

VLAKN
TEXTIL

VLAKNA TEXTIL



CHEMITEX



TECHNIČKÁ UNIVERZITA LIBEREC
FAKULTA TEXTILNÍ



VÚCHV



Trenčianska univerzita
Fakulta priemyselných technológií v Púchove
Alexandra Dubčeka v Trenčíne

Výskumný ústav
Gumárenský
MATADOR

Ročník 11.
2004

ISSN 1335-0617

Indexed in:

Chemical
Abstracts,

World Textile
Abstracts

EMBASE

Elsevier
Biobase

Elsevier
GeoAbstracts

Vlákna a textil (1) 2004
Fibres and textiles (1) 2004

CONTENTS

TEXTILE MATERIALS

- 3 Murárová, A., Jambrich, M., Balogová, A.
The influence of textiles material composition on their physiological properties

- 13 Milítký, J., Kovačič, V.
Kevlar fibers compressive characteristics

MODELING OF TEXTILE TECHNOLOGIES AND MATERIALS

- 17 Ursíny, P.
System modelling in the new spinning technologies

- 23 Suprun, N.
Modeling of structural geometry of textile fabrics

NEWS FROM DEPARTMENTS

- 27 Janypka, P., Šuriová, V., Gažo, P.
The effect of heat stress of polyester and rayon textile cords on the adhesion to rubber compounds

32 NEWS FROM MAGAZINES

OBSAH

TEXTILNÉ MATERIÁLY

- 3 Murárová, A., Jambrich, M., Balogová, A.
Vplyv materiálového zloženia textílií na ich fyziologické vlastnosti

- 13 Milítký, J., Kovačič, V.
Charakteristiky stlačiteľnosti kevlárových vláken

MODELOVANIE TEXTILNÝCH TECHNOLÓGIÍ A MATERIÁLOV

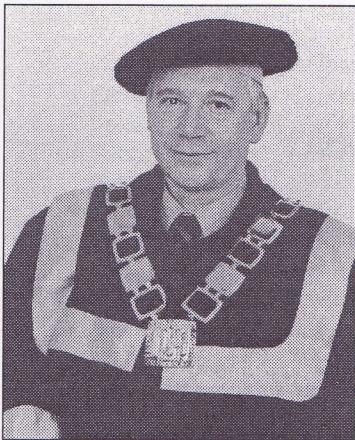
- 17 Ursíny, P.
Systémové modelovanie v nových doprádaciach technológiách

- 23 Suprun, N.
Modelovanie štruktúrnej geometrie textilných tkanín

Z VEDECKOVÝSKUMNÝCH A VÝVOJOVÝCH PRACOVÍSK

- 27 Janypka, P., Šuriová, V., Gažo, P.
The effect of heat stress of polyester and rayon textile cords on the adhesion to rubber compounds

32 ZO ZAHRANIČNÝCH ČASOPISOV



Vážení čitatelia,

časopis Vlákna a textil je od svojho vzniku úzko spätý s Fakultou chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave, ktorá je jeho spoluuvodavateľom a svojou Katedrou vlákien a textiliu predstavuje tradičné, verysoke odborné zázemie tohto časopisu. Význam časopisu, ktorý dnes oceňuje odborná verejnosť z oblasti vlákien a textiliu, nespočíva iba v možnosti informovania z odboru, ale je to vynikajúca príležitosť pre odborný rast pracovníkov nielen fakulty prostredníctvom publikovania výsledkov zo svojej vedeckej a odbornej práce. Teší ma, že je tu priestor aj na stručnú informáciu o dianí na našej fakulte.

V ostatnom období sa na fakulte prejavuje všeobecne pokles záujmu absolventov stredných škôl o štúdium chemických technických odborov

a postihuje to v pomerne značnej miere aj záujem pre ďalšiu špecializáciu v odbore vlákien a textiliu. Na fakulte sa intenzívne zaoberáme sledovaním týchto javov a hľadáme možnosti ako získať adeptov chémie zo stredných škôl. Žiaľ závery týchto analýz nevyzerajú optimisticky a sú aj celkovým odrazom školskej politiky, ktorá nevytvára zdaleka taký priestor pre prírodrovedné disciplíny, aký tu bol v minulosti v prírodrovedných triedach na gymnáziách. Podrobne analýzy prijímaných študentov ukazujú, že naša fakulta z roka na rok prijíma viac študentov z bratislavského regiónu. Ako jediná chemicko-technologická fakulta na Slovensku stráca poslucháčov zo stredného a východného Slovenska, napriek dobrému postaveniu chemického a potravinárskeho priemyslu v ostatných regiónoch. Tu musíme konštatovať, že príčiny treba hľadať aj v sociálnej oblasti, čomu iste neprispieva postupné narastanie výdavkov študenta na internát, stravu, dopravu a všeobecne na život v Bratislave. Cítime tu aj krivdu zo strany politiky financovania vysokých škôl, ktorá adekvátnie nezohľadňuje kvalitu a postavenie školy, ale pri výpočte dotácií vychádza predovšetkým z počtu študentov. Potom pri prekonávaní existenčných problémov fakulty nemožno vyčleniť toľko prostriedkov na sociálne a prospechové štipendiá pre študentov, čím sa stráca možnosť motivácie študentov a aj potenciálnych študentov.

Pri kvalite a tradíciah našej fakulty si nemôžeme dovoliť iba stažovať sa na súčasnú situáciu, ale poučení po niekoľkých rokoch musíme konať a upierať pozornosť k našim priemyselným partnerom, ktorí od nás očakávajú predovšetkým kvalitného absolventa. Ako príklad uvediem, že po predbežnej výmene názorov na možnosť otvorenia bakalárskeho štúdia v Humennom, kde je práve silné zázemie vláknarského a textilného priemyslu, sme sa tu rozhodli realizovať denné aj externé štúdium. Po návšteve tamojšej Strednej chemickej priemyslovej školy a diskusiach s primátorom mesta a zástupcami viacerých podnikov, neskôr návšteve zástupcov podniku Rhodia v Bratislave, sa postupne kryštalizuje názor aj na zriadenie Detašovaného pracoviska FCHPT STU v Humennom. Štúdium v prvom stupni bakalárskeho štúdia sa bude realizovať s novými akreditovanými študijnými programami od školského roku 2005/06. Inžinierske štúdium pre absolventov bakalárskeho štúdia chceme realizovať aj za podpory štipendií od miestnych podnikov výlučne v Bratislave. Ved' aký by to bol absolvent inžinier, keby nepobudol určitý čas na univerzite?

V krátkom príhovore nemožno hovoriť o všetkých problémoch ale i úspechoch fakulty. Tak ako vláknarský a textilný priemysel aj fakulta prechádza transformáciami, ktoré vždy prinášajú problémy, no na druhej strane dávajú inú perspektívnu. Veríme, že vstupom do Európskej únie sa postupne situácia stabilizuje aj na Univerzitách a fakulta sa bude môcť prezentovať predovšetkým svojou kvalitou a tak ako doteď, budeme hrdí na úroveň a úspechy svojich absolventov.

Prof. Ing. Dušan Bakoš, DrSc

dekan FCHPT-STU

čestný člen redakčnej rady

THE INFLUENCE OF TEXTILES MATERIAL COMPOSITION ON THEIR PHYSIOLOGICAL PROPERTIES

Murárová A., Jambrich M.,* Balogová A.**

Slovak university of technology in Bratislava, Faculty of chemical and food technology,
Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovak Republic, e-mail: anna.murarova@stuba.sk

*University A. Dubček in Trenčín, Faculty of industrial technologies,
T. Vansovej 1054/45, 021 32 Púchov, Slovak Republic

**Chemosvit-Fibrochem, a.s., Štúrova 101, 059 21 Svit, Slovak Republic

The blending of synthetic and natural fibres occurs with aim to prefer properties of specific fibres in the blend and at the same time to take advantage of more effective synergistic impact of fibres in the blend. The material composition of textile from blends of fibres and influences its physiological properties.

The paper deals with the influence of macromorphological structure of one-dimensional and two-dimensional textiles on their physiological properties. Laboratory tests together with tests by wearing final clothing product are used to evaluate the physiological and comfort properties. Such methodic approach guarantees in general the most objective evaluation of physiology and comfort of wearing in production planning of a new clothing product.

Keywords: fibre geometry, blended fibres, physiological properties, methods of evaluation, test by wearing

1. INTRODUCTION

There are several possible proceedings when it comes to production planning of a new clothing product. The professional-approach of production of new clothing product requires not only evaluation of final clothing product but at first evaluation of textile material used for cloth production. Regarding material composition and construction, such approach guarantees that the clothing product will meet required criteria for physiology and comfort when being worn.

Methodically totally supported approach of planned production of new clothing product is based on cooperation between specialists for fibres, textile and clothing a common goal to produce a high-quality clothing product. Each of them with different specialization deals with different problems:

- Fibre technologists design one-dimensional textiles with suitable utility and physiological properties.
- Textile technologists design two-dimensional textiles with suitable macromorphological structure and physiological properties.
- Producers of clothing product are responsible for choosing a suitable textile material for given product and its purpose of utilization in a way it meets the criteria for physiology and comfort when being worn.

The above stated proceedings reflects a complex evaluation of one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional textile planned for production of a new or innovated clothing product.

The evaluation of macromorphological structure and physiological properties consists of evaluation and selection of material on three levels:

- level of one-dimensional textile:
 - sort and type of fibre
 - geometric, surface and transfer properties
- level of two-dimensional textiles:
 - macromorphological structure of textile
 - surface, volume and physiological properties
- level of three-dimensional textile:
 - cloth desing
 - how is it used
 - physiological and comfort properties.

The physiological and comfort of clothing as a scientific discipline studies relation between physiological properties of textile materials and physiological activities of humans on one side and external climate conditions on the other side. These are the circumstances that the physiological properties of textile materials are treated in.

The professional approach to evaluate physiological properties of a clothing product requires laboratory tests, modeling tests which simulate physiological activities of skin and volunteers wearing tests. Such approach creates high requirements for realization of a new product which are necessary in order to reach the highest expressing power of physiological and comfort properties of the product and its quality [1, 2, 3].

The physiological properties of textile materials

The main physiological properties of textile materials are transfer properties of heat, humidity and air resulting from basic physiological activities of skin and needs while wearing clothing product.

The transfer properties of one-dimensional and two-dimensional fibre materials correspond mainly with their surface properties. The transfer properties of fibres are mainly related to their geometry. The cross-section and longitudinal fibre geometry is defined by the following characteristics such as shape and size of surface of fibre, volume of fibre, measuring surface of fibres and capillary system between the fibres and yarns. A great variety of fibre profiles with different surfaces and surface properties can be reached during the technological proceedings of synthetic fibre preparation by profiling in cross-section and longitudinal direction, [4, 5 6].

The physiological properties of two-dimensional textiles result mainly from their macromorphological structure. The macromorphological structure is given by the composition and construction of two-dimensional textile. The textile composition determines the sort and type of fibres. The textile construction enables to keep air inside of textile. Regarding these facts, the two-dimensional textile consists of fibres and air. Each component strongly influences its physiological properties.

The heat permeability through textile layer is in accordance with resistance of heat transfer by conducting, convecting and radiating. Intensity of thermal characteristics is mainly determined by air volume caught in macromorphological structural unit. It is caused by the fact that the thermal conductivity of air is considerably lower compared to the thermal conductivity of fibre and lower as well compared to the thermal conductivity of composite two-dimensional textile, [5].

The humidity permeability through textile layer is well determined by resistance of humidity transfer through textile layer. Regarding the physiology, it is important for this quantity to reach the lowest values and at the same time it is important to consider the resistance of heat transfer through the textile layer. The resistance of humidity transfer and resistance of heat transfer through textile layer are not always in conformance. The resistance of heat and humidity transfer ratio is expressed by index of humidity transfer, [3].

Table 1 The material composition of fibres and textiles

Knitted fabrics composition	PP	PP/lycra	Composition of fibres		
			cotton	cotton/flax	cotton/ viscose fibre
A-PP	+				
B-PP/co/fl	+			+	
C-PP/lycra/co/fl		+		+	
D-PP/co	+		+		
E-PP/lycra/co		+	+		
F-PP/co/Vs	+				+

The humidity transfer through textile layer occurs in several ways. The main ones are the following:

- adhesion and humidity migration on surfaces of fibres
- diffusion through porous textile
- capillary transport
- absorption and desorption.

The macromorphological structure of one-dimensional, two-dimensional eventually three-dimensional textiles will determine which of the above stated ways of humidity transfer through textile layer will prevail. Absorption and desorption are slow in process and depend on type of fibre.

The air permeability through textile layer depends on diffusion track through porous textile. The air permeability is not always in accordance with humidity permeability because the mechanism of diffusion is not the same. A higher resistance is created with humidity diffusion than with air diffusion, [7, 3].

The planned construction of two-dimensional textile requires knowledge of its clothing application. The permeability of heat, humidity and air are vector quantities. When clothing, it is preferably considered that the direction of abstraction of heat, humidity and air is from skin through textile layer to external surroundings. Regarding the phenomenon of underclothing microclimate, situated between skin and contact textile layer, the textiles are constructed with the macromorphological structure that would abstract the maximum of humidity from skin to outside layers. Such textile guarantees a dry underclothing microclimate and comfort while wearing, [8, 9, 10].

Development of new textile materials improves together with requirements for textile for clothes. The synthetic fibres ration in these materials increases based on what we know about their physiological properties and physiological comfort. We make use of synergic effect of synthetic and natural fibres in blended textile.

2. EXPERIMENTAL

1. The PET fibres with different cross-section and longitudinal geometry were used to prepare knitted fabrics in blend with cotton and cloths for leisure time. The ratio of cotton and profilated PET fibres was 50% / 50%.

Table 2 Evaluation of basic and physiological properties of textiles according to lab tests

Laboratory tests	A	B	C	D	E	F
Water absorption	1	5	3	5	2	6
Abrasion resistance	6	2	4	3	5	1
Dimension stability of washing						
foot length	6	4	1	5	2	3
calf length	6	4	2	1	5	3
Dye fastness of washing						
dye bleeding into cotton fabric	5	5	5	4	3	5
dye bleeding into wool fabric	5	5	5	5	4	5
Dye fastness in model acid sweat solution						
dye bleeding into cotton fabric	5	5	5	5	5	5
dye bleeding into wool fabric	5	5	5	5	5	5
Dye fastness in model alkaline sweat solution						
dye bleeding into cotton fabric	5	5	5	5	5	5
dye bleeding into wool fabric	5	5	5	5	5	5
Thermal absorptivity	3	5	6	5	6	5
Thermal resistance	3	5	6	5	6	5
Friction coefficient						
Face	3	4	6	5	5	5
Reverse	4	5	6	5	5	5
Compressibility	5	6	6	6	6	5
Air permeability	5	6	4	4	3	6
Water vapor permeability	6	6	5	5	4	6
Dynamics of drying	6	4	2	5	3	5
Humidity absorptivity	3	3	6	5	4	6
Thermal conductivity						
In dry conditions	5	6	4	5	3	5
In wet conditions	4	4	5	5	3	6
Amount of points	96	99	90	97	89	101

The technological conditions of preparation of blended textiles were equal for all samples. The samples were tested in laboratory conditions and on volunteers. We set the thermal resistance, humidity and air permeability through textile layer and a total comfort in the cloth during a middle stressed activity of a volunteer.

2. Middle fine PP fibres with triangle cross-section profile in blend with fibres on cellulose and lycra base (Table 1) were applied to the socks. The PP fibres ratio in knitted fabrics was prevailing and constant. First, the samples of knitted fabrics were tested in laboratory conditions and the final product – sock was tested on volunteers. The vast range of laboratory test methods was used with a high expressing power about the physiological and comfort properties of materials (Table 2). Furthermore, the socks were tested on a group of five volunteers during five days. The volunteers were informed about the way of wearing the product, its handling during wearing and the way of writing down subjective evaluations.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The influence of material composition of textiles on their physiological properties has been evaluated from two aspects:

- the influence of cross-section and longitudinal geometry of fibres
- the influence of blending of different fibres.

3.1 The influence of cross-section and longitudinal PET fibre geometry on textile physiological properties

The PET fibres with different cross-section and longitudinal geometry were used to prepare knitted fabrics in blend with cotton designed for clothes for leisure time. The contents of fibres of cotton and the technological conditions of preparation of all samples of knitted fabrics were constant. The macromorphological structural unit resulting from material composition of PET fibres with different cross-section and longitudinal geometry reported different environment for transfer of heat, humidity, air and overall comfort. The differences in physiological properties corresponded with variation of cross-section and longitudinal geometry of fibres.

The figure 1 indicates dependency of variation of relative air humidity through textile layer on time. The time necessary to reach a 100 % relative air humidity on textile surface by means of transfer of humidity through textile layer is different. This kinetic dependence shows

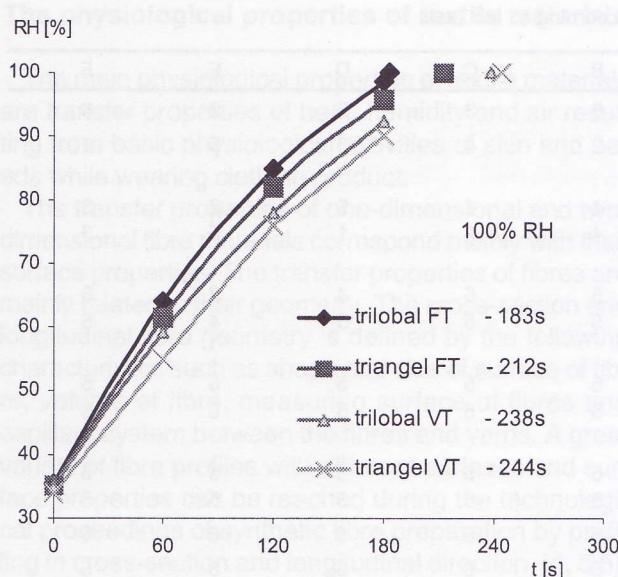


Fig. 1 The relative air humidity variation behind the textile layer; PET fibre with different cross-section and longitudinal profile. VT – air texturized; FT – frictionally texturized

that triangel shape of fibre texturised by air reported the maximum resistance to humidity transfer among tested specimens. The fibres texturised frictionally are more permeable for water vapor and less resistant to humidity transfer for both fibres trilobal and triangel.

The area resistance of heat conduction through textile layer with different macromorphological structure of PET fibres is demonstrated on figure 2. The heat transfer resistance of fibres textured by air is higher than heat transfer resistance of frictionally textured fibres. The volume of air caught in the macromorphological structural unit consisting of triangel fibres textured by air is the biggest among the specimens. This fact corresponds with the relatively highest thermal isolation of the textile with such macromorphological structure.

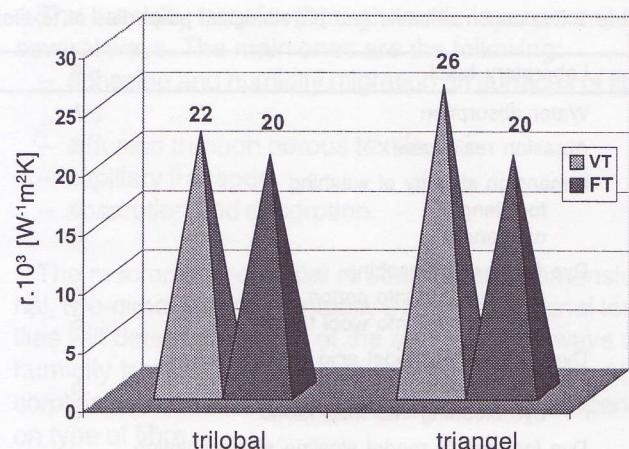


Fig. 2 Thermal resistance of textile layer, PET fibres with different cross-section and longitudinal profile. VT – air texturized; FT – frictionally texturized

The figure 3 indicates the results acquired by testing clothes on volunteers. It compares comfort of PET fibres with cross-section profile of I, II and III type. The physiological comfort K_H becomes unbearable during sweating if the relative air humidity in underclothing climate reaches 80 %. Such climate was created during a higher physical activity on tested clothes in different times. This status originated mainly from different cross-section profile of PET fibres.

The macromorphological structure of textiles with fibres of the three types reports different capillary and porous system and different adhesion and humidity migration on surfaces of fibres therefore indicates different permeability of humidity. The air permeability of these specimens measured by standard method was considerably different as well. The macromorphological structure with fibres of II type indicated a volume of $515 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ of air permeability, with fibres of III type $475 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ and fibres of I type $460 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. When eva-

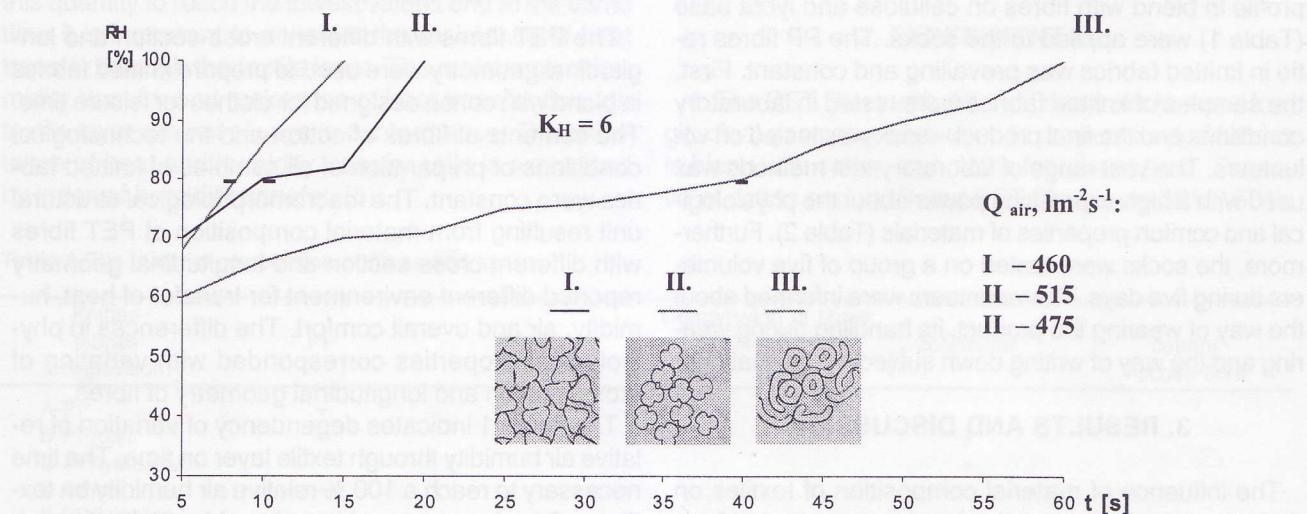


Fig. 3 Comfort in cloth during a higher physical activity; PET fibres with different cross-section profile

Table 3 Evaluation of basic and physiological properties of textile products according to wearing tests

Wearing tests	A	B	C	D	E	F
Shape fastness	54455	5445 4,5	34445	54454	54444	5445 4,5
Abrasion	44445	44345	44435	44343	54144	4444 4,5
Pilling	55454	23344	42223	4434 3,5	53333,5	43434
Dye fastness	55555	44555	54555	43233	53133	54455
Thermal isolation	22122	23332	13312	33332	23332	33332
Comfort feeling	33125	45554	35545	55553	45545	55555
Amount of points	115	117,5	116	108,5	108,5	118

luating the physiological comfort of tested clothes during an increased physical activity based on measurements of relative air humidity in underclothing microclimate we can say that the fibres of III type are the most suitable to be used in this area of clothes application – middle stressed sport activity. The volunteers confirmed the idea by their personnel judgment after they did physical activity in the cloth.

3.2 The composition influence of blended textile with prevailing ratio of PP fibres to physiological properties

The middle fine PP fibres with cross-section profile of triangel shape were frictionally texturised and applied in knitted fabric in blend with fibres on cellulose base such as cotton (co), flax (fl) and viscose fibres (Vs) with a small portion of lycra. The macromorphological structure of two-dimensional textile was mainly presented by PP fibres. A small ratio of additional fibres in blended textile was applied in order to support the physiological and comfort properties in clothing product – socks program. The table 1 lists the material composition of blended fibres and blended knitted fabrics.

The blended textiles and socks were evaluated by laboratory tests and by wearing on volunteers who were given instructions. Considering area of usage and way of wearing the clothing product some basic and preferred properties of knitted fabrics and clothing product were tested, as shown in table 2, 3. All values of measured basic and preferred properties of knitted fabrics and socks, obtained by classic methods and appropriately expressed while wearing have been qualified according to a scale of 1-6 points, 1 referred to the lowest and 6 to the highest quality of a given property. The highest total amount of points refers to product of the highest quality. There were five volunteers therefore every we-

aring test for every specimen indicates five values. When evaluating quality the most comfortable socks from three components knitted fabrics are socks composed from a) cotton, PP and viscose fibre and b) cotton, PP and flax. The flax and viscose fibres in blend with cotton and PP fibres increase total comfort of product. The lycra fibres in this clothing product relatively decreased its total comfort, table 4.

4. CONCLUSION

We found out that macromorphological structure considerably influences resistance of transfer of humidity, heat and air depending on cross-section and longitudinal geometry of fibres and material composition of blended textile.

- The fibres frictionally texturised and applied to the textile are more permeable for water vapor in comparison with fibres texturised by air. The humidity transfer on surfaces of frictionally texturised fibres is more favorable when compared with surfaces of fibres texturised by air.
- The fibres texturised by air in textiles report a higher resistance of heat transfer and thermal isolation compared with frictionally texturised fibres.
- The fibres with cross-section profile of III type, on figure 3, provides a balanced partial pressure of water vapor in underclothing area in relatively long time period and the best physiological comfort in cloth during an increased physical activity.

Evaluating methods of blended textiles and socks is suitable for a complex objective evaluation of quality of product. This method has shown that the socks made of three composition blends report the highest quality among the evaluated samples.

Table 4 Total evaluation of physiological and comfort properties of textile products

Evaluation	A	B	C	D	E	F
According to laboratory tests	55	55	46	52	53	53
According to volunteers	115	117,5	116	108,5	108,5	118
Total amount of points	170	172,5	162	160,5	161,5	171

5. REFERENCES

- [1] Murárová A., Jambrich M., Vyskočil I.: Properties of integrated fabrics with PP fibres. *Vlákna a textil (Fibres & Textiles)* 4 (1) 18-24 (1997)

[2] Murárová A.: Fyzikálna modifikácia vlákien. Habilitačná práca, STU Bratislava 2002

[3] Mecheels J.: *Koerper-Klima- Kleidung.* Schiele & Schoen, Berlin 1998

[4] Jambrich M. a iní: Polypropylene fibres and fibrous materials with the higher physical activity. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 6 (4) 33-35 (1998)

[5] Murárová A., Jambrich M., Zamboj I., Revíľáková J.: Influence of the fibre macromorphology on the adhesive strength. *Chem. Papers* 47 (6) 356-358 (1993)

[6] Murárová A., Jambrich M., Krištofič M.: Thermal properties of nonwovens. In: *Congres INDEX 87*, section B, Geneve 1987

[7] Miličík J., Trávníčková M.: Rovnomernosť priedyšnosti textílie. In: *Strutex 5. Seminár*, TU Liberec, 1.-2.12.1998

[8] Murárová A., Jambrich M., Krištofič M.: *Tekstil* 49 (7) 377-381 (2000)

[9] Murárová A. a iní: Structure and properties of textile fabrics blended with PP fibres. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 5 (1) 53-56 (1997)

[10] Hes L.: Thermal properties of nonwovens. In: *Congres INDEX 87*, section B, Geneve 1987

ACKNOWLEDGEMENT: The present work is sponsored by the research grant VEGA 1/9147/02

Received: September 2003

VPLYV MATERIÁLOVÉHO ZLOŽENIA TEXTÍLIÍ NA ICH FYZIOLOGICKÉ VLASTNOSTI

Translation of Article:

The influence of textiles material composition on their physiological properties

Zmesovanie vlákien syntetických a prírodných sa uskutočňuje s cieľom preferovať vlastnosti jednotlivých vlákien v zmesi a zároveň využiť synergický účinok vlákien v zmesi, ktorý je efektívnejší. Materiálové zloženie textílie zo zmesí vlákien a ich priadzí ovplyvňuje jej fyziologické vlastnosti.

V príspevku sa pojednáva o vplyve makromorfologickej štruktúry jednorozmerných a dvojroz- merných textílií na ich fyziologické vlastnosti. Na hodnotenie fyziologických a komfortných vlastností sa využívajú skúšky laboratórne a skúšky nosením hotového textilného výrobku. Takto metodický prístup pri plánovanej výrobe nového odevného výrobku zabezpečuje všeobecne najobjektívnejšie hodnotenie z hľadiska fyziológie a komfortu nosenia.

Kľúčové slová: geometria vlákna, zmesové textílie, fyziologické vlastnosti, metodika hodnotenia, test nosením

1. ÚVOD

Pri plánovanej výrobe nového odevného výrobku sa pristupuje viacerými možnými postupmi. Profesionálny prístup pri výrobe nového odevného výrobku si vyžaduje hodnotenie nielen hotového odevného výrobku, ale najskôr hodnotenie textilného materiálu, ktorý sa použije na výrobu odevu. Takto prístup zabezpečuje, že odevný výrobok bude z hľadiska materiálového zloženia a konštrukcie zabezpečovať požadované kritéria pre fyziológiu a komfort pri nosení.

Metodicky úplne zabezpečený prístup pri plánovanej výrobe nového odevného výrobku sa zakladá na spolupráci medzi odborníkmi na vlákna, textil a odev, ktorí majú spoločný cieľ, t.j. vyrábiť kvalitný odevný výrobok. Každý vo svojom odbore a v nadväznosti rieši problém:

Technológovia vlákien navrhujú jednorozmerné textílie s vhodnými úžitkovými a fyziologickými vlastnosťami.

Technológovia textílií navrhujú dvojrozumné textílie s vhodnou makromorfologicou štruktúrou a fyziologickými vlastnosťami.

Výrobcovia odevného výrobku zodpovedajú za vhodný výber textilného materiálu pre daný výrobok a účel využitia tak, aby spĺňal kritéria na fyziológiu a komfort pri jeho nosení.

Takto prístup zodpovedá komplexnému hodnoteniu jednorozmernej, dvojrozmernej a trojrozmernej textílie plánovanej na výrobu nového alebo inovovaného odevného výrobku.

Hodnotenie makromorfologickej štruktúry a fyziologických vlastností zahŕňa výber a hodnotenie materiálu na troch úrovniach:

- na úrovni jednorozmernej textílie:
- druh a typ vlákna

- vlastnosti geometrické, povrchové a transportné
- na úrovni dvojrozmernej textílie:
 - makromorfologická štruktúra textílie
 - vlastnosti povrchové, objemové a fyziologické
- na úrovni trojrozumných textílií:
 - strih odevu
 - spôsob využívania
 - fyziologické a komfortné vlastnosti.

Vzťah medzi fyziologickými vlastnosťami textilných materiálov a fyziologickými činnosťami človeka na jednej strane a vonkajšími klimatickými podmienkami na druhej strane skúma vedný odbor fyziológia a komfort odievania. V týchto súvislostiach sa pojednáva o fyziologických vlastnosťach textilných materiálov.

Profesionálny prístup k hodnoteniu fyziologických vlastností nejakého odevného výrobku vyžaduje skúšky laboratórne, ďalej skúšky na modeloch, ktoré napodobňujú fyziologické činnosti pokožky a skúšky nosením na dobrovoľníkoch. Náročnosť na realizáciu nového výrobku s takýmto prístupom je vysoká, avšak potrebná nato, aby bola výpovedná schopnosť o fyziologických a komfortných vlastnosťach odevného výrobku a jeho kvalita čo najvyššia [1, 2, 3].

Fyziologické vlastnosti textilných materiálov

Hlavné fyziologické vlastnosti textilných materiálov sú transportné vlastnosti tepla, vlhkosti a vzduchu, čo vyplýva zo základných fyziologických činností kože a z potrieb pri nosení odevného výrobku. Transportné vlastnosti vláknových materiálov jednorozmerných a dvojrozumných korešpondujú najmä s ich povrchovými vlastnosťami. Povrchové vlastnosti vlákien zabezpečuje

hlavne ich geometria. Priečnu a pozdĺžnu geometriu vlákien opisujú charakteristiky, ako je tvar a veľkosť povrchu vlákien, objem vlákien, merný povrch vlákien a kapilárny systém medzi vláknami. Pri technologických postupoch prípravy syntetických vlákien profilovaním v priečnom a pozdĺžnom smere sa môžu získať rozmanité profily vlákien s rôznymi povrchmi a povrchovými vlastnosťami [4, 5, 6].

Fiziologické vlastnosti dvojrozmerných textilií závisia najmä od ich makromorfologickej štruktúry. Makromorfologická štruktúra je daná zložením a konštrukciou dvojrozmernej textílie. Zloženie textílie udáva druh a typ vlákien. Konštrukcia textílie umožňuje zadržiavať v textílii vzduch. Z tohto hľadiska je dvojrozmerná textília kompozit zložený z vlákien a vzduchu, pričom každá kompozitná zložka má významný vplyv na jej fiziologicke vlastnosti.

Priepustnosť tepla cez textilnú vrstvu je v dobrej zhode s odporom prechodu tepla vedením, prúdením a žiarením. Veľkosť tepelných charakteristík udáva hlavne objem vzduchu, ktorý je zadržiavaný v makromorfologickej štruktúre útvare. Je to spôsobené tým, že vzduch má výrazne menšiu tepelnú vodivosť než vlákno a tiež menšiu tepelnú vodivosť než kompozitná dvojrozmerná textília [5].

Priepustnosť vlhkosti cez textilnú vrstvu dobre charakterizuje odpor prechodu vlhkosti cez textilnú vrstvu. Z fiziologického hľadiska je dôležité, aby bola hodnota tejto veličiny čo najnižšia, pričom sa musí brať do úvahy súčasne odpor prechodu tepla textilnou vrstvou. Odpor prechodu vlhkosti a odpor prechodu tepla cez textilnú vrstvu nie vždy sú v zhode. Pomer odporu prechodu tepla a vlhkosti vyjadruje index prechodu vlhkosti, [3].

Prechod vlhkosti cez textilnú vrstvu sa uskutočňuje viacerými možnými spôsobmi. Hlavné cesty sú:

- adhézia a migrácia vlhkosti po povrchoch vlákien
- difúzia cez póry v textílii
- kapilárny transport
- absorpcia a desorpcia.

Ktorá z uvedených cest prechodu vlhkosti cez textilnú vrstvu bude prevažujúca závisí najmä od makromorfologickej štruktúry jednorozmerných a dvojrozmerných, prípadne trojrozmerných textilií. Absorpcia a desorpcia sú pomalé dej a závislé od druhu vlákien.

Priepustnosť vzduchu cez textilnú vrstvu závisí od difúznej cesty cez póry v textílii.

Priepustnosť vzduchu nie je vždy v zhode s priepustnosťou vlhkosti, lebo mechanizmus šírenia je rozdielny. Pri difúzii vlhkosti je väčší odpor než pri difúzii vzduchu [7, 3].

Pri plánovanej konštrukcii dvojrozmernej textílie sa vyžaduje vedomosť o jej odevnej aplikácii. Priepustnosť tepla, vlhkosti a vzduchu sú vektorové veličiny. Pri odievaní sa prednostne uvažuje smer odvádzania tepla, vlhkosti a vzduchu od pokožky cez textilnú vrstvu do vonkajšieho okolia. Vzhľadom na fenomén pododevnéj

mikroklímy, ktorá sa nachádza medzi pokožkou a kontaktnou textilnou vrstvou, konštruuju sa textílie s takou makromorfologickej štruktúrou, aby odvádzali čo najviac vlhkosti od pokožky do vzdialenejších vrstiev. Tačko textilia zabezpečuje suchú pododevnú mikroklímu a komfort pri nosení [8, 9, 10].

Vývoj nových textilných materiálov napriek spolu s požiadavkami na textílie pre odevy. Podiel syntetických vlákien v týchto materiáloch stúpa na základe poznatkov o ich fiziologických vlastnostiach na jednej strane a fiziologickom komforde, ktorý zabezpečujú na druhej strane. Využíva sa pritom synergetický účinok vlákien syntetických a prírodných v zmesovej textílii.

2. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

1. Z PET vlákien s rôznou priečnou a pozdĺžnou geometriou sa pripravili pleteniny v zmesi s bavlnou, ktoré boli určené do odevov pre voľný čas. Podiel bavlny a profilovaných PET vlákien bol 50% / 50%. Technologické podmienky prípravy zmesných textilií boli rovnaké u všetkých vzoriek. Vzorky sa skúšali v laboratórnych podmienkach a na probantoch. Stanovil sa tepelný odpor, priepustnosť vlhkosti a vzduchu cez textilné vrstvy a tiež celkový komfort v odevi pri stredne ľažkej práci probanta.

2. Stredne jemné PP vlákna s priečnym profilom trojuholníkového tvaru v zmesi s vláknami na báze celulózy a lycry (tab. 1) sa aplikovali do ponožiek. Podiel PP vlákien v pletenine bol prevažujúci a konštantný. Vzorky pletenín sa skúšali v prvom stupni v laboratórnych podmienkach a hotový výrobok - ponožky na probantoch. Využil sa celý rad skúšobných laboratórnych metod, ktoré majú výpovednú silu o fiziologických a komfortných vlastnostiach materiálov (tab. 2). V ďalšej časti sa testovali ponožky na skupine piatich probantov počas päť dní. Probanti boli poučení o spôsobe nosenia výrobku, jeho ošetrovaní pri nosení a spôsobe zápisu hodnotenia.

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vplyv materiálového zloženia textilií na ich fiziologicke vlastnosti sa hodnotil z dvoch hľadišť:

- vplyv priečnej a pozdĺžnej geometrie vlákien
- vplyv zmesovania rôznych druhov vlákien.

Tabuľka 1 Materiálové zloženie vlákien a textilií

Zloženie pleteniny	PP	PP/Lycra	ba	ba/ln	ba/Vs
A-PP	+				
B-PP/ba/ln	+				+
C-PP/Lycra/ba/ln		+			+
D-PP/ba	+		+		
E-PP/Lycra/ba		+	+		
F-PP/ba/Vs	+				+

Tabuľka 2 Hodnotenie základných a fyziologických vlastností textílií podľa laboratórnych skúšok

Laboratórne skúšky	A	B	C	D	E	F
Vzlinavosť/nasiaklivosť vody	1	5	3	5	2	6
Pevnosť v odere	6	2	4	3	5	1
Rozmerová stabilita pri praní						
dĺžka chodidla	6	4	1	5	2	3
dĺžka lýtku	6	4	5	1	5	3
Stálosť vyfarbenia pri praní						
zapustenie farby do bavlnenej tkaniny	5	5	5	4	3	5
zapustenie farby do vlnenej tkaniny	5	5	5	5	4	5
Stálosť vyfarbenia v modelovom kyslom roztoku potu						
zapustenie farby do bavlnenej tkaniny	5	5	5	5	5	5
zapustenie farby do vlnenej tkaniny	5	5	5	5	5	5
Koeficient trenia						
lícová strana	3	4	6	5	5	5
rubová strana	4	5	6	5	5	5
Stlačiteľnosť	5	6	6	6	6	5
Priepustnosť vzduchu	5	6	4	4	3	6
Priepustnosť vodnej pary	6	6	5	5	4	6
Kinetika vysýchania	6	4	2	5	3	5
Vlhkostná absorptivita	3	3	6	5	4	6
Tepelná vodivosť						
v suchom stave	5	6	4	5	3	5
v mokrom stave	4	4	5	5	3	6
Stálosť vyfarbenia v modelovom zásaditom roztoku potu						
zapustenie farby do bavlnenej tkaniny	5	5	5	4,5	5	5
zapustenie farby do vlnenej tkaniny	5	5	5	4,5	5	5
Tepelná absorptivita	3	5	6	5	6	5
Tepelný odpor	3	5	6	5	6	5
Súčet bodov	96	99	90	97	89	101

3.1 Vplyv priečnej a pozdĺžnej geometrie PET vlákien na fyziologické vlastnosti textílie

Z PET vlákien s rôznou priečnou a pozdĺžnou geometriou sa pripravili pleteniny v zmesi s bavlnou určené do odevov pre volný čas. Obsah vlákien bavlny a technologické podmienky prípravy všetkých vzoriek pletení boli konštantné. Makromorfologický štruktúrny útvar v závislosti od zloženia PET vlákien s rôznou priečnou a pozdĺžnou geometriou vykazoval rozdielne prostredie pre transport tepla, vlhkosti vzduchu a celkový komfort. Rozdiely vo fyziologických vlastnostiach korešpondovali so zmenou priečnej a pozdĺžnej geometrie vlákien.

Na obr. 1 je uvedená závislosť zmeny relatívnej vlhkosti vzduchu cez textilnú vrstvu od času. Čas, za ktorý sa dosiahla 100% relatívna vlhkosť vzduchu na povrchu textílie prechodom vlhkosti cez textilnú vrstvu je rozdielny. Z tejto kinetickej závislosti vyplýva, že trojuholníkový tvar vlákna, ktorý bol tvarovaný vzduchom kladie najvyšší odpor prechodu vlhkosti medzi skúšanými vzorkami. Vlákna tvarované frikčným spôsobom sú pre vodnú paru priepustnejšie a poskytujú menší odpor prechodu vlhkosti a to platí pre vlákna tvaru trojlístok i trojuholník.

Plošný odpor vedenia tepla cez textilnú vrstvu s rôz-

nou makromorfologickou štruktúrou PET vlákien je zaznamenaný na obr. 2. Odpor prechodu tepla vlákien tvarovaných vzduchom je vyšší než odpor prechodu tepla vlákien tvarovaných frikčne. Objem zadržiavaného vzduchu v makromorfologickom štruktúrnom útvare, ktorý obsahuje vlákna trojuholníkového tvaru tvarované vzduchom je najvyšší medzi skúšanými vzorkami, čo korešponduje s relatívne najvyššou tepelnou izoláciou textílie s takouto makromorfológiou.

Na obr. 3 sú údaje, ktoré sa získali pri testovaní odevu nosením dobrovoľníkmi. Výstupom je porovnanie komfortu PET vlákien s priečnym profilom na úrovni typu I, II a III. Fyziologický komfort KH vplyvom potenia je neúnosný, ak relatívna vlhkosť vzduchu v podobej klíme dosiahne 80%. Takýto stav sa dosiahol pri zvýšenej fyzickej činnosti v skúšaných odevoch za rozdielny čas. Tento stav bol zapríčinený primárne predovšetkým rozdielnym priečnym profilom PET vlákien. Makromorfologická štruktúra textílií s vláknami troch typov má rozdielny kapilárny a pórovity systém a rozdielnu adhéziu a migráciu vlhkosti po povrchoch vlákien a teda vykazuje rozdielnu priepustnosť vlhkosti. Priepustnosť vzduchu u týchto vzoriek nameraná štandardou metódou bola tiež značne rozdielna. Makromorfologická štruktúra s vláknami typu II vykazovala priepustnosť vzduchu v objeme $515 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, s vláknami typu I $315 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a s vláknami typu III $215 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Tabuľka 3 Hodnotenie základných a fyziologických vlastností textilných výrobkov podľa skúšok nosením

Skúšky nosením	A	B	C	D	E	F
Stálosť tvarov	54455	5445 4,5	34445	54454	54444	5445 4,5
Oder	44445	44345	44435	44343	54144	4444 4,5
Žmolkovitosť	55454	23344	42223	4434 3,5	53333,5	43434
Stálofarebnosť	55555	44555	54555	43233	53133	54455
Tepelná izolácia	22122	23332	13312	33332	23332	33332
Pocit komfortu	33125	45554	35545	55553	45545	55555
Súčet bodov	115	117,5	116	108,5	108,5	118

Tabuľka 4 Celkové hodnotenie fyziologických a komfortných vlastností textilných výrobkov [W1]

Hodnotenie	A	B	C	D	E	F
Podľa laboratórnych skúšok	55	55	46	52	53	53
Podľa skúšok nosením	115	117,5	116	108,5	108,5	118
Celkové hodnotenie	170	172,5	162	160,5	161,5	171

mi typu III $475 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a typu I $460 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Celkovo možno ku fyziologickému komfortu skúšaných odevov pri zvýšenej fyzickej činnosti na základe merania relatívnej vlhkosti vzduchu v pododevnej mikroklimé konštatovať, že vlákna typu III sú pre takúto oblasť využitia odevu – stredne ľažká práca pri rekreačnom športovaní, na základe transportu vlhkosti najlepšie. Zhoda bola potvrdená tiež vyjadrením dobrovoľníkov o ich subjektívnom pocite pri činnosti v odevе.

3.2 Vplyv zloženia zmesovej textílie s prevažujúcim podielom PP vlátkien na fyziologické vlastnosti

Stredne jemné PP vlákna s priečnym profilom trojhodníkového tvaru boli tvarované frikčným spôsobom a aplikované do pleteniny v zmesi s vláknami na báze celulózy ako je bavlna (ba), ľan (ln) a viskózové vlátkna (Vs) a malým podielom lycry. Makromorfologická štruktúra dvojrozmernej textílie bola zabezpečená najmä PP vláknami. Malý podiel doplnkových vlátkien v zmesovej textílii bol aplikovaný na podporu fyziologických a komfortných vlastností v odevnom výrobku – v ponožkovom programe.

Materiálové zloženie zmesových vlátkien a zmesových pletenín je uvedené v tabuľke 1.

Hodnotenie pletenín a ponožiek sa uskutočnilo laboratórnymi skúškami a nosením dobrovoľníkmi, ktorí boli poučení o podmienkach nosenia. Vzhľadom na oblasť využitia a spôsob nosenia odevného výrobku sa skúšali niektoré základné a preferované vlastnosti zmesových pletenín a odevného výrobku, tabuľka 2, 3. Všetky hodnoty nameraných základných a preferovaných vlastností pletenín a ponožiek získané klasickými metódami a príslušným spôsobom vyjadrenia pri nosení sa kvalifikovali podľa hodnotiacej stupnice bodov 1–6, pričom bod 1 bol priradený naj-

nižšej kvalite a bod 6 najvyššej kvalite danej vlastnosti. Najvyšší celkový súčet bodov prislúcha výrobku s najlepšou kvalitou. Počet dobrovoľníkov bol päť, preto pri každej skúške nosením je pre každú vzorku päť hodnôt. Podľa číselného bodovania kvality vzoriek sú najkomfortnejšie ponožky z trojzložkových úpletov so zložením ba/PP/Vs a ba/PP/ln. Podiel ľanu a viskózových vlátkien v zmesi s bavlnou a PP vláknami zvyšuje celkový komfort výrobku. Lycrové vlákna v danom odevnom výrobku relativne znížili jeho celkový komfort, tabuľka 4.

4. ZÁVER

Zistilo sa, že makromorfologická štruktúra výrazne ovplyvňuje odpor prechodu vlhkosti, tepla a vzduchu v závislosti od priečnej a pozdĺžnej geometrie vlátkien a od materiálového zloženia zmesovej textílie.

Vlákna tvarované frikčným spôsobom a aplikované do textílie sú pre vodnú paru prieprastnejšie v porovnaní s vláknami tvarovanými vzduchom. Transport vlhkosti po povrchoch frikčne tvarovaných vlátkien je priaznivejší než po povrchoch vzduchom tvarovaných vlátkien.

Vlákna tvarované vzduchom vykazujú v textiliách vyšší odpor prechodu tepla v porovnaní s vláknami tvarovanými frikčne a majú vyššiu tepelnú izoláciu.

Vlákna s priečnym profilom typu III, obr. 3 zabezpečujú v pododevnom priestore v relatívne dlhom časovom intervale vyvážený parciálny tlak vodnej pary a zabezpečujú najlepší fyziologický komfort v odevе pri zvýšenej fyzickej činnosti.

Použitá metodika hodnotenia zmesových textílií a ponožiek je vhodná pre komplexné objektívne zhodnotenie kvality výrobku. Touto metódou sa zistilo, že v hodnotenom súbore sú najkvalitnejšie ponožky z trojzložkovým zmesí.

KEVLAR FIBERS COMPRESSIVE CHARACTERISTICS

Militký J., Kovačič K.

Textile Faculty, Technical University of Liberec
461 17 Liberec, Czech Republic, e-mail: jiri.militky@vslib.cz

The main aim of this contribution is investigation of isothermal compressive creep of Kevlar fibers based linear composite with epoxy resin measured in the longitudinal direction on the special device TMA for thermo mechanical analysis. The compressive creep is described by the simple two exponential model with two characteristic time constant. Based on the simple model of linear composite with epoxy resin the prediction of compressive longitudinal modulus of Kevlar fibers is computed.

Keywords: compressive creep, compressive modulus, Kevlar fibers

1. INTRODUCTION

Aromatic polyamides represent the major group of man made fibers with high performance properties for engineering end use. Especially paraamides as Kevlar fibers are useful for engineering applications due to high modulus and high tenacity. These fibers are used as starting material for industrial textiles bearing high strength at higher temperatures.

It is well known, that due to special molecular order the Kevlar fibers have high anisotropy of mechanical properties. For application of Kevlar in the composites and other structures it is often required stability under long-term compressive loading at elevated temperatures. The main aim of this contribution is investigation of isothermal compressive creep of Kevlar fibers based on linear composite with epoxy resin measured in the longitudinal direction on the special device TMA for thermomechanical analysis.

The compressive creep is described by the simple two exponential model with two characteristic time constant. For characterization of behavior under creep condition the time of half dilatation τ_D is used. The dependence of τ_D on the temperature is analyzed. Based on the simple model of *Kevlar fibers epoxy resin linear composite* the prediction of compressive longitudinal modulus of Kevlar fibers is computed.

2. KEVLAR FIBERS

Kevlar is the registered trademark for DuPont's family of high temperature resistant aramid fibers having a unique combination of toughness, high tenacity and modulus and exceptional thermal stability. These properties offer the means to increase strength and reduce weight of structures in a variety of end-use applications.

Various Kevlar types are on the market. Basic variant is Kevlar 29 with properties similar to that classical paraamid fiber Kevlar. Kevlar 49 has tensile strength equal to that of Kevlar 29 but higher modulus and lower elongation and is specially designed for plastics reinforcement.

Kevlar 68 is designed to bridge the gap between Kevlar 29 and Kevlar 49 having the properties comparable with Kevlar 29 with a modulus approaching that of Kevlar 49.

Kevlar 149 has the highest modulus with the tensile modulus 25% above that of Kevlar 49. This type offers unique combination of properties suitable for advanced composites.

Some basic properties of Kevlar family of fibers are presented in the Table 1 [1].

In this table E_K is compressive longitudinal modulus, E_L is tensile longitudinal modulus and E_T is transversal

Table 1 Parameters of Kevlar family of fibers

Type	29	49	68	149
Tenacity [cN/tex]	203	208	212	159
Elongation [%]	3,6	2,4	2,9	1,5
Initial modulus [cN/tex]	4900	7814	6887	9712
Longitudinal modulus E_L [GPa]	79.4	113.4	—	179.1
Compressive modulus E_K [GPa]	55	77.9	—	76.4
Transversal modulus E_T [GPa]	2.59	2.49	—	2.47

modulus. These values were obtained by the Kawabata's micro mechanical method [2]. Owing to highly oriented molecular chains in the longitudinal direction and strong bonding of chain molecules the mechanical anisotropy is very strong.

It is well known that the Kevlar fibers are essentially unaffected by the long-term exposure of extreme temperatures.

3. EXPERIMENTAL PART

Measurement of compressive creep in longitudinal direction were realized on the Kevlar 149 with fineness 1,7 dtex and mean fiber diameter 12,15 μm .

For measurements the composite rods containing 90 % of Kevlar 149 and 10 % of epoxy resin (CHS 1200) were prepared. These rods were cut to the cylindrical sample with length 12.237 mm and diameter 5.137 mm. For comparison the same samples from pure epoxy resin were prepared.

The measurements were realized on the TMA CX03R thermomechanical analysator. This device enables measurements of dimensional changes of samples under defined compressive load at various temperatures.

The compressive creep functions i.e. dependencies of sample height l_H on the time t were measured at compressive load 1000 mN and temperatures $T = 25, 50, 100$ and 200°C . Results of measurements are couples of data (l_{Hi} , t_i , $i = 1, 2, \dots, N$).

4. COMPRESSIVE CREEP DESCRIPTION

The experimental data were used for fitting by the simple two exponential model

$$l_H = p_2 \exp(-p_3 t) - p_4 \exp(-p_5 t) + p_1 \quad (1)$$

The parameters p_1, \dots, p_5 were estimated by the nonlinear least squares i.e. by minimization of criterion [3]

Table 2 Parameters of compressive creep for Kevlar composite

Temperature [$^\circ\text{C}$]	d_M [μm]	τ_D [s]
25	37,42	14,69
50	76,05	19,79
100	71,15	14,69
200	115,57	24,30

Table 3 Parameters of compressive creep for epoxy resin

Temperature [$^\circ\text{C}$]	d_M [μm]	τ_D [s]
25	46,7	177,1
50	123,7	19,21
100	287,0	664,5
200	725,3	3022,1

Table 4 Activated energies of dilatation

Material	E_D [kJ/mol]
Kevlar composite	2.744
Epoxy resin	23.650

$$S = \sum_{(i)} [l_{Hi} - l_H(t_i)]^2 \quad (2)$$

For characterization of compressive creep curves the following two parameters were used:

a) Maximum dilatation d_M [μm], $d_M = p_2 + p_4$

b) Time of half dilatation τ_D [s] i.e. time $t = \tau_D$ for which is dilatation equal to $l_H = p_1 + 0,5d_M$

The characteristics d_M and τ_D computed from p_1, \dots, p_5 parameters for Kevlar composite are given in the table 2.

The same characteristics for the epoxy resin are given in the table 3.

In the temperature activated processes the rate parameters are usually temperature dependent according to the well-known Arrhenius equation. For time of half dilatation the Arrhenius type equation has the form

$$\tau_D = \tau_0 \exp\left(\frac{-E_D}{RT}\right) \quad (3)$$

where E_D is activation energy of dilatation, τ_0 is preexponential factor, T is absolute temperature and R is universal gas constant.

Activation energies of dilatation E_D computed from eqn. (3) are given in the table 4.

5. LONGITUDINAL COMPRESSIVE MODULUS OF KEVLAR FIBERS

Let one has the linear composite (index C) from the phase of Kevlar fibers (index K) and epoxy resin matrix (index E). Let the both phases are deformed elastically that their Poisson ratio is the same and that the stresses cause no debonding of the interfaces. The linear composite Kevlar epoxy resin is shown on the fig. 1a and corresponding mechanical two phase model on the fig 1b.

During the compressive creep both phases deforms isometrically (i.e. strain is equal)

$$\varepsilon_C = \varepsilon_K = \varepsilon_E \quad (4)$$

The force acting on the individual phases is then

$$F_C = F_E + \sum_{(i)} F_{Ki} \quad (5)$$

where F_{Ki} is force action on the i-th fiber. Converting forces into stresses i.e.

$$\sigma_C = \frac{F_C}{A_C}, \quad \sigma_E = \frac{F_E}{A_E}, \quad \sigma_{Ki} = \frac{F_{Ki}}{A_{Ki}} \quad (6)$$



Fig. 1 The linear composite Kevlar epoxy resin (a), corresponding mechanical two- phase model (b).

and imposing the volumetric ratio of Kevlar fibers (composite has the same length as individual phases)

$$\Phi_K = \sum_{(i)} \Phi_{Ki} = \frac{\sum A_{Ki}}{A_C} \quad (7)$$

the well known equation results

$$\sigma_C = \sum_{(i)} \Phi_{Ki} \sigma_{Ki} + (1 - \Phi_K) \sigma_E \quad (8)$$

Let all fibers have the same cross sectional area $A_{Ki} = A_K$ and the same stresses $\sigma_{Ki} = \sigma_K$. Then the simple law of mixture results

$$\sigma_C = \Phi_K \sigma_K + (1 - \Phi_K) \sigma_E \quad (9)$$

Dividing the eqn (9) by constant strain ε_C (see. eqn. (4)) and assuming that the simple Hooke's law ($\sigma = E\varepsilon$) is valid the final form can be obtained

$$E_C = \Phi_K E_K + (1 - \Phi_K) E_E \quad (10)$$

For known Φ_K and E_C , E_E the longitudinal compressive modulus of Kevlar fibers is equal to

$$E_K = \frac{E_C - (1 - \Phi_K) E_E}{\Phi_K} \quad (11)$$

For our case the Φ_K was estimated by the image analysis (from areas Φ_{Ki}) and value $\Phi_K = 0,9$ was obtained.

The modulus E_C at individual temperatures was computed as the ratio

$$E_C = \frac{F}{A_C \varepsilon_{E(30)}} \quad (12)$$

where $F = 1$ N is applied load, $A_K = 20.725 \text{ mm}^2$ is cross sectional area of tested composite sample and $\varepsilon_{K(30)}$ is deformation under compressive creep in time $t = 30$ s. Values $\varepsilon_{K(30)}$ were computed from dimensional changes after 30 second of compressive creep for linear composite at individual temperatures (see. eqn. (1)).

By the same way the moduli E_E were estimated from the compressive creep curve of pure epoxy resin. In this case $F = 1$ N, $A_c = 20.725 \text{ mm}^2$ and $\varepsilon_{E(30)}$ were computed from dimensional changes after 30 second of compressive creep for epoxy resin at individual temperatures (see. eqn. (1)).

Table 5 Longitudinal Compressive Modulus of linear composite, epoxy resin and Kevlar fibers

Temperature [°C]	E_K (Kevlar) [GPa]	E_C (Composite) [GPa]	E_E (Resin) [GPa]
25	18.95	18.77	17.11
50	14.103	13.21	5.262
100	21.59	20.18	3.73
200	10.76	10.28	5.88

Computed values of E_E , E_C and E_K are summarized in the table 5.

6. DISCUSSION

As is shown in Table 2 and 3 for both Kevlar composite and resin the maximum dilatation d_M and time of half dilatation τ_D have tendency to grow with increasing temperature. Activation energy of dilatation for Kevlar composite is very small and therefore the compressive creep properties are not temperature sensitive in investigated region. The activation energy of dilatation for epoxy resin is about ten times higher.

Longitudinal compressive creep modulus of Kevlar (see table 5) is small in comparison with Kawabata measurements (see table 1). The main discrepancy is in measurement principle. Kawabata's device realizes the compressive stress strain experiments but our measurements are compressive creep. Second problem is in definition of initial deformation. We have used the deformation $\varepsilon_{(30)}$ after 30 second of compressive creep to prevent initial uncertainty of measurement.

The changes of compressive creep longitudinal modulus with temperature up to 200 °C are small. These results agree with compressive creep characteristics.

7. CONCLUSION

Based on the above-presented results is possible to summarize that the longitudinal compressive creep properties of Kevlar fibers are not very sensitive to temperature actions up to approximately 200°C.

ACKNOWLEDGEMENTS: the Czech Ministry of Education Grant LN B090 supported this work

8. REFERENCES

- [1] Anonym.: Properties of Du Pont Industrial Filament Yarns, Multifiber Bulletin X-272 July 1988
- [2] Kawabata S. , Kotani T., Yamashita Y.: J. Text Inst 86, 347 (1995)
- [3] Meloun M. Militký J. and Forina M. Chemometrics in Analytical Chemistry vol. II, Interactive Model Building and Testing on IBM PC, Ellis Horwood, Chichester (1994)

Received: May 2003

CHARAKTERISTIKY STLAČITEĽNOSTI KEVLÁROVÝCH VLÁKEN

Translation of abstract: **Kevlar fibers compressive characteristics**

Hlavným cieľom tohto príspevku je výskum izotermálneho kompresného krípu lineárneho kompozitu epoxidovej živice a Kevlarových vlákien meraného v pozdĺžnom smere na špeciálnom TMA pre termo-mechanickú analýzu. Kompresný kríp je popísaný dvomi jednoduchými exponenciálnymi modelmi s dvomi charakteristickými časovými konštantami. Jednoduchý model lineárneho kompozitu z epoxidovej živice je základom pre vypočet predkladaných kompresných pozdĺžnych modulov Kevlarových vlákien.

SYSTEM MODELLING IN THE NEW SPINNING TECHNOLOGIES

Ursíny P.

*Technical University of Liberec, Dept.of Mechanical Technologies,
Liberec, Czech Republic*

The author describe the dynamic and probability models. Technological system is interpreted as a steady linear dynamic system, which transforms the pattern structure of mass unevenness into the resultant structure. The levelling efficiency of the OE rotor spinning system has been evaluated by the ratio of the quadratic mass unevennesses in the fibre ribbon and fibre flow. We created the probability model of releasing fibres from the feeding sliver through the effect of the combing cylinder in the OE rotor spinning units.

1. INTRODUCTION

In the wide area of textile technology belong between most important the spinning technology with finite technological point – yarn production. In this technological point we use a new modern open – end (OE) rotor spinning machines for production of cotton yarn.

The effective development of OE rotor spinning machines for high yarn quality and high production rate is possible with use of system modelling.

Textile technological processes in these machines proceed under the conditions of high operating speed and at the same time it is necessary to guarantee a required quality of the final yarn in the point of view of significant utility qualities as for example mass unevenness.

The optimization of a textile technology process and the highest possible degree of utilization of technological reserves of a given spinning system under the conditions of high-standard kinematic parameters of the process are conditional on the utilization of new up-to-date methods of theoretical and experimental research. This trend became evident especially in relation to the sucessfull development of rotor spinning machines, which at the same time has brought many stimulatives to the sector of research methods of the processes of textile technology. For scientific and research solution to an optimum spinning process we use the representation of a real process with theoretical means in such a way which would show us the functional dependence between an index (direct or indirect) of the followed characteristic (for instance mass unevenness) and mechanical and technological parameters. The representation of a real technological process in the form of a model makes research easier. It increases its effectiveness and it reduces the time, which is necessary to reach the optimum variant for experimental verification.

2. DYNAMIC MODEL OF THE OE ROTOR SPINNING SYSTEM-SYSTEM OF CYCLIC DOUBLING

A significant group among modelling of spinning processes and systems is the dynamic simulation. A given spinning system is interpreted as a steady linear dynamic system, which transforms the pattern structure of mass unevenness into the resultant structure.

The general characteristics of the research problems solutions is transformation of mass unevenness by spinning system–system of cyclic doubling.

The mathematical modelling of the equalizing effect of the cyclic doubling system is based on the presentation of the fibrous ribbon fineness as a function of the lenght with the aid of the related fineness of the individual fibre flows.

$$T_p[X] = \sum_{i=0}^{N-1} T_3[X - iu] \quad (1)$$

$T_p[X]$ – fineness of the fibrous ribbon as a function of lenght X, $i = 0, 1, 2, \dots, N$, N – number of cyclic doublings, $T_3[X]$ fineness of the fibre flow supplied as a function of lenght X, u – circumference of the collection surface.

The fineness function of the fibrous ribbon forms is the basis for the derivation of the transfer function of the cyclic doubling and of the modulus of this function. First of all the Laplace – transformation of the basic equation of the doubling system (1) is carried out, in order to obtain the said functions.

The relation for the quadratic irregularity of the fibrous ribbon, formed by cyclic doubling, is illustrated in equation (2) [1].

$$CV_M^2 = \frac{CV_m^2}{N} + CV_m^2 \frac{2}{N^2} \sum_{i=1}^{N-1} (N-1)\zeta_m[iu] \quad (2)$$

CV_M – quadratic unevenness of the fibrous ribbon, CV_m – quadratic unevenness of the fibre flow, N – number of cyclic doublings, ζ_m [iu] value of the standardised correlation function of the fineness of the fibre flow for the parameter iu , whereby $i = 1, 2, 3, \dots, (N-1)$ and u = circumference of the collection surface.

The analysis of the equalizing effect of the cyclic doubling system reveals that the cyclic doubling system is not able to reduce the components of the mass unevenness with the wave lenght.

$$\lambda = u; \frac{u}{2}; \frac{u}{3}; \dots$$

which even at a very low amplitude exert a significant influence on the quadratic unevenness of the cyclically doubled fibrous ribbon. As has also been confirmed in other contexts, these components cannot be neglected. From a definite rotor speed onward, when a replacement of the rotor with a rotor of smaller diameter becomes necessary, it comes to a smaller measurable mass unevenness, in spite of the reduction of the cyclic doubling, due to the reduced number of non-compensatable components of the mass unevenness of the fibre flow.

3. PROBABILITY MODEL OF THE OE ROTOR SPINNING SYSTEM – SYSTEM OF FIBRE OPENING AND TRANSPORT

The fibres are transferred to the opening roll clothing when the nip on the fibre exerted by feed roll and press

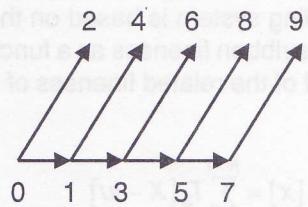


Fig. 1 Diagram of fibre transfer from the peripheral speed of the feed roll to that of the opening roll; 0, 1, 3, 5, and 7, states of fibre movement at the feed roll speed (so-called transient state), 2, 4, 6, 8 and 9, states of fibre transfer from feed roll speed to the speed of the opening roll (so-called absorbing state)

plate (relative to fibre length) is no longer effective, allowing the fibres to be carried along in different areas of the opening zone by the opening roll. The probability of fibre transfer from the peripheral speed of the feed roll to that of the opening roll can be described with the aid of the Markov chain laws [2]. The diagram of fibre transfer from feed roll to opening roll speed can be seen in Fig. 1.

The probability model of fibre transfer to the opening roll is derived from this diagram. The fibre transfer matrix forms the basis for determining fibre dwell time in the feed roll and press plate nip zone before transfer to the

opening roll (average time, time scatter). The transfer probabilities p_{ij} are therefore the probabilities of fibre transfer from condition i (movement at the peripheral speed of the feed roll) to condition j (movement at the peripheral speed of the feed or opening roll). The matrix P fibre transfer from condition i to condition j can be seen in equation (3).

$$P = \begin{vmatrix} 0 & p_{01} & p_{02} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{13} & p_{14} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{35} & p_{36} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{57} & p_{58} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (3)$$

Matrix P is converted into part matrices Q , R , O and I .
 Q matrix of fibre movement at feed roll speed (5x5).
 R matrix of the fibre movement change from feed roll speed to opening roll speed (5x5).
 O null matrix (5x5), I unit matrix (5x5).

In accordance with the Markov chain theory [2], the following matrices can be deduced for fibre movement at feed roll speed and fibre transfer to the opening roll:

$$\text{Matrix } N \quad N = (I - Q)^{-1} \quad (4)$$

The matrix elements n_{ij} correspond to the average number of passages through the states while the fibre stays at feed roll speed.

The mean fibre dwell time in the comb-out zone is obtained from vector (average number of states up to fibre acceleration).

$$\tau_1 = N \cdot \xi \quad (5)$$

ξ – unit vector.

The elements correspond to the average number of states passed through up to transfer of the fibre from feed roll speed to opening roll speed.

Fibre dwell time scatter in the comb-out zone can be represented by vector τ_2 .

$$\tau_2 = (2N - I) \cdot \tau_1 - \tau_{sq} \quad (6)$$

τ_{sq} – quadratic vector from vector

$$\begin{aligned} \tau_{20} = & 1 + p_{01} + p_{01} \cdot p_{13} + p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35} + p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35} \cdot p_{57} + \\ & 2p_{01}(1 + p_{13} + p_{13} \cdot p_{35} + p_{13} \cdot p_{35} \cdot p_{57}) + 2p_{01} \cdot p_{13}(1 + p_{35} + p_{35} \cdot p_{57}) + 2p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35}(1 + p_{57}) + 2p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35} \cdot p_{57} - (1 + p_{01} + p_{01} \cdot p_{13} + p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35} + p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35} \cdot p_{57})^2 \end{aligned} \quad (7)$$

Table 1 Mean fibre dwell time in comb-out zone.

	T [tex]	Mean probability of fibre transfer							t [s]
		P ₀₁	P ₁₃	P ₃₅	P ₅₇	P ₇₉	P _{9,11}	τ ₁₀	t ± Δt [s]
1	40	0,7912	0,5994	0,4968	0,5873	0,3996	0,4616	2,7266	1,1035
									1,0351 ÷ 1,1719
2	40	0,8345	0,6434	0,5442	0,5071	0,3210	0,5122	2,8868	1,1683
									1,1239 ÷ 1,2127
1	18	0,7509	0,5934	0,4591	0,5368	0,4154	0,5558	2,5671	3,0276
									2,8634 ÷ 3,1918
2	18	0,8529	0,7015	0,5993	0,4637	0,3859	0,3460	3,0709	3,6218
									3,4101 ÷ 3,8335

T = OE rotor yarn count in tex, τ₁₀ = average number of states up to fibre transfer from feed roll speed to opening roll speed, t = mean fibre dwell time in the comb-out zone.

The elements of matrix correspond to the scatter of the number of states which the fibre passes through up to transfer to opening roll speed. In the OE rotor machine opening unit, the sliver fed in is opened out to the individual fibre, and the necessarily high draft required is produced between the nip between the feed roll and the press plate. Ideal conditions for this speed change exist when, for each fibre, transfer takes place to opening roll speed immediately on release of the fibre end by the press plate. Under the premise of a constant fibre length, the minimum dwell time of the fibre in the comb-out zone for this fibre length, and its scatter, is a measure of the variation from ideal drafting conditions. Structural design of the comb-out zone must therefore ensure that the speed change always occurs when the fibre end passes the same, narrowest possible fibre feed zone. The experimental results confirm the theoretical considerations that, with constant raw material, the conditions in the opening roll zone, which lead to minimum fibre dwell time in the comb-out zone, also provide the lowest yarn unevenness in consequence. If a minimum mean fibre dwell time is achieved in the comb-out zone, fibre scatter, and therefore the possibility of additional sliver unevenness due to the draft, is also reduced. In order to be able to study fibre dwell time in the comb-out zone experimentally, the fibre fringe formed in the comb-out zone was broken down into 4 mm long sections in each case, and its weight determined to an accuracy of 1 mg. This gives the probabilities for fibre transfer to the opening roll in the different sections of the fibre fringe. Opening roll speed: 7050 min⁻¹. Two type of press plate for OE spinning unit, sliver count was 3240 tex. The mean probability of fibre trans-

fer and the mean fibre dwell time in the comb-out zone can be seen in table 1.

SUMMARY

Dynamic model of the cyclic doubling system and probability model of the fibre opening and transport are very important applications for research of the OE rotor spinning system. Also for next technological area (feed tube of OE rotor spinning unit) we can use of the probability model of the fibre flow in the air duct [4].

Delivery speed increases in OE rotor spinning unit and the production of finer OE rotor yarns place stringent requirements on feed sliver quality and the scientific research control of all part technological processes in the OE rotor spinning system.

ACKNOWLEDGEMENT: The present work is sponsored by the research grant GAČR 106/01/0565

REFERENCES

- [1] URSÍNY,P.: Evennes of open-end yarn properties. Textiltechnik, 33 (1983), 1, 19-22, ISSN 0323.3804
- [2] KEMENY,J.,SNELL,L.: Finite Markov chains. Van Nostrand, ISBN 59.15644 New York, 1960
- [3] URSÍNY,P.,ŠAFÁŘ,V.,MÄGEL,M.: Analysis of sliver opening on the OE rotor spinning machine. Melland Textilberichte, 76 (1995), 4, 219-222, ISSN 0341.0781
- [4] URSÍNY,P.: Structure of fibre flow in the feed tube of OE rotor spinning system, Proceedings of 5. conference Strutex, 111-118, ISBN 80-7083-321-1, Liberec, December 1998, Technical University of Liberec.

Received: May 2003

SYSTÉMOVÉ MODELOVÁNÍ V NOVÝCH DOPŘÁDACÍCH TECHNOLOGIÍCH

Translation of Article

System modelling in the new spinning technologies

Autor popisuje dynamický a pravděpodobnostní model. Technologický systém je interpretován jako stacionární, lineární dynamický systém, který transformuje vstupní strukturu hmotové nestejno-

$$\lambda = u; \frac{u}{2}; \frac{u}{3}; \dots$$

které i při velmi malé amplitudě vykazují významný vliv na kvadratickou nestejnoměrnost vlákenné stužky vytvořené cyklickým družením.

Od určité frekvence otáčení sprádacího rotoru je nezbytné vyměnit rotor za rotor s nižším průměrem sběrného povrchu a přes snížení hodnoty cyklického družení dochází k nižší měřitelné hmotné nestejnoměrnosti na základě sníženého počtu nevyrovnatelných složek hmotné nestejnoměrnosti vlákenného toku.

3. PRAVDĚPODOBNOSTNÍ MODEL ROTOROVÉHO DOPŘÁDACÍHO SYSTÉMU – SYSTÉM OJEDNOCOVÁNÍ VLÁKEN A DOPRAVY

Přechod vláken na povlak vyčesávacího válce proběhne, když svér vláken vyvolaný podávacím válcem a přítlačným stolečkem (v závislosti na délce vlákna) přestane působit. Tím může vlákno v různých oblastech vyčesávací zóny být převzato vyčesávacím válcem. Pravděpodobnost přechodu vlákna z obvodové rychlosti podavacího válečku na vyčesávací válec může být popsána pomocí zákonitostí Markovských řetězců [2].

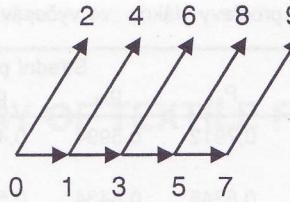
Diagram přechodu vláken z obvodové rychlosti podavacího válečku na obvodovou rychlosť vyčesávacího válce je znázorněn na obr. 1.

Z tohoto schématu je odvozen pravděpodobnostní model přechodu vlákna na vyčesávací válec. Matice přechodu vláken tvoří základ pro určení času prodlev v oblasti svěru vlákna podávacím válcem a přítlačným stolečkem před přechodem na vyčesávací válec (střední čas, rozptyl času).

Pravděpodobnost přechodu vlákna p_{ij} je přitom pravděpodobnost přechodu vlákna ze stavu i (pohyb vlákna obvodovou rychlosť podavacího válečku) do stavu j (pohyb obvodovou rychlosť podavacího nebo vyčesávacího válce).

Matice přechodu vlákna P ze stavu i do stavu j je dada vztahem (3).

$$P = \begin{pmatrix} 0 & p_{01} & p_{02} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{13} & p_{14} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{35} & p_{36} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p_{57} & p_{58} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$



Obr. 1 Diagram přechodu vlákna z obvodové rychlosť podavacího válce na obvodovou rychlosť vyčesávacího válce. 0, 1, 3, 5 a 7 – stavy pohybu vlákna rychlosť podavacího válce (tzv. transiente stavy), 2, 4, 6, 8, a 9 – stavy přechodu vlákna z rychlosť podavacího válce na rychlosť vyčesávacího válce (tzv. absorpní stavy)

Matice P je možno převést do formy s dílčími maticemi Q, R, O a I .

Q – matice pohybu vlákna rychlosť podavacího válečku (5×5). R – matice změny pohybu vlákna z rychlosť podavacího na rychlosť vyčesávacího válce (5×5). O – nulová matice (5×5). I – jednotková matice (5×5)

Podle teorie Markovských řetězců [2] jsou odvoditelné následující matice pohybu vlákna podavací rychlosť a přechodu na vyčesávací válec :

$$\text{Matice } N \quad N = (I - Q)^{-1} \quad (4)$$

Element matice n_{ij} odpovídá střednímu počtu průchodu vlákna stavu, ve kterých se pohybují rychlosť podavacího válečku.

Střední čas prodlevy vlákna ve vyčesávací zóně a rozptyl tohoto času lze odvodit a je dán vektorem (střední počet stavů až po urychlení vlákna).

$$\tau_1 = N \cdot \xi \quad (5)$$

ξ – jednotkový vektor.

Elementy τ_i odpovídají střednímu počtu stavů, které vlákno projde než dojde k přechodu vlákna z rychlosť podavacího na vyčesávací válec.

Rozptyl doby prodlevy vlákna ve vyčesávací zóně je vyjádřen vektorem .

$$\tau_2 = (2N - I) \cdot \tau_1 - \tau_{sq} \quad (6)$$

τ_{sq} – kvadratický vektor z vektoru τ_1 .

$$\begin{aligned} \tau_{20} = & 1 + p_{01} + p_{01} \cdot p_{13} + p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35} + p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35} \cdot p_{57} + \\ & 2p_{01}(1 + p_{13} + p_{13} \cdot p_{35} + p_{13} \cdot p_{35} \cdot p_{57}) + 2p_{01} \cdot p_{13}(1 + p_{35} + p_{35} \cdot p_{57}) + 2p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35}(1 + p_{57}) + 2p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35} \cdot p_{57} - (1 + p_{01} + p_{01} \cdot p_{13} + p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35} + p_{01} \cdot p_{13} \cdot p_{35} \cdot p_{57})^2 \end{aligned} \quad (7)$$

Elementy τ_i matice τ_{20} dospívají rozptylu počtu stavů, které vlákno projde až k přechodu na obvodovou rychlosť vyčesávacího válce. V ojednocovacím ústrojí sprádací jednotky rotorového dopřádacího stroje je přiváděný pramen rozvolněn až na jednotlivá vlákna. K tomu je nezbytné realizovat velmi vysoký průtah mezi svarem podavacího válce a přítlačného stolíčku a vyčesávacím válcem. Ideální podmínky pro tuto změnu rychlosť existují tehdy, když v momentu uvolnění kon-

Tabuľka 1 Strední čas prodlevy vlákna ve vyčesávací zoně

T [tex]	P_{01}	Strední pravděpodobnost přechodu vlákna							t [s] $t \pm \delta t$ [s]
		p_{13}	p_{35}	p_{57}	P_{79}	$p_{9,11}$	τ_{10}		
1	40	0,7912	0,5994	0,4968	0,5873	0,3996	0,4616	2,7266	1,1035 $1,0351 \div 1,1719$
2	40	0,8345	0,6434	0,5442	0,5071	0,3210	0,5122	2,8868	1,1683 $1,1239 \div 1,2127$
1	18	0,7509	0,5934	0,4591	0,5368	0,4154	0,5558	2,5671	3,0276 $2,8634 \div 3,1918$
2	18	0,8529	0,7015	0,5993	0,4637	0,3859	0,3460	3,0709	3,6218 $3,4101 \div 3,8335$

T – jemnost rotorové příze, τ_{10} – střední počet stavů až k přechodu vlákna z rychlosti podavací na rychlosť vyčesávacího válce, t – střední čas prodlevy vlákna ve vyčesávací zoně.

ců vláken ze svěru v oblasti přítlačného stolečku dojde u každého vlákna k okamžitému přechodu na rychlosť vyčesávacího válce. Za předpokladu konstantní vlákenné délky je pro tuto vláknennou délku minimální čas prodlevy vlákna ve vyčesávací zoně a jeho rozptyl mírou odchylky od podmínek ideálního průtahu. Konstrukční uspořádání vyčesávací zony musí tedy zajišťovat, že změna rychlosti se uskuteční tehdy, když zadní konec vlákna opustí oblast přivádění a to pokud možnov úzkém rozpětí oblasti přivádění.

Experimentální výsledky potvrzují teoretické poznatky, že při daném vláknenném materiálu za podmínek v oblasti vyčesávacího válce, které vedou k minimálnímu času prodlevy vláken ve vyčesávací zoně, dochází ke snížení hmotné nestejnomořnosti příze. Pokud je dosažen minimální střední čas prodlevy vlákna ve vyčesávací zoně, snižuje se také rozptyl času prodlevy a tím i možnost vzniku přídavné nestejnomořnosti vlákenného pramenku v důsledku průtahu. Aby bylo možno experimentálně zkoumat čas prodlevy vláken ve vyčesávací zoně, byly zjištovány hmotnosti úseků o délce 4mm vláknenně třásně vytvořené ve vyčesávací zoně s přesností $\pm 1\text{ mg}$. Z toho pak byly určovány pravdě-

dobnosti přechodu vlákna na vyčesávací válec v různých průřezech vláknenně třásně. Obvodová rychlosť vyčesávacího válce: 7050 min^{-1} , dva typy přítlačných stolečků pro spřádací jednotku [3], délková hmotnost předlohouvého pramene: 3240 tex.

Střední pravděpodobnost přechodu vlákna a střední čas prodlevy vlákna ve vyčesávací zoně jsou uvedeny v tab. 1.

4. SHRNUTI

Dynamický model systému cyklického držení a pravděpodobnostní model systému ojednocování vláken a dopravy jsou velmi důležité aplikace pro výzkum rotorového dopřádacího systému. Také pro další technologické oblasti (dopravní vzduchový kanál rotorové spřádací jednotky) můžeme použít pravděpodobnostní model vláknennéhotoku ve vzduchovém proudu [4].

Rostoucí odvaděcí rychlosť u rotorových spřádacích jednotek, výroba jemnějších rotorových přízí nastoluje naléhavé požadavky na kvalitu předlohouvého pramene a na vědecko-výzkumnou kontrolu všech částí technologického procesu v rotorovém spřádacím systému.

MODELING OF STRUCTURAL GEOMETRY OF TEXTILE FABRICS

Suprun N.

Kiev National University of Technology and Design
Nemirovich-Danchenko Str.2 , Kiev, Ukraine, ekma@iptelecom.net.ua

This paper presents a new approach in modeling of transfer of mass (air, vapour, water) through textile fabrics. The complex form of pores between yarns is modeled by the system of plane-parallel layers with effective cubic pores.

Keywords: porous structure, geometrical model, fluid flow.

INTRODUCTION

Wearer comfort is a key parameter of quality of modern clothing. The thermophysiological comfort, which characterise the ability of human's body for adaptation to changes in ambient environment, must be guaranteed in any kinds of clothes. Transport of heat and mass (air, vapor, water) through textile layers is the main physical process which occurs in clothes during use. The properties of textile materials and their packets, which ensure thermophysiological comfort, may be symbolically divided on two groups by the principle of realisation of mass- or heat exchange with an ambient environment. Under the processes of mass-exchange we mean the air-, water- vapor- or drop-water transfer through the textile layers of clothes. Heat exchange properties ensure the maintenance of thermal balance. Certainly, such division is rather relative. The processes of heat-and mass transfer in the real system "human-microclimate-clothing-ambient environment" are coupled. However, with the purpose of simplification, very often they are examined separately.

The processes of mass exchange between microclimate under clothes and ambient environment through the textile material (TM) or their packets occurs due to presence of a large number of pores. Those processes are similar to the processes of fluid filtration through the porous medium. For the best understanding of these, rather complex processes, some models of the pore medium are set (for example, pore, drag and orifice model [1]). The question is how similar are such models to the real structure of TM. Now it is impossible to state, that any of such model is perfect enough for the description of fluid filtration through different types of textile.

GEOMETRIC MODEL OF WOVEN FABRIC'S POROUS STRUCTURE

In our approach of modelling we consider that the

mass transfer process through the porous structure of TM occurs in the homogenous and isotropic effective porous medium. Every macroscopic part of such pore medium has identical properties. The basic integral characteristics of such porous medium are their porosity m and the specific inner surface S .

The full porosity of the object m is defined as a part of an open surface in the unit of TM area, through which, mainly, the fluid transfer is occurring:

$$m = V_{g,l}/V \quad (1)$$

where $V_{g,l}$ – the volume of pores filled with the fluid (gas, liquid or their mix), V – the full volume of the sample.

The specific inner surface S is the relation of inner surface of the solid phase to general volume of the sample.

The real textile materials have the certain structure with large number of defects and infringements of ideal order in fiber and thread disposition. For simplification we shall consider a sample of TM as a rectangular parallelepiped (Fig. 1) having sides H , L , I ($L \gg I$) and the volume:

$$V = A.l \quad (2)$$

The laminar flow of liquids and gases in porous medium usually described by Darcy law, which shows the ability of textile materials to pass a liquid or gas under the pressure drop:

$$I_v = -\frac{K}{\eta} \cdot \frac{\Delta P \cdot A}{l} \quad (3)$$

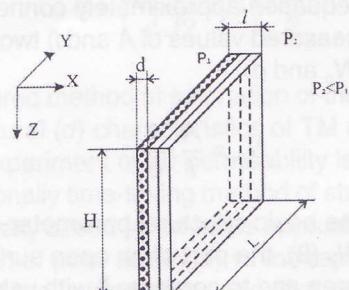


Fig.1 Model of plane-parallel layers (PPL) for textile materials

where I_v – is the real fluid consumption through the unit of the area, (η – the dynamic viscosity of fluid, K – is the permeability of the pore medium, $\Delta P = (P_2 - P_1)$ – pressure drop during filtration).

The permeability of the pore medium K , is in fact, the coefficient of conductivity in the linear Darcy law.

To describe the porous medium of TM we propose the model of plato-parallel layers (PPL) (Figure 1). In this model the characteristic thickness of material is subdivided on some effective number of sublayers n with the effective thickness d (on the Figure 1, for example, are shown three such plato-parallel layers):

$$I = n \cdot d \approx d/m \quad (4)$$

The real speed u of the fluid in the pores of TM can be expressed as (5):

$$u = \frac{I_v}{A \cdot m} = -\frac{K}{\eta m} \cdot \frac{\Delta P}{l} \quad (5)$$

The product $A \cdot m$ in the denominator present the general area of pore mouths A_p . The number of pores N_p and the effective area δA of separated pores in every cross section of TM by (y-z) plane we shall consider constant:

$$A_p = A \cdot m = N_p \delta A \quad (6)$$

In agree with [2], the one-layer fabric in the model of fluid transfer could be presented as approximately regular lattice with the cubic pores that have the value of area of cross-section:

$$\delta A \approx d^2 \quad (7)$$

where d – is the effective size of pore.

This assumption, alongside with values of porosity, estimated by independent methods, gives quite reliable representation about the effective number of pores (N_p/A) and about their general area on unit of the TM surface:

$$m = (N_p / A) \delta A \approx (N_p / A) d^2 \quad (8)$$

Certainly, the degree of reliability of such assumption is completely determined by a co-ordination of PPL model, in which m , N_p and d is estimated. According to (4), parameter d is also an effective thickness of PPL. The following equation approximately connect (by experimentally measured values of A and I) two searched parameters – N_p and d :

$$N_p \approx \frac{A}{I} \cdot \frac{1}{d} \quad (9)$$

Putting d – the basic structural parameter of TM, we can calculate N_p (9), the part of an open surface m (8) on the unit of area and to compare it with values of porosity, estimated by another independent methods.

The correctness of offered ratios (7-9) we can check, comparing their prediction with the known formula for permeability K for regular models (first of all, for the capillary model and Kozeni formula):

$$K = \frac{Cm^3}{S^2} \quad (10)$$

in which S – specific surface, C – Kozeni constant, which depend only on the form of capillaries cross section – for circular cross section $C = 0,5$, for square – $0,5619$, for correct triangular $C = 0,5974$.

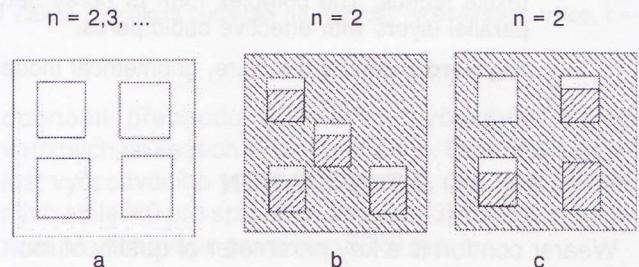


Fig. 2 Possible combinations of the mutual displacement of the effective cubic pores in some neighbouring plant-parallel layers of textile material. 2a – direct (through) square capillaries and regular structure of pore placement in every layer; 2b – displaced capillaries, irregularly located in each of two PPL, reflecting their real twisting; 2c – a combination of regular structure of the upper layer with irregular structure of the bottom layer.

In the offered model of PPL with cubic effective pores with volume $V = d^3$ the existence of lattice regular structure (Figure 2a) with through capillaries by length is not necessary.

Our model of PPL predicts various combinations (Figure 2,b,c) of mutual order of parallel layers. The disposition of such layers give the possibility to reflect effective pore in the form of nozzle (Figure 3). Thus, the developed approach is suitable for modeling as woven and nonwoven materials. In the first case, depending on a kind of an interlacing, there is a certain regularity of structure and, accordingly, a regularity of an arrangement of pores. In the second case, depending on a way of linkage of fibers, such regularity is absent. We shall

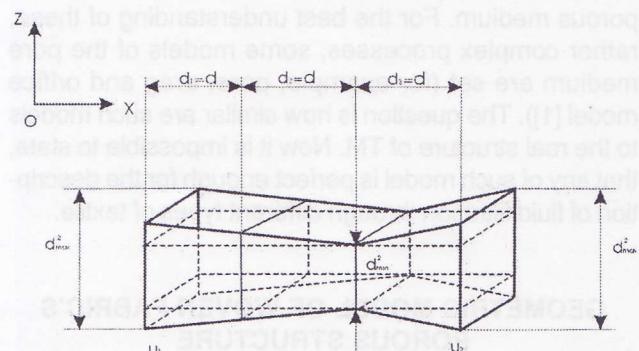


Fig. 3 Effective nozzle for modelling of fluid flow through TM

emphasize, that, even in this, more difficult for research case, PPL model, including some number n of layers, seems to be very useful, allowing to display any degree of a randomness in an arrangement of fibers and pores inside TM.

We can calculate now the minimum value of a specific surface S_{min} for regular model (Figure 2,a):

$$S_{min} = \frac{4d^2 N_p n}{V} \approx \frac{4d^2}{A \cdot l} \cdot \frac{A}{l \cdot d} \cdot \frac{l}{d} = \frac{4}{l} \quad (11)$$

Putting S_{min} in (10), we shall receive the maximal permeability K_{max} :

$$K_{max} \approx \frac{Cd^3 \cdot l^2}{16l^3} = \frac{C}{16} \cdot \frac{d^3}{l} = \frac{d^2 m}{32} \quad (12)$$

where with the purpose of simplification, is accepted that $C = 0,5$ and is used the approximation:

$$d/l \approx m \quad (13)$$

The equation (12) precisely agree with frequently used [2–4] evaluation of K for direct circular capillaries with equal radiuses:

$$K = (mr^2)/8 \quad (14)$$

if to make substitution: $r = d/2$.

We can write Darsy law (5), using the generalised Kozeny formula for the maximal permeability (12) as:

$$u = -\frac{d_{max}^2}{32\eta} \cdot \frac{\Delta P}{l} \quad (15)$$

The presence of special Koseny constant C , included in the original formula, is considered as the insignificant factor in (15). It is doubtless that estimated here ratio between the top border of permeability K/m from (5) with d – the structural characteristic of the PPL model, can be considered as the initial item for the next subsequent co-ordination of all significant parameters: m , N_p and d at given meaning of the thickness l . From here, it is important to estimate, alongside with (15), also the meaning of the lowest level of the permeability coefficient K_{min}/m . The developed model of PPL allows do it by a simple way with the assumption about the absence of flow-through zones. In this case the transport of fluid will be carried out either through the inter-fibre pores in the threads, or due to the leaky joining of two neighbours plano-parallel layers. Thus the maximum value of the specific surface of stagnant zones ΔS will be:

$$\Delta S = \frac{(n-1)N_p d^2}{V} \approx \frac{(l-d)}{d \cdot A l} \cdot \frac{Ad^2}{dl} = \frac{l-d}{l^2} \quad (16)$$

Adding the value of ΔS , received from formula (17), to the value of ΔS_{min} (11), we can find S_{max} :

$$S_{max} = S_{min} + \Delta S = \frac{4l + l - d}{l^2} = \frac{5l - d}{l^2} \quad (17)$$

Using, as in (12), the generalised Kozeny formula, we shall receive a simple equation for determination of permeability coefficient K_{min}/m :

$$\frac{K_{min}}{m} = \frac{m^2}{S_{max}^2} \approx \frac{d^2 l^2}{(5l - d)^2} \quad (18)$$

It also can be presented in the terms of (l , d and d_{min} , m) – parameters as:

$$\frac{K_{min}}{m} \approx \frac{l^2}{(5n-1)^2} = \frac{d_{min}^2}{(5-m)^2} \quad (19)$$

Substituting the last (19) equation to Darsy law

$$u = -\frac{d_{min}^2}{(5-m)^2 \eta} \cdot \frac{\Delta P}{l} \quad (20)$$

and comparing the result with (16), we'll find:

$$d_{min} = \frac{5-m}{4\sqrt{2}} d_{max} \quad (21)$$

This formula, which connects the integral characteristic (porosity m) with the structural characteristics of the model of PPL (d_{min} , d_{max}), seems to be very important. First of all, it allows to estimate a rather narrow interval of pore sizes, which are essential for the transport of fluid. It can be made on the base of one and the same experiment – for example, on the base of results of definition of the air permeability at pressure drop. Really, the presence of experimental dependence $u(\Delta P)$ at the fixed meanings of (η , l) parameters gives, in agree with (15), the evaluation of d_{max} at any meaning of the porosity m of textile material. Changing m , formally, from $m=0$ to $m=1$, we can easy establish, on the basis of (21), that d_{min} can change (not too essentially) from $0,884 d_{max}$ to $0,707 d_{max}$. In other words, it can be expected, that at realistic meanings of porosity $0 < m < 1$, the most probable meaning of the effective size of pores d with good accuracy will agree with the value average from d_{min} and d_{max} :

$$d = \left(\frac{5-m}{4\sqrt{2}} + 1 \right) \frac{d_{max}}{2} \quad (22)$$

The offered method of estimation of the integrate (m) and structural (d) characteristics of TM on the base of reliable experiment of air permeability is alternative to the traditionally time-taking method of statistic analyse, which usually based [4] on some approximately-normal distribution of pore sizes $f(d)$ which results from large number of measuring of the effective area of the pore mouths.

With a high probability it is possible to assert that each of stream of fluid which flows through TM, gets in some effective nozzle. Passing from external plano-parallel layer ($d = d_1$; see figure 2) in internal, where $d = d_2$, the stream becomes narrow due to presence of stagnant zones and then, in external outside layer at an exit from TM, the stream becomes wide. The account of initial acceleration with possible moderation on an exit from effective nozzle can be done at presence of some characteristic sizes discussed below.

Literature

- [1] Gooijer H., 1998, Flow resistance of textile materials". Thesis UT; En Shede.
 - [2] Dulnev T.N., Novikov V.V. 1991, Transfer properties in capillary-porous bodies.(rus.)
 - [3] Kulichenko A.V. The evaluation of porosity of textile from chemical fibers mixed with natural, and their relation with air permeability, Chem volokna, 1995, N3, p.31.
 - [4] Churaev N.V.,1990, Physico-chemical processes of mass-transfer in porous bodies, (rus).

Received: February 2004

MODELOVANIE ŠTRUKTÚRNEJ GEOMETRIE TEXTILNÝCH TKANÍN

Translation of abstract: Modeling of structural geometry of textile fabrics

Príspevok je venovaný novému prístupu v modelovaní prenosu hmoty (vzduch, para, voda) cez textilnú tkanicu. Komplexný tvar pórov medzi priadzami je modelovaný systémom plošne paralelných vrstiev s účinnými guľovitými pórmami.

VPLYV TEPELNÉHO NAMÁHANIA PES A VS KORDOV NA ICH ADHÉZIU KU GUMÁRENSKÝM ZMESIAM

The Effect of Heat Stress of Polyester and Rayon Textile Cords on the Adhesion to Rubber Compounds

Janypka P., Šuriová V., Gažo P.

Výskumný ústav gumárenský, Matador, a.s.
Rubber Research Institute, Matador, a.s.

Adhézia výstužných materiálov je jedným z najdôležitejších parametrov pri hodnotení ich vlastností súvisiacich s konštrukciou plášťa. Uvedený článok prezentuje výsledky porovnania adhéznych vlastností dvoch typov textilných výstužných materiálov k rozdielnym typom nánosových zmesí po tepelnom namáhaní.

Statická adhézia výstužných materiálov ku gumárenským zmesiam bola hodnotená v zmysle normovanej metodiky H-test (STN 62 14 62), dynamická adhézia bola hodnotená v zmysle metodiky HENLEY (STN 62 1464).

ÚVOD

V technologickej koncepcii modernej pneumatikárskej výroby majú významnú úlohu technické vlákna a tkaniny, ktoré slúžia ako výstužné materiály jednotlivých častí plášťa pneumatík Technické vlákna a tkaniny rozdružujúcim spôsobom ovplyvňujú funkčné vlastnosti pneumatiky, predovšetkým bezpečnosť a pohodlnosť jazdy a majú tiež významný vplyv na životnosť pneumatiky v explootácii. [1].

Výstužné materiály používané pri konštrukcii pneumatiky zohrávajú významnú úlohu najmä vo forme kompozitov v kombinácii s gumovými zmesami, pričom sú na ne kladené rôzne konštrukčné požiadavky v závislosti od ich použitia.

Kostra plášťa – základný nosný prvok tvorený jednou, alebo viacerými vložkami z pogumovaného kordu, ktoré sú zakotvené okolo pätkových lán. Je tvorená vložkami, ktorých kordy sú vložené pod uhlom blízkym 90° voči strednej rovine behúna pri radiálnych pláštoch a pod uhlom blízkym 40° pri diagonálnych pláštoch. Praktické využitie chemických vláken ako výstužných materiálov pre gumárenský priemysel majú najmä vlákna [1]:

- polyesterové
- polyamidové (na báze polyamidu 6 a polyamidu 66)
- viskózové

a v posledných rokoch sa do popredia dostávajú vlákna z aromatických polyamidov, tzv. aramidové vlákna.

Polyesterové vlákna sa používajú ako výstužný materiál do radiálnych a diagonálnych pneumatík pre osobnú a nákladnú dopravu. Hlavným dôvodom širokého

uplatnenia polyesterových vláken pre kostru radiálnych plášťov sú technické a ekonomicke výhody. Polyesterové vlákna sa vyznačujú výbornými mechanickými vlastnosťami, ku ktorým patrí napríklad vysoká pevnosť v ľahu, rozmerová a tepelná stabilita a malá hustota.

Viskózové vlákna patria medzi základné typy chemickej vlákien. Z hľadiska fyzikálnych vlastností majú vysokú odolnosť pri dynamickom namáhaní a výbornú tepelnú stabilitu. Sú rozpustné v špeciálnych rozpúšťadlách (amoniakálny roztok Cu(OH)₂, prípadne za tepla v H₃PO₄). Ich význam postupne klesá hlavne pre niektoré ich nežiaduce vlastnosti ako sú napr. nízka pevnosť v porovnaní s polyesterom a vysoká náročnosť výroby (predovšetkým z pohľadu ekológie) a s tým súvisiaca vysoká cena na trhu.

Dôležitým kritériom pre hodnotenie materiálov použitých pri konštrukcii je teplota v jednotlivých elementoch odváľujúceho sa plášťa napr. v nárazníku, kostre, behúni, päťke a pod. V tejto súvislosti je veľmi dôležité poznať vplyv tepelného namáhania na adhéziu výstužných materiálov ku nánosovej zmesi a uvedenou problematikou sa zaoberá aj predložený článok.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Použité materiály a suroviny

Sortiment hodnotených výstužných materiálov zahŕňal následovné typy textilných výstužných vláken:

1. Polyesterové vlákna s jemnosťou vlákna 144 tex, pripravené stočením dvoch vláken s počtom zákrus-

- tov 380/370 na 1 m, v obidvoch smeroch stočenia (ďalej len PES 144x1x2).
2. Viskózové vlákna s jemnosťou vlákna 244 tex, pripravené stočením dvoch vlákien s počtom zákrutov 200/260 na 1 m v obidvoch smeroch stočenia. (ďalej len 244x1x2).

Pre hodnotenie adhéznych vlastností boli použité tri typy prevádzkových gumárenských zmesí používaných v MATADOR-e, a.s., Púchov ako nános na textilné kordy osobných radiálnych pneumatík. Uvedené zmesi sú na báze nasledovných kaučukov:

1. Zmes A: SMR 20, SBR KRALEX 1500, PB BR SKD 2
2. Zmes B: SKI 3, SKD-2, KRALEX 1712
3. Zmes C: SKI 3, KRALEX 1500, SKD-2.

Vulkanizačné podmienky stanovené pre zmesi:

- A: – teplota vulkanizácie 145 °C,
čas vulkanizácie 50 min
- B: – teplota vulkanizácie 150 °C,
čas vulkanizácie 35 min
- C: – teplota vulkanizácie 145 °C,
čas vulkanizácie 50 min.

Použitie metodiky a postupy

Metódy hodnotenia adhézie výstužných materiálov ku gumárenským zmesiam sú založené na princípe stanovenia adhézie statickým spôsobom alebo na princípe stanovenia tzv. dynamickej adhézie, ktorá hodnotí materiál pred a po deformácii.

Pre experiment boli navrhnuté dve skušobné metódy pre stanovenie adhézie:

- H test,
- HENLEY test.

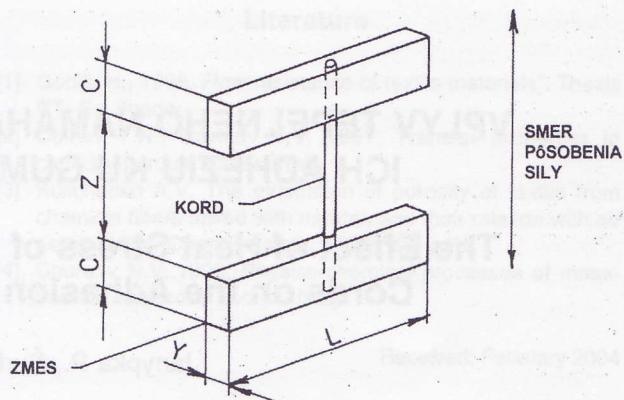
Obidve metodiky sú štandardne používané v gumárenskom priemysle pre stanovenie adhézie nových výstužných materiálov, alebo pre stanovenie adhézie nových nánosových zmesí.

Stanovenie statickej súdržnosti gumeny s textilným kordom (H-test) – STN 62 1462

Podstata metódy [2] spočíva v stanovení súdržnosti medzi gumenou a textilným kordom na základe merania sily potrebnej na vytrhnutie jednotlivej kordovej nite z gumeného bloku, pričom sila pôsobí v smere pozdĺž osi kordovej nite.

Stanovenie súdržnosti gumeny s kordom po dynamickej deformácii metódou HENLEY – STN 62 1464

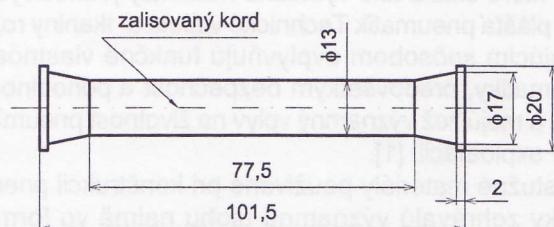
Podstatou metódy Henley [3] je, že skušobné telo so zalisovaným kordom sa najskôr namáha v jeho strednej časti dynamický tlakovou a ohybovou silou v prístroji Henley. Potom sa určí súdržnosť kordu s gu-



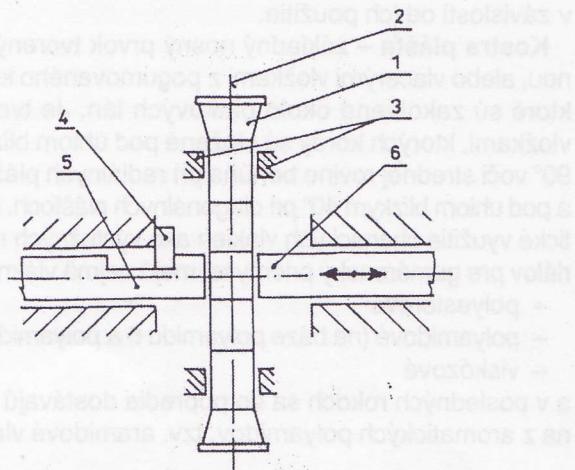
Obr. 1 Štandardné skúšobné teliesko pre stanovenie statickej adhézie H-test

mou v strednej (deformovanej) a v okrajových (nedeformovaných) častiach skúšobného telesa. Skúšobné telieska sa pripravia z polkruhových profilov s drážkou, pripravených zo skúšobnej zmesi na vytlačovacom stroji. Tieto profily sa vložia do formy, testované kordy sa zalisujú napnuté medzi dve telesá a potom sa v lise vulkanizujú. Pred skúškou sa nechajú skúšobné telesá 24 hodín odležať. Tvar skúšobných telies je na obrázku 2.

Skúšobné telesá sú deformované tlakom a ohybom – princíp prístroja je na obrázku 3.



Obr. 2 Tvar a rozmery skúšobného telesa na Henley test



Obr. 3 Skúšobný prístroj Henley (1 – skúšobné telo, 2 – zalisovaný kord, 3 – uchytenie skúšobného telesa, 4 – dištančné vložky, 5 – pevná oporná časť, 6 – pohyblivá časť)

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V rámci experimentálnych prác sa na testovaných viskózových a polyesterových výstužných materiáloch hodnotili adhézne vlastnosti k rozdielnym typom pre-vádzkových gumárenských zmesí v závislosti od tepelného namáhania, t.j. pri nasledovných experimentálnych podmienkach:

- štandardné (laboratórne) podmienky: teplota 24 °C, relatívna vlhkosť 55%,
- teplota 100 °C, čas 72 hodín,
- teplota 100 °C, čas 168 hodín.

Adhézne vlastnosti testovaných kordov sa hodnotili v zmysle normovaných metodík STN 62 1462 – H-test a STN 62 1464 – HENLEY test. V nasledovných tabuľkách sú uvedené namerané hodnoty adhézie testovacích kordov.

Metodiky merania adhézie textilných výstužných materiálov vykazujú vysoký rozptyl výsledkov. Na veľkosť rozptylu vplýva viacej faktorov, predovšetkým ne-rovnomernosť zloženia nánosovej zmesi, rozdielne podmienky prípravy zmesí, prípadne rozdielne podmienky vulkanizácie, atď. Pri konštruktérskej praxi sa hodnoti hodnota adhézie porovnaním hodnôt pri štandardných podmienkach a po pôsobení dynamického namáhania (Henley test). Pevnosť spoja gumová matrica a textilný kord je v reálnych podmienkach vystavená dynamickému namáhaniu, pri ktorom vzniká zvýšená teplota.

Pre viskózové kordy bol zaznamenaný vplyv pôsobenia teploty na zníženie hodnoty adhézie pred i po dynamickom namáhaní. So zvyšujúcou sa expozíciou teploty sa znížuje adhézia nameraná metódou Henley test. Hodnoty po pôsobení teploty a času sú percentuálne vyjadrené v grafoch 1 a 2.

Tabuľka 1 Hodnoty adhézie VS 244x1x2 k zmesi C v závislosti od podmienok tepelného namáhania.

Kord Druh namáhania Adhézia Jednotky	Bez tepelného starnutia		VS 244x1x2 / Zmes C		Tepelné starnutie 100 °C/72hod.	
	statická [N]	dynamická [N]	statická [N]	dynamická [N]	statická [N]	dynamická [N]
1.	169	106	149	112	126	88
2.	142	108	148	116	112	69
3.	116	106	149	124	108	91
4.	140	98	104	118	113	71
5.	145	126	133	89	109	90
6.	174	113	156	112	120	97
Priemer	147	109,5	139,8	111,8	114,7	84,3

Tabuľka 2 Hodnoty adhézie VS 244x1x2 k zmesi B v závislosti od podmienok tepelného namáhania.

Kord Druh namáhania Adhézia Jednotky	Bez tepelného starnutia		VS 244x1x2 / Zmes B		Tepelné starnutie 100 °C/168hod.	
	statická [N]	dynamická [N]	statická [N]	dynamická [N]	statická [N]	dynamická [N]
1.	196	196	179	188	177	179
2.	192	188	195	138	154	132
3.	180	183	152	160	140	123
4.	186	168	194	125	183	148
5.	208	214	174	122	176	126
6.	175	157	190	198	163	128
Priemer	189,5	184,3	180,7	155,2	165,5	139,3

Tabuľka 3 Hodnoty adhézie PES 144x1x2 k zmesi A v závislosti od podmienok tepelného namáhania.

Kord Druh namáhania Adhézia Jednotky	Bez tepelného starnutia		PES 144x1x2 / Zmes A		Tepelné starnutie 100 °C/168hod.	
	statická [N]	dynamická [N]	statická [N]	dynamická [N]	statická [N]	dynamická [N]
1.	144	171	151	185	158	168
2.	151	161	135	136	172	131
3.	168	173	151	151	164	156
4.	145	182	170	166	140	160
5.	145	162	166	142	164	143
6.	178	145	164	155	166	149
Priemer	155,2	165,7	156,2	155,8	160,7	151,2

Tabuľka 4 Hodnoty adhézie PES 144x1x2 k zmesi B v závislosti od podmienok tepelného namáhania.

Kord Druh namáhania Adhézia Jednotky	PES 144x1x2 / Zmes B					
	Bez tepelného starnutia statická [N]	dynamická [N]	Tepelné starnutie 100 °C/72hod. statická [N]	dynamická [N]	Tepelné starnutie 100 °C/168hod. statická [N]	dynamická [N]
1.	139	129	145	154	138	131
2.	146	157	130	153	145	147
3.	137	148	170	151	165	143
4.	128	169	131	176	170	159
5.	161	150	171	145	160	167
6.	156	161	159	155	138	162
Priemer	144,5	152,3	151	155,7	160,7	151,5

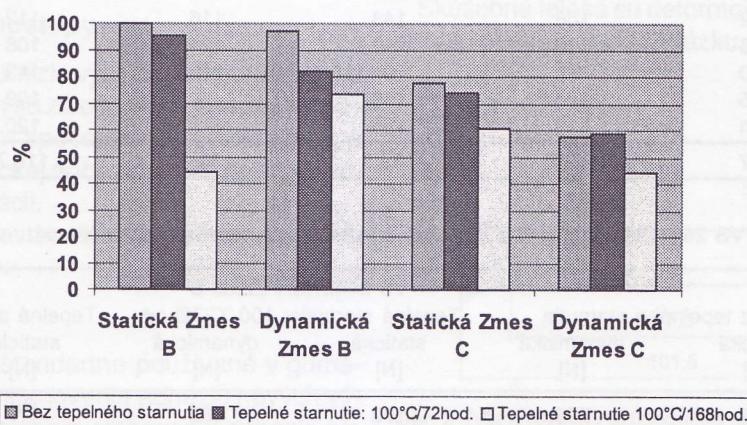
Hodnoty adhézie v prípade zmesi B sú významne vyššie a to aj pri počiatocnom meraní adhézie ako aj po pôsobení teploty v časoch 72 a 168 hodín.

V prípade polyesterových kordov neboli zaznamenané vplyv teploty podľa podmienok daných experimentom. Adhézia meraná za štandardných podmienok vyzkazuje hodnoty v rámci rozptylu na približne rovnakej úrovni a to pre obidve zmesi A a B. Hodnoty adhézii nameraných po dynamickom namáhaní vyzkazujú rov-

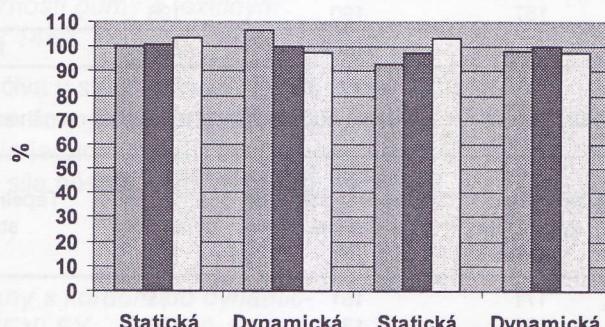
naké hodnoty v rámci minimálneho rozptylu v porovnaní s hodnotami pred namáhaním (graf 1 a 2).

ZÁVER

Cieľom experimentu bolo overenie vhodnej nánosovej zmesi na kordové tkaniny z viskózového a polyesterového kordu. Pri experimentálnych skúškach pláš-



Graf 1 Percentuálne porovnanie adhézií na VS 244x1x2



Graf 2 Percentuálne porovnanie adhézií na PES 144x1x2

ťov dochádza vplyvom odvalňovania k vysokému vývinu tepla vo vnútri autoplášta. Z tohto dôvodu bol sledovaný vplyv pôsobenia teploty v čase na adhéziu nakolko obidva materiály sú používané ako základné konštrukčné materiály pre kostrové vložky osobných radiálnych autopláštoў. V prípade viskózových kordov zmes B má významne vyššie hodnoty po pôsobení teploty a dynamického namáhania. Pri hodnotení adhézie polyestero-vých kordov sú adhezívne spoje pre obidve zmesi na rovnakej úrovni.

LITERATÚRA

- [1] Kolektív autorov: Gumárska technológia II, GC TECH, Trenčín, apríl 2003, ISBN 80-88914-85-x.
- [2] STN 62 1462, Stanovenie statickej súdržnosti gumy s textilným kordom (H-test)
- [3] STN 62 1464, Stanovenie súdržnosti gumy s kordom po dynamickej deformácii metódou Henley

Received: February 2004

The Effect of Heat Stress of Polyester and Rayon Textile Cords on the Adhesion to Rubber Compounds

Preklad abstraktu

Vplyv tepelného namáhania PES a VS kordov na ich adhéziu ku gumárenským zmesiam

This paper presents the comparison of adhesion properties of two types of textile reinforced materials to three different rubber compounds after heat stress.

The static adhesion of the tested reinforced materials to rubber compounds was evaluated by the standard H-pull test and Henley test under standard test conditions – temperature 24 °C and 55% relative humidity.

The evaluation of experimental results was demonstrated the decrease of adhesion of tested cords to rubber compounds after heat stress.

Atofina: mPP pre vlákna a netkané textílie

MAN-MADE FIBER YEAR BOOK 2002, August, 2002, str. 20

Belgická firma Atofina vyvinula metalocenný PP polymér, ktorý vyrába v množstve 2,1 mil. ton/rok. Uvádzajú sa prednosti polyméra, najmä úzka distribúcia molekulárnej hmotnosti ako dôsledok zmeny katalytického systému pri polymerizácii. Atofina dodáva polymér dánnej vláknarskej firme FiberVisions, ktorá vyrába PP striž s jemnosťou 1,0 – 1,2 – 1,5 dtex vhodnú pre výrobu netkaných textilií mykaných s tepelným pojením i mokrým spôsobom. V tabuľke sa uvádzajú mechanické vlastnosti PP striží.

Piezo-vlákná Alceru pre technické textílie

MAN-MADE FIBER YEAR BOOK 2002, August, 2002, str. 30

V TITK Rudolstadt (SRN) bola vypracovaná technológia modifikovaných vláken CLY Alceru, ktoré obsahujú rôzne oxidy, nitridy alebo karbidy keramických látok a po zvlákňovaní sú sintrované. V tejto firme sa potom používajú ako senzory, tlmiče alebo aktivátory v stavebnictve, automobilovom priemysle, medicíne a ďalšom. Pre výrobu vláken bolo vytvorené v TITK technické centrum.

Najnovší vývoj nehorlavých PP vláken

MAN-MADE FIBER YEAR BOOK 2002, August, 2002, str. 31–33

Autor hodnotí doterajší vývoj nehorlavých PP vláken fy Asota (A) a zoznamuje s používanými európskymi štandardami pre skúsky nehorlavosti. Diskutujú sa nedostatky doposiaľ používaného retardéru horenia obsahujúceho halogénové zlúčeniny a Sb₂O₃ z hľadiska ekológie, korózie a UV stability. Zoznamuje tiež s výsledkami použitia nového retardéra horenia v PP vláknach fy Asota, ktorý neobsahuje škodlivé látky a má výborné technické efekty v skúškach kobercov z tkaných a netkaných textilií pre vybavenie automobilov.

Použitie pojivových výrobkov tavením fy Ems pre automobilové textílie

MAN-MADE FIBER YEAR BOOK 2002, August, 2002, str. 38–41

Informácie o použití taviteľných spojív vo forme granulí, prášku alebo vláken pre pojenie netkaných textilií na rôzne diely automobilových textilií, najmä na sedadiel. Pojené netkané textílie sú priedyšné, umožňujú transport vlhkosti a klimatizáciu. Doporučujú sa štruktúry na báze zmesí PES vláken so spojivami rovnakého zloženia pre umožnenie recyklácie. Materiály majú kvalitu rovnocennú polyuretanovej pene.

Hydrofilná úprava vlákien pre PP netkané textílie

MAN-MADE FIBER YEAR BOOK 2002, August, 2002, str. 82

Popisujú sa vlastnosti a aplikácie dvoch úpravárenských prostriedkov fy Uniqema (UK) Cirrasol PP 822 a Cirrasol PP 842. Oba prostriedky umožňujú dobrý transfer vody, telesných tekutín a pod., nie sú toxicke a nemenia tepelno pojivé vlastnosti PP vláken. Používajú sa pre povrchovú úpravu vláken na netkané textílie tvorené pod tryskou alebo po mykaní za sucha na plienkoviny a dámske hygienické výrobky. Oba prostriedky sú líšia hodnotou pH 10% odvodej disperzie (PP 842 - 6, PP 822 - 7). Cirrasol PP 842 je najnovším vývojovým typom.

Stály rast potreby navíjaných netkaných textilií v USA

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 1, Február, 2002, str. 25–26

Analyzuje sa potreba netkaných textilií v USA s perspektívou do r. 2005, resp. v tabuľke až do r. 2010, podľa hodnoty, objemu v USD a priemerného ročného rastu. Hlavné oblasti použitia zostanú jednorázové spotrebiteľské produkty pre hygienu a domácnosť, ďalej geotextílie a elektronika (separátory batérií). Z hľadiska výrobného postupu vedú netkané textílie tvorené zvlákňovaním, nasledujú netkané textílie tvorené za sucha. Najväčší podiel pri výrobe netkaných textilií predstavujú PP vlákna (42 %). Na výrobe netkaných textilií sa podielá 8 hlavných svetových výrobcov (73 %) v celkovej spotrebe pre USA.

Firma DSM buduje piaty závod pre vlákna Dyneema

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 1, Február, 2002, str. 48

Rozšírenie výroby vysokopevných polyetylénových vláken Dyneema u fy DSM sa dokončí vybudovaním piatej výrobnnej linky v Heerlenu (Holandsko) s kapacitou 600 ton/rok. Celková výrobná kapacita dosiahne v Heerlenu 3 200 ton/rok. Rozšírenie výroby sa zdôvodňuje vysokým dopytom na trhu pre ochranné odevy, nepriestrelné vesty, armovanie vozidiel, laná, povrahy a pod. Firma DSM má pobočky pre Dyneema v USA (Dyneema UD fólie 400 ton/rok) a Japonsku (Toyobo). Stručne sa charakterizujú vlastnosti vláken Dyneema: pevnosť, nízka hmotnosť, odolnosť voči oderu, UV žiaru, chemikáliám, absorpcie energie.

Pokračovanie rastu svetovej spotreby chemických vláken

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 2, Apr, 2002, str. 4, 6

V štúdii fy The Freedonia Group (USA) sa analyzuje súčasný stav potreby chemických vláken v jednotlivých geografických oblastiach sveta a prognózuje sa do r. 2010. V r. 2005 má činiť svetová spotreba 44 mil. ton chemických vláken (65 % celkové spotreby vláken). Vlákna priemysel sa presúva do Ázie, zvlášť do Číny, Južnej Kórei a na Tchaj-wan. Pokračuje rast výroby vláken v Turecku, naopak pokles v USA, západnej Európe a Japonsku. Obnovuje sa trh vo východnej Európe. Svetovú výrobu chemických vláken ovláda 8 firiem (40 % trhu).

Expanzia európskeho trhu s polyolefíni

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 2, Apríl, 2002, str. 15

Podľa European Association for Textile Polyolefins (Brusel) činil európsky trh aplikácie polyolefínových vláken (z toho 95 % PP) v r. 2001 1,7 mil. ton. Hlavnými oblasťami použitia sú koberce (500 tis. ton), hygienické a zdravotnícke netkané textílie (17 %), odevné a iné oblasti použitia (170 tis. ton). Viac než 40 % všívaných kobercov sa vyrába v Európe z PP. Aplikácie PP vláken zaznamenali v Európe rast 80 % od r. 1990.

Výrobcovia para-aramidu zvyšujú kapacitu na základe rostúcej globálnej potreby

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 2, Apríl, 2002, str. 56–50

Referuje sa o aktivitách dvoch hlavných svetových výrobcov p-aramidových vláken a ich rozvojových programoch:

- DuPont – vlákno Kevlar, v súčasnej dobe zvyšuje výrobnú kapacitu o 15 % (50 mil. USD). Pracuje sa na nových aplikáciách, vlákna Kevlar MTP pre antibalistickú ochranu, letectvo (konštrukcie kontejnerov z kompozitu aramid – epoxy, lietajúce krídlo Helios a pod.);
- Teijin – vlákna Twaron v Holandsku (10 500 ton sa zvyšuje na 18 500 ton). V Japonsku vlákno Tech-nora (2 000 ton/rok).

Sú hodnotené rozdiely vo vlastnostiach oboch vláken. Svetová výrobná kapacita PAR vláken 36 000 ton/rok, predpokladá sa zvýšenie na 50 000 ton/rok počas troch rokov.

Nové fluóropolymérne vlákno fy DuPont pre vonkajšie a priemyselné použitie

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 3, Jún, 2002, str. 52–53

Charakterizujú sa vlastnosti a aplikácie nového vlákna fy DuPont Teflon ETFE (modifikovaný kopolymér EtylenTetraFluóroEtylen), ktorý sa líši od známeho fluóropolyméru Teflón PTFE – je termoplastický, takže sa zvlákňuje vo forme vláken a pod. Má podstatne vyšší modul a pevnosť, je odolný voči chemikáliám, nehorľavý (LOI 31) a je bežne spracovateľný textilnými spôsobmi. Doteraz sa vyrába v pokusnom štádiu, zvýšenie

kapacity sa počíta od r. 2003. Uvádzia sa doterajšie uplatnenie pre šijacie nite, stany, plachty ai..

Zlepšené geotextilné vlastnosti na zariadení INLINE LS fy Neumag

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 3, Jún, 2002, str. 58–59

Uvádzajú sa technické charakteristiky zvlákňovacieho zariadenia INLINE LS fy Neumag, vhodného napr. na výrobu vláken pre geotextílie. Možno vyrábať PP vlákna s použitím len jednej dĺžiacej zóny a vysokou stabilitou procesu, jednotkovým filtrom 3,3 – 5,5 dtex, pevnosťou nad 5 cN/dtex a ľažnosťou 80 %. Výkon jedného zvlákňovacieho miesta činí až 260 kg/hod. V tabuľke sa uvádzajú ďalšie vlastnosti s použitím PP vláken pre geotextílie.

Hodnota a flexibilita sú kľúče pre prežitie európskych výrobcov PP

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 4, August, 2002, str. 20–22

Predkladajú sa názory niektorých účastníkov seminára Európskej asociácie textilných polyolefinov (EATP), Paríž, máj 2002. V súčasnosti činí spotreba PP vláken v Európe 1,74 mil. ton (25 % celkovej spotreby PP). V prognóze David Rigby Ass. spotreba PP sa má zvyšovať pre technické textílie a netkané textílie v období 2000–2010 4,3 %/rok. Jedným z nových sortimentov pre uplatnenie sú prípadne pre syntetický trávnik na futbalové ihriská, trh porastie ročne 10 %.

Vláknari fy DuPont sa zameriavajú na bytové textílie z nového kobercového vlákna

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 4, August, 2002, str. 36–37

Popisujú sa vlastnosti a aplikácie nového kobercového vlákna Tactesse z nylonu 6.6. Zaradujú sa medzi BCF prípadne pre slučkové koberce i koberce s rezaným vlasom. Vlákno sa vyznačuje nízkym leskom a najmä mäkkým ohmatom, trvanlivosťou a pružnosťou. Výrobná kapacita u fy DuPont je vyťažená, ceny sa nezvýšili – na rozdiel od iných PAD vláken. Ako ďalšia novinka sa uvádzajú kobercové nylonové vlákno farbené v hmote.

Firma BASF vsádzala na obnoviteľné čisté vlákno

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 4, August, 2002, str. 38–40

Charakteristika recyklácie PAD 6 kobercového vlákna Savant, patentovaného a vyrábaného firmou BASF v Kanade z použitých kobercov. Vlákna sa depolymerezujú na kaprolaktám, ktorý sa znova použije pre výrobu. Kvalita kobercov z vláken Savant zodpovedá kvalite nových PAD 6 vláken. Zdôvodňuje sa prednosť PAD 6 pred PAD 6,6, ktorý nemožno takýmto spôsobom znova využiť pre textílie. Bližšie podrobnosti o výrobe, ani o kvalitatívnych znakoch vláken Savant sa neuvádzajú.

Zavedenie vysokoteplotnej PP priadze v USA

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 4, August, 2002, str. 59

Firma Ecofil (SRN) zaviedla na trh USA vysokoteplennú PP priadzu TROL. V Európe a Ázii je známa už od r. 1994 vo forme striže a hodvábu v rôznych aplikáciách – od odievania až po technické účely, najmä pre filtriace pri vyšších teplotách. Textilie vydržia trvale teplo 255 °F (t. j. 125 °C) a zachovávajú všetky ostatné typické vlastnosti pre PP vlákna. Môžu nahradíť výrobky z drahších vlákien, vrátane PPS, PTFE a aramidov.

Trh pneumatikových kordov prevláda pri použití priemyslových filamentných priadzí

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 5, Október, 2002, str. 16, 19

Štúdia použitia priemyslových filamentných priadzí (pevnosť nad 7 g/den) vo svete podľa geografických oblastí podľa spotreby v r. 2000, resp. odhadovaných spotrieb v r. 2001: porovnáva sa nylonová a PES priemyselná filamentná priadza. Vysvetľujú sa dôvody rozdielov medzi geografickými oblasťami, kde prevláda spotreba PAD, resp. PES. Graficky je znázornené použitie oboch priadzí do rôznych konečných výrobkov. V oboch prípadoch prevláda použitie do pneumatikových kordov: PES 48 %, PAD 54 %.

Nové vlákno s vysokou úžitkovou hodnotou bolo prezentované na konferencii v UK

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 5, Október, 2002, str. 28, 30–32

Referát o niektorých novinkách vlákien s vysokou úžitkovou hodnotou na konferencii Polymer Fibres 2002 v Manchesteru (UK). Podrobnejšie sa popisuje výroba a úžitkové vlastnosti nového vlákna M5 fy Magellan (Holandsko). Jedná sa o polymér tvorený z kyseliny 2,6-dihydroxytereftalovej a 2,3,5,6-tetraaminopyridínu. Má pevnosť vyššiu než 2 N/tex (3,4 GPa) a modul nad 300 GPa. Vlastnosti sú podrobnejšie uvedené v tabuľke. Použitie je hlavne v kompozitoch. Ďalšie vlákna: HPPE Dyneema a Spectra, antibakteriálne vlákna PP/Ag a PP pokožka/jadro, resp. s dávkovaním nano-častic do PP pre farbenie a super-vlákna Zylon a PBO vyrábané v Japonsku.

Fínske nehorľavé vlákno na trhu USA

INTERNATIONAL FIBER JOURNAL, 17, 5, Október, 2002, str. 69–70

Fínska fa Säteri uzavrela dohodu s americkou spoločnosťou Ventex o predaji nehorľavých vláken Visil na americkom trhu pre matracoviny. Visil je modifikované VS vlákno obsahujúce 33 % aluminosilikátu. Stručne sa popisuje výroba vláken Visil a chovanie sa pri horeni: uvoľňuje sa len málo dymu + CO + CO₂, je samozhášavé. Doporučuje sa zmesovanie s inými nehorľavými vláknami pre získanie optimálnych výsledkov. Používa sa do matracovín, ochranných odevov, čalúnenia, netkaný textílií ap.

Spandex

ASIAN TEXTILE BUSINESS, 1, 566, Január, 2002, str. 21–24

Hodnotí sa situácia na trhu spandexových vlákien, kde sa nepretržite zvyšuje dopyt (7 % ročne), avšak súčasne neúmerne rastie vo svete výrobná kapacita (200 tis. ton v r. 2000). Je to spôsobené najmä činnosťou producentov v Ázii: výrobná kapacita v Kórei činí 63 tis. ton/rok v r. 2000, na Tchaj-wane 8 000 ton/rok, Čína 10 000 ton/rok ap. Súčasne s tým sa znížila cena vláken asi na polovicu (40 den z 15 USD na 7 USD/kg v r. 2000). To všetko zhoršuje situáciu na trhu a nerovnováhu medzi ponukou a dopytom. V príspevku sa referuje o aktivitách japonských firiem Asahi Kasei, Toray, Fujibo, Kanebo Gohsen, Nishinbo a Toyobo v oblasti spandexových vlákien.

DuPont objasňuje prekonanie u vláken „Lycra“

ASIAN TEXTILE BUSINESS, 1, 566, Január, 2002, str. 25

DuPont ATS (Apparel and Textile Science) oznámil zavedenie nového typu elastanového vlákna Type 400, ktoré má streč a zotavenie lepšie než tvarované vlákna, rozmerovú stálosť, ľahkú údržbu a odolnosť voči chlóru. Zatiaľ sa predáva pod značkou „Lycra“ DP 0002 Používa sa hlavne pre denímy, košeľu a i. tkaniny s miernou rozťažnosťou, hladkým a mäkkým ohmatom. Ďalej sa stručne referuje o vlastnostiach a použití vlákna Easy Set „Lycra“ pre fixáciu pri nižších teplotách. Používa sa hlavne pre okrúhle pleteniny a tkaniny.