

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Studijní program B3107 Textil

Mechanická textilní technologie

Zaměření: Tkaní

Katedra textilních technologií

Stanovení vlivu vazby na ohybovou tuhost bavlněných tkanin

Determination influence structure on bending rigidity of cotton fabrics

Martina Pokorná

Vedoucí bakalářské práce : Prof. Ing. Bohuslav Stříž, DrSc.

Konzultant bakalářské práce : Ing. Iva Mertová

Rozsah práce: 76

Počet stránek: 69

Počet obrázků: 29

Počet tabulek: 10

Počet příloh: 3

Prohlášení:

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci /TUL/ nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL, v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci, dne

.....
podpis

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat Prof.Ing.Bohuslavu Střížovi, DrSc., za odborné vedení mé bakalářské práce.Velmi děkuji Ing.Ivě Mertové za její pomoc, informace a čas, který mi poskytla při vypracování bakalářské práce.

Mé poděkování patří též rodině, přátelům za jejich psychickou podporu po celou dobu mého studia.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá zjišťováním ohybové tuhosti 100 % bavlněných tkanin a metodikou jejich měření. Práce je rozdělena na dvě části.

První část byla věnována teoretické možnosti popisu ohybové tuhosti textilií a popisu základních charakteristik plošné textilie – tkanin.

V druhé části bylo provedeno měření ohybové tuhosti dostupnými metodami pro vybrané tkaniny a následné porovnání těchto metodik. V této části bylo provedeno i vyjádření vlivu vazby a dostavy tkaniny na hodnotu ohybové tuhosti tkanin.

Annotation

This bachelor work deal with determination bending rigidity 100 % cotton fabrics and method their mensuring. The work is partition into two parts.

The first part was presantation theoretic chances of description bending rigidity of textiles and description basic characteristics surface textiles – fabrics. At the second part was effected mensuration bending rigidity available methods for choice fabrics and resulting comparison these methodist. At the part was effected and formulation influence structure and texture fabric on appereciate bending rigidity fabrics.

Seznam použitých zkratek a symbolů

<i>Symbol</i>	<i>popis</i>	<i>jednotka</i>
G	ohybová tuhost	[Nm ²]
M	ohybový moment	[Nm]
ρ	poloměr křivosti	[m]
B	ohybová tuhost	[kg.m]
ρ_s	plošná měrná hmotnost	[kg.m ⁻²]
l	délka proužku textilie	[m]
M	hmotnost textilie	[mg]
c	ohybová délka textilie	[cm]
l_0	délka smyčky bez vlivu hmotnosti	[m]
θ	výpočtová veličina	[1]
F	hodnota naměřené síly	[N]
K	konstanta, ze vztahu $K = l/b$	[1]
b	pracovní šířka vzorku	[m]
g	tíhové zrychlení	[ms ⁻²]
B	ohybová tuhost vztažená na jednotku délky	[Nm ² /m]
2 HB	hystereze v ohybovém momentu na jednotku délky	[Nm/m]
L_0	délka proužku textilie	[m]
E	Youngův modul $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$	[Nm ²]
I	druhá momentová rovnice přímky x	[m ⁴]
h	tloušťka	[m]
q	měrná tíha textilie	[Nm ⁻¹]
EI	ohybová tuhost	[Nm ²]

<i>Symbol</i>	<i>popis</i>	<i>jednotka</i>
α_0	počáteční úhel	[°]
α_1	úhel po přesunutí obou vzorků	[°]
M_{01}	ohybový moment	[Nm]
α_2	úhel po návratu uvolněného ramene	[°]
D_o	dostava osnovy	[pn/100mm]
D_u	dostava útku	[pn/100mm]
S_o	setkání osnovy	[%]
S_u	setkání útku	[%]
L_o	délka osnovní nitě vytažené z tkaniny	[mm]
L_u	délka útkové nitě vytažené z tkaniny	[mm]
L_{vztk}	délka vzorku tkaniny ve směru po osnově	[m]
$\check{S}_{vztk}$	šířka vzorku tkaniny po útku	[m]
$\check{S}_p$	paprsková šíře tkaniny	[cm]
$\check{S}_{tk}$	šířka hotové tkaniny	[cm]
L_{tk}	délka tkaniny	[m]
M_1	hmotnost běžného metru tkaniny	[g/bm]
M_2	hmotnost čtverečného metru tkaniny	[g/m ²]
T_o	jemnost osnovních nití	[tex]
T_u	jemnost útkových nití	[tex]
H	hustota /plnost/ tkaniny	[1]
H_o	dílčí určující hustota osnovní soustavy	[1]
H_u	dílčí určující hustota útkové soustavy	[1]
A	rozteč útkových nití	[mm]

<i>Symbol</i>	<i>popis</i>	<i>jednotka</i>
B	rozteč osnovních nití	[mm]
f	stupeň provázání tkaniny	[1]
m	vazební exponent	[1]
f_m	opravný činitel	[1]
Z	celkové plošné zakrytí tkaniny	[%]
Z_o	plošné zakrytí osnovní nitě	[%]
Z_u	plošné zakrytí útkové nitě	[%]
d_o	průměr osnovní nitě	[mm]
d_u	průměr útkové nitě	[mm]

Zkratky

např.- například

tzv. – takzvaný

tzn. – to znamená

Klíčová slova

ohybová tuhost, bavlněné tkaniny, metody ohybové tuhosti

OBSAH:

1 ÚVOD.....	11
2 PŘEHLED METOD PRO MĚŘENÍ TUHOSTI TEXTILIE.....	12
2.1 STATICKÉ METODY.....	13
2.1.1 <i>Cantilever Test</i>	13
2.1.2 <i>Shirleyho metoda</i>	14
2.1.3 <i>Saxlova metoda</i>	15
2.1.4 <i>Tinius Olsenova metoda</i>	16
2.1.5 <i>Metoda Peirceho – „srdcová smyčka“</i>	17
2.1.6 <i>Metoda dle ČSN 80 0858</i>	18
2.1.7 <i>Metoda převisu – dle Sommera</i>	19
2.1.8 <i>Metoda protlačování kruhovým otvorem</i>	21
2.1.9 <i>Kawabata Evaluation System – KES</i>	22
2.1.10 <i>Clarkova metoda</i>	23
2.1.11 <i>Výpočtová metoda</i>	25
2.1.12 <i>Metoda stanovení ohybové tuhosti dle prof. Striže</i>	27
2.1.13 <i>Metoda ohybu dle Mevalda a Fridrichové</i>	29
2.2 DYNAMICKÉ METODY.....	30
2.2.1 <i>Metoda dle Schieffera</i>	30
2.2.2 <i>Metoda podle Bekka</i>	31
3 STRUKTURA TEXTILIE.....	32
3.1 STRUKTURA A GEOMETRIE TKANINY.....	32
3.1.1 <i>Vazba tkaniny</i>	32
3.1.2 <i>Střída vazby</i>	33
3.1.3 <i>Dostava tkaniny</i>	34
3.1.4 <i>Setkání nití ve tkanině</i>	34
3.1.5 <i>Šířka tkaniny</i>	35
3.1.6 <i>Délka tkaniny</i>	35
3.1.7 <i>Plošná hmotnost tkaniny</i>	35
3.1.8 <i>Hustota tkaniny</i>	36
3.2 VÁZNÁ BUNKA VE TKANINĚ.....	37
3.2.1 <i>Rozteč nití v provázání</i>	37
3.2.2 <i>Flotáž ve tkanině</i>	38
3.2.3 <i>Plošné zakrytí tkaniny</i>	39
3.2.4 <i>Tloušťka tkaniny</i>	40
4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	41
4.1 EXPERIMENTÁLNÍ TKANINY.....	41
4.2 CHARAKTERISTIKA ZVOLENÝCH METOD.....	42
4.2.1 <i>Metoda dle ČSN 80 0858</i>	42
4.2.2 <i>Metoda stanovení tuhosti dle prof. Striže</i>	51
4.2.3 <i>Kawabata Evaluation System – KES</i>	56
4.2.4 <i>Grafické porovnání ohybových tuhostí měřených metodou KES a TH7</i>	63
4.2.5 <i>Grafické porovnání ohybových tuhostí měřených metodou KES a TH7</i>	64
4.2.6 <i>Porovnání metodik měření ohybové tuhosti tkanin</i>	67
5 ZÁVĚR.....	69
6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	70

1 Úvod

Jedna z nejdůležitějších materiálových charakteristik plošných textilií, která ovlivňuje elastické a především mechanické vlastnosti látek je ohybová tuhost. Tuhostí v ohybu rozumíme vnitřní silovou odezvu textile na porušení, zapříčiněné vnější silou nebo vlastní tíhou látky. Tento přirozeně vznikající odpor je v podstatě součtem všech třecích a soudržných sil, které při zatěžování textile vznikají mezi vlákny a mezi nitěmi v tzv. vazných bodech. Z toho plyne, že tkaniny s vyšší dostavou budou vykazovat vyšší hodnoty tuhosti v ohybu.

Cílem bakalářské práce bylo provést měření ohybové tuhosti dostupnými metodami a provést porovnání těchto metodik. V této práci bylo též provedeno vyjádření vlivu vazby a dostav tkaniny na hodnotu ohybové tuhosti.

Závěr byl vyvozen z výsledků měření a porovnání metodik ohybové tuhosti.

2 Přehled metod pro měření tuhosti textilií

Ohybovou tuhostí rozumíme fyzikální veličinu, která jako silový odpor vzniká v plošné textilií při jejím ohýbání vnější silou nebo vlastní tíhou. Tento odpor je součtem všech třecích sil a soudržných sil, které při tomto ohybu vznikají mezi vlákny a mezi nitěmi ve vazných bodech. [7]

Ohybová tuhost je za určitých podmínek definována touto rovnicí:

$$G = M \cdot \rho \quad (1)$$

kde G ohybová tuhost[N.m²]

M ohybový moment[N.m]

ρ poloměr křivosti[m]

Tento vztah platí pro rovinný ohyb, tzn., že ohybový moment i ohybová čára jsou ve svislé rovině. Předpokládáme, že průřezy po deformaci zůstanou rovinné a že se jedná o homogenní těleso.

Metody pro měření tuhosti textilií je možné rozdělit na metody statické a metody dynamické. Dynamických metod je velmi málo a je jim věnována jen malá pozornost. K těmto metodám patří např. metoda dle Schieffera, nebo metoda dle Bekka.

Metody statické zahrnují např. metodu Cantilever test, Peirceho srdcovku, metodu dle ČSN 80 0858, Shierleyho metodu, metodu dle Sommera, výpočtovou metodu atd.[5]

2.1 Statické metody

U statických metod jsou zanedbány všechny setrvačné síly. Nejčastější příčinou ohybového efektu je přímé působení vnějších sil.

Proměřované vzorky mají obvykle obdélníkový tvar, ale někdy se používají také vzorky kruhového a trojúhelníkového tvaru. Vlastní ohybové chování je vymezeno délkou proužku L , velikostí, směrem a polohou vnější síly P . [5]

2.1.1 Cantilever Test

Test Cantilever je poměrně jednoduchá metoda pro měření ohybové tuhosti textilií navržena Peircem a později zdokonalena Bickleyem. Princip této metody je na obrázku č.1. Zkušební vzorek textilie určité šíře je vysunován přes hranu 0 dokud se její konec nedotkne nakloněné plochy OA.

Úhel sklonu nakloněné roviny je konstantní a přečnívající délka L je změřena. Bickley stanovil hodnotu úhlu sklonu $\alpha = 41,5^\circ$. [6]

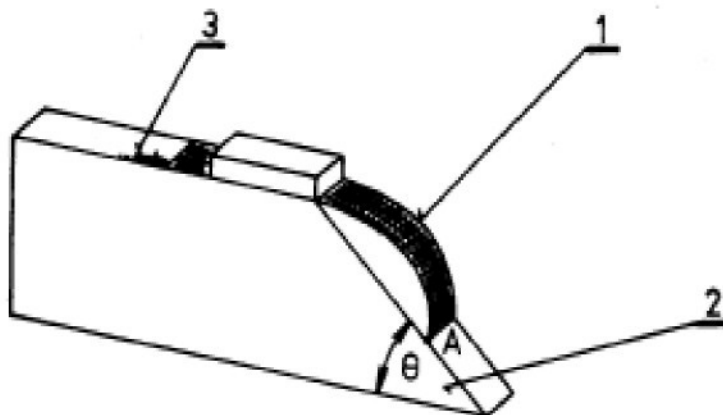
Ohybovou tuhost B lze vypočítat podle vztahu: [7]

$$B = \rho_s \left(\frac{l}{2} \right)^3 [kg.m] \quad (2)$$

kde B ohybová tuhost[kg.m]

ρ_s plošná měrná hmotnost[kg.m⁻²]

l vysunutá délka proužku[m]



Obr.č.1 - Cantilever Test – přístroj pro stanovení ohybové tuhosti

2.1.2 Shirleyeho metoda

Tato metoda je založena na principu Cantilever test. Ohybová tuhost textilie je měřena v úzkém proužku tkaniny a ohýbá se pod pevným úhlem vlastní hmotnosti.

Požadovaná délka ohybu textilie je kolem 41,5° - ohybová délka.

Vzorky textilie jsou stříhány o velikosti 25 x 200mm, po osnově a po útku. Ohybová tuhost je vypočítána použitím ohybové délky a hmotnosti textilie.

$$G = \sqrt{G_{osnova} \times G_{útek}} [mg.cm] \quad (3)$$

$$G = 0,1 M x C^3 [mg.cm] \quad (4)$$

kde G ohybová tuhost [Nm^2]

M hmotnost textilie [$m.g$]

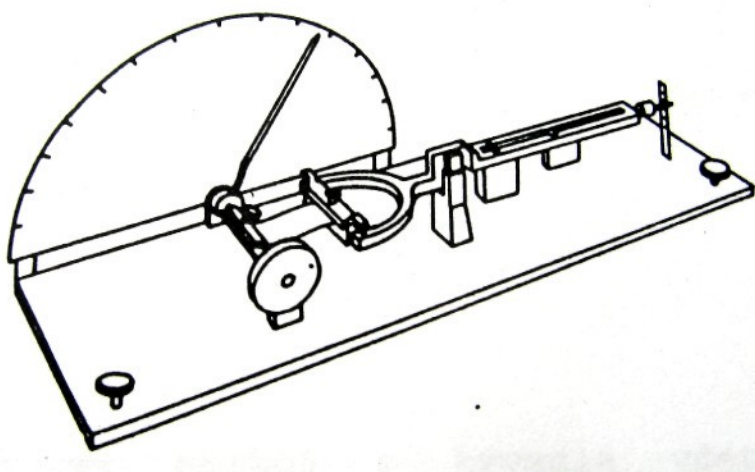
C délka textilie [cm]



Obr.č.2 - Shierleyho přístroj na měření ohybové tuhosti

2.1.3 Saxlova metoda

V této metodě jsou eliminovány gravitační síly. Saxl tento stroj nejprve navrhl pro příze a později jej přizpůsobil pro plošné textilie. Testovaný vzorek je upnut oběma konci do čelistí. V 1.fázi je vzorek ve vodorovné poloze. Otáčením levé čelisti se vzorek ohýbá. Míra otáčení může být přečtena na úhloměru. Nevýhodou této metody je, že vzorek je upevněn v čelistech na obou koncích. To znamená, že deformace vzorku může být způsobena otáčením levé čelisti. Matematické zpracování nebylo v literatuře uvedeno.[12]



Obr.č.3 - Saxlův přístroj pro měření tuhosti textílie

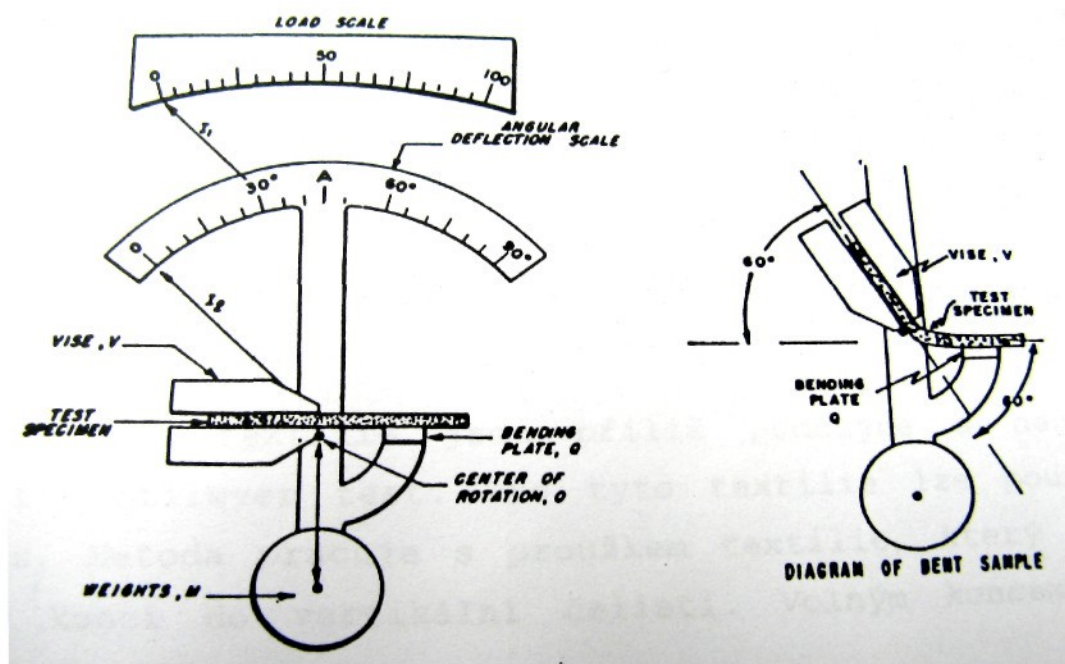
2.1.4 Tinius Olsenova metoda

Tato metoda dosáhla velkého významu a je používána jako ASTM norma pro testování tuhosti v ohybu.

Soustava se skládá z kyvadla včetně stupnice pro odečtení ve stupních A, ukazatele I₁, ohybové desky Q pro dotyk volného konce vzorku a série sejmutých závaží M. Systém je opatřen čepem pro snadné otáčení bez tření kolem bodu O. Upevněný vzorek V, ke kterému je připojen ukazatel I₂ může být otáčen v pravotočivém směru okolo bodu O rychlostí 60° za min.

Úhlovou odchylku lze přepočíst na stupnici A. Ohybová deska se nastaví na rozpětí 1/2 inch mezi upnutým okrajem a nejbližším okrajem ohybové desky. Ohybový moment přečteme na vložené stupnici v okamžiku, kdy je vzorek ohnut v úhlu 60°.

Při porovnání přístrojů Tiniuse Olsena a Peirceho bylo zjištěno, že hodnoty ohybové tuhosti změřené na Peirceho přístroji a hodnoty ohybové tuhosti změřené na přístroji Olsena jsou v dobré shodě. I když Peirceho přístroj je jednodušší, rychlejší a snadnější na obsluhu, jeho užitečnost je omezena skutečností, že nemůže měřit široký rozsah tuhostí textilií. Matematické zpracování nebylo v literatuře uvedeno.[5]

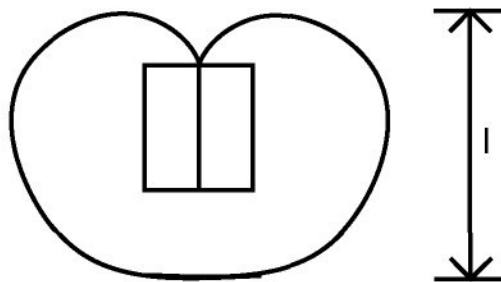


Obr.č.4 - Olsenův přístroj

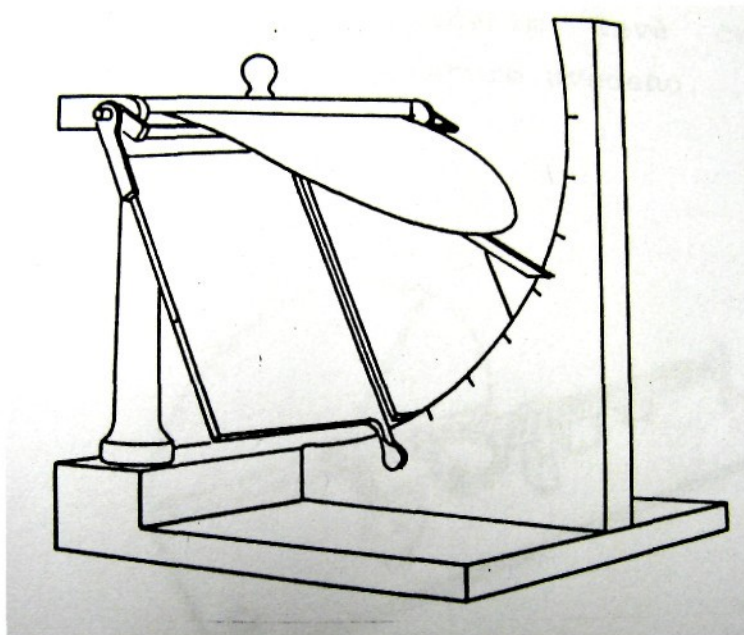
2.1.5 Metoda Peirceho – „srdcová smyčka“

Některé textilie jsou příliš poddajné a není možné použít Cantilever test. Pro tyto textilie lze použít tuto metodu.

Metoda pracuje s proužkem textilie, který je upnut oběma konci do vertikální čelisti. Volným koncem vytváří smyčku.[12]



Obr.č 5 - Peirceho srdcová smyčka



Obr.č.6 - Peirceho přístroj pro měření tuhosti s využitím testu Cantilever
Pro kruhové vzorky

Délka visící smyčky je změřena a z ní se vypočítá hodnota c : [12]

$$c = l_o \left[\frac{\cos \Theta}{\tan \Theta} \right] [m] \quad (5)$$

$$l_o = 0,1337L \quad (6)$$

$$\Theta = 0,5732 \frac{l - l_o}{l_o} \quad (7)$$

kde l_o délka smyčky bez vlivu hmotnosti [m]

l skutečná délka smyčky $|l = l_o + d|$

Θ výpočtová veličina [1]

Tuhost v ohybu vypočteme dosazením: [7]

$$B = \rho_s \cdot c^3 [kg \cdot m] \quad (8)$$

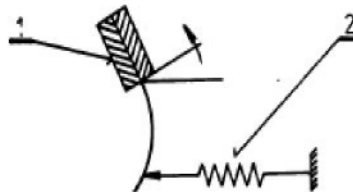
ρ_s plošná měrná hmotnost [kg.m⁻²]

c ohybová délka [m]

2.1.6 Metoda dle ČSN 80 0858

Tato metoda je založena na elektrickém snímání ohybové síly. Při sledování tuhosti se vzorek upevněný v čelisti zkušebního přístroje dotýká volným koncem čidla přístroje.

Vzorek je namáhán na ohyb otáčením čelisti do výchylky 60° od svislé osy silou, potřebnou pro tuto deformaci zkoušeného vzorku. Měřidlo je cejchováno pro l = konstantní v jednotkách momentu N.m.



Obr.č.7 - Přístroj pro měření ohybové tuhosti - TH 7

Síla F se pro výpočet ohybového momentu dosadí do vztahu:[13]

$$M_o = F.K [N.m] \quad (9)$$

kde F hodnota naměřené síly[N]

K konstanta je vypočítána ze vztahu $K = l/b$

l délka měřeného vzorku při výchylce 60° od hrany čelisti k čidlu zkušebního přístroje[m]

b pracovní šířka vzorku[m]

2.1.7 Metoda převisu – dle Sommera

Sommer vychází při výpočtech tuhosti v ohybu z plošné měrné tuhosti ρ_s a ohybové délky c , kterou zjišťuje na proužku textilie délky l , který je jedním koncem sevřen v čelisti a vlastní tíhou se ohýbá. Úhel Θ vzniká mezi visícím koncem proužku a horizontální rovinou.

Ohybová délka c se potom vypočítá:

$$c = l \left(\frac{\cos 0,5\theta}{8 \lg \theta} \right)^{\frac{1}{3}} [m] \quad (10)$$

Tuhost v ohybu se pak vypočítá:

$$B = \rho_s \cdot c^3 [kg \cdot m] \quad (11)$$

kde ρ_s plošná měrná hmotnost [$kg \cdot m^{-2}$]

c ohybová délka[m]

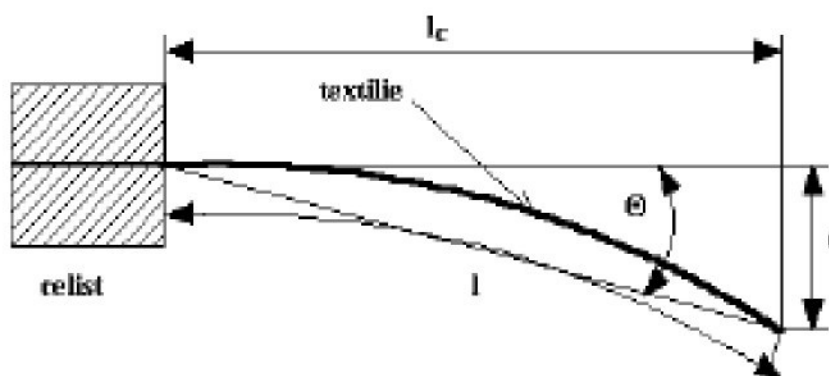
Modifikovaná Sommerova metoda bere v úvahu tíhu vzorku.

Tuhost v ohybu je dána vztahem:

$$B_m = \rho_s \cdot b \cdot g \cdot c^3 [Nm^2] \quad (12)$$

b šířka vzorku textilie[m]

g tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]



Obr.č.8 - Metoda měření tuhosti v ohybu podle Sommera

2.1.8 Metoda protlačování kruhovým otvorem

Tato metoda se provádí podle normy ASTM D 4032-82.

Princip metody:

Přeložený vzorek textilie je položen na horizontální podložku s kruhovým otvorem. Váleček, který se pohybuje vertikálně, protlačuje vzorek skrze kruhový otvor. Je měřena max.síla potřebná k protlačování celého vzorku. Tato síla je úměrná tuhosti materiálu, odolnosti proti ohybu /dle ASTM: fabric stiffness, resistance to bending/. Max.síla potřebná k protlačení vzorku kruhovým otvorem:[13]

$$F[N] = [kg.m.s^{-2}] \quad (13)$$



Obr.č.9 - Metoda měření tuhosti – protlačování kruhovým otvorem

2.1.9 Kawabata Evaluation System – KES

Je to nový automatický přístroj pro měření ohybové vlastnosti /ohybová tuhost, hysterezi v ohybovém momentu/ u plošných textilií /tkaniny, pleteniny, netkané textilie i netextilních materiálů/.

Tento přístroj umožňuje měřit ohybový moment vzorku pod definovaným zakřivením.

Měření se provádí za nastavených podmínek, nebo za nastavení vlastních, optimálních podmínek.

Vzorek se vloží mezi čelisti, které jsou navzájem vzdáleny 10mm, první čelist je pevná a druhá čelist je pohyblivá. Po té se přístroj uvede do chodu, vzorek je uchycen mezi čelisti a ohýbán do určitého zakřivení /max.zakřivení $K \pm 2,5\text{cm}^{-1}$ /, ohybová rychlost je $0,5\text{cm}^{-1}/\text{s}$, ohybové vlastnosti textilie jsou proměřovány vždy ve směru útku a osnovy po lící a rubové straně.

Přesnost dat je velice vysoká a celé měření jednoho vzorku je rychlé. Data jsou přístrojem zapsána a uložena v PC.[4]

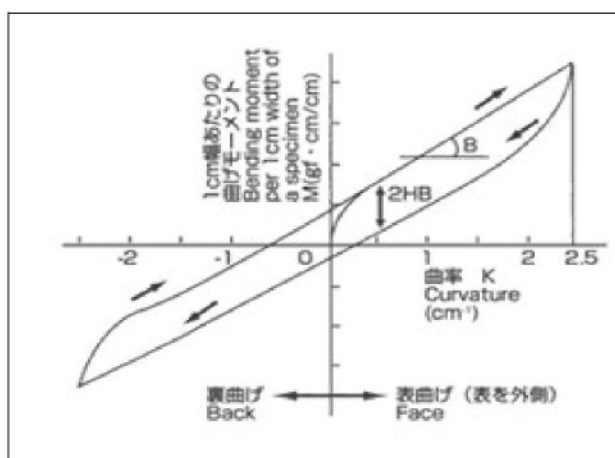
Naměřené hodnoty B ohybová tuhost[$\text{N.m}^2/\text{m}$]

$2HB$ hystereze v ohybovém momentu[$\text{N.m}/\text{m}$]

Tyto hodnoty jsou definovány vztahy:

$$B = \frac{(a + a)}{2} \quad (14)$$

$$2HB = \frac{(b + b)}{2} \quad (15)$$



Obr.č.10 - KES – přístroj pro měření ohybové tuhosti

2.1.10 Clarkova metoda

Tuto metodu popisuje A.Shinohara v článku.[10] Citace /překlad/: Tuto metodu lze použít k výpočtu délky proužku pro úhel $41,5^\circ$ u metody převisu.

Výsledné hodnoty jsou přibližně o 10 % menší než hodnoty metody převisu.

Clarkova metoda je založena na předpokladu, že testovaná textilie je dokonale elastická, že napětí v tahu a tlaku jsou identická, a že neutrální rovina se při ohybu nevychýlí. Spodní okraj proužku textilie je upevněn ve vertikální poloze v čelisti. Je-li délka proužku L menší než kritická deformační délka, pak zůstane proužek textilie ve vertikální poloze jako pevný sloupec. Nyní otáčíme čelisti v opačném směru než je proužek ohnut. Změříme úhel α

v momentě, kdy se proužek překlopí na druhou stranu. Otáčením čelisti v opačném směru se proužek opět překlopí. Zaznamenejme úhel čelisti α' . V ideálním případě $\alpha = \alpha'$

Měření opakujeme pro jinou délku proužku L . Cílem metody je nalézt takovou délku proužku L_0 pro kterou platí:

$$\alpha + \alpha' = 90^\circ \quad (16)$$

V ideálním případě platí:

$$\alpha = \alpha' = 45^\circ \quad (17)$$

Z délky L_0 pak lze vypočítat délku převisu:

$$c = \frac{L_0}{2,84} \quad (18)$$

Konec citace.

2.1.11 Výpočtová metoda

Tuhost v ohybu textilie je v této metodě počítána ze základního vztahu: [13]

$$B = EI \quad [Nm^2] \quad (19)$$

kde E Youngův modul $E = \frac{\sigma}{\varepsilon} [N.m^2]$

I druhá momentová rovnice přímky x [m⁴]

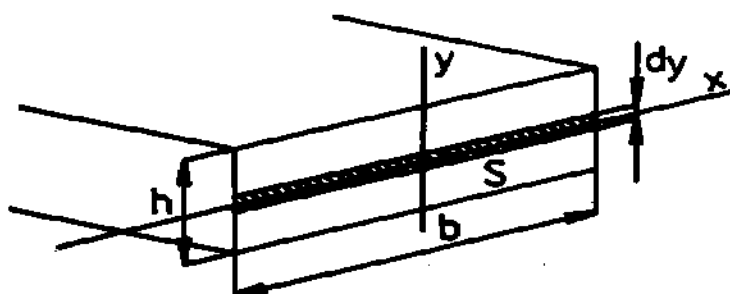
$$I_x = \int y^2 dS \quad (20)$$

Hookův zákon

$$I_x = \frac{bh^3}{12} \quad (21)$$

b šířka[m], S plocha průřezu[m²]

h tloušťka[m], dS prvek průřezu plochy



Obr.č.11 - Výpočtová metoda

Průřez textilie je považován za obdélníkový. Je tedy změřena šířka a tloušťka textilie a spočítán kvadratický moment průřezu. Youngův modul pružnosti se stanoví z grafu závislosti napětí na prodloužení. Graf se získá při měření pevnosti textilie. Modul se určí v počáteční oblasti grafu, kde je závislost lineární.

Pro porovnání s ostatními metodami je opět třeba vzít v úvahu šířku zkoušeného vzorku a zavést standardní tuhost v ohybu:

$$Ts = \frac{T}{b} = \frac{EJy}{b} \left[kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \right] \quad (22)$$

2.1.12 Metoda stanovení ohybové tuhosti dle prof. Stříže

U jednorozměrných textilií určuje Hookeův zákon jen dva druhy modulů pružnosti: modul pružnosti v tahu a modul pružnosti ve smyku. Neexistuje modul pružnosti v ohybu, a proto se ohybové vlastnosti textilií vyjadřují prostřednictvím ohybové tuhosti EI , kde E je Youngův modul pružnosti v tahu nebo tlaku a I je moment setrvačnosti průřezu zkoumaného vzorku textilie /např. nit, přize, vlákno, ale také plošná textilie/, která se upravuje do tvaru úzkého proužku konstantní šířky nebo trojúhelníku apod.[1]

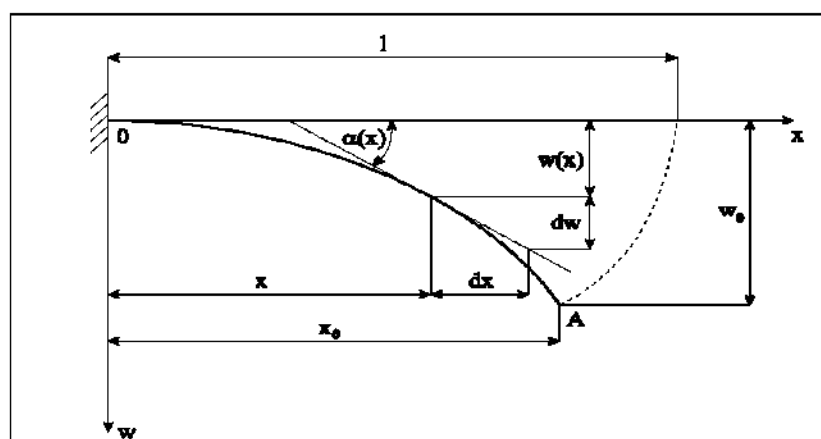
Pro určení ohybové tuhosti EI je nutné aplikovat diferenciální rovnici ohybové čáry nebo jiné závislosti, které tuto tuhost obsahují.

V praxi se používá přibližná diferenciální rovnice:[1]

$$\frac{d^2 w}{dx^2} = - \frac{M(x)}{EI} \quad (23)$$

kde w charakterizuje posuv textilie kolmo na její počáteční polohu určenou osou x . Kde $M(x)$ je ohybový moment v obecném bodě textilie v původní poloze.

Pro určení ohybové tuhosti EI textilie byl použit přípravek, viz. obr., ve kterém je textilie na jednom konci vetknuta a na druhém volná. Působí na ni jen její vlastní hmotnost obr. č. 12 Označme měrnou tíhu textilie $q[N.m^{-1}]$, její délku $l[m]$, tuhost v ohybu $EI[Nm^2]$.



Obr.č.12 - Znázornění průhybové čáry tkaniny

Pro určení ohybové tuhosti EI textilie použijeme diferenciální rovnici ohybové čáry velkých průhybů:[1]

$$\frac{d^2 w(x)}{dx^2} = - \frac{M(x)}{EI} \quad (24)$$

Po matematické úpravě /derivaci, použití Schwedlerovy věty/ a mimo okrajových podmínek, získáme rovnici pro popis z ohybové tuhosti textilie:[1]

$$EI = \frac{q l x_0^2 x_c^2}{(2x_c + x_0) w_0} \quad (25)$$

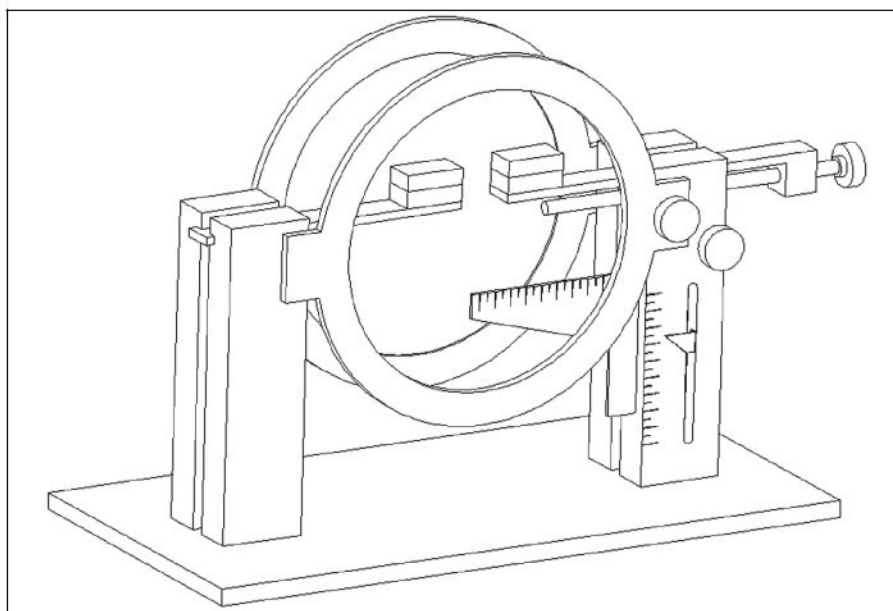
Je vhodné realizovat experimenty se vzorky různých délek l. Z každého experimentu dostaneme hodnotu (EI)_i, kde i = 1, 2, ..., m, m je počet vzorků různých délek. Ohybovou tuhost pak určíme jako aritmetický průměr dílčích tuhostí:

$$EI = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (EI)_i \quad (26)$$

Těžiště ohybové křivky X_c je nalezeno mezi spojovací křivkou z bodů OA a dotýká se v bodu A s čarou W₁. Pro tuto hodnotu W₁ můžeme vymežit platný interval

$$\frac{w_o}{x_o} < w_1 < \frac{2w_o}{x_o} \quad (27)$$

Pro tuto metodu bylo použito speciální zařízení pro stanovení ohybové tuhosti EI textilie. Na tomto přístroji je jeden konec látky upevněn v čelistech a druhý konec je volný.



Obr.č.13 - Přípravek pro stanovení ohybové tuhosti příze/tkaniny

2.1.13 Metoda ohybu dle Mevalda a Fridrichové

Metoda měření vychází z principu, který byl aplikován především na tkaniny. Tkanina je na jednom konci vetknutá, druhý konec je převislý. Vstupními hodnotami programu jsou: odečtený úhel převisu, délka vysunutého vzorku a plošná měrná hmotnost /nebo jemnost příze či vlákna/.

Výpočtové vztahy pro ohybovou tuhost byly vloženy do programu MathCad, kde se pomocí iterační metody vypočítá hodnota ohybové tuhosti.[14]

2.2 Dynamické metody

K tomu, abychom mohli posoudit únavové jevy při opakovaném namáhání plošných textilií na ohyb používáme dynamických metod. Dynamických metod je velmi málo a pro většinu účelů postačují charakteristiky získané metodami statickými.

2.2.1 Metoda dle Schieffera

Dvojice zkoušených vzorků je upevněna ve speciální čelisti tvořené dvěma svislými protínajícími se rameny, z nichž jeden je pevný a druhý pohyblivý kolem hřídle. Každý vzorek se dotýká obou ramen, mezi rameny se zmenšuje úhel otáčením pohyblivého ramene okolo hřídle. Ohybový moment vykonaný vzorkem je změřen snímačem připojeným k hřídeli.

Ohybový moment zakreslený v závislosti na úhlu mezi rameny dává práci vytvořenou sklápěním. Práce potřebná k ohybu se vypočítá podle vztahu:[5]

$$L_1 = \int_{\alpha_0}^{\alpha_1} M_{01} d\alpha \quad [Nm] \quad (28)$$

α_0 počáteční úhel[°]

α_1 úhel po přehnutí obou vzorků[°]

M_{01} ohybový moment[N.m]

(α_0, α_1 – meze úhlu natočení)

Při odlehčení je práce relaxačních sil vyjádřena vztahem:

$$L_2 = - \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} M_{02} d\alpha \quad [Nm] \quad (29)$$

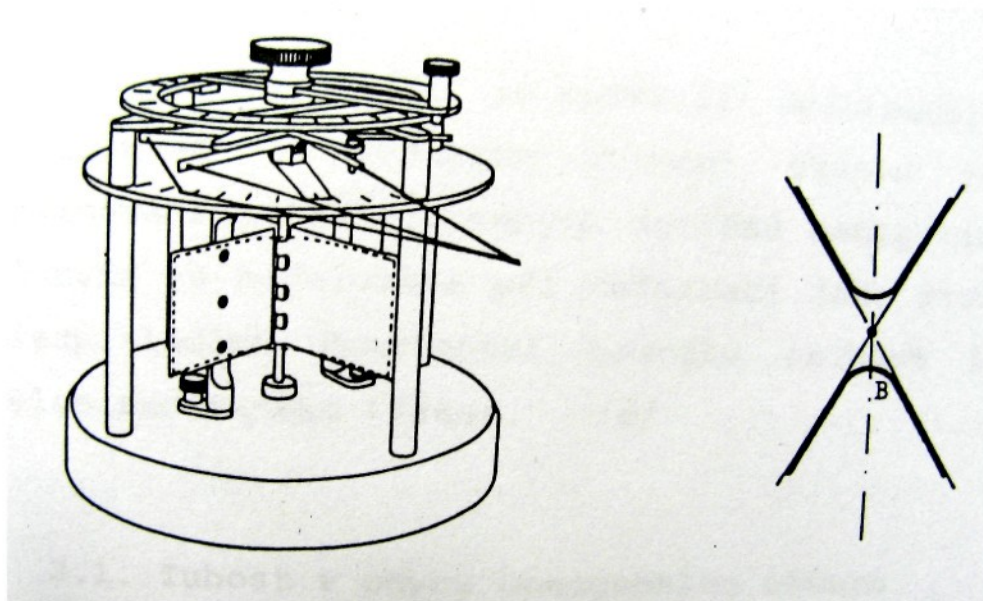
α_2 ...úhel po návratu uvolněného ramene[°]

Rozdíl prací α_1 a α_2 vyjadřuje pracovní ztrátu již bylo dosaženo ohybem, kterou lze vyjádřit i graficky.

Tuhost v ohybu je pro tento případ vyjádřena vztahem:

$$B = M_o \cdot \rho \left[Nm^2 \right] \quad (30)$$

ρ poloměr křivosti proužku textilie



Obr.č.14 - Schiefferův flexometr

2.2.2 Metoda podle Bekka

Metoda je založena na únavovém režimu zatěžování proužku textilie.

3 Struktura textilie

3.1 *Struktura a geometrie tkaniny*

Strukturu tkaniny lze posuzovat z hlediska plošné nebo prostorové geometrie. Plošná geometrie tkaniny je určena vazbou, materiálem, dostavou apod.

Tkanina je těmito parametry definována jen z části. Závažnou roli hraje prostorová geometrie tkaniny, jejímž hlavním parametrem je zvlnění osnovy a útku ve vazné buňce tkaniny, tj. jedno zakřížení osnovy a útku v půdorysném pohledu.[11]

Strukturou tkaniny jsou velmi značně ovlivněny následující vlastnosti:

- poddajnost (omak)
- podélná pružnost
- setkání nití
- zaplnění a zakrytí tkaniny
- hmotnost tkaniny

V neposlední řadě závisí na struktuře tkaniny i setkatelnost vyšších dostav i sám průběh tkacího procesu.

3.1.1 Vazba tkaniny

Tkanina je plošná textilie vyrobena z jedné nebo více soustav podélných(osnovních)nití a z jedné nebo více soustav příčných(útkových)nití, provázaných vzájemně v kolmém směru. Podélná soustava nití(probíhá po délce tkaniny)se nazývá osnova a druhá příčná soustava nití útek.[9]

Způsob vzájemného provázání soustavy osnovních a útkových nití se nazývá vazba tkaniny. Každé překřížení osnovní a útkové nitě se nazývá vazní bod. Existují pouze dvě možnosti jejich vzájemné polohy:

- pokud je osnovní nit nad útkovou, jedná se o osnovní vazní bod
- pokud je útková nit nad osnovní, jedná se o útkový vazní bod

Mezi základní vazby tkaniny patří plátňová, keprová, atlasová.

Plátňová vazba

Je nejjednodušší a zároveň nejpevnější oboustranná vazba s nejhustším provázáním. Střidu vazby tvoří dvě příze osnovní a dvě útkové. Typické je pravidelné střídání osnovních a útkových vazných bodů.

Keprová vazba

Je charakteristická šikmým řádkováním, levého nebo pravého směru, které je zapříčiněno tím, že každá následující nit váže s následujícím útkem. Pravý směr řádkování se značí písmenem Z, levý písmenem S. Nejmenší střída vazby je tři osnovní a tři útkové příze.

Atlasová vazba

Vyznačuje se pravidelně rozloženými vaznými body, které se nesmějí vzájemně dotýkat. Vzdálenost vazných bodů se stanovuje pomocí postupného čísla, které udává kolikátá další osnovní nit tvoří na následujícím útku osnovní vazný bod. Na každé osnovní niti a na každém útku ve střídě vazby je vždy jen jeden odlišný vazný bod. Nejmenší střída vazby je 5x5.

Vedle základních vazeb existuje i celá řada vazeb odvozených a složených.

Mezi odvozeniny plátňové vazby patří vazba rypsová a panamová. Mezi odvozeniny keprové vazby patří např. kepr zesílený, víceřádkový, hrotový, křížový, vlnitý...

Mezi odvozeniny atlasové vazby patří např. atlas nepravidelný, smíšený, zesílený, stínovaný...

3.1.2 Střída vazby

Je provázání určitého počtu osnovních a útkových nití, které se ve tkanině pravidelně opakují.

3.1.3 Dostava tkaniny

Dostavou rozumíme počet nití /dále pn/ na jednotku délky, udává se na 100mm popřípadě na 10mm.[8] Dostava je definována zvlášť pro osnovní a zvlášť pro útkovou soustavu nití s označením:

$D_o [pn/100mm]$ – dostava osnovy

$D_u [pn/100mm]$ – dostava útku

Dostava (hustota) tkaniny závisí na jemnosti a materiálovém složení přize, vazbě a účelu použití tkaniny. Je ovlivňována také silovým působením tkacího procesu.

3.1.4 Setkání nití ve tkanině

Setkání vyjadřuje zkrácení osnovy či útku vlivem provázání nití ve tkanině po zatčení.

Setkání je definováno zvlášť pro osnovu, zvlášť pro útek, a při vyjádření platí:[3]

$$s_o = \frac{L_o - L_{vztk}}{L_{vztk}} \times 10^2 \quad (31)$$

$$s_u = \frac{L_u - \check{S}_{vztk}}{\check{S}_{vztk}} \times 10^2 \quad (32)$$

s_o setkání osnovy[%]

s_u setkání útku[%]

L_o délka osnovní nitě vytažené z tkaniny[mm]

L_u délka útkové nitě vytažené z tkaniny[mm]

L_{vztk} délka vzorku tkaniny ve směru po osnově[mm]

$\check{S}_{vztk}$ šířka vzorku tkaniny ve směru po útku[mm]

3.1.5 Šířka tkaniny

Šířka tkaniny vyjadřuje rozměr ve směru útkové soustavy nití dle normy ČSN EN 1773(800843). Ve výrobním procesu rozlišujeme: paprskovou šířku tkaniny $\dot{S}p[cm]$, šířku rezné tkaniny $\dot{S}r[cm]$, šířku hotové tkaniny $\dot{S}tk[cm]$. Pro vyjádření šířky rezné tkaniny platí vztah:[3]

$$\dot{S}r = \frac{\dot{S}p}{\left(1 + \frac{s_n}{10^2}\right)} \quad (33)$$

Hotová šířka tkaniny v porovnání s reznou šířkou tkaniny je menší a to za důvodu změny rozměrů tkaniny vlivem zušlechťovacího procesu.

3.1.6 Délka tkaniny

Délka tkaniny s označením $Ltk[m]$ je jejím rozměrem ve směru osnovních nití. Při stanovení délky osnovy Lo a jejího setkání So , pro délku tkaniny platí:[3]

$$Ltk = \frac{L_o}{\left(1 + \frac{s_o}{10^2}\right)} \quad (34)$$

3.1.7 Plošná hmotnost tkaniny

Hmotnost tkaniny je hmotností všech nití obou soustav[8]. Hmotnost tkaniny závisí na dostavě v jednotlivých soustavách, jejich jemnostech a také na setkání nití v těchto soustavách.

Rozlišujeme hmotnosti:

$$M_1 = \left[D_o \cdot T_o \left(1 + \frac{s_o}{10^2} \right) + D_u \cdot T_u \left(1 + \frac{s_u}{10^2} \right) \right] \cdot \dot{S}tk \cdot 10^{-4} \quad (35)$$

$$M_2 = \left[D_o \cdot T_o \left(1 + \frac{s_o}{10^2} \right) + D_u \cdot T_u \left(1 + \frac{s_u}{10^2} \right) \right] \cdot 10^{-2} \quad (36)$$

$M_1 [g/bm]$ hmotnost běžného metru tkaniny

$M_2 [g/m^2]$ hmotnost metru čtverečního tkaniny

$T_o [tex]$ jemnost osnovní niti

$T_u [tex]$ jemnost útkové niti

$D_o [pn/100mm]$ dostava osnovy

$D_u [pn/100mm]$ dostava útku

$s_o [%]$ setkání osnovní nitě

$s_u [%]$ setkání útkové nitě

$\dot{S}tk [cm]$ šířka tkaniny

3.1.8 Hustota tkaniny

Hustota nebo-li plnost tkaniny $H[%]$ vyjadřuje poměr mezi skutečnou dostavou tkaniny a její maximální dosažitelnou dostavou.[3] Skutečná tkanina je řidší a to z několika omezujících důvodů:

- jednotlivé útky nelze obvykle přirazit těsně
- nelze vyrušit vzduchové mezery v jednotlivých nitích

$$H = \frac{D_{ct}}{D_{ctmax}} \quad (37)$$

Známe-li hodnoty dostav jednotlivých soustav – osnovní a útkové lze rovnici výše uvedenou nahradit rovnicemi:

$$H_o = \frac{D_o}{D_{ctmax}} \quad (38)$$

$$H_u = \frac{D_u}{D_{ctmax}} \quad (39)$$

$$H = (H_o)^{\frac{2}{5}} \cdot (H_u)^{\frac{3}{5}} \quad (40)$$

kde H ... hustota (plnost) tkaniny

H_o ... dílčí určující hustotu osnovní soustavy

H_u ... dílčí určující hustotu útkové soustavy

3.2 Vazná buňka ve tkanině

3.2.1 Rozteč nití v provázání

Velikost vazby ve tkanině lze vyjádřit na základě velikosti střídy. Velikost střídy lze charakterizovat počtem osnovních nití s označením n_o a počtem útkových nití s označením n_u .

Okolí jednoho zakřížení osnovní a útkové nití je nazváno vazným bodem, nebo-li vaznou buňkou tkaniny. Rozlišujeme rozteč útkových nití „A“ a rozteč osnovních nití „B“, pro které platí:[3]

$$A[mm] = \frac{1}{D_u} \cdot 10^2 \quad (41)$$

$$B[mm] = \frac{1}{D_o} \cdot 10^2 \quad (42)$$

3.2.2 Flotáž ve tkanině

Flotáž, nebo-li neprovazující volně ležící úsek nití ve vazbě tkaniny, je možné definovat pouze u neplátnových vazeb. Díky neprovazujícím úsekům nití ve tkanině u neplátnových vazeb lze dosáhnout větších dostav než u plátna.

Užitím Brierleyho teorie lze vliv neprovázání nití na dostavy jednotlivých soustav vyjádřit na základě opravného činitele „fm“- zachycuje vliv druhu vazby dvěma parametry:

f – stupeň provázání tkaniny (neprovázání). Vystihuje měrný počet průchodů útku z líce na rub nebo zpět.

m – vazební exponent. Vyjadřuje možnost podsouvání nití pod sebe ve volných vazbách. Čím volnější vazba, tím je vazební exponent větší, zvětšuje se opravný činitel „fm“ a to vede na vyšší hodnoty dosažitelných dostav tkaniny.[3]

$$D_{cf\max}[pn/100mm] = D_{cf\max} \cdot f^m \quad (43)$$

Vyjádření stupně provázání u základních vazeb tkaniny. Koefficient provázání je dán:

$$f = \frac{\text{počet vazných bodů ve střídě}}{\text{počet průchodů útku z rubu na líc a obráceně}}$$

Vyjádření provázání pro odvozené vazby nebo vazby volně sestavované, u kterých není v každém řádku stejný počet průchodů útku mezi rubem a lícem:

$$f = \frac{\text{počet s rozdílným počtem průchodů ve střídě}}{\frac{\text{počet průchodů v řádku}}{\text{počet vazných bodů v řádku}}}$$

3.2.3 Plošné zakrytí tkaniny

Jedná se o parametr, na základě kterého je možné posuzovat některé užité vlastnosti tkanin (např. prodyšnost). Plošné zakrytí vychází z půdorysné plochy nití ve vazné buňce tkaniny. Plocha vazné buňky je zčásti kryta osnovní a zčásti útkovou nití. Celkové plošné zakrytí tkaniny $Z[\%]$ lze vyjádřit na základě dílčích plošných zakrytí $z_o[\%]$, $z_u[\%]$

$$Z = \frac{\text{viditelná půdorysná plocha nití}}{\text{plocha vazné buňky}} = \frac{d_o \cdot A + d_u \cdot B - d_o \cdot d_u}{A \cdot B}$$

z čehož :

$$Z_o = \frac{\text{půdorysná plocha osnovní nitě}}{\text{plocha vazné buňky}} = \frac{d_o \cdot A}{A \cdot B} = \frac{d_o}{B}$$

$$Z_u = \frac{\text{půdorysná plocha útkové nitě}}{\text{plocha vazné buňky}} = \frac{d_u \cdot A}{A \cdot B} = \frac{d_u}{A}$$

kde $A[mm]$ rozteč útkových nití ve tkanině

$B[mm]$ rozteč osnovních nití ve tkanině

$d_o[mm]$ průměr osnovní nitě

$d_u[mm]$ průměr útkové nitě

3.2.4 Tloušťka tkaniny

Tloušťka plošné textilie je definována jako kolmá vzdálenost mezi lícem a rubem textilie, měřená za předepsaného přitlaku. Tloušťka ovlivňuje celou řadu fyziologických vlastností textilních výrobků, např. prodyšnost, vlhkost, tepelně – izolační vlastnosti apod.

4 Experimentální část

Pro měření tuhosti tkanin v ohybu byl zvolen přípravek TH7 a speciální přípravek, program pro výpočet ohybové tuhosti v prostředí MatLab a obrazová analýza. Dále jsem měla k dispozici naměřená data ohybové tuhosti z přístroje KES. V první části bylo provedeno měření ohybové tuhosti zvolenými dostupnými metodami pro vybrané soubory tkanin od výrobce, s pracovním označením - Veba, Spolsin a porovnání těchto metodik.

V druhé části byl zkoumán vliv vazby a změny poměru dostav na ohybovou tuhost tkanin.

4.1 Experimentální tkaniny

1. Tkaniny Spolsin

Tkaniny Spolsin jsou vyrobeny ze 100% bavlněných přízí.

Příze byly vyrobeny prstencovou mykanou technologií. Zákrut příze je Z 625z/m. Jemnost přízí je 29,5 tex.

Experimentální tkaniny mají plátňovou vazbu s rozdílnými dostavami po osnově a útku, viz. tabulka č. 1

Označení <i>i</i>	Vazba	Jemnost [tex]	Dostavy		Tloušťka [mm]	Plošná hmotnost [g/m ²]
			Do[1/10cm]	Du[1/10cm]		
P 8,8	plátno	29,5	225	90	0,435	100,97
P 13	plátno	29,5	225	135	0,395	121,11
P 17	plátno	29,5	235	175	0,4	133,05
P 21,8	plátno	29,5	235	225	0,38	148,21
P 23	plátno	29,5	235	235	0,375	143,57

Tabulka č. 1 Přehled základních charakteristik experimentálních tkanin

2. Tkaniny Veba

Tkaniny Veba jsou vyrobeny ze 100% bavlněných přízí typu MII, prstencových česaných. Jemnost přízí je 10 tex.

Pro experimentální tkaniny byla vybrána vazba keprová a vazba atlasová. Tkaniny mají rozdílné dostavy v osnově i v útku, viz. tabulka č. 2.

Označení <i>i</i>	Vazba	Jemnost <i>t</i> [tex]	Dostavy		Tloušťka [mm]	Plošná hmotnost [g/m ²]
			Do[1/10cm]	Du[1/10cm]		
K 2/3 Z	kepr	10	660	700	0,323	150,8
K 2/4 Z	kepr	10	660	700	0,325	150,6
K 1/6 Z	kepr	10	670	679	0,368	152,4
K 2/5 Z	kepr	10	660	690	0,344	158
A 2/5 (2)	atlas	10	660	690	0,34	145,4
A 1/6 (2)	atlas	10	670	680	0,363	148,8

Tabulka č.2 Přehled základních charakteristik experimentálních tkanin

4.2 Charakteristika zvolených metod

4.2.1 Metoda dle ČSN 80 0858

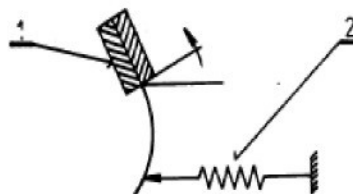
Podstata zkoušky

Při sledování tuhosti se vzorek upevněný v čelisti zkušebního přístroje dotýká volným koncem čelisti přístroje.

Vzorek je namáhán na ohyb otáčením čelisti do výchylky 60° od svislé osy silou, potřebnou pro tuto deformaci zkoušeného vzorku.

Použitý přístroj

Pro zkoušku se použije přístroj pro měření tuhosti a pružnosti – tuhoměr TH7



Obr.č.1 - Přístroj pro měření ohybové tuhosti – TH7

Odběr a příprava vzorků

Z každého zkušební vzorku se připravuje 20 pracovních vzorků, z toho 10 vzorků po osnově a 10 vzorků po útku. Pracovní vzorky se odebírají tak ,aby v každém vzorku pro zkoušku ve směru osnovy byla jiná skupina osnovních nití a pro zkoušku ve směru útku jiná skupina útkových nití. Pracovní vzorky nesmí být pomačkané nebo jinak deformované.

Odběr vzorků po diagonále dle normy ČSN EN 12751 textile – odběr vzorků vláken, nití a plošných textilií ke zkouškám.

Rozměry vzorků – čtvercové vzorky – 4,5x4,5cm – po osnově, po útku

- obdélníkové vzorky – 4,5x2cm – po osnově, po útku

Postup zkoušky

1.Při měření tuhosti se klimatizovaný pracovní vzorek vloží do čelisti zkušebního přístroje pomocí pinzety tak, aby se horní okraj vzorku kryl s horním okrajem čelisti. Vzorek je obrácen k čidlu stranou, která má být měřena. Vkládáním vzorku do čelisti nesmí dojít k deformaci.

2.Přístroj se uvede do činnosti spínačem a sleduje se ukazatel na stupnici do doby samočinného zastavení přístroje a odečítá se dosažená hodnota (F) na stupnici s přesností 0,5 dílku. Po odečtení se vypnutím spínače vrátí čelist do původní polohy.

3. Tuhost se vypočte podle vzorce:

$$M_o = F.K [Nm] \quad (44)$$

Kde M_o ...ohybový moment [Nm]

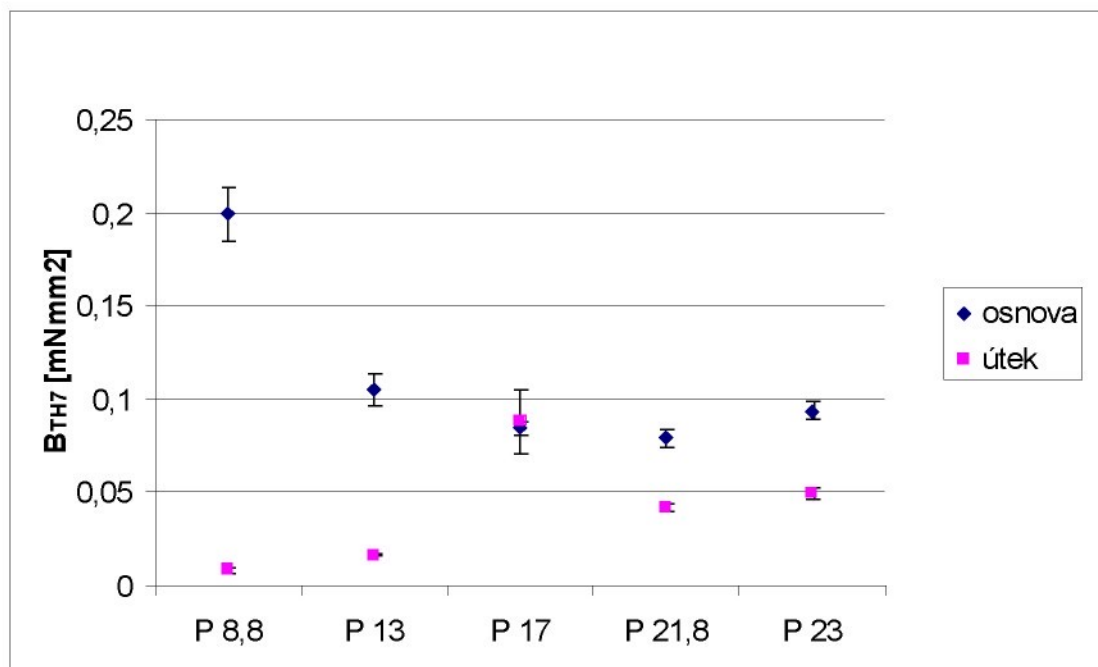
F hodnota naměřené síly[N]

K konstanta je vypočítána ze vztahu $K = l/b$

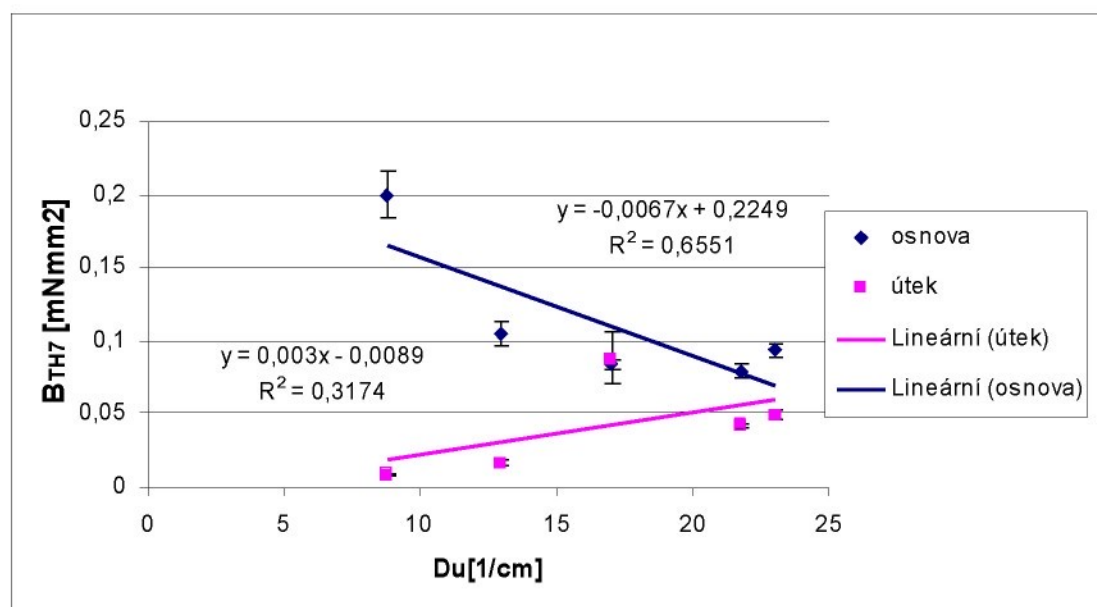
l délka měřeného vzorku při výchylce 60 ° od hrany čelisti k čidlu zkušebního přístroje[m]

b pracovní šířka vzorku[m]

Tkaniny Spolsin

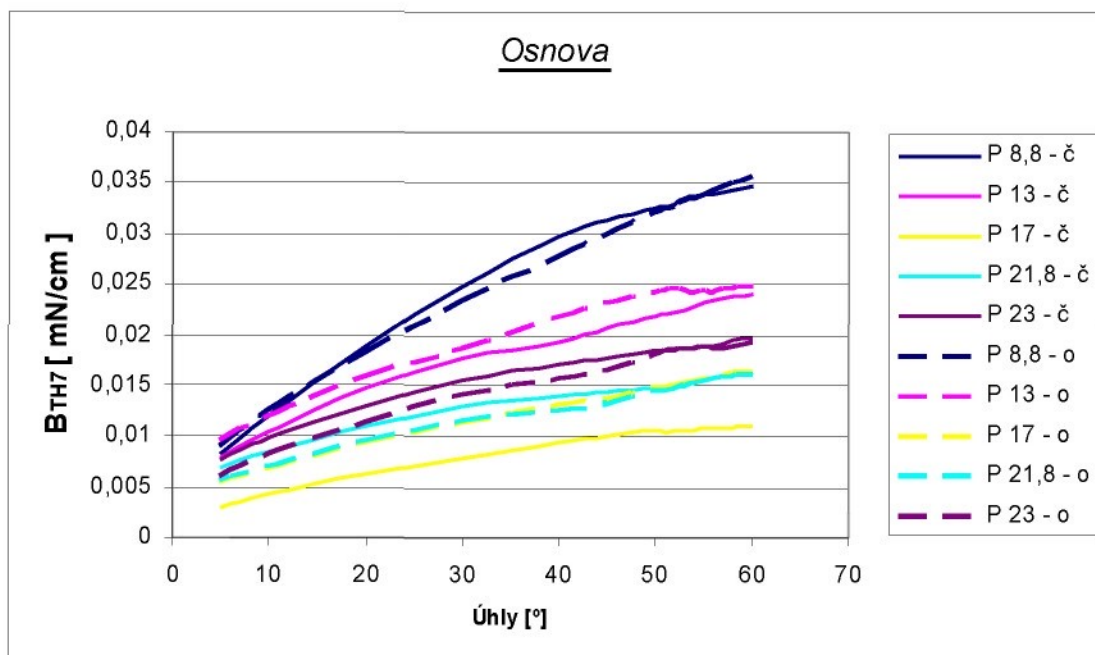


Graf č.1 – ohybová tuhost tkanin Spolsin na přístroji TH7

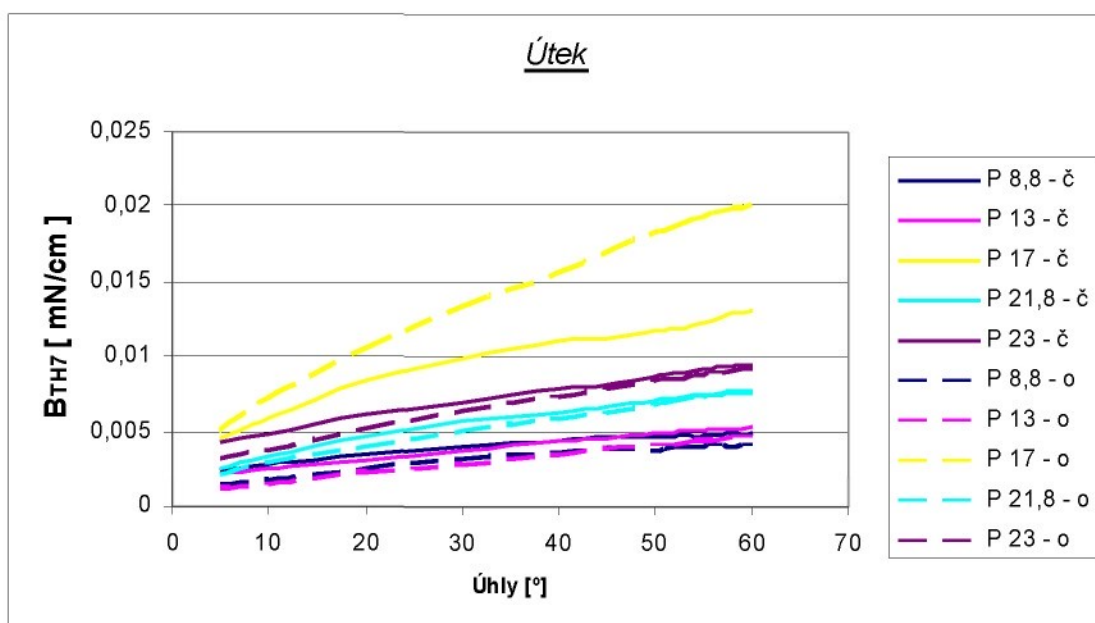


Graf č.2 – vyjádření ohybové tuhosti na dostavě útku – TH7

Tkaniny Spolsin

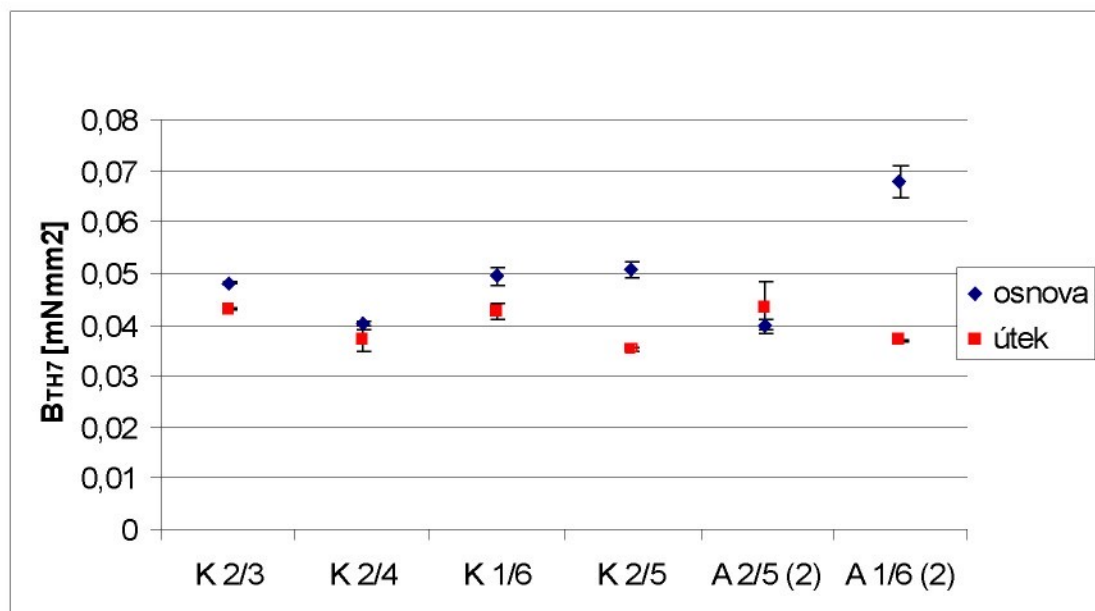


Graf č.3 - porovnání čtvercového a obdélníkového vzorku – TH7

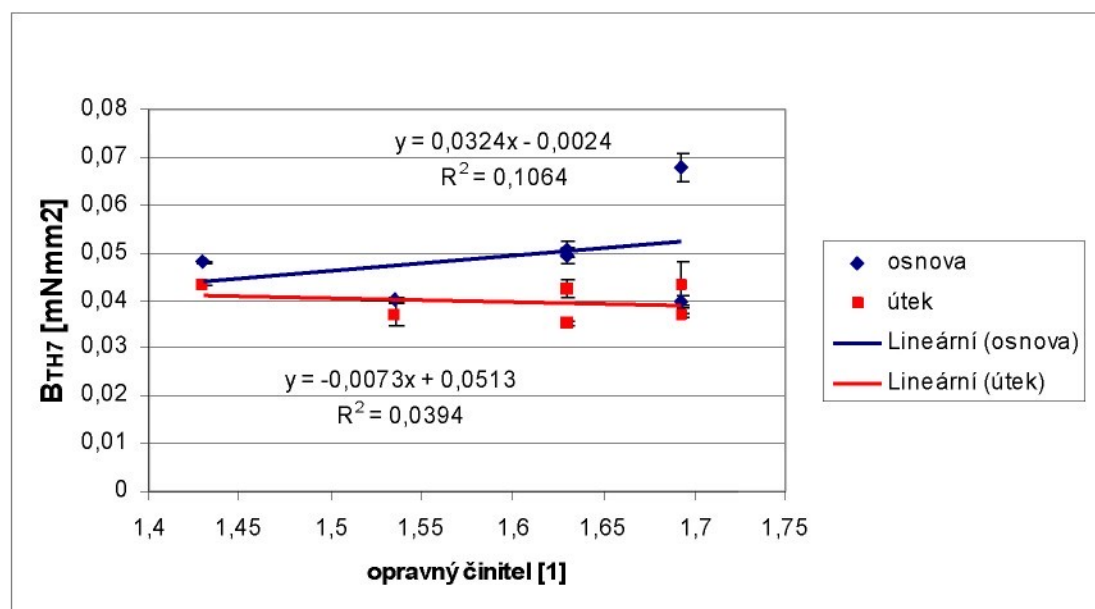


Graf č.4 -porovnání čtvercového a obdélníkového vzorku – TH7

Tkaniny Veba

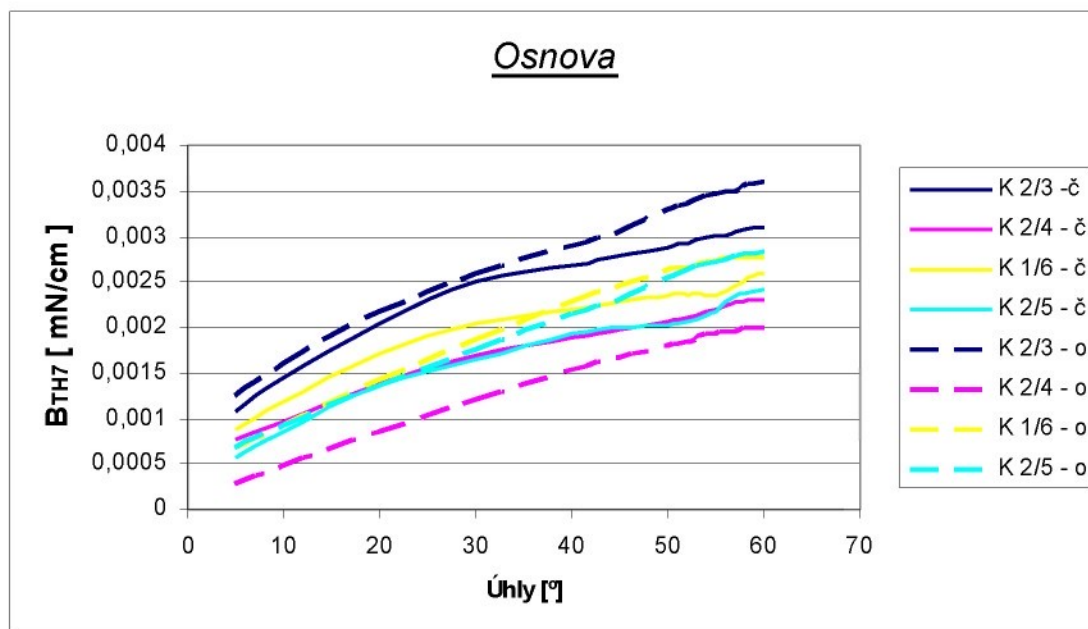


Graf č.5 – ohybová tuhost tkanin Veba na přístroji TH7



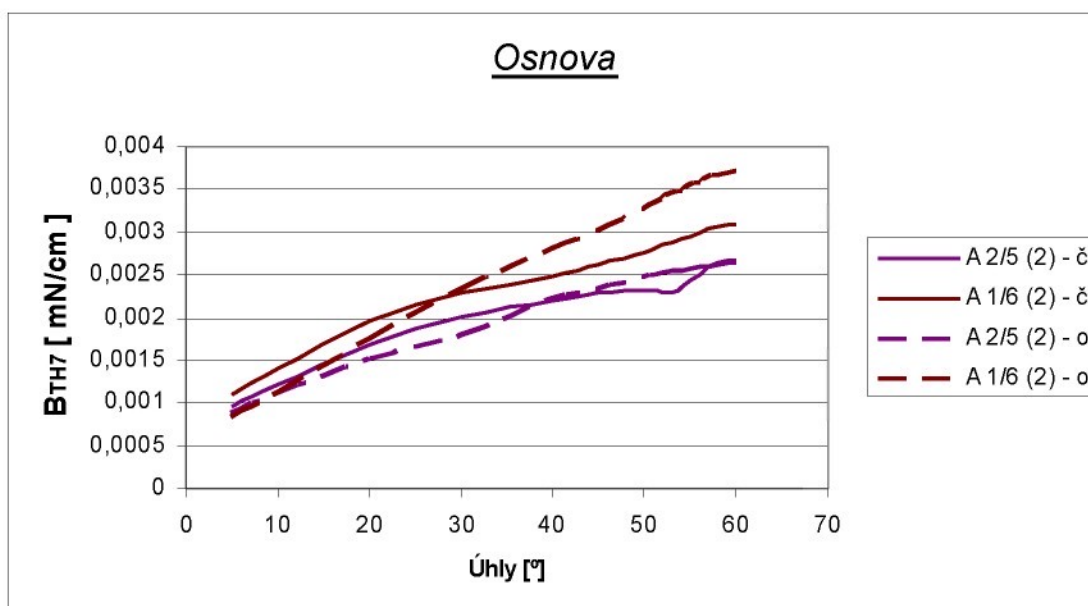
Graf č.6 – závislost ohybové tuhosti tkanin na opravném činiteli

Tkaniny Veba



Graf č.7 - porovnání čtvercového a obdélníkového vzorku – TH7

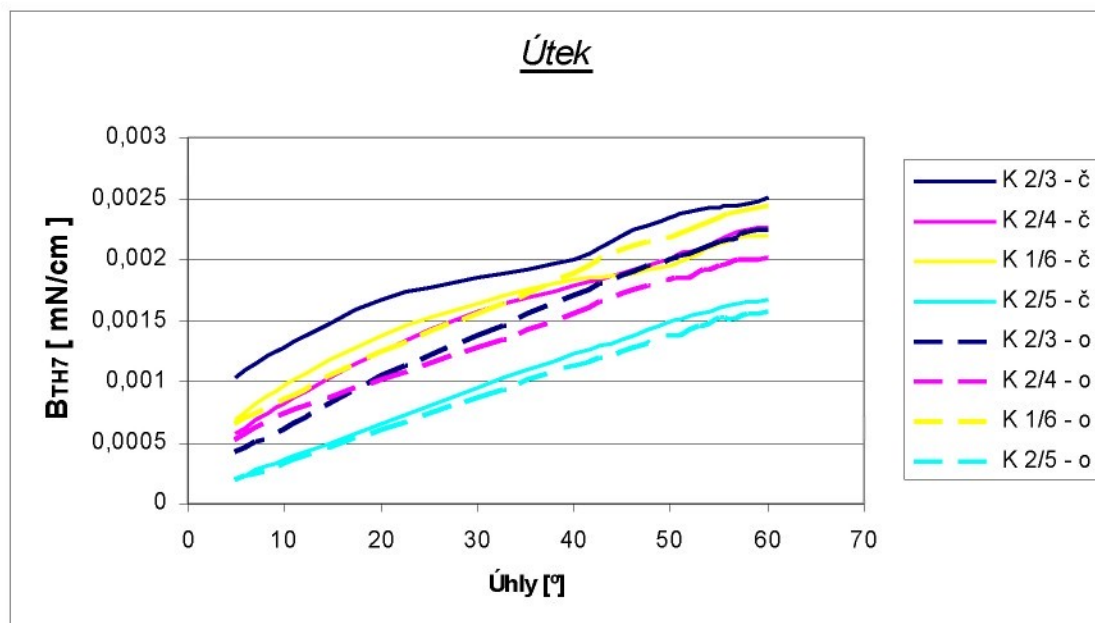
Keprové vazby



Graf č.8 -porovnání čtvercového a obdélníkového vzorku – TH7

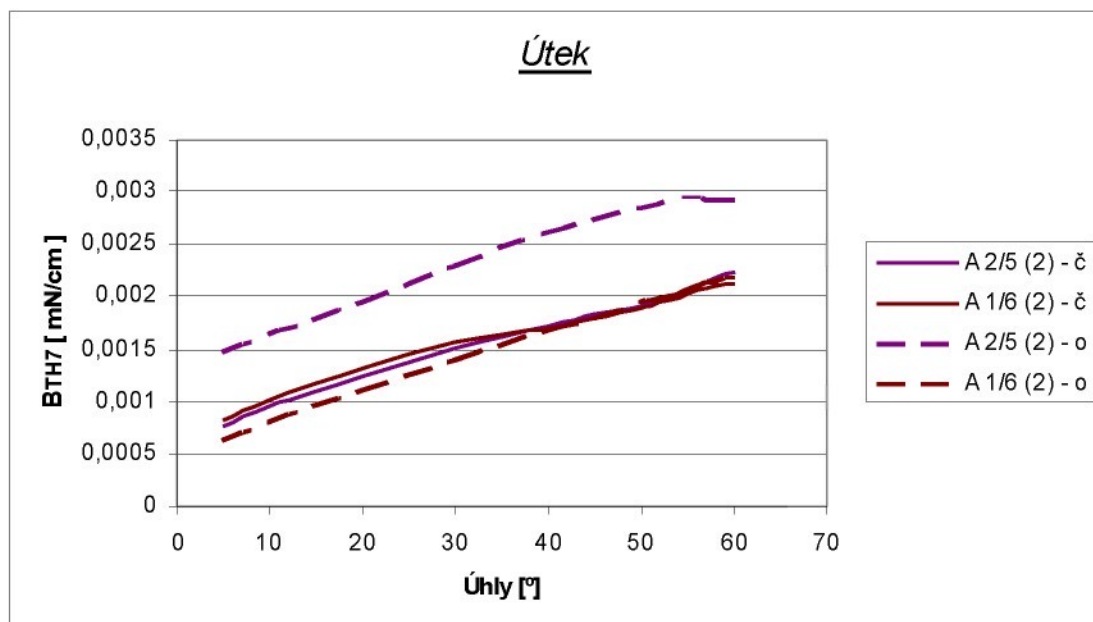
Atlasové vazby

Tkaniny Veba



Graf č.9 - porovnání čtvercového a obdélníkového vzorku – TH7

Keprové vazby



Graf č.10 - porovnání čtvercového a obdélníkového vzorku – TH7

Atlasové vazby

Měření a vyhodnocení ohybové tuhosti na přístroji TH7

Postup měření a stanovení ohybové tuhosti na přístroji TH7 je uveden v normě ČSN 80 0858. Experiment byl proveden na souboru tkanin Spolsin a Veba, jejichž základní parametry jsou uvedeny výše v tabulkách.

Cílem experimentu bylo provést měření ohybové tuhosti na přístroji TH7 pro tkaniny Veba a Spolsin. Dále bylo provedeno vyjádření ohybové tuhosti v závislosti na dostavě útku (strojová dostava osnovy shodná), vyjádření vlivu vazby pomocí opravného činitele a porovnání čtvercového a obdélníkového vzorku.

V grafech č.1 a č.2 jsou vyjádřeny průměrné hodnoty ohybové tuhosti spolu s 95 % intervalem spolehlivosti pro tkaniny Spolsin. V případě tkanin P 17 se intervaly spolehlivosti tuhostí v osnově a útku překrývají, což znamená, že rozdíly mezi nimi jsou statisticky nevýznamné. V grafech č.1 a č.2 je možno sledovat ohybovou tuhost tkanin Spolsin. Pro tkaniny v osnovním směru lze sledovat, čím více útkových nití, tím je ohybová tuhost nižší. Pro tkaniny v útkovém směru je možno vidět s přibývajícím počtem útkových nití rostoucí ohybovou tuhost. Je to způsobeno vlivem poměrů dostav.

V grafech č 3 a č.4 jsou znázorněny závislosti poměrné ohybové tuhosti tkanin na úhlu ohybu v osnovním i útkovém směru pro čtvercový i obdélníkový vzorek pro tkaniny Spolsin.

Při porovnání čtvercových a obdélníkových vzorků tkaniny v osnovním i útkovém směru lze sledovat, že čtvercové vzorky jsou tužší než obdélníkové vzorky. Pouze v některých případech je tomu naopak. V grafu č.3 lze sledovat, že je nejtužší tkanina s označením P 8,8 pro čtvercový vzorek. Pro útkový směr je nejtužší tkanina s označením P 17.

V grafu č.5 a č.6 jsou vyjádřeny průměrné hodnoty ohybové tuhosti spolu s 95 % intervalem spolehlivosti pro tkaniny Veba. V případech A 2/5 (2) a K 2/4 se intervaly spolehlivosti tuhostí v osnově a útku překrývají, což znamená, že rozdíly mezi nimi jsou statisticky nevýznamné. V grafu č.5 lze sledovat ohybovou tuhost tkanin v osnovním a útkovém směru. Graf č.6 znázorňuje závislost ohybové tuhosti a vazby vyjádřené pomocí opravného činitele. Při celkovém pohledu na tyto grafy je však patrné, že křivky mají klesající a stoupající tendenci. Závislost ohybové tuhosti na opravném činiteli je nízká. V tomto případě je opravný činitel vhodným parametrem pro vyjádření ohybové tuhosti.

V grafech č 7 až č.10 jsou znázorněny závislosti poměrné ohybové tuhosti tkanin úhlu ohybu v osnovním i útkovém směru pro čtvercový i obdélníkový vzorek pro tkaniny Veba.

Z grafů vyplývá, že porovnání čtvercového a obdélníkového vzorku v osnovním i útkovém směru jsou tužší obdélníkové vzorky, pouze v některých případech je tomu naopak. Pro osnovní směr lze pozorovat, že nejtužší je tkanina s označením K 2/3 pro obdélníkový vzorek.

Z grafů č.3, č.4, č.7 až č.10, kde jsou znázorněny závislosti poměrné ohybové tuhosti tkanin na úhlu ohybu v osnovním i útkovém směru pro čtvercový i obdélníkový vzorek, lze sledovat vyšší ohybovou tuhost pro tkaniny s plátňovou vazbou. V osnovním směru jsou nejtužší tkaniny s označením P 8,8. Je to způsobeno vlivem dostavy na ohybovou tuhost. U tohoto souboru experimentálních tkanin platí, že čím je vazba hustší, tím je ohybová tuhost v osnovním směru nižší. Pro útkový směr jsou nejtužší tkaniny plátňové vazby s označením P 17. Je to způsobeno vlivem vazby na ohybovou tuhost. Tkaniny s přibývajícím počtem útkových nití mají vyšší ohybovou tuhost.

V porovnání mezi keprovými a atlasovými vazbami je ohybová tuhost pro tkaniny s atlasovou vazbou vyšší. Pro osnovní směr je tužší tkanina s označením A 1/6 (2), pro útkový směr je to tkanina s označením A 2/5 (2).

V případě použití keprové vazby je ohybová tuhost nízká. Tkaniny jsou hodně splývavé. Nejmenší ohybová tuhost je pro tkaniny s označením K 2/4. Je to způsobeno vlivem vazby na ohybovou tuhost. Keprové vazby s hustší dostavou, mají vyšší ohybovou tuhost.

Z grafů dále vyplývá, že tkaniny v osnovním směru jsou tužší než v útkovém směru. Je to způsobeno použitím šlichty na osnovních nitech.

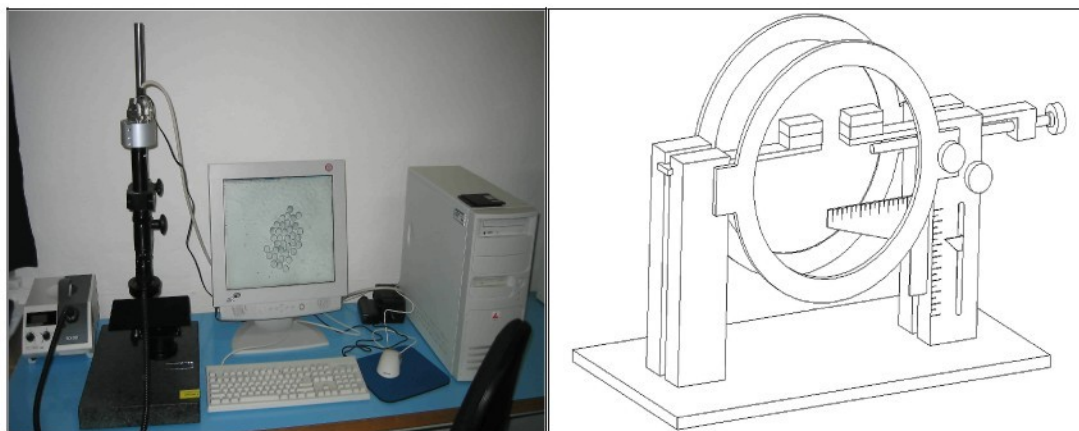
4.2.2 Metoda stanovení tuhosti dle prof. Stříže

Podstata zkoušky

Pro tuto metodu bylo použito speciální zařízení pro stanovení ohybové tuhosti EI textilie. Na tomto přístroji je jeden konec látky upevněn v čelistech a druhý konec je volný.

Použitý přístroj

Pro toto měření bylo použito obrazové analýzy LUCIA G, PC a software pro výpočet tkanin ohybové tuhosti a speciální vybavení pro měření ohybové tuhosti.



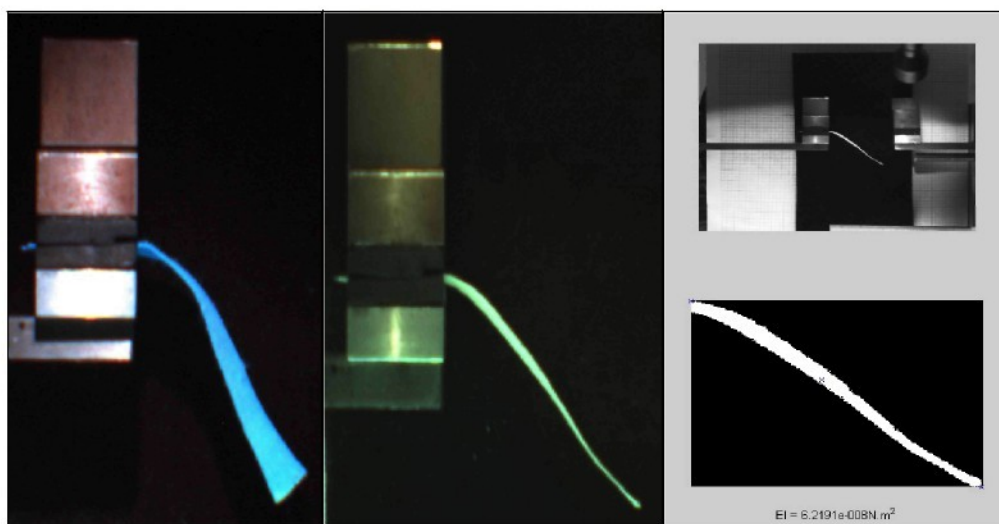
Obr.č.2 - Přípravek pro stanovení ohybové tuhosti tkanin

Odběr a příprava vzorků

Z každého zkušebního vzorku se připravuje 20 pracovních vzorků, z toho 10 vzorků po osnově a 10 vzorků po útku. Vzorky mají trojúhelníkový tvar. Pracovní vzorky se odebírají tak, aby v každém vzorku pro zkoušku ve směru osnovy byla jiná skupina osnovních nití a pro zkoušku ve směru útku jiná skupina útkových nití.

Postup zkoušky

1. Účelem je získat obraz ohybové čáry z obrazové analýzy LUCIA. Klimatizovaný vzorek se upevní do čelistí přípravku s určenou upínací délkou a pomocí snímacího zařízení se sejme obrázek.



a.

b.

c.

a. upevnění vzorku textilie do čelistí

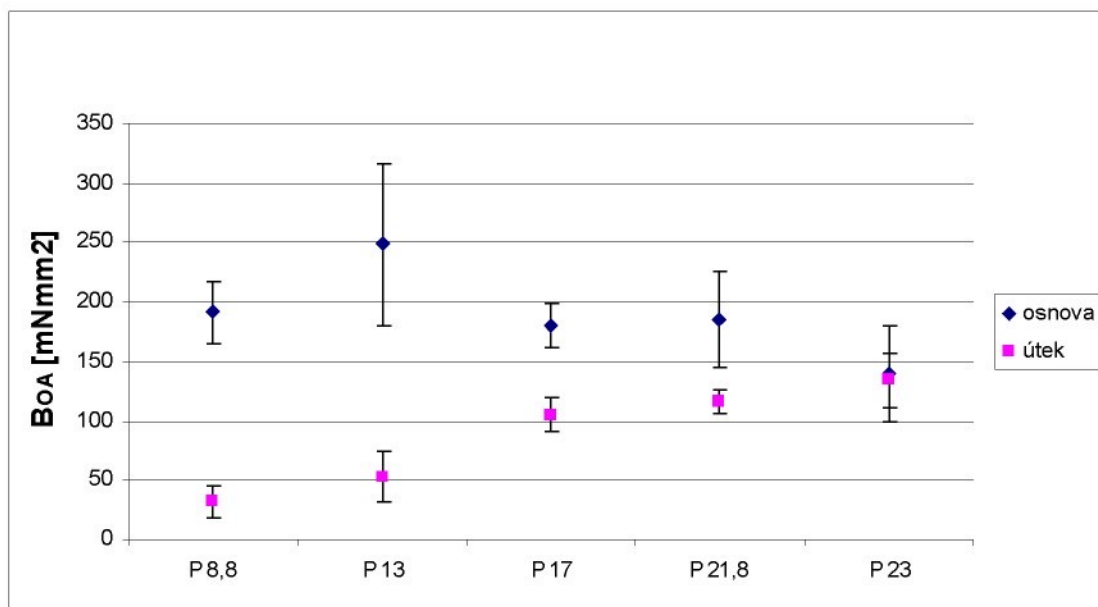
b. snímání obrázku textilie

c. sejmutý obrázek textilie

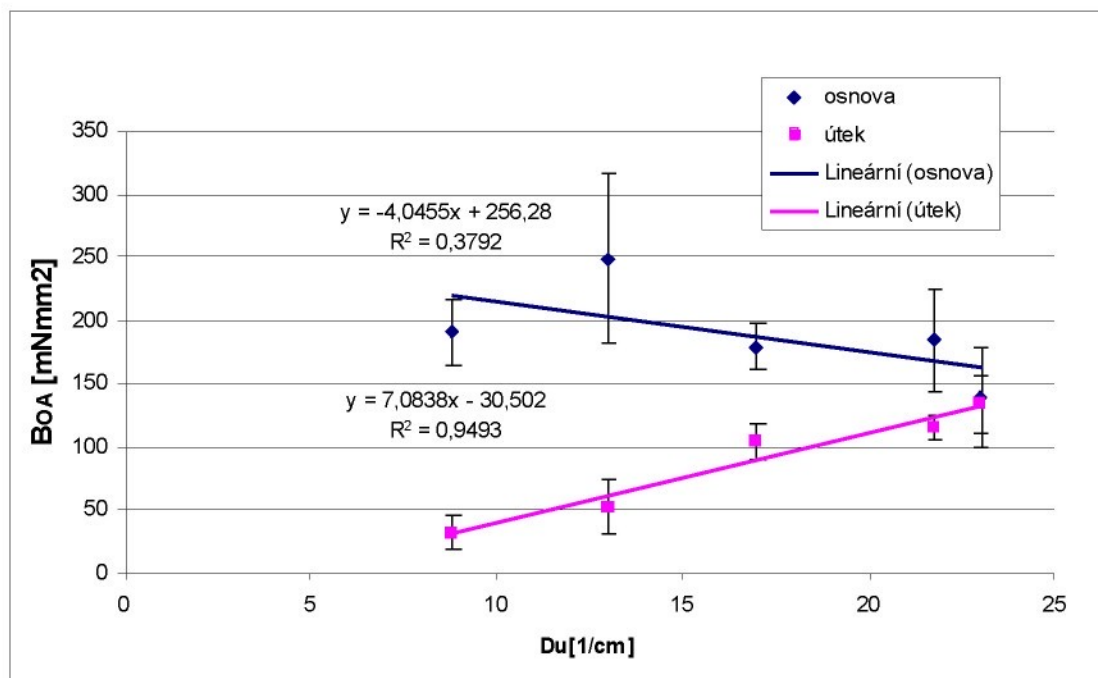
2. Podrobné zpracování obrázků v programu MatLab. Nejprve se stanoví hranice ohybové čáry pro výpočet těžiště křivky. Dále se přenesou obdélníková výseč do binárního obrazu /obdélníková výseč je dána počátečním bodem a koncovým bodem křivky/.

3. Po ukončení měření jsou data exportována do souboru a po té zpracována v programu Excel.

Tkaniny Spolsin

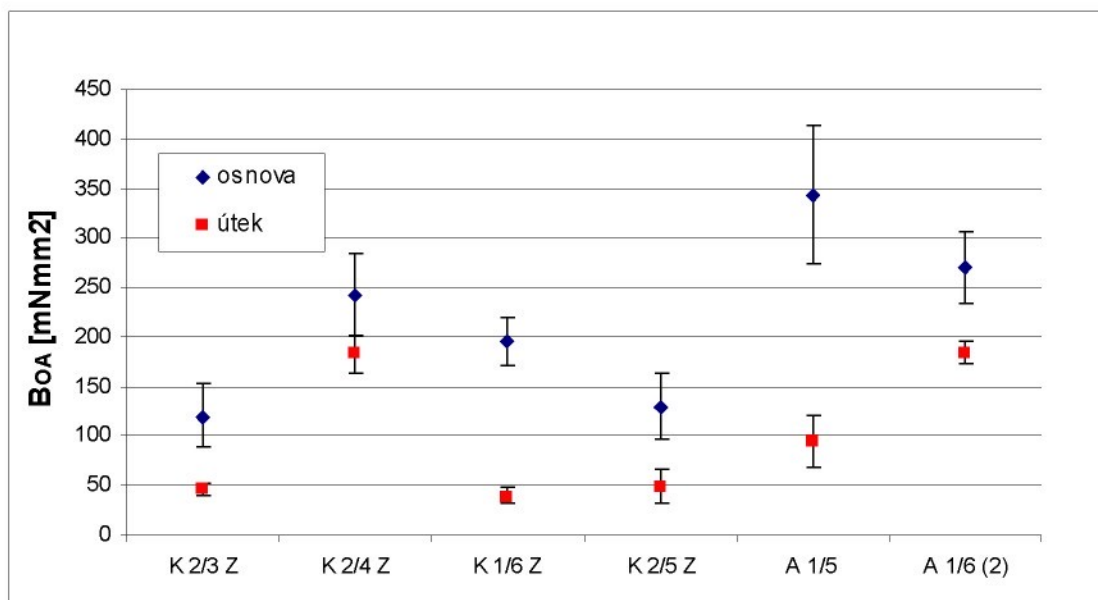


Graf č.11 – ohybová tuhost tkanin Spolsin – obrazová analýza

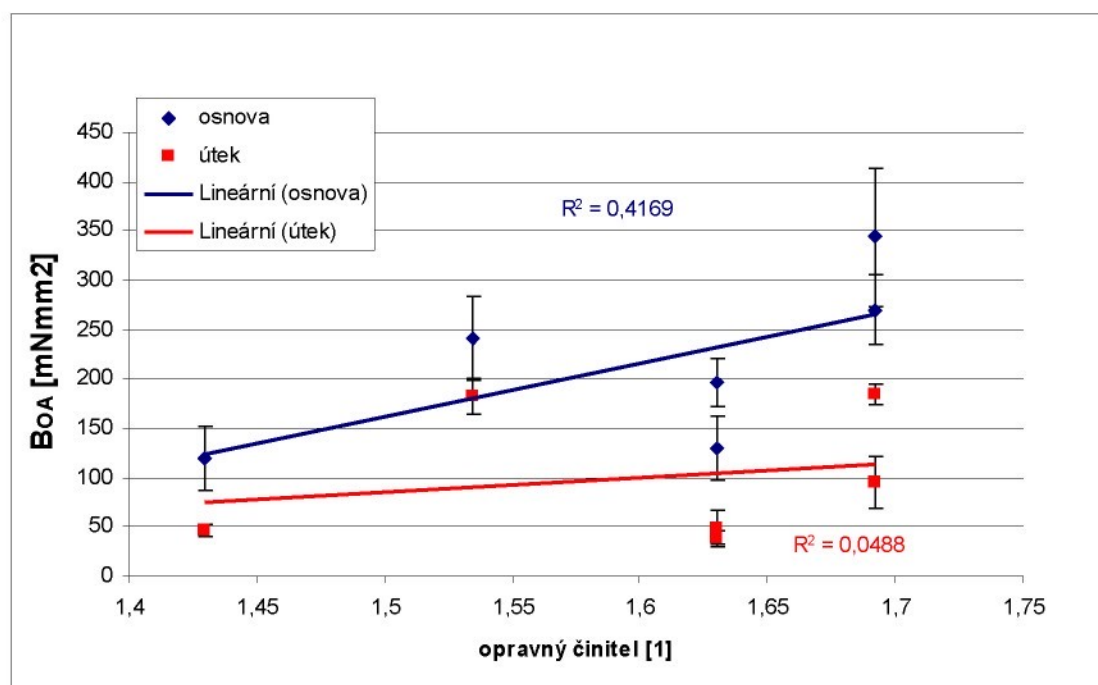


Graf č.12 – vyjádření ohybové tuhosti na dostavě útku – obrazová analýza

Tkaniny Veba



Graf č.13 – ohybová tuhost tkanin Veba – obrazová analýza



Graf č.14 – závislost ohybové tuhosti tkanin na opravném číselu – obrazová analýza

Měření a vyhodnocení ohybové tuhosti dle Stříže

Postup měření a stanovení ohybové tuhosti je uveden v interní normě č. 22-201-01/01 Ohybová tuhost příze.

Cílem experimentu bylo provést měření ohybové tuhosti pomocí speciálního přípravku, programu MatLab a obrazové analýzy pro tkaniny Veba a Spolsin. Dále bylo provedeno vyjádření ohybové tuhosti na dostavě útku a vyjádření vlivu vazby pomocí opravného činitele.

V grafech č.11 a č.12 jsou vyjádřeny průměrné hodnoty ohybové tuhosti spolu s 95 % intervalem spolehlivosti. V případech tkanin P 23 se intervaly spolehlivosti tuhostí v osnově a útku překrývají, což znamená, že rozdíly mezi nimi jsou statisticky nevýznamné. Z grafů lze sledovat ohybovou tuhost tkanin Spolsin. Pro tkaniny v osnovním směru lze sledovat, čím více útkových nití, tím je ohybová tuhost nižší. Pro tkaniny v útkovém směru je možno vidět s přibývajícím počtem útkových nití rostoucí ohybovou tuhost. Je to způsobeno vlivem poměru dostav.

V grafu č.13 je možno sledovat ohybovou tuhost tkanin Veba. Pro tkaniny v osnovním směru lze sledovat vyšší ohybovou tuhost pro atlasové vazby. Je to způsobeno vlivem vazby. V osnovním směru je nejtěžší tkanina s označením A 2/5 (2). Pro útkový směr je nejtěžší tkanina s označením A 1/6 (2). U tohoto souboru experimentálních tkanin platí, čím je vazba hustší, tím je ohybová tuhost vyšší. Graf č.14 znázorňuje závislost ohybové tuhosti na opravném činiteli. Při celkovém pohledu je však patrné, že křivky mají klesající a stoupající tendenci. Závislost ohybové tuhosti na opravném činiteli je nízká. V tomto případě je opravný činitel vhodným parametrem.

4.2.3 Kawabata Evaluation System – KES

Podstata zkoušky

Tento přístroj umožňuje měřit ohybový moment vzorku pod definovaným zakřivením.

Měření se provádí za nastavených podmínek, nebo za nastavení vlastních optimálních podmínek.

Použitý přístroj



Obr.č.3 - KES FB2 –přístroj pro měření ohybových vlastností

Postup zkoušky

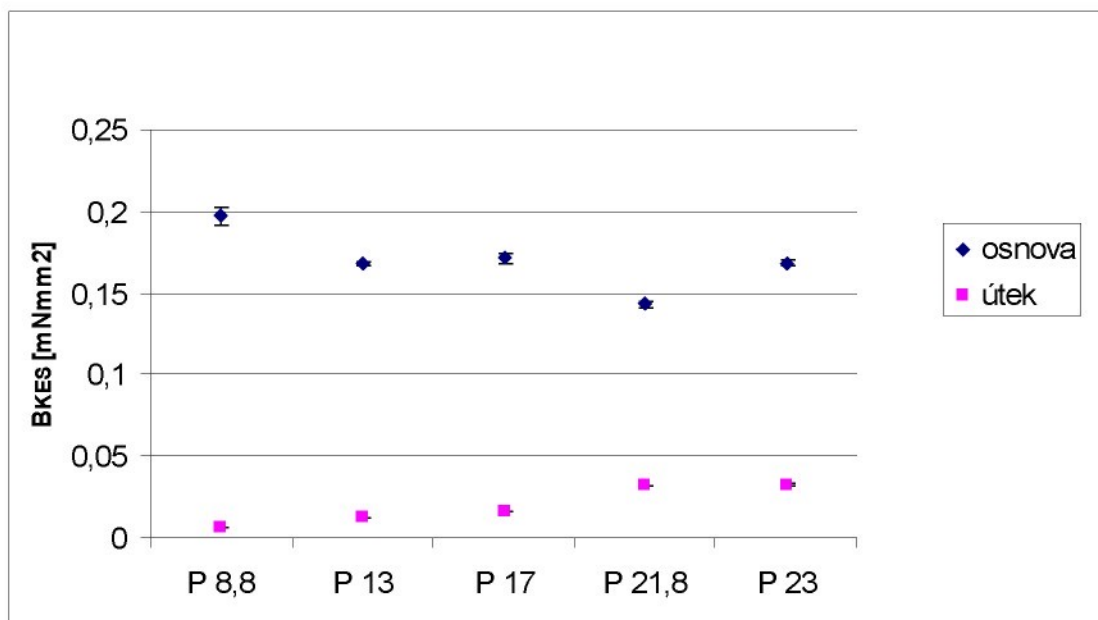
1.Vzorek se vloží mezi čelisti, které jsou navzájem vzdáleny 10mm, jedna čelist je pevná a druhá čelist je pohyblivá.

2.Po té se přístroj uvede do chodu zapnutím spínače, vzorek je uchycen mezi čelisti a ohýbán do určitého zakřivení (max.zakřivení $K \pm 2,5\text{cm}^{-1}$), ohybové vlastnosti textilie jsou proměřovány vždy ve směru útku a osnovy po lící a rubové straně.

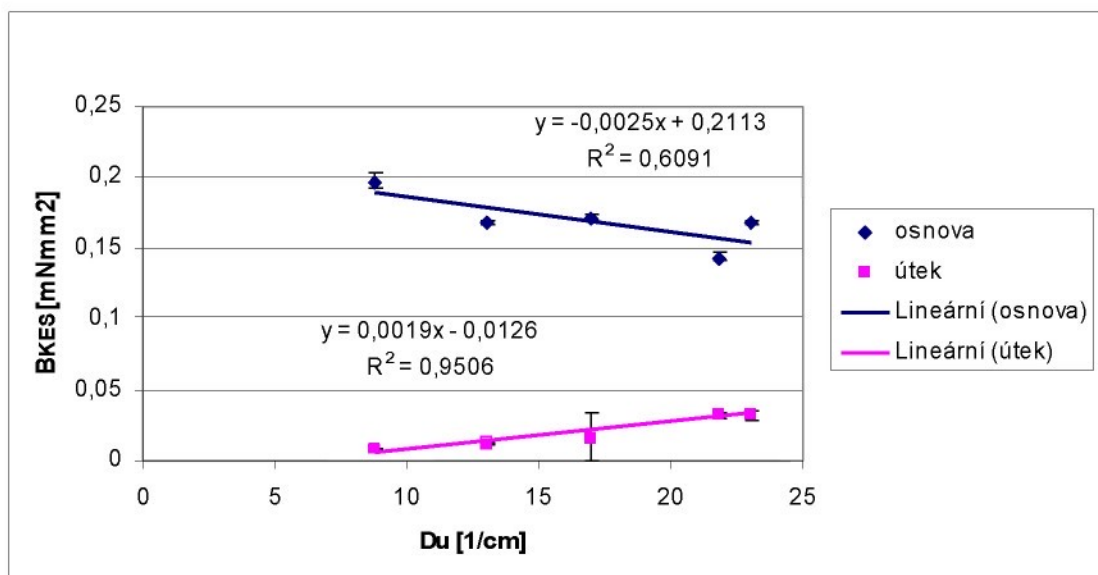
Data jsou přístrojem zapsána a uložena v PC.

K dispozici jsem měla již naměřená data.

Tkaniny Spolsin

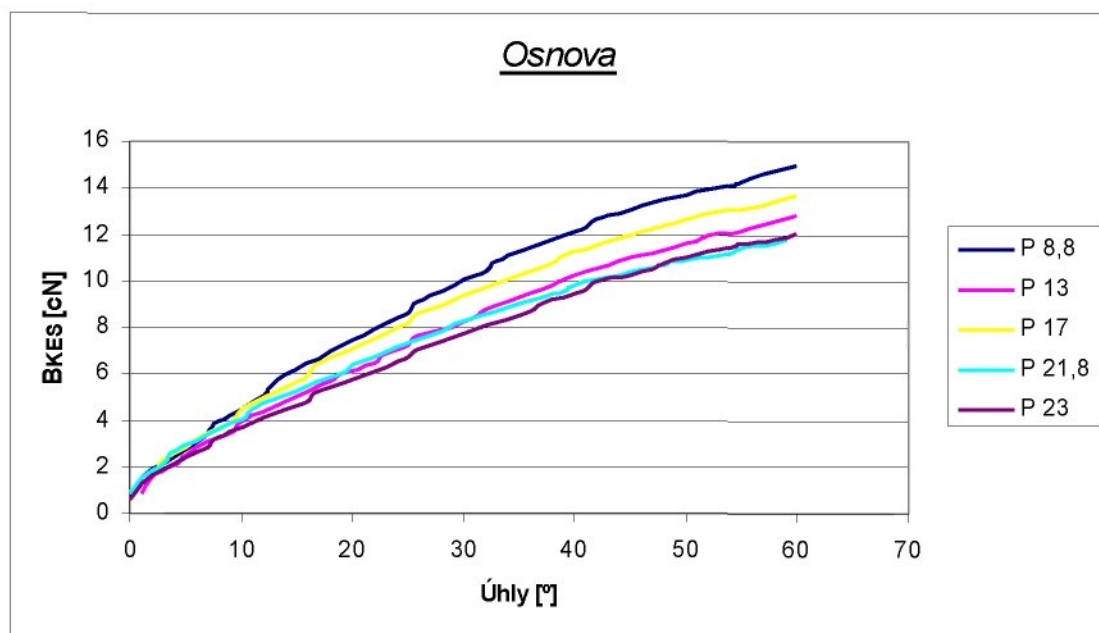


Graf č.15 – ohybová tuhost tkanin Spolsin na přístroji KES

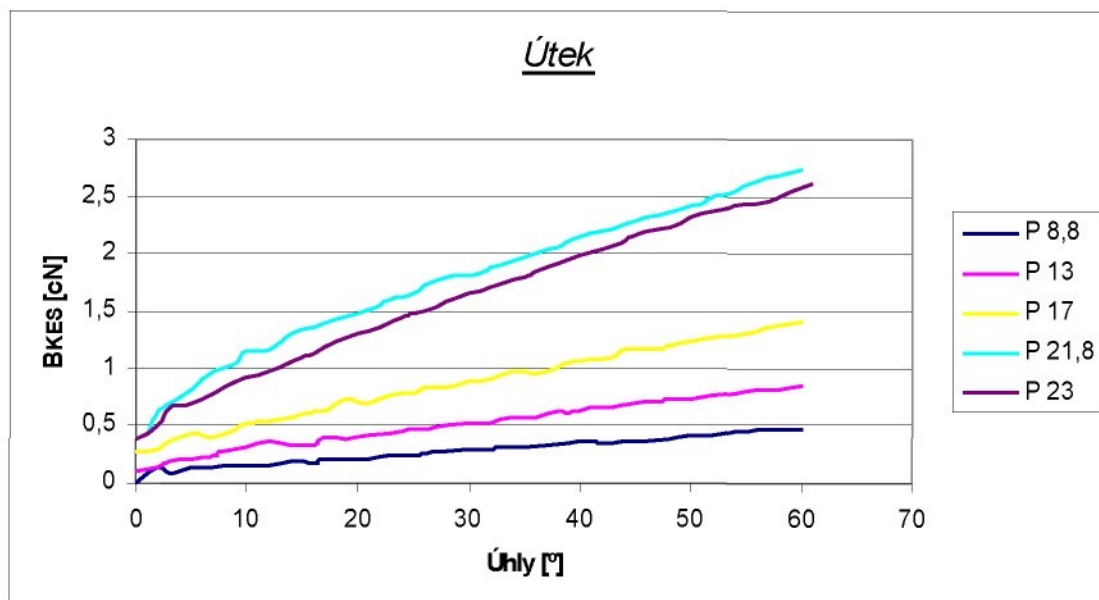


Graf č.16 – vyjádření ohybové tuhosti na dostavě útku – KES

Tkaniny Spolsin

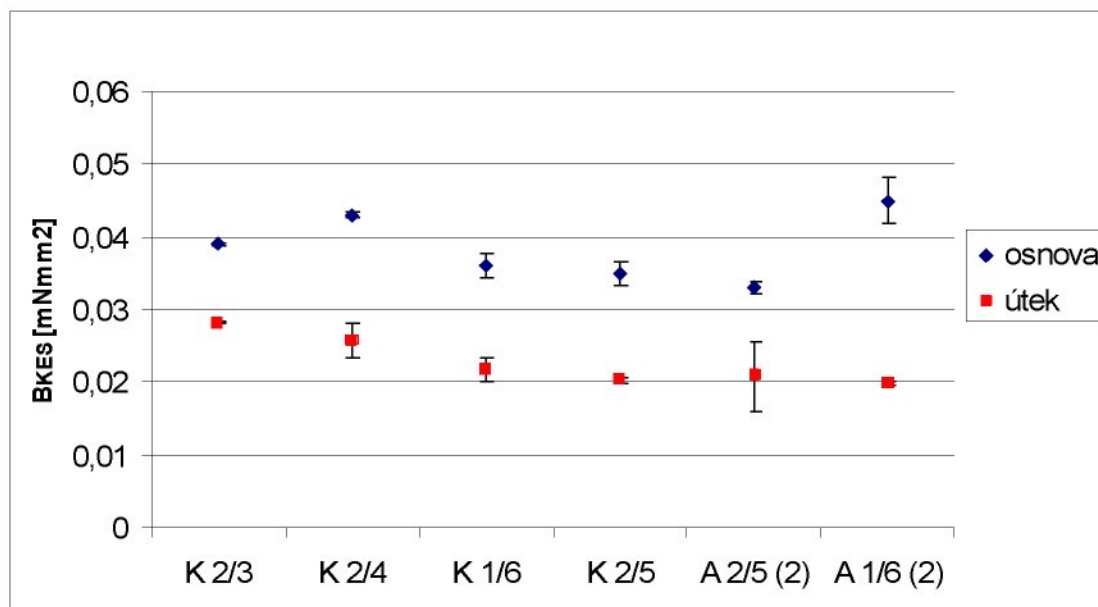


Graf č.17 - vyjádření ohybové tuhosti v ohybu na přístroji KES

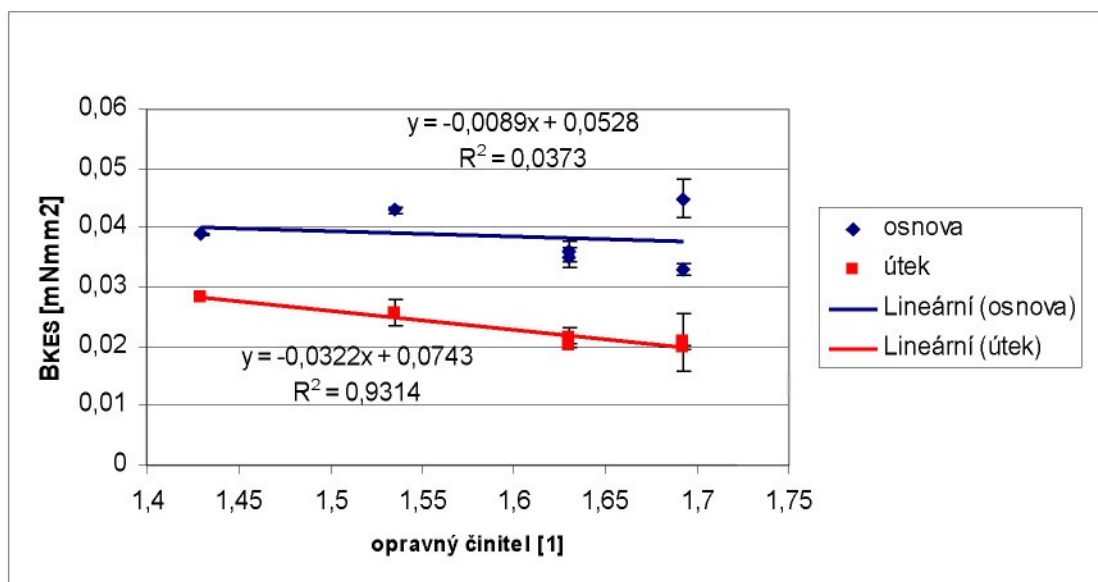


Graf č.18 - vyjádření tuhosti v ohybu na přístroji KES

Tkaniny Veba

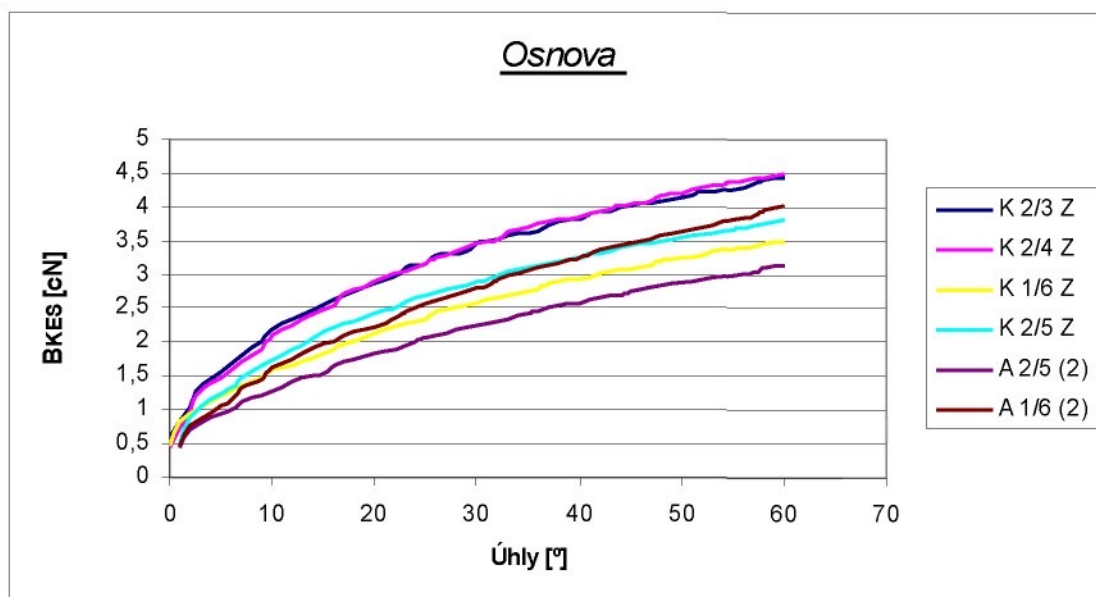


Graf č.19 – ohybová tuhost tkanin Veba na přístroji KES

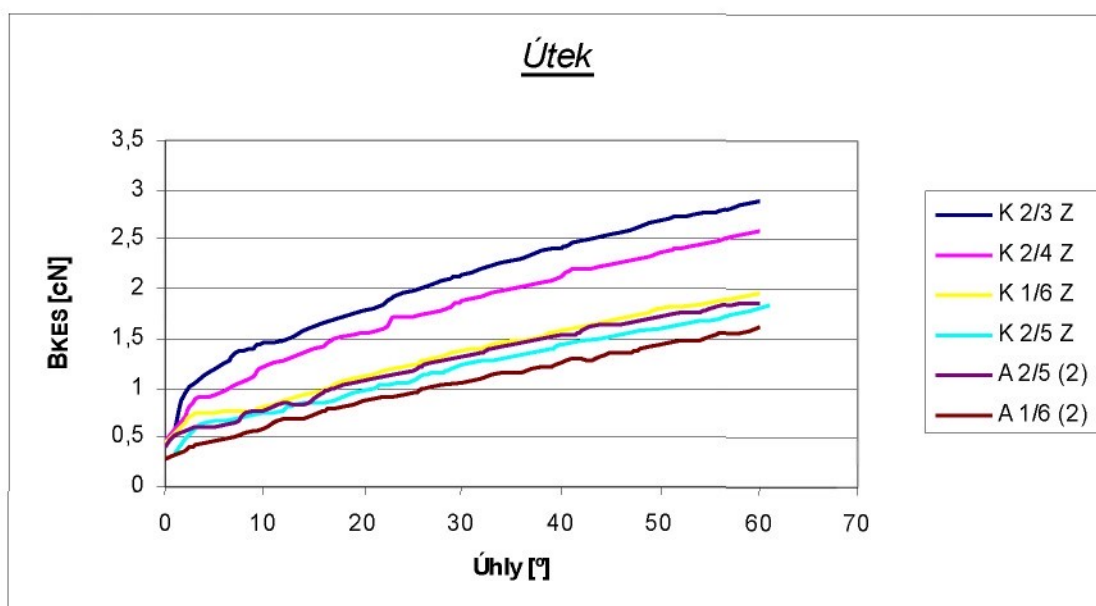


Graf č.20 – závislost ohybové tuhosti tkanin na opravném činiteli – KES

Tkaniny Veba



Graf č.21 - vyjádření tuhosti v ohybu na přístroji KES



Graf č.22 - vyjádření tuhosti v ohybu na přístroji KES

Měření a vyhodnocení ohybové tuhosti KES

Postup měření a způsob stanovení ohybové tuhosti KES. K dispozici jsem měla naměřená data KES.

Cílem experimentu bylo zpracovat naměřená data z přístroje KES pro tkaniny Veba a Spolsin. Dále bylo provedeno vyjádření ohybové tuhosti na dostavě útku, vyjádření vlivu vazby pomocí opravného činitele.

V grafu č.15 a č.16 jsou vyjádřeny průměrné hodnoty ohybové tuhosti spolu s 95 % intervalem spolehlivosti. V grafu lze sledovat ohybovou tuhost tkanin Spolsin. Pro tkaniny v osnovním směru lze sledovat, čím více útkových nití, tím je ohybová tuhost nižší. Pro tkaniny v útkovém směru je možno vidět s přibývajícím počtem útkových nití rostoucí ohybovou tuhost.

V grafu č.17, č.18 lze sledovat vyjádření tuhosti v ohybu pro tkaniny Spolsin. Z grafu č.17 vyplývá, že tkanina s označením P 8,8 má nejvyšší tuhost, je to způsobeno nižší dostavou v útkovém směru. Naopak z grafu č.18 vyplývá, tkanina s označením P 21,8 má vysokou tuhost. S přibývajícím počtem útkových bodů je ohybová tuhost vyšší.

V grafu č.19 a č.20 jsou vyjádřeny průměrné ohybové tuhosti spolu s 95 % intervalem spolehlivosti. V grafech je možno sledovat ohybovou tuhost tkanin Veba. Z grafu č.19 pro tkaniny v osnovním směru lze sledovat, že nejtužší je tkanina s označením A 1/6 (2). Čím je vazba hustší, tím je ohybová tuhost vyšší. V grafu č.20 se v některých případech intervaly spolehlivosti tuhostí v osnově a útku překrývají, což znamená, že rozdíly mezi nimi jsou statisticky nevýznamné. Při celkovém pohledu na tyto grafy je patrné, že křivky mají klesající a stoupající tendenci. Závislost ohybové tuhosti na opravném činiteli je nízká.

V grafech č.21 a č.22 jsou znázorněny ohybové tuhosti pro tkaniny Veba. Z grafů je možno sledovat, že vysoké ohybové tuhosti dosahují tkaniny s keprovou vazbou v osnovním i útkovém směru. U tohoto souboru experimentálních tkanin platí, čím je vazba hustší, tím je ohybová tuhost vyšší.

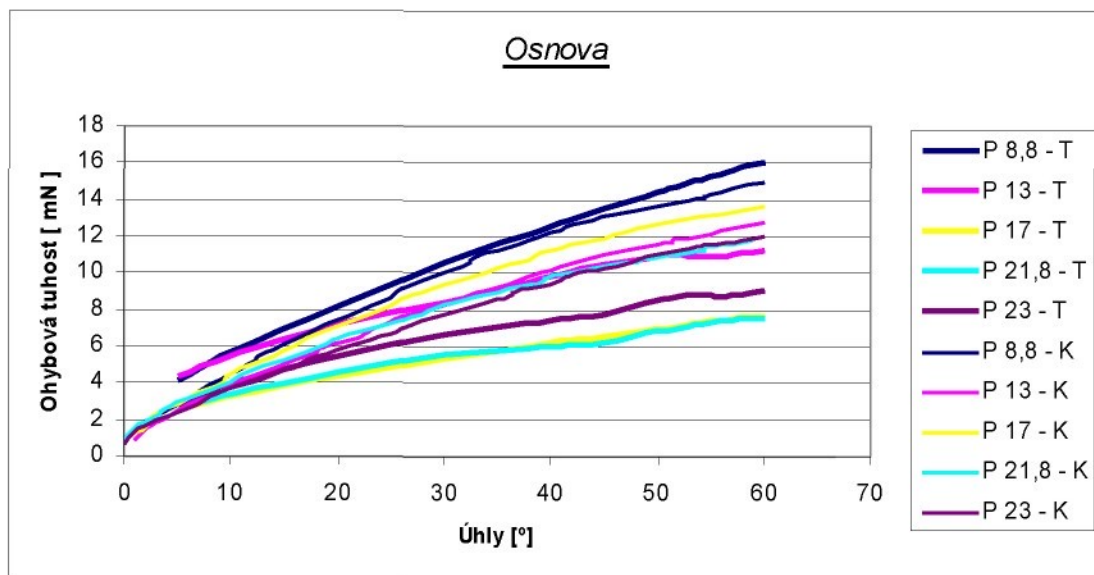
Z grafů č.17, č.18, č.21 a č.22, kde jsou znázorněny závislosti poměrné ohybové tuhosti tkanin lze sledovat vyšší ohybovou tuhost pro tkaniny s plátňovou vazbou v osnovním směru.

Nejtužší je tkanina s označením P 8,8. Je to způsobeno vlivem vazby na ohybovou tuhost. U tohoto souboru experimentálních tkanin platí, že čím je vazba hustší, tím je ohybová tuhost nižší. Nejmenší ohybovou tuhost v osnovním směru mají atlasové vazby. Pro útkový směr je nejtužší tkanina keprové vazby s označením K 2/3. Je to způsobeno vlivem vazby na ohybovou tuhost. Tkaniny s přibývajícím počtem útkových nití mají vyšší ohybovou tuhost. V útkovém směru nejmenší ohybovou tuhost ukazují tkaniny s označením P 8,8. Je to způsobeno vlivem vazby na ohybovou tuhost. Plátnové vazby s nízkou dostavou, mají nižší ohybovou tuhost.

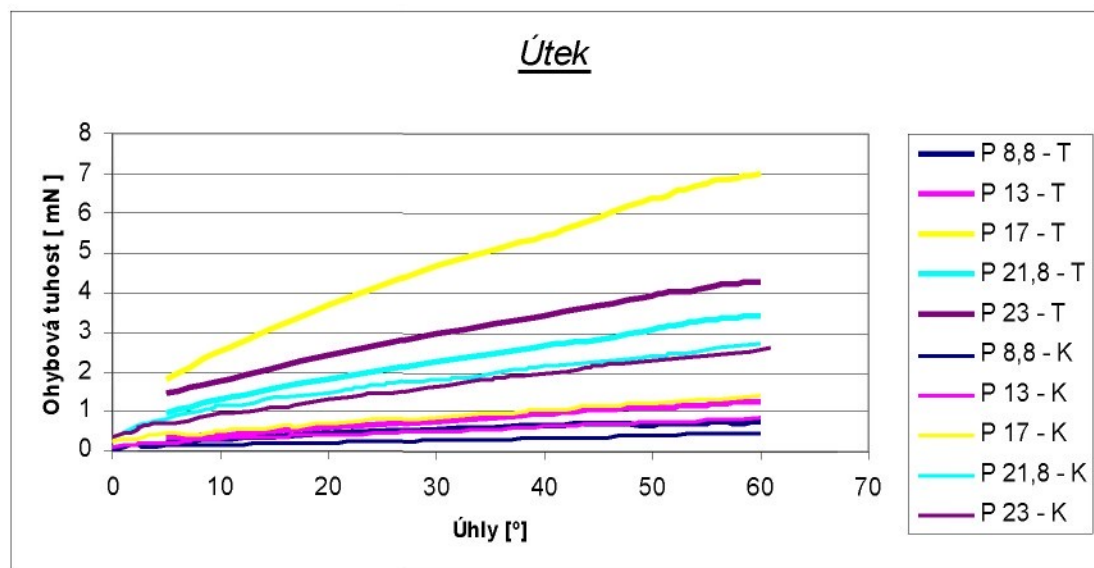
Z grafů dále vyplývá, že tkaniny v osnovním směru jsou tužší než v útkovém směru. Je to způsobeno vlivem vazby a použitím šlichty na osnovních nitech. Příze na výrobu tkanin jsou rezné, proto se v osnovním nitě šlichtují. U tohoto souboru tkanin platí, čím je vazba hustší a osnovní dostava tkanin vyšší, tím je ohybová tuhost nižší.

4.2.4 Grafické porovnání ohybových tuhostí měřených metodou KES a TH7

Tkaniny Spolsin



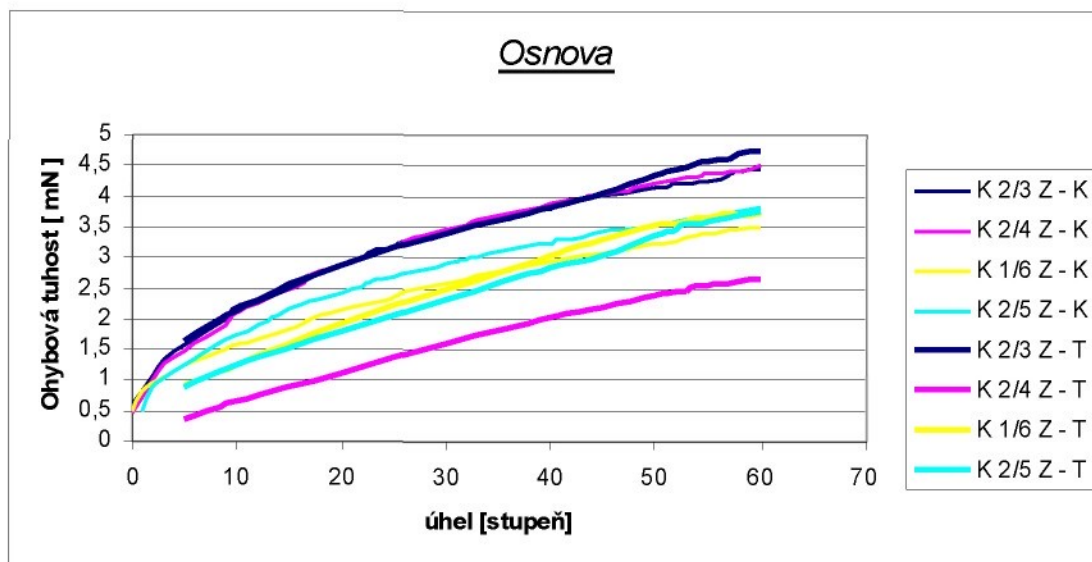
Graf č.23 - vyjádření ohybové tuhosti KES a TH7



Graf č.24 - vyjádření ohybové tuhosti KES a TH7

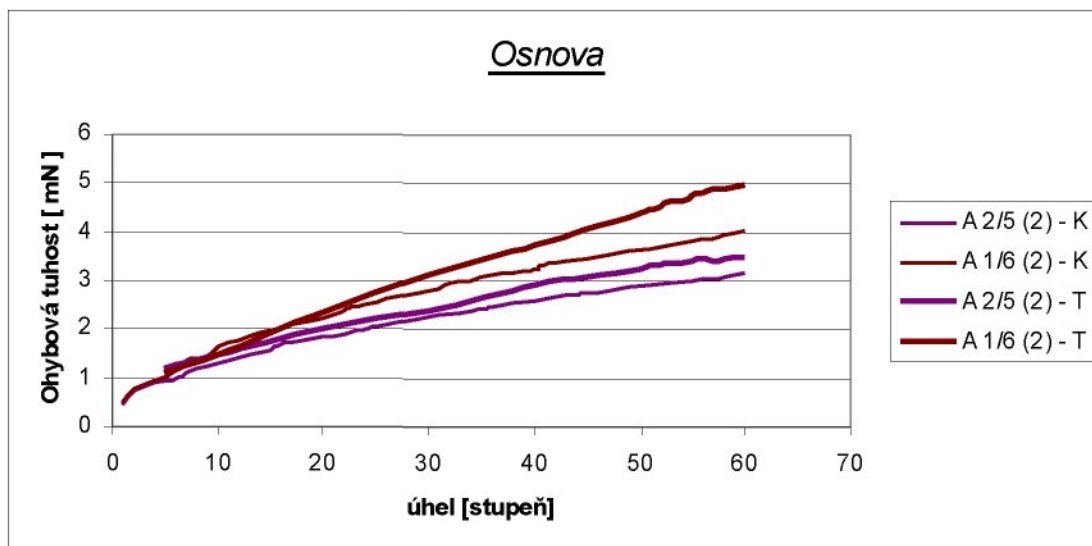
4.2.5 Grafické porovnání ohybových tuhostí měřených metodou KES a TH7

Tkaniny Veba



Graf č.25 - vyjádření ohybové tuhosti KES a TH7

Keprové vazby

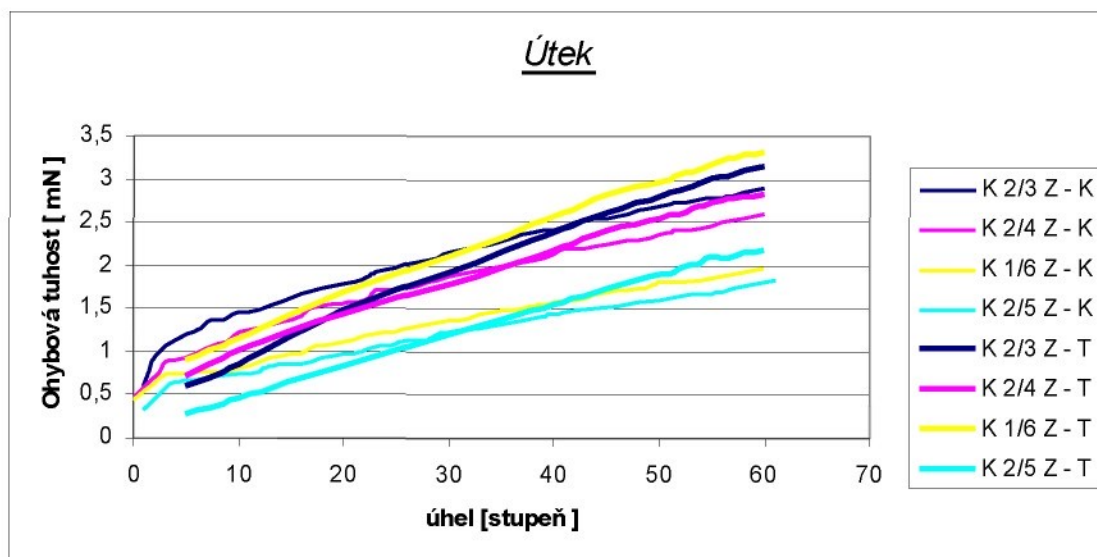


Graf č.26 - vyjádření ohybové tuhosti KES a TH7

Atlasové vazby

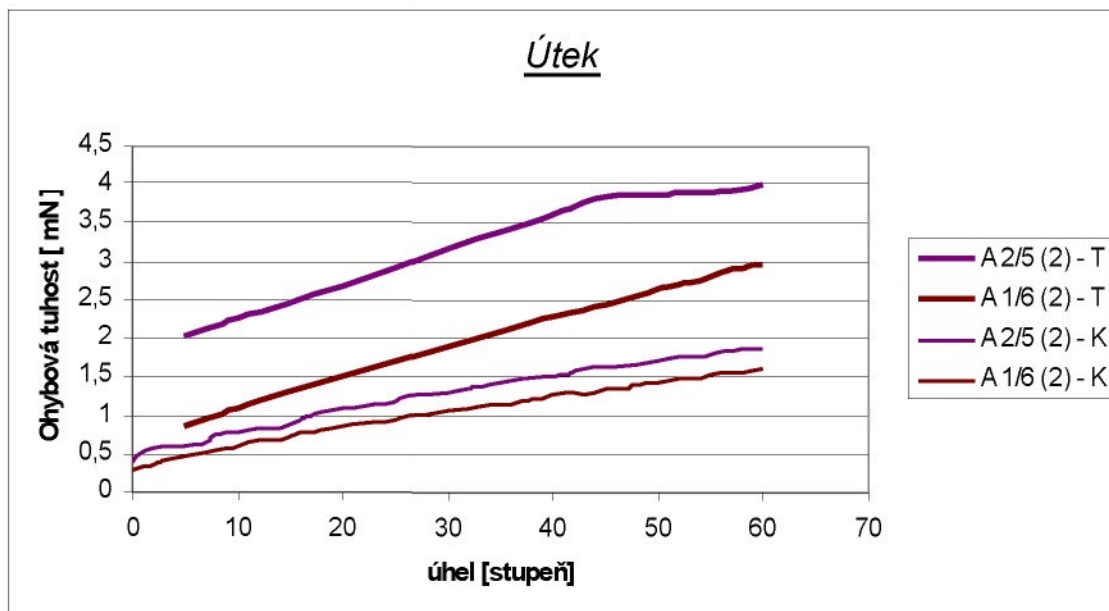
Grafické porovnání ohybových tuhostí měřených metodou KES a TH7

Tkaniny Veba



Graf č.27 - vyjádření ohybové tuhosti KES a TH7

Keprové vazby



Graf č.28 - vyjádření ohybové tuhosti KES a TH7

Atlasové vazby

Porovnání ohybových tuhostí měřených metodou KES a TH7

Pro porovnání ohybových tuhostí měřených metodou KES a TH7 byly použity obdélníkové vzorky. Rozdíl mezi těmito metodami je v ohybových délkách. Pro metodu KES je ohybová délka 1cm a pro metodu TH7 je ohybová délka 2 cm

V grafech č.23 a č.24 je znázorněno porovnání závislostí ohybových tuhostí na úhlu výkyvu čelistí měřených metodou KES a TH7 v osnovním i útkovém směru pro tkaniny Spolsin. Při porovnání ohybových tuhostí mezi metodou KES a TH7 v osnovním směru lze sledovat vyšší ohybovou tuhost u metody KES. V útkovém směru je vyšší ohybová tuhost pro tkaniny měřené na přístroji TH7.

V grafech č.25 až č.28 je znázorněno porovnání ohybových tuhostí měřených metodou KES a TH7 v osnovním i útkovém směru pro tkaniny Veba. Průběhy jsou si podobné.

4.2.6 Porovnání metodik měření ohybové tuhosti tkanin

V této části byla zjišťována korelace hodnot ohybových tuhostí mezi různými použitými metodami.

Podle výsledných koeficientů je patrné, že měření ohybové tuhosti provedené na normovaném přístroji TH7 nejvíce koreluje s přístrojem KES. Výsledný koeficient dosahoval hodnot až 0,842. Další výsledné koeficienty je možno vidět v tabulkách č.4 a č.5. Červeně jsou vyznačeny hodnoty, které prokazují významné závislosti mezi jednotlivými metodami.

V tabulce č.4 lze sledovat porovnání metodik měření ohybové tuhosti tkanin v osnovním směru. Při porovnání čtvercových a obdélníkových vzorků tkaniny na normovaném přístroji TH7 dosahoval výsledný koeficient vysokých korelačních hodnot. Měření ohybové tuhosti provedené na normovaném přístroji TH7 a měření ohybové tuhosti na přístroji KES též prokazuje vysokou míru závislosti. V případě porovnání mezi metodou TH7 a obrazovou analýzou (OA) je korelace nevýznamná. Porovnání mezi metodou KES a obrazovou analýzou (OA) je korelace významná.

V tabulce č.5 lze sledovat porovnání metodik měření ohybové tuhosti tkanin v útkovém směru. Při porovnání čtvercových a obdélníkových vzorků tkaniny na normovaném přístroji TH7 dosahoval výsledný koeficient vysokých korelačních hodnot. Z tabulky je patrné, že mezi metodou TH7 pro čtvercový vzorek a metodou KES je vzájemný vztah. Mezi metodou TH7 pro obdélníkový vzorek tkaniny a metodou KES není významná korelace. Též mezi metodou KES a obrazovou analýzou (OA) se neproказuje vzájemný vztah.

Korelační matice	osnova				
Proměnná	TH7čtverec	TH7obdélník	KES	KES 20cm	OA
TH7čtverec	1	0,984	0,790	0,842	0,540
TH7obdélník	0,984	1	0,795	0,841	0,492
KES	0,790	0,795	1	0,995	0,608
KES 20cm	0,842	0,841	0,995	1	0,609
OA	0,540	0,492	0,608	0,609	1

tabulka č.4

Korelační matice	útek				
Proměnná	TH7čtverec	TH7obdélník	KES	KES 20cm	OA
TH7čtverec	1	0,724	0,832	0,820	0,327
TH7obdélník	0,724	1	0,360	0,406	0,187
KES	0,832	0,360	1	0,969	0,185
KES 20cm	0,820	0,406	0,969	1	0,335
OA	0,327	0,187	0,185	0,335	1

tabulka č.5

5 Závěr

Ohybová tuhost patří mezi základní mechanické vlastnosti textilních materiálů, neboť bezprostředně ovlivňuje splývavost a mačkovost textilie.

Dnes již existuje celá řada metod používaných pro měření ohybové tuhosti textilií – např. Cantilever test, metoda převisu dle Sommera, metoda dle ČSN 80 0858 a další. Velké množství těchto metod vychází ze základních vztahů teorie pružnosti a pevnosti pro strojní a stavební materiály.

V experimentální části byla provedena měření ohybové tuhosti tkanin pomocí speciálního přípravku, programu MatLab, obrazové analýzy a na přípravku TH7, a po té porovnána se zpracovanými daty KES. U získaných výsledků měření byla provedena statistická analýza.

U použitých metod byl vyjádřen též vliv vazby a dostav na hodnotu ohybové tuhosti. Ohybovou tuhost výrazně ovlivňuje vliv vazby. V měření se ve většině případů v osnovním směru prokázalo, že čím více je útkových nití ve tkanině, tím je ohybová tuhost nižší. Naopak v útkovém směru s přibývajícím počtem útkových bodů je ohybová tuhost větší a tkaniny jsou málo splývavé. Plátňové vazby jsou nejtěžší, mají nejvyšší ohybovou tuhost.

Metody určování ohybové tuhosti tkanin jsou pouze přibližné. Metoda KES umožňuje měřit ohybový moment pod definovaným zakřivením. Přesnost dat je poměrně vysoká, měření je rychlé, ale méně dostupné. Nevýhodou této metody je velká spotřeba materiálu.

Metoda určení ohybové tuhosti tkanin dle prof. Stříže je poměrně jednoduchá, rychlá a snadno dostupná. Nevýhodou je pouze vysoký rozptyl dat.

Metoda určování ohybové tuhosti tkanin na přístroji TH7 není dostatečně přesná a má poměrně komplikované měření.

Metody pro měření ohybové tuhosti byly porovnány pomocí korelační matice. Z výsledných koeficientů lze sledovat, že metoda TH7 prokazovala vysokou míru závislosti s metodou KES. V případě porovnání mezi metodou TH7 a obrazovou analýzou je korelace nevýznamná. Porovnání mezi metodou KES a obrazovou analýzou je korelace významná.

6 Seznam použité literatury

- [1] Prof.Ing.Stříž, B, DrSc.: Mechanika textilií 2, TU v Liberci, Liberec 2002
- [2] Nosek, S.: Struktura a geometrie tkanin. Výzkumný ústav bavlnářský, Ústí nad Orlicí 1977
- [3] Interní norma č.13-108-01/01, Definice Geometrické parametry tkanin, Výzkumné centrum Textil, Liberec 2004
- [4] Kawabata, S.: The Standartization and Analysis of Hand Evaluation, The Textile Machinery Society, Osaka, Japan 1980
- [5] Eeg – Olofsson, T.: A contribution to the experimental study of the bending properties of fabrics. London, Goteborg, A.Rydberg a CO,1957
- [6] Wei, M.: The Tudory of the Canilever Stiffness Test. J.Textile Institut 80, 98-106, 1989
- [7] Ing.Staněk, J., CSs.: Nauka o textilních materiálech. Liberec, VŠST 1988
- [8] Systém projektování textilních struktur, část 3, [závěrečná zpráva]. Výzkumné centrum Textil, Liberec 2004
- [9] Mrazíková, I.: Vazby tkanin listové základní, odvozené a složené, TU v Liberci 2002
- [10] Shinora, A., Musha, T.: Journal of the textiles machinery society of Japan 26, 51-54 1980
- [11] Prof.Ing.Kovář, R.: Struktura a vlastnosti textilií 2. TU v Liberci, Liberec 1998
- [12] Pšenčíková, O: Diplomová práce. Ohybová tuhost plošných textilií, TU v Liberci 1996
- [13] Hanzal, R.: Diplomová práce. Tuhost uhlíkových textilií v ohybu, TU v Liberci 1997
- [14] Systém projektování textilních struktur, část 2, [Tvorba systému projektování příze - tkanina]. Výzkumné centrum Textil, TU Liberec 2004

Příloha č.1

Označení tkaniny	Ohybová tuhost [mN/cm]	IS	Ohybová tuhost [mN/cm]	IS
Spolsin	TH7 osnova		TH7 útek	
P 8,8	0,1992	0,014652	0,0083	-0,00144
P 13	0,1053	-0,00867	0,0164	0,000738
P 17	0,0844	0,003462	0,0881	0,017321
P 21,8	0,0792	-0,00474	0,0422	0,002141
P 23	0,0936	-0,00481	0,0494	-0,00339

Tabulka č.1 Hodnoty ohybové tuhosti a intervaly spolehlivosti

Tkaniny Spolsin

Označení tkaniny	Ohybová tuhost [cN]	IS	Ohybová tuhost [cN]	IS
Spolsin	KES osnova		KES útek	
P 8,8	0,197	0,005706	0,0065	8,49E-05
P 13	0,168	0,001559	0,0118	5,72E-05
P 17	0,171	0,002825	0,0162	0,000109
P 21,8	0,143	0,001891	0,032	0,000172
P 23	0,168	0,001941	0,0323	0,000316

Tabulka č.2 Hodnoty ohybové tuhosti a intervaly spolehlivosti

Tkaniny Spolsin

V tabulkách č.1 a č.2 lze sledovat hodnoty ohybové tuhosti a intervaly spolehlivosti v osnově a útku měřených na přístroji TH7 a na přístroji KES

Označení tkaniny	Ohybová tuhost [mN/cm]	IS	Ohybová tuhost [mN/cm]	IS
Veba	TH7 osnova		TH7 útek	
K 2/3	0,0481	-0,00018	0,0431	-4,6E-05
K 2/4	0,0403	0,000449	0,0369	-0,00226
K 1/6	0,0494	0,001693	0,0425	0,001707
K 2/5	0,0508	0,001679	0,035	0,000414
A 2/5 (2)	0,04	-0,00093	0,0433	0,004922
A 1/6 (2)	0,0678	0,003059	0,0369	-0,00031

Tabulka č.3 Hodnoty ohybové tuhosti a intervaly spolehlivosti
Tkaniny Veba

Označení tkaniny	Ohybová tuhost [cN]	IS	Ohybová tuhost [cN]	IS
Veba	KES osnova		KES útek	
K 2/3	0,039	-0,00018	0,0282	-4,6E-05
K 2/4	0,043	0,000449	0,0257	-0,00226
K 1/6	0,036	0,001693	0,0217	0,001707
K 2/5	0,035	0,001679	0,0203	0,000414
A 2/5 (2)	0,033	-0,00093	0,0208	0,004922
A 1/6 (2)	0,045	0,003059	0,0198	-0,00031

Tabulka č.4 Hodnoty ohybové tuhosti a intervaly spolehlivosti
Tkaniny Veba

V tabulkách č.3 a č.4 lze sledovat hodnoty ohybové tuhosti a intervaly spolehlivosti v osnově a útku měřených na přístroji TH7 a na přístroji KES

Označení tkaniny	Ohybová tuhost [mNmm ²]	IS	Ohybová tuhost [mNmm ²]	IS
Spolsin	OA osnova		OA útek	
P 8,8	191,04	25,95859	32,4	13,54825
P 13	248,53	68,31166	52,7	21,16892
P 17	179,59	18,71579	105,06	14,34458
P 21,8	184,73	40,4903	115,6	9,805544
P 23	139,31	39,90113	133,94	22,35316

Tabulka č.5 Hodnoty ohybové tuhosti a intervaly spolehlivosti

Tkaniny Spolsin

Označení tkaniny	Ohybová tuhost [mNmm ²]	IS	Ohybová tuhost [mNmm ²]	IS
Veba	OA o		OA u	
K 2/3	119,83	32,71956	46,64	6,640605
K 2/4	183,01	18,60463	241,78	42,78684
K 1/6	39,28	7,122509	196,45	24,10277
K 2/5	129,94	33,14065	48,21	17,91694
A 2/5 (2)	95,19	26,20282	343,86	70,05535
A 1/6 (2)	184,6	10,49386	270,1	35,92178

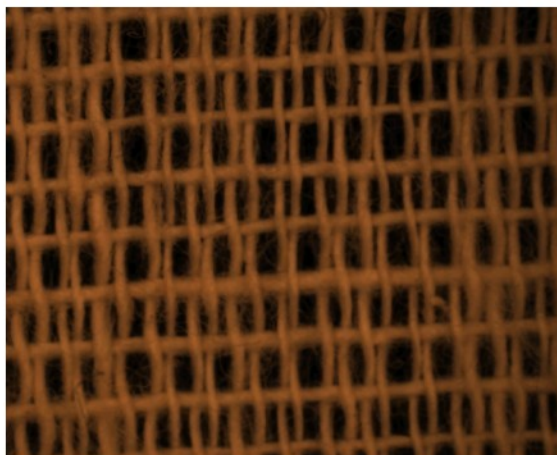
Tabulka č.6 Hodnoty ohybové tuhosti a intervaly spolehlivosti

Tkaniny Veba

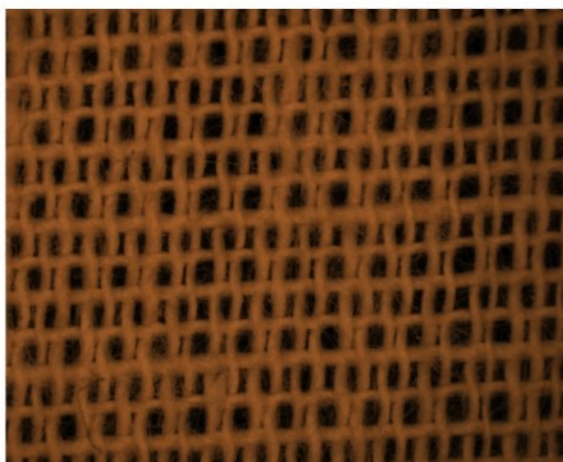
V tabulkách č.5 a č.6 lze sledovat hodnoty ohybové tuhosti intervaly spolehlivosti v osnově a útku pro tkaniny Spolsin a Veba měřených pomocí obrazové analýzy.

Příloha č.2

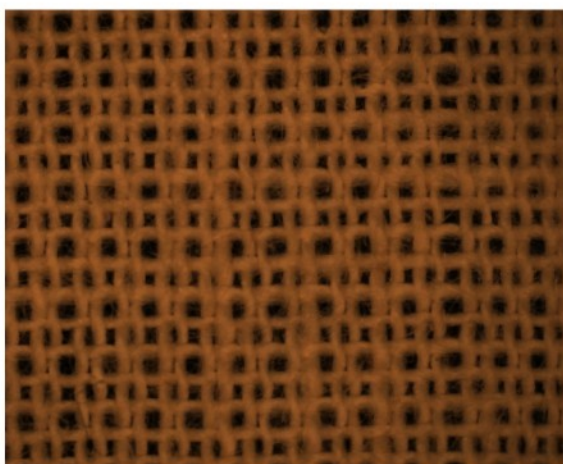
Tkaniny Spolsin



Spolsin P 8,8

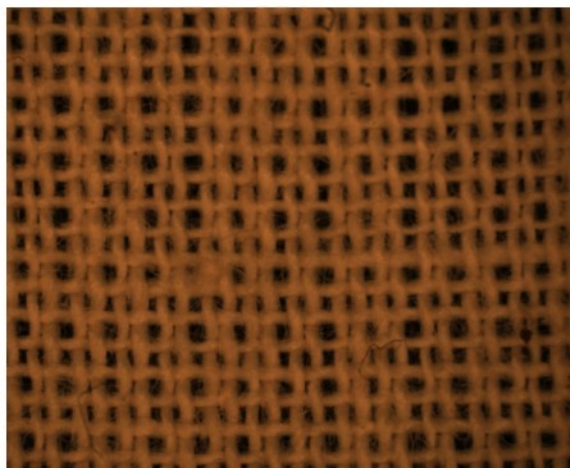


Spolsin P 13

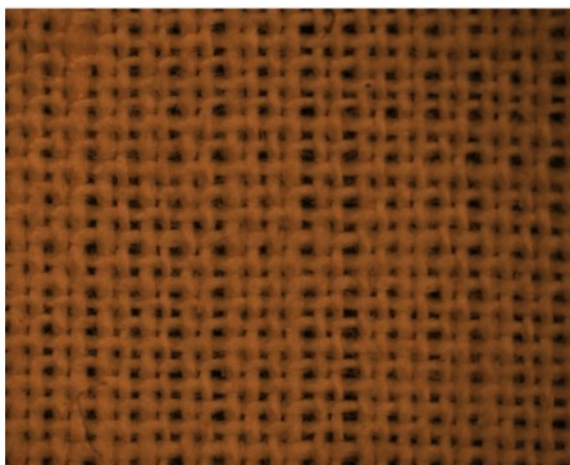


Spolsin P 17

Tkaniny Spolsin



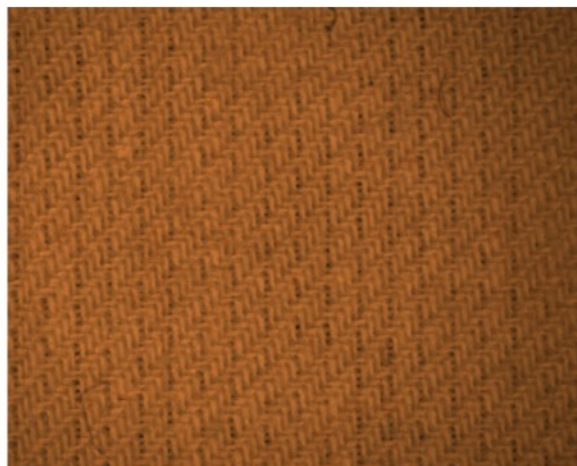
Spolsin P 21,8



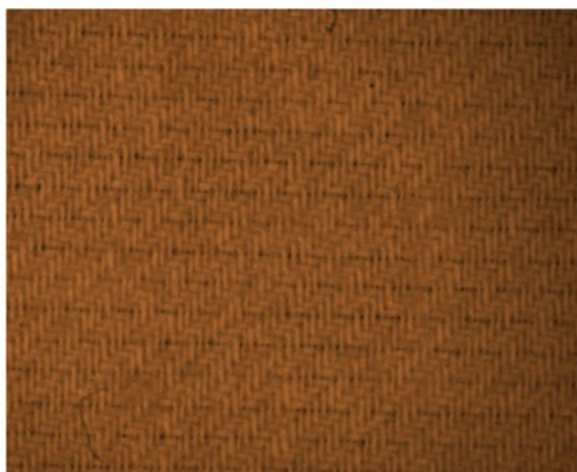
Spolsin P 23

Příloha č.3

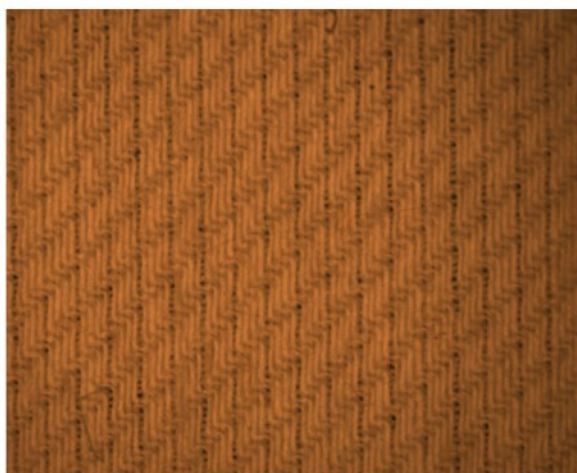
Tkaniny Veba



K 2/3 Z

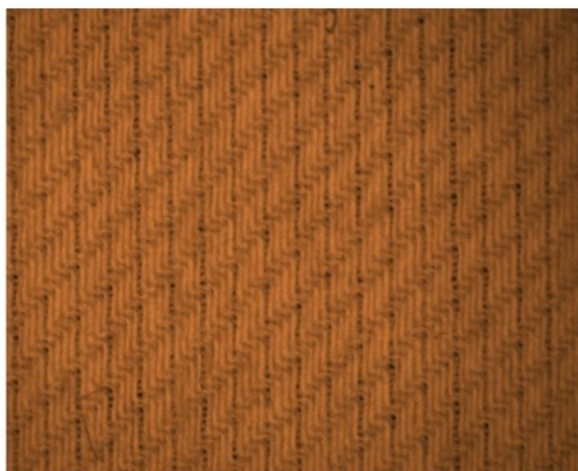


K 2/4 Z

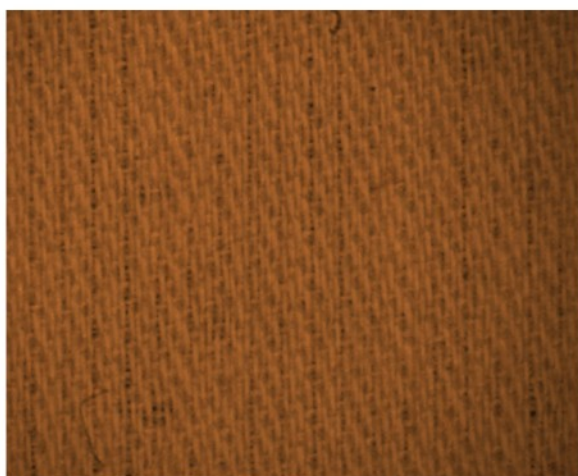


K 1/6 Z

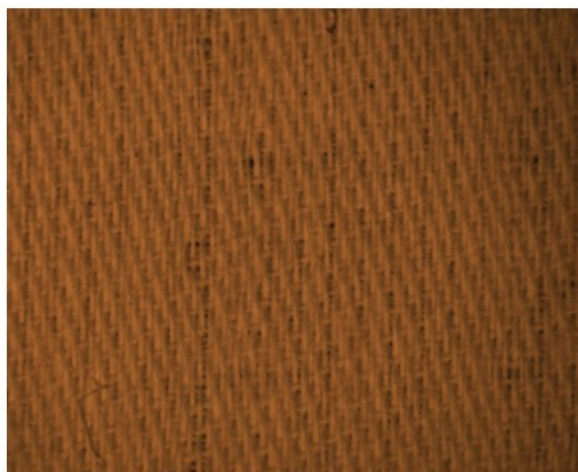
Tkaniny Veba



K 2/5 Z



A 2/5 (2)



A 1/6 (2)