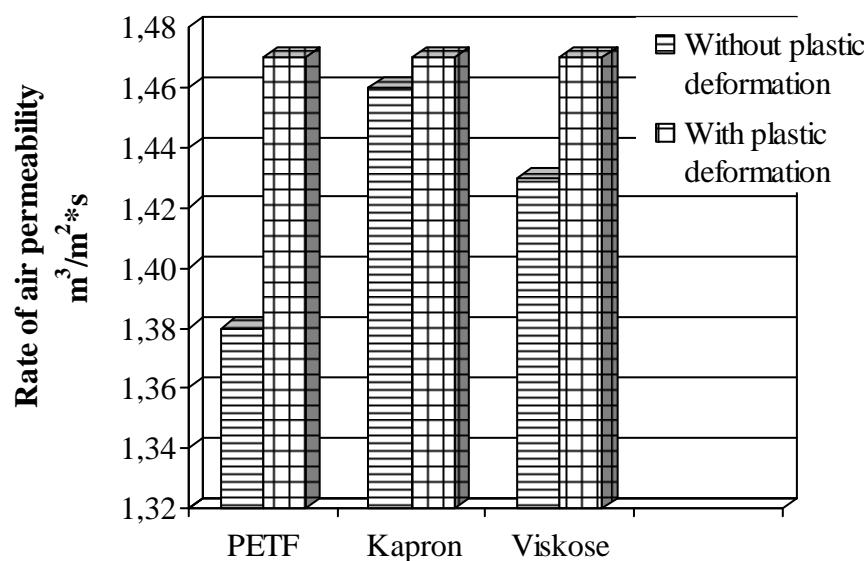
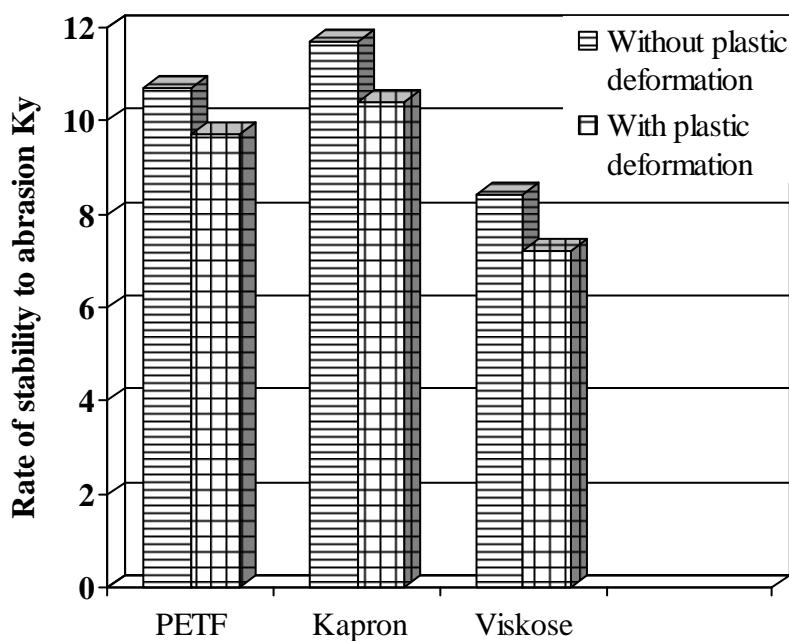
### 3.4 Stability of knitting fabrics to abrasion

Let's analyze process definition stability knitting fabrics to abrasion counting the presence plastic deformation. The main indicator, that characterizes stability jersey fabrics to abrasion, is rate of stability knitting fabrics to abrasion  $K_y$  [5]. As calculation formula adopted dependence [5]

$$K_y = \frac{n}{m} \quad (4)$$

where  $n$  - number of abrasion cycles until destruction of sample warp-knitting fabrics,  $m$  - mass for 1 m<sup>2</sup> of warp-knitting fabrics [g].

Calculation results of the dependence rate of stability knitting fabrics to abrasion to type of raw illustrated on Figure 4.

**Figure 3** Value of rates of air penetrability**Figure 4** Value of rate of stability knitting fabrics to abrasion

Analysis of the obtained data showing that in all three variants bigger stability to abrasion shows knitting fabrics, in which threads have got minimal plastic deformation. That explained by bigger dense in structure, when filling sample volume of knitting fabrics by material will be maximal. The biggest value rate of stability to abrasion observed in knitting fabrics, that made with PA threads and equals respectively 10.4 and 11.7 Tex.

Interesting, the dependence rate of stability to abrasion depends on quantity of plastic deformation in warp threads. Let's consider this example of warp-knitting fabrics made of polyester threads 16.8 Tex. As a result experiment was got further values that illustrated in Table 1.

**Table 1** Value rate stability of stability to abrasion on different values of plastic deformation

<b>quantity of plastic deformation <math>\varepsilon_{P\ell}</math> [%]</b>	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
<b>rate of stability to abrasion <math>K_y</math></b>	10.5	10	9.81	9.8	9.75	9.73

To obtain calculation dependence is necessary to approximate data from Table 1. For this there was developed special software with algorithm that based on polynomial approximation. Polynomial approximation allows realizing automatic choice of degree of polynomial that leads to definition rates in regression equation and obtaining result with given accuracy. In calculation result obtained further regression equation of dependence rate of stability to abrasion from quantity of plastic deformation.

$$K_y = 14.72 - 2.06\varepsilon_{P\ell} + 0.21\varepsilon_{P\ell}^2 \quad (5)$$

#### 4 CONCLUSIONS

- Defined influence of quantity of plastic deformation on surface density, on thermal properties, on air permeability, on stability to abrasion of warp-knitting fabrics that allowed creating background for analysis of knitting fabrics products.
- Developed special software for approximation experimental data by definition quantity of plastic deformation of knitting fabrics on quantity rate of stability to abrasion.

#### 5 REFERENCES

1. Dalidovich A.S.: Technology of Knitted Fabric Production [in Russian], Gizlegprom, Moscow, 544, 1939
2. Moiseenko F.A.: Normalization process on the basis of knitting-knitting machines [in Russian], Light industry, Moscow, 200, 1978
3. Garbaruk V.N.: Calculation and design of knitting machines, Mechanical engineering, Leningrad, 472, 1980
4. Torkunova Z.A.: Fabric proving, Legprombytizdat, 200, 1985
5. Buzov B.A., Modestov T.A., Alymenkova N.D.: Science of material garment production, [in Russian], Light industry, Moscow, 480, 1978

# POVRCHOVO–AKTÍVNE LÁTKY NA BÁZE ESTERIFIKOVANÝCH POLYSACCHARIDOV

J. Kebísková<sup>1</sup>, I. Sroková<sup>1</sup> a V. Sasinková<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trenčianska Univerzita Alexandra Dubčeka, Fakulta priemyselných technológií,  
I. Krasku 491/30, 020 01 Púchov, Slovenská republika

<sup>2</sup>Chemický ústav SAV, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9,  
845 38 Bratislava, Slovenská republika  
jarmila.kebiskova@fpt.tnuni.sk

**Abstrakt:** Esterifikáciou škrobu a karboxymetylškrobu s oleoylchloridom sa pripravili odpovedajúce oleáty škrobu (O-Š) a O-(karboxymetyl) škrobu (O-KMŠ) v prostredí pyridínu respektíve DMSO/py, klasickým alebo mikrovlnným ohrevom. Tieto sa následne charakterizovali FT-IR spektroskopiou, ktorá sa použila aj na stanovenie stupňa substitúcie (DS) pripravených esterov. Oleáty škrobu sa pripravili s vyšším DS (0,8 -1,8), kým oleáty KMŠ boli len veľmi málo substituované. Pripravené estery boli rozpustné, alebo čiastočne rozpustné vo vode. Hodnotili sa ich vybrané povrchovo-aktívne vlastnosti (povrchové napätie, kritická micelová koncentrácia a emulgačná účinnosť). Deriváty neznižovali povrchové napätie vody a ich emulgačná účinnosť je porovnatelná, alebo nižšia ako štandard. Výnimkou je oleát KMŠ pripravený klasickým ohrevom, ktorý znižuje povrchové napätie na ~ 41 mNm<sup>-1</sup> a má tiež veľmi dobrú emulgačnú účinnosť. Použitie MW ohrevu pri príprave derivátov škrobu a KMŠ je významné z ekonomickeho i environmentálneho hľadiska.

**Kľúčové slová:** estery škrobu a karboxymetylškrobu, povrchovo-aktívne vlastnosti.

## 1 ÚVOD

Polysacharidy sú prírodné polyméry získané z obnoviteľných zdrojov surovín a mnohé majú funkčné vlastnosti (algináty, hyalurónová kys., pektíny, chítín, heparín,...) a nachádzajú využitie v potravinárskom, farmaceutickom priemysle, ale aj v iných oblastiach [1, 2]. Komerčné polysacharidy, ktoré nemajú uvedené funkčné vlastnosti ich môžu získať zámerou funkcionálizáciou. Cieľom je získať polyméry s rôznymi špecifickými vlastnosťami (povrchovo-aktívne látky, zahustovačká, aditíva, antioxidanty a pod.) so zachovaním ich biodegradovateľnosti. Na prípravu funkcionálizovaných biopolymérov z komerčných typov polysacharidov, sa využíva celulóza a jej deriváty (HEC, CMC...), škrob a hemicelulózy. Funkcionálizované deriváty je možné pripraviť fyzikálnymi, chemickými alebo biochemickými modifikáciami. Pri modifikáciách polysacharidov dochádza k zmenám fyzikálno-chemických vlastností a často získavajú až unikátné vlastnosti, čo je veľmi dôležité pri ich ďalšej aplikácii. Fyzikálno-

chemické vlastnosti modifikovaných polysacharidov závisia hlavne od stupňa substitúcie (DS) [1]. Polysacharidy obsahujú voľné hydroxylové skupiny, ktoré sú schopné reagovať s rôznymi reaktantmi. Pri týchto reakciách vznikajú ich deriváty, najčastejšie étery a estery [3]. Škrob patrí k najvýznamnejším polysacharidom. Nachádza uplatnenie v mnohých odvetviach priemyslu (v potravinárstve, textilnom, papierenskom a farmaceutickom priemysle). V technických odboroch sa škrob používa až po čiastočnej chemickej úprave – hydrolýze, esterifikáciu, a podobne. Tým sa zlepšia jeho vlastnosti ako aj odolnosť voči tepelným vplyvom, napučiavaniu a hlavne rozpustnosť vo vode, ale aj ďalšie [4]. Karboxymetylškrob je veľmi dôležitým modifikovaným škrobom s jedinečnými vlastnosťami [5]. Je možné z neho pripraviť étery alebo estery s vlastnosťami povrchovo-aktívnych látok, s využitím ako polymérne surfaktanty so zníženou retrogradáciou v roztoku [6,7]. Cieľom predkladanej práce je príprava a charakterizácia vodorozpustných esterov – oleátov škrobu a karboxymetylškrobu, ako aj

hodnotenie ich povrchovo-aktívnych vlastností (povrchové napätie, kritická micelová koncentrácia a emulgačná účinnosť).

## 2 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

### 2.1 Materiály a chemikálie

Na prípravu esterov- oleátov škrobu (O-Š) a karboxymetylškrobu (O-KMŠ) sa použil zemiakový škrob s 22%-ným obsahom amylózy, 78%-ným obsahom amylopektínu a 12%-ným obsahom vlhkosti (Spolana-Neratovice, Česká republika) a O-(karboxymetylškrob) s DS = 0,3 (Friedrich-Schiller-Univerzität, Jena, Nemecko). Ako modifikátor sa použil chlorid kyseliny olejovej (85%) a ako katalyzátor 4-dimetylaminopyridín, ch. č. (DMAP) (Sigma-Aldrich Chemie, Steinheim, Nemecko). Pyridín, dimethylsulfoxid (DMSO) (Mikrochem – Bratislava, Slovenská republika).

Pri hodnotení emulgačných účinností pripravených oleátov škrobu a KMŠ sa použil ako štandard kommerčne používaný emulgátor Tween 20 (Sigma-Aldrich Chemie, Steinheim, Nemecko).

### 2.2 Použité metódy

FT-IR spektrá sa namerali na Spektrofotometri NICOLET 6700 s ATR nadstavcom (Smart Orbit s diamantovým kryštálom) v rozsahu 4000-800  $\text{cm}^{-1}$  s rozlíšením 4  $\text{cm}^{-1}$  a počtom skenov 128. Na stanovenie povrchového napäťa vodných roztokov sa použil Tensiometer Le Compte du Nouy. Emulzie sa pripravili na laboratórnom minimixéri HEIDOLPH DIAx 900, Heidolph Instruments GMBH & CO KG pri 30 500 ot/min.

### 2.3 Syntéza oleátov O-Š a O-KMŠ

Esterifikácia škrobu a KMŠ sa uskutočnila reakciou s oleoylchloridom pri konštantnom hmotnostnom pomere 1:3, klasickým i mikrovlnným ohrevom. Esterifikácia škrobu sa realizovala v pyridíne, KMŠ v pyridíne, alebo v zmesi DMSO/py. Podmienky esterifikácie škrobu a KMŠ s oleoylchloridom (1:3), ich výťažky, rozpustnosť vo vode ako aj stupeň substitúcie (DS) sú uvedené v Tab. 1. Príprava oleátov škrobu je podrobne uvedená v lit. [8] a oleátov KMŠ v práci [9].

### 2.4 Metodiky stanovenia povrchovo-aktívnych vlastností

Povrchové napätie vodných roztokov O-Š a O-KMŠ sa namerala v koncentračnom rozmedzí 0,019-2,5 g.l<sup>-1</sup> pri teplote 25°C krúžkovou metódou na prístroji Tensiometer Le Compte du Nuoy [10]. Zo závislosti  $\gamma=f(\log c)$  sa stanovila kritická micelová koncentrácia (cmc), ktorá je daná priesiečníkom dvoch extrapolovaných kriviek uvedenej závislosti.

Emulgačná účinnosť pripravených esterov sa hodnotila sledovaním stability emulzii typu „olej/voda“ (O/V) mikrometódou, uvedenou v literatúre [11]. Emulzie sa pripravili z 0,5%-ného vodného roztoku derivátu a oleja nasledovne: 1 ml parafínového oleja, zafarbeného červeným farbivom Sudan IV (0,01%) a 9 ml vody obsahujúcej 0,05 g esteru škrobu alebo KMŠ sa mieša na laboratórnom minimixéri Heildolph Diax 900 pri 30 500 ot/min 1 minútu. Stabilita emulzie sa hodnotila na základe výšky (mm) oddeleného oleja  $h_1$ ,  $h_2$  a  $h_3$  a výšky  $h_0$  (mm) krémovej vrstvy vytvorennej na povrchu emulzie v časových intervaloch po 5 min, 1 hod a 24 hod.

**Tab. 1** Podmienky a výsledky esterifikácie škrobu a KMŠ s oleoylchloridom

Derivát	Teplota [°C]	Čas [min]	Spôsob ohrevu	Výťažky g/1 g	Rozpustnosť vo vode	Stupeň substitúcie (DS)
O-Š 1	105	180	KL	1,3	ČR	1,83
O-Š 2	105	2,5	MW	1,2	R	0,78
O-KMŠ 1	50	150	KL	1,3	R	0,03
O-KMŠ 2	105	2,5	MW	1,3	ČR	-

KL - klasický ohrev; MW - mikrovlnný ohrev; R – rozpustný vo vode; ČR – rozpustný vo vode pri 50°C; DS - stanovený z FT-IR spektier

### 3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

#### 3.1 Charakterizácia oleátov škrobu a KMŠ

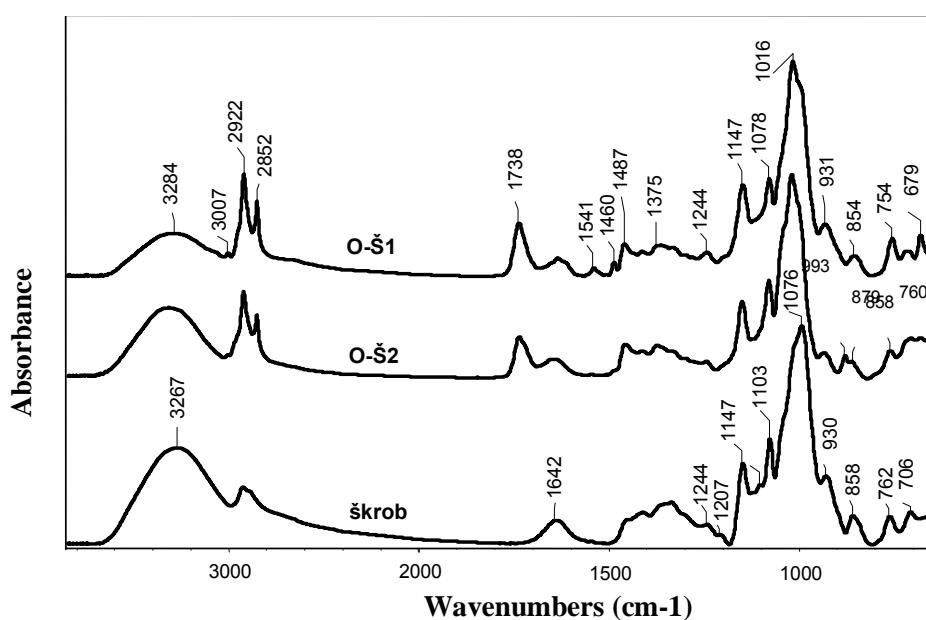
FT-IR spektrá pripravených oleátov škrobu O-Š 1 a O-Š 2 a východiskového škrobu sú uvedené na Obr. 1. V spektrách oleátov škrobu (Obr. 1) sa nachádzajú charakteristické pásy pri  $1738\text{ cm}^{-1}$ , ktoré odpovedajú vlnočtom  $\nu(\text{C=O})$  esterovej skupiny a tiež vidno nárast pásov pri  $2922$  a  $2852\text{ cm}^{-1}$ , ktoré odpovedajú vlnočtom  $\nu(\text{C-H})$  methylénových skupín od substituenta (zvyšku kys. olejovej), ako aj pokles pásu pri  $3284\text{ cm}^{-1}$  prislúchajúci vlnočtom  $\nu(\text{O-H})$  hydroxylových skupín. Z plochy pásov pripravených oleátov škrobu odpovedajúcich vlnočtom  $\nu(\text{O-H})$  skupín  $\sim 3200\text{ cm}^{-1}$  sa vypočítal DS postupom uvedeným v literatúre [12].

Pretože vo FT-IR spektrách (nie sú uvedené) oleátov karboxymetylškrobu (O-KMŠ 1 a O-KMŠ 2) sa esterový pás  $\nu(\text{C=O})$  pri  $1736\text{ cm}^{-1}$  prekrýva s pásom karboxymetylovej skupiny východiskového KMŠ, sa v tejto práci uvádzajú len diferenčné spektrum (Obr. 2) O-KMŠ 2 pripraveného MW ohrevom a východiskového KMŠ v oblasti vlnočtov  $2800$ - $3000\text{ cm}^{-1}$ , kde vidno nárast pásu odpovedajúceho methylénovým skupinám  $\nu(\text{C-H})$  pri  $2924$  a  $2850\text{ cm}^{-1}$ . Porovnaním diferenčných spektier

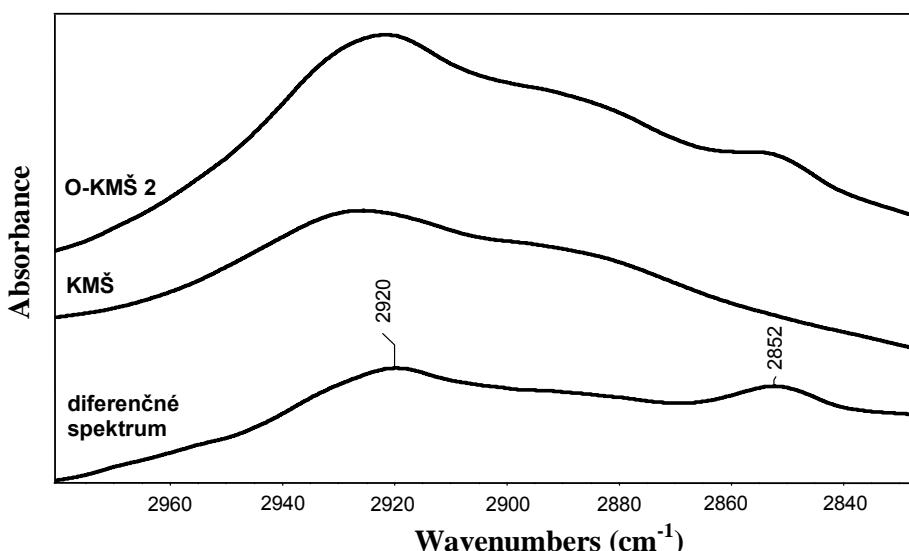
oboch oleátov KMŠ (diferenčné spektrum O-KMŠ 1 nie je uvedené) je väčší nárast plôch u derivátu O-KMŠ 2 pripraveného použitím MW ohrevu a je teda relatívne viac esterifikovaný.

#### 3.2 Hodnotenie povrchovo-aktívnych vlastností

Z povrchovo-aktívnych vlastností pripravených esterov sa stanovilo povrchové napätie, kritická micelová koncentrácia (cmc) a emulgačná účinnosť. Oleáty škrobu aj KMŠ vykazujú typickú závislosť povrchového napäťa ( $\gamma_{\min}$ ) od log c okrem oleátu O-KMŠ 1 pripraveného klasickým ohrevom, ktorý nevykazuje zlom na uvedenej krvke závislosti a netvori micely v uvedenom koncentračnom rozmedzí (nevykazuje cmc). Možno konštatovať, že v uvedenom koncentračnom rozmedzí nebolo možné stanoviť cmc. V Tab. 2 sú uvedené namerané hodnoty povrchového napäťa, kritickej micelovej koncentrácie (cmc), ako aj výsledky stanovenia emulgačných účinností emulzií typu O/V. Ako vidno z uvedenej tabuľky, pripravené estery znižujú povrchové napätie vody len mierne, ale najviac znižuje derivát O-KMŠ 1 pripravený klasickým ohrevom na hodnotu  $41,1\text{ m.Nm}^{-1}$ .



Obr. 1 FT-IR spektrá oleátov škrobu O-Š 1 a O-Š 2 a východiskového škrobu



**Obr.2** Diferenčné FT-IR spektrum O-KMŠ 2 pripraveného MW ohrevom a východiskového KMŠ

**Tab. 2** Hodnoty  $\gamma_{\min}$ , cmc a emulgačnej účinnosti emulzií typu O/V

Derivát	$\gamma_{\min}$ (m.Nm <sup>-1</sup> )	cmc (kg.m <sup>-3</sup> )	Olej / krém vrstva (mm/mm)		
			$h_1 / h_0$	$h_2 / h_0$	$h_3 / h_0$
O-Š 1	57,8	0,62	0/10	0/7 <sup>b</sup>	1/9 <sup>b</sup>
O-Š 2	55,7	0,62	0/11	0/10	0/9
Škrob			0/17	0/17	0/16
O-KMŠ 1	41,1	Nemá	0/0	0/73	0/51
O-KMŠ 2	56,5	1,25	0/18	0/13	0/12
KMŠ <sub>0,3</sub> <sup>a</sup>	65,0	2,29	0/4	1/9	3/5
Tween 20			0/0	0/0	0/11

a - literatúra [13]

b - čiastočná koalescencia oleja v krémovej vrstve

$h_0$  - výška krémovej vrstvy (mm)

$h_1$  - výška oddeleného oleja od krémovej vrstvy po 5 minútach (mm)

$h_2$  - výška oddeleného oleja od krémovej vrstvy po 1 hodine (mm)

$h_3$  - výška oddeleného oleja od krémovej vrstvy po 24 hodinách (mm)

cmc - kritická micelová koncentrácia

Emulgačná účinnosť pripravených oleátov škrobu a KMŠ sa porovnala s východiskovým škrobom, KMŠ a Tweenom 20. Ako vyplýva z hodnôt emulgačných účinností (Tab. 2), škrob tvorí krémovú vrstvu už po 5 minútach a táto sa takmer nezmenila v priebehu celého hodnotenia. Oleát škrobu O-Š 1 pripravený klasickým ohrevom, však stabilnú emulziu netvorí a po 24 hodinách sa oddelila olejová vrstva (s výškou cca 1 mm), ktorá nebola súvislá. Súvisí to pravdepodobne so slabou schopnosťou derivátu znižovať medzifázové napätie a vytvárať ochrannú absorpčnú vrstvu, ktorá bráni koalescencii oleja v

dôsledku nedostatočného obsahu hydrofóbnych skupín zodpovedných za tvorbu kontaktu medzi olejom a vodnou fázou. Oleát škrobu O-Š 2 pripravený účinkom MW ohrevu však poskytol lepšie výsledky, pretože k oddeleniu olejovej vrstvy nedošlo v priebehu 24 hodín, hoci krémová vrstva vznikla už po 5 minútach od prípravy emulzie.

Pri hodnotení emulgačných účinností oleátov KMŠ sa prejavil hydrofóbny vplyv substituentov z kyseliny olejovej i napriek veľmi malému stupňu esterifikácie. Východiskový KMŠ netvorí stabilné emulzie,

k oddeleniu oleja došlo už po 1 hod. Derivát O-KMŠ 2 pripravený mikrovlnným ohrevom v porovnaní s východiskovým KMŠ vykazuje zlepšené vlastnosti pri tvorbe emulzie, ale nie sú porovnateľné s komerčným emulgátorom Tweenom 20. Krémová vrstva vznikla už po 5 minútach hodnotenia a mierne sa zmenšovala, ale olejová vrstva sa neoddelila. Klasickým ohrevom pripravený ester O-KMŠ 1 vykazoval relatívne dobrú stabilitu emulzií v porovnaní s východiskovým KMŠ aj s O-KMŠ 2 a bol najlepším emulgátorom z pripravených esterov. Tvoril stabilnú emulziu v priebehu 24 hod. Možno konštatovať, že z dvoch esterov KMŠ približne rovnakého stupňa substitúcie (podobne ako pri hodnotení povrchového napäťa) najlepšiu a stabilnú emulziu tvoril práve ester O-KMŠ 1 pripravený klasickým ohrevom.

Porovnaním hodnotených povrchovo-aktívnych vlastností dvoch oleátov dvoch polysacharidov (škrob a KMŠ), lepšie vlastnosti sa dosiahli práve u aniónového polysacharidu KMŠ. Táto skutočnosť môže súvisieť s lepšou rozpustnosťou vo vode po hydrofobizácii, ako aj vyrovnanejšou hydrofilno-hydrofóbnu rovnováhou v makromolekule KMŠ.

## 4 ZÁVER

Z dosiahnutých výsledkov možno formulovať nasledujúce závery:

Esterifikácie škrobu (neiónového polysacharidu) a KMŠ (aniónového polysacharidu) chloridom kyseliny olejovej pri konštantnom hmotnostnom pomere 1:3, uskutočnené v homogénnom prostredí, klasickým ako aj MW ohrevom pri teplote 50-105°C a reakčnom čase 2,5-180 min viedli k príprave vodorozpustných oleátov za laboratórnej teploty, resp. rozpustných pri 50°C.

FT-IR spektroskopia potvrdila substitúciu škrobu a KMŠ zvyškom kyseliny olejovej a prípravu oleátov škrobu i KMŠ prítomnosťou vlnočtov esterovej skupiny  $\nu(\text{C=O})$  pri  $1736 \text{ cm}^{-1}$ , prítomnosť C=C väzby pri vlnočte  $\sim 1630 \text{ cm}^{-1}$  a nárast pásu prislúchajúceho

vlnočtom  $\nu(\text{C-H})$  skupín zo substituenta pri  $2922$  a  $2852 \text{ cm}^{-1}$  pre oleáty škrobu. Príprava esterov KMŠ sa potvrdila differenčnými spektrami v oblasti metylénových skupín  $\nu(\text{C-H})$  pri  $2924$  a  $2850 \text{ cm}^{-1}$ , z ktorých vyplýva malý rozsah esterifikácie, ale vyšší u derivátu O-KMŠ 2 pripraveného MW ohrevom.

Pripravené estery len mierne znižujú povrchové napätie vody:

- najviac znižuje oleát O-KMŠ 1 ( $41,1 \text{ mNm}^{-1}$ );
- hodnoty kritických micelových koncentrácií sú od  $0,62$ - $1,25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ;
- micely netvorí derivát s najnižším povrchovým napäťom O-KMŠ 1 v študovanom koncentračnom rozmedzí.

Hydrofobizáciou KMŠ sa dosiahla relatívne dobrá emulgačná účinnosť derivátu O-KMŠ 1, ktorá je výrazne lepšia v porovnaní s východiskovým KMŠ, napriek malému rozsahu esterifikácie.

Estery škrobu sa nevyznačujú výraznejšou emulgačnou účinnosťou.

Hodnotené povrchovo-aktívne vlastnosti dvoch polysacharidov -oleátov škrobu a KMŠ potvrdili predpoklad, že lepšie vlastnosti sa dosiahli práve u aniónového polysacharidu KMŠ, pre hydrofilno-hydrofóbnu rovnováhu.

**Podakovanie:** Táto práca bola podporená grantom VEGA č. 2/0062/09 a projektom SK - PL-0044/09.

## 5 LITERATÚRA

1. Čopíková J., Synytsya A.: Polysacharidy, jejich význam a uplatnení, Chemické listy (99), 2005, 621
2. Yang L., Zhang L.: Chemical structural and chain conformational characterization of some bioactive polysaccharides isolated from natural sources, Carbohydrate Polymers 76(3), 2009, 349-361
3. Knill Ch.J., Kennedy J.F.: Starch: Commercial sources and derived products, Polysaccharides, Structural diversity and functional versatility, Ed.S. Dimitriu. Marcel Dekker, New York, 2005, 605-624
4. Ratnayake W.S., Jackson D.S.: Starch gelatinization, Advances in Food and Nutrition Research 55, 2009, 221-268
5. Sangseethong K, Ketsilp S, Sriroth K.: The role of reaction parameters on the preparation and properties of carboxymethyl cassava starch, Starch 57(2), 2005, 84-93
6. Sroková I., Ebringerová A., Heinze, Th.: Tenside, Surfactants, Detergents 38, 2001, 277

7. Žoldáková A., Sroková I., Sasinková V., Hrisch J., Ebringerová A.: Biosurfactants based on partially esterified O-(carboxymethyl) starch, Chemical papers 59(5), 2005, 362-367
8. Kebísková J., Sroková I., Janek L., Chromčíková M., Csomorová K.: Preparation, characterization and properties of PLA/starch oleates blends, Machine Modeling and Simulations, 2011, 315-322
9. Janíčková J., Sroková I., Pagacz J., Chromčíková M., Pielichowski K.: Preparation, characterization and properties of HEC/CMS-esters blends, Machine Modeling and Simulations, 2011, 299-304
10. Lunkenheimer K., Miller R.: On the purity of aqueous surfactant solutions and the dynamic pension behaviour, Tenside, Surfactants, Detergents 16, 1979, 312-316
11. Sroková I., Miníková S., Ebringerová A., Sasinková V., Heinze Th.: Tenside, Surfactants, Detergents 40(2), 2003, 73-76
12. Khutoryanskiy V.V.: Synthesis and solution properties of hydrophobically modified Polysaccharides, Eurasian Chem.-Tech. Journal 7, 2005, 99-113
13. Čížová A., Sroková I., Sasinková V., Malovíková A., Ebringerová A.: Carboxymethyl Starch Octenylsuccinate: Microwave- and Ultrasound-assisted Synthesis and Properties, Starch/Stärke 60(8), 2008, 389-397

## SURFACE-ACTIVE AGENTS BASED ON ESTERIFIED POLYSACCHARIDES

Translation of the article

### **Povrchovo-aktívne látky na báze esterifikovaných polysacharidov**

Esterification was used for preparation of oleates of starch (O-S) and oleates of O-(carboxymethyl) starch (O-CMS) using native starch and carboxymethyl starch with oleoyl chloride in environment of pyridine, respective DMSO/pyridine and conventional or microwave heating was used. These oleates were subsequently characterized by FT-IR spectroscopy which was also used for determination of the degree of substitution (DS) of prepared esters. Oleates of starch were prepared with higher DS (from 0.8 to 1.8) while oleates of CMS were substituted in a negligible way. Prepared esters were soluble or partially soluble in water. The surface-active properties were evaluated, namely surface tension, critical micellar concentration and emulsifying efficiency. Derivatives did not decrease the surface tension of water and their emulsifying effect has been comparable or lower than the standard. The exception is oleate of CMS prepared by classical heating because this oleate decreases the surface tension to  $\sim 41 \text{ mNm}^{-1}$  and it also has a very good emulsifying effect. Utilization of MW heating during the preparation of derivatives starch and CMS is significant in both economic and environmental terms.

# POWER IS THE PROBLEM – PIEZOELECTRIC ELEMENTS USAGE AS AN ENERGY SOURCE FOR SMART CLOTHING

L. Nagy and A. Havelka

*Technical University of Liberec, Faculty of Textile Engineering, Department of Clothing technology, Studentská 2, 461 17 Liberec, Czech Republic  
ladislav.nagy@tul.cz*

**Abstract:** The objective of this research was to verify the possibility of using alternative power sources for active elements of smart clothing (MEMS, sensors, LEDs, small medical facilities, etc.), or as a supporting source of energy for charging the main power source. The research aims to test the usage of flexible piezo elements attached to the garment as a generator of power. The mechanical energy of the bending and vibrating composite was transferred into electrical energy which is stored in user electronic circuit for later use. Due to the use of flexible piezoelectric composites, it was necessary to find and secure the optimum conditions for their usage to avoid any excessive load damage and also to be used up to their potential. It was also necessary to secure their position, so that these composites don't restrict user's movement.

**Key words:** PZT elements, power source, Smart clothing.

## 1 INTRODUCTION

With gradually increasing the integration of the electronic components i.e. (displays, MEMS, LED, sensors, etc.) to the so-called Smart clothes, constantly increasing demands on their power. This power is currently provided mainly from batteries, but they are in a small size and especially the one with the lowest weight, which minimizes the satisfactory in its life time in an environment without the possibility of exchange it also require the availability of recharging stations. This article discusses the power of clothing using Smart Piezoelectric composites as a supplementary source of power for extended operating time.

## 2 POWER IS THE PROBLEM

Over the last twenty years, material science has been constantly seeking new, useful, highly integrated and efficient composite materials. Now new kinds of PZT elements are under development. Some PZT composites have already found commercial applications such as voltage sensors, active and passive vibration control, monitoring vital signs etc. furthermore the first prototypes in

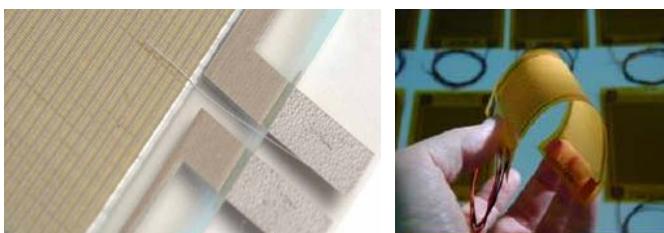
wearable electronics are being created as subjects for further research. These new materials are created by integrating parallel rows of thin piezoelectric fibres with integrated electrodes into a polymer matrix. Currently, there are several alternative power options for Smart clothes. Each of these alternatives is in various stages of development and each has both its advantages and limitations based on their current stage of development. The most advanced alternative power source to the traditional source in a variety of rechargeable batteries is solar batteries which are integrated on the surface of the garment as a new and promising alternative power source comes the new option PZT elements, which is directly dependent only on the movement of the wearer and it can be recharged by power generated by pressing or by bending movements of the user.

## 3 PIEZOELECTRIC ELEMENTS AND THEIR USE

The ideal solution for generating power for Smart clothing is using piezoelectric fibers which are incorporated directly into the textile material forming part of the Smart clothing.

This smart fabric would allow the wearer to generate sufficient power by his physical activity. Such a solution, despite the undeniable advantages, is currently out of real alternatives to the current state of knowledge.

The original intention is to use piezoelectric elements from the Advanced Cerametrics Inc. Company. They developed an inexpensive technology for the production of flexible piezoelectric ceramic fiber in a process called "Viscose Suspension Spinning Process" (VSSP). Piezoelectric fibers are mechanically anchored in the polymer matrix (Figure 1).



**Figure 1** PZT composite from Advanced Cerametrics, Inc. [1]

Unfortunately, the Advanced Cerametrics, Inc. company was not willing to supply the piezoelectric composite elements separately which could not be used in our research. Therefore, the best approach required for our research was to use the piezoelectric actuators of monolithic piezoelectric elements from Piezo Systems, Inc. Company (Figure 2).



**Figure 2** Piezoelectric element with energy harvesting circuit

#### 4 THE PIEZO BENDING GENERATOR

When the Energy Harvesting Bender is flexed, one layer is compressed while the other is stretched, resulting in power generation. It may be excited by intermittent pulses or continuously from low frequency to

resonant frequency (where rated displacement is achieved at the lowest force level). The Energy Harvesting Bender is a pre-mounted and pre-wired Double Quick-Mount Bending Generator designed to attach easily to sources of mechanical strain. Its double ended design lends itself to being mounted either as a cantilever or a simple beam [2].

#### 5 THE PIEZO BENDING GENERATOR

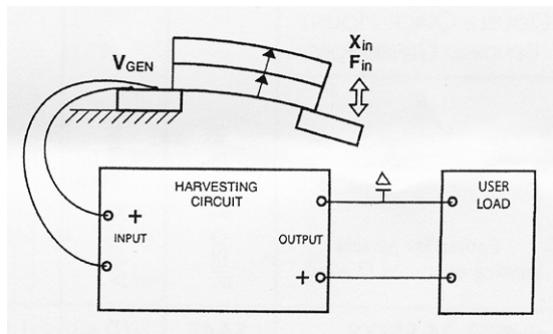
The self-powered Piezo Energy Harvesting Circuit collects intermittent or continuous energy input from the piezo generator and efficiently stores their associated energy in an on-board capacitor bank. During the charging process, the capacitor voltage is continuously monitored. When it reaches 5.2 V the module output is enabled to supply power to an external (user) load. At this point 55 mJ of energy are available. When generator energy input is high, the output voltage remains ON continuously. Capacitor voltage is clamped at 6.8 V. If external power demand exceeds generation, the output voltage decreases. When the output voltage drops to 3.1 V, power to the load is switched OFF and is not turned on again until the capacitor bank has been recharged to 5.2 V. The circuit accepts input voltages from 0 V to  $\pm$  500 V AC or DC and input currents to 400 mA [2].

#### 6 PROPERTIES, PLACEMENT AND CONNECTION SELECTED PIEZOELECTRIC COMPOSITES

Given the chosen piezoelectric composites and their key properties such as hardness and brittleness it is important to properly choose their location to achieve the greatest piezoelectric effect. Proper placement also ensures that the composite is not subjected to excessive stress, which could lead to irreversible damage or breakage.

Piezoelectric produces an electric voltage, this voltage is dependent on the strength and the frequency of bending these fibers, it also depends on the area affected by this pressure or frequency, i.e. it produces more

voltage if this physical pressure was applied by the ends of the piezoelectric as there were be a lot of fibers involved in this stress more than when this stress is applied in the middle of piezoelectric fibers, in the latent case few fibers are involved. (Figure 3)



**Figure 3** Harvesting Bender and Energy Harvesting Circuit [2]

The most appropriate place for PZT elements in the course of the project shows is a place inside in the shoes lining. If the piezoelectric element is applied there is actually exposed to both of the required forces to produce the electric voltage which are: Frequency obtained by movement and pressure by the wearer weight and the shoe design is both robust and durable to prevent possible damage to the composite if there is too much pressure over the permitted limits. Such a location also does not restrict the wearer of the garment movement and functionality.



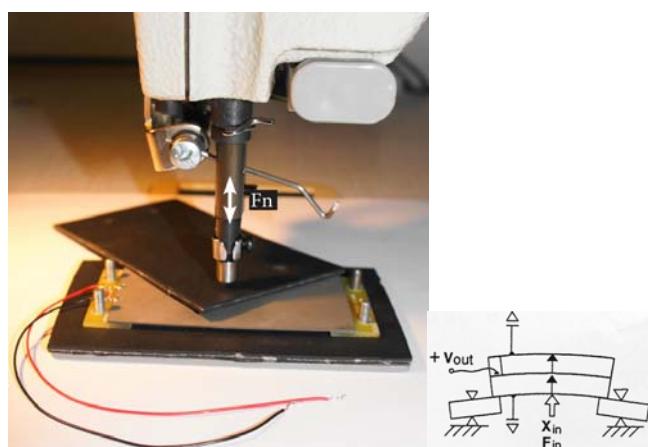
**Figure 4** Conductive trajectory Gibbon and embroidered with conductive ring replacing buttons

Reliable connection of individual parts of circuits is achieved by a conductive track "Gibbon" which is attached to the fabric, the rechargeable equipment can be attached when required easily to that conductive strip and it can be removed easily also if required through special conductive ring replacing

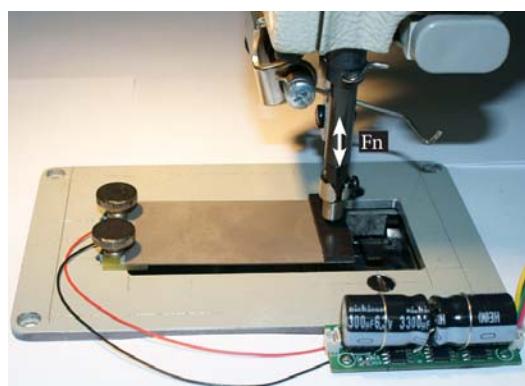
buttons. This method was developed by Applycon Ltd. (Figure 4).

## 7 TESTING PIEZO ELEMENTS

The actual testing was carried out using the composite located in a special manufactured frame where piezoelectric was located and a sewing machine which allowed us to control the frequency of movement. The entire set makes it possible to test the properties of piezoelectric composites and their ability to produce an electric voltage at different deflection (0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm, 4.0 mm etc.) under the influence of varying frequency of compression (from 3.6 to 15 Hz). Method of mounting and operating force  $F_n$  are shown in Figures 5 and 6. The active surface area of the PZT elements tested was: 0.51mm T x 31.8 mm W x 63.5 mm L.



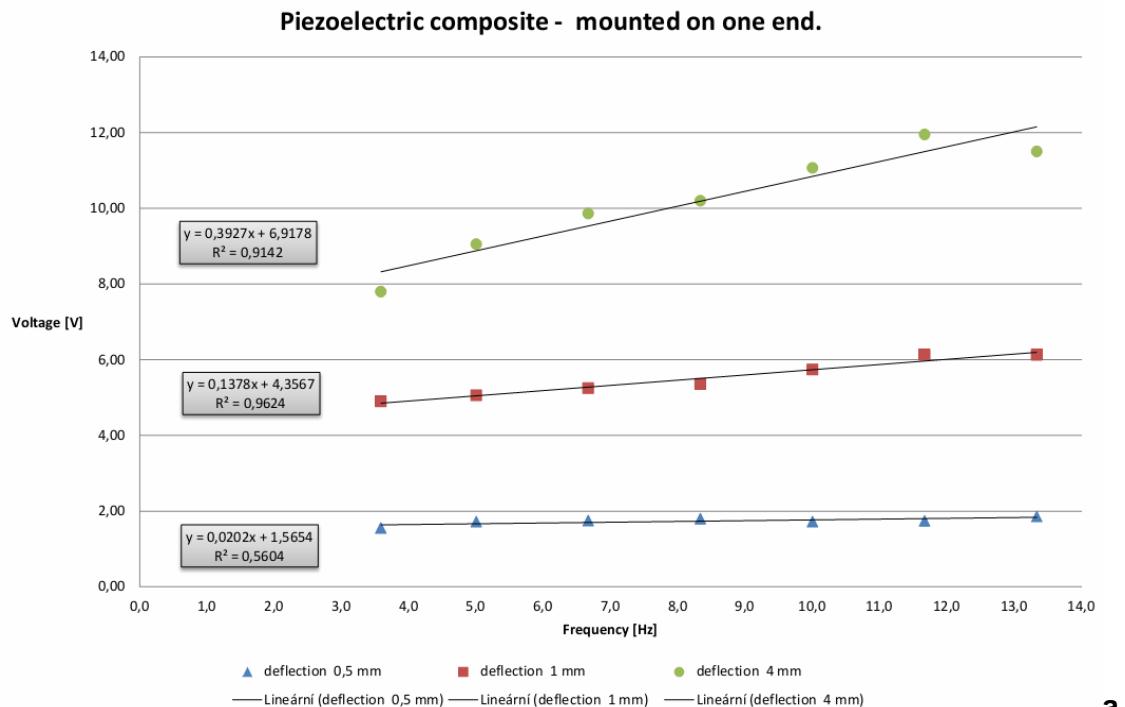
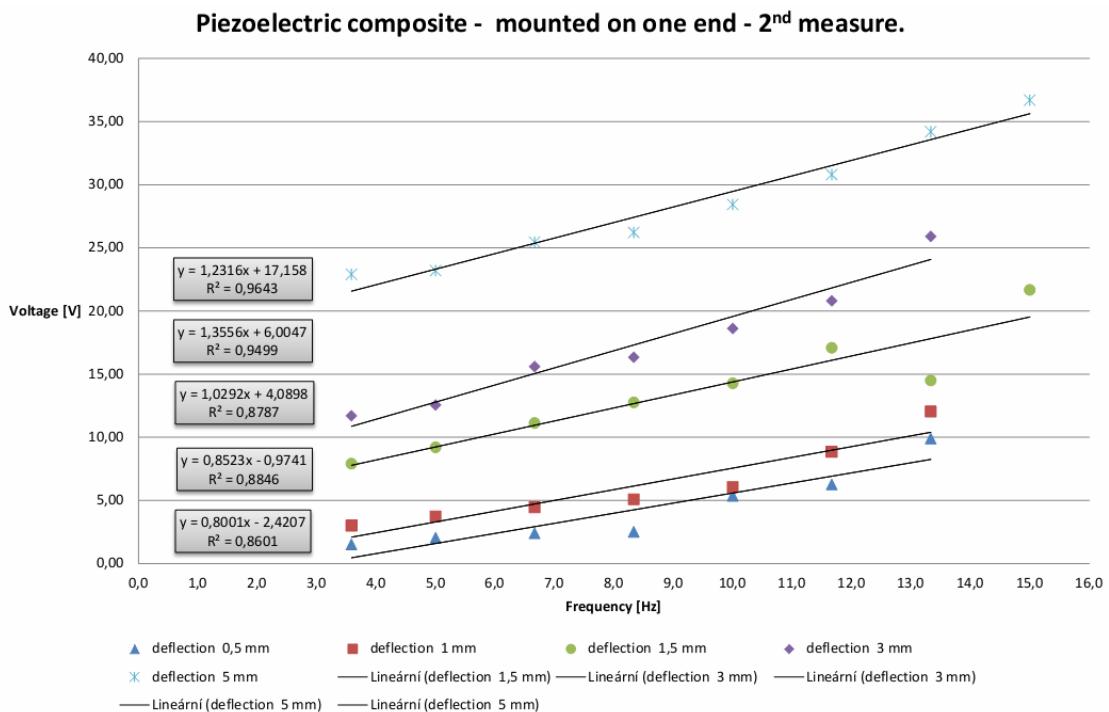
**Figure 5** Method of mounting and operating force  $F_n$

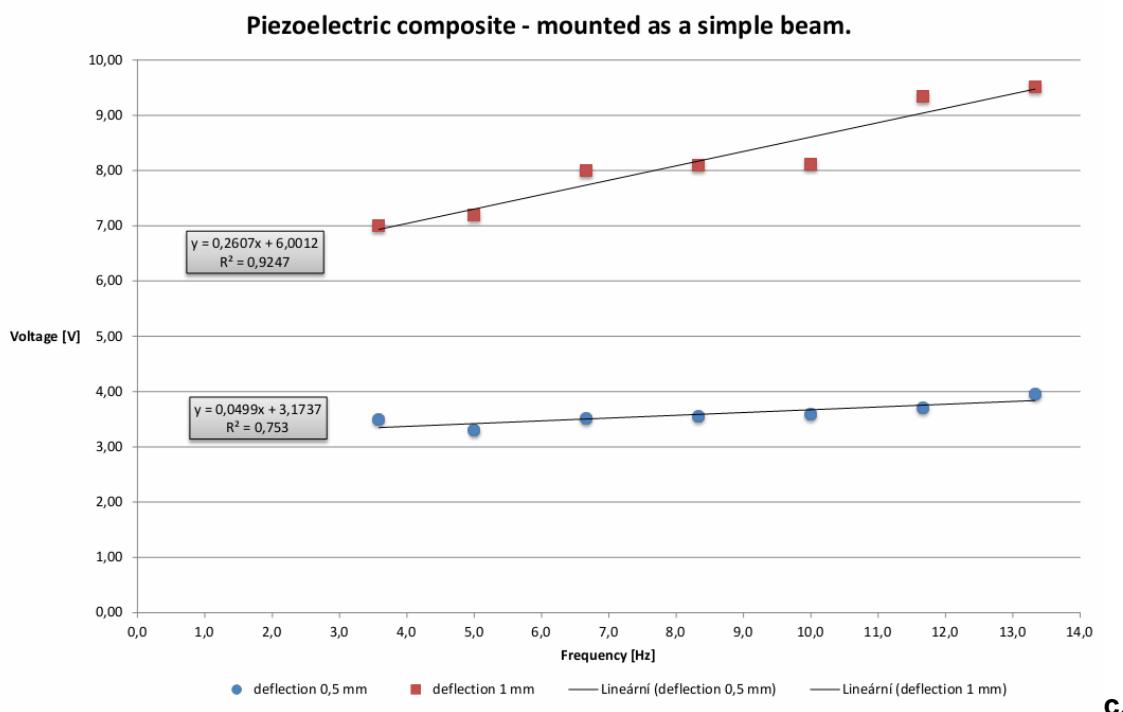


**Figure 6** Method of mounting and operating force  $F_n$

The measurement results are shown in Figure 1a-c, where it shows the size of the output voltage depending on the frequency and different deflection piezoelectric composites. With less frequency compression, piezoelectric manifested considerable instability of the output voltage, with increasing frequency, the voltage value was stabilized. The output voltage increases with the piezoelectric composite bending

increase. Permissible maximum safe deflection for piezoelectric composite mounted as a simple beam is given by manufacturers is  $\pm 2.6$  mm. For safety, deflection has been tested for  $\pm 1$  mm. While piezoelectric composite mounted on one end allowed us to measure with in up to  $\pm 5$  mm deflection to make sure that we didn't exceed the safe border limits.

**a.****b.**

**c.**

**Figure 1** The voltage at various frequencies

## 8 CONCLUSION

Modern consumer electronics require less and less energy. This has created the conditions for replacement batteries that produce power from PZT composites.

In this research, it outlines some basic aspects related to the design of new types of supplemental power generators for Smart clothing. The basic idea of piezo-electric generator is to generate energy from vibrations arising from the movement of the wearer of the garment. Piezo generator consists of a piezoelectric transducer components and special AC-DC power, with the possibility of permanent or temporary storage of energy thus produced in the batteries. Piezoelectric components produce a relatively high voltage at low current and therefore it could be applied mainly in the low-sampling devices, such as safety features, low-current components of MEMS, sensors, medical implants, or it can help in battery charging. From results, we can conclude that with increasing bending frequency for piezoelectric components the output voltage increases which allows us to

obtain more rechargeable power. Using flexible piezoelectric ceramic elements as power generators would allow a wider use and better links with the Smart clothing. As shown piezoelectric composites especially the flexible one may hereafter become an additional source of energy for the Smart clothing

The testing of PZT elements was conducted at the lowest possible frequency, so that the frequency roughly corresponded to the movements of a running person. Current PZT elements and their control circuits are not suited to such low frequencies. At present the combination of a relatively low frequency of compression together with the small surface area of the PZT elements does not allow their use as a replacement energy source for Smart clothing. Hard PZT elements are not suitable for integration into clothing due to their small active surface and their non-textile character. Flexible PZT elements are much less efficient than hard PZT, but they enable much better integration into clothing. A new generation of flexible PZT elements will be designed specifically for clothing applications (with a low compression frequency), and they

will be able to power smart clothes directly due to their much larger surface area.

## 9 REFERENCES

1. Advanced Cerametrics, Inc., company web site, available at: <http://www.advancedcerametrics.com/pages/products/> Accessed: 2011-07-20
2. Piezo Systems, INC., company web site, available at: <http://www.piezo.com/index.html> Accessed: 2011-10-11
3. "Power from Fabrics", INC., available at: <http://www.technologyreview.com/Nanotech/20278/> Accessed: 2011-10-11
4. F.M. Guillot; H.W. Beckham, J. Leisen.: Piezoelectric Fabrics for Energy Harvesting, National Textile Center Research Briefs, June 2007

# NAPÁJANIE JE PROBLÉM – POUŽITIE PIEZO ELEMENTOV AKO ZDROJA ENERGIE PRE SMART ODEVY

Translation of the article

## Power is the problem – piezoelectric elements usage as an energy source for smart clothing

S postupne sa zvyšujúcou integráciou elektronických členov (displejov, MEMS, čidiel, atď.) do tzv. Smart odevov, neustále narastajú požiadavky na ich napájanie. Toto napájanie je momentálne zabezpečované prevažne z batérií, ktoré, ale vzhľadom na malé rozmerы a hlavne s cieľom dosiahnutia čo najnižšej hmotnosti odevu, nemajú potrebnú kapacitu, pre dostatočnú výdrž v prostredí bez možnosti ich výmeny, alebo bez dostupnej dobíjacej stanice. Tento článok sa zaobrá možnosťami napájania „Smart odevov“ pomocou piezo kompozitov, ako doplnkového zdroja energie pre predĺženie operačného času Smart odevov.

# FILOSOFIE A STRATEGIE PŘI VÝZKUMU POLYMEROVÉ TECHNOLOGIE NANOVLÁKEN

L. Sodomka

*Adhesiv Liberec*  
lubomir.sodomka@volny.cz

**Abstrakt:** Ve 20. století se věda stala skutečnou silou rozvoje společnosti. Toto pojedání zahájil již ve 13. století Roger Bacon, na kterého navázal Francis Bacon a v knize *Novum Organon* vyslovil památnou větu: *Scientia et potentia humana in idem coincidunt* [1], což je známé ve zkrácené podobě: *Scientia potestas est* - Věda je moc. A teprve 20. století tuto myšlenku potvrdilo. Věda dala do rukou člověka prostřednictvím jaderných zbraní takovou moc, že může dojít i k sebezničení lidstva. Vznikly nové objevy oceněné Nobelovými cenami [2, 3]. Máme k dispozici rozhlas, televizi, telefony, mobilní telefony, zdravotnická zařízení, dopravní prostředky, letadla, rakety, ale i sofistikované a ničivé zbraně. Máme k dispozici štěpnou jadernou energii a chystá se využití slučování jader vodíku k získávání zdrojů neomezené energie pro člověka a lidstvo. Věda začala poznávat život člověka jako „stroj“. S myšlenkou chápat člověka jako mechanický stroj přišel R. Descartes. Postupným poznáváním součástí lidského těla se došlo až k buňkám jako základním stavebním jednotkám lidského těla. To vedlo R. Feynmana k názoru orientovat výzkum na „molekulové stroje“, ze kterých jsou vytvořené rostlinné a živočišné organismy. Ukázalo se, že výstavba organismů je z polymerových molekul s rozměry nanometrů a to byl podnět k pokusům výroby polymerových nanovláken, což se rozšířilo i na nanovlákná z uhlíkových nanotrubiček, nanotubulenů. Nanovlákná jsou mimo jiné výstuží všech rostlin a živočichů a mohou se také stát novou dokonalou surovinou pro textilní průmysl.

## 1 ÚVOD

Nanovlákná, která jsou stavebním prvkem rostlin i živočichů se staly předmětem zájmů výzkumu a výroby ve 40-tých letech 20. století na základě patentů A. Formhalse [4]. Ukázalo se, že nanovlákná jsou dalším novým typem dvojfázového materiálu v jednom objektu, a to dvojrozměrové 2D struktury povrchu a trojrozměrové struktury 3D vnitřku nanovláken. Sdružují se tedy obě fáze v nanovláknech a nanovlákná tedy mají jak 2D, tak i 3D vlastnosti. Nanovlákná se stala velmi brzy předmětem zájmu jak výzkumu tak i technologie výroby. Nanovlákná, která mají podmikronové průměry v rozsahu 100 až 500 nm vynikají především 30% zastoupením povrchu na celém objemu nanovlákná. Malý průměr vlákna vytváří vlákna velmi ohebná oproti vláknům klasickým. Vezmeme za míru ohebnosti (flexibility) vláken veličinu  $\phi$  ( $\text{Pa}^{-1}\text{m}^{-4}$ ) určenou výrazem [5]

$$\phi = \frac{64}{\pi E d^4} \quad (1)$$

kde  $E$  je modul pružnosti v tahu a  $d$  průměr vlákna.

Uveďme jako příklad polypropylenové vlákno o průměru 0,1 mm a nanovlákná průměru 100 nm a určeme jejich ohebnost  $\phi$  a délkovou hmotnost  $T$  [tex].

$$T = \frac{M}{L} \quad (2)$$

kde  $M$  je hmotnost vlákna [g] a  $L$  je délka vlákna [km].

Délková hmotnost polypropylenových vláken průměru 0,1 mm  $T(0,1\text{mm}) = 2,83$  tex a délková hmotnost nanovláken průměru 100 nm  $T(100\text{ nm}) = 2,83$  µtex. Modul v tahu polypropylenu je 1450 MPa, takže  $\phi(0,1\text{ mm}) = 1,4 \cdot 10^8 \text{ Pa}^{-1}\text{m}^{-4}$  a  $\phi(100\text{ nm}) = 1,4 \cdot 10^{19} \text{ Pa}^{-1}\text{m}^{-4}$ . Ohebnost je pro nanovlákná  $10^{11}$  krát větší než je ohebnost normálního vlákna. Již tyto skutečnosti svědčí o mnohonásobně vyšší kvalitě ve velkých řádech délkové hmotnosti a ohebnosti nanovláken. Nízká

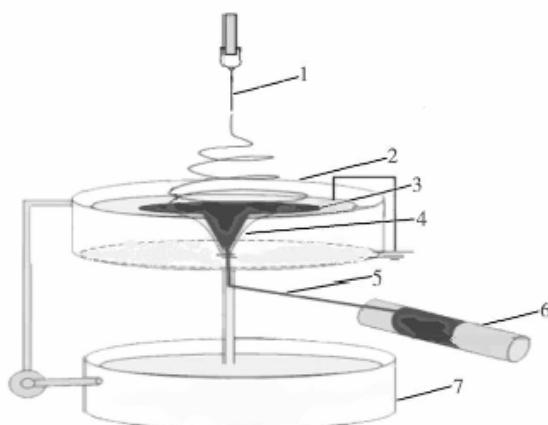
délková hmotnost a ohebnost vedou také k mnohonásobné větší tepelné izolaci a splývavosti z nich vyrobených textilií. Jsou však i další vlastnosti nanovláken ovlivňující aplikace nanovláken jako jsou jejich elektrické vlastnosti, zvláště pak triboelektrické a optoelektronické, které předurčují nanovlákná k jejich rozsáhlým použitím a tím lze předvídat nanovláknům velkou budoucnost, stejnou jaká byla předvídaná v 60-tých letech po objevu transistoru polovodičům. Proto se většina technologických laboratoří a výroben orientují na nanovlákná a zkoumání jejich struktury a vlastností.

## 2 FILOSOFIE VLÁKNOVÝCH NANOTECHNOLOGIÍ

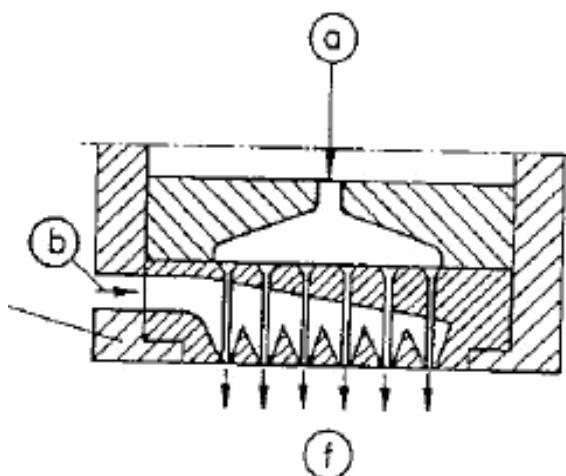
Nanočástice, nanovlákná, případně jejich soustavy jako jsou rouniny, tkaniny a pleteniny, se staly jako nanomateriály předmětem zájmu jak základního, tak aplikovaného výzkumu. Poněvadž nanovlákná nacházejí využití ve všech oborech je třeba vytvořit filosofii postupu tvorby nanovláken a jejich uplatnění v praxi. Filosofie musí vycházet z možných a rozsáhlých aplikací a podle toho volit materiál a technologie výroby a jejich produkci. Zatím nejproduktivnější technologie tvorby nanovláken jsou základní technologie: elektrozvlákňování, zvlákňování rozfukováním, odstředivé zvlákňování a jejich kombinace, které lze považovat za vysoce produktivní. Podstata těchto technologií je uvedená na Obr. 1-3.

Na obr.3 je otáčející jádro odstředivky a z trysky vystupující nanovlákná. Výsledkem je nanovláknové rouno (Obr.4) a přadena (Obr.5).

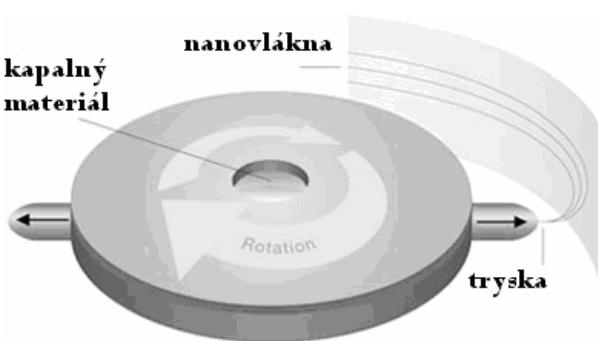
Zvláště produktivní je odstředivé zvlákňování, které umožnuje vytvářet velké množství nanovláken jako jsou rouno, předena, které lze pak dále zpracovávat běžně známými textilními technologiemi. Příklady rouna a přadena připravených odstředivým zvlákňováním z nanovláken jsou na Obr. 5.



Obr.1 Elektrozvlákňování (napětí se připojuje mezi 1 a 3)



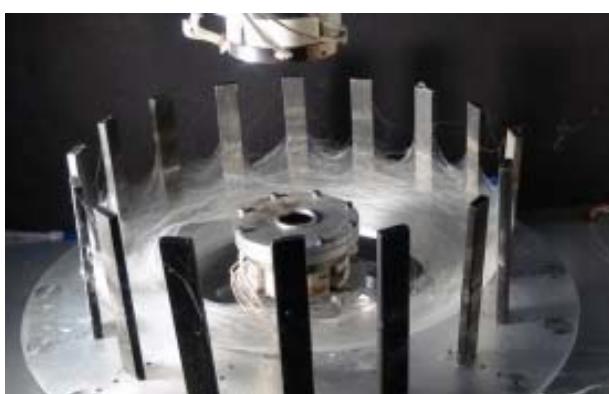
Obr.2 Rozfukování  
a) přívod kapalného polymeru, b) přívod horkého vzduchu, f) výstup nanovláken



Obr.3 Odstředivé zvlákňování



Obr.4 Rouno nanovláken



Obr.5 Přadena

Po textilní úpravě lze již využívat vrstvy nanovláken pro konfekční účely. Příklady takového použití jsou na Obr.6. Nanovláknová konfekce vyniká vysokými tepelně a zvukově izolačními účinky, velkou splývavostí a jemným omakem.

Zatím malá pozornost je věnovaná přípravě monofilních vláken a polymerovým nanopáskům, které slibují využití konstrukce nanočidel. Zde nejde o masovou produkci nanovláken jako je tomu při jejich použití pro filtrační účely a pro textilní zpracování.

### 3 NANOTECHNOLOGIE SE STÁLA TECHNOLOGIÍ SOUČASNOSTI A BUDOUCNOSTI

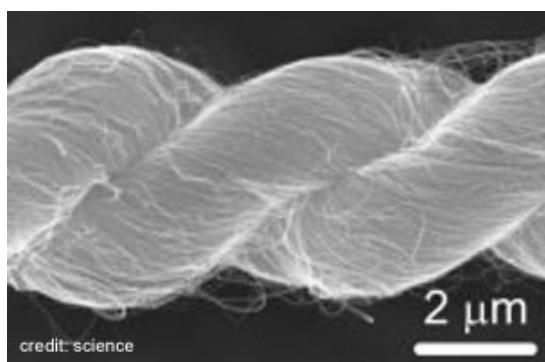
Nanotechnologie je technologie přípravy útvarů určovaných rozměry od jednotek po několik stovek nm. Nanočástice představují shluky (klastry) atomů či molekul, jejichž stabilita vznikla působením meziatomových a mezimolekulových sil [6]. Jsou to útvary s rozměry mezi jednotlivými molekulami a kondenzovanými látkami. Fyzice nanoútvarů předcházela v chemii koloidika, ve fyzice fyzika tenkých vrstev a fyzika povrchů. Byly tedy jak fyzika tak chemie na nanofyziku připraveni. V poslední době se stala fyzika nanočastic a nanovláken velmi aktuální. Fyzice nanočastic předcházela prášková metalurgie a prášková keramika. Co je nového na nanoútvarech, nanočasticích a nanovláknech, že jde o dvojfázové útvary dvojrozměrové a trojrozměrové fáze, takže se v nich sdružují jak dvojrozměrové a trojrozměrové struktury a vlastnosti? Technologie nanoútvarů především nanočastic a hlavně nanovláken se stávají technologiemi budoucnosti. Zatímco dosavadní technologie využívaly mikrometrických rozměrů, nanotechnologie pracuje s rozměry o několik řádů nižšími a v některých případech dosahuje až rozměrů kvantové fyziky. Nanotechnologie současnosti a budoucnosti vytvoří v elektrotechnice, v elektronice a optoelektronice nanoelektroniku, která vystřídá mikroelektroniku. Půjde o velké úspory materiálů a energie a funkce „nanostrojů“ se bude blížit funkci nanostrojů biologických.



Obr.6 Konfekční výrobky z odstředivých nanovláken a) čepice, b) župan, c) šála

Využití zákonitostí nanotechnologie umožní mnohem rychleji zvýšit rychlosť počítačů a vytvoriť konstrukci superrychlych počítačů a konstrukci nejpřesnejších atomových hodin. Významnou úlohu hraje v nanotechnologii technologie nanovláken, které jsou základními stavebními prvky biologických soustav a to jak svými mechanickými vlastnostmi, tvořícími výztuž organismů, tak jejich mechanickými a elektrickými vlastnostmi, zajišťujícími sdílení informací, jako jsou např. neurony. Při jejich využívání začínáme u nejjednodušších vlastností výrobků, tj nanovláken nanesených na textilní podklady, zajišťující filtraci nanočástic, bakterií či virů působením elektrostatických sil. Mechanické vlastnosti takových nanovláken jsou nepodstatné. Pro složitější aplikace je nutné znát vlastnosti nanovláken. Zjišťujeme je měřením a tedy je nutné mít k dispozici diagnostické metody zjišťování vlastností a ty pak aplikovat.. Dnes pronikly nanovlákná i do domácnosti, kde při čistění a hygieně nahrazují nanovlákná chemické prostředky a jsou výrazně ekologické.

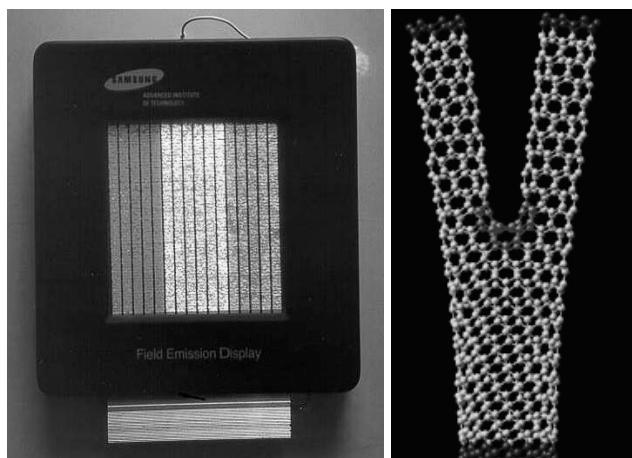
Je třeba poznamenat, že vedle polymerových nanovláken dochází k velkému rozvoji technologie uhlíkových trubičkových nanovláken, jejichž mechanické vlastnosti, jako jsou moduly a pevnost, několikanásobně převyšují tyto vlastnosti ocelí. Jako příklad lze uvést lano vytvořené uhlíkovými nanovláknami (Obr.7), které může sloužit pro kosmické výtahy [7].



Obr.7 Uhlíkové tubulenové lano

#### 4 NANOČÁSTICE, POLYMEROVÁ A NANOTRUBIČKOVÁ NANOVLÁKNA STŘEDEM ZÁJMU VÝROBY, VÝzkumu I aplikací

Polymerová nanovlákna přešla od podání patentů Formhalsem v 40. letech minulého století rozsáhlým výzkumem i vývojem a výroba polymerových nanovláken podstatně vzrostla zvláště po zavedení odstředivého zvlákňování v roce 2008. Dnes se větší zájem směruje na uhlíková trubičková nanovlákna, které mají univerzálnější vlastnosti zasahující téměř do všech technických oblastí, zvláště pak do elektroniky a optoelektroniky [8]. Důležitou vlastností nanovláken je třibolektřina, která se zvláště uplatňuje při filtraci nanočástic a mikrobů. U nanotubučkových nanovláken jsou nejzádanější mechanické a elektronické vlastnosti [8]. Užití uhlíkových trubičkových nanovláken jako funkční modely barevných displejů a svítících prvků jsou uvedené na Obr.8.



Obr 8 Nanotubulenový displej a svítící plocha ve tvaru Y

#### 5 STRATEGIE VÝzkumu A VÝROBY NANOVLÁKEN

Nanovlákna mají rozsáhlé použití téměř v každém oboru. Při dnešních znalostech o nanovláknach je třeba volit vhodnou strategii jejich rozsahu výzkumu, vývoje a výroby. V prvé řadě je třeba vycházet ze zamýšlené aplikaci s velkým výhledem do budoucnosti.

Podle toho vybírat dále podle požadovaných vlastností nanovláken a technologií podle požadovaného množství. Tato strategie vyšla při realizaci technologie nanášení nanovláken na textilní podklad, kterou uskutečnili v podniku Elmarco, Liberec ČR za využití beztryskového elektrozvlákňování [9, 10] v podobě strojního zařízení Nanospider, uvedeného na Obr. 9.



Obr.9 Nanospiderová linka Elmarco

Vedle technologií k přípravě většího množství nanovláken se vyvíjí i technologie pro monofilní nanovlákna pro speciální účely. V současnosti se přesouvá výzkum a vývoj na uhlíková trubičková nanovlákna, která slibují rozsáhlejší a univerzálnější použití než vlákna polymerová.

## 6 NANOVLÁKNA A TEXTILNÍ TECHNOLOGIE

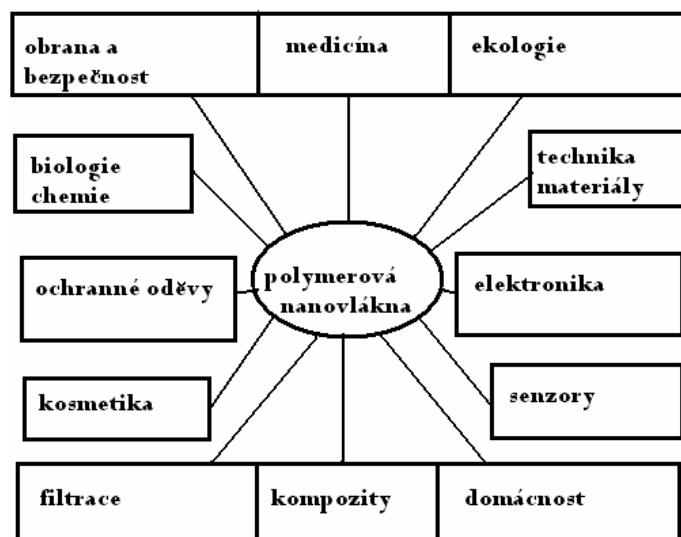
Největší množství nanovláken je třeba vyrábět pro další zpracování v textilním průmyslu a měly by doplnit a částečně nahradit dosavadní vlákna přírodní a syntetická. Vyráběné nanovláknové rouno je výhodnou surovinou pro výrobu rounin pro tepelně a zvukově izolační materiály i pro komerční účely. Vypředená pak i na výrobu tkanin a pletenin pro technické i konfekční účely. Nanesená nanovlákna na textilní podklady lze užívat pro filtrace nanočástic a mikrobů jako roušky pro prašná a infekční prostředí a užívají se v lékařství. Velmi zajímavé použití mohou skýtat speciální nanovlákna ke konstrukci nanotkanin a

nanopletenin, které mohou vést ke konstrukci textilních nanopočítačů.

## 7 JAKÝ VÝZKUM PRO NANOTECHNOLOGII

Jaké jsou priority výzkumu nanovláken. Určit priority pomůže Tab.1 shrnující možné aplikace nanovláken a na ní navazující Tab.2, která doporučuje, na jaké problémy nanovláken má být směrovaný jejich výzkum a vývoj. V Tab.1 jsou uvedené jen nejdůležitější aplikace nanovláken

Tab.1 Obory, do kterých zasahují nanovlákna



Tab 2 Zastoupení výzkumných oborů nanovláken [2]

energie a elektronika baterie palivové clánky kondenzátory 3%	obrana a bezpečnost ochranné odevy pro armádu kompozity senzory 11%	teorie a technologie
---	--	----------------------

hygiena a ekologie ochrana proti infekci filtracní membrány 6%	bioinženýrství léčba tkání a zranení protidrogová léčba membrány 20%	vlastnosti vláken morfologie struktura vlastnosti mechanické elektronické 36%
---	---	---

Z Tab.2 vyplívá, že největší výzkumné kapacity mají být věnované vlastnostem nanovláken (36%), dále pak teorii a technologií (26%) a následuje pak bioinženýrství spolu s medicínou. Se studiem vlastností souvisí i vývoj diagnostických metod k hodnocení struktury nanovláken, se kterou úzce souvisí a navazuje technologie.

## 8 LITERATURA

1. Kučáková E., et al.: Moudrosr věků, Svoboda, Praha, 1988
2. Sodomka L., Sodovková M.: Nobelovy ceny za fyziku. SetOut Praha, 1997
3. Sodomka L., et al.: Kronika Nobelových cen I, II, Adhesiv Liberec, 2002  
Sodomka L., et al.: Kronika Nobelových cen, Knižní klub Praha, 2004
4. Růžičková J.: Elektrostatické zvlákňování nanovláken, TUL Liberec, 2004
5. Hloch S., et al.: Struktura, vlastnosti, diagnostika a technologie textilií, Michal Vaško, Prešov, 2004, str.34
6. Sodomka L.: Experimentální dokazování kvantové fyziky, K Nobelovým cenám pro rok 2012, lubomir.sodomka@volny.cz
7. Sodomka L.: Použití nanovláken a uhlíkových nanotrubíček, Plasty a kaučuk 49(11-12), 2012, 331
8. Sodomka L.: Fyzika a chemie nanovláken, Adhesiv Liberec, 2012, v rukopise
9. Jirsák O., et al.: A method of nanofiber production from a polymer solution using electrostatic spinning, The patent cooperation treaty WO 2005/024101 2005
10. Petrik S., et al.: Wlectrospun nanofiber, Edana International konference Stockholm 5/6 May 2009

# INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

The journal „Vlákna a textil” (Fibres and Textiles) is the scientific and professional journal with a view to technology of fibres and textiles, with emphasis to chemical and natural fibres, processes of fibre spinning, finishing and dyeing, to fibrous and textile engineering and oriented polymer films. The original contributions and works of background researches, new physical-analytical methods and papers concerning the development of fibres, textiles and the marketing of these materials as well as review papers are published in the journal.

## Manuscript

The text should be in **single-column format**. The original research papers are required to be written in English language with summary. Main results and conclusion of contribution from Slovak and Czech Republic should be in Slovak or Czech language as well.

The other parts of the journal will be published in Slovak language; the advertisements will be published in a language according to the mutual agreement.

The first page of the manuscript has to contain:

**The title of the article** (16 pt bold, capital letters, centred)

The initials of the **first name** (s) and also **surnames** of all authors (12 pt, normal, centred)

**The complete address** of the working place of the authors, e-mail of first author (12 pt, italic, centred)

**Abstract** (10 pt, italic)

**Key words** (10 pt, italic)

**The manuscript** has to be written in A4 standard form, in **Arial**.

**Do not number the pages and do not use footnotes. Do not use business letterhead.**

**Figures, tables, schemes and photos** should be numbered by Arabic numerals and titled over the table and under the figure or

picture. The total number of figures and tables should not be more than 10.

Photos and schemes have to be sufficiently contrastive and insert in text as pictures.

**Mathematical formulae** should be centred on line and numbered consecutively on the right margin.

**Physical and technical properties** have to be quantified in SI units, names and abbreviations of the chemical materials have to be stated according to the IUPAC standards.

**References** in the text have to be in square brackets and literature cited at the end of the text. References have to contain names of all authors.

1. Surname N., Surname N.: Name of paper or Chapter, In *Name of Book (in Italics)*, Publisher, Place of Publication, YYYY, pp. xxx-yyy
2. Surname N., Surname N.: Name of paper, *Name of Journal (in Italics)* Vol. (No.), YYYY, pp. xxx-yyy
3. Surname N., Surname, N.: Title of conference paper, *Proceedings of xxx xxx*, conference location, Month and Year, Publisher, City, Surname N. (Ed.), YYYY, pp. xxx-yyy
4. Surname N., Surname N.: Name of Paper, Available from <http://www.exact-address-of-site>, Accessed: YYYY-MM-DD

Authors are kindly requested to deliver the paper to be published by e-mail (in Word form).

Address of the Editor Office:

**Marcela Hricová**

FCHPT, STU in Bratislava

Radlinskeho 9

812 37 Bratislava,

Slovakia

e-mail:

[marcela.hricova@stuba.sk](mailto:marcela.hricova@stuba.sk)