

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní

Obor: 3126-53 Textilní technologie

Zaměření: Netkané textilie

Katedra netkaných textilií

**METODA HODNOCENÍ OBJEMNÝCH VLÁKENNÝCH
MATERIÁLŮ PRO MATRACE**

**EVALUATION METHOD OF BULKY FIBROUS
MATERIALS FOR MATTRESSES**

Klára Kalinová

Vedoucí diplomové práce: Doc.RNDr.Oldřich Jirsák, CSc.

Rozsah práce a příloh

Počet stran	63
Počet obrázků	22
Počet tabulek	12
Počet grafů	32
Počet příloh	2
Datum zadání	30.8.2001
Datum odevzdání	31.5.2002

Fakulta textilní

Katedra netkaných textilií

Školní rok 2001 - 2002

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro Kláru K A L I N O V O U
obor: 3126 - 53 Textilní technologie zaměření: netkané textilie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Metoda hodnocení objemných vláknenných materiálů pro matrace**

Zásady pro vypracování :

1. Prostudujte dosavadní aplikace kolmo kladených objemných textilií s ohledem na využití jejich vlastností ve stlačení.
2. Navrhněte a realizujte metodu hodnocení kompresních vlastností objemných materiálů pro matrace s ohledem na jejich uložení na pružinové kostře.
3. Porovnejte navrženou metodu s dosud využívanými metodami hodnocení s využitím různých objemných vrstev a výztužných komponentů.

Rozsah práce: 30 – 60 stran

Seznam odborné literatury:

1. Diplomové práce k tématu stlačitelnost objemných textilií.
2. Krčma, R., Jirsák, O.: New Perpendicular-Laid Nonwovens and Their Properties. In: Edana's 1991 Int. Nonwovens Symposium, Monte Carlo 1991.
3. Jirsák, O., Hanuš, J., Lukáš, D.: Comparative Study of Perpendicular Laid Highloft Fabrics. In INDA-TEC 96, Crystal City 1996.
4. Jirsák, O., Burian, T., Sanetnik, F.: Effect of repeated loading on Compressional Rigidity of Highlofts. Fibers and textiles in East Europe, to be published.

Vedoucí diplomové práce: Doc.RNDr.Oldřich Jirsák, CSc.
Konzultant:

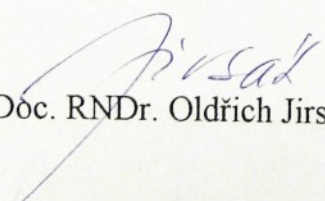
Zadání diplomové práce: 30. 8. 2001

Termín odevzdání diplomové práce: 31. 5. 2002



Vedoucí katedry:

Děkan


Doc. RNDr. Oldřich Jirsák, CSc.


Prof. Ing. Radko Kovář, CSc.

V Liberci dne 30. 9. 2001

Anotace

Tato diplomová práce je zaměřena na oblast kolmo kladených netkaných textilií využívaných jako výplň matrací. Objemné textilie jsou používány jako náhrada PUR pěny. Jejich výhodami jsou především lepší hygienické vlastnosti a možnost recyklace.

Cílem této diplomové práce je vývoj metody pro hodnocení kompresních vlastností objemných materiálů s ohledem na jejich uložení na pružinové kostře matrace. Experiment porovnává dva druhy objemných vrstev a výztužné materiály o různých plošných hmotnostech. Metoda je porovnávána s dosud využívanou metodou hodnocení tuhosti objemných materiálů ve stlačení.

Annotation

This degree work deals with perpendicular-laid nonwovens used for mattress pads. Bulky fabrics serve as a replacement for polyurethane foam. Their advantages are better hygienic properties and recyclability.

The aim of this work is the development of a method of compressional properties evaluation with reference to their bedding in the spring frame of the mattress. The experiment compares two kinds of bulky plies stiffened by materials with different weights per unit area. This method is compared with the nowadays-applied method of evaluation of bulky materials thickness under compression.

Místopřísežné prohlášení

“Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením Doc.RNDr.Oldřicha Jirsáka, CSc.”

V Liberci, dne 27.3.2002


.....

podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu své diplomové práce Doc.RNDr.Oldřichu Jirsákovi, CSc. za odborné vedení a cenné připomínky. Dále děkuji všem ostatním pracovníkům katedry netkaných textilií za pomoc při řešení zadaných úkolů.

Mé poděkování patří i mým rodičům a blízkým za podporu v průběhu celého studia.

Seznam zkratek a symbolů

a	rozměry vzorku
A	plocha vzorku
a_x	normovaná tloušťka
ab	plocha podstavy boxu
atd.	a tak dále
C_d	dolní čelist
C_h	horní čelist
D	přítlačná deska
d_p	průměr drátu pružiny
D_p	průměr pružiny
d_s	průměr drátu šroubovice
D_s	průměr šroubovice
d_z	tloušťka stěny prstence
D_z	průměr zkušebního tělesa (prstence)
E_{el}	elastická deformace
E_{pl}	plastická deformace
E_{vel}	viskoelastická deformace
F	přítlačná síla
F_g	tíha desky
g	gravitační konstanta
h	výška prstence
H_0	počáteční tloušťka před stlačením
H_1	hodnota tloušťky dosažená stlačením
H_2	hodnota tloušťky po odlehčení
H_3	hodnota tloušťky po relaxaci
H_v	tloušťka vrstvy
HZ	hodnota změkčení
K	konstanta úměrnosti
K_p	souhrnná charakteristika materiálu
kap.	kapitola
L	výška lamely
l	vzdálenost středů dvou sousedících pružin
m	hmotnost vzorku
m_s	plošná hmotnost
m_v	objemová hmotnost
m_z	hmotnost závaží
např.	například
obr.	obrázek
p	tlak
p_c	plocha materiálu konstrukce
p_p	nosná plocha pružiny
p_s	nosná plocha šroubovice
$p\%$	tlak na nosnou plochu vyjádřenou v % z plochy elementu
P	plocha konstrukce
P_N	nosná plocha materiálu konstrukce vyjádřená v % z elementu plochy
P_R	prstenec
PES	polyester
PE	polyetylen

POP	polypropylen
PUR	polyuretan
R	poloměr zaoblení
S	sonda k měření lokální tloušťky
S _Z	plocha zkušebního tělesa
t	tloušťka
t ₀	původní tloušťka vzorku při stlačení 20 Pa, metodou A
t ₁	původní tloušťka vzorku při stlačení 20 Pa, metodou B
t ₂	konečná tloušťka vzorku při stlačení 16000 Pa, metodou B
t _G	globální tloušťka vzorku při stlačení 20 Pa
t _k	konečná tloušťka vzorku při stlačení 16000 Pa, metodou A
t _L	lokální tloušťka
t _R	relativní tloušťka před cyklickým zatěžováním
t _{RX}	relativní tloušťka při libovolném zatížení
t _{RZ}	relativní tloušťka po cyklickém zatěžování
t _X	tloušťka stlačovaného vzorku při libovolném zatížení
tab.	tabulka
text.	textilie
tj.	to je
tzn.	to znamená
tzv.	tak zvané
UV	ultrafialové
V	objem vláken a pojiva
V ₃	počet vzorků naskládaných na sebe
V _c	celkový objem vlákenného útvaru
V _{c0}	celkový objem nestlačeného vlákenného materiálu
w	střední objem vláken jedné granule
x	výška vlákenného materiálu po stlačení
X	kolmá vzdálenost bodu křivky deformace od osy zatížení na grafickém záznamu
x ₀	výška nestlačeného vlákenného materiálu
Y	vzdálenost spodní hrany horní čelisti a vrchní hrany dolní čelisti v počátku měření
ZS	relaxační (zotavovací) schopnost
β	úhel skladu
μ	zaplnění
μ ₀	počáteční zaplnění
μ _m	mezní zaplnění

OBSAH

1 ÚVOD.....	10
1.1 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	11
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	12
2.1 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ.....	12
2.1.1 <i>Netkané textilie</i>	12
2.1.2 <i>Výroba netkaných textilií</i>	12
2.1.2.1 <i>Výroba vlákenné vrstvy</i>	13
2.1.2.2 <i>Zpevňování vlákenné vrstvy</i>	13
2.2 OBJEMNÉ NETKANÉ TEXTILIE.....	14
2.3 POJENÉ NETKANÉ TEXTILIE.....	14
2.3.1 <i>Hlavní fáze procesu pojení</i>	14
2.3.2 <i>Souhrn vlivů na proces pojení</i>	15
2.4 PRINCIP VÝROBY KOLMO KLADENÝCH TEXTILIÍ.....	16
2.4.1 <i>Vrstvení vlákenné pavučiny kolmým kladením</i>	16
2.4.1.1 <i>Vibrační kolmý kladeč</i>	17
2.4.1.2 <i>Rotační kolmý kladeč</i>	18
2.4.2 <i>Teplovzdušné pojení</i>	19
2.5 VLASTNOSTI A POUŽITÍ KOLMO KLADENÝCH TEXTILIÍ.....	20
2.5.1 <i>Faktory ovlivňující vlastnosti kolmo kladených textilií</i>	20
2.5.2 <i>Charakteristika lamelové struktury vlákenných vrstev</i>	20
2.5.3 <i>Oblasti použití kolmo kladených textilií</i>	22
2.6 VLÁKENNÝ MATERIÁL PRO VÝROBU POJENÝCH NETKANÝCH TEXTILIÍ.....	22
2.6.1 <i>Základní vlákna</i>	23
2.6.2 <i>Pojivá vlákna</i>	23
2.7 TEORIE STLAČENÍ.....	25
2.7.1 <i>Deformační chování polymerů</i>	26
2.8 DEFINICE VZTAHU MEZI STLAČOVÁNÍM A ZAPLNĚNÍM.....	27
2.8.1 <i>Součinitel zaplnění</i>	28
2.8.2 <i>Jednodimenzionální deformace vlákenného svazku</i>	28
2.9 STRUKTURA POJENÝCH NETKANÝCH TEXTILIÍ.....	31
2.10 ZKUŠEBNÍ METODY A NORMY.....	33
2.10.1 <i>Tloušťka objemných textilií DIN 53 855 [10]</i>	33
2.10.2 <i>Plošná hmotnost netkaných textilií EDANA 40.3.-90 [11]</i>	33
2.10.3 <i>Objemová hmotnost netkaných textilií ČSN 80 0845 [12]</i>	34
2.10.4 <i>Pružnost v tlaku vlákenných roun, netkaných textilií a vat DIN 54 305 [13]</i>	34
2.10.5 <i>Odpor proti stlačení měkkých lehčených polymerních materiálů ČSN 64 5441 [14]</i> 35	
3 PRAKTICKÁ ČÁST.....	36
3.1 POUŽITÝ VLÁKENNÝ MATERIÁL.....	36
3.1.1 <i>Objemné vrstvy</i>	36
3.1.2 <i>Výztužné komponenty</i>	37
3.2 SYSTÉM ZNAČENÍ VZORKŮ.....	38
3.3 PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	39
3.3.1 <i>Příprava vpichovaného výztužného komponentu</i>	39
3.3.2 <i>Příprava objemných textilií</i>	39
3.4 PRINCIPY METOD HODNOCENÍ KOMPRESNÍCH VLASTNOSTÍ OBJEMNÝCH TEXTILIÍ.....	40
3.4.1 <i>Obrazový popis</i>	40

3.4.2	<i>Metoda A</i>	44
3.4.3	<i>Metoda B</i>	46
3.4.3.1	Návrh metody.....	46
3.4.3.2	Realizace metody	50
3.4.4	<i>Metoda C</i>	52
3.4.4.1	Návrh metody.....	52
3.4.4.2	Realizace metody	52
3.4.4.3	Modifikace metody.....	53
4	VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH DISKUSE	54
4.1	METODA A	54
4.2	METODA B	57
4.3	METODA C	60
5	ZÁVĚR	62
	LITERATURA	63
	PŘÍLOHA	64
	PŘÍLOHA 1	65
	<i>Metoda A</i>	65
	<i>Metoda B</i>	71
	<i>Metoda C</i>	77
	PŘÍLOHA 2	81
	<i>Metoda A</i>	81
	<i>Metoda B</i>	83
	<i>Metoda C</i>	85

1 ÚVOD

Netkané textilie jsou dnes nedílnou součástí našeho života. Zahrnují širokou škálu produktů vyrobených nejrůznějšími technologiemi. Jde například o geotextilie, bytové textilie, filtry, vložkové materiály, zdravotnické textilie, obalové materiály, čisticí textilie, obuvnické textilie, agrotexilie, tepelně a hlukově izolační výrobky pro automobilový a letecký průmysl a jiné.

V letech 1988 – 1992 byla na katedře netkaných textilií VŠST v Liberci vyvinuta technologie kolmého kladení pavučiny STRUTO. Materiál vyrobený touto technologií se vyznačuje vyšší odolností vůči stlačení a je vyvíjen k náhradě nerecyklovatelné PUR pěny používané v nábytkářském průmyslu, čalounictví, automobilovém průmyslu, jako výplň matrací a v jiných odvětvích.

V této diplomové práci je navržena metoda zkoušení vlastností při stlačení objemných vlákenných materiálů, používaných jako výplň matrací. Metoda vychází z parametrů nosné pružinové kostry matrace a sleduje chování materiálu při namáhání v tlaku před a po opakovaném zatěžování o tisíce cyklech.

V práci jsou porovnávány dva druhy objemných vlákenných vrstev, tři různé výztužné komponenty o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} a výztužné vpichované materiály o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} .

Metoda navržená pro hodnocení kompresních vlastností objemných vlákenných materiálů pro matrace je porovnána s dosud využívanou metodou měření tloušťky kolmého kladených vlákenných vrstev v závislosti na zatížení.

1.1 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem je navrhnout a realizovat takovou metodu hodnocení kompresních vlastností kolmo kladených vlákenných materiálů, která by odpovídala skutečnému zatěžování objemné vlákenné vrstvy, která leží na pružinové konstrukci v matraci. Výsledky experimentálního měření touto metodou je nutno porovnat s výsledky naměřenými dosud využívanou metodou hodnocení.

Hlavní cíle této práce:

- **návrh metody** - vychází z parametrů pružinové kostry matrace.
- **realizace metody** - měření tloušťky objemných materiálů v závislosti na tlakovém zatížení před a po opakovaném namáhání o tisíce cyklech. Experiment porovnává dva druhy objemných vlákenných vrstev, tři různé výztužné komponenty o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} a výztužné vpichované materiály o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} .
- **zpracování výsledků** - tloušťka je vyjádřena jako relativní v procentech z původní tloušťky. Hodnota změkčení je vyjádřena v procentech poměrem relativní tloušťky po opakovaném namáhání k relativní tloušťce před opakovaným zatěžováním.
- **porovnání metody** - s dosud využívanou metodou hodnocení kolmo kladených vlákenných vrstev.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ

2.1.1 Netkané textilie

Netkaná textilie je vrstva vyrobená z jednosměrně nebo náhodně orientovaných vláken, spojených třením a/nebo kohezí a/nebo adhezí s výjimkou papíru a výrobků vyrobených tkaním, pletením, všíváním, proplétáním nebo plstěním.[1]

2.1.2 Výroba netkaných textilií

Postup výroby netkaných textilií lze znázornit podle následujícího schématu: [1]

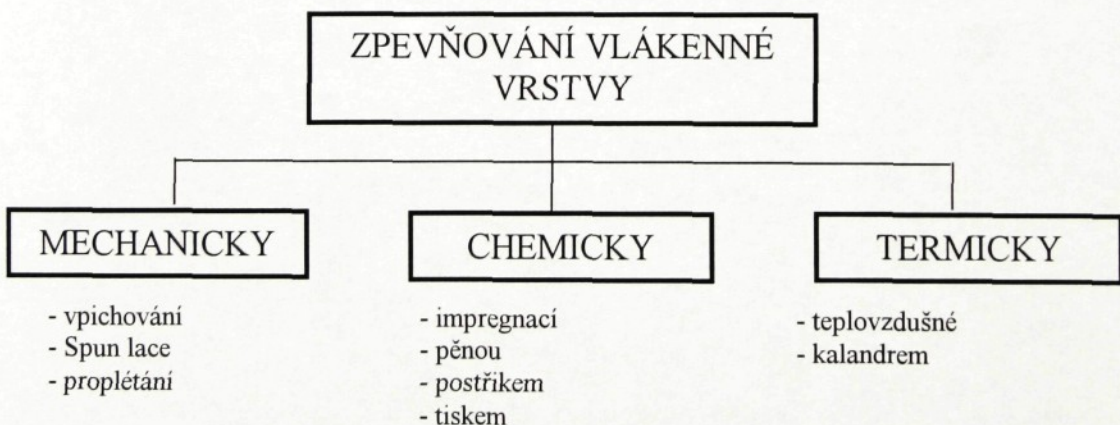
1. Příprava vlákenných surovin
2. Vlastní výrobní technologie
 - a) Příprava vlákenné vrstvy
 - b) Zpevnění vlákenné vrstvy
 - c) Ořezávání okrajů, řezání, navíjení
3. Úpravy netkaných textilií

2.1.2.1 Výroba vláknenné vrstvy



obrázek 1: způsoby výroby vláknenné vrstvy

2.1.2.2 Zpevňování vláknenné vrstvy



obrázek 2: způsoby zpevňování vláknenné vrstvy

2.2 OBJEMNÉ NETKANÉ TEXTILIE

Objemné materiály jsou vláknenné struktury s nízkou objemovou hmotností a vysokým poměrem tloušťky k plošné hmotnosti. Jsou vyrobeny ze staplových nebo nekonečných vláken, spojených nebo nepojených. Neobsahují více než 10% pevné složky v celém objemu a zároveň jejich tloušťka je větší než 3mm. Objemnost těchto materiálů má vliv na spotřebu a využití vláknenné suroviny, na propustnost plynů a par, stlačitelnost i na tepelně izolační vlastnosti. [3]

Objemné textilie se nejčastěji používají v čalounictví, jako vložkové a výplňkové materiály (oděvy, spací pytle, přikrývky), konstrukční a výztužné materiály, izolace (tepelné i hlukové), v zdravotnictví atd.... Způsob použití závisí na technologii výroby vláknenného rouna a způsobu jeho zpevnění.

2.3 POJENÉ NETKANÉ TEXTILIE

Pojené netkané textilie jsou textilie vzniklé z výchozí vláknenné suroviny (adherenda a pojiva (adheziva). Adhezivum může být složkou vláknenné vrstvy nebo na ní působit dodatečně.

Vlastnosti spojených textilií jsou ovlivněny především:

- vlastnostmi vláken
- vlastnostmi pojiv
- distribucí a strukturou pojících míst

2.3.1 Hlavní fáze procesu pojení

základní pojmy [15, 16]:

adheze soubor povrchových sil, kterými se navzájem poutají částice různých látek

koheze soubor sil, kterými se navzájem poutají částice téže látky

adherendum ... těleso, které je drženo u druhého tělesa adhezi

adhezivum materiál schopný držet při sobě povrchy tuhých látek adhezními silami

Při pojení vláknenných vrstev adhezivy můžeme rozlišit následující fáze pojícího procesu.[4]

1. fáze

Adhezivo a adherendum jsou přivedeny do vzájemného styku. Technologicky se tato fáze pojení realizuje stříkáním pojiva, roztíráním pasty a pěny, posypáváním práškových forem pojiva, mísením vláken, vrstvením termoplastických útvarů...

2. fáze

Smočení povrchu vláken nebo vláknenných útvarů adhezivem. U kapalných typů pojiv k tomu dochází bezprostředně po styku adheziva s adherendem. U pevných termoplastických adheziv smočení nastává až po zahřátí a převedení adheziva do viskózně tekutého stavu.

3. fáze

Nutnou fází k vytvoření pevného spoje je ztužení adheziva, ke kterému dochází odpařováním disperzního média, koagulací vlivem změn prostředí, polyreakcí monomerů, ochlazením termoplastických pojiv.

4. fáze

V průběhu ztužení adheziva dochází k jeho migraci. U termoplastických vláken k tomu dochází směrem k tepelnému zdroji.

5. fáze

Následná deformace pojeného útvaru během ztužení.

2.3.2 Souhrn vlivů na proces pojení

Empiricky jsou vypořádány následující vlivy na proces pojení. Vlivy můžeme podle jejich povahy rozdělit na fyzikální a chemické.[4]

Fyzikální vlivy:

- povrchové napětí
- velikost povrchu adherenda
- drsnost povrchu adherenda
- tloušťka vrstvy pojiva
- tlak a teplota v procesu pojení
- viskozita pojiva

Chemické vlivy:

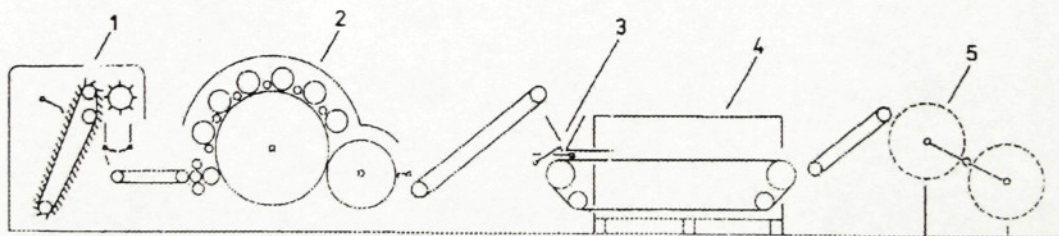
- chemické složení adheziva a adherenda

- polymerační stupeň a polydisperzita adheziva
- čistota povrchu adherenda
- polarita adheziva a adherenda

2.4 PRINCIP VÝROBY KOLMO KLADENÝCH TEXTILIÍ

Cílem vývoje této technologie byla snaha připravit vláknennou vrstvu s vyšší odolností vůči stlačení a minimální trvalou deformací po dynamickém namáhání. Zvýšení odporu proti stlačení se dosahuje tím, že vlákna jsou ve vrstvě orientována převážně kolmo k rovině textilie. Kolmo kladené textilie se vyrábějí ze směsi základních a pojivých vláken. Tímto způsobem lze zpracovávat všechny druhy vláken v délkách, z kterých je rounotvořič schopen vytvořit souvislou pavučinu. Pavučina z mykacího stroje je dopravníkem přiváděna ke kolmému kladeči. Toto zařízení skládá pavučinu do kolmých skladů a ta dále postupuje do teplovzdušné komory. Po průchodu vláknenné vrstvy komorou dochází ke zpevnění textilie pomocí roztavených pojivých vláken. Celý výrobní proces bude podrobněji popsán v následujících kapitolách 2.4.1. a 2.4.2.

Typická výrobní linka (obr.3.) se skládá z nakládacího zařízení (1), mykacího stroje (2), kladečního ústrojí pro kolmé kladení pavučiny (3), teplovzdušné pojící komory (4) a navijecího zařízení (5).[5]



obrázek 3: výrobní linka pro výrobu kolmo kladených textilií

2.4.1 Vrstvení vláknenné pavučiny kolmým kladením

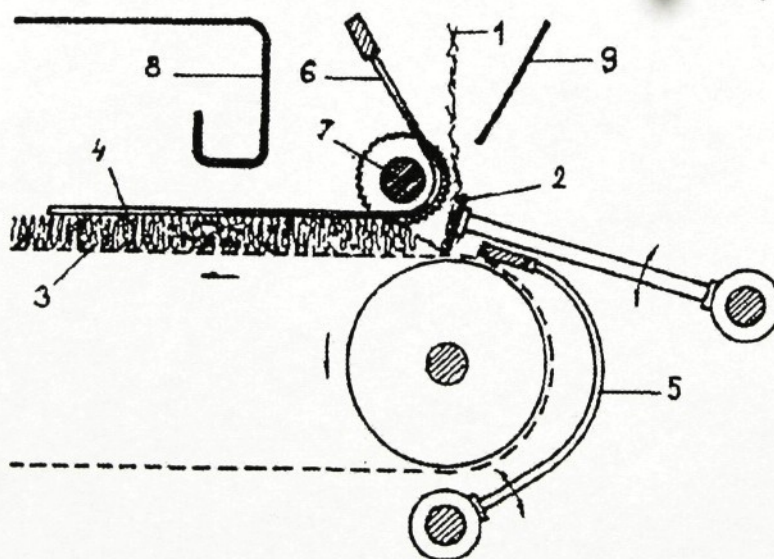
Kolmé kladení je jedním ze tří mechanických způsobů přípravy vláknenné vrstvy pro netkané textilie. Na rozdíl od kladení podélného a příčného, dosahují kolmo kladené textilie vyšší odolnosti vůči stlačení. Toho je dosaženo tím, že vlákna jsou ve vrstvě orientována převážně kolmo k rovině textilie. Z tohoto důvodu jsou pak v průběhu stlačování namáhána spíše na vzpěr než na ohyb, na rozdíl od vrstev s převážně

horizontálně uloženými vlákny. Pro přípravu vlákenných vrstev kolmým kladením byly vyvinuty dva typy kolmých kladečů.[1]

- *Vibrační kolmý kladeč*
- *Rotační kolmý kladeč*

2.4.1.1 Vibrační kolmý kladeč

U vibračního kolmého kladeče (obr.4.) je shora přiváděná pavučina stahována vibrující pilkou k pohybuujícímu se dopravníku. Tím se vytvoří sklad pavučiny, který je z hrany pilky sejmут soustavou hladkých jehel, umístěných na vibrující přechovací liště. Sejmутý sklad je pak přechovací lištou doražen k dříve vytvořeným skladům tvořícím kolmo kladenou vlákennou vrstvu mezi dopravníkem a drátovým roštem. Dopravník s nakladenou vlákennou vrstvou poté prochází teplovzdušnou pojící komorou, kde je vrstva zpevněna.[1]



obrázek 4: vibrační kolmý kladeč

- 1 pavučina z mykacího stroje
- 2 kladecí pilka
- 3 dopravník teplovzdušné komory
- 4 kolmo kladená vlákenná vrstva
- 5 přechovací lišta
- 6 drátový rošt
- 7 tvořící válec

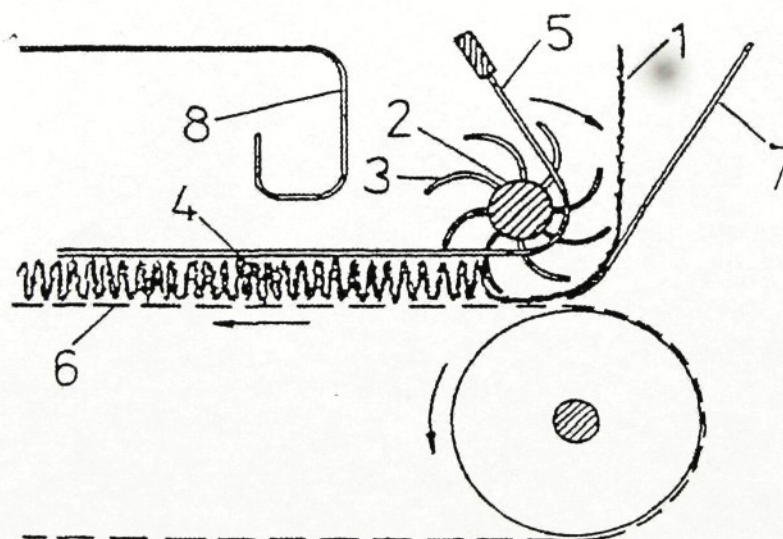
8 kryt teplovzdušné komory

9 přívádčí plech

2.4.1.2 Rotační kolmý kladeč

U rotačního kolmého kladeče (obr.5.) je vláknenná pavučina přiváděna k soustavě pracovních kotoučů, jejichž hroty je formována do vláknenné vrstvy tvořené kolmými sklady. Sklady jsou snímány z hrotů soustavou drátů roštu, umístěných mezi jednotlivými pracovními kotouči. Následně je vyrobená vláknenná vrstva zpevněna průchodem teplovzdušnou komorou.

Rotační kolmý kladeč dosahuje prakticky neomezené výrobní rychlosti a je tedy schopen zpracovávat vláknennou vrstvu vycházející z vysokovýkonných mykacích strojů používaných v moderních linkách.[1]



obrázek 5: rotační kolmý kladeč

1 pavučina z mykacího stroje

2 pracovní kotouč

3 hrot pracovního kotouče

4 kolmo kladená vláknenná vrstva

5 drátový rošt

6 dopravník pojící komory

7 přívádčí plech

8 kryt pojící komory

2.4.2 Teplovzdušné pojení

Teplovzdušné pojení je jedním z termických způsobů zpevňování vláknenných vrstev, a používá se také pro zpevňování kolmo kladených textilií. Dalšími termickými způsoby jsou pojení kalandrem, ultrazvukový, infračervený a vysokofrekvenční ohřev.

Při teplovzdušném pojení se zpracovává nejčastěji směšová vláknenná vrstva připravená ze směsi základních a pojivých vláken. Podmínkou teplovzdušného pojení je propustnost zpracovávané vláknenné vrstvy pro vzduch. Vláknenná vrstva s pojivem prochází teplovzdušnou pojicí komorou s cirkulujícím horkým vzduchem. Horký vzduch je pomocí ventilátoru proháněn vláknennou vrstvou, tím je teplo velmi rychle transportováno k povrchu všech vláken a k ohřevu vrstvy dojde velmi rychle. Čas potřebný k ohřátí vrstvy na teplotu pojení je při teplovzdušném pojení okolo 10s.

K pojení kolmo kladených textilií se používají komory s horizontálním sítovým pásem. Vyznačují se vysokou rovnoměrností teplot a prouděním ohřátého vzduchu v komoře.

Po roztavení se pojivo přeskupuje a formuje spoje mezi vlákny v závislosti na[1]:

- viskozitě taveniny, která je funkcí teploty, typu a molekulové hmotnosti polymeru
- povrchovém napětí mezi základními vlákny a pojivými vlákny
- vzájemném uspořádání vláken ve vrstvě (objemnost, míra předzpevnění, orientace vláken)
- rychlosti proudění ohřátého vzduchu a propustnosti vrstvy

Technologií teplovzdušného pojení lze zpevňovat téměř všechna základní vlákna.

Omezení je dáno hlavně stupněm znečištění povrchu vláken, jejich preparací, tepelnou odolností základních a pojivých vláken a schopností vláken vytvářet pevné adhezni spoje.

Základní parametry procesu pojení jsou:

- rychlost a teplota vzduchu
- čas ohřevu
- složení vláknenné směsi
- objemová hmotnost materiálu

Výhodou je také hygienická nezávadnost a nižší spotřeba energie ve srovnání s pojením chemickými způsoby. K záporům termického pojení patří velká náročnost na vzájemné promísení základních a pojivých vláken.

2.5 VLASTNOSTI A POUŽITÍ KOLMO KLADENÝCH TEXTILIÍ

2.5.1 Faktory ovlivňující vlastnosti kolmo kladených textilií

Na rozdíl od textilií s převážně horizontálně orientovanými vlákny vykazují kolmo kladené výrobky vysokou objemnost, odolnost vůči stlačení a z toho vyplývající dobré vlastnosti, které jsou funkcí tloušťky. Tyto vlastnosti jsou významné zejména pro tepelně izolační a filtrační účely.

Nezanedbatelnou výhodou technologie kolmého kladení je menší energetická náročnost technologie a nižší investiční náklady ve srovnání s ostatními technologiemi výroby objemných netkaných textilií.

Mezi hlavní faktory ovlivňující vlastnosti objemných textilií patří:

- typ a vlastnosti základních vláken
- typ, vlastnosti a koncentrace pojivých vláken
- technologické parametry výroby (výška skladu, plošná a objemová hmotnost)
- strukturní parametry vyrobené textilie (uspořádání vláken, tvar a koncentrace pojivých míst)

Mechanická soudržnost kolmo kladených textilií je z hlediska manipulace pro většinu uplatnění v příčném směru dostatečná, avšak nízká v podélném směru. Závisí na hustotě skladů, jemnosti vláken a podílu pojivých vláken. Pro některé aplikace je žádoucí pevnost v podélném směru zvýšit. Toho lze dosáhnout použitím podílu krátkých vláken ve směsi, vrstvením kolmo kladené textilie s podkladovou tkaninou nebo vložením soustavy nití s podílem termoplastických vláken.

2.5.2 Charakteristika lamelové struktury vlákenných vrstev

Kolmo kladené textilie vzniklé rotačním a vibračním kladením se liší úhlem skladu lamely. Tento *úhel skladu* β (viz. obr. 6) je u rotačního kladení menší než u vibračního. Tato skutečnost má závažný vliv na vlastnosti vzniklé netkané textilie.[5]

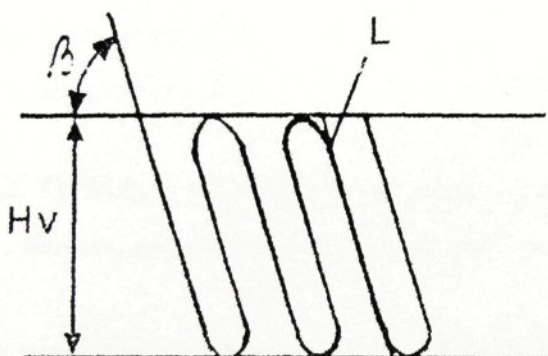
U rotačního kladeče má vyrobená vlákenná vrstva lepší rozměrovou stabilitu, soudržnost a větší pevnost v podélném směru než vrstva vyrobená vibračním kladečem.

Lepší rozměrové vlastnosti u rotačního kladení jsou způsobeny:

- větší dotykovou plochou více zkosených lamel

- příčným zvlněním skládaných lamel způsobeným pēchovacími trny, které má vliv na velikost dotykové plochy a provázání lamel.

U vibračního kladeče jsou lamely uspořádané ve směru převážně kolmém k rovině textilie, čímž je vysvětlován větší odpor proti stlačení a větší tloušťka vyrobené vrstvy. Takto připravené vzorky mají lepší tvar skladu, strukturu tužší v důsledku přírazu pavučiny pēchovací lištou a tím vyšší zotavovací schopnost.



obrázek 6: charakteristika lamelové struktury

L ...výška lamely

H_v ...tloušťka vrstvy

β ...úhel skladu

Výška lamel je regulovatelná nastavením šířky mezery mezi dopravníkem a horním roštem a na frekvenci pohybového ústrojí.

Objemovou hmotnost a ohybovou tuhost kolmo kladených textilií ovlivňuje stupeň zhutnění a tvar lamel. Stupeň zhutnění lamel vytvořených z mykané pavučiny může být ovlivňován pomocí:

- vstupní rychlosti pavučiny
- výstupní rychlosti dopravníku teplovzdušné komory
- výšky lamel

Různé tvary lamel (obr.7.) se mohou získat v závislosti na geometrii tvarovacího ústrojí kladečů. Tvar lamel ovlivňuje vlastnosti textilie, zejména její ohybovou tuhost. [5]



a)



b)



c)

obrázek 7: různé tvary lamel

- a) svislá struktura
- b) šípovitá struktura
- c) šikmá struktura

2.5.3 Oblasti použití kolmo kladených textilií

Možnost použití kolmo kladených textilií je velmi široká.

- spodní a vnitřní tvarovací materiál v kombinaci s ostatními čalounickými materiály a v automobilovém průmyslu místo polyuretanové pěny
- v oděvním průmyslu
- jako výplňkový materiál do přikrývek, dek a spacích pytlů
- jako filtry pro suchou i mokrou filtraci
- ve stavebním průmyslu jako tepelně a zvukově izolační materiály
- jako podklady dětských hřišť a sportovní plochy
- jako nosný materiál pro ortopedické matrace a mnoho jiných aplikací je ve vývoji [8]

2.6 VLÁKENNÝ MATERIÁL PRO VÝROBU POJENÝCH NETKANÝCH TEXTILIÍ

Vlastnosti výsledného výrobku závisí na vlastnostech použitých vláken. Textilní vlákna určená k výrobě netkaných textilií se svým původem a složením neliší od vláken zpracovávaných klasickými technologiemi (tkaní, pletení).

Vlákna používaná při výrobě pojených netkaných textilií lze rozdělit do dvou skupin.

1. Základní vlákna
2. Pojivá vlákna

2.6.1 Základní vlákna

Obecně lze konstatovat, že vlastnosti pojené textilie jsou z velké části ovlivněny vlastnostmi použitých základních vláken a použitou technologií výroby.

Při teplovzdušném pojení je možné jako základní vlákna zpracovávat prakticky všechny druhy vláken, které splňují následující podmínky:

- stabilita při teplotě tání použitých pojivých vláken
- schopnost vytvářet kvalitní rouno po směsování s pojivými vlákny
- minimální sráživost
- nesmí znečišťovat vzduch při tepelném ohřevu (týká se především druhotných surovin, kde koncentrace preparace může činit až 5%)

Většina sledovaných vlastností kolmo kladených textilií jako je objemnost, stlačitelnost, relaxační chování, splývavost, absorpční a izolační schopnosti je závislá na vlastnostech použitých vláken. Pevnost netkaných textilií ovlivňuje orientace vláken, typ a pevnost vláken a také stupeň a kvalita propojení. Na vlastnosti textilií ve stlačení má vliv objemnost a ohybová tuhost vláken.[17]

Zvláštní pozornost je třeba věnovat srážlivost vláken v průběhu zahřívání. Srážením vláken je možno vláknennou vrstvu zpevnit, avšak srážení také může vést k nežádoucím rozměrovým změnám a vzniku nehomogenity plošné hmotnosti.[9]

2.6.2 Pojivá vlákna

Jako pojivo lze v podstatě použít libovolná termoplastická vlákna s teplotou tání nižší než je teplota tání základních vláken. Většina používaných pojivých vláken má teplotu měknutí v oblasti od 100°C do 200°C a obvykle se obsah pojivých vláken ve směsi pohybuje v rozsahu 10%-30% [5].

Pojivá vlákna jsou nejpoužívanější formou pojiva v technologii teplovzdušného pojení. Tato vlákna musí mít určité specifické vlastnosti:

- vhodnou teplotu také vzhledem k tepelné odolnosti základních vláken a k požadavkům na tepelnou odolnost výrobků
- odolnost vůči tepelné a tepelně-oxidační degradaci při teplotě pojení
- nízkou sráživost za tepla
- nízkou viskozitu taveniny
- nízký obsah a vhodný typ povrchové preparace
- dobrou adhezi základním vláknům

Obecně platí, že adheze mezi různými vlákny je tím vyšší, čím jsou si tato vlákna po chemické stránce podobnější. Pro posouzení vhodnosti pojivého vlákna s ohledem na vlákno základní je třeba znát jeho adhezi k základnímu vláknu, tokové vlastnosti jeho taveniny v určitém teplotním intervalu a srážlivost v průběhu ohřevu nad teplotu tání. [1]

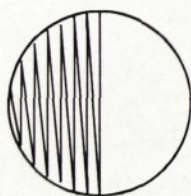
Pojivá vlákna lze rozdělit do dvou skupin a to na:

- *monokomponentní vlákna*
- *bikomponentní vlákna*

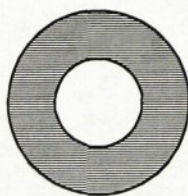
Monokomponentní vlákna jsou z chemického hlediska níže tající polymery (např. polypropylen a polyetylen). Při pojení se tato vlákna účinkem tepla roztaví a tím ztratí podobu vláken. Vzniklá tavenina se soustřeďuje většinou do míst překřížení základních vláken.

Bikomponentní vlákna se skládají ze dvou složek (výše a níže tající). Nejčastěji je výše tající složkou polyester a níže tající kopolyester nebo polypropylen. Působením tepla při pojení se roztaví pouze níže tající složka, díky výše tající složce se vlákno nezbortí a výrobky mají vyšší objemnost. Adhezni spoje se vytvářejí v místech křížení vláken. Tato vlákna se vyrábějí zvlákňováním nejčastěji dvou různých polymerů pomocí zvláštní zvlákňovací hubice. Jako pojivá vlákna se používají nejvíce vlákna typu [1]:

- *bok po boku*
- *jádro – plášť* (obr. 8.)



bok po boku



jádro – plášť

obrázek 8: tvary příčných řezů bikomponentních vláken

Výhody pojivých vláken:

- možnost snadné regulace plošné hmotnosti
- hygienická nezávadnost výrobku
- propojení textilie v celé ploše

- poměrně jednoduchá sestava strojů do linky (výrobnost závisí na produkci rounotvořiče)
- ekologicky šetrnější technologie (vzhledem k chemické technologii)

Nevýhody pojivých vláken:

- pojivo ve formě vláken musí být míseno se základními vlákny a pak společně zpracováno na mykacím nebo pneumatickém rounotvořiči (se zvyšujícím se podílem pojivých vláken se tak úměrně snižuje výkon linky závislý na produkci rounotvořiče)
- vlákna jsou pokládána za nejušlechtlejší formu pojiva, jejich vyšší cena se však musí promítnout i do ceny výrobku [9]

2.7 TEORIE STLAČENÍ

Stlačitelnost vlákenných materiálů je základní součástí dějů, které probíhají v mechanické textilní technologii. Vzhledem ke složitosti struktury vlákenné vrstvy není stlačování (tj. vztah mezi napjatostí a deformací při různých formách tlakového namáhání) teoreticky a experimentálně zcela objasněným dějem.

Proces stlačování vlákenné vrstvy se stává složitý tím, že při velkých tlacích je prováděný změnou mechanismu deformace a vznikem vedlejších jevů nesouvisejících s pružností (např. stlačení vláken v bodech kontaktu, napnutí vláken).

Proces stlačování ovlivňují tyto hlavní faktory :

- zaplnění textilními vlákny
- orientace vláken v netkané textili
- vlastnosti použitých vláken
- vlastnosti použitého pojiva
- druh a distribuce vazných míst
- délky volných úseků vláken mezi vaznými místy

Na vlastnosti netkaných textilií mají vliv vlastnosti použitých vláken, pojiv, technologický proces a především vzniklá struktura netkané textilie. Pokud vyloučíme vliv geometrických vlastností vláken a distribuci pojiva v netkané textili, lze považovat z hlediska stlačitelnosti za rozhodující uložení vláken a jejich ukotvení ve dvou charakteristických polohách. (obr.9)

- převážně vertikální
- převážně horizontální



a) převážně vertikální



b) převážně horizontální

obrázek 9: charakteristické uložení vláken v netkané textilii

Vertikálně uložené vlákno klade značně vyšší odpor vůči stlačování než vlákno uložené horizontálně. Stlačitelnost vlákenné vrstvy také závisí na tvaru vláken a jejich mechanických vlastnostech.[6]

2.7.1 Deformační chování polymerů

Elastická deformace je okamžitá, časově nezávislá a dokonale vratná. Tato deformace se u textilních vláken téměř nevyskytuje.

$$E_{el} = \frac{H_2 - H_1}{H_0} \cdot 100$$

(1)

E_{el} elastická deformace [%]

H_0 počáteční tloušťka před stlačením [mm]

H_1 hodnota tloušťky dosažená stlačením [mm]

H_2 hodnota tloušťky po odlehčení [mm]

Viskoelastická deformace je časově zpožděná za podmětem a v principu dokonale vratná. V průběhu doby zatížení narůstá, po odlehčení v závislosti na čase mizí.

$$E_{vel} = \frac{H_3 - H_2}{H_0} \cdot 100$$

(2)

E_{vel} ...viskoelastická deformace [%]

H_0 ...počáteční tloušťka před stlačením [mm]

H_2 ...hodnota tloušťky po odlehčení [mm]

H_3 ...hodnota tloušťky po relaxaci [mm]

Plastická deformace je časově závislá a dokonale nevratná.

$$E_{pl} = \frac{H_0 - H_3}{H_0} \cdot 100$$

(3)

E_{pl} plastická deformace [%]

H_0 počáteční tloušťka před stlačením [mm]

H_3 hodnota tloušťky po relaxaci [mm] [18]

Při statickém či dynamickém stlačování vlákných vrstev se v určitých vymezených časových intervalech měří relaxace jednotlivých vzorků. Sleduje se přitom vliv jemnosti vláken, pojiva a výrobních technologií na relaxaci a vyhodnocuje se *relaxační schopnost*.

$$ZS = \frac{H_3}{H_0} \cdot 100$$

(4)

ZSrelaxační (zotavovací) schopnost [%]

H_0 původní tloušťka vzorku [mm]

H_3 tloušťka vzorku po relaxaci [mm] [17]

2.8 DEFINICE VZTAHU MEZI STLAČOVÁNÍM A ZAPLNĚNÍM

Vlákna ve vlákněném útvaru mohou být uspořádána s převážnou orientací do jednoho směru nebo neuspořádána (tzn. jsou uložena v různých směrech). Vlákna se vzájemně dotýkají a v místech dotyku vzniká kontakt. Zde dochází k přenosu sil a energií. Hustota kontaktů je dána typem a vlastnostmi vláken a rovněž hustotou (objemovou hmotností) vzniklého vlákněného útvaru. Tyto kontakty mají svůj význam pro zajištění potřebné pružnosti a odolnosti netkané textilie vůči stlačování.[6]

2.8.1 Součinitel zaplnění

Součinitel zaplnění se používá především při sledování struktury přízí. Odtud byl také převzat do oblasti netkaných textilií. Zaplnění udává hustotu vláken ve vlákenném útvaru a lze je definovat jako podíl objemu vláken a pojiva z textilního útvaru ku celkovému objemu tohoto útvaru. Zaplnění je bezrozměrná veličina a leží v intervalu $\langle 0,1 \rangle$.

$$\mu = \frac{V}{V_c} \quad (5)$$

μ zaplnění [1]

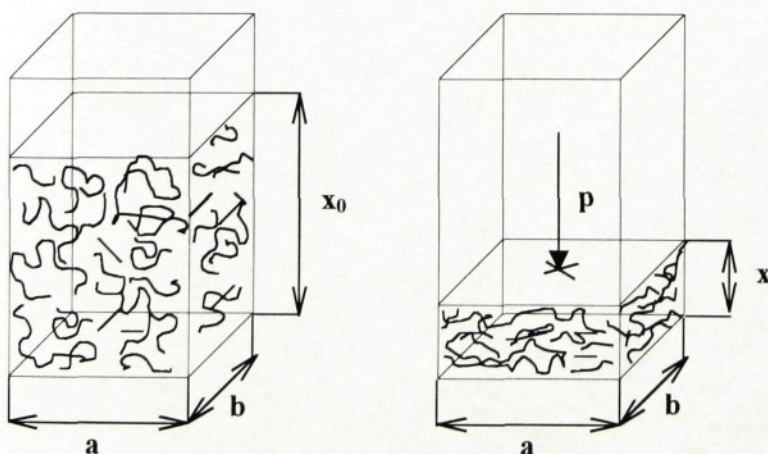
V objem vláken a pojiva [m^3]

V_c ...celkový objem vlákenného útvaru [m^3]

2.8.2 Jednodimenzionální deformace vlákenného svazku

Výsledné chování vlákenného útvaru je určeno , vedle hmoty samotných vláken, především morfologií jeho vlákenné struktury. Morfologicky orientovaný výzkum se vždy dotýká dvou skupin problémů. Do první skupiny patří (orientace vláken, tvary vláken v útvaru), do druhé (zaplnění prostoru hmotou vláken, kontakty mezi vlákny).

Stlačování vlákenných svazků je obecně složitý mechanický proces. Za určitých zjednodušujících předpokladů lze vlákenný svazek považovat za konzervativní systém, kde vynaložená deformační energie závisí pouze na výsledné deformaci. Jednodimenzionální deformaci zde představuje stlačování materiálu v nedeformovatelném boxu tvaru hranolu (obr.10.)[2].



a) před stlačením

b) po stlačení

obrázek 10: vlákenný materiál v nedeformovatelném boxu

Ve výchozím stavu (před stlačením) je počáteční hodnota zaplnění μ_0 určena rovnicí (6).

$$\mu_0 = \frac{V}{V_{c0}} = \frac{V}{abx_0} \quad (6)$$

μ_0 počáteční zaplnění [1]

V objem vláken a pojiva [m³]

V_{c0} celkový objem nestlačeného vlákenného materiálu [m³]

ab plocha podstavy boxu [m²]

x_0 výška nestlačeného vlákenného materiálu [m]

Působením tlaku p na plochu ab dojde ke stlačení vlákenného materiálu.. Zmenší se výška vlákenného materiálu v boxu z x_0 na x . Hodnoty a , b , V se však nezmění. Zaplnění μ je tedy popsáno rovnicí (7).

$$\mu = \frac{V}{V_c} = \frac{V}{abx} \quad (7)$$

μ zaplnění po stlačení vlákenného materiálu [1]

V objem vláken a pojiva [m³]

V_c objem vlákenného materiálu po stlačení [m³]

ab plocha podstavy boxu [m²]

x výška vlákenného materiálu po stlačení [m]

Zaplnění tedy závisí na tlaku. Při zachování stejného způsobu deformace se tlak a zaplnění řídí funkčním vztahem $p = f(\mu)$. C.M. van Wyk navrhnul základní modelové řešení této funkce. Předpokládal náhodný charakter kontaktů mezi vlákny a odpor proti stlačení chápal jako důsledek ohybové deformace vláken ve vlákenném útvaru.

Pro vztah mezi tlakem a zaplněním byla odvozena rovnice (8).

$$p = K_p \cdot (\mu^3 - \mu_0^3) \quad (8)$$

p tlak [Pa]

K_p souhrnná charakteristika materiálu [Pa]

μ_0 zaplnění nestlačeného vlákenného materiálu [1]

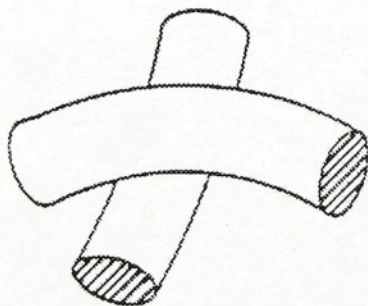
μ zaplnění vlákenného materiálu po stlačení [1]

Rovnici (8) lze zjednodušit za předpokladu, že $\mu \gg \mu_0$.

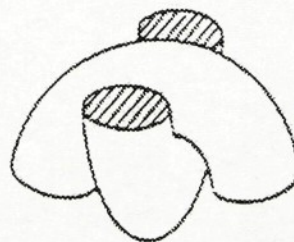
$$p = K_p \cdot \mu^3$$

(9)

Pro vyšší hodnotu tlaku a zaplnění však tato funkce neplatí. Při velkém tlaku lze podle vztahu (8) určit $\mu > 1$, což je logicky nemožné. To je zapříčiněno zjednodušujícími předpoklady C.M. van Wyka, který považoval vlákna za ideální, pravidelně zatížené nosníky s jistou ohybovou tuhostí a s nulovým objemem. Skutečná vlákna ovšem mají nezanedbatelný objem a v místech vzájemného kontaktu vláken vzniká nestlačitelný prostor, tzv. "granule". Velikost granule závisí na zaplnění a působícím tlaku. Při velkém zaplnění budou k sobě vlákna přitlačena velkými silami a vzniklá granule bude velká. Naopak poměrně malé granule se vytvoří při malém zaplnění, viz. obr. 11.



a) při malých silách



b) při velkých silách

obrázek 11: granule ve vlákenných kontaktech

Mezi středním objemem vláken jedné granule a zaplněním lze předpokládat lineární závislost.

$$w = K \cdot \mu$$

(10)

w střední objem vláken jedné granule [m³]

K konstanta úměrnosti [m^3]

μ zaplnění [1]

Konstanta úměrnosti se určí za teoretického předpokladu největšího možného stlačení vlákenného útvaru (tlak $p \Rightarrow \infty$), kdy nastane tzv. mezní stav. V granulích se pak soustředí veškerý objem vláken a zaplnění se stává zaplněním mezním, pro které přibližně platí $\mu_m=1$. Za těchto předpokladů byla odvozena zobecněná původní rovnice C.M. van Wyka.

$$p = \frac{K_p \cdot \mu^3}{\left(1 - \frac{\mu^3}{\mu_m^3}\right)^3} - \frac{K_p \cdot \mu_0^3}{\left(1 - \frac{\mu_0^3}{\mu_m^3}\right)^3} \quad (11)$$

p tlak [Pa]

K_p souhrnná charakteristika materiálu [Pa]

μ_0 zaplnění nestlačeného vlákenného materiálu [1]

μ zaplnění vlákenného materiálu po stlačení [1]

μ_m mezní zaplnění [1]

Pro oblast malých zaplnění ($\mu_0 \leq \mu \leq \mu_m$) jsou jmenovatelé obou zlomků přibližně rovny 1 a funkce (11) je téměř totožná s původní rovnicí (8). [2]

2.9 STRUKTURA POJENÝCH NETKANÝCH TEXTILIÍ

Můžeme rozlišit tři základní typy struktur pojených netkaných textilií:

- *segmentová struktura*
- *aglomerační struktura*
- *bodová struktura*

Segmentová struktura

Segmentová struktura vzniká při pojení roztoky nebo disperzemi pojiv.

Pojivo smáčí povrch vláken a vytváří na něm tenkou vrstvičku (tzv.film). Tato struktura vede ke značné fixaci úseků vláken, které se pak nemohou při malých zatíženích přeskupovat. To způsobuje vyšší ohybovou tuhost a hodnotu počátečního modulu v tahu.

Aglomerační struktura

Aglomerační struktura se vyskytuje při pojení monokomponentními vlákny.

Pojivo je náhodně a nerovnoměrně rozdělené. Pojivá fáze pokrývá jen část povrchu vláken, zejména v místech jejich vzájemného překřížení nebo se vyskytuje v oblasti mezivláknenných prostor a je nespojitá. Při tepelném zpracování dochází ke shlukování pojiva a vytváření podstatně větších míst spojů, než by odpovídalo velikosti místa dotyku vláken. U této struktury může část pojiva ležet mimo oblast vláken a procesu pojení se tak neúčastní.

Bodová struktura

Bodová struktura vzniká při pojení bikomponentními vlákny.

Struktura představuje uspořádání pojiva pouze do míst překřížení jednotlivých vláken navzájem se dotýkajících. Malá plocha pojících míst vyžaduje pro dostatečné zpevnění dobrou soudržnost obou složek textilie. Pohyblivost pojícího místa je malá, avšak pohyblivost celého vlákenného systému je vysoká díky velkému množství volných úseků vláken. Takové textilie se vyznačují nízkým počátečním modulem, pevností v dalším trhání, dobrým omakem a prodyšností. [6]



a) segmentová

b) aglomerační

c) bodová

obrázek 12: typy struktur pojených netkaných textilií

Teplovzdušné pojení termoplastickými vlákny vede ke vzniku aglomerační struktury v případě pojení monokomponentními vlákny nebo ke struktuře bodové při použití bikomponentních vláken. Po roztavení v teplovzdušné pojící komoře se pojivo přeskupuje a formuje spoje mezi vlákny v závislosti na faktorech uvedených (viz.kap.2.4.2.)

2.10 ZKUŠEBNÍ METODY A NORMY

2.10.1 Tloušťka objemných textilií DIN 53 855 [10]

Norma stanovuje postup zjišťování tloušťky objemných netkaných textilií s tloušťkou větší než 20 mm. Tloušťka t je definována jako vzdálenost mezi lící a rubní stranou textilie, která se nachází mezi dvěma rovnoběžnými deskami pod stanoveným tlakem. Velikost měřicích desek a rozměry vzorku jsou totožné a činí (200 x 200) mm². Vrchní deska zatěžuje materiál tlakem 20 Pa. Výsledná průměrná tloušťka se určí z deseti měření.

2.10.2 Plošná hmotnost netkaných textilií EDANA 40.3.-90 [11]

Plošná hmotnost m_s netkané textilie se vyjadřuje v g/m² a má být určena ze zkušebních vzorků velikosti 50 000 mm², které jsou vyseknuty z většího kusu textilie. Pokud nemáme dostatek materiálu, vysekneme co možná největší pravoúhelník netkané textilie, změříme jeho plochu a určíme hmotnost.

Plošná hmotnost se vypočítá podle vztahu (12).

$$m_s = \frac{m}{A} \quad (12)$$

m_splošná hmotnost [g/m²]

mhmotnost vzorku [g]

Aplocha vzorku [m²]

Hmotnost zkušebního vzorku se určí s přesností na 0,1 % hmotnosti vzorku. Pro každý vzorek se vypočte plošná hmotnost, stanoví se průměrná hodnota a pokud je vyžadováno (pro nejméně pět zkušebních vzorků) se stanoví směrodatná odchylka.

2.10.3 Objemová hmotnost netkaných textilií ČSN 80 0845 [12]

Objemová hmotnost m_v netkané textilie se vyjadřuje v kg/m^3 a vypočítá se podle vztahu (13).

$$m_v = \frac{m_s}{t} \quad (13)$$

m_vobjemová hmotnost [kg/m^3]

m_splošná hmotnost [g/m^2]

ttloušťka vzorku [mm]

Výsledná hodnota je průměrem z deseti měření.

2.10.4 Pružnost v tlaku vláknenných roun, netkaných textilií a vat DIN 54 305 [13]

Zkouška slouží k určení pružnosti v tlaku vláknenných roun, netkaných textilií a vat měřením stlačení a následujícího zotavení.

Tloušťka a - vzdálenost mezi horní a dolní stranou měřeného vzorku, která je měřena jako vzdálenost dvou protilehlých ploch, mezi nimiž se měřený vzorek nachází.

Normovaná tloušťka a_x - tloušťka měřeného vzorku při zatížení destičkou vážící x (g).

Zkušební zařízení - je složeno ze dvou plochých desek o rozměrech (110 x 110) mm^2 , mezi kterými lze stlačovat zkušební tělesa. Je opatřeno registrací průběhu zatěžování a odlehčování.

Zkušební tělesa - mají rozměry (100 $\pm$ 1) mm x (100 $\pm$ 1) mm a výška (50 $\pm$ 1) mm.

V případě, že zkoušený materiál nemá předepsanou tloušťku je nutné jej navrstvit tak, aby jednotlivé vrstvy byly vzájemně pootočený vždy o 90° a celková tloušťka byla nejméně 50 mm. Pro jednu zkoušku je nutno změřit nejméně 5 zkušebních těles.

Postup zkoušky:

Normovaná tloušťka a_x se určí měřením tloušťky vzorku mezi základní a měřicí deskou ve všech čtyřech rozích. Výsledná tloušťka je průměrem z těchto čtyř hodnot. Z těchto hodnot se vypočítá hodnota průměrná. Každý měřený vzorek se zváží a určí se plošná hmotnost (viz. kap. 2.10.2. - vztah (12)).

Určení pružnosti v tlaku každého měřeného vzorku se stanoví po pátém zatěžovacím cyklu. Zkušební vzorek je v každém cyklu zatížen silou 100N/100 cm^2 rychlostí 25

mm/min. Ihned po dosažení dané síly je stejnou rychlostí síla snížena až na nulovou hodnotu. Po pátém cyklu je změřena tloušťka vzorku v [mm]. Poté se vzorek na 3 minuty odlehčí a opět se změří jeho tloušťka.

Vyhodnocení zkoušky:

Pro vyhodnocení se určí hodnota tloušťky vzorku při dosažení maximální síly $100\text{N}/100\text{cm}^2$ v pátém zatěžovacím cyklu, hodnota tloušťky po 3 minutách relaxace a normovaná tloušťka a_x .

2.10.5 Odpor proti stlačení měkkých lehčených polymerních materiálů ČSN 64 5441 [14]

Zkouška slouží k určení odporu proti stlačení měkkých lehčených polymerních materiálů s hustotou do 250 kg/m^3 a spočívá v opakovaném stlačování zkušební tělesa konstantní rychlostí a registrací síly ve čtvrtém zatěžovacím cyklu.

Odpor proti stlačení - vyjadřuje závislost mezi napětím a stlačením. Je to poměr síly a plochy zkušební tělesa v (kPa).

Zkušební zařízení – umožňuje stlačit zkušební těleso mezi podložkou a stlačovací deskou, která se pohybuje konstantní rychlostí. Zaznamenává sílu a měří tloušťku zkušební tělesa.

Zkušební tělesa – mají rozměry $(100 \pm 1)\text{ mm} \times (100 \pm 1)\text{ mm}$ a tloušťku $(50 \pm 1)\text{ mm}$.

Plocha zkušebních vzorků musí být větší než 2500 mm^2 a nesmí přesahovat stlačovací desku. Pro jednu zkoušku je nutné změřit nejméně 3 zkušební tělesa.

Postup zkoušky:

Zkušební těleso se stlačuje deskou rychlostí $(100 \pm 10)\text{ mm/min}$ o $(75 \pm 5)\%$ své původní tloušťky. Potom se stejnou rychlostí odlehčuje a zatěžovací a odlehčovací cyklus se opakuje ještě dvakrát. Při čtvrtém cyklu se zjišťuje síla (N) při dané deformaci.

Vyhodnocení zkoušky:

Určí se odpor proti stlačení jako poměr síly potřebné ke stlačení vzorku o 75 % jeho původní tloušťky ve čtvrtém zatěžovacím cyklu a plochy zkušební tělesa.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 POUŽITÝ VLÁKENNÝ MATERIÁL

3.1.1 Objemné vrstvy

Pro výrobu dvou kolmo kladených objemných vrstev byla použita základní vlákna polyesterová, vlněná, polypropylenová a pojivá vlákna polyester-kopolyester. PES vlákna se vyznačují dobrou tažností, odolností vůči chemikáliím a bakteriím, tepelnou odolností do 200°C, nízkou odolností proti alkáliím a degradací UV zářením. Vlněná vlákna mají plstící schopnost. POP vlákna jsou odolná proti chemikáliím, vodě a oděru, mají nízkou odolnost proti UV záření.

Objemná textilie PES				
vlákna	hmotnostní % ve směsi [%]	délková hmotnost [dtex]	délka vláken [mm]	teplota tání [°C]
PES	31	17	85	256
PES	31	6,7	60	256
vlna	18	12,4	95	-
BICO PES/coPES typu jádro-plášť	20	2,2	30	140 ÷ 150

tabulka 1: složení objemné textilie PES

Objemná textilie POP				
vlákna	hmotnostní % ve směsi [%]	délková hmotnost [dtex]	délka vláken [mm]	teplota tání [°C]
POP dutá	80	11	60	170
BICO POP/PE Herkules T 425	20	3,3	38	120 ÷ 130

tabulka 2: složení objemné textilie POP

3.1.2 Výztužné komponenty

Byly použity tři druhy výztužných komponentů. Tkanina z juty o plošné hmotnosti 470 gm^{-2} byla použita z hotového výrobku a k objemné vrstvě připojena pomocí nízkotající polyetylenové netkané textilie o plošné hmotnosti 50 gm^{-2} zvané PETEX. Pro výrobu vpichované netkané textilie byla použita bikomponentní vlákna polypropylen/polyetylen. Vpichovaná netkaná textilie byla k objemné vrstvě připojena jednak samostatně a jednak pomocí vrstvy PETEX. Vpichovaný výztužný komponent, použitý samostatně, byl vyroben o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} . POP vlákna jsou odolná proti chemikáliím, vodě a oděru, mají nízkou odolnost proti UV záření. PE vlákna jsou odolná vůči vodě, alkáliím a kyselinám kromě kyseliny dusičné a sírové.

Vpichovaná textilie			
vlákna	délková hmotnost [dtex]	délka vláken [mm]	teplota tání [°C]
BICO POP/PE	30	60	120(PE)

tabulka 3: složení vpichované textilie

3.2 SYSTÉM ZNAČENÍ VZORKŮ

Označení	Objemná textilie (viz.tab.1,2)	Výztužný komponent (viz.kap.3.1.2)	Plošná hmotnost [gm ⁻²] podle EDANA 40.3.90	Objemová hmotnost [gm ⁻³] dle ČSN 80 0845
1a	PES	Juta + PETEX	1308	42192
2a	POP	Juta + PETEX	1132	36511
1b	PES	Vpichovaná text., 500gm ⁻² + PETEX	1322	40376
2b	POP	Vpichovaná text., 500gm ⁻² + PETEX	1352	38618
1c	PES	Vpichovaná text., 500gm ⁻²	1272	37421
2c	POP	Vpichovaná text., 500gm ⁻²	1289	36818
1d	PES	-	665	22543
2d	POP	-	650	23214
1e	PES	Vpichovaná text., 200gm ⁻²	940	27246
2e	POP	Vpichovaná text., 200gm ⁻²	770	23547
1f	PES	Vpichovaná text., 300gm ⁻²	1060	30195
2f	POP	Vpichovaná text., 300gm ⁻²	1110	31533
1g	PES	Vpichovaná text., 400gm ⁻²	1120	31572
2g	POP	Vpichovaná text., 400gm ⁻²	1198	33189

tabulka 4: systém značení vzorků

3.3 PŘÍPRAVA VZORKŮ

Vzorky byly vyrobeny v poloprovoze katedry netkaných textilií.

3.3.1 Příprava vpichovaného výztužného komponentu

Vpichovaná textilie byla vyrobena o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500g^m⁻². Vlákněná surovina byla dávkována do válcového mykacího stroje, pavučina uložena vertikálním kladečem do vlákněné vrstvy složené ze šikmých skladů a zpevněna ve vpichovacím stroji.

Parametry zařízení:

▪ dávkování do mykacího stroje	80g/90s
▪ odváděcí rychlost vpichovacího stroje	0,3 m.min ⁻¹
▪ hloubka vpichu	6mm
▪ frekvence jehelné desky	200 min ⁻¹

3.3.2 Příprava objemných textilií

Objemná textilie PES (viz.tab.1) a objemná textilie POP (viz.tab.2) byly připraveny stejným postupem pouze z odlišnou teplotou pojení v teplovzdušné komoře. Vlákněná surovina byla dávkována do válcového mykacího stroje, pavučina uložena vertikálním kladečem do vlákněné vrstvy složené ze šikmých skladů a zpevněna ve vpichovacím stroji. Takto předzpevněné rouno bylo zpracováno na lince složené z válcového mykacího stroje, vibračního kolmého kladeče a teplovzdušné komory. K vlákněné vrstvě, vytvořené kolmým kladečem, je přiveden výztužný komponent a spolu jsou propojeny v teplovzdušné komoře.

Parametry zařízení na předzpevnění:

▪ dávkování do mykacího stroje	80g/90s
▪ odváděcí rychlost vpichovacího stroje	0,55 m.min ⁻¹
▪ hloubka vpichu	7 mm
▪ frekvence jehelné desky	200 min ⁻¹

Parametry linky:

▪ příváděcí rychlost mykacího stroje	0,65 m.min ⁻¹
▪ frekvence kolmého kladeče	140 min ⁻¹

- odváděcí rychlost pásu z teplovzdušné komory $0,23 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
- délka komory $1,310 \text{ m}$
- šířka komory $0,5 \text{ m}$

teplota pojení:

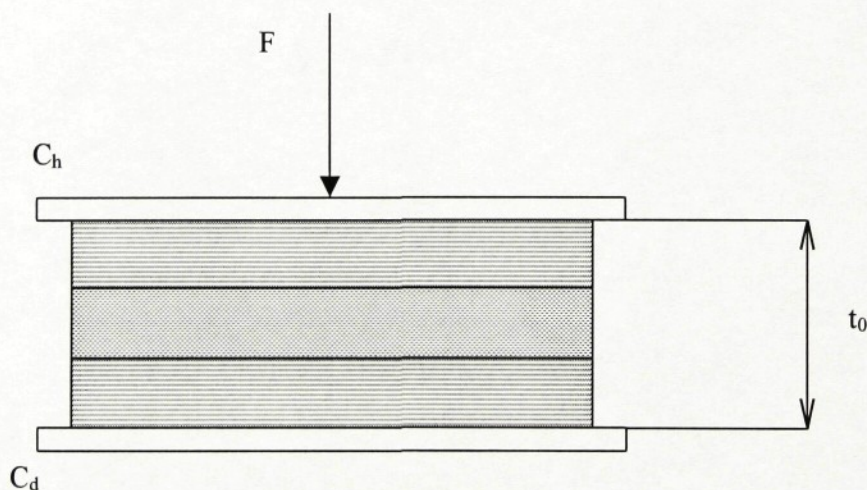
- objemné textilie PES 150°C
- objemné textilie POP 130°C

3.4 PRINCIPY METOD HODNOCENÍ KOMPRESNÍCH VLASTNOSTÍ OBJEMNÝCH TEXTILIÍ

3.4.1 Obrazový popis

V této kapitole budou schematicky znázorněny tři metody. Metoda **A** je srovnávací k navrženým metodám **B** a **C**.

Obrázek 13 a 14 znázorňuje metodu **A**, stanovení původní tloušťky vzorku a stanovení konečné tloušťky před odlehčením materiálu.



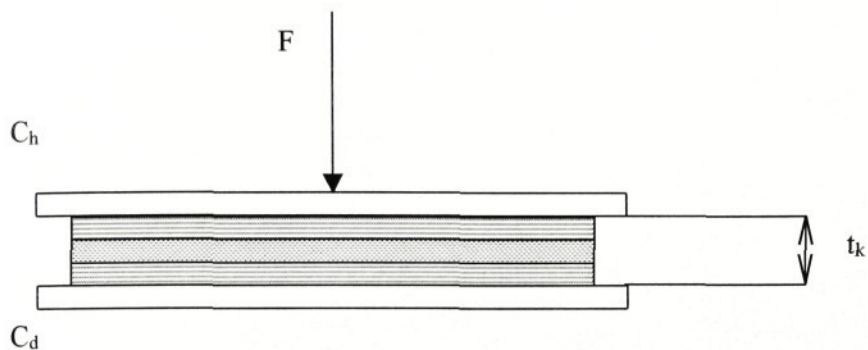
obrázek 13: stanovení původní tloušťky metodou A

C_d ...dolní čelist

C_h ...horní čelist

F ...přítlačná síla [N]

t_0 ...původní tloušťka vzorku při stlačení 20 Pa [mm].



obrázek 14: stanovení konečné tloušťky metodou A

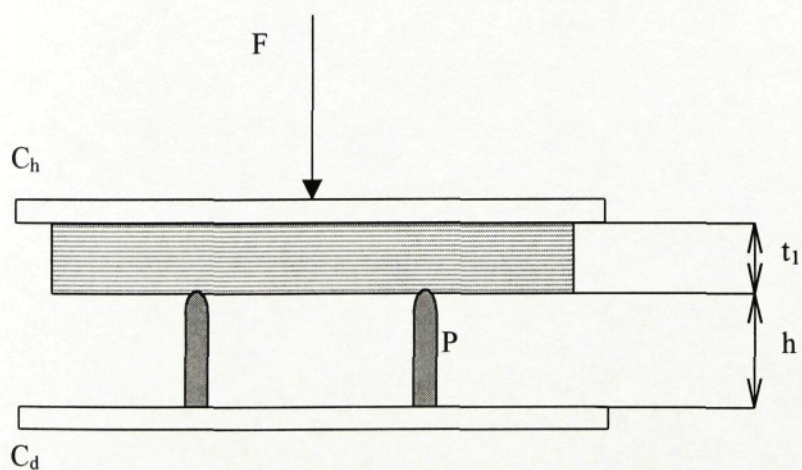
C_d ...dolní čelist

C_h ...horní čelist

F ...přítlačná síla [N]

t_k ...konečná tloušťka vzorku při stlačení 16000 Pa [mm]

Obrázek 15 a 16 znázorňuje metodu **B**, stanovení původní tloušťky vzorku a stanovení konečné tloušťky před odlehčením materiálu.



obrázek 15: stanovení původní tloušťky metodou B

C_d ...dolní čelist

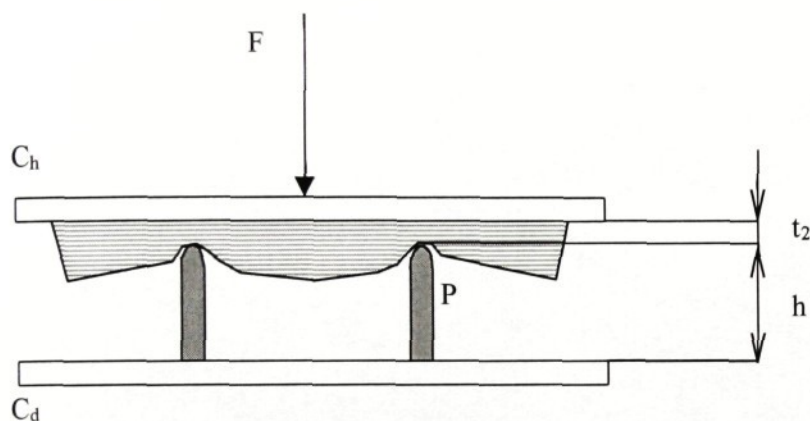
C_h ...horní čelist

F ...přítlačná síla [N]

P_R ...prstenec

h ...výška prstence [mm]

t_1 ...původní tloušťka vzorku při stlačení 20 Pa [mm]



obrázek 16: stanovení konečné tloušťky metodou B

C_d ...dolní čelist

C_h ...horní čelist

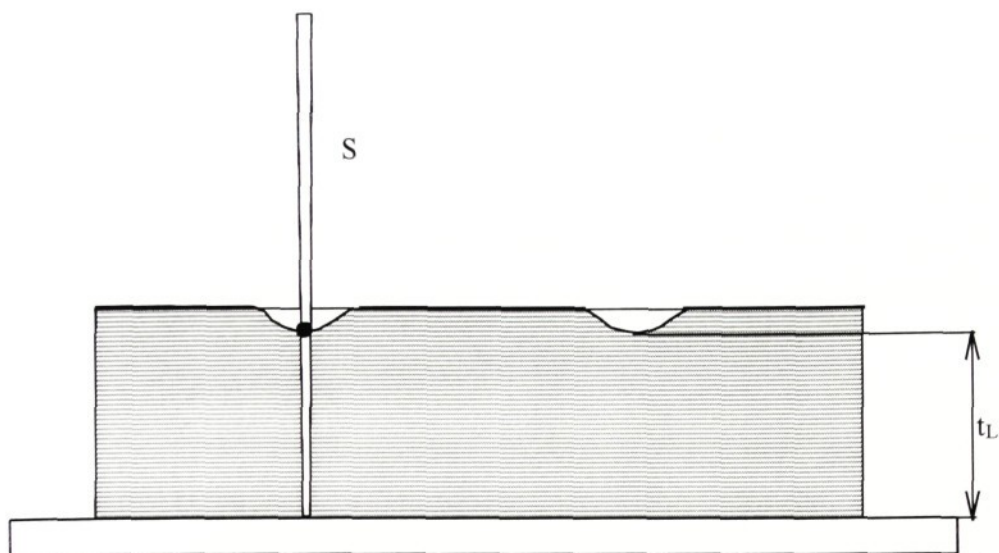
F ...přítlačná síla [N]

P_R ...prstenec

h ...výška prstence [mm]

t_2 ...konečná tloušťka vzorku při stlačení 16000 Pa [mm].

Obrázek 17 a 18 znázorňuje stanovení lokální tloušťky vzorku a stanovení globální tloušťky materiálu metodou C. Původní tloušťka je stanovena stejným postupem jako globální tloušťka (viz. obr. 18). Vzorek je zkoušen postupem uvedeným v dalších kapitolách.

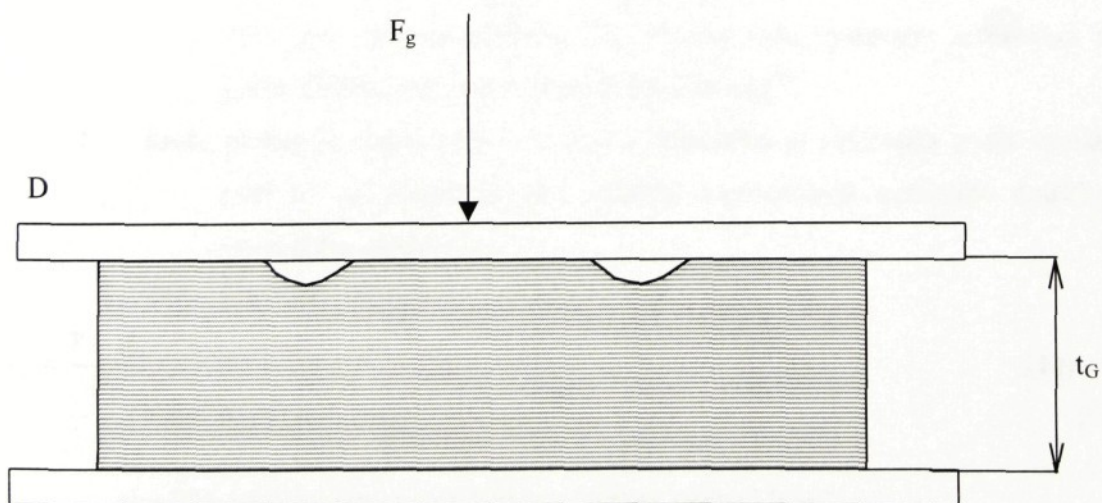


obrázek 17: stanovení lokální tloušťky metodou C

S...sonda k měření lokální tloušťky

t_L ...lokální tloušťka [mm]

Sonda je, po vstupu do materiálu, označena v nejnižším místě kruhové prohlubně. Prohlubeň je do materiálu vytlačena prstencem v průběhu cyklického zatěžování, které je popsáno v dalších kapitolách. Po vytažení sondy z materiálu je posuvným měřítkem změřena vzdálenost od špičky sondy k znaménku.



obrázek 18: stanovení globální tloušťky metodou C

D...přítlačná deska

F_g ...tíha desky [N]

t_G ...globální tloušťka vzorku při stlačení 20 Pa

3.4.2 Metoda A

Tato metoda spočívá v měření tloušťky kolmo kladených vlákných vrstev v závislosti na zatížení. V této práci je zkoušena jako metoda srovnávací k navrhovaným metodám hodnocení kompresních vlastností a spočívá v zatěžování celé plochy vzorku o rozměrech 100 x 100 mm². Vychází z normy DIN 54 305 (znění viz.kap.2.10.4) určení pružnosti v tlaku netkaných textilií. Bylo použito zkušební zařízení TEXTENSER.

1. **krok:** tři vzorky naskládáné na sebe a pootočené o 90° jsou vloženy mezi horní C_h a dolní C_d čelist TEXTENSERU. Vzorky jsou proloženy tenkým papírem, který zamezí vzájemnému pronikání vrstev do sebe. Je zaznamenána křivka deformace [mm] v závislosti na velikosti zatížení [Pa]. Při zatížení 20 Pa se odečte původní tloušťka vzorku (viz.obr.13). Stanovení mezního zatížení vychází z postupu zkoušky dle normy ČSN 64 5441 (znění viz.kap.2.10.5) a je určeno deformací vzorku bez výztužného komponentu přibližně o 75% z původní tloušťky. Při mezním zatížení je určena konečná tloušťka vzorku před odlehčením (viz.obr.14).
2. **krok:** jednotlivé vzorky jsou vloženy do vpichovacího stroje, který je vybaven pevnou a pohyblivou hladkou deskou, namísto jehelné desky. Pohyblivá deska je nastavena tak, aby v mezní poloze byly vzorky stlačovány o 75% své původní tloušťky [7]. Vzorky jsou vystaveny zatěžování o počtu 25000 cyklů a frekvenci desky 200 min⁻¹.
3. **krok:** postup je stejný jako v 1. kroku. **Tloušťka** je stanovena podle vztahu (14) a je vyjádřena jako relativní v procentech z původní tloušťky vzorku dle vztahu (15).

$$t_x = \frac{Y - X}{V_3} \quad (14)$$

t_x.....tloušťka stlačovaného vzorku při libovolném zatížení [mm]

Y.....vzdálenost spodní hrany horní čelisti a vrchní hrany dolní čelisti v počátku měření [mm]

X.....kolmá vzdálenost bodu křivky deformace od osy zatížení na grafickém záznamu [mm]

V_3počet vzorků naskládaných na sebe

$$t_{RX} = \frac{t_X}{t_0} 100 \quad (15)$$

t_{RX}relativní tloušťka při libovolném zatížení [%]

t_Xtloušťka stlačovaného vzorku při libovolném zatížení [mm]

t_0původní tloušťka vzorku při zatížení 20 Pa [mm]

Z výsledků měření je určena **hodnota změkčení**, která je vyjádřena poměrem relativní tloušťky po cyklickém zatěžování (stanovené v 3.kroku) k relativní tloušťce před opakovaným zatěžování (stanovené v 1.kroku) [7].

$$HZ = \frac{t_{RZ}}{t_R} 100 \quad (16)$$

HZhodnota změkčení [%]

t_{RZ}relativní tloušťka po cyklickém zatěžování [%]

t_Rrelativní tloušťka před cyklickým zatěžováním [%].

3.4.3 Metoda B

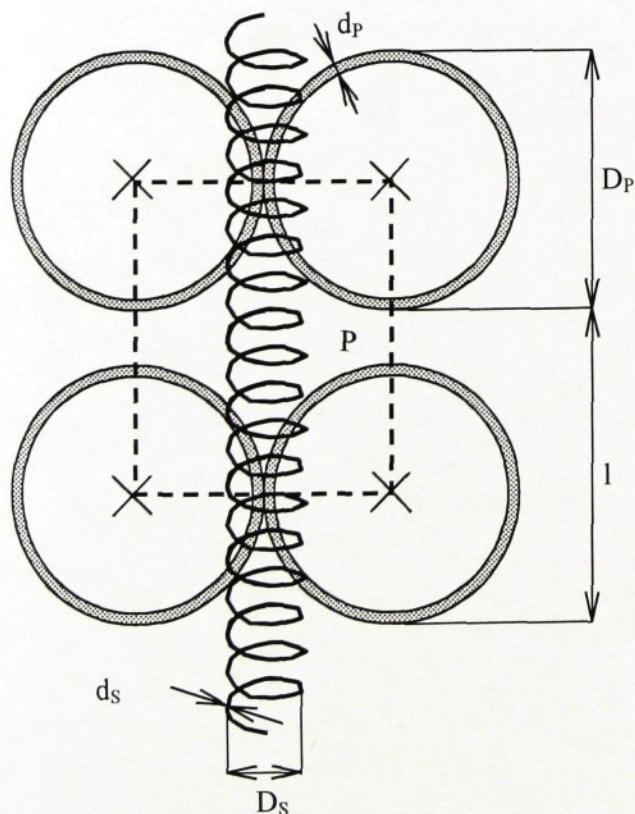
Tato metoda spočívá v měření tloušťky kolmo kladených vlákných vrstev v závislosti na zatížení a je navržena s ohledem na uložení objemných vrstev na pružinové kostře matrace.

3.4.3.1 Návrh metody

Metoda vychází z parametrů nosné pružinové konstrukce v matraci. Nejprve byly změřeny rozměry pružinové konstrukce skutečné matrace, určena elementární stále se opakující plocha konstrukce **P** a vypočítána plocha materiálu konstrukce **p_C**, která nese vláknenný materiál. Nosná plocha je vyjádřena v procentech z elementární plochy.

Byly stanoveny tyto parametry:

- nosné části pružiny: průměr pružiny **D_P**, průměr drátu pružiny **d_P**, vzdálenost středů dvou sousedících pružin **l** a z toho určena nosná plocha pružiny **p_P**;
- rozměry šroubovice: průměr šroubovice **D_S** a průměr drátu šroubovice **d_S** a z toho určena nosná plocha šroubovice **p_S**.



obrázek 19: znázornění nosných objektů objemné vrstvy v matraci. Vyznačení rozměrů a elementu plochy P.

D_p [mm]	d_p [mm]	l [mm]	D_s [mm]	d_s [mm]	P [mm ²]
80	2	95	4	1	7600

tabulka 5: rozměry nosných objektů objemné vrstvy v matraci

Plochu materiálu konstrukce, která nese vlákenný objemný materiál, je potřeba určit pro výpočet zátěže při zkoušení vzorků.

$$P = lD_p \quad (17)$$

Nosná plocha šroubovice byla vyjádřena součinem průměru šroubovice a délkou šroubovice v elementu za předpokladu, že vlákna položená přes více závitů rozvádějí zatížení na celou tuto plochu.

$$p_s = lD_s \quad (18)$$

$$p_p = \frac{\pi D_p^2}{4} - \frac{\pi (D_p - 2d_p)^2}{4} = \pi (D_p d_p - d_p^2) \quad (19)$$

$$p_c = p_s + p_p = lD_s + \pi (D_p d_p - d_p^2) \quad (20)$$

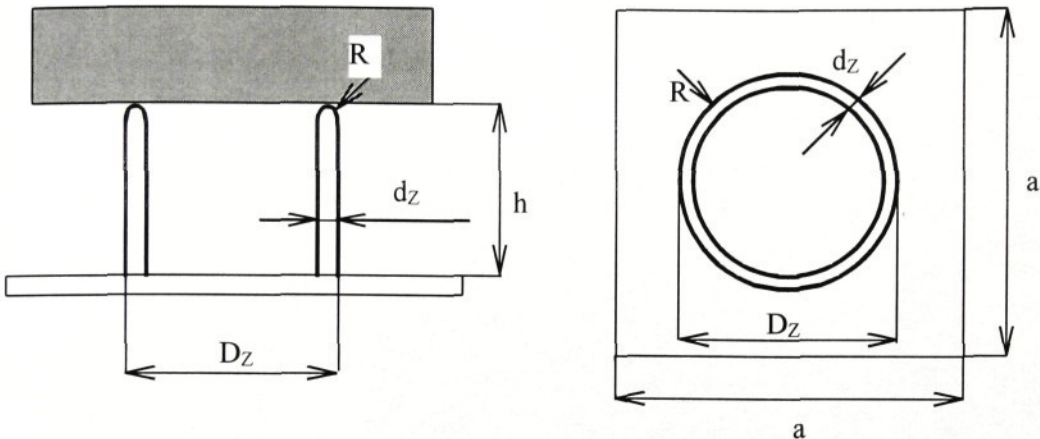
Podle vztahu (17) je plocha elementu 7600mm². Podle vztahu (20) je nosná plocha materiálu konstrukce v elementu 870mm².

$$P_N = \frac{p_c}{P} 100 \quad (21)$$

P_Nnosná plocha materiálu konstrukce vyjádřená v % z elementu plochy [%]

Podle vztahu (21) je nosná plocha materiálu konstrukce tedy 11,4% z plochy elementu.

Podle skutečných rozměrů pružinové kostry (viz.obr.19) bylo navrženo zkušební těleso pro vzorky 100x100 mm².



obrázek 20: zkušební těleso navržené s ohledem na rozměry zkušební vzorku

- D_Z ...průměr zkušebního tělesa (prstence) [mm]
- d_Z ...tloušťka stěny prstence [mm]
- R ... poloměr zaoblení [mm]
- h ... výška prstence [mm]
- a ...rozměry vzorku [mm]

D_Z [mm]	d_Z [mm]	R [mm]	h [mm]	a [mm]
62	2	1	25	100

tabulka 6: rozměry zkušebního tělesa a zkušební vzorku

Pro výpočet zátěže při zkoušení vzorků je potřeba určit plochu zkušebního tělesa S_z , která nese objemný vlákenný materiál.

$$S_z = \frac{\pi D_z^2}{4} - \frac{\pi (D_z - 2d_z)^2}{4} = \pi (D_z d_z - d_z^2) \tag{22}$$

Podle vztahu (22) je nosná plocha zkušebního tělesa tedy 0,000377m².

Dále je potřeba určit skutečné zatížení objemné vrstvy uložené na pružinové konstrukci v matraci. Zatížení bylo zjištěno experimentálně a vycházelo z tlaku p způsobeného sedícím člověkem.

- váha subjektu $m_s = 70\text{kg}$
- plocha sedu subjektu $S_s = 0,046\text{m}^2$

$$p = \frac{m_s g}{S_s} \quad (23)$$

g ...gravitační konstanta [ms^{-2}]

Tlak sedícího člověka podle vztahu (23) je tedy 15 kPa.

Tlak vyjádřím s ohledem na procentuálně stanovenou nosnou plochu (viz.vztah 21)

$$p_{\%} = \frac{p}{P_N} 100 \quad (24)$$

$p_{\%}$...tlak na nosnou plochu vyjádřenou v % z plochy elementu [Pa]

P_N ...nosná plocha materiálu konstrukce vyjádřená v % z elementu plochy [%]

p ...tlak sedícího člověka [Pa]

Tlak sedícího člověka, působící na nosnou plochu vyjádřenou v % z plochy elementu, je tedy 131,6 kPa.

Zátěž, která působí na vzorek při zkoušení, je vyjádřena nosnou plochou zkušebního tělesa S_Z (vztah 22) a tlakem sedícího člověka, působícím na nosnou plochu konstrukčního materiálu vyjádřeného procentem z elementární plochy $p_{\%}$ (vztah 24).

$$m_Z = \frac{S_Z p_{\%}}{g} \quad (25)$$

m_Z ... hmotnost závaží [kg]

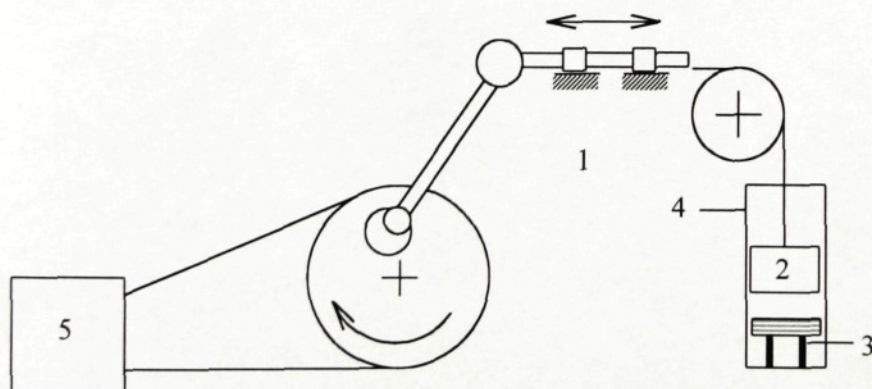
g ...gravitační konstanta [ms^{-2}]

Hmotnost závaží, které je potřeba pro zkoušení vzorků, je tedy 5kg.

3.4.3.2 Realizace metody

Tato metoda spočívá v měření tloušťky kolmo kladených vlákných vrstev v závislosti na zatížení a její postup vychází z postupu měření srovnávací metodou A.

1. **krok:** vzorek je položen na zkušební těleso (viz. obr. 20) mezi horní C_h a dolní C_d čelist TEXTENSERU. Je zaznamenána křivka deformace [mm] v závislosti na velikosti zatížení [Pa]. Při zatížení 20 Pa se odečte původní tloušťka vzorku (viz. obr. 15). Stanovení mezního zatížení vychází z postupu zkoušky dle normy ČSN 64 5441 (znění viz. kap. 2.10.5) a je určeno deformací vzorku, položeném na zkušebním tělese, bez výztužného komponentu přibližně o 75% z původní tloušťky. Při mezním zatížení je určena konečná tloušťka vzorku před odlehčením (viz. obr. 16).
2. **krok:** vzorek je vložen do zkušebního zařízení (obr. 21) a vystaven zatěžování o počtu 1000 cyklů a frekvenci závaží $38,5 \text{ zdvihů} \cdot \text{min}^{-1}$. Vzorek leží na zkušebním tělese a je stlačován tíhou závaží.



obrázek 21: zkušební zařízení

- 1... pohybové ústrojí
- 2... závaží (hmotnost určena v kapitole 3.4.3.1)
- 3... zkušební těleso (prstenec) se vzorkem
- 4... omezovač dráhy závaží
- 5... pohon stroje

3. **krok:** vzorek je zkoušen způsobem popsaným v 1. koku. **Tloušťka** je stanovena podle vztahu (26) a je vyjádřena jako relativní v procentech z původní tloušťky vzorku dle vztahu (15).

$$t_x = Y - h - X \quad (26)$$

t_xtloušťka stlačovaného vzorku při libovolném zatížení [mm]

Yvzdálenost spodní hrany horní čelisti a vrchní hrany dolní čelisti v počátku měření [mm]

Xkolmá vzdálenost bodu křivky deformace od osy zatížení na grafickém záznamu [mm]

hvýška zkušebního tělesa [mm]

Z výsledků měření je určena **hodnota změkčení** (viz.vztah 16), která je vyjádřena poměrem relativní tloušťky po cyklickém zatěžování (stanovené v 3.kroku) k relativní tloušťce před opakovaném zatěžování (stanovené v 1.kroku).

3.4.4 Metoda C

3.4.4.1 Návrh metody

Zkušební těleso a zkušební zařízení je navrženo v kapitolách 3.4.3.1 a 3.4.3.2.

3.4.4.2 Realizace metody

Tato metoda je navržena pro měření tzv. lokální tloušťky vzorku v místech, které jsou nejvíce zatěžovány, tedy v místech ležících přímo na zkušebním tělese. Měřena je také tloušťka globální, tedy tloušťka v celé ploše vzorku.

1. **krok:** je měřena původní tloušťka vzorku. Měření vychází z normy DIN 53 855 (popsané v kap.2.10.1).
2. **krok:** vzorek je položen na zkušební těleso (obr.20) ve zkušebním zařízení (obr.21) a je zatěžován závažím o hmotnosti 5kg (výpočet viz.kap.3.4.3.1), o počtu 1000 cyklů a frekvenci závaží 38,5zdvihů.min⁻¹.
3. **krok:** měřena je lokální tloušťka pomocí sondy, což je válcovité těleso (o průměru cca 1mm) zakončené špičkou pro snadný průnik do vlákenného materiálu. Je měřena tloušťka vzorku v místech prohlubně vytvořené zkušebním tělesem (prstencem) v průběhu opakovaného namáhání v 2. kroku. Lokální tloušťka jednoho vzorku je stanovena aritmetickým průměrem ze čtyř měření. Vzorek je změřen jednak ihned po cyklickém zatěžování a jednak po relaxaci 24 hodin. Sonda je zavedena (kolmo k ploše materiálu) do vzorku, který je položen na rovné hladké desce, a označena v nejnižším místě prohlubně (viz.obr.17). Po vytažení sondy z materiálu je posuvným měřítkem změřena vzdálenost od špičky sondy k znaménku.

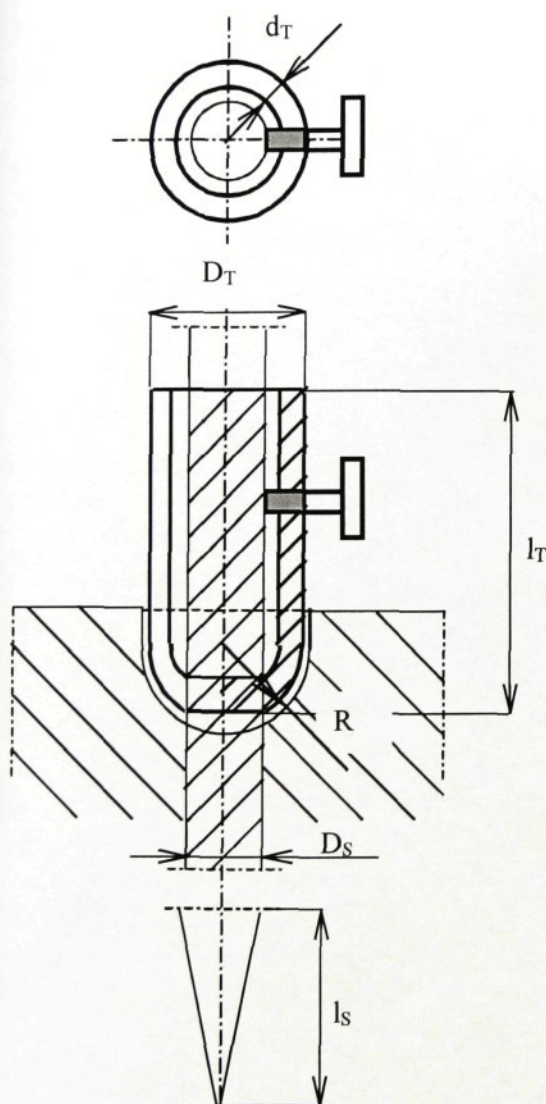
Pozn.: tloušťka nebyla měřena pod definovaným tlakem, proto bude níže navrženo měřicí těleso, které by zajistilo potřebný přítlak na vzorek.

Dále je měřena globální tloušťka, tedy tloušťka celého objektu, podle normy DIN 53 855 (popsané v kap.2.10.1). Tloušťka vzorku je měřena pod přítlakem 20 Pa.

Tloušťka je vyjádřena jako relativní v procentech z původní tloušťky vzorku dle vztahu (15).

3.4.4.3 Modifikace metody

Metoda navržená a realizovaná v kapitolách 3.4.4.1 a 3.4.4.2 nepočítala při stanovení tloušťky s definovaným přtlakem měřicího tělesa (sondy), proto bude nyní teoreticky navrženo měřicí těleso, kterým bude možno měřit tloušťku vzorku pod definovatelným přtlakem. Přtlak bude realizován tíhou tělesa ve tvaru pouzdra, který je možno posunout po sondě popsané výše a po dopadu na materiál upevnit šroubkem.



obrázek 22: návrh měřicího tělesa s přtlakem na vlákenný materiál

D_T , d_T , l_T , R ... parametry přtláčného tělesa (pouzdra) [mm]

D_S , l_S ... parametry sondy [mm]

4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH DISKUSE

Experiment porovnává dva druhy objemných vlákenných vrstev, tři různé výztužné komponenty o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} a výztužné vpichované materiály o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} . Byla měřena tloušťka materiálu v závislosti na zatížení pomocí tří metod.

4.1 METODA A

Graf 1 a 2 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené třemi různými komponenty o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} a vzorek bez výztužného komponentu (popsané v kap.3.1.2 a 3.2) hodnocené před cyklickým zatěžováním.

- objemná textilie POP vykazuje obecně vyšší **odolnost ve stlačení** než objemná textilie PES, což je způsobeno dutým profilem polypropylenových vláken, který je více odolný zatížení než plný profil polyesterových vláken.
- objemná textilie PES bez výztužného komponentu vykazuje významně nižší **odolnost ve stlačení** než objemná textilie zpevněná výztužnými komponenty, mezi kterými není statisticky významný rozdíl (graf 1).
- ke zvýšení **odolnosti v tlaku** objemné textilie POP nejvíce přispívá výztužný komponent z vpichované textilie a PETEXU, což může být způsobeno jeho vyšší objemovou hmotností v porovnání s ostatními výztužnými komponenty (graf 2).

Graf 3 a 4 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené třemi různými komponenty o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} a vzorek bez výztužného komponentu hodnocené po cyklickém zatěžování.

- u všech zkoušených materiálů byl po cyklickém zatěžování zaznamenán pokles **odolnosti ve stlačení**, který byl způsoben uvolněním spojů pojiva a vlákna v průběhu opakovaného namáhání. Jinak pořadí křivek zkoušených materiálů zůstalo stejné jako před opakovaným zatěžováním.

V grafu 5 a 6 (příloha 1) jsou porovnávány křivky změkčení vzorků, které jsou vyztužené třemi různými komponenty o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} a vzorku bez výztužného komponentu. V průběhu cyklického zatěžování dochází k porušení materiálu a tedy k jeho změkčení. Čím nižší je **hodnota změkčení** (dána vztahem 16), tím více je materiál změkčen.

- průběh křivky **změkčení** ukazuje nejprve v počátku zatěžování velký vliv porušení materiálu a poté zpravidla snižující se vliv porušení materiálu při zvětšujícím se zatížení.
- nejvíce byl **změkčen** materiál vyztužený jutovou tkaninou a PETEXEM, což by mohlo být vysvětleno tímto. V průběhu cyklického zatěžování jsou porušena místa spojů jednak mezi vlákny objemné vrstvy a pojivem (PETEX) a jednak mezi pojivem a vlákny jutové tkaniny. Jednotlivé vrstvy jsou tedy od sebe částečně odděleny a přestávají plnit funkci výztuže (graf 5).
- v případě POP objemného materiálu byl nejvíce **změkčen** vzorek vyztužený vpichovanou textilií a PETEXEM. Vysvětlení je obdobné jako v předchozím případě. Porušeny jsou spoje mezi vlákny vpichované vrstvy a pojivem a mezi pojivem a objemnou textilií. Také mohou být porušeny spoje vláken ve vpichované textilii (graf 6).

Graf 7 a 8 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} (popsané v kap.3.1.2 a 3.2) hodnocené před cyklickým zatěžováním.

- ke zvýšení **odolnosti v tlaku** objemné PES textilie nejvíce přispívá výztužná vpichovaná textilie o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} , která má tedy největší i objemovou hmotnost v porovnání s ostatními výztužnými komponenty, mezi kterými není v odolnosti statisticky významný rozdíl (graf 7).

- objemná textilie POP s vpichovaným výztužným komponentem o plošné hmotnosti 200 gm^{-2} vykazuje významně nižší **odolnost ve stlačení** než objemné textilie zpevněné ostatními vpichovanými komponenty o vyšších plošných i objemových hmotnostech (graf 8).

Graf 9 a 10 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} hodnocené po cyklickém zatěžování.

- u všech zkoušených materiálů byl po cyklickém zatěžování zaznamenán pokles **odolnosti ve stlačení**, který byl způsoben uvolněním spojů pojiva a vlákna v průběhu opakovaného namáhání.

V grafu 11 a 12 (příloha 1) jsou porovnávány křivky změkčení vzorků, které jsou vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} . V průběhu cyklického zatěžování dochází k porušení materiálu a tedy k jeho změkčení. Čím nižší je **hodnota změkčení** (dána vztahem 16), tím více je materiál změkčen.

- nejméně byl **změkčen** PES materiál vyztužený vpichovanou textilií o plošné hmotnosti 400 gm^{-2} . Jednotlivé vzorky vyztužené touto vpichovanou textilií měřené touto metodou měly menší objemovou hmotnost (28752 gm^{-3}), než je průměrná objemová hmotnost tohoto materiálu stanovená podle ČSN 80 0845 (kap.2.10.3). Takto vyrobený vpichovaný materiál je měkčí a pružnější, proto je více odolný v deformaci (graf 11).
- nejméně byl **změkčen** POP materiál vyztužený vpichovanou textilií o plošné hmotnosti 200 gm^{-2} , tento vpichovaný materiál je měkčí a pružnější, proto více odolává cyklickému zatěžování než vpichované materiály s vyšší objemovou hmotností, které jsou tvrdší a křehčí (graf 12).

4.2 METODA B

Graf 13 a 14 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené třemi různými komponenty o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} a vzorek bez výztužného komponentu (popsané v kap.3.1.2 a 3.2) hodnocené před cyklickým zatěžováním.

- nejméně **odolný v tlaku** je materiál nevyztužený, ale i materiál vyztužený jutovou tkaninou. Do obou vzorků je vtlačeno zkušební těleso (prstenec), na který materiál doléhá právě vyztuženou stranou. Naopak odolnější jsou materiály vyztužené vpichovanou textilií a vpichovanou textilií + PETEX, mezi kterými není žádný rozdíl. Oba vpichované materiály jsou natolik tvrdé, že prstenec je do nich vtlačen méně.

Graf 15 a 16 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené třemi různými komponenty o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} a vzorek bez výztužného komponentu (popsané v kap.3.1.2 a 3.2) hodnocené po cyklickém zatěžování.

- u všech zkoušených materiálů byl po cyklickém zatěžování zaznamenán pokles **odolnosti ve stlačení**, který byl způsoben uvolněním spojů pojiva a vlákna v průběhu opakovaného namáhání. Jinak pořadí křivek zkoušených materiálů zůstalo stejné jako před cyklickým zatěžováním.
- v případě POP materiálu vyztuženého jutovou tkaninou byl pokles **odolnosti ve stlačení** velmi malý, tkanina byla v průběhu cyklického zatěžování narušena jen minimálně, na rozdíl od vpichovaných textilií a nevyztuženého materiálu (graf 16). Jutová tkanina podkládající PES materiál byla rovněž narušena minimálně, ale PES vlákna s plným profilem jsou v tlaku méně odolná než vlákna POP s dutým profilem a prstenec je vtlačen do objemného materiálu i přes jutový podklad.

V grafu 17 a 18 (příloha 1) jsou porovnávány křivky změkčení vzorků, které jsou vyztužené třemi různými komponenty o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} a vzorku bez výztužného komponentu. V průběhu cyklického zatěžování dochází k porušení materiálu a tedy k jeho změkčení. Čím nižší je **hodnota změkčení** (dána vztahem 16), tím více je materiál změkčen.

- průběh křivky **změkčení** ukazuje nejprve v počátku zatěžování větší vliv porušení materiálu a poté vliv porušení materiálu při zvětšujícím se zatížení kolísá kolem jedné hodnoty. V případě PES nevyztuženého materiálu vliv porušení materiálu se zvětšujícím se zatížení stále stoupá, tento materiál je porušen prstencem více než ostatní vyztužené materiály.
- nejvíce byl **změkčen** materiál, který nebyl vyztužen, protože prstenec byl do objemné textilie nejvíce vtlačen a tím byly porušeny spoje mezi vlákny a pojivem.
- nejméně byl porušen PES materiál vyztužený vpichovanou textilií + PETEX, tento vyztužný komponent je nejvíce tvrdý a nedovoluje vtlačení prstence do objemného materiálu. Na druhou stranu byl nejméně porušen POP materiál vyztužený jutovou tkaninou, přes kterou může být prstenec vtlačen do materiálu, ale POP vlákna s dutým profilem jsou odolnější v tlaku a nedochází tedy k velkému porušení objemného materiálu. Více byl změkčen POP materiál vyztužen vpichovanou textilií, do které byl prstenec více vtlačen než do jutové tkaniny.

Graf 19 a 20 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} (popsané v kap.3.1.2 a 3.2) hodnocené před cyklickým zatěžováním.

- materiál byl **odolnější ve stlačení** se vzrůstající plošnou resp. objemovou hmotností vyztužných vpichovaných komponentů

Graf 21 a 22 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} hodnocené po cyklickém zatěžování.

- u všech zkoušených materiálů byl po cyklickém zatěžování zaznamenán pokles **odolnosti ve stlačení**, který byl způsoben uvolněním spojů pojiva a vlákna v průběhu opakovaného namáhání. Jinak pořadí křivek zkoušených materiálů zůstalo stejné jako před cyklickým zatěžováním.

V grafu 23 a 24 (příloha 1) jsou porovnávány křivky změkčení vzorků, které jsou vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} .

V průběhu cyklického zatěžování dochází k porušení materiálu a tedy k jeho změkčení. Čím nižší je **hodnota změkčení** (dána vztahem 16), tím více je materiál změkčen.

- čím větší je plošná resp. objemová hmotnost výztužných vpichovaných komponentů, tím méně je objemový materiál **změkčen**, lze to vysvětlit větší tuhostí výztužných materiálů, která nedovolí zatlačení prstence do objemného materiálu a tím menší porušení jeho struktury.
- z průběhu křivky **změkčení** lze usoudit, že vliv porušení materiálu se zpravidla zvětšuje se zvyšujícím se zatížením.

4.3 METODA C

Touto metodou je stanovena odolnost materiálu ve stlačení pomocí měření lokální a globální tloušťky po cyklickém zatěžování. Měření je provedeno jednak ihned po cyklickém zatěžování a jednak po relaxaci 24 hod.

Tloušťka je vyjádřena jako **relativní** v procentech z původní tloušťky vzorku dle vztahu (15). Vyhodnocení je provedeno pomocí relativní tloušťky pro lepší porovnání vzorků s odlišnou původní tloušťkou, ale nelze určit jestli tloušťka materiálu neovlivní hloubku drážky. Proto bych navrhla vyzkoušet touto metodou materiál o různých tloušťkách.

Graf 25 a 26 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené třemi různými komponenty o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} a vzorek bez výztužného komponentu (popsané v kap.3.1.2 a 3.2) hodnocené ihned po cyklickém zatěžování.

- prstenec se nejlépe vtláčil do nevyztuženého objemného materiálu
- přes jutovou tkaninu se prstenec vtláčil do objemného PES materiálu a poškodil spoje mezi vlákny a pojivem – došlo tedy převážně ke změkčení objemné textilie, naproti tomu prstenec vtláčený do POP materiálu vyztuženého jutovou tkaninou spoje tolik nepoškodil, protože POP vlákna s dutým profilem jsou více **odolná ve stlačení** než PES vlákna s plným profilem.
- v případě POP odolných vláken je prstenec více vtláčen do měkčího výztužného vpichovaného komponentu než do tuhé jutové tkaniny a jsou poškozeny spíše spoje mezi vlákny ve vpichované textilii – došlo tedy převážně ke změkčení vpichované textilie (graf 26).

Graf 27 a 28 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené třemi různými komponenty o plošné hmotnosti 500 gm^{-2} a vzorek bez výztužného komponentu (popsané v kap.3.1.2 a 3.2) hodnocené po relaxaci 24 hodin.

- nejméně zrelaxoval vzorek nevyztužený, to znamená že poškození spojů mezi vlákny v objemné textilii má větší vliv na snížení odolnosti než poškození spojů

mezi vlákny ve vpichovaných textiliích. Ovšem objemná textilie představuje nesrovnatelně větší procento tloušťky konečného výrobku než výztužný komponent, proto je nutné tuto metodu vyzkoušet na vzorcích o různé tloušťce. Mezi ostatními výztužnými komponenty nebyl významný rozdíl.

Graf 29 a 30 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} (popsané v kap.3.1.2 a 3.2) hodnocené ihned po cyklickém zatěžování.

- **odolnost** vzorků **v opakovaném stlačování** se zvyšuje se zvyšující se plošnou resp. objemovou hmotností výztužných vpichovaných komponentů
- jednotlivé vzorky vyztužené vpichovanou textilií o plošné hmotnosti 200 gm^{-2} měřené touto metodou měly větší objemovou hmotnost (32154 gm^{-3}), než je průměrná objemová hmotnost tohoto materiálu stanovená podle ČSN 80 0845 (kap.2.10.3). Objemová hmotnost těchto vzorků byla větší než objemové hmotnosti vzorků o plošných hmotnostech 300 a 400 gm^{-2} , proto byl materiál více **odolný v opakovaném zatěžování** (graf 29).

Graf 31 a 32 (příloha 1) porovnává vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200, 300, 400 a 500 gm^{-2} (popsané v kap.3.1.2 a 3.2) hodnocené po relaxaci 24 hodin.

- mezi tloušťkou zrelaxovaných vzorků byl jen velmi malý rozdíl.

5 ZÁVĚR

Metody A a B jsou založeny na měření tloušťky materiálu v závislosti na zatížení před a po opakovaném namáhání. Metoda C hodnotí globální tloušťku v závislosti na zatížení, ale lokální tloušťka je hodnocena bez zatížení, proto je v kap.3.4.4.3 teoreticky navrženo měřicí těleso, kterým bude možno měřit tloušťku vzorku pod definovatelným přitlakem.

Metoda A zatěžuje vzorek v celé jeho ploše, spoje mezi vlákny a pojivem jsou tedy porušeny rovnoměrně v celém výrobku. Metoda B a C zatěžuje vzorek lokálně, tlak je tedy soustředěn pouze na plochu vzorku podepřenou zkušebním tělesem. Spoje mezi vlákny a pojivem jsou porušeny jen v některých místech, ale více než v případě zatěžování celé plochy vzorku.

Objemná textilie POP (složení viz.tab.2, kap.3.1.1) vykazuje obecně vyšší **odolnost ve stlačení** než objemná textilie PES (složení viz.tab.1, kap.3.1.1), což je způsobeno dutým profilem polypropylenových vláken, který je více odolný zatížení než plný profil polyesterových vláken.

U všech zkoušených materiálů byl po cyklickém zatěžování zaznamenán pokles **odolnosti ve stlačení**, který byl způsoben uvolněním spojů vláken a pojiva v průběhu opakovaného namáhání.

Odolnost materiálu ve stlačení roste se zvyšující se plošnou resp. objemovou hmotností výztužných vpichovaných komponentů.

Z výsledků měření metodou A a B je určena **hodnota změkčení**. Závislost hodnoty změkčení určená metodou A je opačná než závislost určená metodou B. S růstem objemové hmotnosti vpichovaného výztužného komponentu je materiál hodnocený metodou A více **změkčen**. Vpichovaný materiál o menší hustotě je měkčí a pružnější, proto více odolává cyklickému zatěžování než vpichované materiály o vyšší hustotě, které jsou tvrdší a křehčí. Naproti tomu čím větší je plošná resp. objemová hmotnost výztužných vpichovaných komponentů hodnocených metodou B, tím méně je objemový materiál **změkčen**. lze to vysvětlit větší tuhostí výztužných materiálů, která nedovolí zatlačení prstence do objemného materiálu a tím dochází k menšímu porušení jeho struktury.

Vyhodnocení všech metod bylo provedeno pomocí relativní tloušťky pro lepší porovnání vzorků s odlišnou původní tloušťkou. Nelze však určit jestli tloušťka materiálu neovlivní hloubku drážky, která je vytlačena zkušebním tělesem (metoda C). Proto bych navrhla vyzkoušet touto metodou materiál o různých tloušťkách.

LITERATURA

- [1] Jirsák,O., Macková,I.: Netkané textilie, TU Liberec, 1997
- [2] Neckář,B.: Morfologie a strukturní mechanika obecných vlákenných útvarů, TU Liberec, 2001
- [3] Krčma,R., Jirsák,O., Hanuš,J.: Stav výroby kolmo kladených objemných textilií, XXV Mezinárodní kolokvium netkaných textilií, Brno 1997
- [4] Lukáš,D.: Teorie netkaných textilií, TU Liberec, 1997
- [5] Krčma,R., Jirsák,O.: New Perpendicular – Laid Nonwovens and Their Properties. In: Edana's 1991 Int. Nonwovens Symposium, Monte Carlo 1991
- [6] Burian,T.: Vliv objemové hmotnosti na vlastnosti kolmo kladených textilií, DP TU Liberec 2001
- [7] Jirsák,O., Burian,T., Sanetrník,F.: Effect of repeated loading on Compressional Rigidity of Highlofts. Fibers and textiles in East Europe, to be published.
- [8] Krčma,R., Jirsák,O., Hanuš,J., Macková,I.: Perpendicular laid bulky Nonwoven, The conference of the Textile Institute's 75 Atlanta 1994
- [9] Krčma,R.: Stroje a chemická technologie netkaných textilií, VŠST Liberec, 1983
- [10] DIN 53 855
- [11] EDANA 40.3.-90
- [12] ČSN 80 0845
- [13] DIN 54 305
- [14] ČSN 64 5441
- [15] ČSN 66 8501
- [16] ČSN 64 0001
- [17] Pavlíková,V.: Chování složených kolmo kladených textilií ve stlačení, DP TU Liberec 1999
- [18] Košková: Struktura a vlastnosti textilních vláken, skripta TU Liberec, 1989

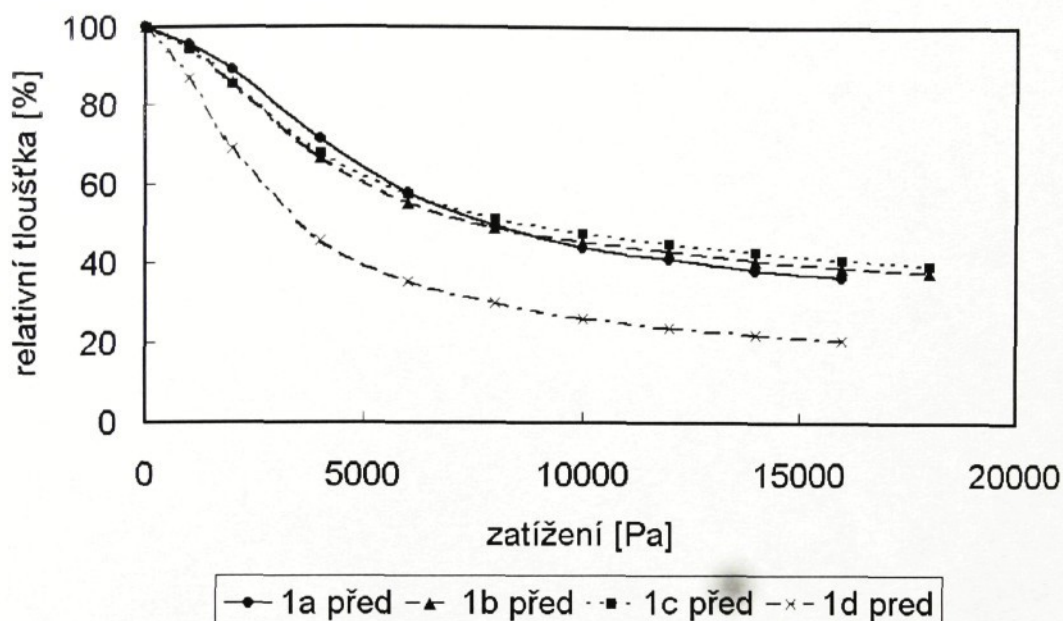
SEZNAM OBRÁZKŮ a TABULEK

obrázek 1: způsoby výroby vláknenné vrstvy	13
obrázek 2: způsoby zpevňování vláknenné vrstvy	13
obrázek 3: výrobní linka pro výrobu kolmo kladených textilií	16
obrázek 4: vibrační kolmý kladeč	17
obrázek 5: rotační kolmý kladeč	18
obrázek 6: charakteristika lamelové struktury	21
obrázek 7: různé tvary lamel	22
obrázek 8: tvary příčných řezů bikomponentních vláken	24
obrázek 9: charakteristické uložení vláken v netkané textilií	26
obrázek 10: vláknenný materiál v nedeformovatelném boxu	28
obrázek 11: granule ve vláknenných kontaktech	30
obrázek 12: typy struktur pojených netkaných textilií	32
obrázek 13: stanovení původní tloušťky metodou A	40
obrázek 14: stanovení konečné tloušťky metodou A	41
obrázek 15: stanovení původní tloušťky metodou B	41
obrázek 16: stanovení konečné tloušťky metodou B	42
obrázek 17: stanovení lokální tloušťky metodou C	43
obrázek 18: stanovení globální tloušťky metodou C	43
obrázek 19: znázornění nosných objektů objemné vrstvy v matraci. Vyznačení rozměrů a elementu plochy P.	46
obrázek 20: zkušební těleso navržené s ohledem na rozměry zkušební vzorku	48
obrázek 21: zkušební zařízení	50
obrázek 22: návrh měřicího tělesa s přitlakem na vláknenný materiál	53
tabulka 1: složení objemné textilie PES	36
tabulka 2: složení objemné textilie POP	36
tabulka 3: složení vpichované textilie	37
tabulka 4: systém značení vzorků	38
tabulka 5: rozměry nosných objektů objemné vrstvy v matraci	47
tabulka 6: rozměry zkušební tělesa a zkušební vzorku	48
tabulka 7: hodnocení kompresních vlastností metodou A	81
tabulka 8: hodnota změkčení v závislosti na zatížení, metoda A	82
tabulka 9: hodnocení kompresních vlastností metodou B	83
tabulka 10: hodnota změkčení v závislosti na zatížení, metoda B	84
tabulka 11: hodnocení kompresních vlastností metodou C	85

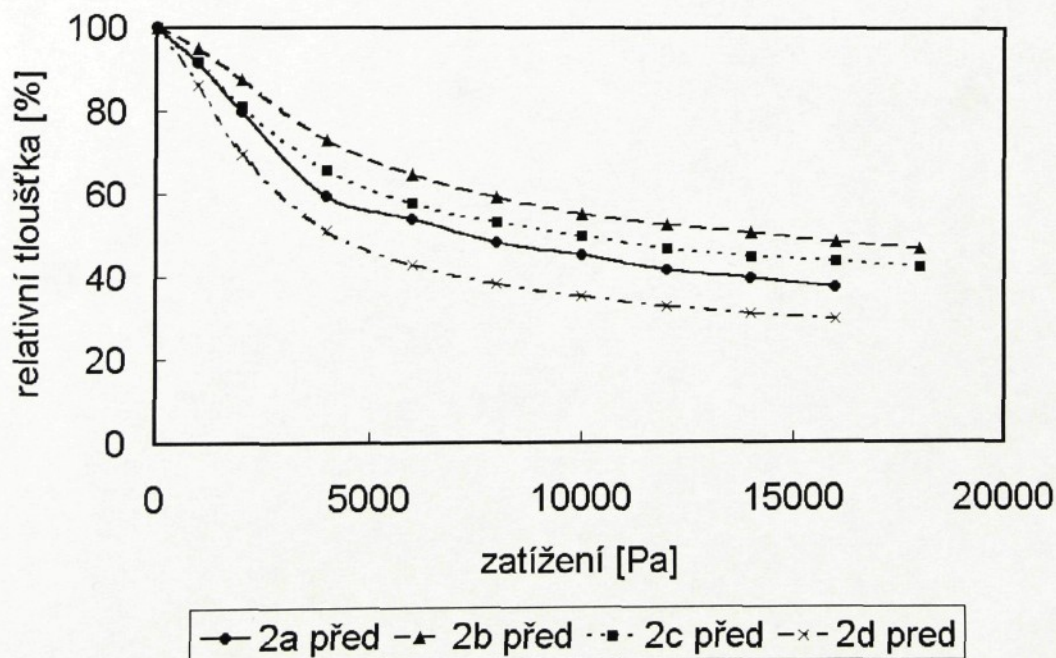
PŘÍLOHA

PŘÍLOHA 1

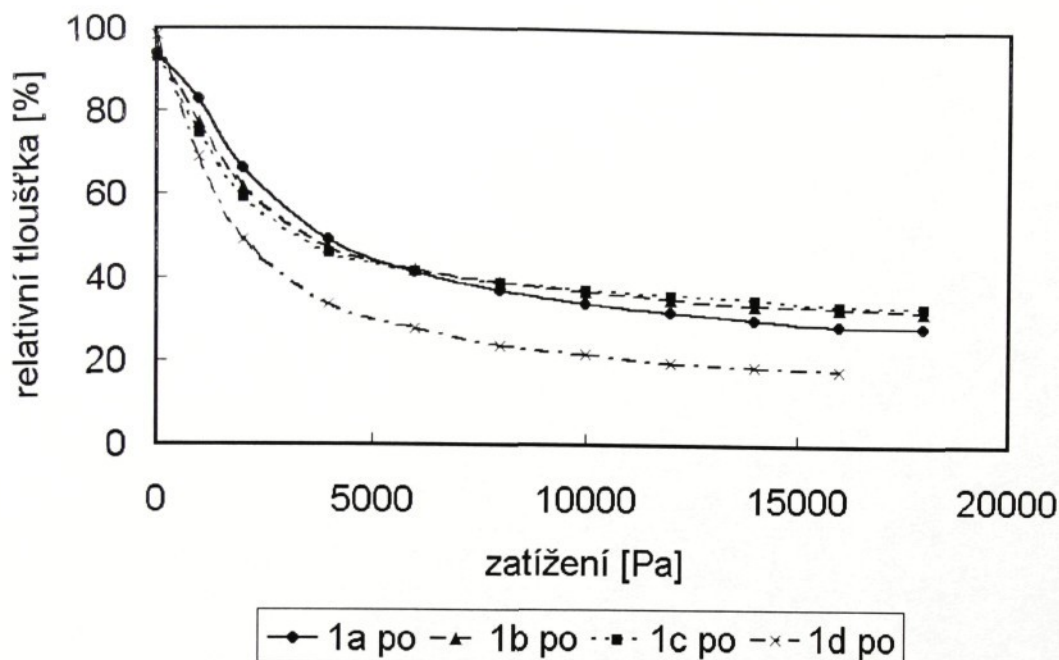
Metoda A



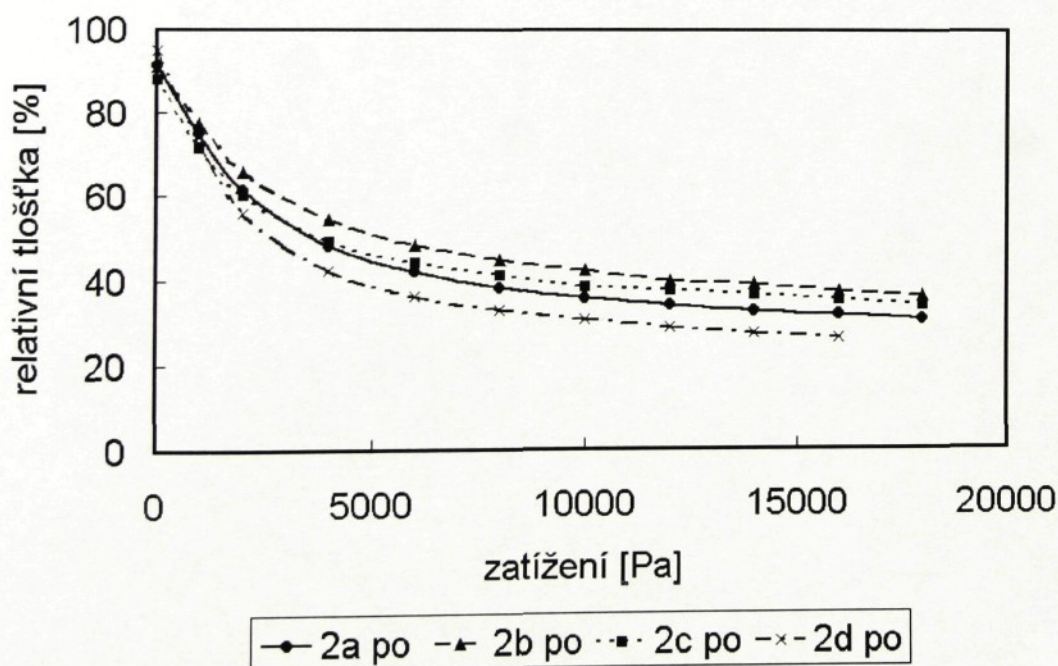
graf 1: PES vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutowá tkanina (1a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (1b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (1c) a vzorek bez výztužného komponentu (1d) hodnocené metodou A, před opakovaným zatěžováním.



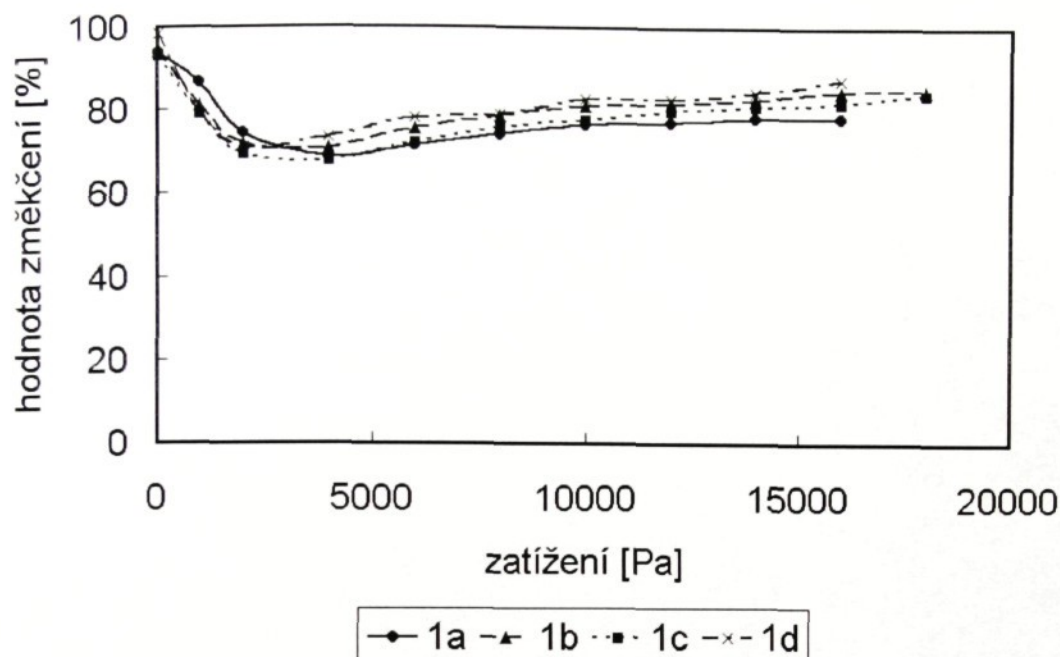
graf 2: POP vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutowá tkanina (2a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (2b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (2c) a vzorek bez výztužného komponentu (2d) hodnocené metodou A, před opakovaným zatěžováním.



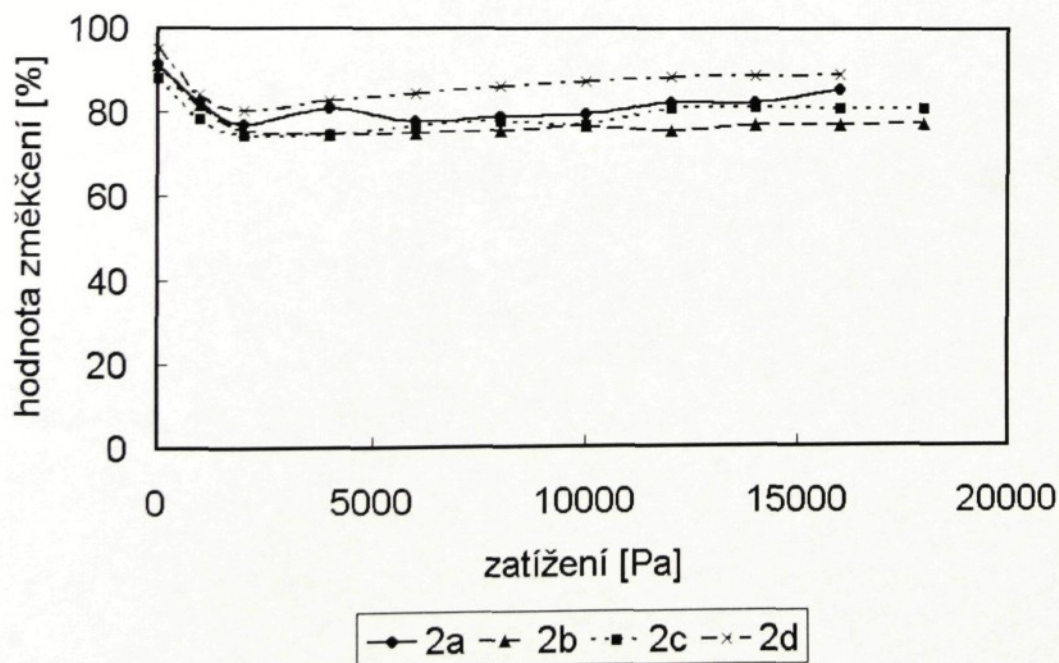
graf 3: PES vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (1a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (1b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (1c) a vzorek bez výztužného komponentu (1d) hodnocené metodou A, po opakovaném zatěžování.



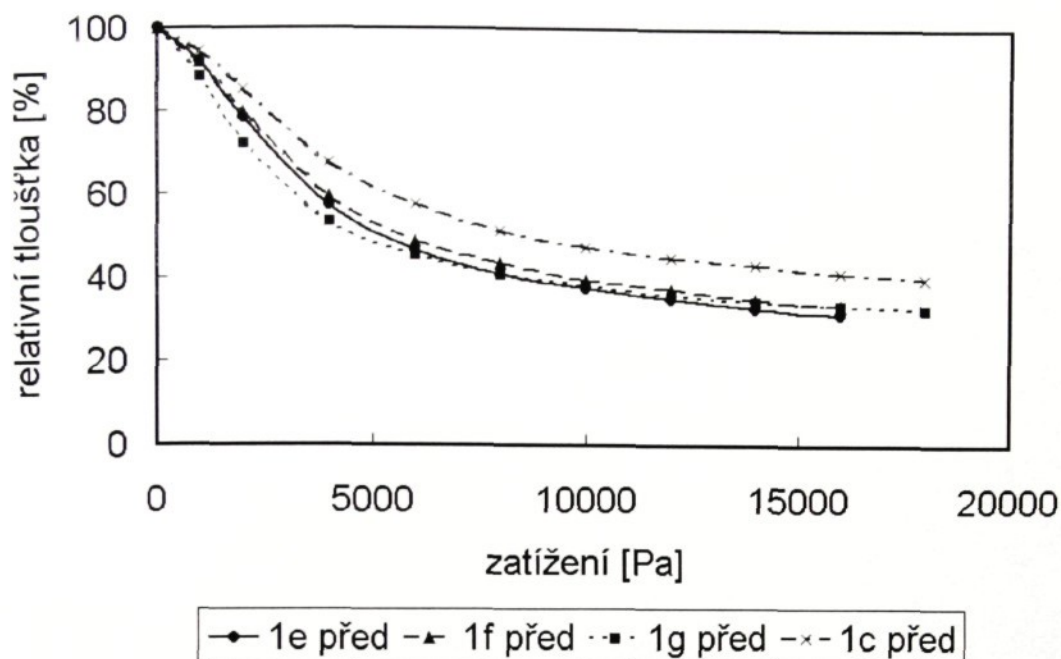
graf 4: POP vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (2a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (2b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (2c) a vzorek bez výztužného komponentu (2d) hodnocené metodou A, po opakovaném zatěžování.



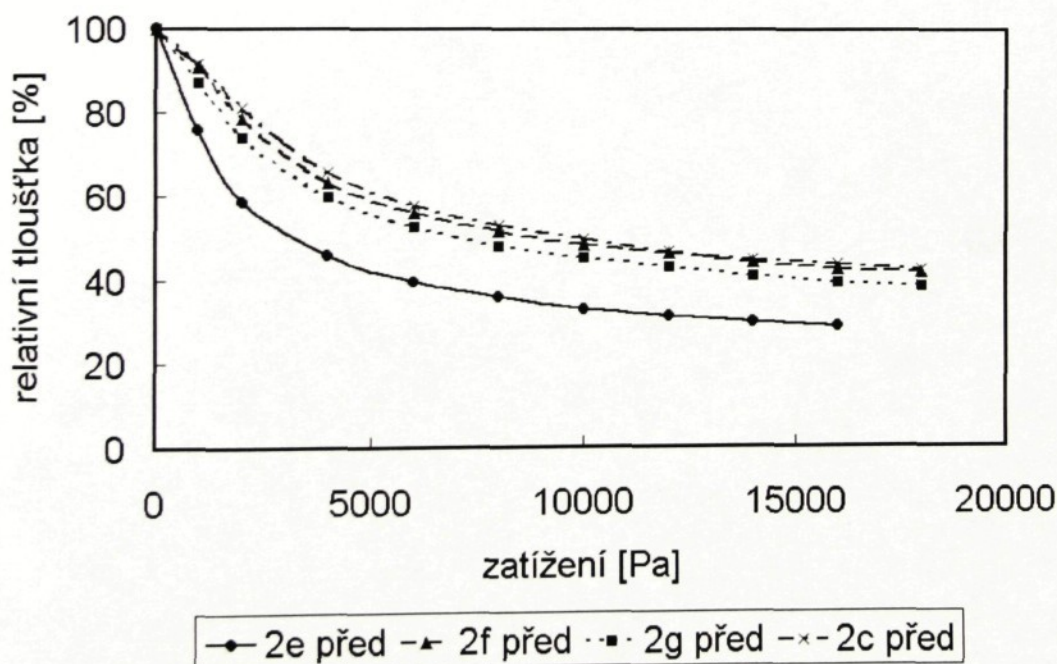
graf 5: PES vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (1a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (1b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (1c) a vzorek bez výztužného komponentu (1d) hodnocené metodou A.



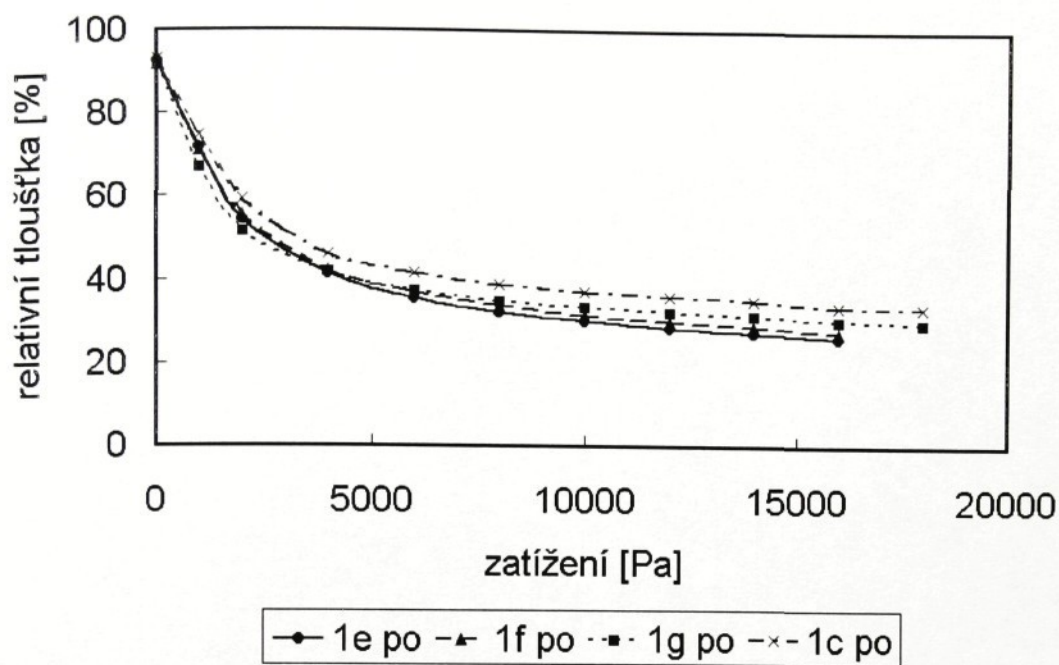
graf 6: POP vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (2a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (2b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (2c) a vzorek bez výztužného komponentu (2d) hodnocené metodou A.



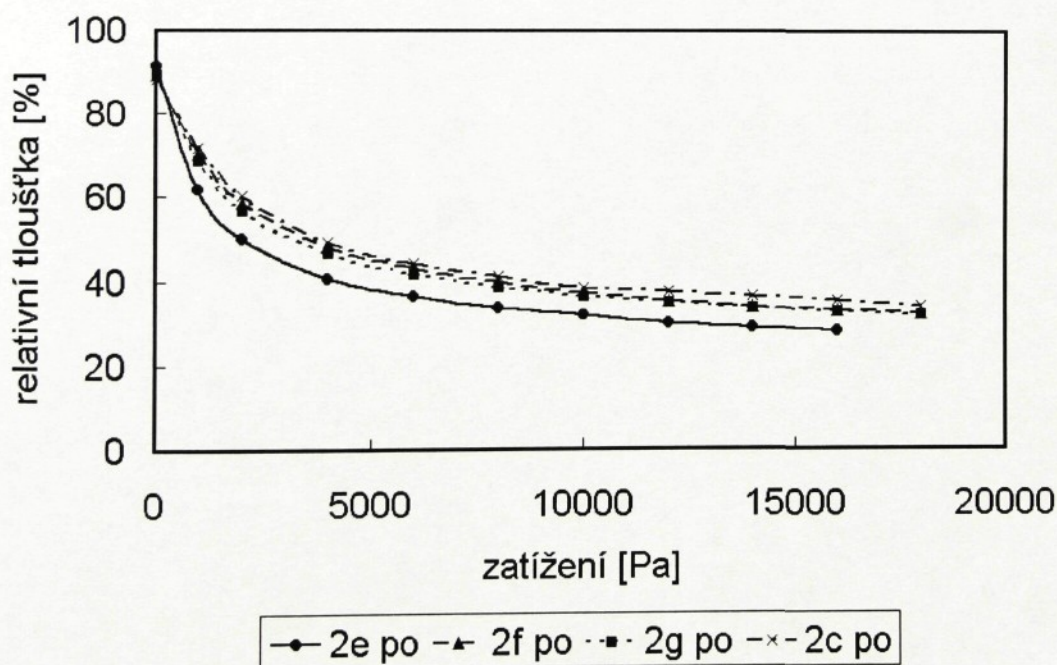
graf 7: PES vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (1e), 300 gm^{-2} (1f), 400 gm^{-2} (1g) a 500 gm^{-2} (1c) hodnocené metodou A, před opakovaným zatěžováním.



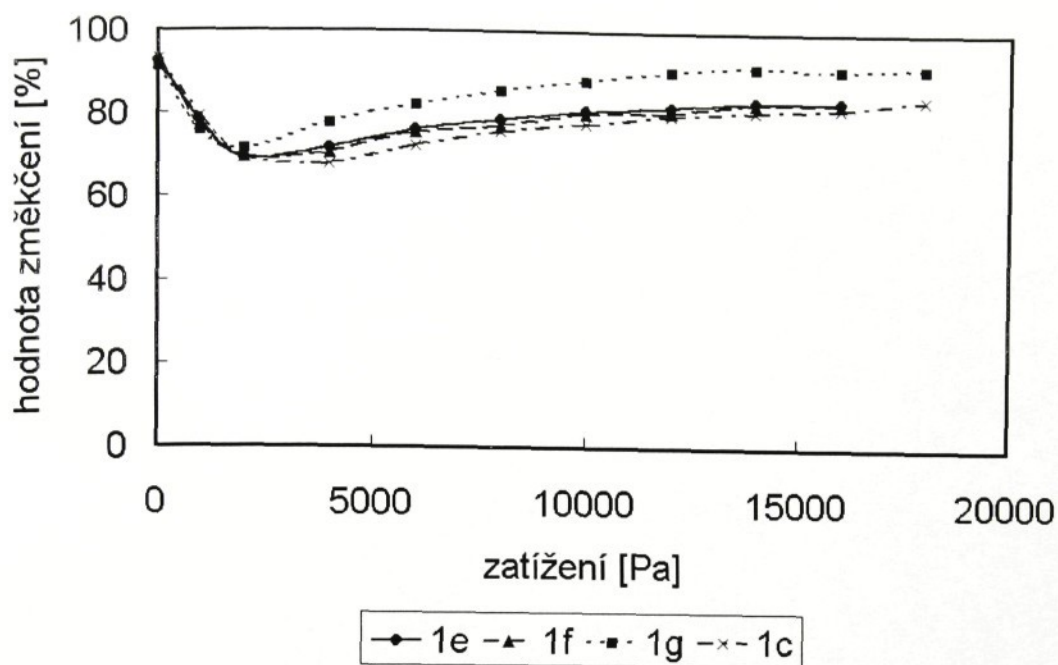
graf 8: POP vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (2e), 300 gm^{-2} (2f), 400 gm^{-2} (2g) a 500 gm^{-2} (2c) hodnocené metodou A, před opakovaným zatěžováním.



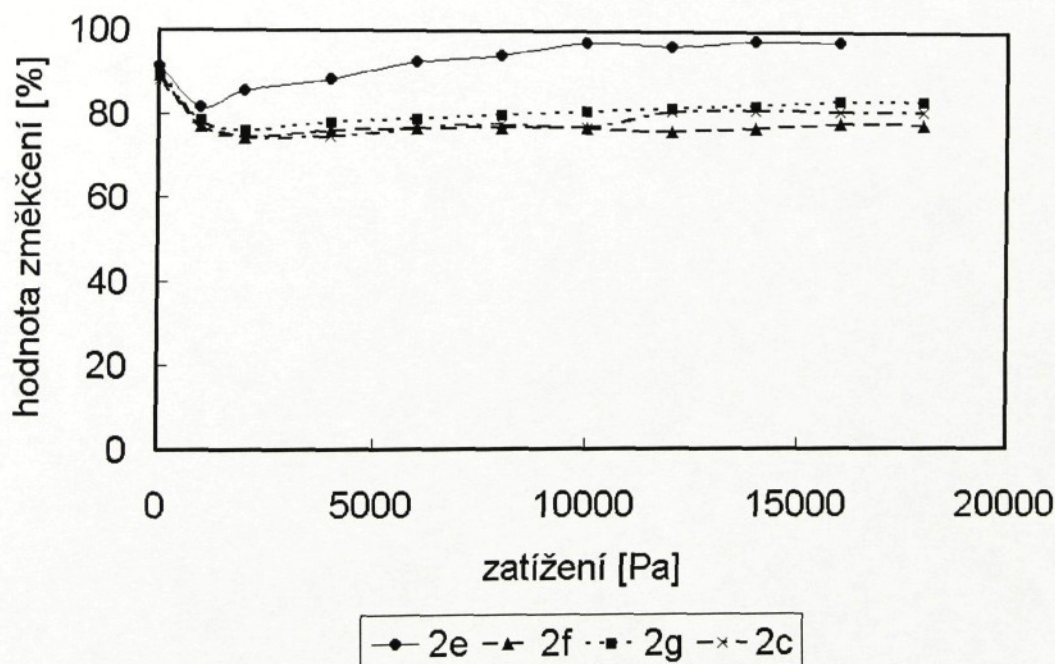
graf 9: PES vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (1e), 300 gm^{-2} (1f), 400 gm^{-2} (1g) a 500 gm^{-2} (1c) hodnocené metodou A, po opakovaném zatěžování.



graf 10: POP vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (2e), 300 gm^{-2} (2f), 400 gm^{-2} (2g) a 500 gm^{-2} (2c) hodnocené metodou A, po opakovaném zatěžování.

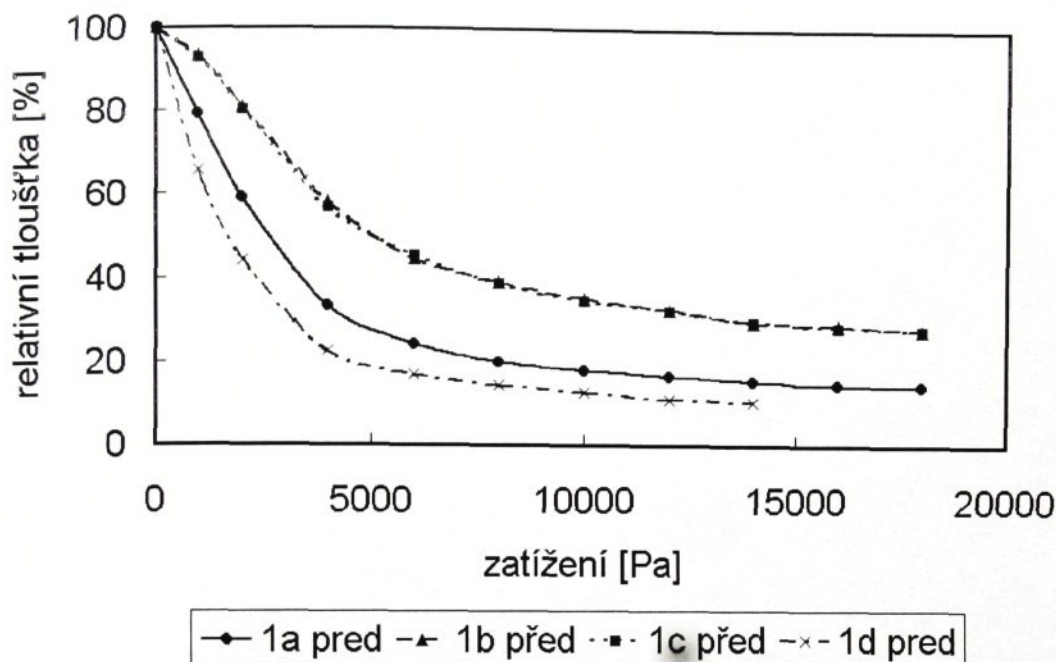


graf 11: PES vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (1e), 300 gm^{-2} (1f), 400 gm^{-2} (1g) a 500 gm^{-2} (1c) hodnocené metodou A

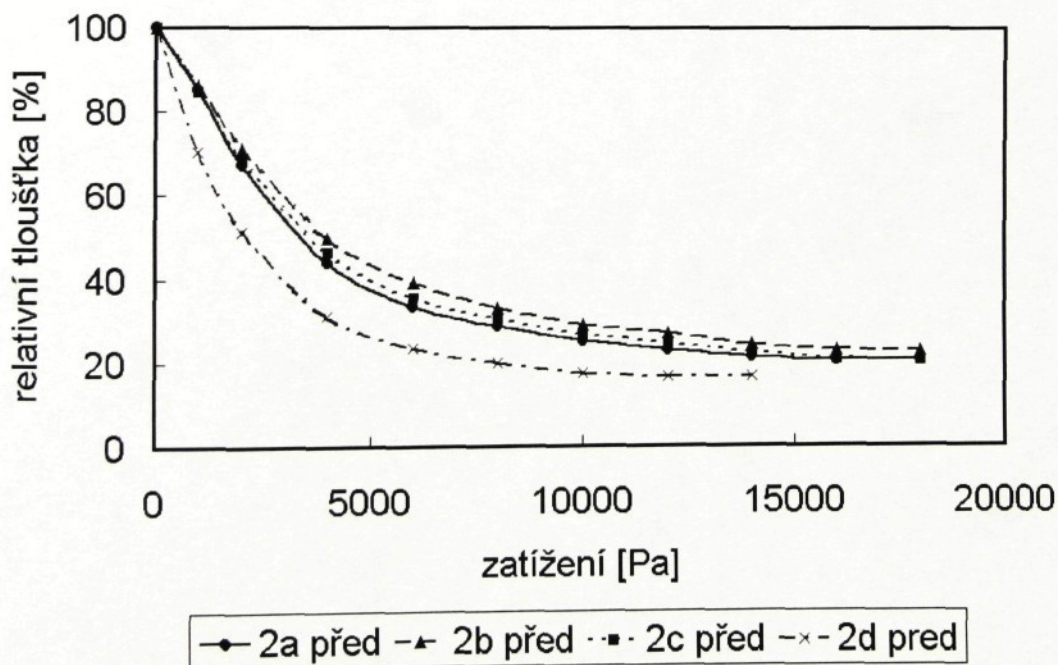


graf 12: POP vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (2e), 300 gm^{-2} (2f), 400 gm^{-2} (2g) a 500 gm^{-2} (2c) hodnocené metodou A

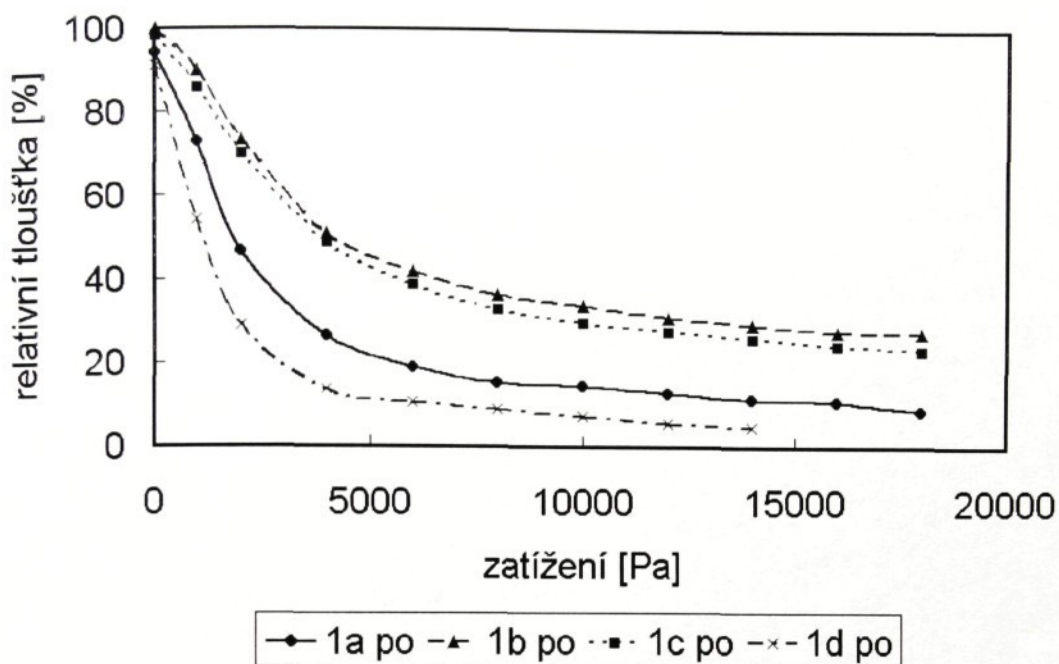
Metoda B



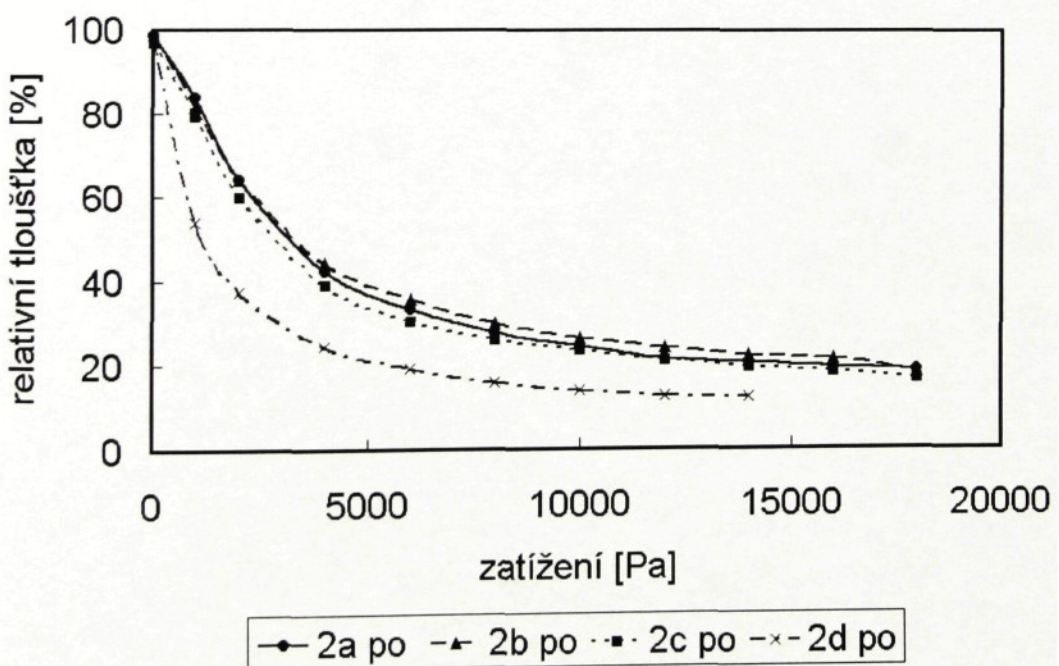
graf 13: PES vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutowá tkanina (1a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (1b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (1c) a vzorek bez výztužného komponentu (1d) hodnocené metodou B, před opakovaným zatěžováním.



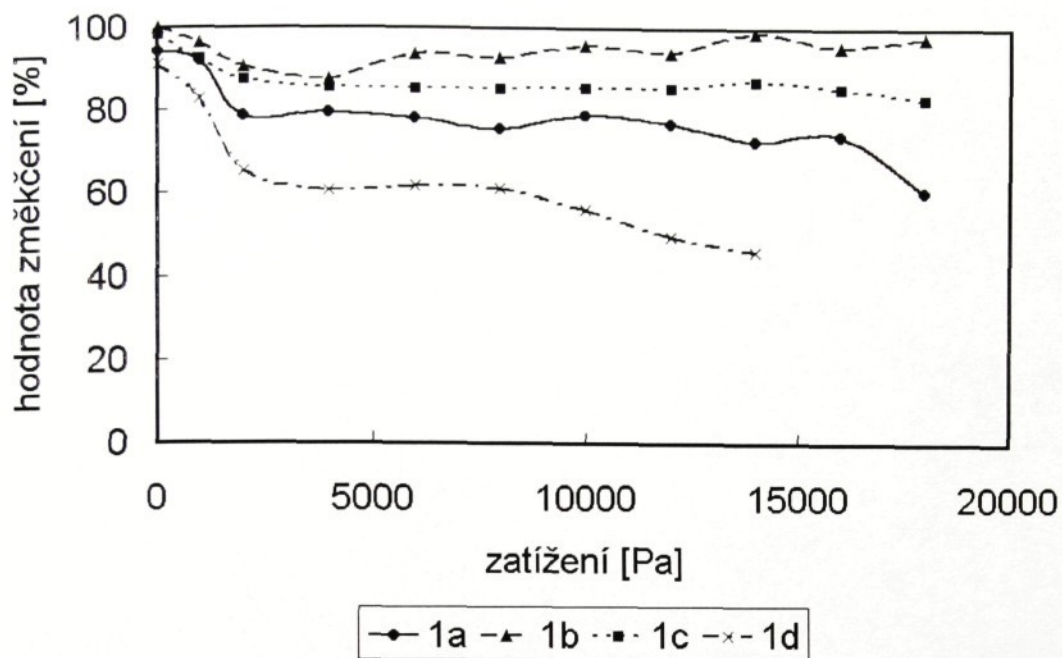
graf 14: POP vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutowá tkanina (2a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (2b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (2c) a vzorek bez výztužného komponentu (2d) hodnocené metodou B, před opakovaným zatěžováním.



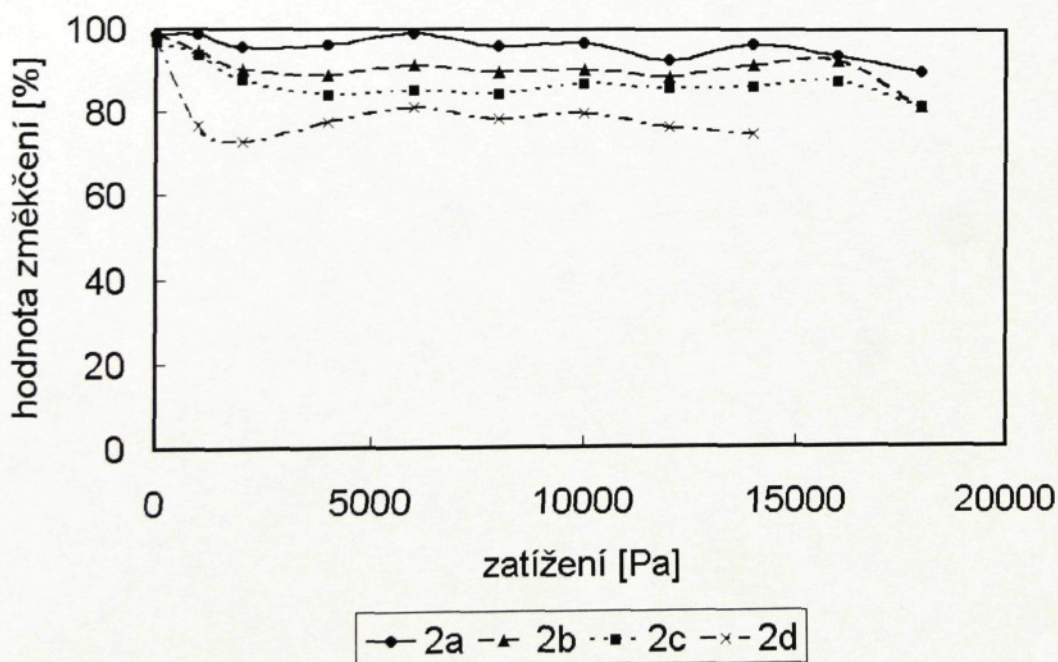
graf 15: PES vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (1a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (1b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (1c) a vzorek bez výztužného komponent (1d) hodnocené metodou B, po opakovaném zatěžování.



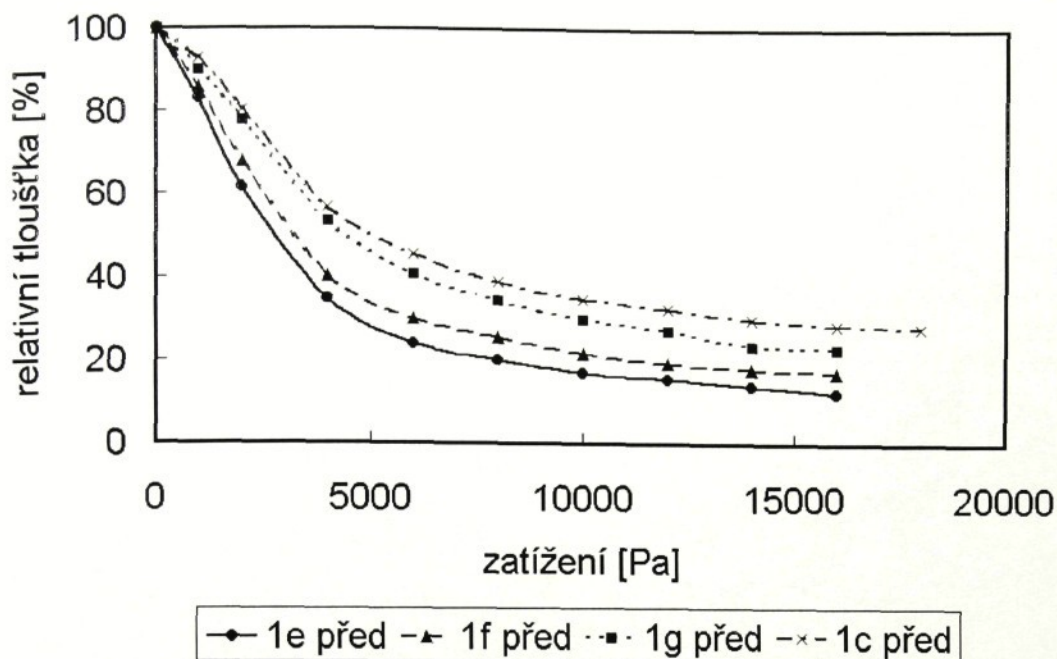
graf 16: POP vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (2a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (2b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (2c) a vzorek bez výztužného komponent (2d) hodnocené metodou B, po opakovaném zatěžování.



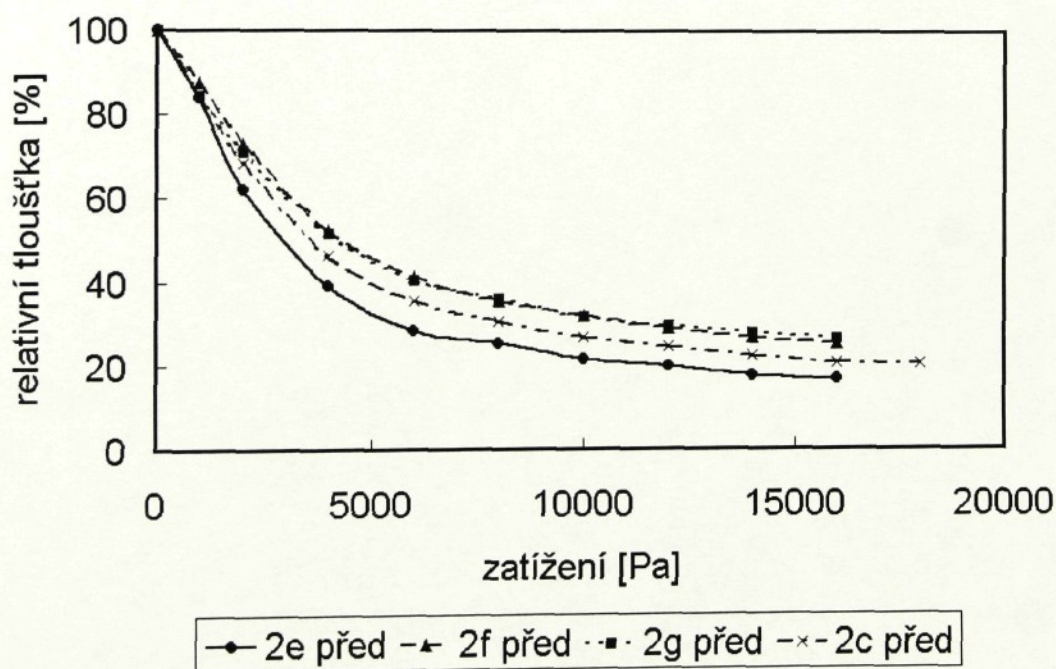
graf 17: PES vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (1a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (1b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (1c) a vzorek bez výztužného komponentu (1d) hodnocené metodou B.



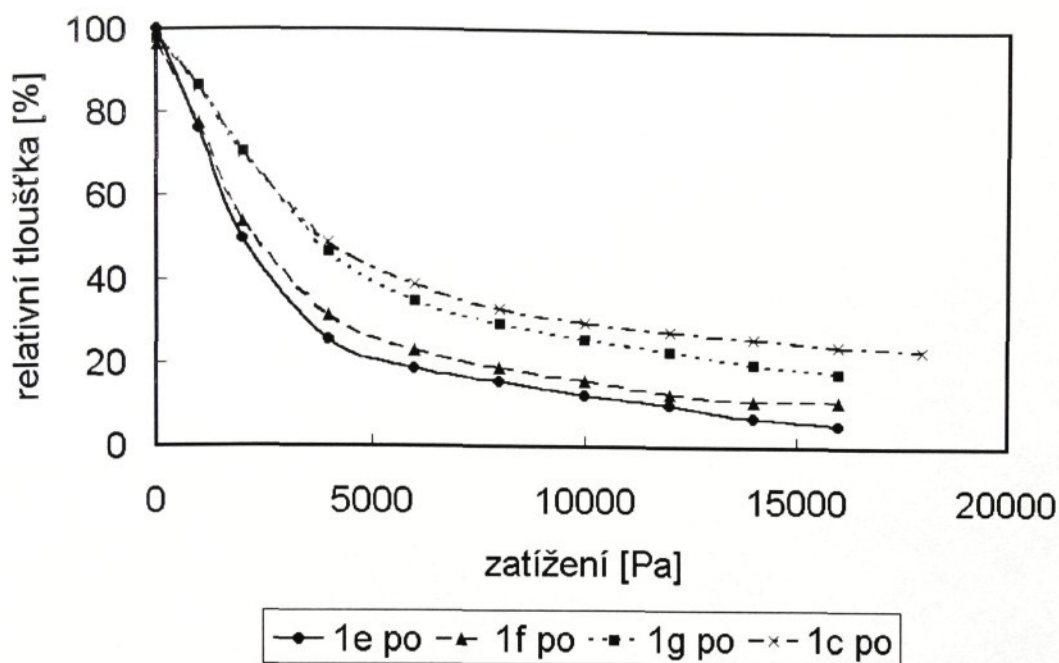
graf 18: POP vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (2a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (2b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (2c) a vzorek bez výztužného komponentu (2d) hodnocené metodou B.



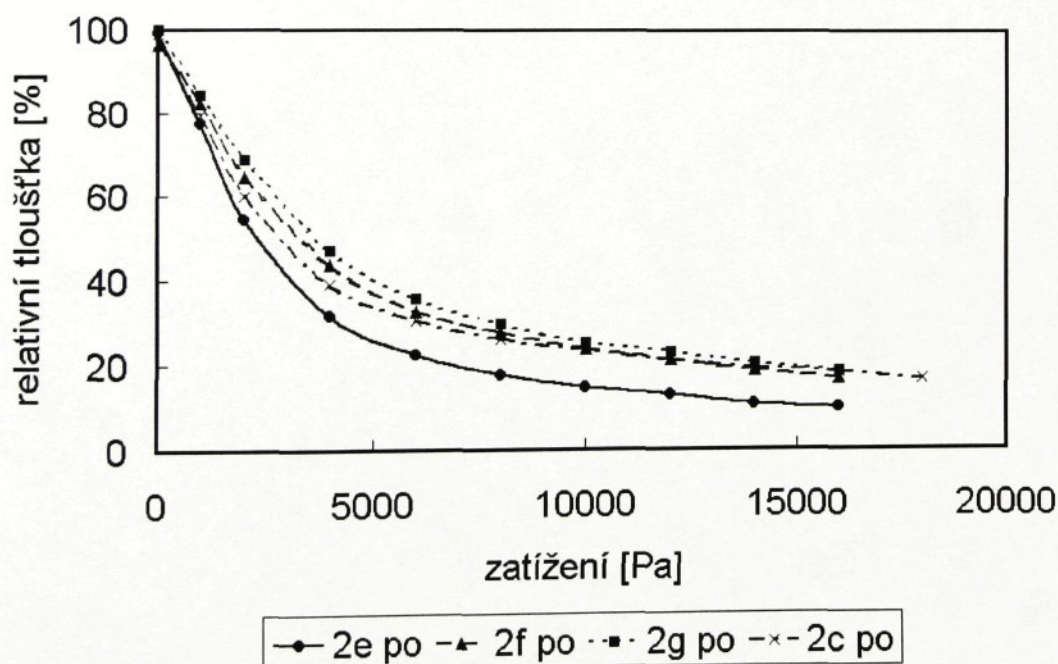
graf 19: PES vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (1e), 300 gm^{-2} (1f), 400 gm^{-2} (1g) a 500 gm^{-2} (1c) hodnocené metodou B, před opakovaným zatěžováním.



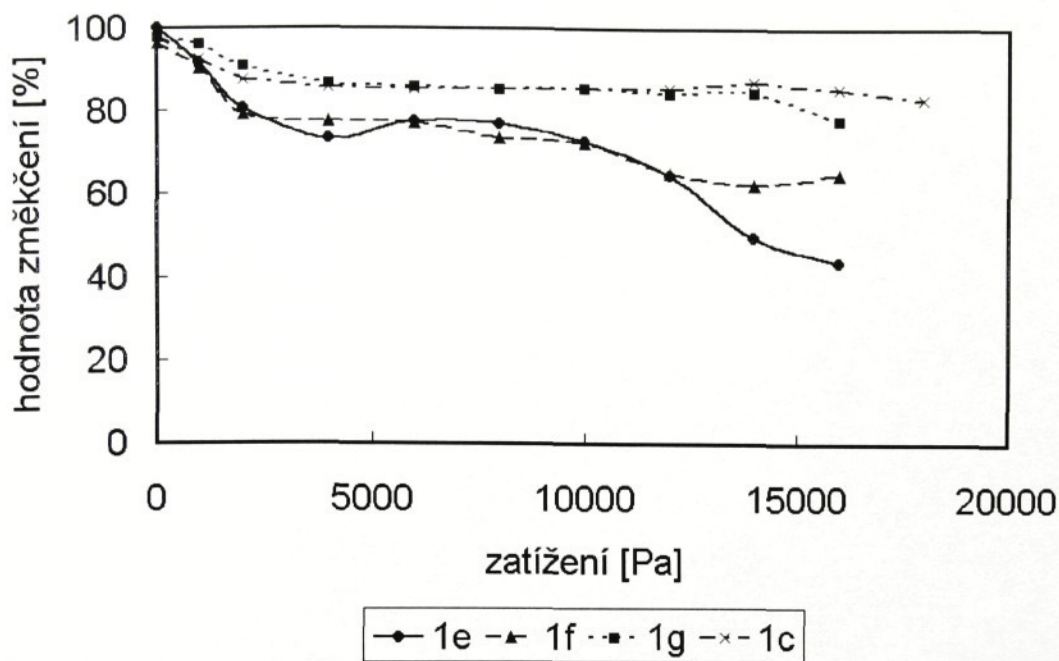
graf 20: POP vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (2e), 300 gm^{-2} (2f), 400 gm^{-2} (2g) a 500 gm^{-2} (2c) hodnocené metodou B, před opakovaným zatěžováním.



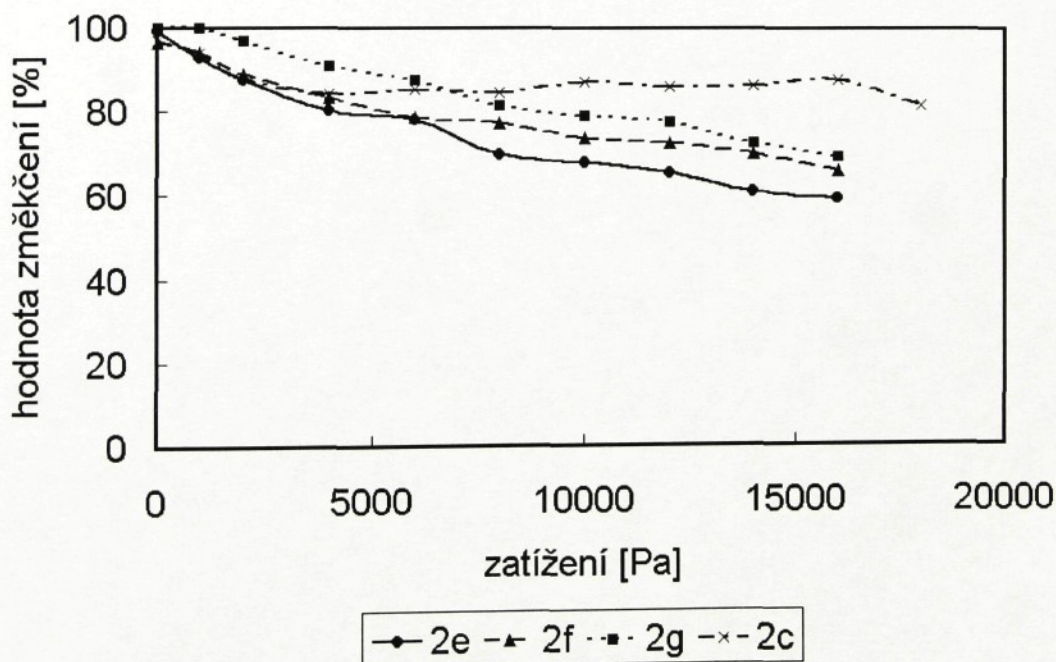
graf 21: PES vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (1e), 300 gm^{-2} (1f), 400 gm^{-2} (1g) a 500 gm^{-2} (1c) hodnocené metodou B, po opakovaném zatěžování.



graf 22: POP vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (2e), 300 gm^{-2} (2f), 400 gm^{-2} (2g) a 500 gm^{-2} (2c) hodnocené metodou B, po opakovaném zatěžování.

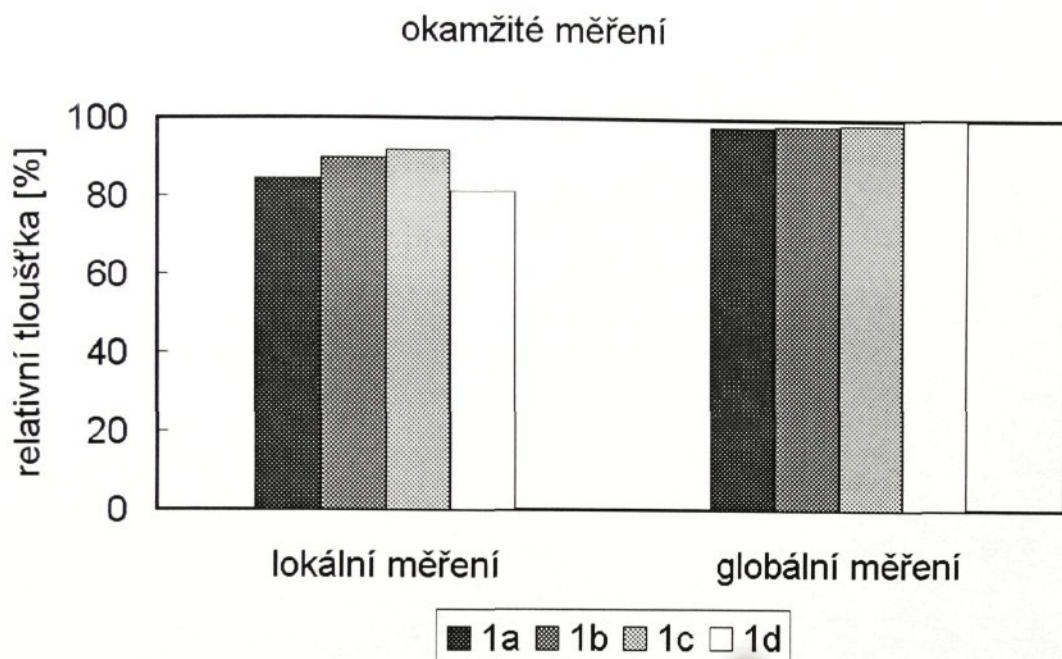


graf 23: PES vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (1e), 300 gm^{-2} (1f), 400 gm^{-2} (1g) a 500 gm^{-2} (1c) hodnocené metodou B

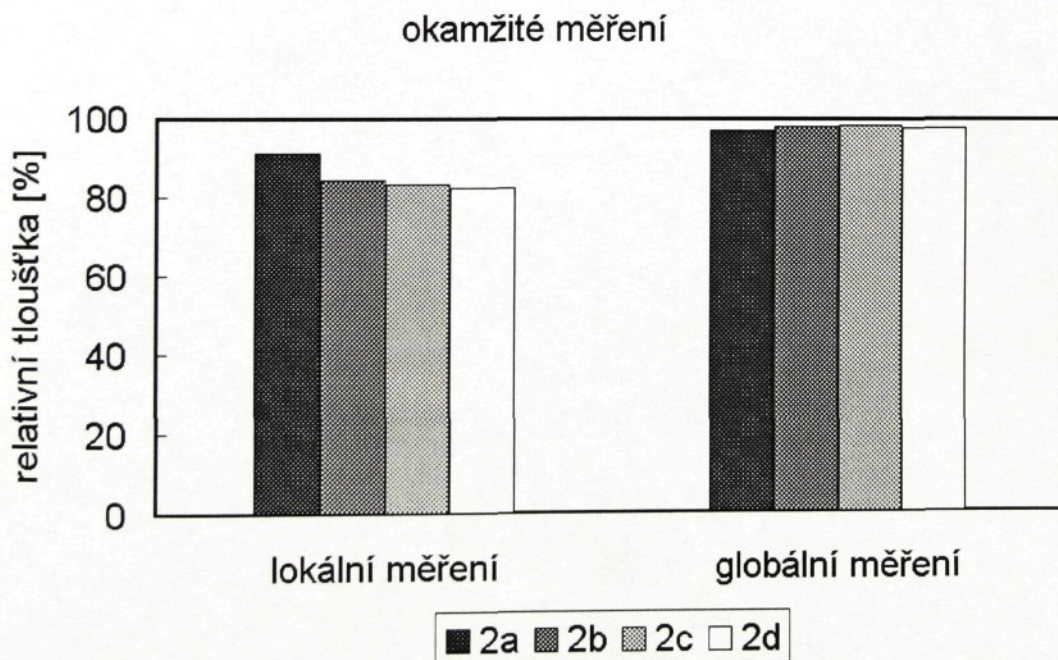


graf 24: POP vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (2e), 300 gm^{-2} (2f), 400 gm^{-2} (2g) a 500 gm^{-2} (2c) hodnocené metodou B

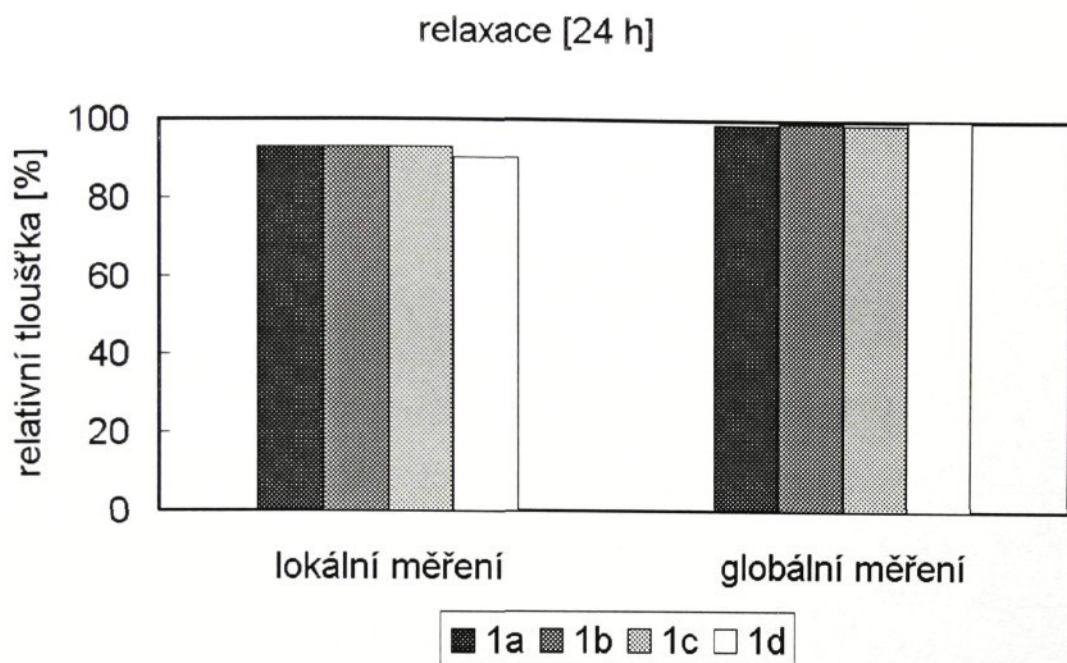
Metoda C



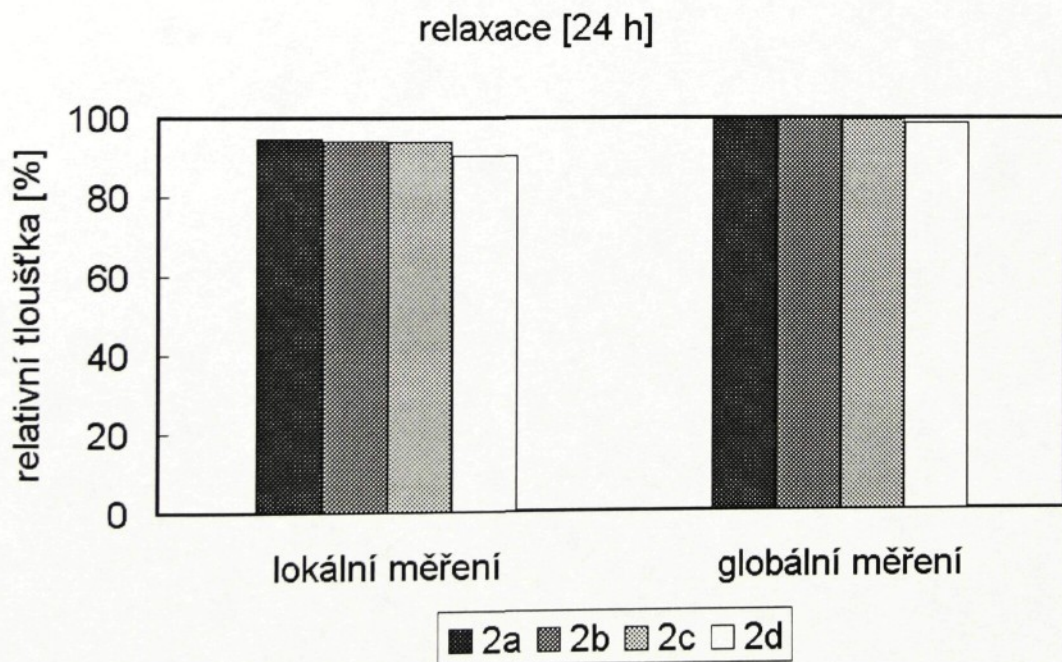
graf 25: PES vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (1a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (1b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (1c) a vzorek bez výztužného komponentu (1d) hodnocené metodou C, měřené ihned po cyklickém zatěžování.



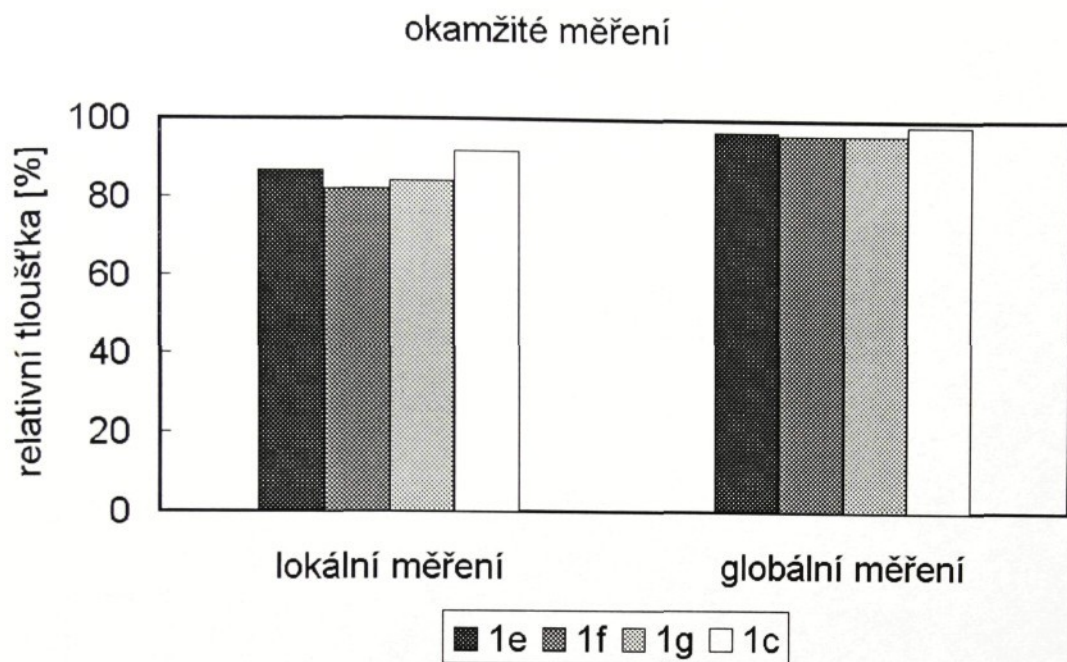
graf 26: POP vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (2a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (2b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (2c) a vzorek bez výztužného komponentu (2d) hodnocené metodou C, měřené ihned po cyklickém zatěžování.



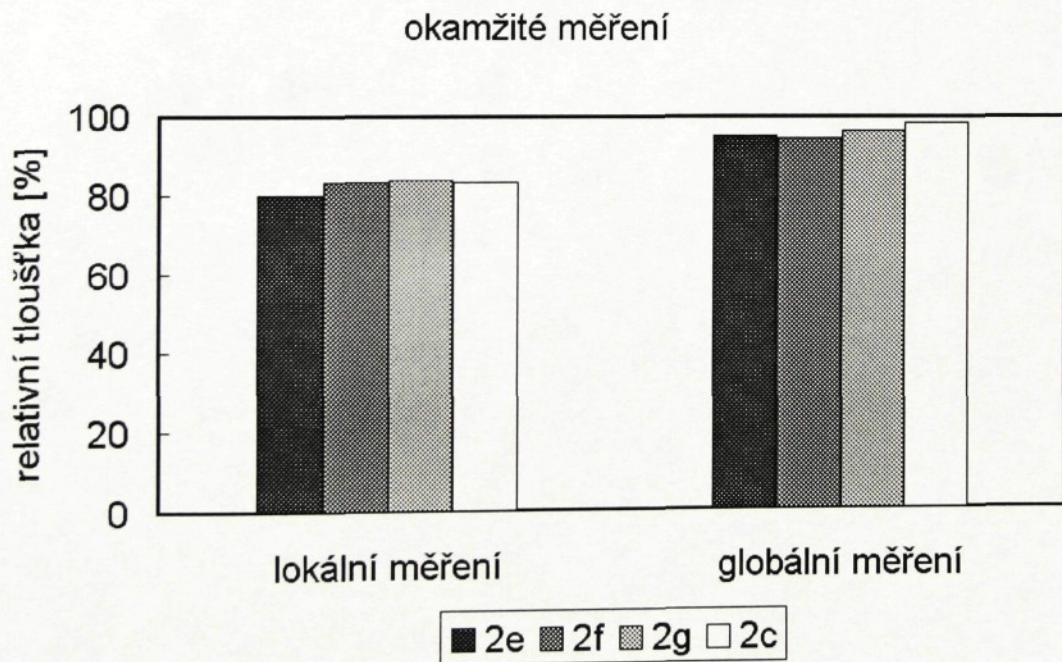
graf 27: PES vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (1a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (1b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (1c) a vzorek bez výztužného komponentu (1d) hodnocené metodou C, měřené po relaxaci 24 hod.



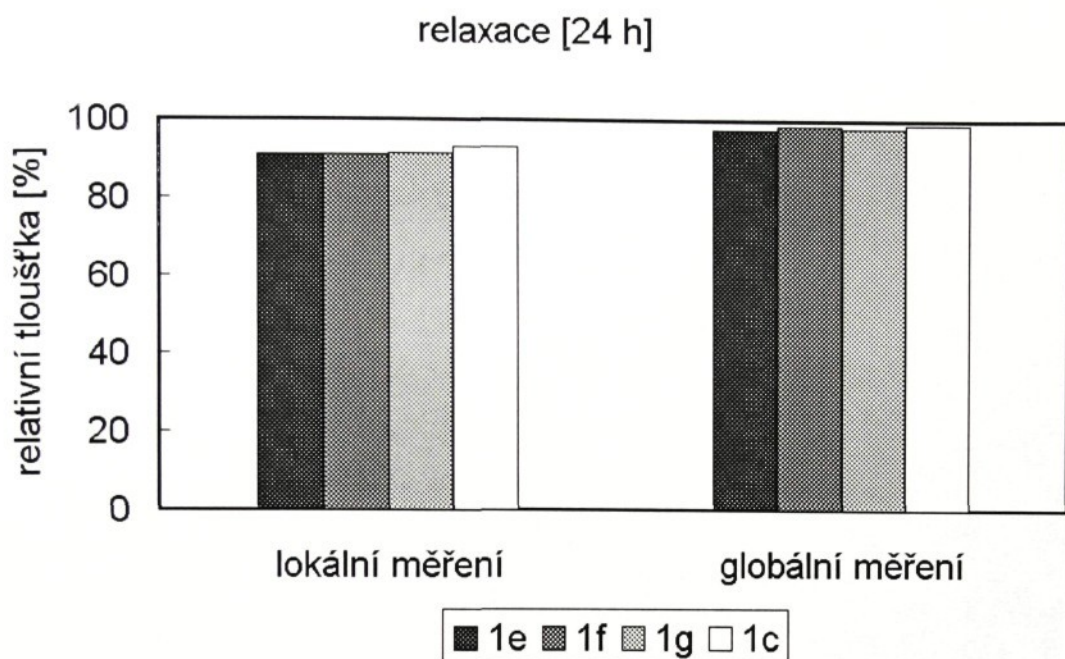
graf 28: POP vzorky vyztužené třemi různými komponenty: jutová tkanina (2a), vpichovaná textilie 500gm^{-2} + PETEX (2b), vpichovaná textilie 500gm^{-2} (2c) a vzorek bez výztužného komponentu (2d) hodnocené metodou C, měřené po relaxaci 24 hod.



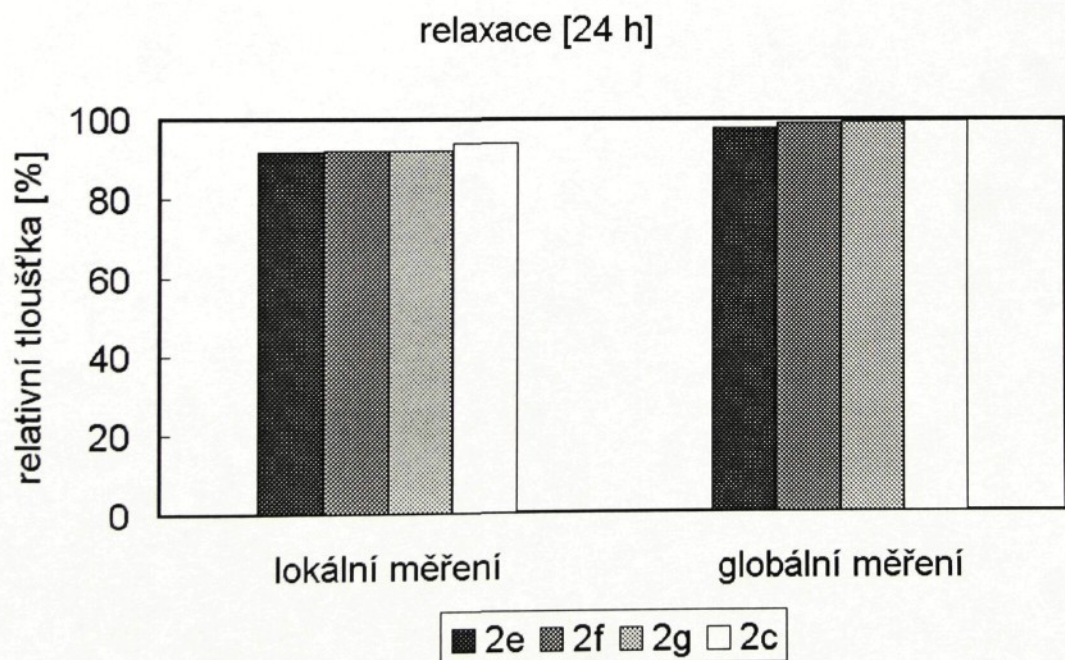
graf 29: PES vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (1e), 300 gm^{-2} (1f), 400 gm^{-2} (1g) a 500 gm^{-2} (1c) hodnocené metodou C, měřené ihned po cyklickém zatěžování.



graf 30: POP vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (2e), 300 gm^{-2} (2f), 400 gm^{-2} (2g) a 500 gm^{-2} (2c) hodnocené metodou C, měřené ihned po cyklickém zatěžování.



graf 31: PES vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (1e), 300 gm^{-2} (1f), 400 gm^{-2} (1g) a 500 gm^{-2} (1c) hodnocené metodou C, měřené po relaxaci 24 hod.



graf 32: POP vzorky vyztužené vpichovanými textiliemi o plošných hmotnostech 200 gm^{-2} (2e), 300 gm^{-2} (2f), 400 gm^{-2} (2g) a 500 gm^{-2} (2c) hodnocené metodou C, měřené po relaxaci 24 hod.

PŘÍLOHA 2

Metoda A

Metoda A	Relativní tloušťka [%] při zatížení 20Pa před dynamickým namáháním	Relativní tloušťka [%] při zatížení 16000 Pa před dynamickým namáháním	Relativní tloušťka [%] při zatížení 20Pa po dynamickém namáháním	Relativní tloušťka [%] při zatížení 16000 Pa po dynamickém namáháním
1d	100	20,7	98,3	18,1
2d	100	29,6	94,9	26,3
1a	100	36,8	93,8	28,8
2a	100	37,4	91,4	31,9
1b	100	39,3	94,3	33,3
2b	100	48,5	91,1	37,4
1c	100	41,3	93,2	33,9
2c	100	43,8	88,0	35,4
1g	100	33,6	92,1	30,6
2g	100	39,4	89,4	32,9
1f	100	33,5	92,1	27,8
2f	100	42,6	89,1	33,2
1e	100	31,4	92,5	26,2
2e	100	28,9	91,4	28,2

tabulka 7: hodnocení kompresních vlastností metodou A

Metoda A	Zatížení [Pa]									
Hodnota změkčení [%] vzorku	20	1000	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000
1d	98,3	79,4	71,3	73,5	78,2	78,9	82,8	82,8	84,6	87,4
2d	94,9	84,2	80,4	82,8	84,6	86,1	87,2	88,3	88,7	88,9
1a	93,8	86,7	74,5	68,7	71,4	74,3	76,6	77,4	78,4	78,3
2a	91,4	82,2	77,1	81,0	77,8	79	79,4	82,2	82,4	85,3
1b	94,3	81,2	72,1	70,8	75,6	78,8	81,2	81,7	82,9	84,7
2b	91,1	81,6	75,5	74,8	75,0	75,7	76,6	75,7	77,1	77,2
1c	93,2	79,2	69,4	67,9	72,3	75,8	77,9	80,0	81,3	82,1
2c	88,0	78,4	74,5	74,8	76,6	77,8	77,1	80,8	81,3	80,8
1g	91,1	76,0	71,5	77,8	82,3	85,5	88,2	90,5	91,6	91,1
2g	89,4	78,7	76,3	78,0	78,9	80,1	80,8	81,7	82,2	83,5
1f	92,1	77,4	69,4	70,5	75,6	77,3	80,4	80,9	83,1	83,0
2f	89,1	77,4	74,5	76,1	76,7	77,0	77,1	76,3	77,0	78,0
1e	92,5	78,0	69,2	71,8	76,1	78,6	80,8	81,9	83,5	83,4
2e	91,4	81,8	85,5	88,4	92,4	94,1	97,2	96,3	97,8	97,6

tabulka 8: hodnota změkčení v závislosti na zatížení, metoda A

Metoda B

Metoda B	Relativní tloušťka [%] při zatížení 20 Pa před dynamickým namáháním	Relativní tloušťka [%] při zatížení 16000 Pa před dynamickým namáháním	Relativní tloušťka [%] při zatížení 20 Pa po dynamickém namáháním	Relativní tloušťka [%] při zatížení 16000 Pa po dynamickém namáháním
1d	100	10,4	91,2	4,8
2d	100	16,5	97,4	12,2
1a	100	14,7	94,3	10,9
2a	100	20,6	98,7	19,3
1b	100	29,1	100	27,8
2b	100	22,9	98,9	21,2
1c	100	28,6	98,4	24,5
2c	100	20,8	96,9	18,3
1g	100	22,9	97,9	17,9
2g	100	26,7	100	18,5
1f	100	17,2	96,3	11,2
2f	100	25,5	96,4	16,8
1e	100	12,3	100	5,4
2e	100	16,9	99,2	10,0

tabulka 9: hodnocení kompresních vlastností metodou B

Metoda B	Zatížení [Pa]									
Hodnota změkčení [%] vzorku	20	1000	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000
1d	91,2	82,9	65,5	60,7	61,9	61,1	56,3	50,0	46,2	
2d	97,4	76,6	72,9	77,6	81,3	78,5	79,9	76,4	74,9	
1a	94,3	91,9	78,8	79,5	78,1	75,5	79,0	77,1	72,9	74,1
2a	98,7	98,5	95,7	96,1	98,8	95,8	96,8	92,6	96,3	93,7
1b	100	96,4	90,7	87,6	93,7	92,8	95,8	94,2	98,9	95,5
2b	98,9	94,8	90,2	88,8	91,3	89,8	90,4	88,6	91,4	92,6
1c	98,4	92,5	87,4	85,6	85,4	85,3	85,6	85,5	87,3	85,7
2c	96,9	93,9	87,9	84,3	85,4	84,4	87,0	85,8	86,2	87,5
1g	97,9	96,0	90,8	86,6	86,0	85,4	85,7	84,5	84,7	78,2
2g	100	100	96,9	90,8	87,5	81,5	78,9	77,7	72,6	69,3
1f	96,3	90,4	79,1	77,7	77,3	73,6	72,7	65,5	62,6	65,1
2f	96,4	94,2	88,9	83,3	78,8	77,4	73,8	72,6	70,0	65,9
1e	100	91,7	80,7	73,4	77,7	77,0	72,8	64,9	50,0	43,9
2e	99,2	92,7	87,6	80,4	78,2	69,7	67,9	65,5	61,0	59,2

tabulka 10: hodnota změkčení v závislosti na zatížení, metoda B

Metoda C

Metoda C	Relativní tloušťka [%] před dynamickým namáháním	Relativní tloušťka [%] lokální po dynamickém namáhání	Relativní tloušťka [%] globální po dynamickém namáhání	Relativní tloušťka [%] lokální po dynamickém namáhání po relaxaci 24 h	Relativní tloušťka [%] globální po dynamickém namáhání po relaxaci 24 h
1d	100	81,2	99,9	90,2	99,9
2d	100	82,4	97,6	90,4	98,5
1a	100	84,5	97,8	93,0	98,8
2a	100	91,2	97,0	94,8	99,9
1b	100	89,6	98,3	92,9	99,0
2b	100	84,5	98,0	94,0	99,8
1c	100	91,8	98,4	92,9	98,8
2c	100	83,2	98,1	93,7	99,4
1g	100	84,0	96,3	91,1	97,9
2g	100	83,8	96,2	91,9	99,1
1f	100	81,9	96,2	91,0	98,6
2f	100	83,2	94,5	92,1	98,7
1e	100	86,8	97,1	90,9	97,6
2e	100	79,8	94,9	91,8	97,5

tabulka 11: hodnocení kompresních vlastností metodou C