

# E xperimentální A nalýza N apětí

## 2004

### DISTRIBUTION OF TENSION IN TEXTILES

### ŠÍŘENÍ NAPĚTÍ VE VLÁKENNÝCH ÚTVARECH

Ondřej Novák<sup>1</sup>

*This paper deals with distribution of tension in textile materials, which have indispensable thickness. This area is little explored, but is evident, the way for the pressure distribution in textiles has influence on its serviceability and characteristics. We proposed that pressure distribution is an important parameter for characteristics of some special products, like antidecubital textile mattresses. In this contribution, experimental possibilities of determining this parameter are described and also results are discussed with reference to practical application.*

**Keywords** distribution, antidecubital, nonwoven

#### Úvod

Nové materiály a výrobky, které jsou neustále vyvíjeny a dodávány na trh mají specifické vlastnosti, u kterých nevystačíme s popisem, který poskytují stávající testovací metody. K takovým výrobkům lze řadit i kolmo kladené netkané textilie. Je to objemný materiál s tloušťkou mezi 8 – 50 mm [1], pro nějž je charakteristické vertikální uspořádání vláken. Jeho vlastnosti lze ovlivňovat technologickými postupy, ale pro všechny modifikace tohoto výrobku je společným jmenovatelem dobrá odolnost vůči stlačení a následné zotavení. Tyto vlastnosti ho předurčují pro použití jako výplňkového materiálu pro čalouněný nábytek nebo spací pytle. K dalším vlastnostem patří dobré tepelně a zvukově izolační vlastnosti [2]. Při hledání nových aplikačních možností vznikla idea využít tyto materiály pro konstrukci antidekubitních podložek, tj. takových, které brání vzniku a rozvoji proleženin.

#### Teoretické aspekty

Pokud má být antidekubitní matrace funkční musí splňovat některé podmínky. Nebudeme se zde zabývat všemi, ale zmíníme se jen o těch, které mají vztah k mechanickým vlastnostem. Nemoci z otlaku vznikají, když tlak, působící na tělo, přesáhne dlouhodobě hranici normálního kapilárního tlaku, konkrétně 32 mm Hg (4256 Pa) [3]. Tento a vyšší tlak postupně způsobuje nevratné změny na pokožce, svalstvu, tkáních a kostech. Existuje pouze jeden způsob, jak trvale dosáhnout redukce tlaku na přípustnou hodnotu. Tímto způsobem je zvětšení plochy, na které tělo spočívá. To je možné pouze v případě, že je podložka schopna dokonale kopírovat tělo a jeho tvar. Tělo se musí do podložky „ponořit“. K tomu je třeba, aby byla podložka měkká, poddajná, ale jen do určité míry, aby mohla zároveň poskytovat podporu a plnit tak nosnou funkci. Literatura popisuje i významný vliv smykových sil mezi

<sup>1</sup> Ing. Ondřej Novák, [novak.ondra1@centrum.cz](mailto:novak.ondra1@centrum.cz), Technická univerzita v Liberci, Hálkova 6, 461 17, Liberec

matrací a tělem [3], avšak ty lze eliminovat pomocí vhodného potahu podložky. Úloha „konstrukce antidekubitní podložky“ se tedy redukuje na výrobu materiálu s vhodnou stlačitelností, kterou můžeme stanovit kompresní zkouškou. Ale je tomu opravdu tak? Ve skutečnosti je problematika složitější, jak vyplývá z dalšího popisu.

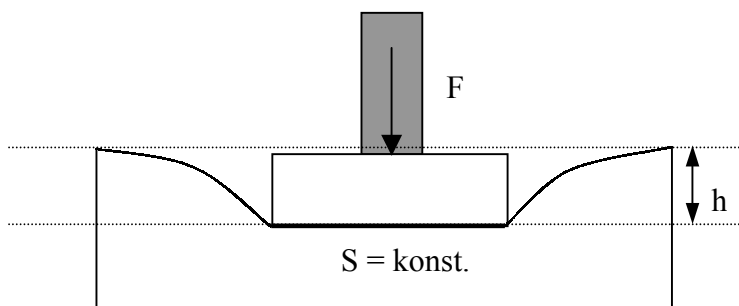
Pozn 1.: Pro stanovení kontaktního tlaku v celé ploše antidekubitní podložky lze použít např. zařízení XSensor [4], popř. měřicí zařízení popsané v [5], výsledky však nevypovídají o mechanismu zatěžování.

## Testovací metody

### Standardní testovací metoda

Standardní testovací metody pro stanovení kompresních vlastností používají pro stlačení vzorku plochou deskou.

Jak je patrné z obr.č.1 je vzorek namáhán svislou silou  $F$ , která je funkcí hloubky vtláčení  $h$  a působí na konstantní plochu vzorku  $S$ . Tlak stanovíme ze vztahu (1). Průběh tlaku v jednotlivých diferencích získáme ze vztahu (2) a celkový tlak ze vztahu (3).



Obr. 1: Zatěžování vzorku plochou deskou

$$\Delta p = \frac{\Delta F}{S} \quad (1)$$

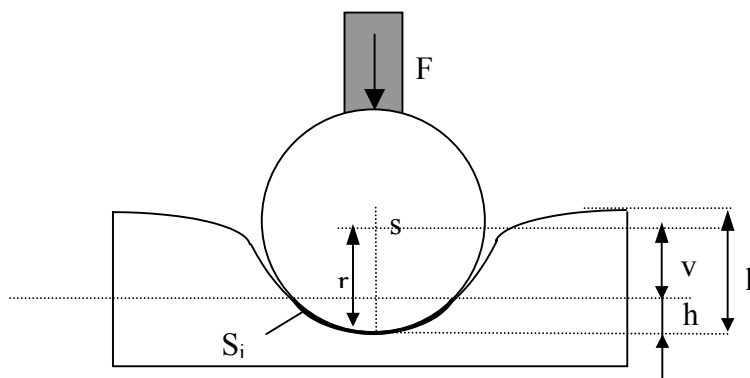
$$\Delta p_i = \frac{\Delta F_i}{S} \quad (2)$$

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{S} \quad (3)$$

### Modifikovaná metoda

Testování poddajnosti a stlačitelnosti podložky zjišťované pomocí ploché desky však není ani zdánlivě podobné zatěžování komplikovanými tvary lidského těla. Proto byla navržena metoda modifikovaná, která používá testovací sondu ve tvaru kulového tělesa. Dalším důvodem je existence nejen svislé složky síly  $F$ , ale také dalších složek působících pod obecným úhlem, které přirozeně vznikají díky tvaru zatěžovacího tělesa (těla) a jeho obepnutí materiálem, ale jejichž vliv lze při zatížení plochou deskou nesnadno kvantifikovat.

Na profilu kulového tělesa není průběh tlaku  $p$  konstantní, ale narůstá s hloubkou vtláčení (obr.č.2). Na rozdíl od (1) se s rostoucí hloubkou  $h$  mění nejen síla  $F$ , ale také styčná plocha  $S$  a proto je třeba psát vztah ve tvaru (4). Průběh tlaku v jednotlivých diferencích je dán vztahem (5) a celkový tlak vztahem (6).



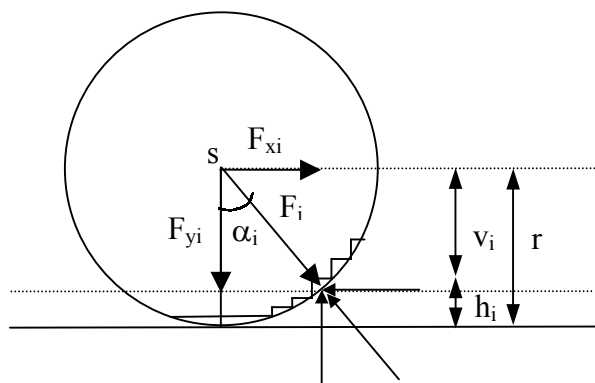
Obr. 2: Zatěžování vzorku kulovým tělesem

$$\Delta p = \frac{\Delta F}{\Delta S} \quad (4)$$

$$\Delta p_i = \frac{\Delta F_i}{\Delta S_i} \quad (5)$$

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (6)$$

Dále lze ze znalosti geometrického tvaru zatěžovacího tělesa určit jednotlivé složky vodorovné a svislé reakce v daném místě zatěžovacího tělesa (obr.č.3). Ze znalosti hloubky vtláčení  $h$  a poloměru koule  $r$  můžeme určit úhel  $\alpha_i$  dle vztahu (7) a (8). Ze znalosti síly  $F_i$ , příslušející konkrétní hloubce vtláčení pak můžeme psát, že vodorovnou složku  $F_{xi}$  a svislou  $F_{yi}$  v každém bodě stlačení lze vyjádřit vztahy (9) a (10).



Obr. 3: Rozklad síly na kulovém tělese

$$\cos\alpha_i = \frac{v_i}{r} \quad (7)$$

$$\cos\alpha_i = \frac{(r - h_i)}{r} \quad (8)$$

$$F_{xi} = F_i \cdot \sin\alpha_i \quad (9)$$

$$F_{yi} = F_i \cdot \cos\alpha_i \quad (10)$$

## Experiment

Jako zatěžovací sondy bylo použito kulové těleso o průměru 52 mm a deska kruhového průřezu s průměrem 52 mm. Kompresní zkouška byla provedena na dynamometru Labtest 2.050, s použitím siloměrného snímače se zatížitelností 50N. Zatěžování probíhalo s konstantním přírůstkem deformace 50 mm/min na hodnotu 30% původní tloušťky vzorku. Pro každý materiál a zatěžovací sondu bylo provedeno vždy pět měření kompresních vlastností. Hodnoty z jednotlivých měření byly průměrovány a zatěžovací křivka byla nahrazena polynommickou funkcí. K měření byly použity vzorky dvouvrstvé kolmo kladené netkané textílii, označené A a B. Vzorek A byl jednostranně mechanicky fixován technologií ROTIS, vzorek B byl navíc fixován termicky. Parametry vzorků jsou uvedeny v tabulce č.1.

Pozn. 2: Hodnota vtláčení  $h$  pro kulové těleso není rovna hodnotě  $l$  posuvu příčnicku dynamometru, na rozdíl od hodnoty  $h$  při stlačení deskou. Je to způsobeno nedokonalým obepnutím vzorku okolo zatěžovacího tělesa (viz. obr.č. 2). Proto byl celý průběh zatěžování snímán kamerou a skutečná hloubka  $h$  byla stanovena pomocí obrazové analýzy.

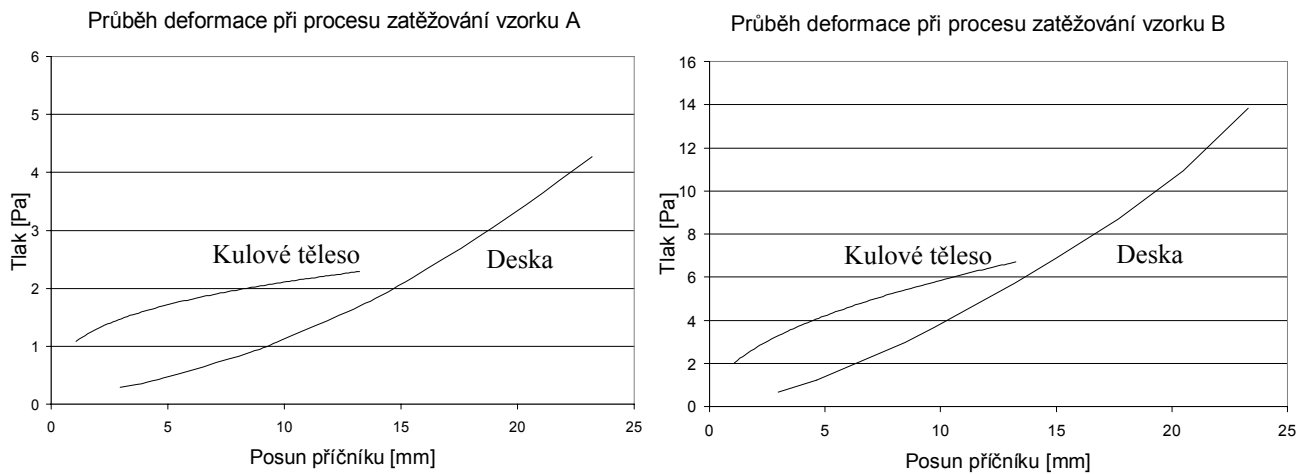
Označení	Tloušťka vzorku [mm]	Objemová hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]	Plošná hmotnost [g.m <sup>-2</sup> ]	Materiálové složení
A	52,2	20,4	1067	Polyester 6,7 dtex/60mm
B	34,8	25,8	897	80% Polyester 6,7 dtex/60mm + 20% BiCo Polyester 2,2 dtex/30mm

Tab. 1: Parametry vzorků

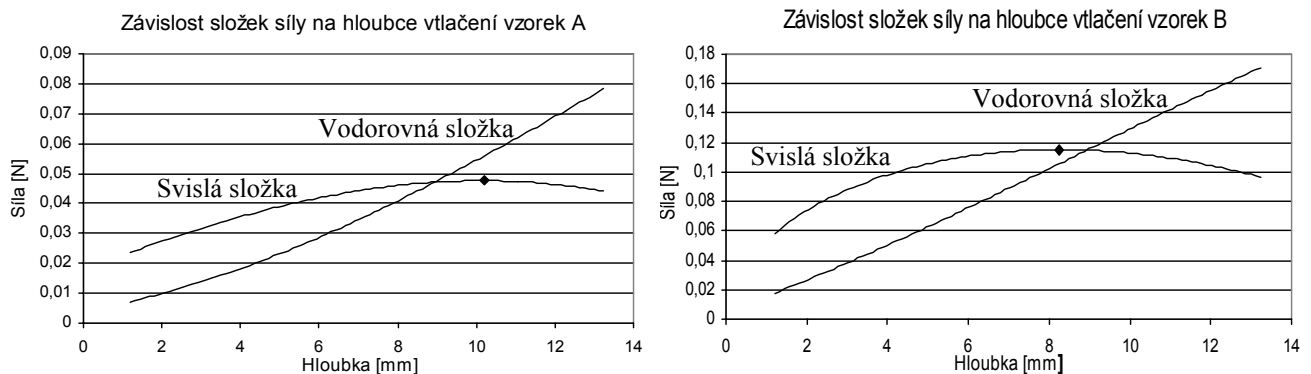
## Výsledky a diskuse

Byly vytvořeny grafy vzájemně porovnávající průběh tlaku při zatěžování deskou a kulovým tělesem. Dále byl vytvořeny grafy zobrazující průběh svislé a vodorovné složky při zatěžování kulovým tělesem. Z grafů 1 a 2 je patrný rozdílný průběh křivek v závislosti na tvaru zatěžovacího tělesa. Počátky křivek nejsou vyneseny (na počátku měření se velikost zatížené plochy kulového tělesa blíží nule a měření sil velmi malých hodnot je nepřesné). Na grafech 3 a 4 je vyneseno průběh svislé a vodorovné složky. V grafech je na svislé složce vyznačen inflexní bod, ve kterém se mění závislost z rostoucí na klesající, přičemž pro oba vzorky je tento bod umístěn různě. Umístění bodu je významným znakem pro posouzení

distribuce napětí v textilním útvaru. Lze předpokládat, že při konstrukci antidekubitních podložek má inflexní bod význam pro výběr vhodného materiálu, kdy na základě jeho umístění lze určit, v jaké oblasti vzrůstá boční síla a kdy boční části textilie přenesou větší část zátěže, čímž umožní její dokonalejší roznesení.



Graf 1 a 2: Porovnání zatěžovacích křivek pro různá zatěžovací tělesa



Graf 3 a 4: Závislost svislé a vodorovné složky zatěžovací síly v průběhu zatěžování

## Závěr

V příspěvku byla ukázána možnost stanovení parametru, jež může usnadnit výběr vhodného materiálu pro konstrukci antidekubitní podložky. Dalším krokem bude ověřovací měření materiálů, které se již úspěšně používají pro výrobu antidekubitních podložek a jejich porovnání s vybranými textilními materiály.

## Literatura

- [1] Hanuš, J., Jirsák, O.: Twist may produce nonwovens, Textile technology forum, Charlotte 1995
- [2] Hanuš, J., Militký, J.: Reinforcement of cotton 3D nonwovens by quasi-yarns, Beltwide Cotton Conference, San Antonio, Texas, 2004
- [3] Resl, V.: Hojení chronických ran, Grada, Praha 1997
- [4] Hanuš, J., Novák, O.: Rozložení kontaktního tlaku mezi pacientem a textilní podložkou, Strutex, Liberec 2001
- [5] Volf, J., Holý, S., Vlček, J.: Using of tactile transducer for pressure-distribution measurement on the sole of the foot, Sensors and Actuators a Physical, Elsevier