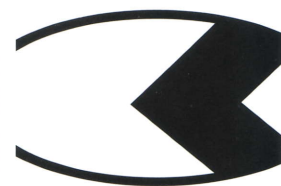




VLÁKNA TEXTIL



Ročník 16.
2009

ISSN 1335-0617

Indexed in:

Chemical
Abstracts,

World Textile
Abstracts

EMDASE

Elsevier
Biobase

Elsevier
GeoAbstracts



Výskumný ústav
Gumárenský
MATADOR

Fibres and Textiles (3) 2009

Vlákna a textil (3) 2009

Content

FIBRE-FORMING POLYMERS

- 3** *P. Michlík, Š. Krivoš, A. Ujhelyiová and J. Vnenčáková*
Structure and properties of POY metallocene polypropylene fibres
- 9** *J. Ryba, A. Ujhelyiová and V. Méry*
Thermomechanical Properties of Blended Fibres Prepared from Metallocene and Ziegler-Natta Polypropylenes

TEXTILE MATERIALS

- 15** *M. Jambrich, V. Rusnák and S. Tóthová*
The composites materials based on basalt fibers

REVIEW ARTICLE

- 23** *L. Sodomka*
Textile science and technology in history

NEWS

Obsah

VLÁKNOTVORNÉ POLYMÉRY

- 3** *P. Michlík, Š. Krivoš, A. Ujhelyiová a J. Vnenčáková*
Štruktúra a vlastnosti POY metalocenových polypropylénových vlákien
- 9** *J. Ryba, A. Ujhelyiová a V. Méry*
Termomechanické vlastnosti zmesných vlákien pripravených z metalocénových a Ziegler-Nattových polypropylénov

TEXTILNÉ MATERIÁLY

- 15** *M. Jambrich, V. Rusnák a S. Tóthová*
Kompozitné materiály na báze čadičových vlákien

LITERÁRNA REŠERŽ

- 23** *L. Sodomka*
Textilní vědy a technologie v dějinách

KALENDÁRIUM

STRUCTURE AND PROPERTIES OF POY METALLOCENE POLYPROPYLENE FIBRES

P. Michlík¹, Š. Krivoš¹, A. Ujhelyiová² and J. Vnenčáková¹

¹Research Institute for Man-Made Fibres a.s., Štúrova 2, 059 21 Svit, Slovak Republic,
E-mail: michlik@vuchv.sk

²Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Chemical and Food Technology,
Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovak Republic

Abstract: The new generation of metallocene polypropylenes (m-PP) creates a real space for research of new types of fibres with higher utility properties for textile and especially technical application sector.

In this work the effect of take-up spinning speed in the POY technological process of fibre preparation on the parameters of supermolecular structure (birefringence, sound velocity in fibre, crystallinity), mechanical properties (tenacity, Young's modulus, elongation) and thermal properties (melting temperature and melting enthalpy) of m-PP fibres is presented. There are compared the experimental results of m-PP and Ziegler-Natta (ZN-PP) fibres prepared from polymers with the same lower level of molecular weight (similar to the higher level of MFI) under the same technological conditions.

1. INTRODUCTION

Production of polyolefin fibres, including more than 95 % of polypropylene (PP) fibres, reached 5.94 mil t in the world in 2008 and it was approximately 13.2 % from the all chemical fibres world production [1]. The new generation of metallocene polypropylenes (m-PP) creates a real area for research of new types of fibres with higher utility properties for textile and especially technical application sector. They serve the real basis for qualitative progress in the PP fibre assortment [2, 3].

Philosophy of new textile material creation for clothing and technical application demands permanently development of materials with new multifunctional properties. One of possibilities is to use new generation of metallocene polyolefins [2-4]. Fibre preparation from new materials based on metallocene polyolefins (m-PO) requires the knowledge of fundamental relationships among material characteristics of m-PO, conditions of their preparation, structure and properties of m-PO fibres.

Classical Ziegler-Natta isotactic polypropylene (ZN-PP) has wide distribution of molecular weights and it is regulated by

additional degradation. Metallocene isotactic polypropylene (m-PP) with narrow distribution of molecular weight has lower rheological polydispersity index, lower melt elasticity, lower value of expansion of melt flow under spinning orifice and lower atactic portion (< 0.5 %) than the ZN-PP. Their isotacticity index is more than 99 %. Metallocene polymers, in comparison with ZN polymers, have lower portion of volatile and low molecular fractions, what is interesting from the point of production and environment as well [4-9]. Macromolecular and rheological parameters of metallocene polymers characterize their deformation ability in wide range of shear parameters during spinning as well as higher ability and extent of mono-axial deformation during fibre drawing [2, 3].

In this work the effect of take-up spinning speed ($1000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ – $3500 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$) in the POY technological process of fibre preparation on the parameters of supermolecular structure, mechanical properties and thermal properties m-PP fibres is presented. There are compared the experimental results of m-PP and ZN-PP fibres prepared from polymers with similar

higher level of MFI under the same technological conditions.

2. EXPERIMENTAL PART

2.1 Materials

Metallocene isotactic polypropylene (m-PP) produced by Lyondell Basell Company, Italy with MFI = 26.6 g/10 min and Ziegler-Natta isotactic polypropylene (ZN-PP) produced by Slovnaft Company, Slovak republic with MFI = 27.6 g/10 min were used at the fibre preparation.

2.2 Fibre preparation

The PP fibres were prepared from m-PP and ZN-PP granulates using the classical POY technological process of spinning. The laboratory pilot POY spinning line has the extruder with diameter of $\phi=50$ mm and constant dosing rate of polypropylene melt. The spinning temperature was 220°C and take-up spinning speed was changed in range from 1000 m.min⁻¹ to 3500 m.min⁻¹.

2.3 Methods

Structural parameters of fibres

The sound speed in fibres

The sound speed in fibres characterizes the average orientation of macromolecular chains in surface layers of fibres. The Dynamic modulus tester PPM-5 was used for the measurement of sound speed in accordance with specification of PND 129-126-06 "The determination of the sound velocity in fibres with a circular section".

The fibres' birefringence

The birefringence represents the anisotropy of oriented polymer system and expresses the full orientation of macromolecular chains in fibres. The full orientation of prepared fibres was evaluated by the use of polarization microscope DNP 714BI in the accordance with specification of PND 129-

127-06 "The determination of the fibres' birefringence by compensation method".

Crystallinity of fibres

Crystallinity β represents the crystalline portion of fibres which is possible to evaluate by various methods. In this work the thermal analysis by the DSC 4 (Perkin Elmer) in accordance with the STN EN ISO 3146/AC "Plastics. Determination of melting behaviour (crystallinity β) of semi-crystalline polymers" was used for the estimation of PP fibres crystallinity. The melting enthalpy of 100 % crystalline PP equal to $\Delta H_m=209.11$ kJ/kg was used for the calculation of fibre crystallinity.

Mechanical properties of fibres

The equipment of Instron 1122 tensile tester was applied for the estimation of mechanical properties (tenacity, elongation and Young's modulus) in accordance with the specification of STN EN ISO 2062 "The determination of the tenacity and elongation of the individual yarns" and PND 129-129-06 "The determination of the Young's modulus of textile fibres".

Thermal properties of fibres

The thermal properties (melting temperatures) were measured using DSC-4 fy Perkin Elmer in accordance with the STN EN ISO 11357-1 "Plastics. Differential scanning calorimetry (DSC), Part 1: General principles" and STN EN ISO 3146/AC "Plastics. Determination of melting behaviour (melting temperature or melting temperature range) of semi-crystalline polymers by capillary tube and polarizing-microscope methods". The PP fibres were heated in the range from 60 to 260°C with the heating rate of 10°C.min⁻¹.

The obtained results of effect of the take-up spinning speed on the structural parameters such as birefringence, sound velocity and crystallinity are presented in Figure 1.

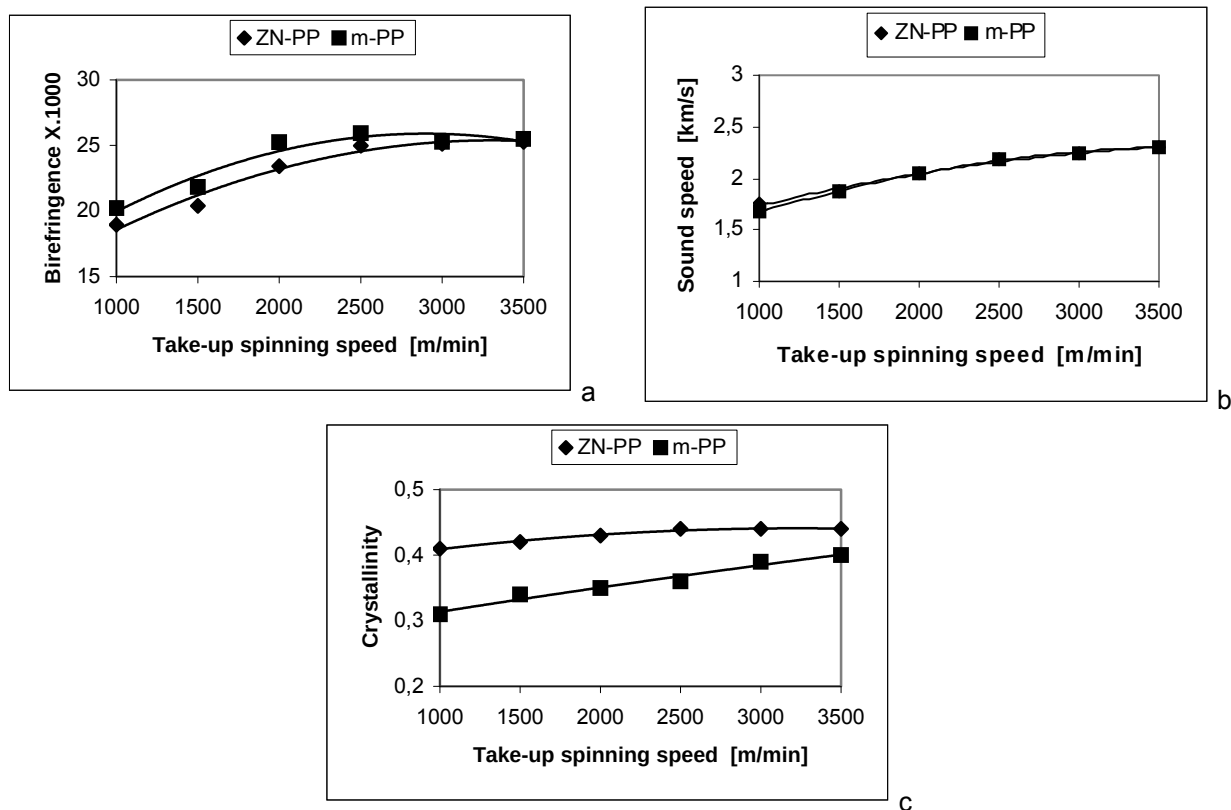


Figure 1 The effect of take-up spinning speed on birefringence (a), sound speed (b) and crystallinity (c) of POY m-PP and ZN-PP fibres

The results of effect of take-up spinning speed on the mechanical properties such as tenacity, Young's modulus, fineness and elongation are presented in Figures 2 and 3.

The results of effect of take-up spinning speed on the thermal properties such as melting temperature and melting enthalpy are presented in Figure 4.

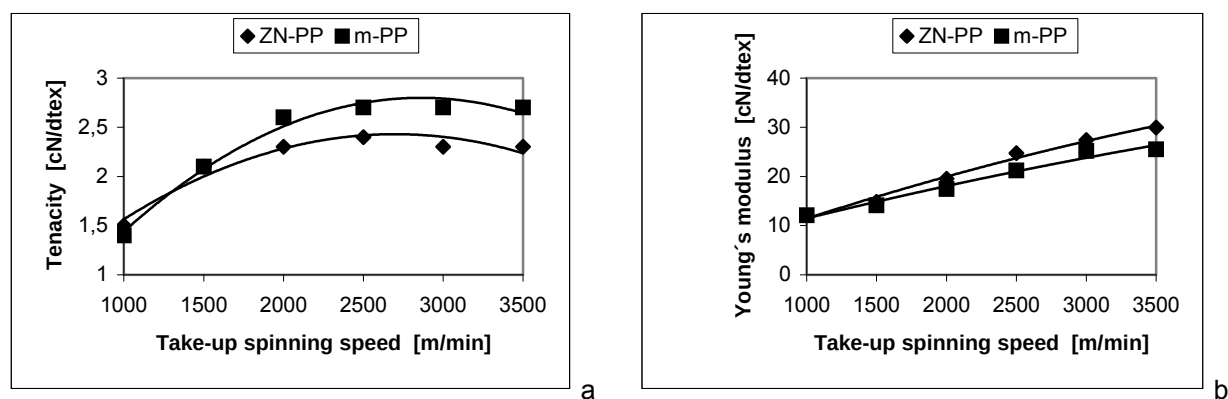


Figure 2 The effect of take-up spinning speed on tenacity (a) and Young's modulus (b) of POY m-PP and ZN-PP fibres

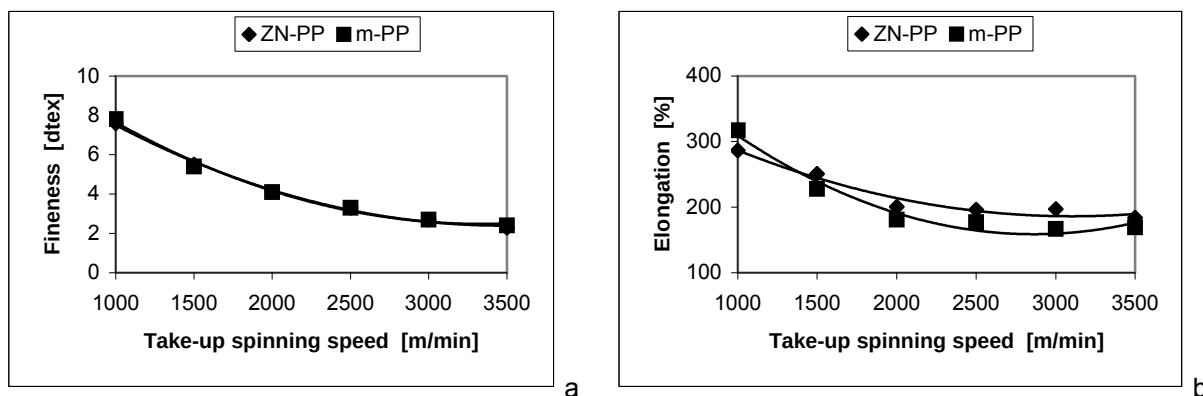


Figure 3 The effect of take-up spinning speed on fineness (a) and elongation (b) of POY m-PP and ZN-PP fibres

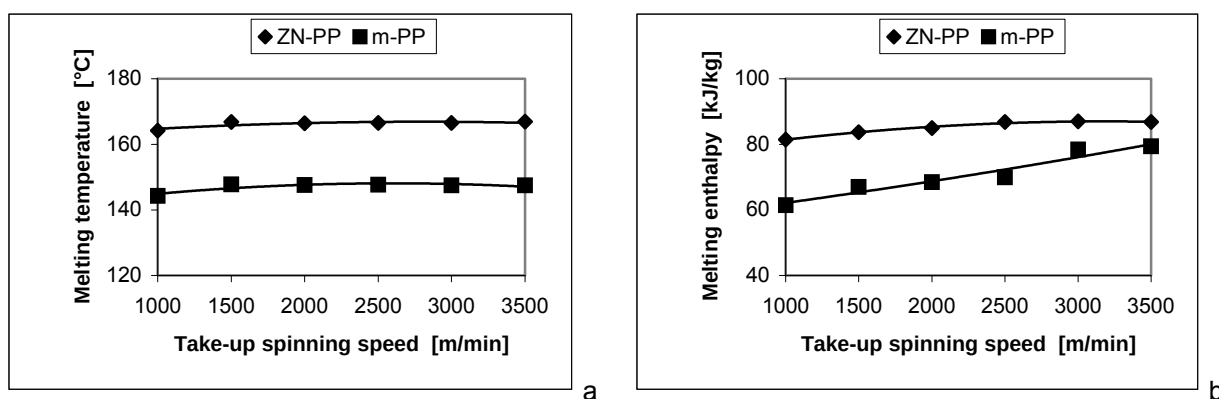


Figure 4 The effect of take-up spinning speed on melting temperature (a) and melting enthalpy (b) of POY m-PP and ZN-PP fibres

3 DISCUSSION

From the study of technological stability of POY fibres preparation was resulted that at optimized thermal parameters of spinning, the technological process of POY fibre preparation was foolproof in the whole evaluated range of take-up spinning speed for m-PP and ZN-PP polymers of lower level of molecular weight. There have not observed the higher ability of the deformation and the more responsible technological stability of spinning process at the higher take-up speed of the used POY technology of the fibre preparation from the m-PP with the lower molecular weight.

It was found out that with the increasing take-up spinning speed, the average full orientation (pre-orientation) of ZN-PP and m-

PP is increasing markedly to speed 2.500 m/min, while pre-orientation reaches higher values at m-PP fibres (Figure 1a). It can relate with the narrower distribution of the molecular weight and lower polydispersity index of m-PP polymer. It enables to reach the higher average orientation of macromolecular chains in comparison with fibres prepared from ZN-PP.

With the increasing take-up spinning speed, the orientation of fibres surface layers is also increasing markedly. Orientation increase is practically the same at ZN-PP and m-PP fibres in the whole evaluated range of take-up spinning speed (Figure 1b).

In the following it was specified that with the increasing take-up spinning speed, fibres crystallinity is also increasing, while the orientation increase is more marked at m-PP

fibres. Crystallinity values at m-PP fibres are more markedly lower than at ZN-PP fibres in the whole evaluated range of take-up spinning speed (Figure 1c). The more expressive increase of crystallinity in m-PP fibres is as the result of achieved higher average full orientation of m-PP fibres in comparison with the fibres prepared from ZN-PP.

In accordance with the stated values of fibres average full orientation (pre-orientation) (Figure 1a), fibres tenacity is increasing markedly to take-up spinning speed of 2.500 m/min, while m-PP fibres tenacity is markedly higher (12%-17% more) in comparison with ZN-PP fibres (Figure 2a). The higher ability of orientation and deformation of m-PP fibres at the POY technology has induced positive the tenacity of m-PP fibres.

With the increasing fibres pre-orientation, their elongation, which is mildly lower in the evaluated range of take-up speeds than at ZN-PP fibres, is decreasing markedly (Figure 3b). The lower elongation of m-PP fibres relates with their higher average orientation which is better than the ZN-PP fibres.

It was stated that elasticity modulus of m-PP and ZN-PP fibres is increasing with the increasing take-up spinning speed in accordance with their growing of average full orientation and crystallinity. Values of m-PP fibres elasticity modulus are mildly lower in comparison with ZN-PP fibres (Figure 2b), what can be connected with the significantly lower crystallinity at m-PP fibres (Figure 1c).

In regard to reliable technological stability of fibre preparation, fibre unit fineness is decreasing in proportion to increasing take-up spinning speed identically at m-PP and also at ZN-PP polymers (Figure 3a).

Difference in structure of POY ZN-PP and m-PP fibres (mainly significant difference in fibre crystallinity – Figure 1c) was markedly shown also in fibre basic thermal properties, i.e. in melting temperature and melting enthalpy.

It was set that melting temperature of m-PP fibres is lower than in ZN-PP fibres by 19-

20°C in the whole evaluated area of take-up spinning speeds (Figure 4a).

It was found out that melting enthalpy rises markedly with the increasing of take-up spinning speed in ZN-PP and also in m-PP fibres, while its values are lower by 8-20 kJ.kg⁻¹ in m-PP fibres than in ZN-PP fibres (Figure 4b).

4 CONCLUSION

From the realized experimental works of the study of the PP type influence of molecular weight lower level and take-up spinning speed on preparation technological stability, structure, mechanical and thermal characteristics of POY PP fibres, it is possible to formulate the following most important conclusions :

- Technological stability of POY fibres preparation process was reliable and comparable at evaluated m-PP and ZN-PP polymers;
- type PP (ZN-PP – m-PP) and take-up spinning speed significantly influence structure, mechanical properties and thermal characteristics of PP fibres prepared by POY production technology;
- in the evaluated range of take-up spinning speeds, m-PP polymer versatility secures achievement of POY fibres higher average full orientation at concurrently markedly lower level of fibre crystallinity;
- in consequence of m-PP fibres structure higher orientation, it was achieved higher tenacity (by more than 10%) compared to ZN-PP fibres;
- marked difference in fibres crystallinity was reflected in markedly lower stated values of melting temperature and melting enthalpy of m-PP fibres compared to ZN-PP fibres.

Acknowledgement: This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0226-06.

5 REFERENCES

1. An.: Worldwide demand for certain fibers, Fiber Organon, 80 (2009) 6, 95
2. Herben, P. & Lonardo, A.: Adding value to the PP textile industry: the Metocene way, Chemical Fibers International, 52 (2002) 5, 318-319
3. Razavi, A.: Metallocene single site catalysts for PP fibers and nonwovens, Man-Made Fiber Year Book, (2004) August, 24
4. Shamshoum, E. et al: Properties and potential applications of commercially produced metallocene-based syndio- and isotactic polypropylenes, Proceedings of Metallocenes 96, 261-269, Germany, March 1996, Düsseldorf (1996)
5. Gauthier, W.J. & Mülhaupt, R.: Polypropylene an A-Z Reference, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0412802007, Dordrecht Netherlands, (1999), 178-185, 446-453, 454-471
6. An.: Polypropylene fiber table, Chemical Fibers International, 50 (2000) 3, 233-251
7. Tynys, A. et al: Propylene polymerisations with novel heterogeneous combination metallocene catalyst systems, Polymer, 48 (2007) 7, 1893-1902
8. Michlík, P. et al: The new PP generation in fibers materials area, Vlákna a textil (Fibres and Textiles), 10 (2003) 4, 155-158
9. Van den Driest, P.: Polypropylene for textile applications, Chemical Fibers International, 54 (2004) 5, 292-299

ŠTRUKTÚRA A VLASTNOSTI POY METALOCENOVÝCH POLYPROPYLENOVÝCH VLÁKIEN

Translation of abstract:

Structure and properties of POY metallocene polypropylene fibres

Nová generácia metallocenových polypropylénov (m-PP) vytvára reálny priestor pre výskum nových typov vlákien so zvýšenými úžitkovými vlastnosťami pre textilný a najmä technický aplikačný sektor.

V tomto príspevku sú prezentované výsledky štúdia vplyvu odťahovej rýchlosti zvlákňovania (1000 m.min^{-1} – 3500 m.min^{-1}) POY technologického procesu prípravy vlákien na parametre nadmolekulej štruktúry (dvojlom, rýchlosť šírenia zvuku vo vlákne, kryštalinita), mechanické vlastnosti (pevnosť, modul pružnosti, ťažnosť) a termické vlastnosti (teplota tavenia a entalpia tavenia) m-PP vlákien. V práci boli porovnané experimentálne výsledky z m-PP a z Ziegler-Nattových (ZN-PP) vlákien pripravených z polymérov rovnakej nižšej úrovne molekulovej hmotnosti (podobnej vyššej úrovne IT) pri rovnakých technologických parametroch.

THERMOMECHANICAL PROPERTIES OF BLENDED FIBRES PREPARED FROM METALLOCENE AND ZIEGLER-NATTA POLYPROPYLENES

J. Ryba, A. Ujhelyiová and V. Méry

Institute of Polymer Materials, Department of Fibres and Textile Chemistry, Faculty of Chemical and Food Technology, STU in Bratislava, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, jozef.ryba@stuba.sk

Abstract: *In this article the effect of Ziegler-Natta polypropylene (ZNPP) on thermal behaviour of metallocene polypropylene (mPP) in the oriented polymer blended fibres is presented. The DSC 7 apparatus (Perkin Elmer) for measurement of thermal properties of these fibres was used. For measurement of thermo-mechanical properties of blended fibres TMA-50 apparatus (Shimadzu) was used. For evaluation of mechanical properties Instron 3343 apparatus was used. The mPP/ZNPP fibres are compatible polymer blends with one melting temperature in the range of melting temperature of mPP and ZNPP. This was concluded on the base of DSC thermograms. Tenacity of blended fibres is higher than tenacity of fibres made from pure mPP and ZNPP homopolymers.*

Keywords: *polymer blends and blend fibres, metallocene and Ziegler-Natta polypropylene, thermal behaviour, differential scanning calorimetry, thermo-mechanical analysis*

1. INTRODUCTION

Synthetic fibres based on fibre-forming polymer blends belong to a special fiber group. A variability of properties in fibres can be reached using two or more components in the fibre-forming blend. Ziegler-Natta (ZN) catalysts have been used to manufacture polypropylene (ZNPP) for over five decades. The polymerization of PP in presence of the Ziegler-Natta catalysts has been given support to a continuous growth of an application in all areas of an industry because their properties and price were very interested [1, 2].

The important increase of ZNPP application in the fibre and textile industry has been come after an introduction of the ZNPP degradation, which enabled the preparation of ZNPP with the lower molecular weight and narrower molecular distribution. These molecular characteristics of ZNPP provided the better processability of ZNPP at the spinning and drawing of PP fibres as well as the better unevenness of structure and mechanical-physical properties.

The metallocene catalysts are other catalysts provided a polymerization of polyolefins with

narrower molecular weight distribution, lower melting temperature, etc [3].

These properties of metallocene polypropylene (mPP) could be to suffer their application at the preparation of oriented anisotropic materials – fibres with the important improvement of some properties, for an example the mechanical-physical properties (higher tenacity and Young's modulus) as well as with the use of better favourable spinning and drawing conditions. Generally, there are the fibres with the lower linear density, higher tenacity, lower elongation at the break and higher Young's modulus [4].

Thermomechanical analysis (TMA) is a very popular technique for the thermal characterisation of materials. It plays a major role in the plastic and rubber industries, as well as in the characterisation of many other materials, such as those encountered in the metal and ceramics industries. This technique follows the strain of the material, subjected to a static mechanical load, during a programmable temperature program or in isothermal conditions. A variety of information is obtained from TMA such as the assignment of transition temperatures

(glass transition, melting temperatures and softening points) as well as some mechanical parameters of the sample. Under adequate experimental conditions, the commercial TMA instruments are also capable of performing linear or volume dilatometry. Thermal properties of fibres are important to understand their processing characteristics as well as performance in the final product. Whereas some of the properties are important for application, others are critical in processing to form the final product [5].

2. EXPERIMENTAL

2.1 Materials used

The metallocene polypropylene HM562R (mPP), Lyondell Basell Co., Italy, MFI = 26.6 g/10 min, Ziegler-Natta polypropylene HT 2511 (ZNPP), MFI = 27.6 g/10 min from Slovnaft, a.s. Bratislava, Slovak Republic were used at the preparation of fibres.

2.2 Preparation of blended fibres

The mPP/ZNPP blends were prepared in a concentration range of 0 – 100 % wt.. Chips of both polymers were mechanically mixed. The undrawn mPP/ZNPP fibres were prepared by classical procedure of spinning using laboratory pilot plant with the screw $\phi = 16$ mm at a temperature of 200°C with the take-up speed of the spinning 200 m.min⁻¹. The prepared undrawn fibres were drawn on the drawn ratio 2.0 at a laboratory temperature.

2.3 Methods used

The thermal characteristics – melting (T_m) temperature and melting (ΔH_m) enthalpies of mPP/ZNPP fibres were measured using DSC 7 Perkin Elmer at the following conditions: The original samples of fibres were heated

with the rate of 10°C.min⁻¹ from 50°C to 200°C. The measurement was made in the inert gas atmosphere (nitrogen).

Thermo-mechanical characteristics of blended fibres were measured by equipment Schimadzu TMA-50. In the temperature range from room temperature to 90°C, the extension or shrinkage of fibres respectively at constant load was measured. The extensions resp. shrinkages of fibres (L_1) and the temperature (T_1) whereat have been detected the first change of deformation were evaluated.

For evaluation of mechanical properties Instron 3343 equipment was used. Gauge length of fibre sample was 100 mm and speed of deformation of the sample was 100 mm.min⁻¹ at the room temperature. Deformation under forced elasticity, elongation, tenacity and Young's modulus was obtained from experimental data.

3 RESULTS AND DISCUSSION

By using of differential scanning calorimetry (DSC) was found that ZNPP and mPP are fully compatible and miscible in whole concentration range (Fig. 1). In the case of incompatible compounds, thermograms of DSC exhibit two single peaks which correspond to individual compounds. In this case, one melting temperature and melting enthalpy was obtained from sample thermogram (Table 1).

Melting temperatures of blended fibres at lower concentrations of mPP approach to melting temperature of ZNPP but do not reach his value. The melting temperatures of the blended mPP/ZNPP fibres with higher concentration of mPP approximate to the melting temperature of mPP.

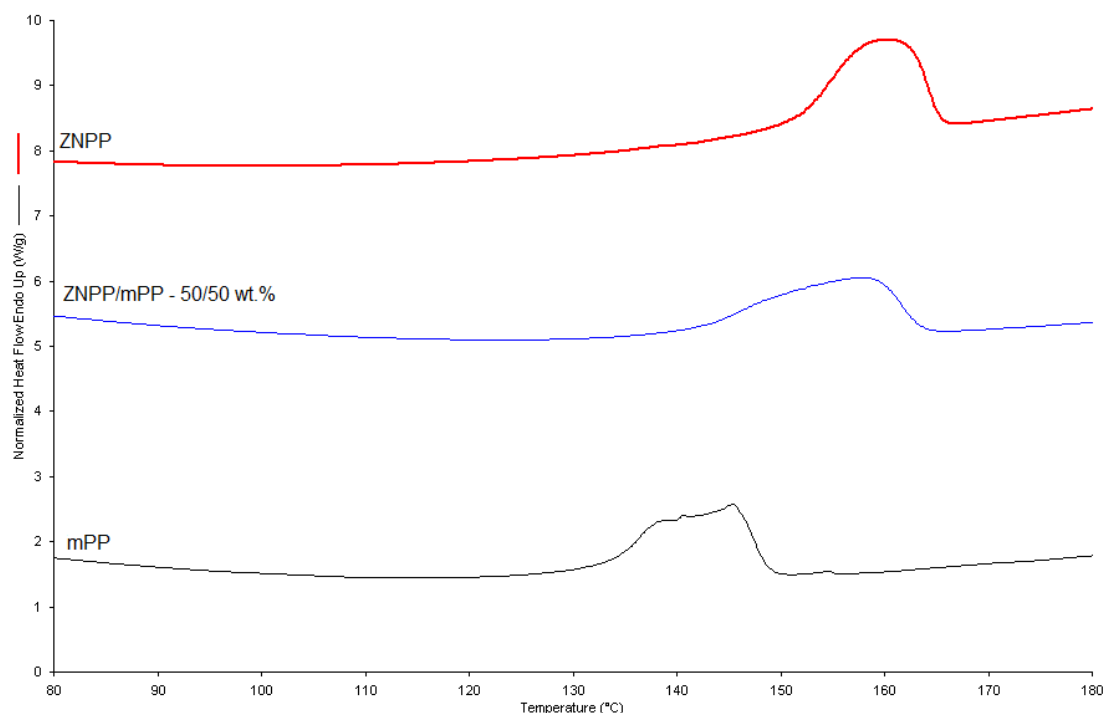


Figure 1 DSC thermograms of ZNPP, mPP and blended mPP/ZNPP fibres

Table 1 Melting enthalpies (ΔH_m), melting temperatures (T_m), of PP mPP/ZNPP blended fibres obtained at the 1st heating (heating rate = $10^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$)

c_{mPP} [wt. %]	ΔH_m [J/g]	T_m [°C]
0	83.8	160.0
10	79.9	160.5
20	78.9	160.0
30	77.1	158.7
40	76.1	156.7
50	70.3	157.7
60	58.9	155.2
70	67.8	152.5
80	66.5	152.0
90	68.6	153.3
100	69.1	145.3

Dependence of total melting enthalpy of mPP/ZNPP blended fibres on concentration of mPP shows a form of letter V with the minimum at 60 wt. % (Fig. 2). All experimental values are lower than calculated additive values from the based composition of mPP/ZNPP fibres. It suggests the decreased ability of crystallization of both

PP types in blended fibre. In spite of thermodynamical compatibility two different types of PP (mPP and ZNPP) are not capable crystallize in common crystalline modifications. It leads to increasing of content of amorphous phase in blended mPP/ZNPP fibres. On the other side, it could have been proposition in process of thermobonding.

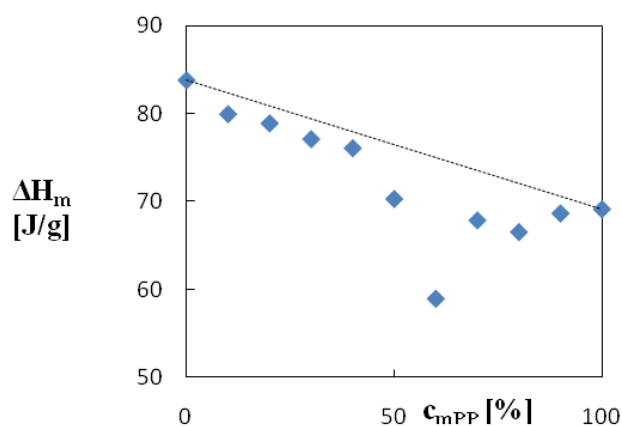


Figure 2 Dependence of melting enthalpies on mPP concentration in blended mPP/ZNPP fibres obtained from 1st heating

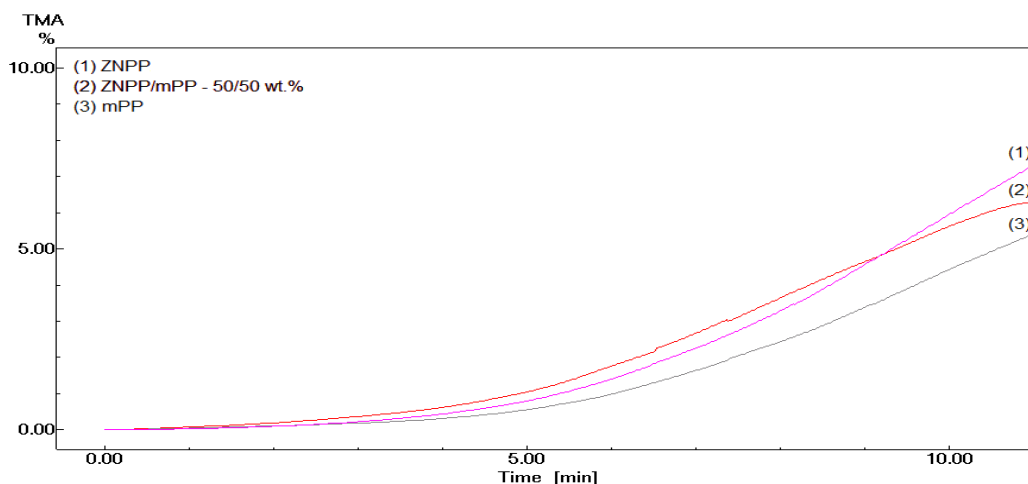


Figure 3 Dependence of TMA of blended mPP/ZNPP fibres

Blended mPP/ZNPP fibres with different concentrations of compounds at heating from room temperature to 90 °C extend (Fig.3). Higher mPP content in the mPP/ZNPP decreases the extension L_1 of these fibres. This corresponds to a certain extent with obtained extensions of fibres made from pure ZNPP and mPP polymers (Fig. 4).

Extension does not reach calculated additive values. It can be assumed that statement of ZNPP is overlapped by mPP demonstration. Dependence of temperature of extension T_1 on concentration of mPP in ZNPP/mPP blended fibres does not show unambiguous character (Fig. 5). But it is possible state that mPP component has higher influence on extension while ZNPP component has higher influence on deformation temperature. The blended mPP/ZNPP fibres with the lower mPP content deform at higher temperatures than the blended mPP/ZNPP fibres with the higher mPP content (Fig. 5).

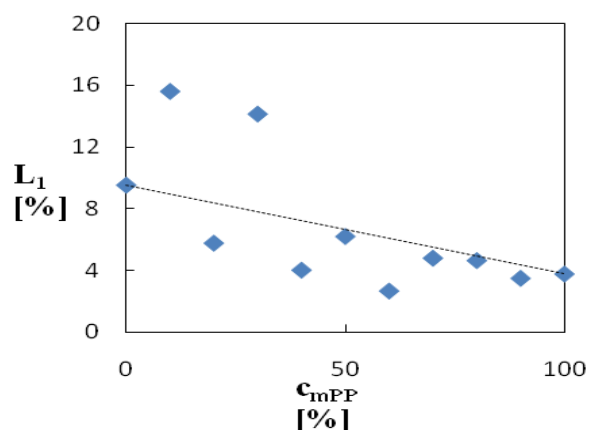


Figure 4 Dependence of experimental and calculated extension L_1 or shrinkage on the mPP concentration in blended mPP/ZNPP fibres

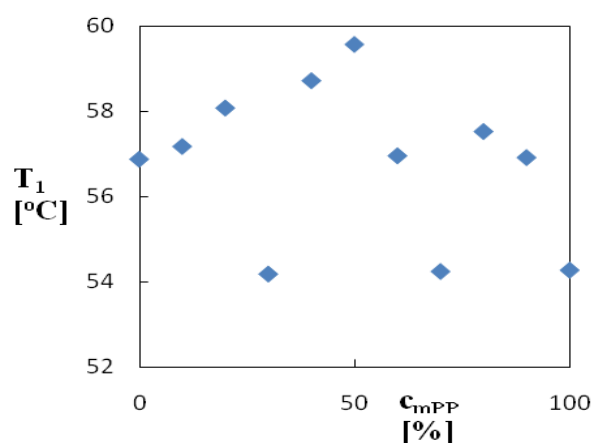


Figure 5 Dependence of temperature of extension T_1 on the mPP concentration in mPP/ZNPP blended fibres

In blended mPP/ZNPP fibres some physical-mechanical properties – forced elasticity (ϵ_f), tenacity (σ), elongation (ϵ) and Young's modulus (E) were also evaluated (Table 2). Dependence of forced elasticity of blended mPP/ZNPP fibres on mPP content goes through maximum in mPP content of 50 weight % (Fig. 6). Obtained values of forced elasticity are higher than it was assumed on the background of additive composition of the blends.

Similar character also acquire obtained values of mechanical properties – tenacity, elongation, and Young's modulus (Table 2). All parameters of blended mPP/ZNPP fibres are higher in comparison with parameters of fibres made from pure ZNPP and mPP. It can be assumed that in a case of these compatible polymers above mentioned properties are synergistic.

Tenacity of blended mPP/ZNPP fibres has increased to maximum and then fell. Elongation exhibits the same behaviour. Despite Young's modulus decreases to minimum value and then increases.

Table 2 Fineness (T_d), forced elasticity (ϵ_f), tenacity (σ), elongation (ϵ), Young's modulus (E) of blended ZNPP/mPP fibres

c_{mPP} [wt. %]	T_d [tex]	ϵ_f [mm]	σ [cN/tex]	ϵ [%]	E [N/tex]
0	10.7	17.8	6.6	112	1.15
10	10.2	20.1	14.9	167	2.12
20	11.4	21.4	14.3	197	1.36
30	11.3	25.0	11.9	211	2.10
40	11.1	26.6	15.6	199	0.98
50	12.1	19.2	12.6	187	1.92
60	10.7	18.2	16.3	176	2.74
70	10.7	17.7	12.5	117	2.15
80	12.3	14.7	7.0	108	1.68
90	11.2	13.5	7.5	103	2.46
100	13.2	16.0	7.8	98	1.34

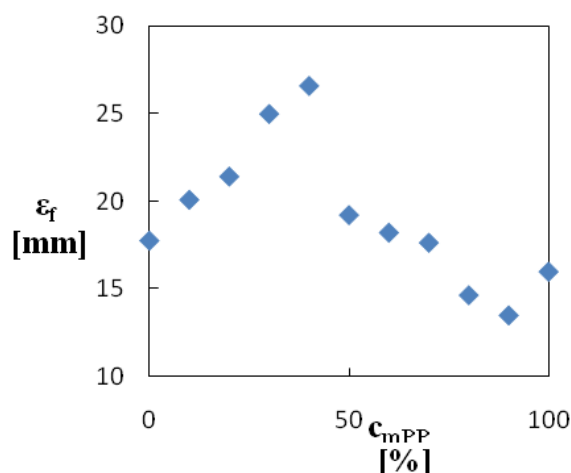


Figure 6 Dependence of forced elasticity (ϵ_f) on mPP content in blended mPP/ZNPP fibres

4 CONCLUSION

The mutual interactions of the metallocene polypropylene with ZNPP in blended mPP/ZNPP fibres and blends were studied from thermal, thermo-mechanical and mechanical properties of blended fibres by DSC, TMA method and by using of Instron testing device. It was found, that:

1. Blended fibres prepared from ZNPP and mPP form thermodynamically compatible blends with one melting peak on the DSC thermograms.
2. Melting temperatures of blended fibres corresponds with the melting temperature of majority compounds.
3. The PP crystallization ability is different in the oriented and non-oriented mPP/ZNPP fibres and blends.
4. Thermo-mechanical values of blended mPP/ZNPP fibres confirm thermodynamically compatible systems.
5. Tenacity of blended fibres is higher than tenacity of fibres made from pure mPP and ZNPP polymers.

Acknowledgement: This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0226-06.

5 REFERENCES

1. Folvarčíková K.: Book of Preceeding of the International Conference "Polymer Materials", 29.-30. October 2003, Bratislava, Slovakia, 22-23, 2003
2. Razavi-Nouri, M.: Iranian Polymer Journal, 16, 105, 2007
3. Arranz-Andres, J.: European Polymer Journal, 43, 2357, 2007
4. Gomez-Elvira, J.M.: Polymer Degradation and Stability, 85, 873, 2004
5. Bhat G.: Thermochemica Acta 367-368, 161-164, 2001

TERMOMECHANICKÉ VLASTNOSTI ZMESNÝCH VLÁKIEN PRIPRAVENÝCH Z METALOCÉNOVÝCH A ZIEGLER-NATTOVÝCH POLYPROPYLENOV

Translation of abstract:

Thermomechanical Properties of Blended Fibres Prepared from Metallocene and Ziegler-Natta Polypropylenes

V tomto článku je sledovaný vplyv Ziegler-Nattového polypropylénu (ZNPP) na termické správanie sa metalocénového polypropylénu (mPP) v zmesných orientovaných vláknach. Na meranie termických vlastností týchto vlákien, bol použitý prístroj Perkin Elmer - DSC 7. Na meranie termo-mechanických vlastností zmesných vlákien, bol použitý prístroj Shimadzu TMA-50. Na hodnotenie mechanických vlastností zmesných vlákien bol použitý prístroj Instron 3343. Na základe termogramov získaných z DSC meraní bolo zistené, že mPP spolu s ZNPP tvorí kompatibilné polymérne zmesi s jednou teplotou topenia v celom rozsahu teplôt topenia jednotlivých homopolymérov mPP, ako aj ZNPP. Pevnosť zmesných vlákien je vyššia, ako pevnosť vlákien vyrobených z čistých homopolymerov mPP a ZNPP.

KOMPOZITNÉ MATERIÁLY NA BÁZE ČADIČOVÝCH VLÁKIEN

M. Jambrich¹, V. Rusnák² a S. Tóthová¹

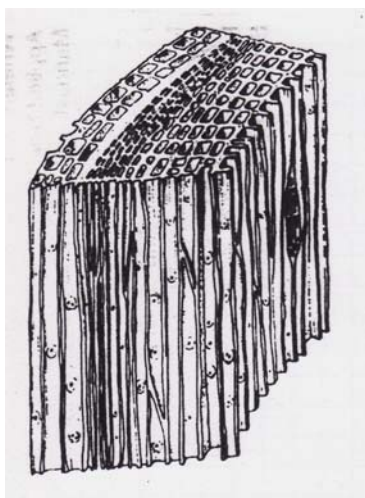
¹ Fakulta priemyselných technológií TnU AD Púchov email: mjambrich@post.sk

² Form, s.r.o. Horní Lideč

Abstrakt: Príspevok je zameraný na prípravu kompozitov na báze čadičových vlákien, polyesterovej a epoxidovej živice, hodnotenie makromorfologickej štruktúry, fyzikálno-mechanických a úžitkových vlastností, vzťahov štruktúry vlákien kompozitných materiálov a ich úžitkových vlastností.

1. ÚVOD

Príprava kompozitov vystužených vláknami je najrozšírenejšia z celkovej výroby týchto materiálov. Veľká dynamika rozvoja vláknitých kompozitov vyžaduje dostatočné pochopenie základných princípov postupov prípravy a vzťahov ich štruktúry, úžitkových vlastností a ich komerčného využitia v tradičných i netradičných aplikáciách. Napriek tomu, že vláknité kompozity sú považované za výsledok výskumu konca 20. storočia, používali sa už pred začiatkom nášho letopočtu. Hlavnou aplikačnou oblasťou bolo stavebníctvo, kde ľudia pomocou prírodných vlákien vystužovali ílovité materiály [1-3]. Rovnako v prírode máme materiály so štruktúrou vláknitých kompozitov (drevo, kosti, iné živé organizmy), (Obr. 1).



Obr. 1 Štruktúra dreva

Dlhým vývojom a prispôbením dizajnu dosiahla príroda najefektívnejšie uloženie vlákien, čím sa získali materiály s vynikajúcimi úžitkovými vlastnosťami [4, 5]. Dnes na základe skúseností a znalostí základných mechanizmov vytvárame nové syntetické kompozitné materiály, ktoré príroda neposkytuje. Tieto materiály sú tvorené celou radou kompozitov a majú charakter cieľavedomej práce (Obr. 2).

Spotreba kompozitných materiálov v priemysle vyspelých krajín celého sveta je veľmi vysoká. Nízka merná hmotnosť a veľmi dobré úžitkové vlastnosti kompozitov predurčujú ich použitie nielen pri výrobe špeciálnej techniky (letecká, kozmická), ale aj v konštrukčných materiáloch dopravných prostriedkov všetkých typov (automobily, autobusy, koľajové vozidlá, riečne a námorné plavidlá). Ich aplikácie výrazne znižuje spotrebu paliva [3-5].

Kompozitné materiály na báze rôznych typov vlákien nachádzajú v súčasnosti a určite budú aj v budúcnosti nachádzať široké uplatnenie v spoločenskej praxi.

Dobré vlastnosti kompozitov sú výsledkom synergického efektu ich zložiek ktoré sa prejavujú najmä v zmenách pevnosti v ťahu, ohybe a tlaku, modulu pružnosti a deformovateľnosti. Dlhodobé empirické skúsenosti umožnili formulovať korelácie pre podiel zaťaženia kompozitu prenášaného vláknami na základe modulov pružnosti a ich podielu v kompozite [3, 5]:

$$\frac{F_{vl}}{F_k} = \frac{\frac{E_{vl}}{E_m}}{\frac{E_{vl}}{E_m} + \frac{V_m}{V_{vl}}}$$

$$1 = V_{vl} + V_m, \quad F_k = F_{vl} + F_m, \quad F_{vl} > F_m$$

kde F_{vl} je vláknami prenášané ťahové zaťaženie, F_k je výsledné zaťaženie pôsobiace na kompozit, E_{vl} je modul pružnosti vlákna, E_m je modul pružnosti matrice, V_{vl} je objemový podiel vlákien a V_m je podielový objem matrice.

Najčastejšími výstužnými materiálmi sú pre kompozity sklenené, uhlíkové, polymérne, keramické, bórové a kovové vlákna. V ostatnom období sa začínajú uplatňovať i čadičové vlákna [3, 5, 6]. Čadičové vlákna ako vystužujúci materiál pre kompozity otvárajú perspektívnu materiálovú bázu. Čadičové materiály sú známe i na Slovensku a to na ložiskách Dobrá Niva a Nová Baňa [3, 5, 7, 8].

Čadič je stuhnutá láva niektorých sopiek a je to obecné pomenovanie skupiny vulkanických hornín majúcich rad oxidov. Vo všetkých čadičových horninách sa nachádzajú určité druhy minerálov, a to augit, magnetit, olivín, plagioklas, nefelín, leucit, a melitit [3, 9].

Podľa obsahu SiO_2 sa čadičové horniny delia do troch hlavných skupín [6, 7]:

- alkalický čadič - SiO_2 do 42%
- mierne kyslý čadič - SiO_2 43-46%
- kyslý čadič - $\text{SiO}_2 > 46\%$

Koncentrácia jednotlivých zložiek v čadičových horninách je rozdielna (Tab. 1). Vhodnosť čadičových hornín pre prípravu vlákien je založená na ich chemickom a mineralogickom zložení. Čadičové horniny vhodné na prípravu vlákien musia splniť nasledujúce požiadavky [3]:

- obsah $\text{SiO}_2 > 46\%$ s konštantným chemickým zložením
- schopnosť tavenia bez tuhých zvyškov
- vhodná viskozita taveniny

- schopnosť tuhnutia bez kryštalizácie
- vhodný koeficient kyslosti M_k (1,1-3), ideálny M_k je 1,65

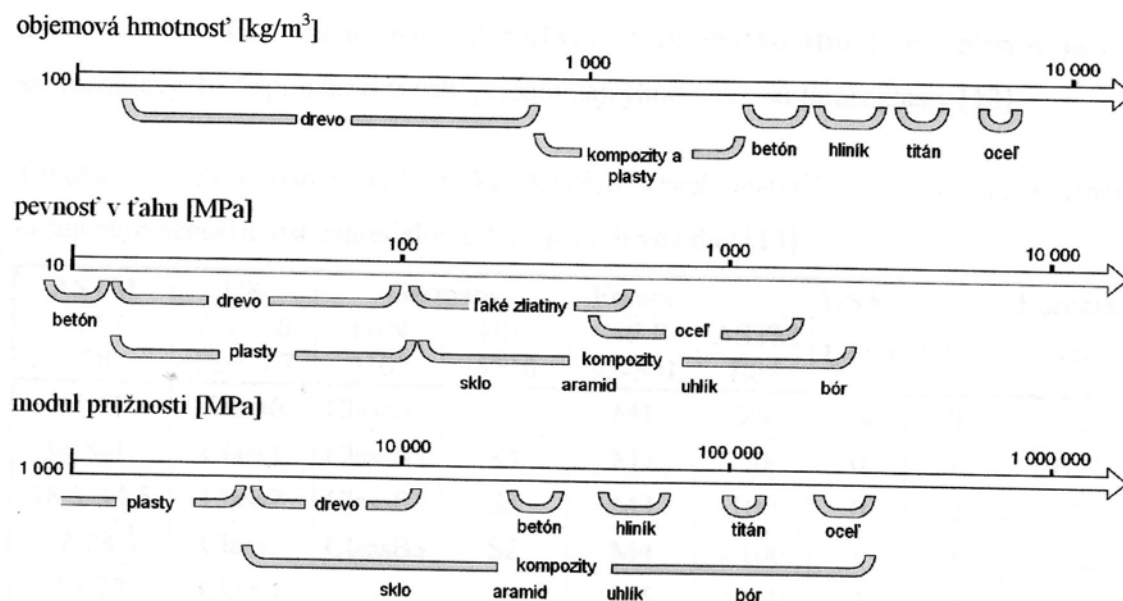
$$M_k = \frac{(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)}{(\text{CaO} + \text{MgO})}$$

Čadičové vlákna sa vyrábajú v geometrickej forme krátkych vlákien (čadičová vata) a nekonečných technických vlákien. Technológia prípravy krátkych a nekonečných vlákien je rozdielna. Aplikácia krátkych vlákien (priemer cca 20 μm a dĺžka do 5 cm) je v stavebníctve vo forme vaty, plste, pásov, dosiek a rohože. Tento typ materiálu je uplatňovaný predovšetkým pre riešenie tepelnoizolačných vlastností objektov.

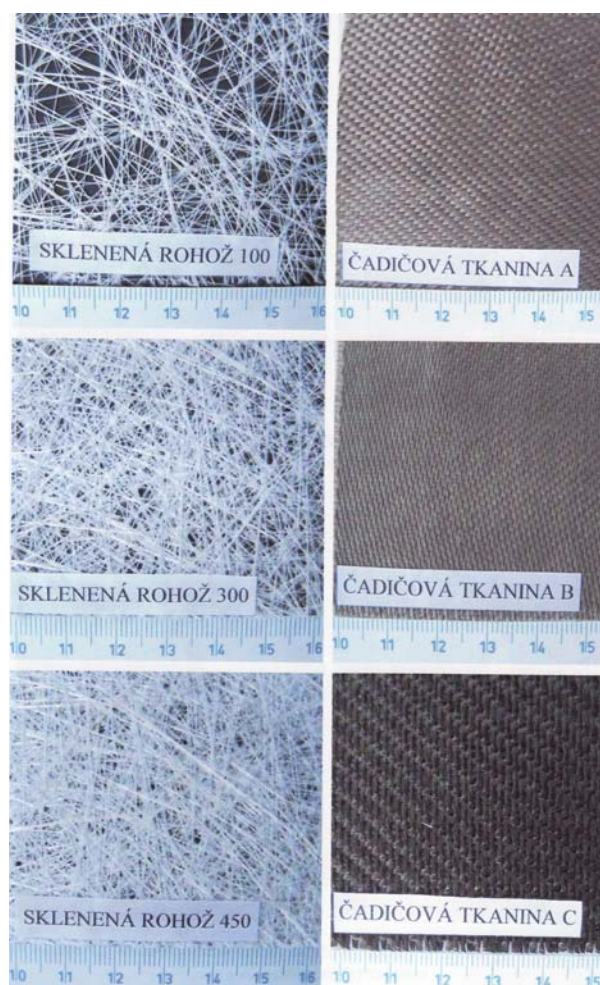
Nekonečné čadičové vlákna sa v tomto období začínajú uplatňovať ako výstužné vlákna na prípravu konštrukčných kompozitných materiálov. Nekonečné čadičové vlákna sú vysokopevné, ohybné, zvyčajne o priemere 9 - 25 μm .

Tab. 1 Chemické zloženie čadičových hornín [3-10]

Oxid	Obsah čadiča v hmotnostných % z rôznych lokalít			
	min	max	priemerne	z Novej Bane
SiO_2	35,72	49,90	48,78	46,13
TiO_2	0,16	4,78	1,39	3,60
Al_2O_3	9,56	16,94	15,85	11,34
Fe_2O_3	3,02	8,43	5,37	4,36
FeO	4,06	7,29	6,34	7,30
MnO	0,00	1,43	0,29	0,20
MgO	2,95	15,46	6,03	10,43
CaO	8,16	14,20	8,91	10,00
Na_2O	2,24	6,45	3,18	3,55
K_2O	1,30	7,58	1,63	2,10
P_2O_5	0,15	1,14	0,47	0,92



Obr. 2 Vlastnosti kompozitov z rôznych materiálov [3]



Obr. 3 Mikroskopické snímky sklenených rohoží a čadičových tkanín

V tabuľke 2 je uvedené chemické zloženie sklenených a čadičových vlákien [3, 5].

Tab. 2 Chemické zloženie sklenených a čadičových vlákien (hmot. %) [3, 7, 10]

zložka	E-sklo	S-sklo	C-sklo	čadič
SiO ₂	52-56	65	64-68	51,56
Al ₂ O ₃	12-16	25	3-5	18,24
CaO	16-25	-	11-15	5,15
MgO	0-5	10	2-4	1,3
B ₂ O ₃	5-10	-	4-6	-
Na ₂ O	0,8	0,3	7-10	6,39
K ₂ O	0,8	0,3	7-10	4,5
TiO ₂	-	-	-	1,23
Fe ₂ O ₃	-	-	-	4,02
FeO	-	-	-	2,14
MnO	-	-	-	0,28
P ₂ O ₅	-	-	-	0,26

E, S, C – sklo = konvenčné označenie

Výroba čadičových vlákien je energeticky menej náročná ako sklenených vlákien, sú ich plnohodnotnou náhradou s lepšími niektorými fyzikálno-mechanickými vlastnosťami.

Tab. 3 Vlastnosti čadičových a sklenených vlákien [2, 3]

Vlastnosti	Čadičové vlákna	Sklenené vlákna
Tepelné		
Max. teplota použitia [°C]	982	650
Trvalá pracovná teplota [°C]	820	480
Min. teplota použitia [°C]	-260	-60
tepelná vodivosť [W/m.K]	0,031-0,038	0,034-0,04
Teplota tavenia [°C]	1450	1120
Koeficient tepelnej rozťažnosti [ppm/°C]	8,0	5,4
Fyzikálne/mechanické		
Hustota [kg/dm ³]	2,60-2,80	2,52-2,63
Priemer [mikron]	9-23	9-13
Pevnosť v ťahu [MPa]	4840	3450
Modul pružnosti [GPa]	89-110	73-77
Ťažnosť [%]	3,15	4,7
Zvukové		
Koeficient zvukovej pohltivosti [%]	0,9-0,99	0,8-0,93

2. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Experimentálne práce boli zamerané na prípravu kompozitných materiálov na báze čadičových technických vlákien, polyesterovej a epoxidovej živice. Pre porovnanie úžitkových vlastností kompozitov z čadičových vlákien sme pripravili kompozity zo sklenených vlákien – rohoží. U pripravených kompozitných materiálov boli hodnotené fyzikálno-mechanické vlastnosti a morfológická štruktúra.

2.1 Použité vstupné materiály na prípravu kompozitov

Na prípravu kompozitov boli použité tri druhy materiálov:

- výstužné vláknité materiály
- matrica
- živice pre povrchovú úpravu kompozitov

Výstužné materiály

- čadičové tkaniny A, B, C (Obr. 3)
- sklenené rohože - Výrobca VERTEX, a.s. (Obr. 3)

Na Obr. 3 sú uvedené základné typy plošných útvarov z čadičových a sklenených vlákien s vlastnosťami uvedenými v Tab. 4 a 5.

Na obrázkoch 4a, 4b, 4c sú uvedené mikroskopické snímky čadičových tkanín použitých na prípravu kompozitov.

Matrica

a) polyesterová živica (PESŽ): Izoftálová nenasýtená polyesterová živica obsahujúca urýchľovač; NORPOL 850 – M850, Peroxid NORPOL PEROXIDE NO.1, Výrobca REICHHOLD CZ, s.r.o.

b) Epoxidová živica (EPŽ): Živica L 285, Tužidlo 285, Výrobca MGS Kunstharz-produkte GmbH

Živica pre povrchovú úpravu kompozitov

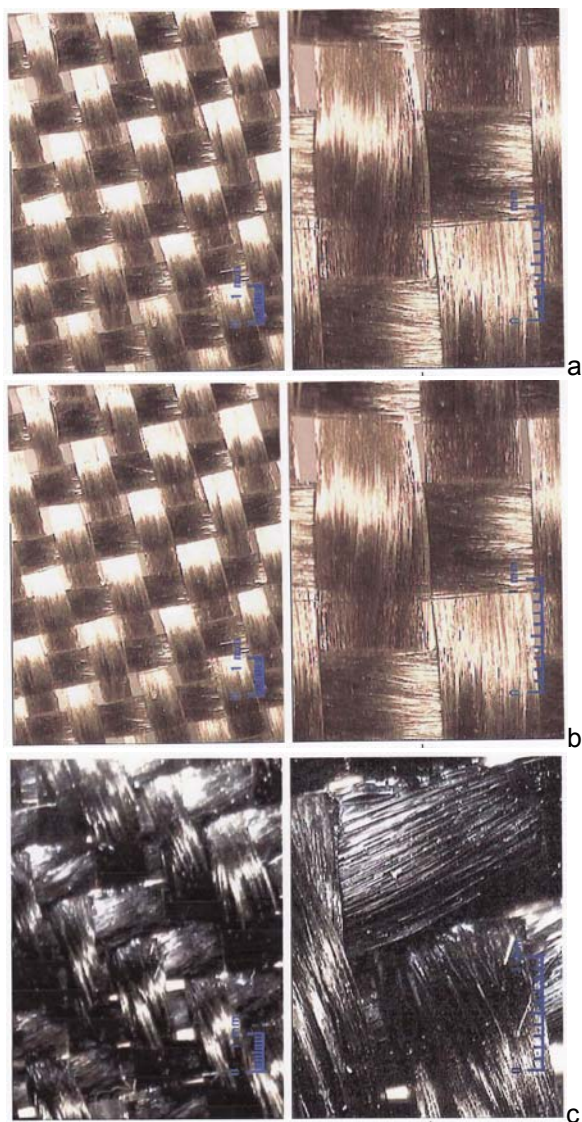
Živica na báze kyseliny izoftálovej a neopentylglykolu, typ NORPOL GELCOAT NGA-HX3, Výrobca REICH-HOLD CZ, s.r.o.

Tab. 4 Vlastnosti čadičových tkanín

Vlastnosti	Typ tkaniny		
	A	B	C
Hrúbka [mm]	0,2 ± 0,03	0,40 ± 0,05	0,75 ± 0,15
Plošná hmotnosť [g/m ²]	245 ± 25	385 ± 30	750 ± 30
Pevnosť v smere osnovy [N/cm]	400 ± 30	660 ± 30	4500 ± 30
Ťažnosť v smere osnovy [%]	6 ± 1	6 ± 1	7 ± 1
Teplota tavenia vlákien [°C]	>1250	>1250	>1250
Dostava [počet prameňov/cm]			
- osnova	10 [129 tex]	22 [100 tex]	7,4 [330 tex]
- útok	8 [122 tex]	13 [100 tex]	7,6 [330 tex]
Ochranný náter [%]	Báza 2- parafín	Báza 2- parafín	Báza amino-silán
Väzba tkaniny	Plátňová	Atlasová 5/3	Keprová

Tab. 5 Plošná hmotnosť sklenených rohoží

Typ Rohože	Plošná hmotnosť [g/m ²]
M113 100 (R 100)	100
M 134 300 (R 300)	300
M 134 450 (R 450)	450

**Obr. 4** Mikroskopické snímky čadičových tkanín A (a), B (b) a C (c) pri 7 a 20 násobnom zväčšení

2.2 Príprava kompozitov

Z uvedených výstužných materiálov (čadičových a sklenených vlákien) a matríc (polyesterových a epoxidových živíc) bolo pripravených 5 druhov viacvrstvových kompozitov – laminátov s rôznym zložením a počtom vrstiev.

Použitý druh výstužného materiálu, obsah čadičových a sklenených vlákien, druh živice a spôsob prípravy kompozitov sú uvedené v tabuľke č. 6.

2.3 Hodnotenie štruktúry a vlastností pripravených kompozitov

U pripravených kompozitov boli hodnotené fyzikálno-mechanické vlastnosti a makromorfologická štruktúra.

Fyzikálno-mechanické vlastnosti, ako je pevnosť a ťažnosť, boli hodnotené metódou podľa normy STN ISO 5274 – 4 na prístroji TIRAtest 2300 s registráciou deformačnej krivky. Ďalej bola hodnotená makromorfologická štruktúra mikroskopickou metódou.

Namerané hodnoty vlastností kompozitov sú uvedené v tabuľke 7 a reprezentujú priemerné hodnoty z viacnásobných meraní.

3. DISKUSIA

Hodnotenie fyzikálno-mechanických vlastností a makromorfologickej štruktúry pripravených kompozitov z čadičových a sklenených vlákien s matricou na báze polyesterových a epoxidových živíc umožňuje vysloviť nasledujúce názory.

Fyzikálno-mechanické vlastnosti (Tab. 7) pripravených kompozitov sú podmienené predovšetkým druhom výstužného materiálu (sklo, čadič), jeho makromorfologickou štruktúrou (tkanina, netkaný materiál – rohož, Obr. 4), väzba tkaniny plátňová, atlasová, keprová, druh matrice (polyesterová, epoxidová živica), podielové zastúpenie výstužného materiálu a matrice (Tab. 7) a technológiou ich prípravy.

Najvyššie pevnosti boli namerané u kompozitu PESC4 z čadičových tkanín s keprovou väzbou a polyesterovou živicom pripraveného technológiou ručného laminovania (Tab. 7). Na druhom mieste sa umiestnil kompozit EPA3 s kombinovaným zložením výstužného materiálu z čadičovej tkaniny s plátňovou väzbou, sklenenou rohožou a epoxidovou živicom pripraveného technológiou vákuového lisovania. Rozdiel v celkovej pevnosti týchto dvoch kompozitov

je daný jednak rozdielnymi vlastnosťami vstupujúcich výstužných materiálov a tiež typom matrice a rozdielnou technológiou prípravy. Ďalšie tri typy kompozitov (PESR, PESB a PESB4, Tab.7) s obsahom výstužného materiálu 30, 29, 36 % s rozdielnym materiálovým zložením (sklenená rohož a čadičové tkaniny s atlasovou väzbou, tab. 4,7) majú rozdielne pevnosti, čo korešponduje so štruktúrou a vlastnosťami vstupujúcich výstužných materiálov (Tab. 4, Obr. 4). Pri kombinácii výstužných materiálov pri príprave kompozitov dôležitú úlohu má jednak podiel jednotlivých typov výstužných materiálov a ich makromorfologická štruktúra

ako aj kompatibilitnosť vo finálnom výrobku (Obr. 5).

Celkove môžeme konštatovať, že použité typy vláknitých čadičových materiálov umožňujú získať kompozity o vlastnostiach, ktoré sú porovnateľné s kompozitmi pripravenými zo sklenených výstužných materiálov.

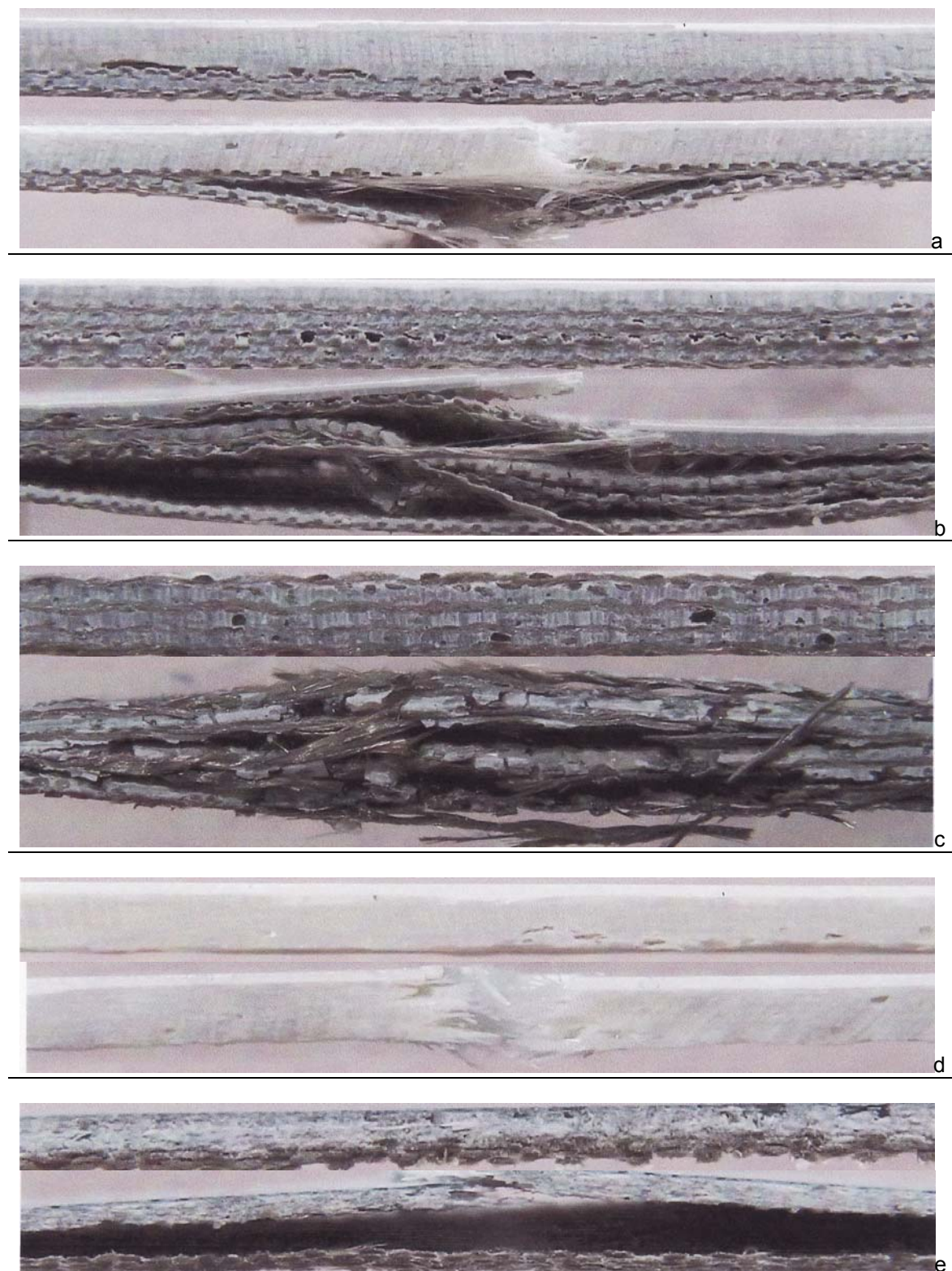
Makromorfologická štruktúra kompozitov bola hodnotená mikroskopickou metódou. Mikroskopické snímky priečných rezov kompozitov s rozdielnou štruktúrou (Tab. 6) sú uvedené na Obr. 5

Tab. 6 Štruktúra a spôsob prípravy kompozitov

Označenie kompozitu	Gelcoat	Živica	Vrstvenie výstužného materiálu	Technológia laminovania	Obsah výstužného materiálu [hmot. %]		
					čadičové vlákna	sklenené vlákna	spolu
PESB2	G	PESŽ	1. R300 2. R300 3. tkanina B 4. tkanina B	ručné	16	13	29
PESB4	G	PESŽ	1. R100 2. tkanina B 3. tkanina B 4. tkanina B 5. tkanina B	ručné	33	3	36
PESC4	-	PESŽ	1. tkanina C 2. tkanina C 3. tkanina C 4. tkanina C	ručné	50	-	50
PESR	G	PESŽ	1. R 300 2. R 450 3. R 450	ručné	-	30	30
EPA	G	EPŽ	1. R300 2. R300 3. tkanina A 4. tkanina A 5. tkanina A	Vákuové lisovanie pod fóliou	30	24	54

Tab. 7 Fyzikálno–mechanické vlastnosti kompozitov

Označenie kompozitu	Priem. hodnota pevnosti v ťahu [MPa]	Priem. hodnota ťažnosti [%]	Priem. hodnota hrúbky [mm]	Priem. hodnota kyslíkového čísla [%]
PESR	95,0	3,2	2,76	23,8
PESB2	85,1	3,2	2,84	-
PESB4	117,1	5,2	2,93	27,1
PESC4	238,5	6,5	4,27	-
EPA	144,0	3,3	1,64	22,9



Obr. 5 Priečne rezy kompozitov a. PESB2, b. PESB4, c. PESB4, d. PESR, e. EPA3 pred a po deformácii

4. ZÁVER

Cieľom tohto príspevku bolo informovať o našich prácach v oblasti prípravy kompozitných konštrukčných materiálov na báze čadičových vlákien. Doteraz sme venovali pozornosť príprave kompozitných materiálov jednak na báze technických nekonečných čadičových vlákien a polyesterových a epoxidových živíc a tiež využitím krátkych čadičových vlákien a polyolefínov. V tomto príspevku uvádzame výsledky z prípravy kompozitov s využitím čadičových nekonečných technických vlákien, polyesterových a epoxidových živíc.

Fyzikálno-mechanické vlastnosti kompozitov na báze čadičových vláknitých materiálov v porovnaní s kompozitmi so sklenenými vláknami majú porovnateľné a pri určitých typoch zloženia a makromorfologickej štruktúry i lepšie vlastnosti (Tab. 7).

Berúc v úvahu ďalšie úžitkové vlastnosti čadičových materiálov, ako je teplota topenia, maximálna a minimálna teplota použitia a zvukovú pohltivosť, môžeme konštatovať, že tieto materiály môžu byť vhodným zdrojom pre prípravu konštrukčných kompozitných produktov.

Pod'akovanie: táto práca vznikla v spolupráci s grantovou agentúrou VEGA, grant č. 1/0406/08.

5. LITERATÚRA

1. Agarval B., D., Broutman L., J.: Vláknové kompozity, STNL, Praha 1987
2. Budzák D., Jambrich M.: Aspekty rozvoja vláknitých materiálov vo svete a u nás, ChemŽi, 1/1, 2005, 64
3. Tóthová S.: Príprava a vlastnosti kompozitov na báze čadičových vlákien, Diplomová práca TnU AD, Púchov, 2005
4. Humar A.: Obrabění vláknově výstužených kompozitů. Teze přednášky k profesorskému jmenovacímu řízení, VUT FSI, Brno, 2004
5. Jambrich M.: Technické textilie, Učebné texty, TnU AD, FPT, Púchov, 2007
6. Černý M.: Současný stav a perspektivy výstuží pro kompozity, Vláknové kompozity, Sborník anotací přednášek ČVUT, Praha 2004
7. Militký J., Kovařík V.: Basalt fibros a new prospectus of old material, Vlákna a textil, 7(1), 2000, 7-12
8. Kubliha M.: Vplyv štruktúry na vlastnosti čadičových kompozitov, projekt doktorandskej práce, STU MtF, Trnava, 1997
9. Grégr J., Militký J., Kovařík V.: Čadičové vlákna, Vláknové kompozity, Sborník anotací přednášek, ČVUT, Praha, 2004
10. Jambrich M.: Štruktúra a vlastnosti textilných vlákien, Učebné texty, TnU AD, FPT, Púchov 2005

THE COMPOSITES MATERIALS BASED ON BASALT FIBERS

Obsah príspevku

Kompozitné materiály na báze čadičových vlákien

This paper deals with preparation and evaluation of composites based on continuous basalt fibres.

The structures of the basalt reinforcements were evaluated. Basalt and glass fiber reinforced polyester resin and epoxy composites were prepared by hand lay-up and vacuum foil infusion process to determine their physical-mechanical properties and utility properties. The properties and structure of the composites based on basalt and glass fiber were compared.

TEXTILNÍ VĚDY A TECHNOLOGIE V DĚJINÁCH

L. Sodomka

Adhesiv, TU Liberec, lubomir.sodomka@volny.cz

Motto: Bernal, J.D.: Ve vědě více než v kterémkoliv lidském oboru je třeba prozkoumat minulost, abychom pochopili přítomnost a ovládli budoucnost.

Abstrakt: S vlákny a primitivními textiliemi se člověk setkal již na počátku své existence, takže historie textilu patří mezi nejstarší historie vývoje lidstva. Některé publikace kladou počátky užívání textilu až do doby před 200 až 500 tisíci lety, tedy do doby hluboko předhistorické, tj. do období mladší doby kamenné (neolitu) a bronzové. Jde o údaje nepodložené archeologicky. Ale i archeologicky podložené údaje uvádějí užívání vláken a textilií do období před 25 až 27-tisíci lety, což potvrzují i nálezy v ČR. S textiliemi se setkáváme již na vysoké úrovni v civilizovaných říčních společnostech, jakými byly Mezopotámie, Čína, Egypt, Indie, Afrika, Evropa a Amerika. Rozvoj textilu nastával všude tam, kde vznikala civilizace. Jeho rozvoj předcházely vynálezy předení a následně tkaní. Jak předení tak i tkaní vzniklo důmyslem člověka. Podstata obou technik vznikala v rukou člověka. Od vynálezu obou technik jejich podstata zůstala stejná a vývojem docházelo postupně jen k technickému zdokonalování, podobně jako je tomu s vynálezem kola. Po dlouhou dobu se jak předení tak i tkaní provádělo ručně s poměrně nízkou produktivitou. Ke kvantitativnímu zvratu došlo až v 18. století, kdy se textil stal prvkem průmyslové revoluce, který využíval výsledky strojírenského a chemického průmyslu. Teoreticky byl založený empiricky na výsledcích mechaniky a chemie. Fyzikální zákony se uplatňovaly v textilu jen latentně. Po dlouhou dobu byl vývoj textilu založený na zkušenostech řemeslníků. Teprve ve 20. století dochází v období vědecko-technické revoluce jak ke kvantitativním tak i ke kvalitativním změnám založeným již na vědeckých základech. Vzniká textilní věda, vysoké školy specializované na textil a v roce 1968 dokonce i textilní historický časopis „Textile history“. Předmětem příspěvku je nastínit historii textilní technologie a vědy s přihlédnutím i k vlivu a významu fyziky na rozvoj textilních oborů.

1. ÚVOD

Slovo textil je latinského původu ze slovesa *texo, texere* [1], což znamená skládat z části nový celek, tkát nebo tvořit text. Prehistorie a historie textilu je spjata s vývojem člověka, s jeho historií, kulturou a civilizací. Prehistorii má textil mnohem delší než historii, za kterou považujeme teprve období, kdy bylo již možné užívat písma k zápisu historických skutečností opřených o archeologický průzkum. Prehistorická éra textilu sahá až do období před 200 až 500-tisíci lety [2]. O archeologické výzkumy se opírající zprávy o stáří textilií sahají až 25-27 tisíc let zpět [3]. Je zajímavé podotknout, že archeologické důkazy o tomto stáří textilií byly objeveny na území ČR. Až sem sahá prehistorie textilií. Prehistorické odhady stáří textilií byly odvozeny nepřímo bez archeologických

důkazů. Proto v se dalším opřeme pouze o archeologická a historická fakta.

Před 10 000 lety se začalo na Blízkém východě s pěstováním lnu. Před 8 500 lety bylo objeveno předení a před 8 000 lety byla v Anatólii, asijské části tureckého poloostrova, objevena první tkanina. Postupně byly objevované další textilní technologie jako pletení, rounové textilie, úprava textilií a další. Protože se jednotlivé technologie vyvíjely nezávisle, s výjimkou předení a tkaní, má každý textilní obor svou vlastní historii, kterou postupně probereme. Zásluhou E. Pasolda byl založený v roce 1964 fond na vydávání časopisu „Textile history“, který začal vycházet v roce 1968 a jehož jedno z čísel jubilejního ročníku je na Obr.1.

Po tomto krátkém úvodu, začneme probírat historie jednotlivých oborů, počínaje historií vláken jako základních

prvků textilií, historií předení, tkaní, pletení, rounových textilií (rounin, netkaných textilií) a úpravami (zušlechťováním) textilií konče. O historii vláken a oděvních textilií najde čtenář informace mimo jiné i v knize J. Zahna [4].



Obr.1 Vrchní obálka jednoho z čísel čtyřicátého výročního ročníku Textile history.

2. HISTORIE TEXTILNÍCH VLÁKEN

Největší vliv na vlastnosti textilie mají vlákna a technologie jejich přípravy. Technologie se však po celou dobu v podstatě nemění i když technika se mění natolik, že se zvyšuje hlavně produktivita práce a výrobnost. Ve vývoji však textilie ovlivňuje vývoj vláken, který vlivem objevů nových typů vláken silně ovlivňuje novou kvalitu textilií. Z počátku se užívalo na výrobu textilií přírodních vláken, jak rostlinných tak i živočišných. Ty později nahradily vlákna chemická na bázi přírodních surovin. Na ně navazují v druhé polovině 20. století vlákna syntetická. Předmětem tohoto článku bude seznámit se s historií vývoje vláken, která jsou základem vývoje textilií. Postupně probereme jednotlivá vlákna, jak se v historii uplatňovala ve vývoji textilií.

2.1 Vlákná rostlinná

Z rostlinných vláken uvedeme pouze nejčastěji užívaná vlákna: bavlnu a len. Vlákná **bavlny** jsou získávány ze semen. Délka bavlnových vláken se pohybuje v rozmezí 32 - 40 mm. Barva vláken je sněhobílá nebo s narůžovělým či nahnědlým

nádechem. Vlákná mají nízkou pružnost a tažnost ($\sim 4\%$) a pevnost ($2,5 - 4,2 \cdot 10^8 \text{ Pa} = 0,25 - 0,40 \text{ GPa}$). Vlákná jsou elektricky i tepelně špatně vodivá. Dlouhodobým slunečním ozařováním se vlákna rozpadají. Průřez bavlnových vláken je dutý ledvinovitý.

Vlákná bavlny jsou nejrozšířenější z vláken a tvoří 40% celkové vláknové produkce. Počátek její historie není jednoznačný. Nejčastěji se přisuzuje počátek jejího pěstování na území blízkého východu tj. dnešního Turecka asi před 5000 lety. Jiné prameny uvádějí, že bavlna byla známá v Indii, Číně, Egyptě, Pakistánu a pod. Běžné vlastnosti bavlny se zkoumaly během vývoje. Jejich mikrostruktura a povrchové vlastnosti až ve 20. století. Čistá nebo ve směsích se používá k výrobě tkanin pro nejrůznější použití a k výrobě šicích nití.

V počátku textilu bylo nejrozšířenější užívání **lnu**. Len se začal podle historických pramenů pěstovat před 10 000 lety na Blízkém východě. Před 7000 se užíval len ve Starém Egyptě k odívání a pro pohřební účely. Len a jemu podobná stonková vlákna byly také využívány ve starých kulturách v Indii, Číně, Egyptě, Pakistánu a dalších.

Jeho poměrně dlouhá vlákna se spřádala na vlákna nekonečná. Vzhledem ke zvýšené pevnosti lnu za mokra se len využíval v lodní dopravě. Jeho velká pevnost jej předurčovala na výrobu tažných lan, námořních plachet a pod. To byl základ pro moderní technické textilie. Len má dobrou tepelnou vodivost. Jeho pevnost se pohybuje mezi $3,5 - 7,6 \cdot 10^8 \text{ Pa} = 0,35 - 0,76 \text{ GPa}$. Tažnost je nízká. Lnu se používá na výrobu letních oděvů, prádla, kapesníků, lan a plachtovin. Mikrostruktura vlastností se začala studovat až ve 20. století [5]. Podrobnější poučení o historii rostlinných vláken a jejich používání lze také najít např. v [5-7].

2.2 Vlákná živočišného původu

Neznámější a nejdéle užívaná jsou vlákna ovčí vlny a morušového hedvábí.

Ovčí vlna se začala užívat před 5000 lety na blízkém východě, v dnešním Turecku a okolí. Později přešel chov ovcí na vlnu do Anglie, kde se staly vlákna vlny předmětem zpracování v textilním průmyslu, stejně jako bavlna, během průmyslové revoluce v 18. století. Vlna má mnoho vlastností, které jsou vhodné pro oděvní materiály, jako je pružnost, hřejivost, plstivost, tvárnost, navlhavost, prodyšnost a další. Délka vláken ovčí vlny se pohybuje od 50 do 400 mm, průměr vláken je 0,01 - 0,08 mm, měrná pevnost 0,01 - 0,025 Pa. Tažnost dosahuje až 42%. Navlhavost je až 40% a vlákna se nepociťují jako vlhká. Jemná struktura vláken vlny byla studována až ve 20. století metodami difrakce rentgenového záření [8].

Morušové hedvábí (pravé přírodní hedvábí) se začalo používat v Číně před 5000 lety. Krásné lesklé barevné oděvy z čínského hedvábí se staly žádaným vývozním čínským artiklem. Čínské hedvábí se získává z kukel bource morušového (Obr. 2). Čína udržela tajemství výroby hedvábných oděvů po dobu 2000 let. Dnes je největším producentem hedvábí Japonsko.

Ze zámotku kukly lze odmotat délku vláken od 400 do 900 m. Jejich pevnost je 0,025 - 0,050 GPa průměr vláken 0,01 - 0,02 mm.



Obr. 2 Kukly bource morušového

Pavoučí vlákna patří mezi nejpevnější živočišná vlákna. Jsou vytlačována bradavkou pavouka, jak znázorňuje Obr. 3.

Jejich stáří je jako lidstvo samo. Jeho pevnosti se využívalo na závěsy citlivých přístrojů.



Obr. 3 Tvorba pavučiny

2.3 Přírodní anorganická (minerální) vlákna

Azbestová (osinková) vlákna uvedeme jako prototyp anorganických vláken. Vlákna se získávají z nerostu, který je vláknový. Ten se drtí a vlákna se proklepávají na sítu. Vlákna mají různou délku až do 600 mm. Zpracovávají se ve směsi se lnem a bavlnou. Ta se pak ožeháváním odstraňují. Azbestová vlákna snášejí vysoké teploty a jsou ohnivzdorná. Dříve se z nich vyráběly pomůcky a oděvy pro pracující při vysokých teplotách, pro požární sbory, pro ohnivzdorné obklady. Jakmile se ukázalo, že osinek je karcinogenní, jeho užívání se podstatně omezilo [9].

Sklová vlákna zařazujeme mezi anorganická vlákna umělá. Pro skla k výrobě vláken se užívají obvykle tři typy sklovin E, C a S. Ve všech případech jde o sodnohlinité skla [10]. Skla E jsou dobrými elektroizolátory, skla C jsou chemicky odolná a skla S snášejí vysoké teploty. Sklová vlákna mají poměrně vysoké mechanické moduly a vysokou pevnost. Užívají se v podobě nehořlavé textilie na záclony, jako zpevňující vlákna a textilie pro kompozity a další aplikace. Sklová vlákna lze získat i jako vlákna mikronová.

2.4 Chemická vlákna

Vznikají chemickými postupy a to z přírodních vláknotvorných surovin jako je

např. celulóza, nebo zcela chemickými postupy ze základních chemických surovin jako jsou produkty ropy. Tyto suroviny se nazývají vláknotvorné. První zprávy o přípravě chemických vláken pocházejí z roku 1665, kdy fyzik Robert Hook (Hookův zákon) ve své knize „Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies“ oznámil přípravu vláken z biologických gelů. Tím dal podnět k tvoření vláken z rostlinných surovin. Ve Francii byla v roce 1890 vyvinuta vlákna z organických surovin nazvaná umělé (viskózní) hedvábí. To se stalo předmětem výroby v roce 1924. Průměry těchto vláken jsou 0,03 - 0,04 mm. Vlákna mají vysoký sklový lesk.

Kromě celulózových rostlinných vláken existují i rostlinná vlákna bílkovinová např. vlákna ze sojových bobů a pod. Vlákna se vyrábějí jako nekonečná i jako staplová (konečná). Vyrábějí se z nich šatovky i koberce. Existují také vlákna kukuřičná a arašídová. Poznáme i vlákna z mořských řas (alginátová vlákna).

V roce 1893 vynalezl A.D. Little celulózový produkt - acetát, který se stal surovinou pro výrobu vláken i folií pro filmový průmysl. Využívalo se jej také na výrobu křidel letadel.

2.5 Syntetická vlákna

Již u chemických vláken jsme se dostali v historii vláken do 20. století, které je však hlavně stoletím syntetických vláken. Prvním syntetickým vláknem byl polyamid - nylon. Jde o polyamid 6.6, který objevil v roce 1934 W.H. Carothers u firmy DuPont. Objev učinil ve věku 41 let.

Akrylová vlákna byla připravena na bázi akrylonitrilu již v roce 1893 v Německu. Pod jiným názvem je objevili u firmy DuPont v roce 1944 a do výroby se dostala v roce 1950. V roce 1991 firma DuPont přestal již akrylová vlákna vyrábět a výroba se přenesla do ostatního světa.

Polyesterová vlákna objevili britští vědci J.R. Whinfield, J.T. Dickson, W.K. Birtwhistle a C.G. Ritchi v roce 1941 a nazvali je terylénová vlákna. Výrobu převzala firma DuPont pod názvem Dacron. Výroba prudce rostla do roku 1970.

Polyolefinová vlákna. Jejich nejdůležitější představitelé jsou polyetylen a polypropylen. Polyolefinová vlákna jsou první vlákna, jejichž objev souvisí s udělením Nobelovy ceny za chemii pro rok 1963 dvěma chemikům G. Nattaovi a K. Zieglerovi [11]. Polyolefinová vlákna mají tu výhodu, že jejich objemová hustota je nižší než je voda, takže plavou na vodě. Jsou dobrými tepelnými i elektrickými izolátory. Nejsou navlhavé a rychle schnou. Jejich použití je univerzální zvláště pro technické textilie. V roce 1980 se začalo i s výrobou dutých polyolefinových vláken.

Lyocellová vlákna známá pod obchodním názvem Tencel byla poprvé vyráběná v USA již v roce 1933. Jsou vyráběná z dřevě dřeviny stromů a mají výhodu, že se samy recyklují a nevytvářejí odpad. Jejich uplatnění lze najít v obchodech jako bioobaly či biotašky a pod. [10, 12].

Polyuretanová vlákna. V roce 1959 byla firmou DuPont objevena nová polymerová vlákna, známá pod obchodní značkou Spandex. V Evropě jsou známá pod názvem Lycra nebo Elasthan. Spandex je první syntetické elastomerové vlákno, které je schopné nejméně 100% protažení, jako je tomu u přírodního kaučukového vlákna. Spandex je definované jako umělé vlákno, které je tvořené dlouhým řetězcem syntetických polymerů složených minimálně z 85% z polyuretanových součástí.

2.6 Jiné rozdělení vláken

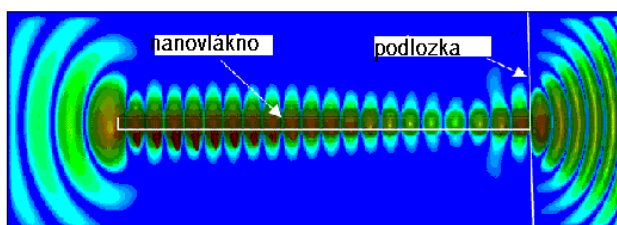
Mikrovlákna, tj. vlákna o průměru mikrometrů, byla zavedená do výroby v roce 1986. Pro textilní účely jsou velmi výhodná, neboť vytvářejí velmi ohebné a splývavé textilie. První mikrovlákna byla připravena z polyesteru. Jako mikrovlákna se vyrábějí i vlákna sklová a podle potřeby i další polymerová vlákna a mají všeobecné (generické) využití.

Nanovlákna nemají ustálenou definici. V některých publikacích se definují jako vlákna s příčným rozměrem menším než 1000 nm, v některých pak s průměrem o

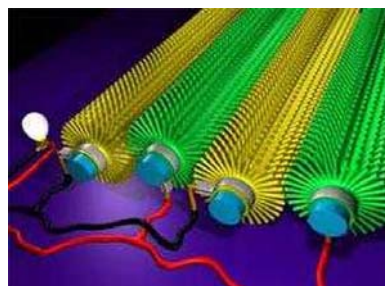
řád nižším a to pod 100 nm. Jde o vlákna podmikrometrová [13, 14]. Nanovlákna patří do oblasti nanotechnologie a nanomateriálů. Nanotechnologie je technologie v atomovém a molekulovém měřítku, kterou se zabývala již dlouho chemie. Pojem nanotechnologie a další nano odvozeniny zavedl v roce 1959 R. Feynman (NCF 1965) [11, 15]. V roce 1980 prohloubil obsah nanotechnologie K.E. Drexler knihou *Engines of creation. Coming Era of Nanotechnology*.

Pro přípravu nanovláken bylo vyvinuté dosud pět technologií: 1. tažení, 2. protlačování nanopóry, 3. oddělování fází, 4. sdružování molekul, 5. elektrosvlákňování. Nejrozšířenější je metoda elektrosvlákňování [16]. Elementární teorie této metody byly vypracovány např. v [17].

Nanovlákna mají povrchový „objem“ rovný až 30% celého objemu, takže povrchové vlastnosti přispívají k důležitým charakteristikám nanovláken. Snadno se elektricky nabíjejí. Pro jejich nanoelektronické vlastnosti je lze využít ke konstrukci nanoelektroniky v textiliích, jako jsou různá čidla, elektronické obvody a dokonce k vytvoření vláknových laserů (Obr. 4) a elektrických zdrojů (Obr. 5).



Obr. 4 Nanovláknový laser



Obr. 5 Nanovláknová triboelektrická baterie

Poněvadž se v současnosti vyrábějí nanovlákna o průměru stovek nm, lze je označovat lépe jako submikronová vlákna. Submikronová vlákna se dnes již využívají k výrobě plošných textilií, jako materiálu pro oděvnictví na šály, ponožky, prachovky a výplňkové materiály, které vynikají ohebností, jemným omakem a dalšími zajímavými vlastnostmi podle volby materiálu. Největší produktivita nanovláken je pro vrstevné rounové (netkané) textilie. Dnes už je výroba nanovláken (submikronových vláken) tak produktivní, že jsou ve výrobě vrstvené nanovláknové textilie pro oděvní účely, které jsou komerčně dostupné a vyrábějí se mimo jiné i v Číně (Obr.6).

Použití nanovláken je velmi široké a zasahuje téměř do všech oborů. Ve formě monofilů se kromě oděvních aplikací využívají v medicíně na výrobu antibakteriálních roušek, ke konstrukci náhradních tkání, dále v chemickém průmyslu a v životním prostředí jako filtry a katalyzátory, v bioinženýrství (26%), v energetickém a elektronickém průmyslu (obrana a bezpečnost 11%).



Obr. 6 Submikronové (nano)textilie. Výsledné výrobky z plošných vrstev rounin a) koupací čepice, b) koupací plášť, c) sportovní ručník. (Příklady výrobků z nanovláknových vrstev firmy Hotsy-Totsy, na Taiwanu).

Je třeba podotknout, že využívání nanovláken je teprve v samém počátku a v budoucnosti spotřebuje značnou část vývojové kapacity v oblasti materiálového inženýrství, zvláště pak při vývoji nejrůznějších čidel. Budoucnosti patří i nanotextilní technologii.

Speciální vlákna. Mezi speciální vlákna zařazujeme vlákna se speciálním využitím. U syntetických vláken jsou to vlákna s různým profilem průřezu, dále pak vlákna se speciálními vlastnostmi jako jsou vlákna pojivá, zvláště bikomponentní (polyetylen-polypropylenová a další), vlákna povrchově předrozpuštěná (např. celulosová či polyvinylalkoholová) a jiná, která jsou určena pro speciální použití.

Mezi speciální vlákna lze zařadit i vlákna, které mají speciální, neběžné fyzikální vlastnosti jako např. vlákna vodivá (kovová, uhlíková, grafénová, polyacetylenová a další), optická, difrakční optická DOV (FGD, Obr. 7), vlákna silně srážlivá, nebo vlákna s vysokou sorpcí vody.

Je možné připomenout ještě málo známá vlákna termoluminiscenční využívané jako čidla teploty, vlákna elektroluminiscenční, která svítí působením elektromagnetického záření, vlákna mechanoluminiscenční, která indikují střídavá napětí a přetrhy látek, vlákna pyro- a piezoelektrická, vlákna elektroelastická a další [10]. Mezi speciální vlákna zařazujeme obecně i vlákna, která se nevyužívají v běžné textilní praxi. Jde o vlákna kovová, keramická, elektricky vodivá a další.

Kovová vlákna. Historicky nejstarší bylo využíváno vláken zlata, stříbra a mědi i pro textilní účely. V současnosti se užívá kovových vláken v textilu hlavně pro jejich vodivost i jiné významné fyzikální vlastnosti jako je vysoká pevnost a teplotní odolnost. Na vlákna se užívají i tyto další kovy: ocel, berylium, molybden wolfram a kovová skla [10].

Keramická vlákna se stejně jako většina kovových vláken využívají hlavně jako výstuže kompozitů. Mezi keramická vlákna počítáme vlákna čedičová, strusková, vlákna karbidu křemíku, z nichž zvláště krátká

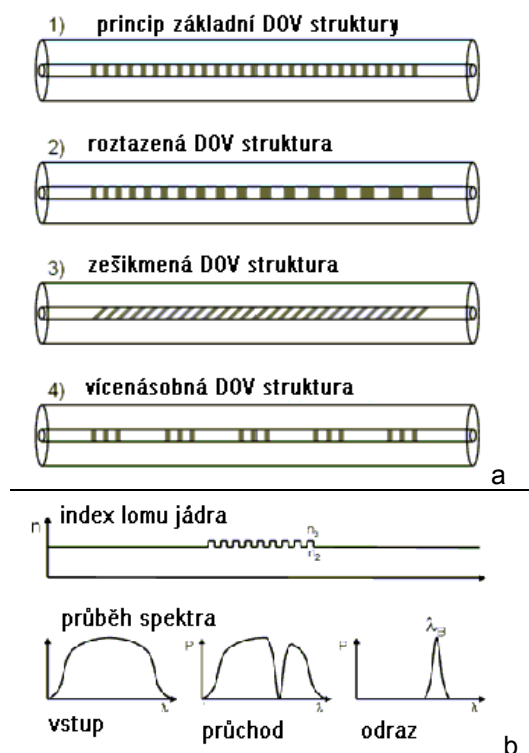
vlákna viskery mají vysokou pevnost. Zatím existuje jen malé množství keramických vláken, i když je jich možné vyrábět z daleko většího sortimentu keramiky [10].

Inteligentní vlákna. Inteligentním materiálem rozumíme takový materiál, který je schopný sejmout vnější podnět a zpětnou vazbou na něj reagovat. V užším smyslu stačí, když jsou vlákna vícefunkční a je jich možné použít ke konstrukci inteligentních textilií [18]. Jde o vlákna, která kromě mechanických vlastností jsou nositeli ještě dalších vlastností, jako jsou elektrické, tepelné, optické, magnetické a smíšené elektromechanické, elektro-akustické, elektrotepelné, pyroelektrické, piezoelektrické, triboelektrické, elektro-elastické, difrakční a další.

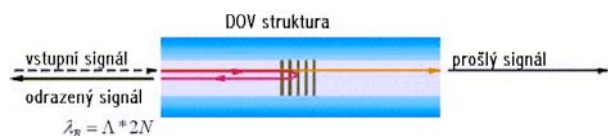
Pro bodové osvětlení je možné využít optická vlákna [10]. Pro snímání tlaků, teploty, deformace lze s výhodou využít jevu na optických vláknech, nazývaný optická difrakce a vlákna se nazývají difrakční optická vlákna (DOV, anglicky FBG - Fiber Bragg Grid). Vzhledem k tomu, že DOV jsou univerzální snímače, které se využívají při konstrukci inteligentních textilií a lze je považovat za inteligentní vlákna a jejich struktura je založena na soudobé nanotechnologii, seznámíme se s jejich funkcí, která je založena čistě na fyzikálních základech.

Mezi vlákna s nejvyšším stupněm inteligence lze zařadit neuronová vlákna. Vzhledem k tomu, že většina biologických struktur se vyskytuje v podobě vláknových tkání a tvoří přírodní rouniny, je třeba z přírody ještě mnohé přebírat a kopírovat (biomimetika).

Difrakční optická vlákna. Velmi významná pro využití v inteligentních textiliích jsou optická vlákna a difrakční optická vlákna (DOV), založená na Braggovské difrakci na mřížce [19]. DOV jsou vytvářena na jádrech optických vláken vytvářením lineární mřížky, jak znázorňuje Obr. 7.



Obr. 7 Podstata konstrukce DOV(a), index lomu jádra a průběh spektra na DOV (b)



Obr. 8 Ilustrace funkce DOV struktury.

Λ - vzdálenost mezi nehomogenitami indexu lomu, N počet nehomogenit, λ_B je braggovský odražená vlnová délka. Zbýlá část spektra projde vláknem, jak znázorňuje Obr. 7b.

Na Obr. 8 je znázorněná funkce DOV. Vstupní optický signál vstupuje do vlákna v celém spektru na difrakční mřížce se odrazí zpět (difraktuje) vlnová délka $\lambda_B = \Lambda * 2N$, kde Λ je mřížková vzdálenost mezi nehomogenitami ve vláknu a N jeho index lomu. DOV pak slouží jako citlivé detektory tlaku, posuvu a teploty, což jsou žádaná čidla pro konstrukci inteligentních textilií. Informace o použití optických vláken jako čidel pro nejrůznější účely lze nalézt např. v monografii [19].

Z historie vláken vyplývá, jak zdoluhavý proces trval od objevu vláken člověkem, přes

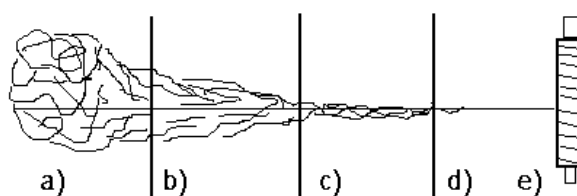
jejich pěstování až po jejich zpracování a využití. Při využití vláken pak docházelo k neustálému zdokonalování techniky zpracování. Poněvadž při zpracování jde o makromechanické operace, stačil k objevu technologie zpracování lidský um a zkušenost. Tak bylo objeveno předení, tkaní i pletení. Stačila k tomu zkušenost mechaniky. Tak vznikala textilní technologie.

3 Z HISTORIE TEXTILNÍ TECHNOLOGIE

Textilní technologie vznikala v mozcích a rukách prvních vynálezců. Ukázalo se, že předení, při kterém snadno v šikovných rukách člověka vzniká příze, není jednoduché převést na strojní a masovou výrobu. V textilu to trvalo mnoho století. Podobně jako u předení tomu bylo i u tkaní a pletení. Tyto vynálezy vznikaly také v mozku a rukou člověka a mají rovněž i dlouhou historii.

3.1 Z historie předení

Má-li se z chomáče vláken vytvořit jejich uspořádaná soustava v přízi (v niti), je třeba vlákna předorientovat česáním a z česance vytahovat vlákna postupně v pramen - přást, který pak postupným protahováním se zákrutem měnit v přízi a navíjet na vřeteno (Obr. 9). V části a) je vláknový chomáč, případně česanec, v části b) částečným protažením a uspořádáním vláken vzniká pramen, z něho se tokem vláken do jednoho směru utváří v části c) přást a v části d) příze, která se navíjí na vřeteno (cívku) e). Vše se z počátku tvořilo ručně a mechanismus se v historii v podstatě neměnil.



Obr. 9 Vznik příze vytahováním a zákrutem vláken

Ruční operace byla postupně po dlouhou dobu měněna v strojní zařízení. Zda předení předcházelo tkaní, nebo bylo tkaním vyvolané nelze historicky prokázat. Obě technologie vznikaly prehistoricky již v neolitu, pro historii jsou odhadovány na 10 000 let. Archeologicky sahá prehistorie předení a tkaní až do doby před 27 000 lety. K malému zlepšení předení došlo vynálezem kolovrátku, který již mechanicky navíjel přízi na vřeteno.

Přejít od ručního předení na produktivní strojní předení se podařilo až v 18. století. V roce 1764 James Hargreaves a Thomas Highs vynalezli spřádací stroj, patentovaný v roce 1770, následovaný v roce 1767 Johnem Kayem a v roce 1779 Samuelem Cromptonem. Spřádací stroje byly poháněny parním strojem a později elektromotorem. Vznikaly křídlové předpřádací a dopřádací stroje, prstencové dopřádací stroje a až v roce 1963 bezvřetenové rotorové dopřádací stroje s původem ve Výzkumném ústavu bavlnářském v Ústí nad Orlicí pod vedením Rohleny. Výrobu převzal Kovostav.

Bezvřetenové dopřádání zvýšilo produktivitu předení, čímž se zvýšila proti předchozím postupům až trojnásobně. Produktem 20. století je také využití aerodynamického, hydrodynamického a elektrostatického předení [7, 12].

3.2 Z historie tkaní

Rovněž i tkaní se vyvinulo z empiricky ručně vytvořené podstaty. Výsledkem je tkanina, což je soustava dvou vzájemně třením provázaných nití, které jsou buď kolmé, mírně zešikmené nebo svírají úhel 60° . Tkaní má stejnou historii jako předení. Jeho prehistorie sahá až do neolitu. Historie tkaní se datuje do let před 8000 lety do Anatólie v Jižním Turecku. Výroba lněných látek je známá ze starého Egypta před 7000 lety.

Podstatu tkaní, jak byla objevena znázorňuje Obr. 11. Tkaniny již ze samého počátku vynikaly souměrností a krásou vzorů jak ukazuje Obr. 12.



a

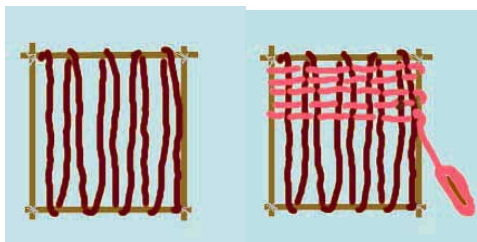


b

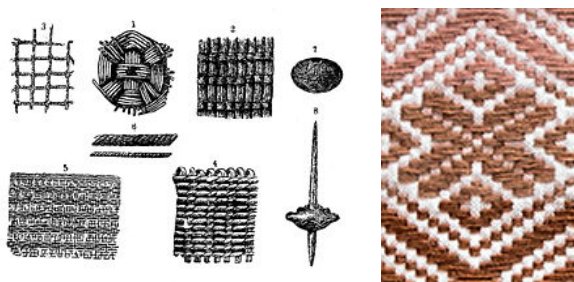


c

Obr. 10 Ruční předení (a), předení s kolovrátkem (b), dvojité náhon s křídlem (c)



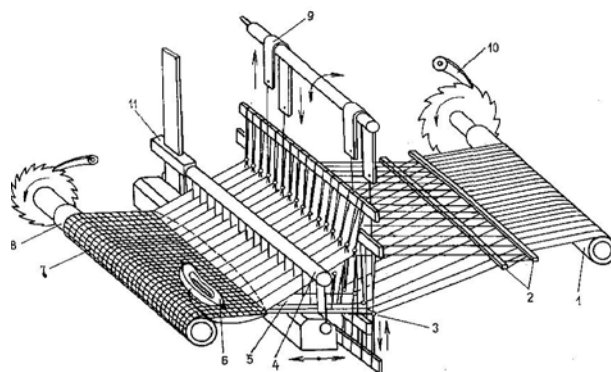
Obr. 11 Podstata tkaní



Obr. 12 Vzory historických tkanin

Soustava rovnoběžných nití tvoří osnovu tkaniny, soustava kolmo střídavě obmotávaných nití tvoří útek tkaniny (Obr. 11). Obě soustavy nití jsou vázány eulerovským třením. Jehla s nití postupuje střídavě přes vrch (líc) jedné nitě a prochází pod spodkem (rubem) nitě druhé. Jehla musí střídavě proplétat všechny nitě osnovy. Má-li se naráz střídavě vložit útková nit mezi nitě osnovní, je třeba, aby se liché nitě zvedly nad rovinu osnovních nití a sudé poklesly pod rovinu osnovních nití a tak vytvořili mezi oběma soustavami nití mezeru nazývanou prošlup. Jím pak je možné protáhnout útkovou nit v plné šíři tkaniny.

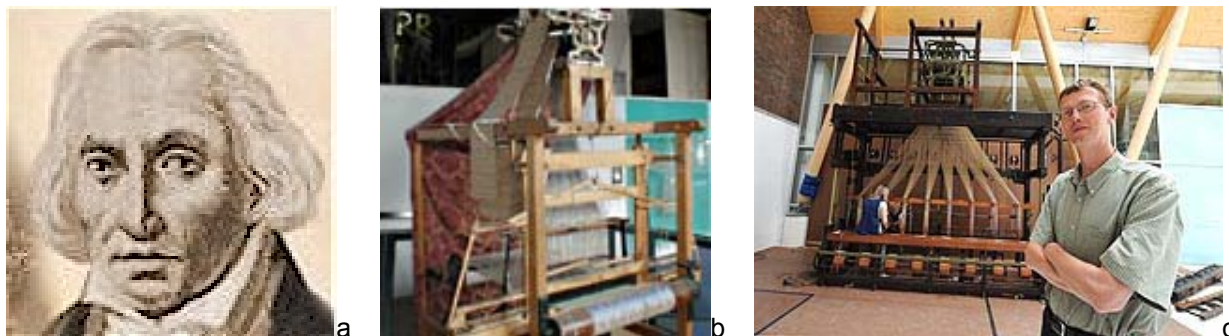
Útkovou nit je možné posouvat do libovolné vzdálenosti k předchozí útkové niti a tak je možné vytvářet tkaninu se vzájemně kolmými osnovními a útkovými nitěmi. Tento pochod je možné uskutečnit na jednoduchém modelu, který se prodává jako dětský stávek. Poněkud složitější je ruční tkalcovský stav, jehož schématická soustava je na Obr. 13, na kterém se tkají ručně tkaniny dodnes.



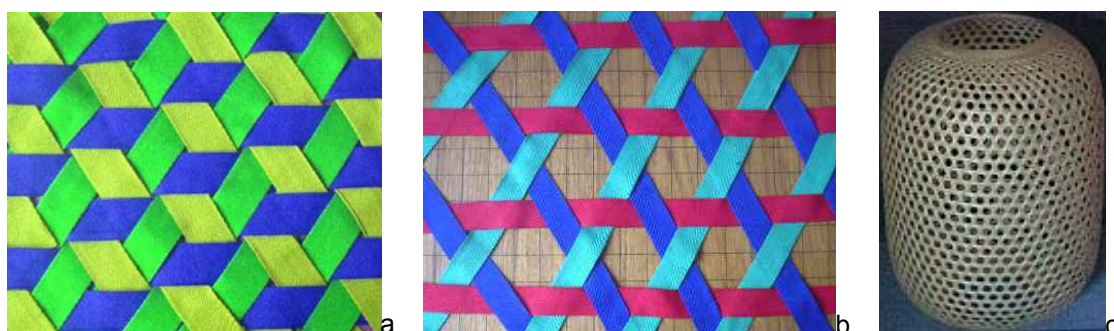
Obr. 13 Schéma ručního tkalcovského stavu.

Během průmyslové revoluce, kterou způsobila průmyslová textilní výroba, došlo k mechanizaci jednotlivých operací strojírenskými prostředky a strojovému pohonu, nejdříve parnímu a později elektromotoru. Vznikly tkalcovské automatické stroje. Ke zvýšení produktivity byly jednotlivé části vylepšovány. Původní člunkový prohoz útkové nitě byl nahrazován lehčími zanašeči útku než je člunek, který v sobě nesl cívku s útkovou nití, a to skřipci, vzduchovým či vodním paprskem. Tak vznikly na Výzkumném ústavu textilního strojírenství v Liberci vedle člunkových tkacích strojů tryskové tkací stroje pneumatické a hydraulické. Útkové nitě se zanášejí také jehlami na jehlových tkacích stavech. I když je možné také elektromagnetické zanášení útku, zatím se jako příliš technicky náročné do praxe neprosadilo. Existují stavy více prošlupní, které zvyšují produktivitu zatkaných nití. Např. víceprošlupní stav Kontis zatká na šířce 3300 mm více než 2000 m/min. Stroj Kontis byl vyvinutý v 80. letech 20. století ve Výzkumném ústavu bavlnářském v Ústí nad Orlicí (ČSSR) za vedení J. Noska. Zvláštní skupinu tkalcovských stavů tvoří stavy žakárské, kruhové a triaxiální.

Žakarský tkalcovský stav. Vynálezce tohoto vzorovacího tkalcovského stavu byl v roce 1801 J.M. Jacquard, který navázal na práce svých předchůdců B. Bouchona (1725), J. Falcona (1729) a J. Vaucansona (1740). Soustavou děrovacích karet se vytváří program na tkaní vzorových tkanin.



Obr. 14 J.M. Jacquard(a) a detaily Jacquardova stroje (b, c)



Obr. 15 Triaxiální tkanina s vysokým stupňom zaplnění (a), s nízkým stupňom zaplnění (b) a prostorová triaxiální tkanina (c)

Žakársky tkací stroj tvorí v histórii prvý krok počítačového hardwaru [20]. Dnes už existujú žakárské tkací stroje elektronicky komputerované a sú popísané napr. v [21]. Ukážka modelu Jacquardova stroja spolu s jeho detaily je na Obr. 14.

Triaxiální tkaniny. Běžné tkaniny sú silne anizotropné a majú konečný súčiniteľ zaplnění. Ve snahe získať tkaniny s vysokým súčiniteľom zaplnění a pokiaľ možno izotropnú tkaninu vytvoril R. Dow triaxiálnú tkaninu, jej tri príklady sú na Obr. 15.

Triaxiální tkaniny s vysokým stupňom zaplnění s tenkými vláknami sa hodia na padákové tkaniny, s nízkym stupňom pre dekoratívne účely a priestorové tkaniny sú vhodné pre technické a dekoratívne účely. S výrobou triaxiálnych tkanín prišiel R. Dow, ktorý koncept tejto výroby patentoval v USA a 16 ďalších krajinách. V roku 1965 založil firmu N.F. Doweave na výrobu triaxiálnych tkanín, ktorú pak v roku 1978 uzavrel [20].

Kruhovú tkací stav se ponaďvíce využívaď ke tkaní hadíc.

Tkaniny patria medzi nejdokonalejšie textilné útvary. Udivujú súmernosť a krásou svojích dokonalých a rôznorodých vzorů, ktoré sú zvlášť dokonalé v provedení žakárskou technikou. Žakárske techniky je možné využívať súčasne k vývoju a výrobe inteligentných a elektronických textilií. V 80. rokoch 20. storočia bola vyvinutá na Státnom textilnom ústave v Liberci nová kombinovaná technológia tkaní a pletení, pletenotkaniny. I keď bola zvýšená produktivita plošných textilií, jej anizotropie a splývavosť zabránila využití pletenotkanín v oďevníctví.

3.3 Z histórie pletení

I keď by sa podrobným štúdiom objavili i náznaky prehistórie pletení, zůstáva histórie pletení podstatne mladšie než tkaní.

Pletení je definované podľa Wictorineria ako vytvárení plošné textilie z nekonečné nitě

pomocí dvou pletacích jehel. První zprávy nálezu pletenin v královských hrobech pocházejí ze Španělska kolem roku 1275, i když mnozí badatelé posouvají objev pletení již před dobu křesťanskou. V Evropě je známé pletení od 14. století. V Egyptě bylo známé pletení ponožek již od 11. století.

První se zaměstnávali pletením muži. Na Irských ostrovech se zaměstnávali pletením celé rodiny. V historii pletení nelze opomenout jméno anglického pastora W. Leea, který v roce 1589 vynalezl ruční zátažný stávek a tím převedl ruční pletení na strojové a až desetinásobně zvýšil pletařskou výrobu. Na území ČR byla poprvé založená výroba pletených punčoch v roce 1697 při oseckém klášteře. V pozdější době, zvláště pak ve 20. století, bylo nahrazeno ruční pletení strojovým. V 80. letech 20. století poklesl zájem o pletení a k jeho renesanci došlo opět ve 21. století zavedením automatizovaného strojového pletení.

V roce 2006 vyzvala S. Pearl McPheeová k zimní Olympiádě v pletení, které se zúčastnilo na 4000 závodníků.

3.4 Z historie rounových textilií

Historie rounových textilií (rounin, netkaných textilií) začíná pravděpodobně již v raných kulturách a civilizacích. Archeologicky ji však lze v té době jen velmi těžko dokázat i když se lze domnívat, že v jakési podobě rounové textilie, jakožto střešní a podlahové krytiny, existovaly. V 19. století vzniká prehistorie rounin. S rozvojem textilního průmyslu v Anglii vzniká i velký textilní odpad. K tomu, aby byl využit vymyslel anglický inženýr recyklační stroj, který rozvolnil textilie opět na vláknového rounu. Stroj byl nazvaný podle něho - garneta. Rozvolněné rouno se spojovalo mechanicky vpichováním a chemickým pojením, což byl základ pro další rozvoj rounin. Dnes klademe začátek historie výrobní technologie rounových textilií (rounin, netkaných textilií) do čtyřicátých let 20. století, kdy po rychlém vývoji došlo k jejich výrobě. Vynález garnet, trhacích a mykacích zařízení, zajišťoval vytváření vláknových vrstev, které se využívaly jako tepelně izolační vycpávky. V 30. letech 20. století se

rounin využívalo ve formě vrstev do sedadel železničních vozů. V 21. století pro nejružnější vycpávky a izolační vrstvy v raketoplánech, vycpávky pro obleky pro kosmonauty na Měsíci. Vláknové rounové vrstvy se pojí mechanicky vpichováním, proplétáním, prošíváním i chemicky adhesivním pojením. K spojení vrstev rouna byly vyvinuty v ČSSR ve Státním výzkumném ústavu pod vedením J. Zmatlíka nové technologie spojování proplety nazvané Arachne, Arabova a Aravlies. Analogické technologie byly vyvinuty v NDR v Karl Marx-Stadtu pod názvem Maliwat a Malivlies. Technologie se uplatnily při výrobě podlahových krytin a jiných technických textilií [22]. V poslední době byly vytvořeny rouniny z nanovláken [23]. Spojením multifunkčních vláken v rouninách se vytvářejí také inteligentní rouniny.

3.5 Z historie úprav textilií

Poněvadž utkané textilie byly z počátku příliš hrubé a nestejněměrné, bylo snahou od samého počátku textilie po výrobě upravovat k zlepšení vzhledu, funkce i kvality, textilie zušlechťovat. Vzniklo doplňující nové textilní odvětví - úpravárenství. Úpravy se prováděly mechanicky a chemicky. Mechanické úpravy byly prováděny empiricky metodami jako je kalandrování, broušení, leštění, opalování a z chemických úprav to bylo bělení a barvení, které se vyvíjely souběžně s textiliemi. Např. barvení indigovými barvivy je staré několik tisíc let. Z chemických úprav, které vznikaly postupně a jsou produktem 19. a 20. století lze uvést nehořlavé úpravy, nepromokavé úpravy, antistatické, antibakteriální úpravy a další.

3.6 Z historie vyšívání

Vyšívání patří do úprav plošných textilií. Přesnější datum vzniku vyšívání není známé. Vznikalo v zemích, kde existovaly tkaniny, do kterých se vyšívalo. Bylo to ve starém Egyptě, v evropských severských zemích a v Číně za Zhouovy dynastie. Užívalo se ke zdobení tkanin vládců, velmožů a bohatých. Na Obr. 16 je uvedena výšivka z 4. století př.n.l. Vyšíváním tkanin se užívalo také pro

roucha náboženských obřadů. Mnohdy se vyšívalo i zlatem, jak svědčí Obr. 17. V průmyslu se začalo využívat vyšívání k zahrazování vad tkanin.



Obr. 16 Čínská výšivka ze 4. stol. př.n.l.



Obr. 17 Zlatem vyšívané obřadní roucho

Po dlouhou dobu se provádělo vyšívání ručně. Mnohdy se vyšívala i umělecká díla. Produktivitu vyšívání zajistilo strojové vyšívání. To bylo z počátku uskutečňováno pouhým šitím, později vyšívacími přípravky na šicí stroje a nakonec od roku 1980 se přešlo na počítačové vyšívání. To spočívalo ve vytváření vzoru softwarovým vybavením, pak přenosu vzoru do programu počítače a pak počítačem řízeného vyšívání na vyšívacích strojích. Počítačové automatické

vyšívání zahájila v roce 1972 firma Melco. V roce 1980 navrhl automatické strojové vyšívání Wilcome. Do doby než vstoupila s automatickými vyšívacími stroji Čína, byly vyšívací stroje málo dostupné a drahé. Od roku 2001 došlo k radikální změně a od roku 2006 jsou vyšívací počítači řízené stroje běžně dostupné [24]. Strojové vyšívání se z počátku užívalo k výrobě etiket pro oděvnictví, později pak k vývoji inteligentních textilií s čidly a výpočetní technikou. Pomocí vyšívací technologie se vytvářejí obdoby tištěných spojů k vytváření elektroniky přímo v textiliích, jak je ukázáno na řadě příkladů v článku „Současný stav v oboru inteligentních a interaktivních textilií“ [18].

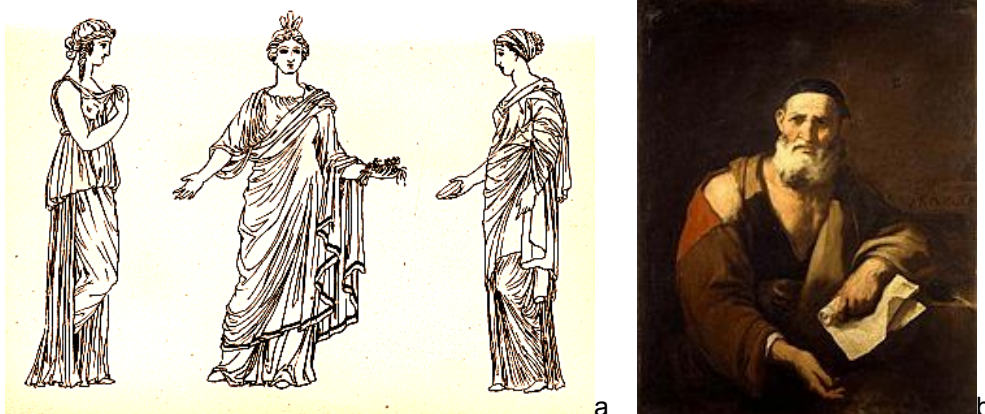
3.7 Z historie oděvnictví

Z archeologických průzkumů se odhaduje počátek odívání lidí až do období před 600 000 až 100 000 lety. Jaký to byl způsob odívání není známé. Jsou zprávy, že před 40 000 lety byla objevena jehla a šití. Šité oděvy se datují do období před 23 až 27 tisíci lety. Šité šaty pocházejí spolehlivě z období 8700 let př.n.l. ze Středního a Blízkého východu, z Číny, Indie a Afriky. Následoval Starý Egypt 7500 až 8000 let př.n.l., Japonsko 2100 př.n.l. Pak následovala Evropa ve Starém Řecku a Římě. Odívání se stalo přepychem pro vládnoucí třídy Egypta, Řecka a Říma, jak ukazují velmi sofistikované oděvy z tohoto období na Obr. 18 a 19.

Ve 20. století došlo k zdokonalení odívání v jednoduchých a lehkých oděvech, v technických oděvech, které mohou obsahovat celou řadu elektronických prvků až po oděvy kosmonautů do volného prostoru (Obr. 20).



Obr. 18 Šlechtické oděvy z Evropy



Obr. 19 Řecké dámské odívání (a) a odívání vědců (b)



Obr. 20 Ukázky oděvů současné doby: oděv v kosmonautické módní linii (a), oděv s elektronickými prvky (b) a oděv kosmonauta (c)

4 FYZIKA V TEXTILNÍCH OBORECH

Jak bylo ukázáno na historii textilní oborů, vyvíjely se textilie po dlouhou dobu na základě zkušenosti a vynalézavosti. Teprve při zvýšení výrobnosti v období průmyslové revoluce v 18. století, vzniklé v důsledku obrovského rozvoje právě textilní výroby opřené o rozvoj strojírenství a chemie, s sebou strhává textil i další odvětví jako je mechanika, chemie, energetika, vodní hospodářství a pod [25]. Jen fyzika stála při rozvoji textilu stranou. I když tkaniny jsou založené na základním fyzikálním zákonu jako je zákon tření, nebylo jeho použití uvědomělé, ale pouze empirické a latentní, skryté. Později byla z fyziky pro textil užitečná hlavně mechanika, což se zachovalo dodnes. Textilní odborníci se rekrutovali ze strojařů, neboť produktivitu textilií určovaly stroje a z chemiků, kteří zajišťovali úpravu textilií. Textilní odborníci se začali připravovat nejdříve pravděpodobně v Anglii v Mekce textilu Manchesteru, pak v Německu v Drážďanech a v Kamenici (Chemnitz). V ČSSR vznikla první textilní fakulta v roce 1960 na VŠS v Liberci.

I když textilní průmysl byl značně rozvinutý, chyběla mu teoretická část, což byla již doména fyziků. Fyzika se začala uplatňovat v textilu až ve druhé polovině 20. století, kdy fyzik a nejznámější textilní teoretik J.W. Hearle se spolupracovníky zahájil invazi fyziky do textilu dnes již klasickou knihou Fyzika v technologii [26], čímž ukázal, že teorie textilu se v dalším vývoji bez fyziky neobejde. Jeho úspěchy podnítili řadu fyziků k přestupu do textilních oborů. Vznik nových oborů ve fyzice 20. století, jako fyzika rentgenového záření, fyzika kondenzovaných látek, založená na kvantové fyzice, laserová technika a fyzika plazmatu, otevřelo fyzice bránu k proniknutí do aplikací v textilu. Ukázalo se výhodné zavést i nový obor fyziky, textilní fyzika. Návrhy vzešly již při zakládání textilní fakulty v roce 1960 na VŠS v Liberci [27], ale neuplatnily se dosud ani v doktorandském studiu. Dnes se tomuto

zajímavému a pro fyziku otevřenému oboru jakým je textil v ČR věnuje několik fyziků.

5 PŘÍSPĚVEK ČSSR A ČR K ROZVOJI TEXTILU

Po 1. světové válce převzala nově vzniklá ČSR rozvinutý textilní průmysl od Rakouska-Uherska. Většina podniků byla v německých a židovských rukou. Textilní výrobky měli pověst výrobků vysoké kvality a byly převážně určené na vývoz. Textilní průmysl byl soustředěný do oblastí kolem velkých měst jako je Brno, Liberec (Textilana Liberec), Rožmberk, Prostějov a další. Ke zvyšování kvalifikace byly založeny v těchto oblastech čtyřleté průmyslové školy textilní: v Brně, Ústí nad Orlicí, v Praze, v Liberci, v Rožmberku, v Jihlavě a dalších městech. V roce 1960 byla zřízena v Liberci na Vysoké škole strojní (VŠS) fakulta textilní a VŠS změnila název na Vysoká škola strojní a textilní v Liberci. V 90 letech 20. století získala VŠST v Liberci název Technická univerzita v Liberci (TUL).

Od 60 let 20. století vznikly výzkumné resortní ústavy pro bavlnářský průmysl Výzkumný ústav bavlnářský v Ústí nad Orlicí, pro vlnářský průmysl Výzkumný ústav vlnářský v Brně, Výzkumný ústav pletářský v Brně, Státní výzkumný ústav textilní v Liberci, Výzkumný ústav textilního strojírenství v Liberci, Výzkumný ústav lýkových vláken v Šumperku a další. Výzkumné ústavy ve spojení s VŠST v Liberci vyvinuly od svého působení od 40 let 20. století řadu významných technologií a textilních strojů, které dosáhly světové úrovně. Jde o doprácovací bezvřetenové stroje (VÚB Ústí nad Orlicí, J. Ripka, J. Kašpárek a L. Čížek), tryskové stavy (Výzkumný ústav textilního strojírenství v Liberci, V. Svatý, J. Mohelnický a L. Tatíček), víceprošupní stavy (Contis, J. Nosek, VÚB). Byly vyvinuté technologie netkaných - rounových textilií, rounin (VÚV Brno, R. Krčma a kolektiv), stroje na technologii proplétaných rounin typu Arachne, arabova a Arafles (SVÚT Liberec, J. Zmatlík), pletotkáci stavy (SVUT Liberec).

V ČSSR se rozšířila výroba rounin, jejichž výzkum a vývoj zajišťovaly v Čechách Výzkumný ústav vlnářský v Brně, VŠST v Liberci a Výzkumný ústav Svit v Popradu na Slovensku. V Liberci na SVÚT byla vyvinutá příprava rouna ze štěpené folie a předána do výroby do podniku Juta v Turnově. Toto rouno bylo vhodné pro využití do ložních pokrývek, spacích pytlů a tepelně izolačních oděvů s výhodou nízké hmotnosti a plavání na vodě.

Chemicky spojené rouniny se dále vyráběly jako podlahové krytiny nebo pokrývky z polypropylenové stříže v Retexu Ivančice a Liberec, v Mitopu Minoň a ve Vigoně Svitavy. Nyní se vyrábějí rouniny zpevněné tepelným kalandrováním rouna připraveného zvlákněním polypropylenu jako Pegatex v podniku Pegas a.s. Bučovice a Novotin, z pneumaticky tvořeného rouna zpevněného kalandrováním, vyráběný firmou Polytex s.r.o v Malých Svatoňovicích.

V ČSR byl v roce 1949 v Brně založen Výzkumný ústav pletářský, který se stal světovým vývojem integrovaných textilií (J. Piller).

Nedílnou součástí historie jsou textilní podniky pro vlněné látky v Brně a okolí a v Liberci firma Liebig, která přešla do podniku Textilana a která vedle skláren dávala pracovní příležitosti celému Liberecku.

V poslední době byla vyvinutá technologie a strojní zařízení na výrobu nanovláken (Liberec, Elmarco, TUL). Tím jsme postoupili až do současnosti. Některé podrobnosti z historie textilu lze nalézt v [28-30].

6 ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Textilní obory doprovázejí člověka ve vývoji od samého počátku civilizace a její kultury. Mnohem intenzivněji pak v dobách jeho kulturního a civilizačního vývoje, kdy se textil stal jeho součástí. Rozvoj textilních oborů kulminoval v 18. století průmyslovou revolucí, jíž byl nositelem. Nositelkami vývoje textilních oborů byly po dlouhou dobu

vynalézavost, zručnost, vývojem nabytá zkušenost a praktické požadavky vývoje. Bylo třeba oděvu na ochranu před teplem i zimou a k ochraně při práci. Rozvojem textilu se začaly uplatňovat strojírenská intuice, chemie a později i mechanika. Fyzika začala pronikat do textilu, i když v něm jde převážně o fyzikální procesy, velmi pozvolna a její prudký nárůst vznikl až ve 20. století, kdy dochází vedle dřívější chemizace i k fyzikalizaci textilních oborů vznikem nových fyzikálních disciplín jako např. fyziky kondenzovaných látek [10]. Dnes je aktuální vytvořit nový interdisciplinární obor mezi fyzikou a textilem jako je textilní fyzika, která by se zabývala řešením textilních problémů využitím moderní fyziky. Tak by se stala fyzika i hybnou silou v textilních oborech, jako se stala v chemii, biologii a medicíně.

Vývoj textilu je úzce provázaný s vývojem vláken. Zpočátku se textilie užívaly převážně na odívání. Jejich využití v technice daly vznik technickým textiliím a v poslední době i inteligentním textiliím, kde najde velké uplatnění i fyzika [18].

Prehistorie a historie textilu začaly již od samého počátku lidského bytí (existence), takže ji někteří badatelé spojují s historií jakéhokoliv oboru a tvrdí až fundamentalisticky, že bez historie textilu nemůže existovat historie žádného oboru.

Historie textilu zasahuje do všech oborů mechaniky, strojírenství, chemie, biologie a v poslední době i do fyziky, ze které přebírá moderní technologické a výzkumné prvky. Je tvořena historií vláken, textilních technologií, nových metod přejatých ze strojírenství, chemie, biologie a v poslední době i z fyziky. Historie textilu ukazuje jak vývoj postupuje od makrotechnologií přes mikrotechnologie až k nanotechnologiím.

7 LITERATURA

1. Pražák J.M., Novotný F., Sedláček J.: Latinsko český slovník, Grafická unie, Praha, 1935
2. google.cz: History of textile technology, Textile history

3. google.cz: Wikipedia. Time line of clothing and textiles technology
4. Zahn J.: Am Anfang war das Feigenblatt, Econ Sien, 1965
5. Schick M.J.: Surface characteristics of fibers and textiles I,II, M. Dekker, New York, 1975
6. Burian M., Matásek J.: Oděvní materiály, SNTL Praha, 1980
7. Kolektiv autorů: Příručka textilního odborníka, SNTL-ALFA Praha, Bratislava, 1981
8. Sodomka L.: Rentgenová difraktoografie pevných látek, SNTL Praha, 1960
9. <http://cs.wikipedia.org/wiki/azbest>
10. Sodomka L., Fiala J.: Fyzika a chemie kondenzovaných látek s aplikacemi 2, Adhesi Liberec, 2003, 29
11. Sodomka L., et al.: Kronika Nobelových cen I, Adhesi Liberec 2002, Knižní Klub, Praha, 2004
12. Pikovskij G.J.: Textil budoucnosti, SNTL Praha, 1977
13. Ramakrishna S., et al.: Electrospinning and nanofibers, World Scientific, Singapure, 2005
14. <http://en.wikipedia.org/wiki/Nanotechnology>
15. Sodomka L., Sodomková M.: Nobelovy ceny za fyziku, Set Out Praha, 1997
16. Růžičková J.: Elektrostatické zvlákňování nanovláken, TUL, Liberec, 2004
17. Sodomka L., et al.: Fundamental Ideas of Nanofiber Theory, Sborník mezinárodní konference TOS, Prešov, 2007, 257
18. Hloch S., et al.: Struktura, vlastnosti, diagnostika a technologie textilií, Michal Vašek, Prešov, 2006, kap.10, 254
19. Tao X.: Smart fibres, fabrics and clothing, CRC Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, England, 2001
20. google: triaxial weaving
21. google: Jacquard loom
22. Lünenschloss J., Albrecht W.: Vliesstoffe, Tieme Verlag, Stuttgart, 1982
23. google: nanofibers, nonwovens
24. google: Machine embroidery, Wikipedia
25. Bernal J.D.: Věda v dějinách, SPN, Praha, 1963
26. Hearle J.W., Grosberg O., Backer S.: Structural Mechanics of Fibers, Yarns and Fabrics, Wiley-Interscience, New York, 1969
27. Sodomka L.: Textilní fyzika, Referát na konferencích. Strutex Liberec, JČMF + JSMF Plzeň
28. Dostálová M., Křivánková M.: Základy textilní a oděvní výroby, TU Liberec, 2004
29. Příhodová E.: Historie textilu, obuvi a oděvů, SNTL, Praha
30. google: Historie textilu, Wikipedia

Přehledná tabulka z historie textilií přejatá z pramenu [32]

Příspěvek pojednává o textilu ve smyslu textilních výrobků, tedy o textiliích. Důležité normy (např. ISO nebo DIN) považují za textilie i textilní vlákna a (zjednodušeně vyjádřeno) vše, co se z nich dá zhotovit (příze, lana, tkaniny, plsti, krajky atd.). Podle uvedených měřítek se pod tento pojem zahrnují také oděvy, bytové textilie, inteligentní a technické textilie.

- již v dávnověku bylo použito vřetene k výrobě hrubé příze
- V Jižní Americe byla objevena lněná tkanina, která je údajně starší než 10.000 let
- cca 6500 př. n.l. - v jeskyni Nehal Hemar v Izraeli byly objeveny zbytky textilie vytvořené technikou, která byla používána před vynálezem předení nepřerušované příze. Tato technika používala krátkých délek příze, vzájemně propletených smyčkami. Aby byl vytvořen jemný výrobek, vyžadovala technologie mnohem více umu než pletení.
- 4200 před n.l. - období Mezolitu, nález v Naalebinding (Dánsko), naznačující rozšiřování této technologie do Severní Evropy.
- cca. 2000 př. n.l. - Barvení indigem (Egypt)
- 200 př. n. l. až 200 n.l. - přibližné datum vzniku pletenin v Peru, které na

americkém kontinentě objevili španělští kolonisté

- cca. 200 n.l. - štočkový tisk na hedvábí (Čína)
- cca. 1000 n.l. - ponožky pletené z předené bavlny (Egypt)
- 1589 - mechanické pletení „stocking frame“ (Anglie)
- 1779 - „létající (tkalcovský) člunek“ (Anglie)
- 1790 - žakarový stroj (Francie)
- 1830 - prstencový dopřádací stroj (Anglie)
- 1856 - syntetické barvivo (Anglie), jazýčková pletací jehla (Anglie)
- 1892 - viskózové vlákno
- 1896 - skleněné textilní vlákno (Německo)
- 1930 - jehlový tkací stroj
- 1937 - výroba polyamidového vlákna (USA)
- 1945 - výroba polyesterového vlákna (Anglie)
- 1956 - výroba polypropylénového vlákna (Itálie)
- 1959 - syntetické elastické vlákno (USA)
- 1960 - pneumatický tkací stroj
- 1963 - rotorový dopřádací stroj (ČSSR)
- 1964 - aramidové vlákno (USA)
- 1972 - strojové vyšívání Melco
- 1980 - mikrovlákno (Japonsko)
- cca. 1985 - výroba nanovláken (USA)
- 1991, 2006 automatické vyšívací stroje, Čína
- 2004, 2008 výroba submikronových plošných textilií (nanotextilií) USA, Čína, Japonsko, Rusko, EU

TEXTILE SCIENCE AND TECHNOLOGY IN HISTORY

Obsah příspěvku

Textilní vědy a technologie v dějinách

Motto:

Bernal, J.D.: In science more than in another human activity is necessary to overlook by gone in order to understand inherency and get under the future.

One from textile historians has said : History of textile is projecting to history of all fields of human activity. One can understand this truth because the textile fields is belonging to the oldest human activity from the begin of the human being sapiens/sapiens.

All textile disciplines have their own history and it is the aim of this contribution to show the history of development all the main textile fields from fibers to textile technologies as the spinning, weaving, knitting and web fabrics productions are in view of physics.

The development from natural fibers to intelligent ones are presented together with technologies from manual to sophisticated ones.