

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÁ

OHYBOVÁ TUHOŠŤ ZMESOVÝCH PRIADZÍ
BENDING RIGIDITY OF MIXED YARN
DIPLOMOVÁ PRÁCA

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÁ

Obor: 3106 T Textilné technológie

Zameranie: Textilné technológie

Katedra textilných technológií

Ivana Peláková

Vedúci diplomovej práce: Prof. Ing. Bohuslav Stříž, DrSc.

Konzultant: Ing. Iva Mertová

Rozsah práce:

Počet strán: 43

Počet obrázkov: 21

Počet tabuliek: 7

Počet príloh: 2

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že predložená *diplomová* práca je pôvodná a spracovala som ju samostatne. Prehlasujem, že citáty použitých prameňov sú úplné, že som v práci neporušila autorské práva (v smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

Súhlasím s umiestnením *diplomovej* práce v Univerzitnej knižnici TUL.
Bola som oboznámená s tým, že na moju *diplomovú* prácu sa plne vzťahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorskom, zejména § 60 (školní dílo).

Beriem na vedomie, že TUL má právo na uzavretie licenčnej zmluvy o používaní mojej *diplomovej* práce a prehlasujem, že **s ú h l a s í m** s prípadným použitím mojej *diplomovej* práce (prodej, zapůjčení apod.).

Som si vedomá toho, že použitie vlastnej *diplomovej* práce či poskytnutie licencie k jej využitiu môžem len zo súhlasom TUL, ktorá má právo odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, vynaložených univerzitou na vytvorenie diela (až do ich skutočnej výšky).

V Liberci, dňa

Na tomto mieste by som chcela poďakovať vedúcemu mojej diplomovej práce Prof. Ing. Bohuslvovi Strížovi, DrSc. za odborné vedenie diplomovej práce, rady a pripomienky k práci. Poďakovať by som sa chcela tiež konzultantke pani Ing. Ive Mertovej za pomoc pri príprave vzoriek. V poslednej rade sa chcem poďakovať Ing. Martinovi Boškovi za pomoc pri spracovaní dát.

Zároveň ďakujem svojej rodine za psychickú podporu počas celej doby štúdia.

Anotácia

Tuhosť v ohybe patrí medzi základné vlastnosti priadzi, ktoré určujú ich výsledný tvar. Tuhosťou v ohybe rozumieme silový odpor, ktorý vzniká pri ohýbaní danej priadze.

Táto diplomová práca sa zaoberá meraním ohybovej tuhosti priadzi pomocou špeciálneho prípravku, obrazovej analýzy pomocou programu Matlab. V experimentálnej časti sú prevedené merania piatich zmesových pomerov priadzi o troch jemnostiach. Výsledné hodnoty merania sú spracované a vyhodnotené v grafoch.

Keywords: Bending rigidity, Mechanics of textiles, Measurement of Bending Rigidity, Overhang of yarn, Mixed yarn

Annotation

Bending rigidity belongs among the basic yarn properties that influence their final shape. The term bending rigidity interprets the amount of resistance force which is created when bending the yarn. This diploma project focuses on measuring of bending rigidity with the help of special device of image analysis of Matlab program. The experimental part transforms the measurements of five different material compositions in yarns of three different yarn numbers. The results are shown in charts.

Kľúčové slová: Ohybová tuhosť, Mechanika textílií, Meranie ohybovej tuhosti, Previs priadze, Zmesová priadza

Obsah

ÚVOD	12
1. ZÁKLADNÉ PARAMETRE PRIADZE	11
1.1 JEMNOSŤ T[TEX]	11
1.2 POMERNÁ JEMNOSŤ	11
1.3 PEVNOSŤ [1]	12
1.4 ŤAŽNOSŤ	12
1.5 ZÁKRUT A ŠRUBOVICOVÝ MODEL PRIADZE	13
1.6 INTENZITA ZÁKRUTU	14
1.7 KOECHLINOV A PHRIXOV ZÁKRUTOVÝ KOEFICIENT [1]	14
1.8 VZHEAD PRIADZE	15
1.9 HMOTNÁ NEROVNOMERNOSŤ	15
1.10 PRIEMER A ZAPLNENIE PRIADZE	16
1.11 SUBSTANČNÝ PRIEREZ PRIADZE	17
1.12 SUBSTANČNÝ PRIEMER	17
1.13 CHARAKTERISTIKY MULTIKOMPONENTNÝCH PRIADZÍ	18
2. TUHOSŤ V OHYBE	20
2.1 METÓDY STATICKÉ [4]	20
2.1.1 METÓDA Z ŤAHOVÉHO DIAGRAMU	20
2.1.2 METÓDA PODĽA SOMMERA	21
2.1.3 METÓDA PODĽA ASTM	21
2.1.4 MODIFIKOVANÁ METÓDA PODĽA SOMMERA	22
2.1.5 METÓDA PODĽA PEIRCE	22
2.1.6 METÓDA PODĽA ČSN	22
2.2 METÓDY DYNAMICKE [4]	23
2.2.1 METÓDA SCHIEFFERA	23
2.2.2 METÓDA PODĽA BEKKA	23
2.3 ĎALŠIE METÓDY OHYBOVEJ TUHOSŤI:	23
2.3.1 KAWABATA VYHODNOCOVACÍ SYSTÉM	23
2.3.2 TH7 TESTER	24
2.3.3 SHIRLEY	24
2.3.4 KRUHOVÝ TESTER (CIRCULAR)	24

2.3.5 METÓDA OHYBOVEJ TUHOSTI PODĽA PROFESORA STRÍŽE	24
3. EXPERIMENT	25
3.1 DEFINÍCIA OHYBOVEJ TUHOSTI.....	25
3.2 PODSTATA EXPERIMENTU.....	25
3.3 ZARIADENIE URČENÉ PRE EXPERIMENT	25
3.4 METÓDA STANOVENIA TUHOSTI PRIADZE PODĽA PROF. STRÍŽE	26
3.5 CITLIVOSŤ METÓDY NA VSTUPNÉ DÁTA.....	30
3.6 POSTUP EXPERIMENTU.....	30
3.6.1 PRÍPRAVA SNÍMACIEHO ZARIADENIA	30
3.6.2 PRÍPRAVA PREPARÁTU.....	30
3.6.3 PRÍPRAVA SOFTWAREJ OBRAZOVEJ ANALÝZY	30
3.6.4 MERANIE(SNÍMANIE OBRAZU).....	31
3.6.5 PROGRAM PRE STANOVENIE OHYBOVEJ TUHOSTI PRIADZE	31
3.7 VÝSLEDKY EXPERIMENTU	33
4. VYTVORENIE REGRESNÉHO VZŤAHU	39
4. ZÁVER.....	42

Zoznam použitých symbolov

Symbol	Jednotka	Význam
a	$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{2/3}$	Phrixov súčiniteľ zákrutu
B	Nm^2	ohybová tuhosť priadze
b	m	šírka plošného útvaru
CV	$\%$	kvadratická hmotná nerovnomernosť
CV_{lim}	$\%$	limitná hmotná nerovnomernosť
CV_f	$\%$	výrobná hmotná nerovnomernosť
CV_n	$\%$	strojová hmotná nerovnomernosť
d	mm	obecná hodnota priemeru vlákna
d_s	mm	substančný priemer vlákna
dS		element plochy prierezu
E	Nm^{-2}	Yongov model pružnosti
F	N	sila
F	N	absolutná pevnosť v ťahu
G	N	gravitačná sila
g_i	-	hmotnostný podiel i-tej komponenty
h	m	hrúbka plošného útvaru
I	-	moment zotrvačnosti
I	-	index nerovnomernosti
l	km	dĺžka priadze
l_0	mm	dĺžka upnutej priadze
m	g	hmotnosť priadze
M_0	Nm	ohybový moment
q	Nm^{-1}	tiaž textílie
r	mm	obecný polomer priadze
R	Ntex^{-1-1}	pomerná pevnosť v ťahu
s_i^*	mm^2	rezná plocha jednotlivých vlákien
s	mm^2	plocha priečného rezu vlákna
S	mm^2	substančný prierez priadze
S_i	mm^2	súčet plôch vlákien i-tej komponenty v priečnom reze priadze
T_{OE}	Nm^2	tuhosť v ohybe
T	tex	jemnosť priadze
t	tex	jemnosť vlákna
U	$\%$	lineárna hmotná nerovnomernosť
V_i	$\text{m}^{-3} \text{kg}$	objem i-tej komponenty v hmotnej jednotke
v_i	-	objemový podiel i-tej komponenty
Z	m^{-1}	zákrut priadze

Symbol	Jednotka	Význam
β	rad	uhol stúpania šróbovice obecného vlákna priadze
β_D	rad	uhol stúpania šróbovice povrchového vlákna priadze
γ	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	hustota priadze
ε	%	ťažnosť priadze
κ	-	intenzita zákrutu
μ	-	obecná hodnota zaplnenia priadze
μ_i	-	zaplnenie i-tej komponenty
π	-	Ludolfovo číslo (3,141592654)
ρ	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	merná hustota vlákna
ρ_i	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	hustota vlákien i-tej komponenty
τ	-	pomerná jemnosť

Úvod

Jednou z najdôležitejších vlastností textílie, ktorá výrazne ovplyvňuje estetickú stránku textílie je tuhosť v ohybe. Tuhosť v ohybe je definovaná ako silový odpor, ktorý vzniká v plošnej textílii pri jej ohýbaní vonkajšou silou alebo vlastnou tiažou. Tento odpor je v podstate súčtom všetkých trecích a súdržných síl, ktoré pri tomto odpore vznikajú medzi vláknami a medzi niťami vo väzných bodoch.

V dnešnej dobe už existuje veľa metód merania tuhosti v ohybe, bohužiaľ väčšina týchto metód neznázorňuje výsledný tvar deformovanej priadze, ale výsledkom vyhodnotenia tuhosti v ohybe je iba jedna hodnota, ktorá charakterizuje danú vlastnosť.

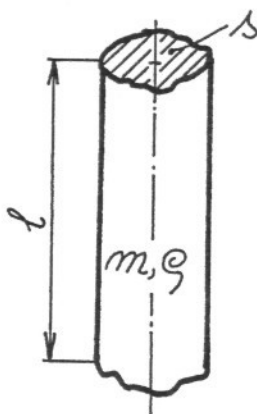
Jednou z možností ako zistiť výsledný tvar deformovanej priadze, je danú priadzu nasnímať pomocou obrazovej analýzy. Na to, aby bolo možné dané priadze nasnímať, potrebujeme poznať jej materiálové charakteristiky, ako je zmesový pomer a jemnosť priadze.

Cieľom tejto diplomovej práce je pre súbor zmesových priadzí získať experimentálne hodnoty, následne hodnoty spracovať a vyjadriť vplyv zmesového pomeru a jemnosti priadzí na ohybovú tuhosť priadzí. Takisto vytvoriť regresný vzťah pre odhad ohybovej tuhosti zmesových priadzí.

1. Základné parametre priadze

1.1 Jemnosť $T[\text{tex}]$

Jemnosť priadze vyjadruje vzťah medzi hmotnosťou priadze m a dĺžkou priadze l . Vyjadrujeme ju v texoch. Na obr.1 je znázornené vlákno dĺžky l , jeho plocha priečného rezu s , jeho hmotnosť je m a merná hmotnosť(hustota) je ρ [1].



Obr. 1. Rez vlákna

$$T [\text{tex}] = \frac{m[\text{g}]}{l[\text{km}]} \quad (1)$$

T ...jemnosť [tex]

m ...hmotnosť [g]

ldĺžka [km]

ρ hustota vlákna[kg/m³]

1.2 Pomerná jemnosť

Pomerná jemnosť je vyjadrená podielom jemnosti priadze T a jemnosti vlákien t [1].

$$\tau = \frac{T}{t} \quad (2)$$

τ - pomerná jemnosť [-]

T –jemnosť priadze [tex]

t– jemnosť vlákien [tex]

Vzťah vyjadruje počet paralelne uložených vlákien s jemnosťou t v zväzku o jemnosti T.

Prakticky sa pomerná jemnosť používa k odhadu počtu vlákien v priečnom reze priadze.

1.3 Pevnosť [1]

Skúšky pevnosti priadze prevádzame na trhacích prístrojoch a zisťujeme medznú odolnosť priadze pri účinku ťahovej sily.

Pevnosť priadze je určená jednak pevnosťou samotného vláknového materiálu a jednak štrukturálnymi faktormi – najmä zákrutom, ale i stupňom napriamania vlákien, migráciou vlákien a ďalšími vplyvmi. Druhy pevností :

- absolútna pevnosť $[N]$

- pomerná pevnosť $[N / tex]$

$$R = \frac{F}{T} \quad (3)$$

R.... pomerná pevnosť v ťahu $[N/tex]$

F.... absolútna pevnosť v ťahu $[N]$

T.... jemnosť priadze [tex]

1.4 Ťažnosť

Ťažnosťou sa rozumie celkové pomerné predĺženie pri pretrhnutí. Skúšky ťažnosti prebiehajú zároveň so skúškami pevnosti. To zároveň umožňuje aj zisťovať

deformačnú prácu do pretrhnutia A_p . Jej veľkosť je úmerná ploche pracovného diagramu medzi osou predĺženia a krivkou [1].

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} * 100 [\%] \quad (4)$$

ε pomerné predĺženie pri pretrhnutí – ťažnosť [%]

l dĺžka priadze v okamžiku pretrhnutia [mm]

l_0 dĺžka priadze medzi upnutými čelustami v okamžiku upnutia [mm]

1.5 Zákrut a šrubovicový model priadze

Zákrut priadze Z je počet ovinutí, ktoré sa vzťahujú na jednotkovú dĺžku priadze. Zákrut priadze súvisí s jemnosťou priadze, priemerom priadze a zaplnením. Platí, že jemnejšie priadze majú menší počet vlákien v priereze, menší priemer a pradie sa s vyšším zákrutom. So zvyšujúcim zákrutom sú vlákna viac stlačované, zaplnenie rastie a priemer sa znižuje. Exaktný popis štruktúry priadze z hľadiska usporiadania vlákien je veľmi zložitý, preto sa často používa šrubovicový model priadze, ktorý vychádza z nasledujúcich predpokladov.

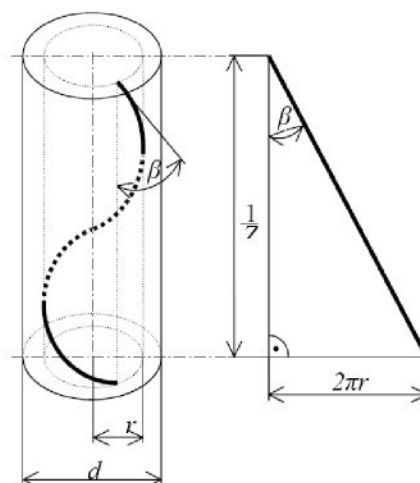
Priadza tvorí valec o priemere d , osy vlákien tvoria sústavy súosých šrubovíc na obecných polomeroch $r \in (0, d/2)$. Vlákna sú valcové a ich prierezom je kruh o polomere d_r a ploche s . Výška stúpania šrubovice je rovná $1/Z$. Medzi uhlom stúpania šrubovice β obecného vlákna a zákrutom Z (počet ovinutí na jednotku dĺžky) platí vzťah (viz. Obr. 2)

$$\operatorname{tg} \beta = 2 \pi r Z \quad (5)$$

Valcové vlákno s trajektóriou šrubovice zanecháva v priečnom reze (rez vedený kolmo k ose priadze) plochu s^* v tvare elipsy, platí pre nich vzťah:

$$s^* = s / \cos \beta = s \sqrt{1 + (\operatorname{tg} \beta)^2} = s \sqrt{1 + (2 \pi r Z)^2} \quad (6)$$

Súčet všetkých rezných plôch vlákien v priereze priadze odpovedá substančnému prierezu S [2].



Obr. 2. Šrubovicový model priadze

1.6 Intenzita zákrutu

Intenzita zákrutu κ je tangentou uhlu β_D stúpania šrubovice povrchového vlákna v priadzi, ktoré sa nachádza na polomere **d**. Podľa vzťahu $2r=d$ je intenzita daná vzťahom [2].

$$\kappa = \operatorname{tg} \beta_D = \pi D Z \quad (7)$$

κ ...intenzita zákrutu [-]

β ...uhol stúpania šrubovice [rad]

π ...Ludolfovo číslo (3,141592654)

Z ...zákrut $[m^{-1}]$

D ...priemer priadze [m]

1.7 Koechlinov a Phrixov zákrutový koeficient [1]

Koechlinov vzťah:

$$Z = \frac{\alpha}{\sqrt{T}} [m^{-1}] \quad (8)$$

Z počet zákrutov $[m^{-1}]$

α ... súčiniteľ zákrutu $[m^{-1} \text{ ktex}^{1/2}]$

T jemnosť priadze [tex]

Phrixov vzťah:

$$Z = \frac{\alpha}{\sqrt[3]{T^2}} \quad (9)$$

Z.... počet zákrutov [m^{-1}]

α ... súčiniteľ zákrutu [$\text{m}^{-1} \text{ktex}^{2/3}$]

T.... jemnosť priadze [tex]

1.8 Vzhľad priadze

Vzhľadom priadze rozumieme vlastnosť, vyjadrenú nerovnomernosťou hrúbky priadze a nečistotami vláknového a nevláknového pôvodu v priadzi [1].

1.9 Hmotná nerovnomernosť

Je percentuálne vyjadrenie kolísania náhodnej premennej veličiny. Je jednou z veľmi sledovaných parametrov kvality dĺžkových textílií (priadzi, nití, prameňov, atď.) Hmotná nerovnomernosť priadzi a nití totiž ovplyvňuje radu jej ďalších vlastností, ako napr. dĺžkovú hmotnosť, zákruty, pevnosť, atď. [1].

Parametre hmotnej nerovnomernosti:

- lineárna hmotná nerovnomernosť U[%]
- kvadratická hmotná nerovnomernosť CV[%]
- limitná hmotná nerovnomernosť CV_{lim} [%]
- index nerovnomernosti I
- výrobná nerovnomernosť CV_f [%]
- strojová hmotná nerovnomernosť CV_n [%]

1.10 Priemer a zaplnenie priadze

Zaplnenie μ je podiel objemu vlákien ku celkovému objemu vláknového útvaru $\mu \in (0,1)$, môžeme ho interpretovať ako podiel plochy vlákien v priečnom reze priadze ku celkovej ploche priečného rezu. Priemer priadze d býva nahradený priemerom valca, kde je sústredená prevažná časť vlákien. Medzi priemerom d a substančným priemerom d_s platí, že $d_s < d$ (viz obr. 3) a platí vzťah:

$$\mu = d_s^2 / d^2 = 4S / (\pi d)^2 = 4T / \pi d^2 \rho \quad (10)$$

μzaplnenie priadze [-]

d priemer priadze [mm]

d_s ...substančný priemer priadze [mm]

T ...jemnosť priadze [tex]

Splocha priečného rezu vlákna [mm²]

ρ ... merná hustota vlákien [kg/m³]

Experimentálne určený priemer priadze sa označuje ako efektívny priemer d_{ef} . Zaplnenie môžeme vyjadriť ako podiel hustoty priadze γ ku mernej hmotnosti vlákien ρ (za predpokladu zanedbania hmotnosti vzduchu).

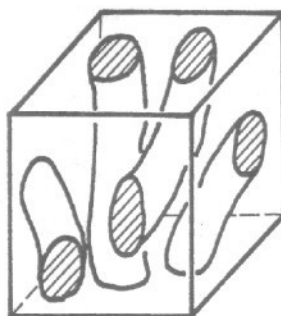
$$\mu = \gamma / \rho \quad (11)$$

μ zaplnenie priadze [-]

γ hustota priadze[kg/m³]

ρ merná hustota vlákien[kg/m³]

Veličina $(1-\mu)$ vyjadruje podiel celkového objemu vyplneného vzduchovými pórami a nazýva sa pórozita [2].



Obr. 3. Zaplnenie textilného vláknového útvaru

1.11 Substančný prierez priadze

Môžeme ju tiež vyjadriť ako súčin hustoty vlákien ρ a súčtovej plochy všetkých vláknových rezov v priereze priadze, ktorá sa označuje ako substančný prierez S [2].

$$T = \rho * S \quad (12)$$

T - jemnosť vlákien [tex]

ρ - merná hustota vlákien [kg/m^3]

S – plocha priečneho rezu vlákna [mm^2]

1.12 Substančný priemer

Tento priemer je teoreticky najmenší možný priemer priadze (bez vzduchu) a označuje sa ako substančný priemer [2].

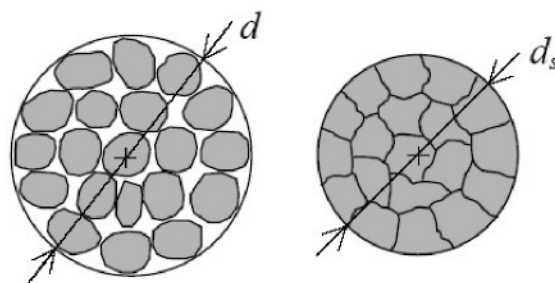
$$d_s = \sqrt{4S / \pi} = \sqrt{4T / \pi\rho} \quad (13)$$

d_s ...substančný priemer [mm^2]

Splocha priečneho rezu vlákna [mm^2]

T ... jemnosť vlákna [tex]

ρ - merná hustota vlákien [kg/m^3]

Obr. 4. Priemer priadze d a substančný priemer d_s

1.13 Charakteristiky multikomponentných priadzí

Multikomponentná priadza je tvorená $i=1,2,\dots,k$ typmi vlákien o jemnosti t_i a mernej hmotnosti ρ_i . V pričnom reze priadze je počet vlákien $n = \sum_i n_i$ kde n_i je počet vlákien i -tej komponenty. Súhrnná plocha vlákien i -té komponenty je S_i a pre substančný prierez priadze platí $S = \sum_i S_i$. Zaplnenie priadze μ je súčtom zaplnenia komponent $\mu = \sum_i \mu_i$. Podiel zaplnenia i -tej komponenty ku zaplneniu priadze vyjadruje objemový podiel, ktorý je vlastne podiel objemu i -tej komponenty V_i ku objemu priadze $V = \sum_i V_i$ v hmotnej jednotke. Objem i -tej komponenty V_i v hmotnej jednotke je daný vzťahom $V = g_i / \rho_i$, kde g_i je hmotný podiel, ktorý je podielom hmotnosti i -tej komponenty ku hmotnosti priadze. Objemový podiel môžeme vyjadriť aj ako podiel súhrnnej plochy vlákien i -tej komponenty S_i ku substančnému prierezu priadze S .

Uvedené súvislosti sú dané vzťahom:

$$v_i = V_i / V = \mu_i / \mu = (g_i / \rho_i) / \sum_i (g_i / \rho_i) = S_i / S, \text{ platí } \sum_i v_i = 1, \sum_i g_i = 1 \quad (14)$$

Zo vzťahu (14) môžeme odvodiť hmotný podiel

$$g_i = v_i \rho_i / \sum_i v_i \rho_i = \mu_i \rho_i / \sum_i \mu_i \rho_i = S_i \rho_i / \sum_i S_i \rho_i \quad (15)$$

Uvedené veličiny môžeme hodnotiť pre celý pričný rez priadze alebo v jeho jednotlivých sektoroch, napr. (v radiálnych medzikužniciach). Objemový a hmotný

podiel vyjadrený v závislosti na polomere priadze sa nazýva radiálny objemový podiel $v(r)$, a radiálny hmotný podiel $g(r)$, [2].

2. Tuhosť v ohybe

Tuhosťou rozumieme fyzikálnu veličinu, ktorá vzniká ako silový odpor v plošnej textílii pri jej ohýbaní vonkajšou silou alebo vlastnou záťažou. Tento odpor je súčtom všetkých trecích a súdržných síl, ktoré pri tomto ohybe vznikajú medzi vláknami a medzi niťami vo väzných bodoch. [4]

Metódy zisťovania tuhosti v ohybe rozdeľujeme do 2 skupín :

- metódy statické
- metódy dynamické

2.1 Metódy statické [4]

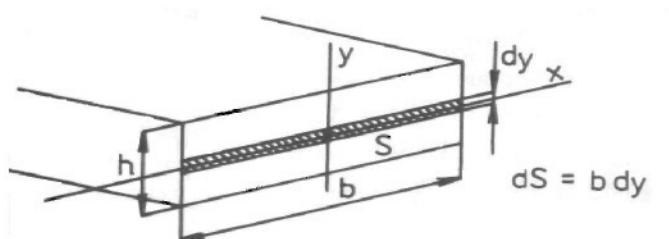
2.1.1 Metóda z ťahového diagramu

Metóda vychádza z úvahy, kde plošná textília je homogénny útvar a kde tuhosť v ohybe je daná vzťahom

$$T_{OE} = E * I \quad [Nm^2] \quad (16)$$

T_{OE} ...tuhosť v ohybe [Nm^2]

E Yongov modul pružnosti [Nm^{-2}] , I moment zotrvačnosti



Obr. 5. Prierez namáhaného plošného útvaru

h - hrúbka útvaru [m]

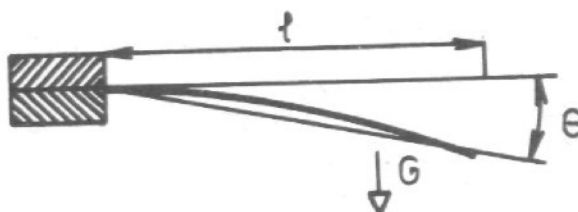
b - šírka útvaru [m]

S - plocha prierezu [mm^2]

dS – element plochy prierezu [m^2]

2.1.2 Metóda podľa Sommera

SOMMER vychádza pri výpočtoch tuhosti v ohybe z plošnej mernej hmotnosti ρ_s a výpočtovej veličiny c , ktorú zisťuje na prúžku textílie dĺžky l , ktorý je pevne upevnený do horizontálnej svorky a vlastnou tiažou sa ohne.



Obr. 6. Upevnený prúžok textílie podľa Sommera

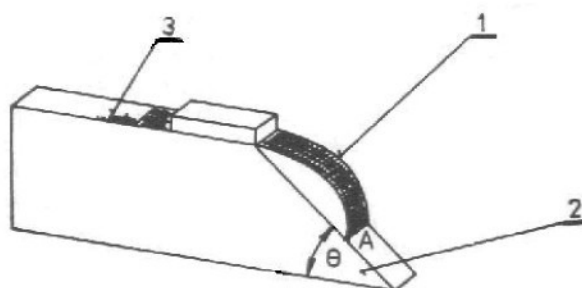
l - dĺžka textílie [m]

G - gravitačná sila [N]

θ - uhol [rad]

2.1.3 Metóda podľa ASTM

Metóda nazývaná Cantilever Test bola pôvodne používaná iba na vystužené odevné textílie.



Obr. 7. Prístroj Cantilever Test

Prúžok textílie 1 určitej šírky so závažím vysúva nad šikmú časť 2, a keď sa koncom dotkne /bod A/, na hornej stupnici 3 sa odčíta vysunutá dĺžka prúžku.

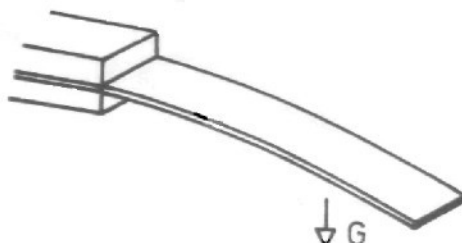
1 – prúžok textílie

2 – šikmá časť prístroja

3 – stupnica prístroja

2.1.4 Modifikovaná metóda podľa Sommera

Modifikácia SOMMEROVEJ metódy vychádza z prúžku textílie, ktorý je upevnený v horizontálnej čeľusti a je zaťažovaný vlastnou hmotnosťou.



Obr. 8. Upnutý prúžok textílie

G – tiaž prúžku [N]

2.1.5 Metóda podľa Peirce

Metóda pracuje takisto s prúžkom textílie, ktorý je upnutý do vertikálnej čeľuste, takže vytvára srdcovku.



Obr. 9. Srdcovka pre metódu podľa Peirce

l – dĺžka prúžku textílie

2.1.6 Metóda podľa ČSN

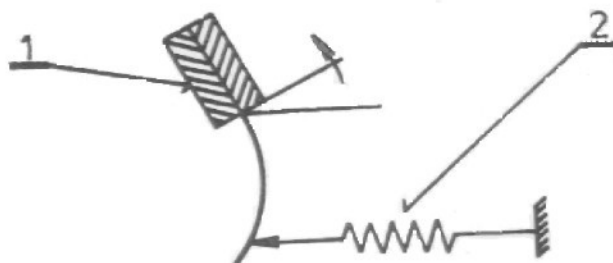
Metóda najnovšia, založená na elektrickom snímaní ohybovej sily, kde prúžok textílie b a dĺžky l je upnutý v natočenej čeľusti 1 a elektrický silový mechanizmus 2 meria silu F. Tá sa dosadí do vzťahu pre výpočet ohybového momentu:

$$M_0 = F * l \quad [Nm] \quad (17)$$

M_0 ...ohybový moment [Nm]

F.....sila[N]

l.....dĺžka prúžku[m]



Obr. 10 Merač tuhosti podľa ČSN

1 – natočená čeľusť

2 – elektrický silový mechanizmus

Statické metódy vyhovujú vtedy, keď chceme určiť okamžitú hodnotu tuhosti plošnej textílie. Aby sme mohli posúdiť javy pri opakovanom namáhaní plošnej textílie na ohyb tam, kde v skutočnosti k tomu dochádza, používame **metódy dynamické**.

2.2 Metódy dynamické [4]

2.2.1 Metóda SCHIEFFERA

Pracuje s dvoma vystrihnutými vzorkami, ktoré sú upnuté v špeciálnej otočnej čeľusti.

2.2.2 Metóda podľa BEKKA

Používa opakované zaťaženie prúžku textílie, ktorý je upravený do tvaru slučky.

2.3 Ďalšie metódy ohybovej tuhosti:

2.3.1 Kawabata vyhodnocovací systém

Kawabata systém je jedným z najčastejšie používaných metód. Princíp tohto systému spočíva v tom, že nastriháme vzorky o rozmere 20*20 cm a upneme do prístroja tak, že jeden koniec vzorky je pohyblivý a druhý je pevný. Z tohto prístroja získame diagram,

ktorý určuje závislosť ohybového momentu a zakrivenia. Nakoniec nasleduje výpočet [5].

2.3.2 TH7 Tester

Bol vyvinutý pre zmiešanie ohybových vlastností materiálov. Vzorky sú pripravované o rozmere 5*5 cm. Tri vzorky sú rezy v uhlopriečnom smere a prvý vzorok je umiestnený rovnobežne k upínaču [5].

2.3.3 Shirley

Do prístroja je upnutý prúžok látky. Vzorky sú pripravované o rozmere 25*200 mm po osnove a útku. Ohybová tuhosť je vypočítaná pomocou ohýbanej dĺžky a váhy materiálu. Pri výpočte značenie G predstavuje ohybovú tuhosť, M hmotnosť materiálu látky a C označuje dĺžku ohybu (ohybovú dĺžku) [5].

2.3.4 Kruhový tester (Circular)

Sila je odmeraná stlačením materiálu o veľkosti 102*102*6 mm, ktorý je vložený do otvoru o priemere 38,1mm [5].

2.3.5 Metóda ohybovej tuhosti podľa Profesora Stříže

Metóda vychádza zo stanovenia mernej tiaže textílie q [N/m], jej dĺžky l [m] a odčítania z tvaru priehybovej čiary, ťažiska ohybovej krivky x_c a polohy konca A ohybovej krivky (súradnice x_0, w_0) [5].

3. Experiment

3.1 Definícia ohybovej tuhosti

Je odolnosť plošnej textilie voči ohýbaniu vlastnou váhou a pôsobením vonkajšej sily. Tento odpor je súčtom všetkých trecích síl a súdržných síl, ktoré vznikajú pri ohybe medzi vláknami a medzi väzbovými bodmi. Tuhosť ovplyvňuje radu ďalších významných vlastností textílií ako je napr. splývavosť, tvarovanie, omak a podobne.

3.2 Podstata experimentu

Podstatou experimentu je stanovenie postupu výpočtu a meranie ohybovej tuhosti priadze. K dispozícii je päť zmesových pomerov priadze s troma jemnosťami (viz tabuľka 1). Pre výpočet je nutné stanoviť mernú tiaž textílie $q[\text{Nm}^{-1}]$, jej dĺžku $l[\text{m}]$. Z tvaru priechybovej čiary sa ďalej určí:

- ťažisko ohybovej krivky x_c ,
- polohu konca A ohybovej krivky (súradnice x_0, w_0).

Tabuľka.1. Hodnoty zmesových pomerov priadzí a ich jemnosti

Materiál	T[tex]	T[tex]	T[tex]
100Ba	20	29.5	45
65Ba/35Pop	20	29.5	45
50Ba/50Pop	20	29.5	45
65Pop/35Ba	20	29.5	45
100Pop	20	29.5	45

3.3 Zariadenie určené pre experiment

Ku skúške je použitý:

systém obrazovej analýzy LUCIA G,

prípravok, na ktorom je textília na jednom konci upnutá a na druhom je voľná,

PC so softwarom, ktorý prevedie výpočet ohybovej tuhosti.

3.4 Metóda stanovenia tuhosti priadze podľa prof. Stríže

U jednorozmerných textílií (vlákna, nite, priadze, úzke pásy) určuje Hookov zákon iba dva druhy modelov pružnosti: modul pružnosti v ťahu a modul pružnosti v šmyku. Neexistuje modul pružnosti v ohybe, preto sa ohybové vlastnosti textílií vyjadrujú prostredníctvom ohybovej tuhosti EI , kde E je Youngov modul pružnosti v ťahu alebo tlaku a I je moment zotrvačnosti (presnejšie kvadratický moment) prierezu skúmanej vzorky textílie. Tými môžu byť niť, priadza, vlákno, ale aj plošná textília, ktorá sa upravuje do tvaru úzkeho pásika konštantnej šírky alebo trojuholníka, polkruhu a pod. Posledné dva tvary sa používajú u textílií s malou ohybovou tuhosťou, aby výslednica pôsobiacej sily tiaže mala menšiu hodnotu.

Experimentálne metódy určovania ohybovej tuhosti môžu byť rôzne. Vždy je však treba pre určenie ohybovej tuhosti EI aplikovať diferenciálnu rovnicu ohybovej čiary alebo inej závislosti, ktoré túto tuhosť obsahujú. V praxi sa prevažne používa približná diferenciálna rovnica

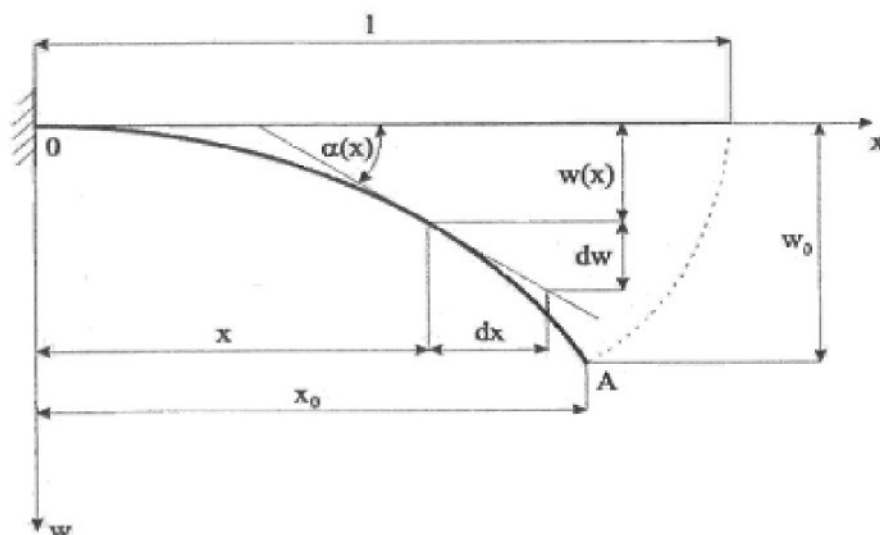
$$\frac{d^2w}{dx^2} = - \frac{M(x)}{EI}, \quad (18)$$

kde w charakterizuje posuv textílie kolmo na jej počiatočnú polohu určenú osou x . Veličina $M(x)$ je ohybový moment v obecnom bode textílie v pôvodnej polohe. Už z toho je zrejmá nepresnosť rovnice pre materiály typu textílie.

Budeme sa ďalej zaoberať určením ohybovej tuhosti EI textílie pomocou prípravku (viz obr. 12), v ktorom je textília (lineárna alebo plošná) na jednom konci upnutá a na druhom voľná. Pôsobí na ňu jej vlastná hmotnosť (obr. 11). Označme mernú tiaž textílie $q[\text{Nm}^{-1}]$, jej dĺžku $l[\text{m}]$, tuhosť v ohybe $EI[\text{Nm}^2]$. Budeme uvažovať u plošnej textílie konštantnú šírku, teda $I = \text{konst.}$

Pre určenie ohybovej tuhosti EI textílie použijeme diferenciálnu rovnicu ohybovej čiary veľkých priehybov:

$$\frac{\frac{d^2w(x)}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dw(x)}{dx}\right)^2\right]^{3/2}} = - \frac{M(x)}{EI} \quad (19)$$



Obr. 11. Znázornenie priehybovej čiary priadze

Pre rozklad v rade boli využité iba prvé dve nasledujúce okrajové podmienky upnutého konca textílie $x = 0$. Musia byť však splnené:

$$w(0) = 0, w'(0) = 0, w''(0) = \frac{q l x_c}{E I}, w'''(0) = -\frac{q l}{E I} \quad (20)$$

kde x_c je označenie súradnice ťažiska ohybovej čiary. Výraz pre posúvajúcu silu vyplýva z rovnice:

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{w''(x)}{(1 + (w'(x))^2)^{3/2}} \right]_{x=0, w'(0)=0} = w'''(0) \quad (21)$$

Pokiaľ je technicky možné určiť experimentálne tvar priehybovej čiary, napr. priemetom na rovinu s premeraním polôh vhodného počtu bodov krivky, potom je ľahké vyjadriť analyticky radou tvar krivky. Pre analytické alebo numerické riešenie je treba využiť zostávajúce dve podmienky a podmienky na konci A priehybovej čiary o súradniciach x_0, w_0 a sklon tečny (obr. 11):

$$w(x_0) = w_0, w'(x_0) = w_1, w''(x_0) = 0, \frac{d}{dx} \left[\frac{w''(x)}{(1 + (w'(x))^2)^{3/2}} \right]_{x=x_0} = 0 \quad (22)$$

Okrajové podmienky splňuje funkcia:

$$w(x) = \frac{q l x_c x_0^2}{n(n-1)EI} \left[\left(1 - \frac{x}{x_0}\right)^n + n \frac{x}{x_0} - 1 \right], \quad (23)$$

kde je označené:

$$n = \frac{w_1 x_0}{w_1 x_0 - w_0} \quad (24)$$

súčasne tiež platí:

$$n = 2 + \frac{x_0}{x_c} \quad (25)$$

Keď využijeme prvú okrajovú podmienku (22) a závislosť (25) môžeme vzťahom:

$$w_0 = \frac{q l x_c x_0^2}{\left(2 + \frac{x_0}{x_c}\right) EI} \quad (26)$$

zjednodušiť rovnicu (23) na závislosť:

$$w(x) = \frac{w_0 x_c}{x_c + x_0} \left[\left(1 - \frac{x}{x_0}\right)^{\frac{2x_c + x_0}{x_c}} + \left(2 + \frac{x_0}{x_c}\right) \frac{x}{x_0} - 1 \right] \quad (27)$$

Funkcia (23) alebo (27) splňuje všetkých osem okrajových podmienok, ale nie je riešením diferenciálnej rovnice. Aby sme sa k tvaru priechybovej čiary čo najviac priblížili, budeme požadovať, aby dĺžka krivky daná vzťahom (23) alebo (27) sa rovnala dĺžke vzorku l .

Platí:

$$l = \int_0^{x_0} \sqrt{1 + w'(x)^2} dx \quad (28)$$

Keď využijeme v rovnici (28) funkciu (27), vystupuje v nej jediný neznámy parameter x_c . Ten sa môže voliť postupne tak, až je rovnica (28) s dostatočnou presnosťou splnená. Pre výpočet súradnice ťažiska x_c sa môže využiť známy vzťah:

$$x_c = \frac{1}{l} = \int_0^{x_0} x \sqrt{1 + w'(x)^2} dx \quad (29)$$

Z rovnice (26) určíme ohybovú tuhosť v tvare:

$$EI = \frac{q l x_0^2 x_c^2}{(2x_c + x_0) w_0} \quad (30)$$

V okrajových podmienkach (22) sa vyskytuje sklon $w'(x_0) = w_1$. Túto podmienku sme využili iba v definícii tvaru funkcie (23), pretože jej experimentálna hodnota je zaťažená chybou a tá sa prejaví veľmi na hodnote tuhosti EI. Napriek tomu ju môžeme pre kontrolu určiť výpočtom zo vzťahu (24).

$$w_1 = \frac{n w_0}{x_0(n-1)} = \frac{(2x_c + x_0) w_0}{(x_c + x_0) x_0} \quad (31)$$

Aby výsledky boli dostatočne objektívne, je vhodné realizovať experimenty so vzorkami rôznych dĺžok l . Z každého experimentu dostaneme hodnotu $(EI)^i$, kde $i = 1, 2, \dots, m$, m je počet vzoriek rôznych dĺžok. Potom ohybovú tuhosť určíme ako aritmetický priemer dielových tuhostí:

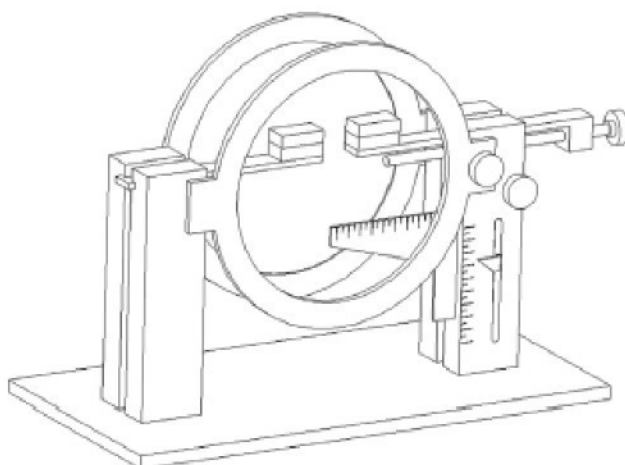
$$EI = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (EI)_i. \quad (32)$$

Poznámka:

Ťažisko ohybovej krivky sa nachádza medzi spojnicou bodov OA a tečnou v bode A so smernicou w_1 . Je to:

$$\frac{w_0}{x_0} < w_1 < \frac{2w_0}{x_0}. \quad (33)$$

Tento interval obmedzuje dĺžku l experimentálnej vzorky textílie, pre ktorú aplikujeme vzťah (22).



Obr. 12. Prípravok pre stanovenie ohybovej tuhosti priadze

3.5 Citlivosť metódy na vstupné dáta

Metóda je citlivá na jemnosť priadze. Výsledky metódy sú podstatne ovplyvnené rozsahom výberu tvarov snímanej ohybovej čiary skúmanej priadze a ich počtom, preto sa pre dostatočnú štatistickú spoľahlivosť výsledkov doporučuje zmerať z jedného typu priadze cca 30 ohybových kriviek priadze.

3.6 Postup experimentu

3.6.1 Príprava snímacieho zariadenia

- nastavenie a uloženie kamery pre snímání jednotlivých priadzi
- nastavenie kamery – doporučený postup = 70ms

3.6.2 Príprava preparátu

- upevnenie vzorky priadze (viz tabuľka 1) do čelusti prípravku s určenou upnutou dĺžkou 0,05m
- odstrihnutie a snímání priehybovej čiary priadze

3.6.3 Príprava softwarovej obrazovej analýzy

- makroprojekcia pohľadu na priadzu
- zaostrenie na okraj tela priadze
- nastavenie kontrastu kamery a veľkosti horného osvetlenia tak, aby nedochádzalo k presvetleniu preparátu

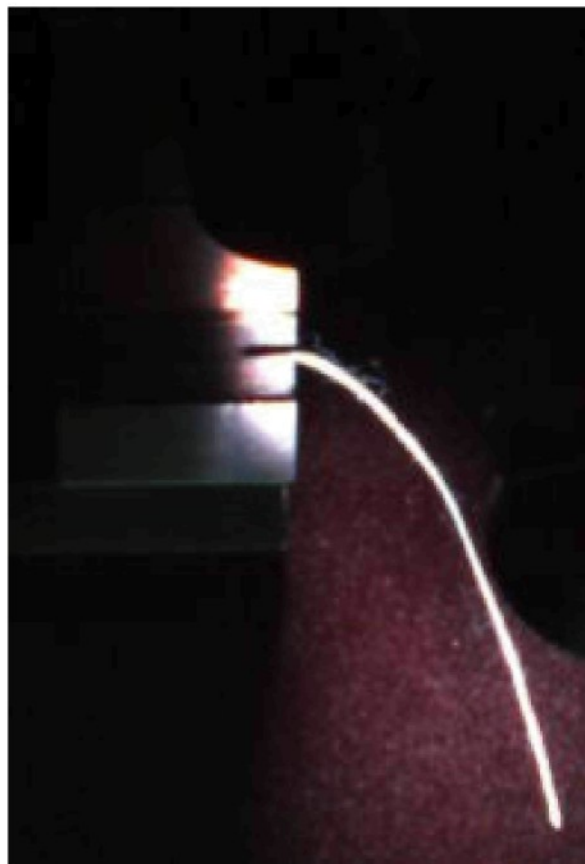
3.6.4 Meranie (snímanie obrazu)

- digitalizácia živého obrazu
- uloženie tvaru ohybovej čiary priadze
- postup 3.5.4 je opakovaný 30 krát z každej vzorky priadze
- po ukončení merania sú dáta exportované do súboru
- prevedenie výpočtu použitím programu pre stanovenie ohybovej tuhosti priadze

3.6.5 Program pre stanovenie ohybovej tuhosti priadze

Doporučený postup (software Matlab):

- výpočet ohybovej tuhosti priadze sa prevádza v Matlabe
- otvorenie softwaru Matlab
- otvorenie a spustenie programu pre stanovenie ohybovej tuhosti priadze
- program je uložený v rovnakom adresári ako príslušné snímky tvaru ohybovej čiary
- otvorenie príslušného snímku tvaru ohybovej čiary v ikonke „File Under Analysis“
- zadanie vstupných parametrov, (viz obr. 14) a to: upnutá dĺžka priadze v prípravku [m] jemnosti priadze [tex]
- upnuté dĺžky v snímku a v zadávaných parametroch musia byť totožné.
- prevedenie výpočtu kliknutím na ikonku „Compute“.
- vymedzenie tvaru ohybovej krivky pre výpočet ťažiska danej krivky
- obdĺžniková výseč určená kliknutím na počiatočný bod krivky a následným ťahaním výseče až ku konečnému bodu krivky, (viz obr. 12)
- postu výpočtu ohybovej tuhosti previesť pre každý snímok tvaru ohybovej čiary s danou upnutou dĺžkou.



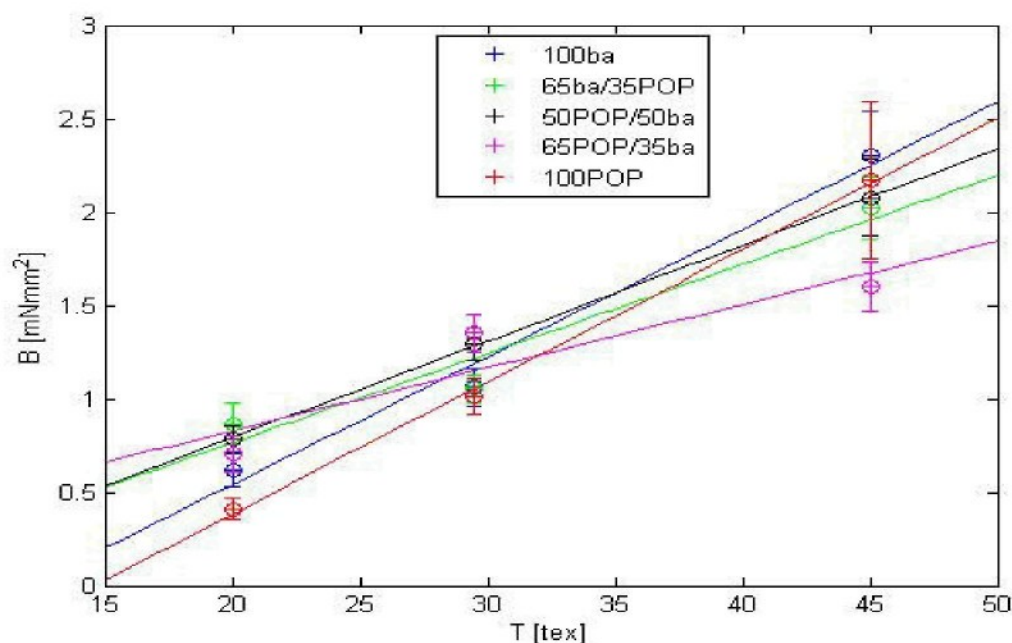
Obr. 13. Zobrazenie snimaného snímku pomocou softwaru LUCIA G

A screenshot of a software interface titled "Input Parameters". It contains three input fields: "File Under Analysis", "Length", and "Tex". Each field has a unit "m" next to it. At the bottom, there is a "Compute" button.

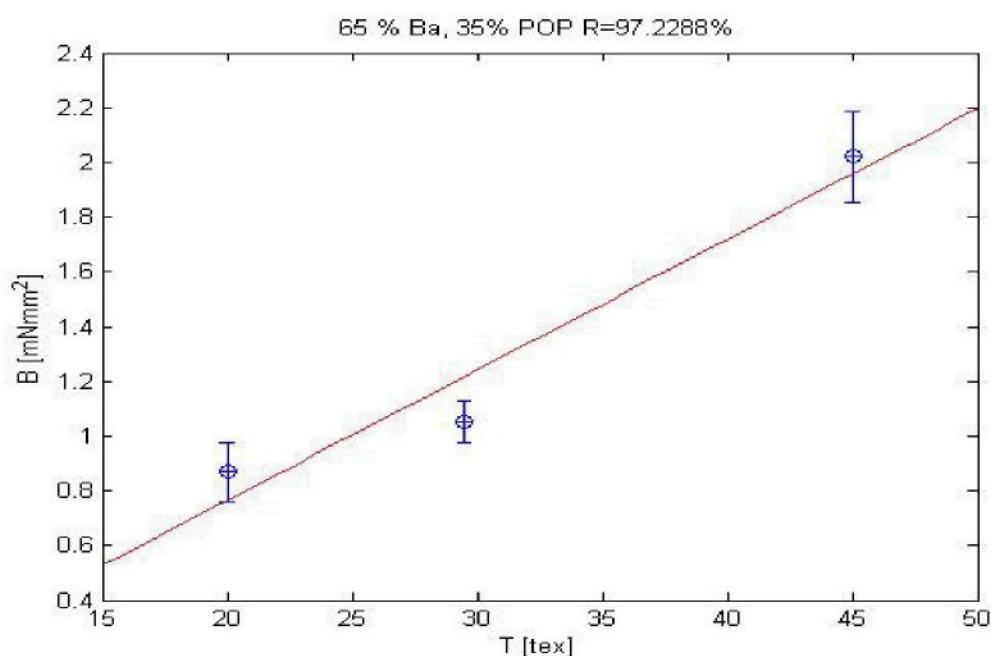
Obr. 14. Zobrazenie vstupných dát programu pre stanovenie ohybovej tuhosti priadze

3.7 Výsledky experimentu

Namerané dáta ohybovej tuhosti zmesových priadzi boli štatisticky spracované. Výsledky sú uvedené v tabuľkách č. 2, 3 a 4. Ohybová tuhosť priadzi bola diskutovaná vzhľadom k jemnosti priadze a hmotnostnému podielu polypropylénu. Závislosť ohybovej tuhosti priadzi na jemnosti je vyjadrená v grafoch 1 až 1e.

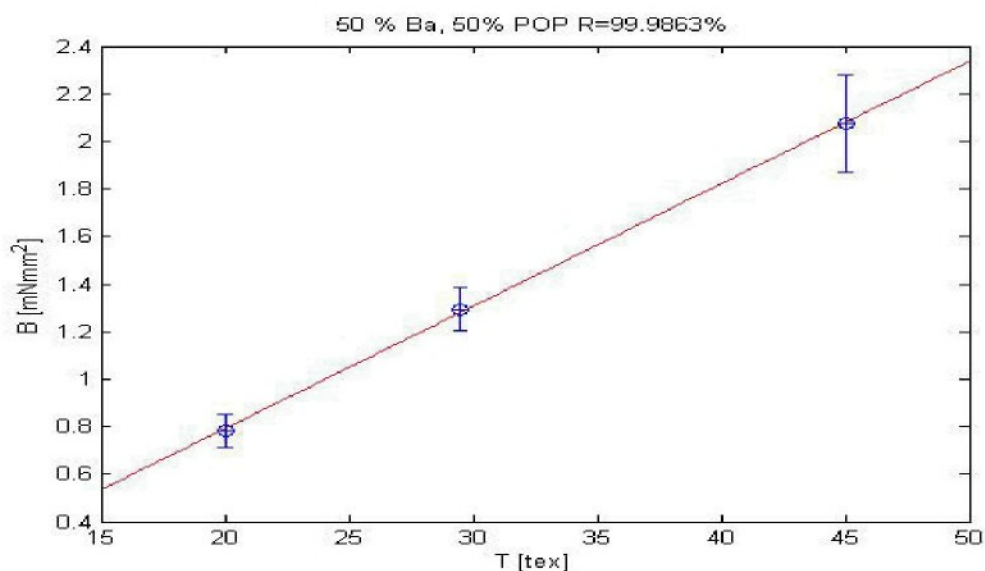


Graf 1. Závislosť ohybovej tuhosti priadze na jemnosti priadze



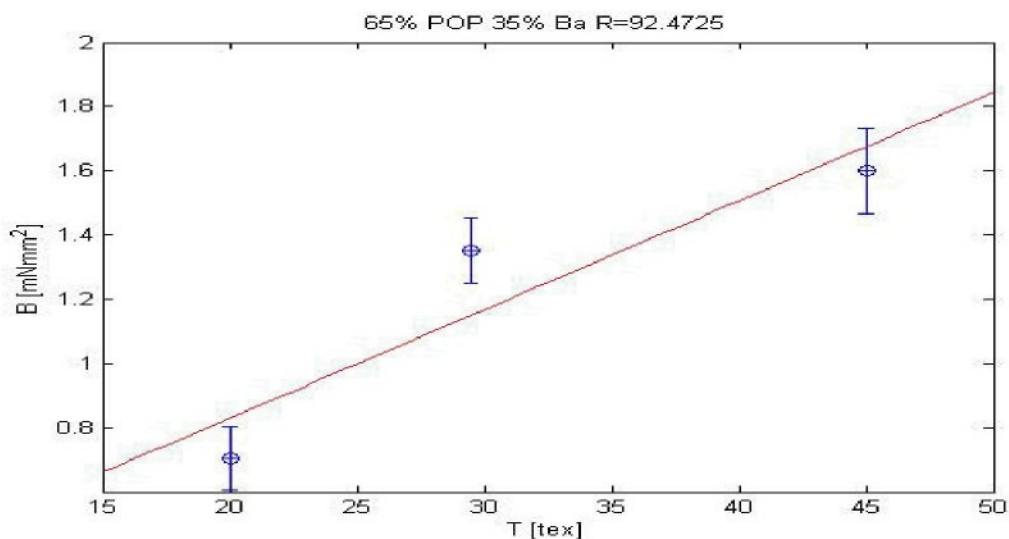
Graf 1a. Závislosť ohybovej tuhosti priadze na jemnosti priadze so zmesovým pomerom 65%Ba/35%Pop

V grafe 1a) 65%Ba/35%Pop je závislosť ohybovej tuhosti $B[\text{mNmm}^2]$ priadze na jemnosti $T[\text{tex}]$ priadze. Na x-ovú os sa nanášali dané stanovené jemnosti priadze a na y-ovú os sa nanášal priemer ohybovej tuhosti, a potom interval spoľahlivosti. Výsledná korelácia medzi ohybovou tuhosťou priadze 65%Ba/35%Pop a jemnosťou má hodnotu $R=97,2288$.



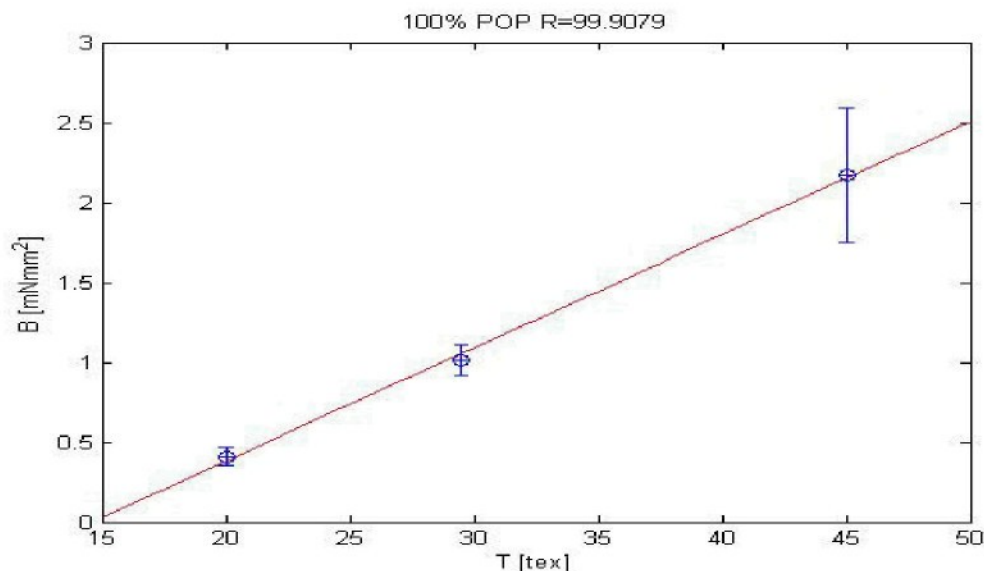
Graf 1b. Závislosť ohybovej tuhosti priadze na jemnosti priadze so zmesovým pomerom 50%Ba/50%Pop

V grafe 1b) 50%Ba/50%Pop je závislosť ohybovej tuhosti $B[\text{mNmm}^2]$ priadze na jemnosti $T[\text{tex}]$ priadze. Výsledná korelácia medzi ohybovou tuhosťou priadze 50%Ba/50%Pop a jemnosťou má hodnotu $R=99,9863$.



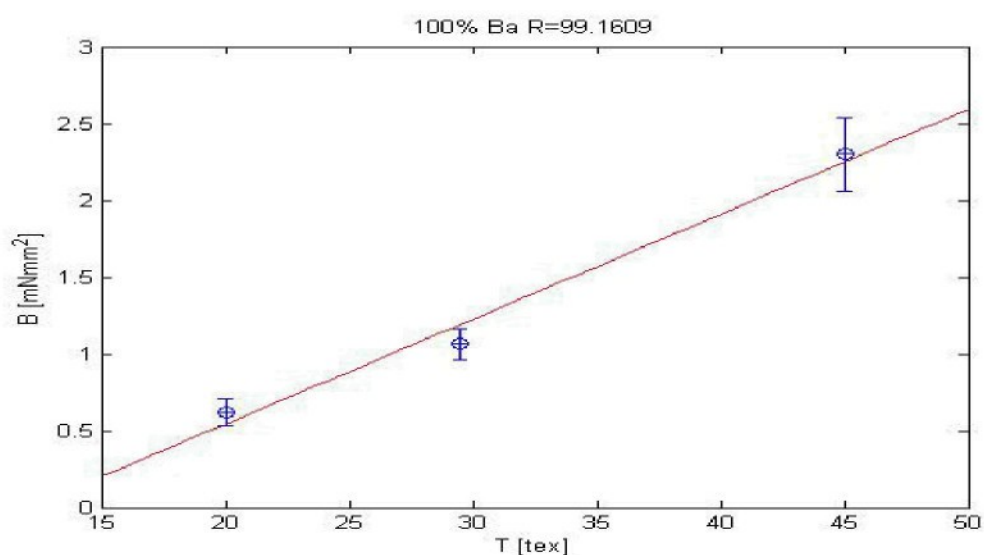
Graf 1c. Závislosť ohybovej tuhosti priadze na jemnosti priadze so zmesovým pomerom 65%Pop/35%Ba

V grafe 1c) 65%Pop/35%Ba je závislosť ohybovej tuhosti $B[\text{mNmm}^2]$ priadze na jemnosti $T[\text{tex}]$ priadze. Korelácia medzi ohybovou tuhosťou priadze 65%Pop/35%Ba a jemnosťou má hodnotu $R=92,4725$.



Graf 1d. Závislosť ohybovej tuhosti priadze na jemnosti priadze so zmesovým pomerom 100%pop

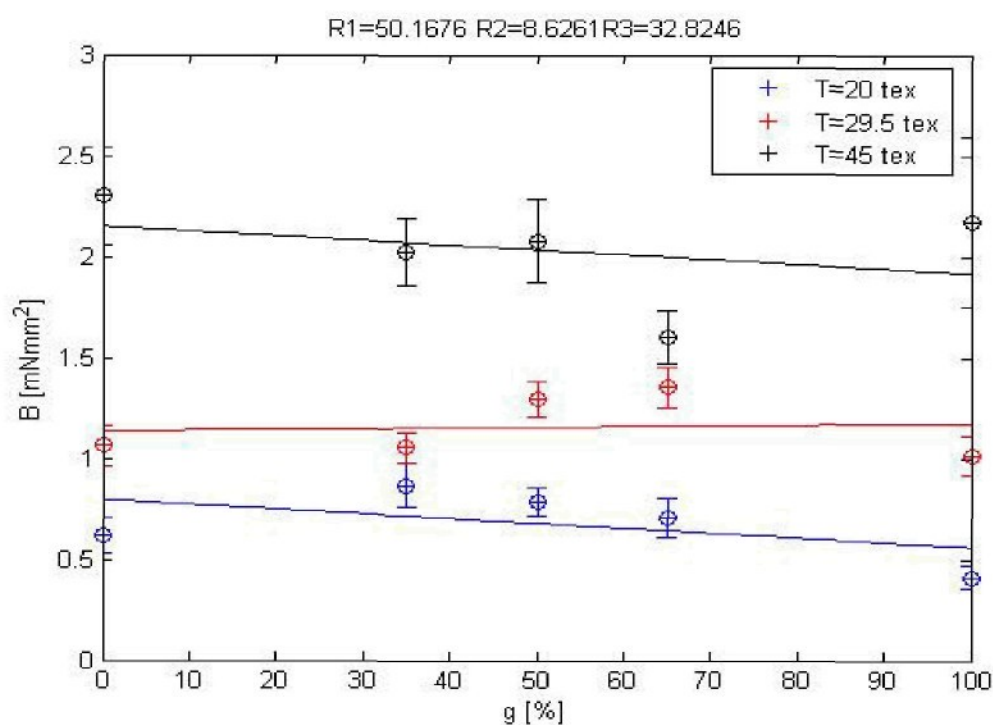
V grafe 1d) 100%Pop je závislosť ohybovej tuhosti $B[\text{mNmm}^2]$ priadze na jemnosti $T[\text{tex}]$ priadze. Korelácia medzi ohybovou tuhosťou priadze 100%Pop a jemnosťou má hodnotu $R=99,0979$.



Graf 1e. Závislosť ohybovej tuhosti priadze na jemnosti priadze so zmesovým pomerom 100%Ba

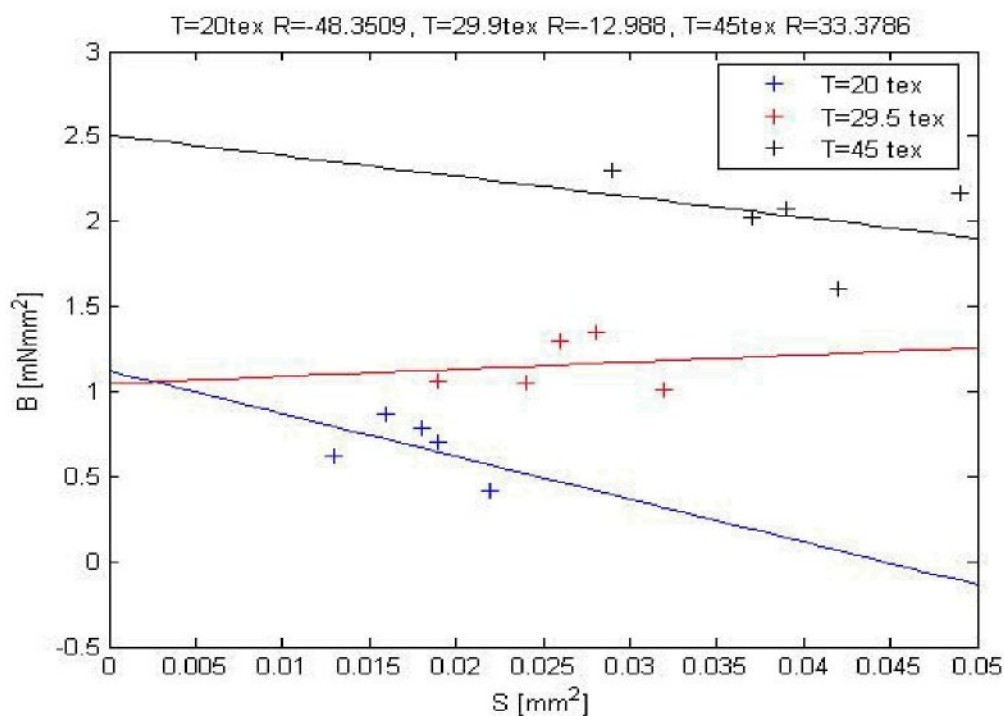
V grafe č. 1e) 100%Ba je zakreslená závislosť ohybovej tuhosti $B[\text{mNmm}^2]$ priadze na jemnosti $T[\text{tex}]$ priadze. Výsledná korelácia ma hodnotu $R=99,1609$. Graf je lineárne závislý.

Môžeme konštatovať, že s rastúcou jemnosťou priadze nám rastie ohybová tuhosť všetkých zmesových pomerov. Závislosť medzi ohybovou tuhosťou $B[\text{mNmm}^2]$ priadze a jemnosťou $T[\text{tex}]$ priadze je silne lineárna.



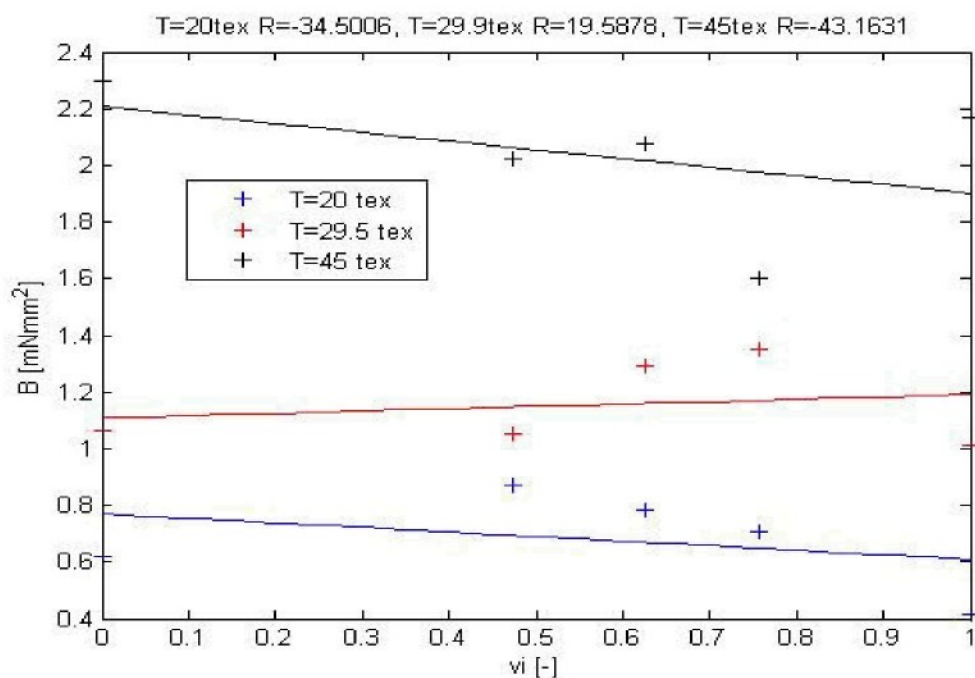
Graf 2. Závislosť ohybovej tuhosti priadze na hmotnostnom zmesovom podiele priadze

V grafe 2 je znázornená závislosť ohybovej tuhosti $B[\text{mNmm}^2]$ priadze na zmesovom pomere g [%] priadze o troch jemnostiach $T[\text{tex}]$. Lineárna závislosť medzi ohybovou tuhosťou $B[\text{mNmm}^2]$ priadze a jemnosťou $T[\text{tex}]$ priadze je nízka. Z tohto grafu môžeme konštatovať, že zmesový pomer g [%] priadze nemá veľký vplyv na ohybovú tuhosť $B[\text{mNmm}^2]$ priadze.



Graf 3. Závislosť ohybovej tuhosti priadze na ploche prierezu priadze

V grafe 3 je závislosť ohybovej tuhosti $B[\text{mNm}^2]$ priadze na ploche pričného rezu $S[\text{mm}^2]$ priadze. Môžeme konštatovať, že plocha pričného rezu $S[\text{mm}^2]$ priadze nemá vplyv na ohybovú tuhosť $B[\text{mNm}^2]$ priadze.



Graf 4. Závislosť ohybovej tuhosti priadze na objemovom podiele priadze

V grafe 4 je zakreslená závislosť ohybovej tuhosti $B[\text{mNmm}^2]$ priadze na objemovom podiele v_i priadze. Môžeme konštatovať, že objemový podiel priadze nemá vplyv na ohybovú tuhosť.

V snahe lepšie analyzovať vplyv zmesového podielu na ohybovú tuhosť priadze bola ohybová tuhosť priadze porovnaná s plochou pričného rezu priadze (teória: viac POP, väčší priemer, tým pádom väčšia plocha).

Plocha prierezu priadze je vypočítaná pomocou vzorca

$$S = t/\rho \quad (34)$$

Splocha prierezu priadze [mm^2]

tjemnosť priadze [tex]

ρmerná hustota priadze [kg/m^3]

Objemový podiel priadze je vypočítaný pomocou vzorca

$$v_i = g_i \cdot \frac{\rho}{\rho_i} \quad (35)$$

v_i ...objemový podiel i -tej komponenty [-]

g_ihmotnostný podiel i -tej komponenty [-]

ρmerná hustota priadze [kg/m^3]

ρ_ihustota priadze i -tej komponenty [kg/m^3]

Štatisticky spracované hodnoty ohybovej tuhosti $B[\text{mNmm}^2]$ priadze piatich zmesových pomerov o troch jemnostiach

Tabuľka 2. $T=20\text{tex}$

	100pop	100ba	50pop50ba	65ba35pop	65pop35ba
$\bar{x}$	0,412	0,622	0,785	0,868	0,705
s	0,147	0,241	0,199	0,298	0,277
IS 95%	0,054	0,088	0,071	0,107	0,099
$\bar{v}$	35,704	38,688	25,439	34,367	39,272

Tabuľka 3. $T=29,5tex$

	100pop	100ba	50pop50ba	65ba35pop	65pop35ba
$\bar{x}$	1,012	1,063	1,294	1,053	1,352
s	0,236	0,279	0,216	0,213	0,284
$IS\ 95\%$	0,094	0,1	0,09	0,076	0,102
$\bar{v}$	23,287	26,326	16,661	20,23	21,036

Tabuľka 4. $T=45tex$

	100pop	100ba	50pop50ba	65ba35pop	65pop35ba
$\bar{x}$	2,17	2,3	2,075	2,021	1,6
s	1,151	0,679	0,576	0,469	0,375
$IS\ 95\%$	0,419	0,243	0,206	0,168	0,134
$\bar{v}$	53,043	29,502	27,764	23,251	23,448

4. Vytvorenie regresného vzťahu

V programe QCExpert bol testovaný vplyv jednotlivých parametrov priadze na ohybovú tuhosť priadze. Ako významné parametre (viz tabuľka 5) boli stanovené:

- jemnosť priadze
- zákrutový koeficient
- priemer priadze
- nerovnomernosť priadze

Na základe týchto znalostí boli navrhnuté regresné vzťahy:

$$B_1 = P_1 \cdot T + P_2$$

$$B_2 = P_1 \cdot T + P_2 \cdot d^2$$

$$B_3 = P_1 \cdot Z^2 + P_2$$

$$B_4 = P_4 \cdot T + P_2 \cdot d^2 + P_3 \cdot CV$$

$$B_5 = P_3 + P_1 \cdot T + P_2 \cdot d$$

$$B_6 = P_3 + P_1 \cdot T + P_2 \cdot a^2$$

$$B_7 = P_1 \cdot CV + P_2 \cdot Z^2 + P_3 \cdot d^2 + P_4 \cdot T + P_5 \cdot g + P_6$$

$$B_8 = P_3 + P_1 \cdot T + P_2 \cdot a$$

Ľavú stranu rovnice tvorí vždy ohybová tuhosť priadze a pravú stranu tvoria parametre P a závislé premenné, ktoré sú uvedené v tabuľke 5.

Tabuľka.5. Zoznam typov priadzi a ich parametre

T[tex]	Typ priadze	CV[%]	Z[m⁻¹]	d[mm]	a[m⁻¹Mtex^{2/3}]
20tex	100Ba	20,15	828	0,181	117
	65Ba/35Pop	19,5	823	0,197	116
	50Ba/50Pop	17,79	796	0,212	113
	65Pop/35Ba	17,66	825	0,194	117
	100Pop	16,77	787	0,215	111
29,5tex	100Ba	17,42	625	0,217	107
	65Ba/35Pop	16,3	632	0,236	109
	50Ba/50Pop	14,73	621	0,233	106
	65Pop/35Ba	14,71	643	0,253	110
	100Pop	15,55	601	0,262	103
45tex	100Ba	15,59	467	0,262	99
	65Ba/35Pop	14,27	478	0,313	101
	50Ba/50Pop	13,34	470	0,297	99
	65Pop/35Ba	13,33	470	0,321	99
	100Pop	12,18	489	0,297	104

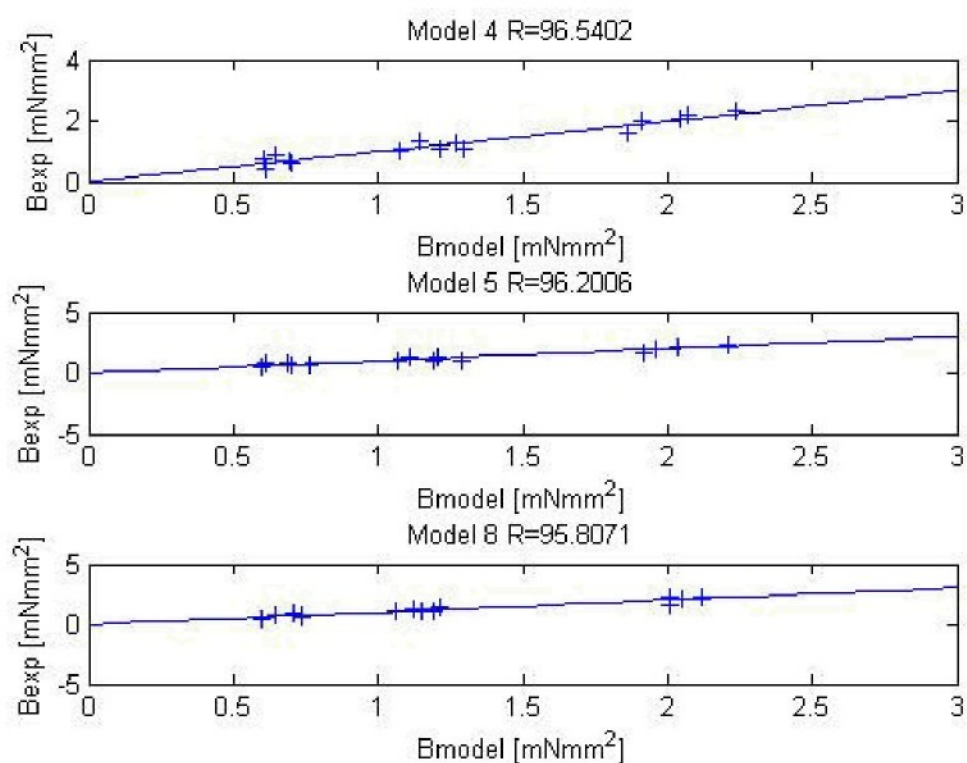
Navrhnuté modely boli testované v programe QCExpert. Tento program nám taktiež stanovil hodnoty parametrov P , ďalej predikovaný korelačný koeficient R_p , strednú kvadratickú chybu predikcie MEP a Akaikeho informačné kritérium (viz tabuľka 6). Pomocou týchto troch kritérií sme porovnávali významnosti modelov (viz tabuľka č. 7). Najvhodnejšími modelmi boli stanovené model 4, ďalším je model 5 a posledným je model 8. Tieto tri modely sú porovnané v grafoch 5, 6, 7

Tabuľka 6. Hodnoty kritérií významnosti modelov

	Mod1	Mod2	Mod3	Mod4	Mod5	Mod6	Mod7	Mod8
R_p	0,8641	0,8269	0,7241	0,8857	0,8736	0,8687	0,7978	0,8690
MEP	0,0473	0,0602	0,0960	0,0397	0,0439	0,0456	0,0703	0,0455
AIC	-46,74	-43,29	-35,27	-49,57	-48,14	-46,23	-45,46	-46,25

Tabuľka 7. Poradové hodnotenie modelov podľa jednotlivých kritérií

Poradie	Mod1	Mod2	Mod3	Mod4	Mod5	Mod6	Mod7	Mod8
Rp	5	6	8	1	2	4	7	3
MEP	5	6	8	1	2	4	7	3
AIC	3	7	8	1	2	5	6	4
celkom	13	19	24	3	6	13	20	10



Graf 5, 6, 7 Najvhodnejšie modely

U modelu 4 sú konštanty $P_4 = 0,075044$, $P_2 = -12,1083$, $P_3 = -0,01982$

U modelu 5 sú konštanty $P_3 = 0,183221$, $P_1 = 0,073894$, $P_2 = -4,95242$

U modelu 8 sú konštanty $P_3 = -3,16927$, $P_1 = 0,06672$, $P_2 = 0,021949$

Všetky 3 modely sú silne závislé, pretože majú vysokú koreláciu R, no najvyššiu koreláciu má model 4, preto by som ho označila za najvýznamnejší model.

4. Záver

Táto diplomová práca sa zaoberá ohybovou tuhosťou zmesových priadzi. Čo je to vlastne tuhosť v ohybe? Tuhosť v ohybe je odolnosť textílie voči ohýbaniu, vlastnou váhou a pôsobením vonkajšej sily.

Podstatou experimentu je stanovenie postupu výpočtu a meranie ohybovej tuhosti priadze. K dispozícii je päť zmesových pomerov priadze s troma jemnosťami. Priadze sú nasnímané pomocou softwaru LUCIA G. Z tvaru priehybovej čiary sa určí ťažisko ohybovej krivky x_c a poloha konca z ohybovej krivky (súradnice x_0, w_0). Namerané dáta ohybovej tuhosti zmesových priadzi sú štatisticky spracované. Ohybová tuhosť priadzi bola diskutovaná vzhľadom k jemnosti priadze a hmotnostnému podielu polypropylénu. V grafoch 1a-1e, kde je zakreslená závislosť ohybovej tuhosti priadze na jemnosti priadze nám s rastúcou jemnosťou priadze rastie ohybová tuhosť všetkých zmesových pomerov. V grafe 2, kde je zakreslená závislosť ohybovej tuhosti priadze na zmesovom pomere priadze o troch jemnostiach vidíme, že zmesový pomer priadze nemá veľký vplyv na ohybovú tuhosť priadze. Ďalej v grafe 3 a 4 je závislosť ohybovej tuhosti priadze na ploche prierezu priadze a na objemovom podiele priadze. Odtiaľ vyplynulo, že plocha prierezu priadze a objemový podiel priadze nemá vplyv na ohybovú tuhosť priadze. Vplyv zmesového podielu POP sa prejavil prostredníctvom priemeru priadze. S rastúcim hmotnostným podielom POP rastie priemer priadze v rámci zhodných jemností priadzi. Priemer priadze bol stanovený ako vplyvný faktor ku stanoveniu ohybovej tuhosti tohto súboru zmesových priadzi.

Posledným bodom práce bolo vytvoriť regresný vzťah pre odhad ohybovej tuhosti zmesovej priadze. Porovnávali sme významnosti modelov a boli vybrané tri najvhodnejšie, ktoré vyjadrujú závislosť ohybovej tuhosti priadze na jemnosti, priemere, nerovnomernosti. Funkčnosť modelov na inom súbore zmesových priadzi CO/POP nebola overená, pretože iný súbor priadzi nebol k dispozícii.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Prof. Ing. Peter Ursíny, DrSc. – Předení I, Liberec 2001
- [2] Neckář, B.: Přeze – tvorba, struktura, vlastnosti, SNTL, Praha 1990
- [3] Stříž, B.: Mechanika textilií, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2002
- [4] Staněk, J.: Nauku o textilných materiálech, Díl I, Část 4, Vlastnosti délkových a plošných textilií, Liberec 1988
- [5] Ozcelik G., Mertová , I., The comparative analysis of bending rigidity methods , 12 th International Conference 2005
- [6] internet: www.ft.vslib.cz/depart/ktt/vct/in/IN-22-201-01_01.pdf