

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI FAKULTA TEXTILNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2003/04

Ludmila Krejčová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra mechanických technologií

Biaxiální deformace tkaniny

The biaxial deformation of the fabric

Ludmila Krejčová

KME 301

Obor 3106 T textilní technologie

Vedoucí práce: Ing. Eliška Chrpová, CSc.

Rozsah práce : 65 stran a 26 stran příloh

Počet obrázků : 41

Počet tabulek : 2

Počet příloh : 3

Prohlášení

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

V Liberci, dne 17. 5. 2004

Podpis:

Poděkování

Děkuji touto cestou vedoucí diplomové práce Ing. Elišce Chrpové, CS.c za odborné vedení a rady při vypracování diplomové práce.

Ráda bych také poděkovala pracovníkům katedry materiálů za jejich ochotu a panu Pírkovi za technickou pomoc. Dále děkuji mé rodině za psychickou podporu v tomto období.

Anotace

Diplomová práce se zabývá biaxiální deformací tkanin. Biaxiální deformace je vyhodnocována z rozměrových změn, ke kterým dochází v průběhu procesu tkaní.

V teoretické části je uveden souhrn teoretických poznatků k hodnocení deformace a vlivů v procesu tkaní.

V experimentální části vyhodnocujeme deformace osnovy a útku z rozměrových změn na tkaninách s různou strukturou, tj. vazbou a dostavou. Cílem je vyjádřit vliv technologie na strukturu tkaniny.

Annotation

The diploma work deals with biaxial deformation of fabrics. The biaxial deformation is evaluated from dimension changes that occur in the course of weaving action.

In theoretical part there is mentioned complex of theoretical pieces of knowledge for interpretation of deformation and influences in the process of weaving.

In experimental part we evaluate deformation of warp and weft from dimension changes on fabrics with different structure, it means structure and sett. The target of the work is to express the influence of technology for the fabric structure.

Obsah :

1. Úvod	9
2. Teoretická část	10
2.1 Mechanické vlastnosti plošných textilií	10
2.2 Deformace tkanin	10
2.2.1 Rovinná a prostorová deformace	11
2.3 Modely deformace tkaniny	14
2.3.1 Pevnost a tažnost tkaniny	14
2.3.2 Směrová tažnost tkaniny	19
2.4 Funkce tkacího stavu	19
2.4.1 Vedení osnovy a tkaniny v tkací rovině	20
2.4.1.1 Křížové činky	20
2.4.1.2 Křížová valcha	20
2.4.1.3 Rozpínky	20
2.4.1.4 Prsník	21
2.4.2 Odtah tkaniny	21
2.4.2.1 Zbožový regulátor	21
2.4.3 Navíjení tkaniny	22
2.5 Silové působení při tkaní	22
2.6 Metody posuzování struktury tkaniny	26
2.6.1 Metody posuzující provázání nití ve tkanině – řezy	26
2.6.2 Modely posuzující provázání nití ve tkanině	28
2.6.3 Brierleyho teorie geometrie tkaniny	29
2.6.4 Matematický model pro vyjádření povázání nití s využitím Fourierovy řady	30
2.6.5 Metoda posuzující laserové záření	31
3. Metodika přímého zjišťování biaxiální deformace tkaniny pomocí obrazové analýzy NOVISCAM	32
4. Experimentální část	37
4.1 Použité přístroje pro experiment	37
4.1.1 Tkací stroj K 58	37

4.1.2	Přístroj pro měření pevnosti a tažnosti TIRA Test 2400	38
4.1.3	Posuvné digitální měřidlo	38
4.1.4	Elektronový mikroskop VEGA.....	38
4.2	Rozměrové změny	39
4.3	Měření pevnosti a tažnosti příze	46
4.3.1	Výsledky tahových zkoušek přízí.....	47
4.5	Vliv tahové síly na strukturu pomocí řezů.....	47
4.5.1	Vyjádření provázání nití plátnové vazby užitím Fourierovy řady.....	49
4.5.2	Vyhodnocení.....	51
4.6	Výpočet maximální čtvercové dostavy podle Brierleyho teorie	51
4.6.1	Vyhodnocení Brierleyho teorie.....	52
4.7	Vliv tahové síly na strukturu	53
4.7.1	Vyhodnocení podélných řezů	54
4.8	Vliv tahové síly na strukturu pomocí geometrických útvarů.....	54
4.8.1	Vyhodnocení.....	55
5.	Analýza výsledků	56
6.	Závěr	58
7.	Seznam obrázků :.....	60
8.	Seznam tabulek :.....	62
9.	Seznam grafů :	63
10.	Seznam zkratk :.....	64
11	.Použitá literatura :.....	65
	Přílohy	66

1. Úvod

Tkanina je plošná textilie vytvořená zpravidla ze dvou vzájemně kolmých soustav nití, osnovy a útku, navzájem provázaných vazbou tkaniny.

Konstrukce tkaniny je obvykle definována vazbou, materiálem, dostavou a jemností. Tyto údaje určují tzv. plošnou geometrii tkaniny, jedná se o údaje, které definuje desinatér, ale tkanina je jimi definována pouze zčásti.

Pro popis tkaniny je také důležitá prostorová geometrie tkaniny, která je ovlivněna typem a seřazením tkacího stroje.

Užité vlastnosti tkanin jsou ovlivněny nejen vlastnostmi nití, ze kterých jsou vyrobeny, ale také jejich vzájemnými interakcemi, které jsou dány způsobem jejich vzájemného provázání, který můžeme nazvat vnitřní strukturou tkaniny. Pro úspěšné projektování tkanin je tedy nutnou podmínkou znalost souvislostí mezi jejich vnitřní strukturou a výslednými vlastnostmi.

Základní modely, které umožňují obecně charakterizovat strukturu provázání tkanin, jsou modely vycházející z popisu geometrických poměrů ve tkanině. Nejlepším a nejčastějším východiskem k popisu a tvorbě modelů tkanin je plátňová vazba, kdy se pravidelně střídá osnovní a útkový vazný bod. Vytváří nejhustší a nejpravidelnější provázání a každou tkaninu jiné vazby k ní lze vztáhnout.

V průběhu tkaní dochází k biaxiální deformaci tkaniny. Jedná se o deformaci, která působí ve dvou směrech, tj. osnově a útku. Bezprostředně ovlivňuje strukturu tkaniny.

Cílem této práce je navrhnout postup pro zjišťování biaxiální deformace nití, které jsou zjišťovány z rozměrových změn tkaniny v průběhu tkacího procesu.

2. Teoretická část

2.1 Mechanické vlastnosti plošných textilií

Mechanické vlastnosti těles popisují jejich deformaci při působení vnějších mechanických sil. Působící síla vyvolává v tělese napětí a důsledkem je pak deformace tělesa tj. tvarové a rozměrové změny.

Odpor materiálu proti deformaci je charakterizovaný modulem, který je definovaný, jako poměr aplikovaného napětí ku vzniklé deformaci materiálu. Čím je tento modul vyšší, tím vyššího napětí je třeba k dosažení deformace. [1]

Mechanické vlastnosti tkaniny jsou ovlivněny mechanickými vlastnostmi přízí, ze kterých je tkanina vyrobena a také vlastní konstrukcí tkaniny (dostavou nití, vazbou...).

Při tvorbě vazného prvku mají útek i osnova vzájemně odlišné podmínky. Napětí útku po zatkání vznikne v důsledku zvlnění. Vznikají dvě napětí (tahové a ohybové). Tahové napětí vzniká v důsledku větší spotřeby útku ve zvlněném tvaru. Ohybové napětí v důsledku odporu útku proti ohýbání . Po sejmutí ze stavu působí ve tkanině pouze ohybové síly. [1]

2.2 Deformace tkanin

Deformace může být:

1. Tahová

Při jednoosém (uniaxiálním) zatížení

Při dvouosém (biaxiálním) zatížení

2. Ohybová

Působením ohybového momentu

Vzpěr (tlak přechází v ohyb)

3. Smyková (deformace tečným napětím)

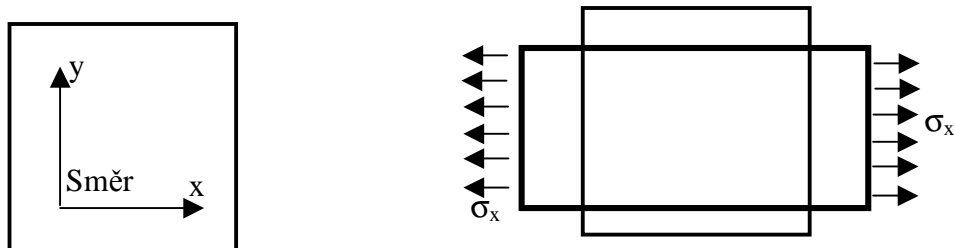
4. Příčné stlačení

Obecně se může jednat o deformaci:

- a) v polovině cyklu (do destrukce textilie)
- b) v celém cyklu (zatížení + odlehčení)
- c) ve více cyklech (hodnotí únavu textilie)

2.2.1 Rovinná a prostorová deformace

Vlivem silového působení může dojít k rovinné nebo prostorové deformaci textilie. I při jednoosém tahovém zatížení mění vzorek textilie o rozměrech A_x a A_y oba rozměry (Obr. 1, 2).



Obr. 1, 2 Rovinná deformace textilie

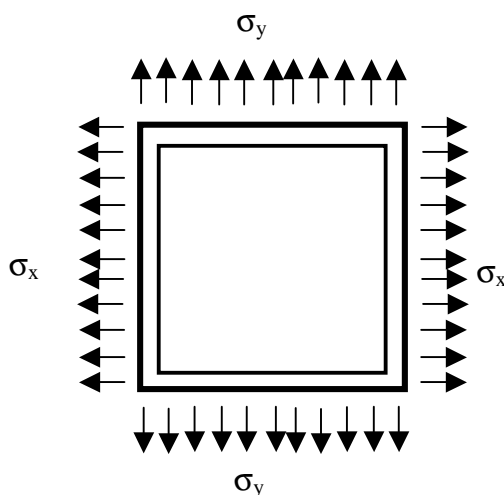
Pokud se rozměr A_x prodlouží působícím napětím o Δ_x , kolmý směr se zpravidla zkrátí o Δ_y . Relativní změnu rozměrů lze tedy definovat:

$$\epsilon_x = \frac{A_x + \Delta_x}{A_x} \quad \text{a} \quad \epsilon_y = \frac{A_y + \Delta_y}{A_y}$$

Tzv. Poissonův poměr příčné kontrakce je definován jako poměr záporného relativního prodloužení ve směru kolmém na zatížení ϵ_y k relativnímu prodloužení v zatíženém směru ϵ_x , tj.

$$\mu_{xy} = -\frac{\epsilon_y}{\epsilon_x}.$$

Biaxiálně deformovaná textilie je na obr. 3. Textilie jsou zatěžovány ve dvou směrech poměrně často. Zatížení v obou směrech se navzájem ovlivňuje.



Obr. 3 Biaxiální deformace textilie

Pro ocel platí zobecněný Hookeův zákon:

$$\epsilon_x = \frac{1}{E_x}(\sigma_x - \mu_{xy} \cdot \sigma_y) \quad \epsilon_y = \frac{1}{E_y}(\sigma_y - \mu_{yx} \cdot \sigma_x)$$

$\epsilon_{x,y}$ poměrné prodloužení ve směru osy x (y)

$E_{x,y}$ Yongův modul pružnosti ve směru osy x (y)

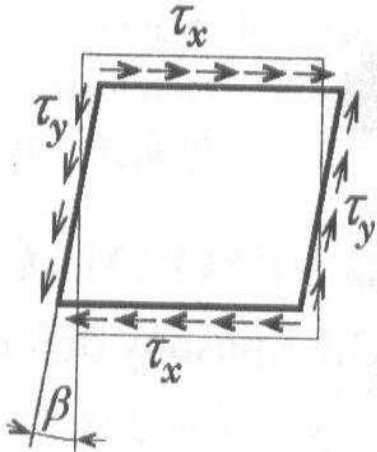
$\sigma_{x,y}$ napětí ve směru osy x (y)

μ Poissonův poměr

Textilie se mohou chovat jinak, než určuje předchozí vztah. Zvláštním případem biaxiálního namáhání je protahování textilie v jednom směru. V tomto případě je zachován původní rozměr. Jedná se o rozměr ve směru kolmém. [2]

K biaxiální deformaci také dochází v průběhu tkaní. Bezprostředně ovlivňuje strukturu tkaniny.

Při působení **smykového napětí** τ (obr. 4) se textilie deformuje především zkosením.



Obr. 4 Smyková deformace textilie

Zde můžeme použít variantu Hookova zákona pro smyk:

$$\beta = \tau/G$$

β posunutí

τ smykové napětí

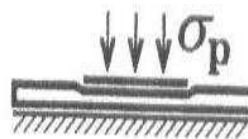
G modul pružnosti ve smyku

Odpor textilie, proti zkosení G nebude konstantou. Při větší smykové deformaci dojde ke zvlnění textilie, což znamená její prostorovou deformaci.

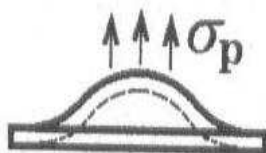
Na dalších obrázcích (obr. 5, 6, 7) je znázorněn ohyb textilie, příčné stlačení a vyboulení textilie.



Obr. 5 Ohyb textilie



Obr. 6 Příčné stlačení textilie

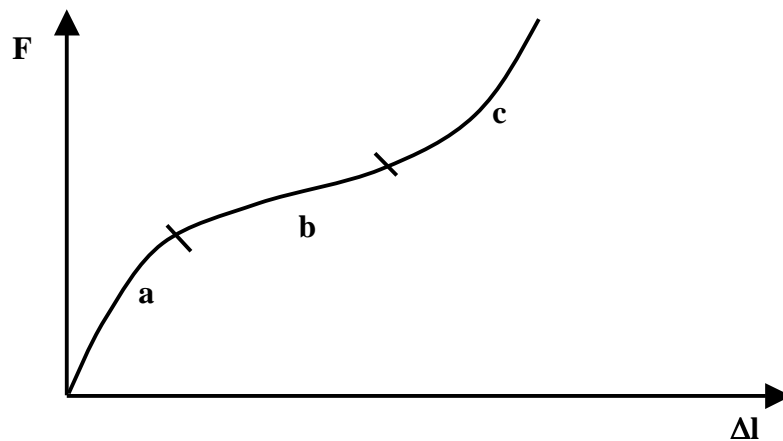


Obr. 7 Vyboulení textilie

2.3 Modely deformace tkaniny

2.3.1 Pevnost a tažnost tkaniny

Tahová křivka (obr. 8) má charakteristické tři sekce, které nejsou mezi sebou ostře ohraničeny, přechází jedna v druhou a mají u různých textilií různé relace. Sekce **a** je výsledkem mezivlákněných třecích sil a to jak ve vazných bodech textilie, tak i v nitích, které jsou napřimovány a u kterých se teprve v sekci **b** vyskytuje větší přírůstek prodloužení, protože nastává jejich vyrovnávání tvaru daného vazbou a v tomto silovém poli se tomuto stavu přizpůsobují nitě druhé soustavy (kolmého směru). Sekce **c** je nástup vlastní pevnosti nití namáhané soustavy a to až k její mezi pevnosti v tahu. [7]



Obr. 8 Tahová křivka plošné textilie

Pevností je síla, potřebná k porušení textilie jednotkové šířky. Pevnost při namáhání ve směru osnovy nebo útku závisí především na pevnosti odpovídajících nití na jejich hustotě – dostavě D_o , D_u . Nebude ale odpovídat pouhému součtu pevností nití, uložených ve směru namáhání, neobejdeme se bez určité korekce, popsané např. koeficientem využití pevnosti K_{vp} . Ten může být menší, ale i větší než 1.

K hlavním důvodům, které vedou k neúplnému využití pevnosti nití ve tkanině, patří:

- a) **Nestejnornost nitě** - pevností nitě F_N je myšlena pevnost průměrná, ve tkanině se ale může přetrhnout nejslabší místo – princip nejslabšího článku. Velký vliv na pevnost tkaniny má i tažnost nití a její nestejnornost. Budou-li některé nitě méně tažné, dojde k jejich destrukci dříve.
- b) **Způsob namáhání nitě** - při trhání plošné textilie je jiný, nežli při zjišťování pevnosti nitě.

c) **Nestejnoměrnost struktury tkaniny** - nitě s menším součinitelem provázanosti, tj. s menším setkáním, jsou relativně více protaženy a mohou se dříve přetrhnout. Nestejnoměrnost tkaniny může rovněž vést k nestejnoměrnému namáhání.

d) **Lokální koncentrace napětí** při experimentu, která se vyskytuje především v místě upnutí.

Důvodem, proč může být zdánlivě nelogicky koeficient využití pevnosti větší než 1, je možnost zpevnění příze zatkáním. Pevnost příze nevyužívá stoprocentně pevnost vláken, při přetrhu příze dojde k porušení jen určitého podílu vláken. Ve tkanině se zvětší počet a velikost třecích sil mezi vlákny a jejich pevnost může být využita lépe. Vztah pro výpočet pevnosti má podobu:

$$F_{p-o,u} = D_{o,u} \cdot F_N \cdot K_{vp}$$

$F_{p-o,u}$ pevnost příze osnovy (útku)

$D_{o,u}$ dostava osnovy (útku)

K_{vp} koeficient využití pevnosti

F_N pevnost nitě

Komplikovanější je stanovení pevnosti tehdy, když se na této vlastnosti podílí více soustav nití. Mohou to být nitě uložené v různých směrech, různě pevné a tažné nitě, nitě různě provázané apod. dříve se přetrhnou nitě méně tažné a nitě svírající se směrem deformace menší úhel. Tažnost je součástí struktury tkaniny, má tedy podstatný vliv i na pevnost textilie.

Při modelovém stanovení tažnosti tkaniny ve směru osnovy nebo útku budeme předpokládat, že délka nedeformované nitě ve vazném prvku je l_o nebo l_u a rozteč nití p_o nebo p_u a dále, že se nit může protáhnout o hodnotu ϵ_n (relativní tažnost). Dále předpokládejme, že se nit při napínání tkaniny ve směru osnovy (útku) může zcela napřímit. Je to předpoklad reálný, neboť při namáhání tkaniny na mez pevnosti deformace průřezu nití jejich napřímení zpravidla dovolí. Poslední předpoklad (protážení nití na mez tažnosti) už přesně

platit nemusí, je použit pro zjednodušení. Reálná tkanina s nitěmi, jejichž pevnost, tažnost, průměr apod. kolísá, bude mít tažnost při přetržení menší, neboť se díky nestejným zače začne trhat dříve, nežli se všechny nitě prodlouží až na mez své tažnosti.

Při respektování uvedených předpokladů se vazební prvek prodlouží z hodnoty p_u na $l_o \cdot (1 + \epsilon_n)$ pro napínání ve směru osnovy a z hodnoty p_o na $l_u \cdot (1 + \epsilon_n)$ pro deformaci ve směru útku.

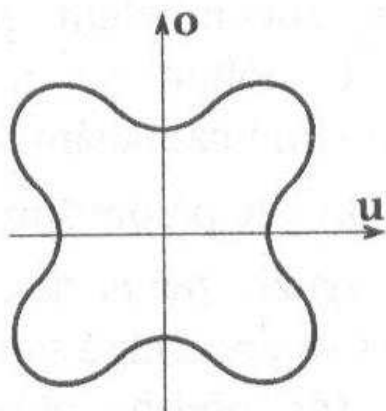
Pro stanovení tažnosti tkaniny tak získáme vztahy:

$$\epsilon_o = \frac{l_o \cdot (1 + \epsilon_n) - p_u}{p_u} = l_o \cdot (1 + \epsilon_n) \cdot D_u - 1$$

$$\epsilon_u = \frac{l_u \cdot (1 + \epsilon_n) - p_o}{p_o} = l_u \cdot (1 + \epsilon_n) \cdot D_o - 1$$

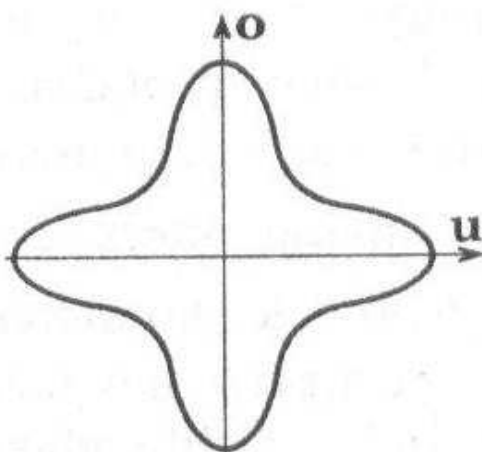
Je vhodné si uvědomit, že za tažnost zpravidla považujeme relativní prodloužení v okamžiku prvního porušení struktury, i když dosud neporušené součásti textilie mohou po další deformaci přenášet ještě třeba i několikrát větší napětí.

Polární diagram tažnosti, počátečního modulu deformace a pevnosti popisuje anizotropii těchto vlastností tj. jejich závislost na směru. Tažnost dvouosé tkaniny ve směru osnovy nebo útku bývá podstatně menší, nežli tažnost diagonální, při které dochází ke zkosení tkaniny (je namáhána i smykovým napětím, které změní úhel mezi osnovními a útkovými nitěmi). Polární diagram má v tomto případě podobu čtyřlístku (obr. 9)



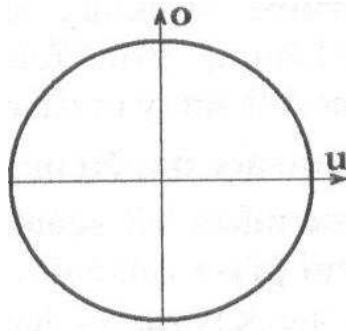
Obr. 9 Polární diagram tažnosti

Naopak modul počáteční deformace bude pro směr osnovy a útku větší, než pro směry ostatní (obr. 10).



Obr. 10 Modul počáteční deformace tkaniny

Stanovení pevnosti tkaniny je komplikovanější. Může být přibližně izotropní (obr. 11).



Obr. 11 Polární diagram izotropní tkaniny

2.3.2 Směrová tažnost tkaniny

Tažnost odpovídá poměrnému prodloužení v okamžiku porušení textilie. U ideální tkaniny, která má pro oba hlavní směry (osnovu a útek) stejné a konstantní parametry (materiál, dostavu apod.) se přetrhnou jenom nitě jedné soustavy. Ty budou mít také rozhodující vliv na tažnost tkaniny. [2]

2.4 Funkce tkacího stavu

Osnova je navinuta na osnovním válu, ze kterého se odvíjí a postupuje přes svůrkový váleček do tkací roviny. Tkací rovina je plocha mezi svůrkovým válečkem a prsníkem. Za tkacími listy jsou osnovní niti navedeny po dvou do zubů mezi jednotlivými třtinami paprsku. Zanašeč zanáší útek do prošlupu, který se odvíjí z křížové cívky. Po přirazu každého zaneseného útku paprskem je tkanina odtahovým válcem posunuta o dráhu, která se rovná vzdálenosti mezi dvěma útky a také osnovní vál a navíjecí válec se o tento díl obvodu pootočí. Po přirazu se útek v tkanině zvlíní, a proto je uvolněná tkanina užší než šířka osnovy navedené v paprsku. Aby se krajové osnovní niti netrhaly, musí být tkanina při tkaní trvale rozpínána rozpínkami.

2.4.1 Vedení osnovy a tkaniny v tkací rovině

2.4.1.1 Křížové činky

Aby se při šlichtování splepené osnovní nitě rozdělily, vkládají se do osnovy v prostoru mezi svůrkou a tkacími listy, dělicí tyče, zvané křížové činky.

2.4.1.2 Křížová valcha

Valchováním při tkaní se rozumí vytváření rozdílného napětí v horní a v dolní části prošlupu.

- I. Při otevřeném prošlupu jsou vždy tyče v ose prošlupu, takže tah obou částí prošlupu je stejný.
- II. Před následujícím přírazem útku paprskem se valcha pootočí, jedna část prošlupu se tím napne a druhá, dolní zůstává uvolněna.
- III. Při dalším otevření prošlupu se valcha opět vyrovná.
- IV. Před druhým přírazem útku paprskem se valcha pootočí v opačném směru, a tím se uvolní opačná část prošlupu než ta, která byla volná při předchozím přírazu.

Tento cyklus se stále opakuje. Útek je střídavě vytlačován do jiné části prošlupu, a tím se dosáhne zvýšení hustoty tkaniny.

2.4.1.3 Rozpínky

Při formování tkaniny se útek prohýbá kolem osnovních nití, a tím tkaninu stahuje. Zúžení je větší při méně průtažném a více napnutém útku nebo při tkaní s vyšším napětím osnovy.

Zúžení tkaniny ve srovnání se šířkou návodu osnovy do paprsku velmi namáhá třením osnovní nitě na obou krajích, proto tady často dochází k přetrhům. Úkolem rozpínek je držet tkaninu ve směru šířky napnutou tak, aby při přírazu paprsku krajové osnovní nitě nevybočovaly ze svého přímého směru.

2.4.1.4 Prsník

Od rozpínek přechází tkanina na prsník, který má dvě funkce. Udržuje tkaninu rozepjatou, aby odlehčil rozpínky a aby se na tkanině netvořily záložky, dále pak převádí tkaninu na odtahové zařízení.

2.4.2 Odtah tkaniny

Zařízení pro odtah tkaniny se skládá ze tří mechanismů: z odtahového (drsného) válce, ze zbožového regulátoru a navíjecího zařízení.

Hlavní podmínky pro odtah tkaniny:

1. Tkanina se nesmí poškodit, proto musí mít odtahový válec vhodný potah.
2. Tkanina nesmí na odtahovém válci prokluzovat, aby byla zachována přesnost hustoty útků.
3. Odebíráním tkaniny za chodu se usnadní obsluha a vymezí časové ztráty. Tkanina nesmí povolit zpět, když se při odřezávání návínu uvolní na navíjecím zařízení. [3]

2.4.2.1 Zbožový regulátor

Na tkacích strojích se dnes používají nejvíce zbožové regulátory pozitivní, které pravidelně ve stejných úsecích odtahují tkaninu. Útky jsou tedy pravidelně rozloženy, leží ve stejné vzájemné vzdálenosti.

➤ Zbožové regulátory pozitivní

Ústrojí zbožového regulátoru lze rozdělit na dva funkční celky, pohon a převodové ústrojí. Pohon zbožového regulátoru může být buď přetržitý, nebo nepřetržitý (kontinuální).

➤ *Zbožové regulátory negativní*

Pro nestejně silné útky se používal regulátor negativní, který odtahuje tkaninu podle průměru zatkaného útku.

2.4.3 Navíjení tkaniny

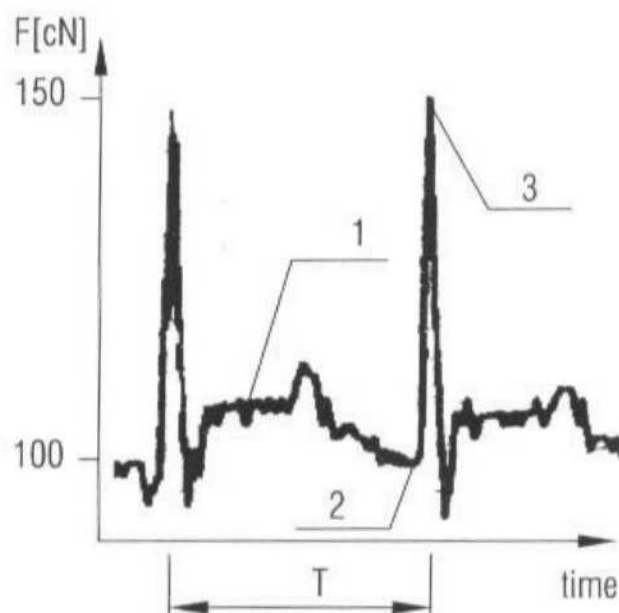
Navíjecí zařízení tkacích stavů se dělí do tří skupin:

1. Přímé navíjení
2. Nepřímé navíjení
3. Navíjení valivé

2.5 Silové působení při tkaní

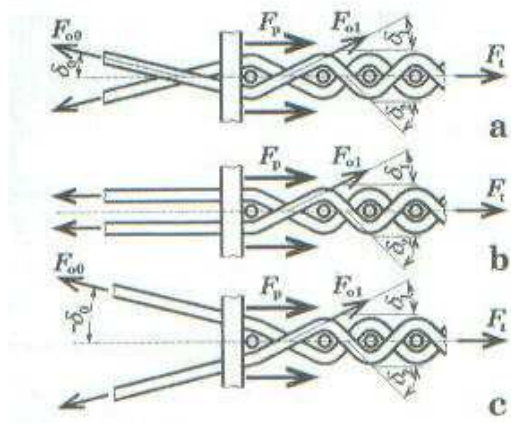
Nejdůležitější síly, které ovlivňují strukturu tkaniny jsou:

- Tahová síla v osnovních nitech (obr. 12), určována především odvíjením z osnovního válu (osnovní brzdou nebo regulátorem a osnovní svůrkou).
- Přírazová síla paprsku F_p , která v okamžiku největšího namáhání nítí (přírazu), je v rovnováze především s tahovou silou osnovy a souvisí s tkacím odporem $R = F_p$.
- Tkací odpor, tj. síla potřebná k posunutí přiraženého útku k okraji tkaniny, při níž se projevuje vzájemná interakce osnovních a útkových nítí.
- Napětí tkaniny, které je zajišťováno ve směru osnovy odtahovacím zbožovým válcem, ve směru útku rozpínkami.



Obr. 12 Obecné vyjádření změn osnovního napětí při tkaní

Silový rozbor na čele tkaniny (tj. v blízkosti posledního zatkávaného útku) je na obr. 13. Poslední útek je přirážen paprskem silou F_p , která je v rovnováze především se součtem tahových sil osnovních nití F_o . Méně významnou silou je v okamžiku přírazu tah tkaniny F_t . V době, kdy útek není přirážen, platí: $F_o = F$. Tímto je stručně popsána vnější rovnováha na čele tkaniny.



Obr. 13 Síly na čele tkaniny

Na předchozím obrázku jsou uvedeny tři varianty prošlupu v okamžiku přírazu:

- a) Příraz při již se otevírajícím novém prošlupu může při malém součiniteli usnadnit přisouvání útku k čelu tkaniny, při velkém přírazu je naopak nevýhodná, protože úhly opásání jsou větší.
- b) Je příraz při uzavřeném prošlupu
- c) Příraz při ještě otevřeném starém prošlupu.

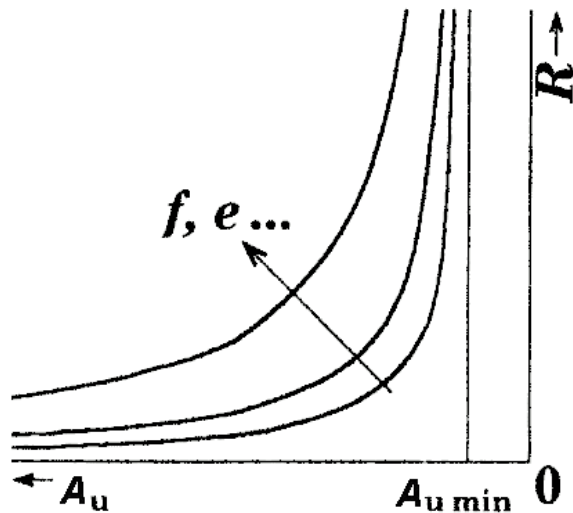
Z pohledu vnitřní rovnováhy lze tkací odpor stanovit jinak. Vzhledem ke kontaktu útku s mnoha osnovními nitěmi může být tkací odpor značně veliký. V rovnováze může být jen s tahem osnovních nití a stává se, že se přiblíží jejich pevnosti.

Tkací odpor vzniká především:

- a) Třením přiraženého útku o osnovní nitě. Útek i osnova se deformují, na tkací odpor mají vliv deformační vlastnosti nitě. Třecí odpor působí proti směru přírazu.
- b) Vzájemným radiálním tlakem dotýkajících se osnovních a útkových nití. Výslednice tlaku může mít různý směr.

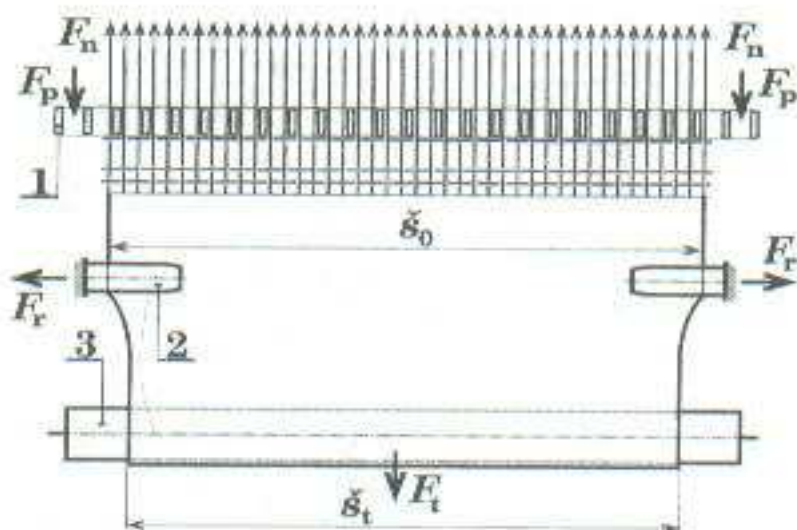
Tzv. **setkatelnost**, tj. vyrobit tkaninu určité maximální dostavy (hustoty), je dána vztahem mezi tkacím odporem R a tahovou silou osnovních nití. Větší tkací odpor vyžaduje více napnuté osnovní nitě a může vést ke zvětšování počtu přetrhů při tkaní. Tkací odpor roste s dostavou útku nelineárně, zhruba jak je znázorněno na obr. 14.

V oblasti kolem limitní dostavy útkových nití (tj. minimálně možné hodnoty rozteče útků $p_{u \min}$) je přírůstek odporu veliký. Závislost zde má cosi jako svislou asymptotu. Pro různé hodnoty součinitele tření, zvlnění nití apod. existují různé, ale charakterem si podobné závislosti. [2]



Obr. 14 Vliv rozteče útku na tkací odpor

Další silou, která zvětšuje namáhání nití na čele tkaniny, je napětí útkových nití. Pro bezproblémové tkaní je třeba zajistit šířku čela tkaniny \check{s}_o tak, aby odpovídala paprskové šíři (roztečím třtin paprsku 1), obr. 15. Jinak by docházelo k odírání krajních nití. Tkanina má ale snahu se zprohýbáním útkových nití v příčném směru srážet na hodnotu \check{s}_t , úkolem rozpínek 2 je jí v tom zabránit působením síly F_r . Vztah mezi parametry \check{s}_o a \check{s}_t odpovídá tzv. setkání tkaniny ve směru útků. Tkanina je odváděna odtahovým válcem 3 silou F_t .



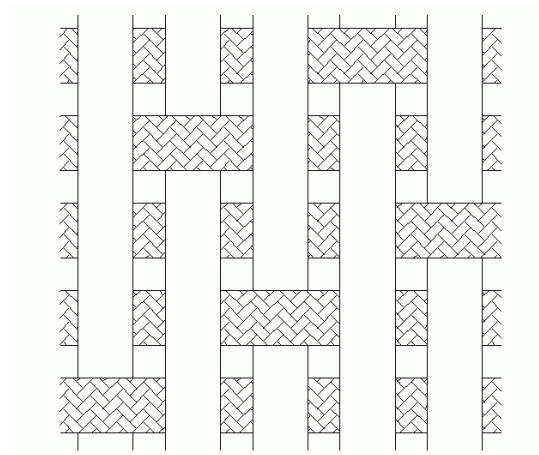
Obr. 15 Síly působící na tkaninu

2.6 Metody posuzování struktury tkaniny

2.6.1 Metody posuzující provázání nití ve tkanině – řezy

Tkaninu jako plošný textilní útvar lze definovat jak u hlediska plošné tak i z hlediska prostorové geometrie.

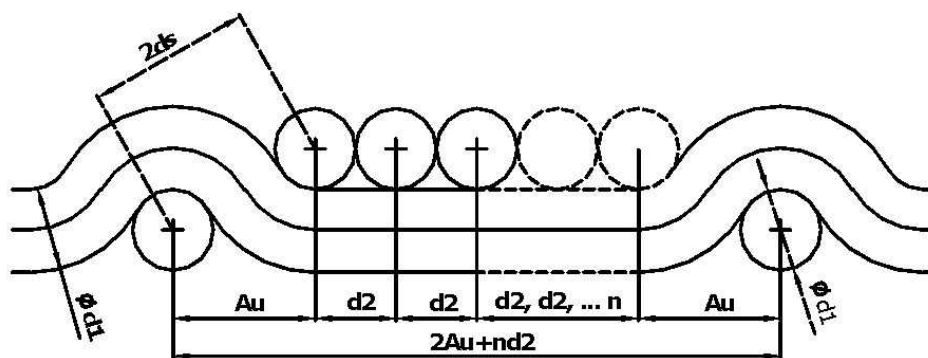
Základem studia plošné struktury, geometrie tkaniny je tzv. vazná buňka (střída vazby). Výchozí představa plošné geometrie je v podstatě model tkaniny, v němž jsou všechny vazné body v jedné rovině. Ve skutečné tkanině při provázání dochází k vychýlení vazných bodů nad lícni a rubovou rovinu tkaniny. Plošnou geometrií je tkanina definována pouze částečně. Tyto údaje umožňují pouze srovnání jednotlivých tkanin z několika hledisek, a to: polohy a počtu osnovních a útkových vazných bodů na lícni straně tkaniny, hustoty tkaniny, plnosti atd. (obr. 16). Nejdůležitějším údajem pro plošnou geometrii je vazba (její velikost) a dostava.



Obr. 16 Plošné zobrazení provázání nití ve tkanině

Podrobnější údaje o vystupování vazných bodů z tkaniny poskytuje prostorová geometrie. Jedním ze základních parametrů prostorové geometrie je popis uspořádání nití ve tkanině z hlediska vazné vlny a průřezů nití pod vaznou vlnou. V prostorové geometrii rozlišujeme dva typy řezů: podélné (obr.17) a příčné.

Prostorová geometrie je ovlivněna tkacím procesem (tkacím strojem a seřízením tkacího stroje).



Obr. 17 Teoretické zobrazení podélného řezu tkaninou

2.6.2 Modely posuzující provázání nití ve tkanině

Vyjádřit tvar vazné vlny ve tkanině a tím určit vzájemné postavení osnovních nití vůči útkovým a obráceně, lze provést v podélném řezu a v příčném řezu.

Pro vyjádření tvaru vazní vlny byla vytvořena celá řada teorií, které se snažily nalézt vhodný model. Používané modely se vztahovaly pouze na plátňovou vazbu. Neplátňové provázání by teoreticky mělo vycházet z navržených modelů, ale zkoumáním se zjistilo, že skutečný tvar vazné vlny je jiný.

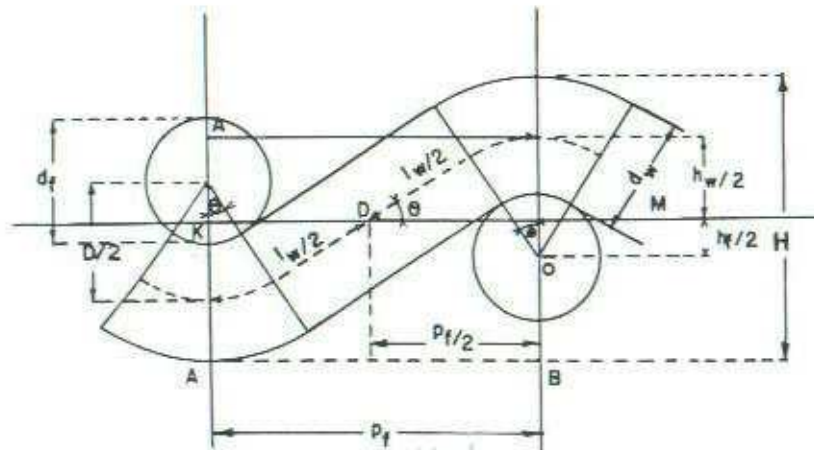
Mezi nejpoužívanější modely patří:

- *Peirceův model* – model se skládá ze dvou částí: přímého a kruhového oblouku. Tyto části nám definují tvar vazné vlny. Peirce vycházel z předpokladu, že nitě jsou kruhového průřezu.
- *Olofssonův model* – Olofsson dovedl vlnu provázání ve tvaru tzv. „elastiky“. Jedná se o ohybovou čáru vetknutého nosníku, který je zatížen osamělou výslednicí osových a normálových sil na hranici vazného bodu. Nevýhodou tohoto modelu je, že se získávají příliš obtížné rovnice s eliptickými integrály, které lze řešit pouze pomocí tabulek, nebo počítače.
- *Hyperbolický model* - model popisuje vaznou vlnu rovnoosou hyperbolou, která je definována na určitém intervalu. Interval vychází z jednoho zakřivení osnovy s útkem v plátňové vazbě.

Vyjádření vazné vlny se liší od Olofssonova modelu v hodnotě na druhém až třetím desetinném místě. Výhodou hyperbolického tvaru vazné vlny je možnost zvolit oblast hyperbolické čáry ve vrcholu tak, aby odpovídala se skutečným zvlněním nitě.

Při matematickém vyjádření těchto tří modelů bylo zjištěno, že teoretický model neodpovídá skutečnosti. Tyto modely se vztahují pouze na plátňovou vazbu.

U Peirceova modelu (obr.18) bylo prokázáno, že výpočtový úhel provázání se v některých případech výrazně odlišuje od skutečnosti, proto se do modelu zavádí korekční veličina. Touto veličinou je koeficient poloměru křivosti oblouku vazné vlny.



Obr. 18 Peirceův model vazné vlny

2.6.3 Brierleyho teorie geometrie tkaniny

Většina teorií o geometrii tkaniny vyhledává možnost přepočítání jedné kombinace dostav a jemnosti osnovy a útku ve tkanině na jinou kombinaci tak, aby bylo zachováno určité zaplnění tkaniny. Kritériem při porovnání tkanin jsou jejich užité vlastnosti (zaplnění tkaniny, hmotnost tkaniny).

Z hlediska tkacího procesu je důležitější porovnání tkanin podle tzv. tkacího odporu.

Brierleyho teorie je poměrně jednoduchá a většinou vystihuje skutečnost s přesností přijatelnou pro praxi. Lze jí vytknout zjednodušení, které předpokládá vytlačení vzduchových mezer v dotykových bodech obou soustav nití. Závažnějším nedostatkem je předpoklad, že dotykové body obou soustav nití leží v jedné "osové" rovině tkaniny. Tohoto předpokladu se v praxi dosahuje obtížně, je ovlivněn tkacím procesem a ohybovou tuhostí obou soustav nití. Zahrnutím obou soustav korekcí do teorie struktury je možné, ale nutné pouze ve speciálních případech. [3]

2.6.4 Matematický model pro vyjádření povázání nití s využitím Fourierovy řady

Jedná se o popis vazné vlny Fourierovou řadou harmonických funkcí s určitým spektrem amplitud a posuvů jednotlivých harmonických složek. Toto spektrum je dáno vazbou tkaniny, její střídou a reálným tvarem přechodových křivek.

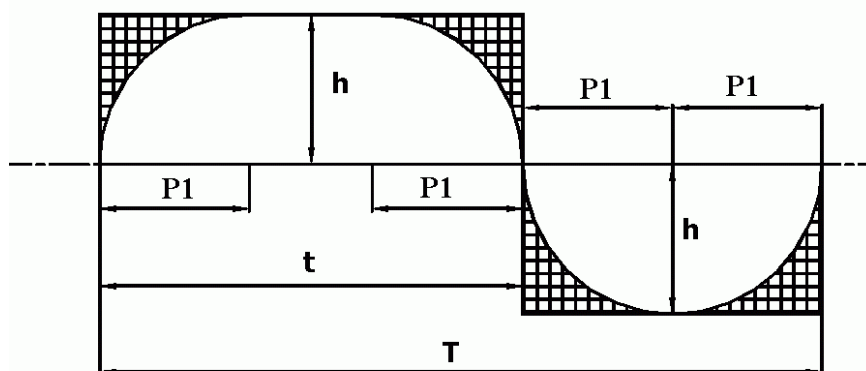
Matematický model vychází jak z plošné textilie, která udává rozložení vazných bodů v ploše a tím určuje velikost střídy, tak i z prostorové geometrie, z které zahrnuje přechody jednotlivých vazných bodů z lícní na rubovou stranu.

Z toho plyne, že model popisu střednice vazné vlny v provázání obecně se skládá z:

Obdelníkového tvaru – vyjádření tzv. plošného zakreslení vazby (vzornice) (obr.19). Jedná se o dva obdelné úseky v dílčích intervalech t a $T-t$.

Přechodového tvaru – zjištěné reálně z řezu tkaniny, nebo teoreticky (obr.19) nahrazené známou funkcí popisující příslušný přechod pro možné srovnání řezu vazných vln. Přechodové části jsou definované na dílčích intervalech P_1 .

[4]

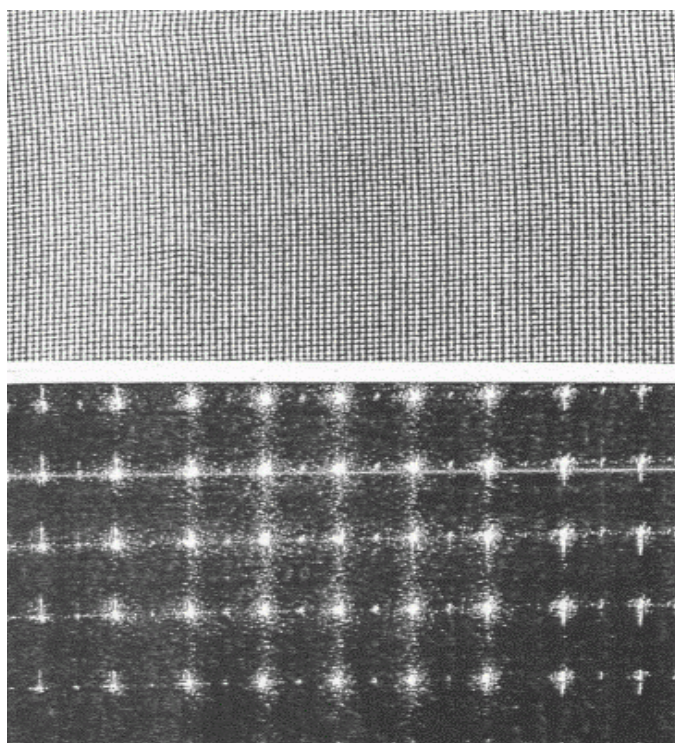


Obr. 19 Obecné zobrazení popisu provázání

2.6.5 Metoda posuzující laserové záření

K určování geometrické struktury se nejčastěji používají přímé optické metody (lupa, mikroskop). Vzhledem k velkému počtu vláken ve struktuře textilií je výhodné v některých případech použít i nepřímých optických metod, jako jsou rozptylové metody. Jejich zvláštním případem je metoda difrakční (laserová).

Využití difrakčních laserových metod při sledování struktury tkaniny není příliš běžné. Používají se hlavně tam, kde jiné metody nepřinášejí požadované výsledky.



Obr. 20 Tkanina s plátňovou vazbou spolu s jejím difraktogramem

3. Metodika přímého zjišťování biaxiální deformace tkaniny pomocí obrazové analýzy NOVISCAM

- Kamera se umístí na stativ (nosník a stojan kamery).
- Snímací zařízení (řádková kamera a přenosná digitální kamera) snímá danou plochu.
- Zařízení (počítač) zpracovává obraz z kamery on-line nebo off line.
- Obraz je vyhodnocen na základě barevného odstínu nebo jasů.

Zařízení využívá principů:

- zpracování signálu a jeho transformace do barevného prostoru - kalorimetrie
- fraktálové geometrie
- statistiky

Princip statistiky je popsán níže.

Na základě vyhodnocení dat je možné doporučit nejvhodnější způsob nasazení systému pro kontrolu přímo ve výrobním procesu.

Pro statistické vyhodnocení byl vytvořen software, který umožňuje prohlížení plošného útvaru, zobrazení tolerančních polí nestejnoměrnosti, sejmutí jednotlivých snímků a jejich analýzu.

V zobrazovací liště programu pro měření nestejnoměrnosti se můžou zvolit požadované údaje:

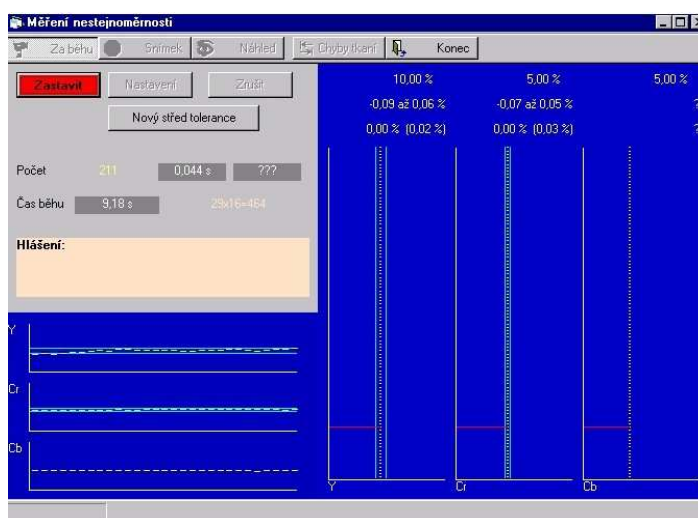
Za běhu	Snímek	Náhled	Identifikace vad	Konec
----------------	---------------	---------------	-------------------------	--------------

Náhled – zobrazíme snímanou plošnou textílii, tak jak ji vidí kamera (obr. 21).



Obr. 21 Příklad obrazových informací funkce „náhled“

Za běhu – umožňuje nastavit a zobrazit toleranční meze nestejnomyernosti (obr. 22).



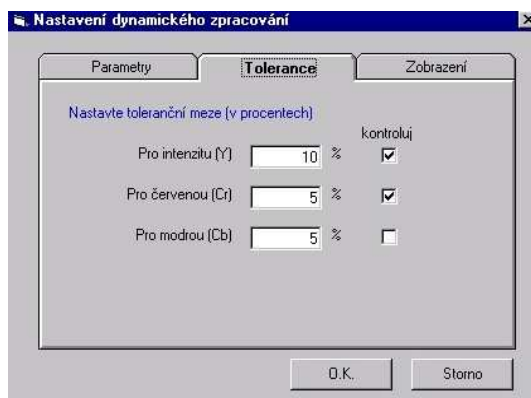
Obr. 22 Příklad zobrazení tolerancí Y,Cr,Cb nestejnomyernosti „za běhu“

Může být nastavena perioda snímání, rychlost posuvu pásu, počet svislých i vodorovných pruhů, např. perioda snímání 80; rychlost posuvu pásu 1,5; počet svislých pruhů 29; počet vodorovných pruhů 16), obr. 23.



Obr. 23 Příklad nastavení parametrů snímání

Dále můžeme nastavit tolerance pro intenzitu (**Y**) např. 10 %, pro červenou (**Cr**) např. 5% a pro modrou (**Cb**) rovněž 5 %, (obr. 24).

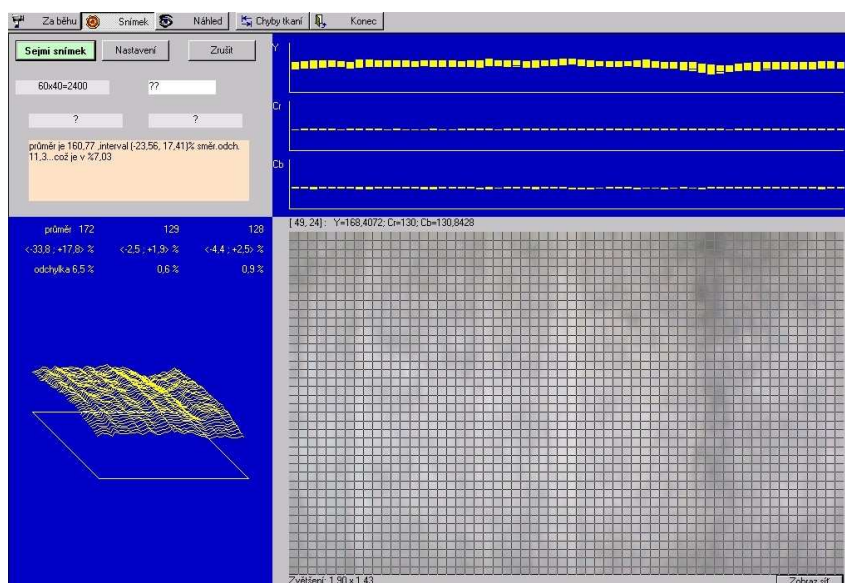


Obr. 24 Příklad nastavení tolerančních polí

Program umožňuje zobrazit počet vyhodnocených snímků, čas běhu, vypíše průměrnou hodnotu jasové složky, interval (toleranční meze), směrodatnou odchylku, směrodatnou odchylku vyjádřenou v %. Tento program se spouští příkazem **jedeme**.

Snímek – příkazem sejmí snímek se sejme zvolený obraz plošné textilie, obr. 25. Tato funkce nám umožňuje:

1. Na sejmutý obraz textilie promítnou síť složenou z celkového počtu **N x M** buněk (cel) (obr. 65), v našem případě jsme použili síť 20 x 30 buněk a 40 x 60 buněk. Počet buněk je volitelný.
2. Ve všech buňkách se určí hodnota jasu (**Y**) a hodnota dvou barevných složek (**Cr** a **Cb**), (obr. 65), tzn. Že v každé buňce sítě přečteme 3 hodnoty – **Y,Cr, Cb**.
3. Pomocí standardní statistické analýzy je zobrazena průměrná hodnota (**Y,Cr,Cb**) a její tolerance, směrodatná odchylka a variační koeficient. (obr. 25).



Obr. 25 Příklad obrazových informací funkce „snímek“

Variační koeficient charakterizuje celkovou variabilitu zkoumané plošné textilie. Tímto postupem lze zjišťovat nestejnomyšnost mezi zvolenými plochami i mezi jednotlivými snímky. V systému on-line, lze tímto způsobem sledovat vývoj změn v průběhu technologického procesu.

Nastavením tolerančního pásma lze zaznamenat změnu, která nastavené pásmo překročí a lze zjistit i příčinu překročení nestejnomyšnosti. Například očekává-li se nestejnomyšnost vlákenné vrstvy 3 %, je nastaveno toleranční pásmo na hodnotu 3 % (**Y,Cr i Cb**). Při překročení této tolerance se na monitoru objeví hlášení. V tomto případě je možnost si snímek prohlédnout a zjistit příčinu nestejnomyšnosti, nebo je možnost toleranční pole přestavit na nové hodnoty (obr. 25).

4. Experimentální část

Cílem experimentální části je navrhnout postup pro zjišťování biaxiální deformace nití (útkových, osnovních) z rozměrových změn tkaniny v průběhu tkacího procesu, a tak zjistit vliv technologie tkaní na strukturu tkaniny.

Na výrobu tkaniny byly použity osnovní a útkové nitě:

- Materiál - bavlna (CO) v režném stavu
- Měrná hmotnost vláken $\rho = 1,52 \cdot 10^3 [\text{kg/m}^3]$
- Osnova - šlichtovaná
- Jemnost osnovy 20 tex
- Jemnost útku 20 tex
- Dostava osnovy 280 nití/10 cm
- Dostava útku - 140 nití/ 10 cm
 - 200 nití/10 cm
 - 220 nití/10cm.

Dostava útku na tkacím stroji byla nastavena s pomocí výměnných ozubených kol. Požadovanou hodnotu dostavy měla tkanina v režném stavu na tkacím stavu.

4.1 Použité přístroje pro experiment

4.1.1 Tkací stroj K 58

Vzorky byly utkány v tkalcovské laboratoři FT TU v Liberci na automatickém tkacím stavu K 58.

- Automatický stav K 58 je bezkorunový člunkový automat se samočinnou výměnou útkových cívek.
- Prohoz člunku je zajištěn babkou, která je poháněna od hlavního hřídele.
- Tkací rovina je vodorovná a tkanina je v šíři držena krajovými, kroužkovými rozpínkami.
- Prošlupní ústrojí je listové, typu RBH pro tkaní se 14-ti listy.

- Maximální otáčky stavu jsou 200 - 355 otáček za minutu.
- Maximální otáčky naměřené na tomto stavu jsou 180 otáček za minutu.
- Brdová šířka stavu je 135 cm a výsledná neupravená tkanina má šíři 96 cm.
- Půdorysné rozměry stroje jsou 300 x 170 cm.
- Osnovní regulátor je negativní, jeho pohyb ovlivňuje průměr osnovy a její napětí se reguluje pomocí rohatky se západkou.
- Osnovní svůrka je pohyblivá, odpružená.
- Zbožový regulátor je pozitivní .

4.1.2 Příklad pro měření pevnosti a tažnosti TIRA Test 2400

K měření tahových zkoušek byl použit přístroj TIRA Test 2400. Příklad se skládá ze dvou částí ovládací skříně a zatěžovacího zařízení. Při měření je důležité zvolit vhodné parametry upínací čelisti (horní, dolní), pro požadovanou zkoušku. Nad horní čelistí je umístěn tenzometr, který slouží jako čidlo síly a délky zkoušeného vzorku. Tenzometr je upnut s příčnickem, který je na levé straně přístroje. Také je spojen s ovládací skříní. Příklad je dále vybaven počítačem s nainstalovaným programem (Lab Test) k zapsání a vyhodnocení křivek.

4.1.3 Posuvné digitální měřidlo

Slouží pro měření délek a hloubek. Skládá se z pevné a posuvné čelisti, hloubkoměru a digitálního snímače polohy. Displej se skládá ze dvou stupnic. Jedna je v mm a druhá v inchích. Přesnost tohoto měřidla je 0,01mm.

4.1.4 Elektronový mikroskop VEGA

VEGA je plně počítačem řízený rastrovací elektronový mikroskop. Je určen k pozorování povrchů při velkém zvětšení s velkou hloubkou ostrosti, k zaznamenávání a archivování zvětšených obrazů v standardním obrazovém formátu na počítačová záznamová média.

Pracovní podmínky

Teplota okolí: 15 až 30 °C

Vibrace: max 1 μm (při 5 Hz)

Relativní vlhkost : 40 - 80 %

Tlak vzduchu: 86 - 106 kPa

Stupeň znečištění: 2

Vnější magnetické pole: max $3 \cdot 10^{-7}$ T

Popis systému

Rastrovací elektronový mikroskop VEGA se skládá ze čtyř základních částí:

- Fyzikální část
- Elektronika
- Počítač
- Software

4.2 Rozměrové změny

Pro sledování rozměrových změn byly použity tyto vazby:

Plátno

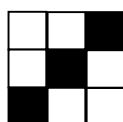
Plátnová vazba je nejjednodušší a nejhustěji provazující vazba ve tkalcovství. Střídu vazby tvoří dvě nitě osnovní a dvě nitě útkové. Vazba je oboustranná. Na každé niti se střídá pravidelně osnovní a útkový vazný bod.



Obr. 26 Střída plátnové vazby

Kepr

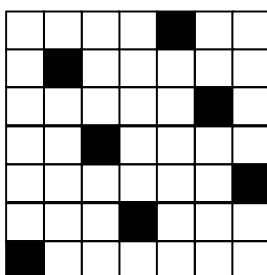
Charakteristickým znakem keprové vazby je šikmé řádkování levého nebo pravého směru. V našem případě pravého. Jedná se o základní kepr, a to kepr třívazný. V keprovém řádku se vazné body dotýkají rohem.



Obr. 27 Střída keprové vazby

Atlas

Atlasová vazba tvoří na tkanině hladký povrch s nevýrazným jemným šikmým řádkováním různého sklonu. Je to vazba, jejíž vazné body se nesmějí vzájemně dotýkat. Byl použit útkový atlas sedmivazný.

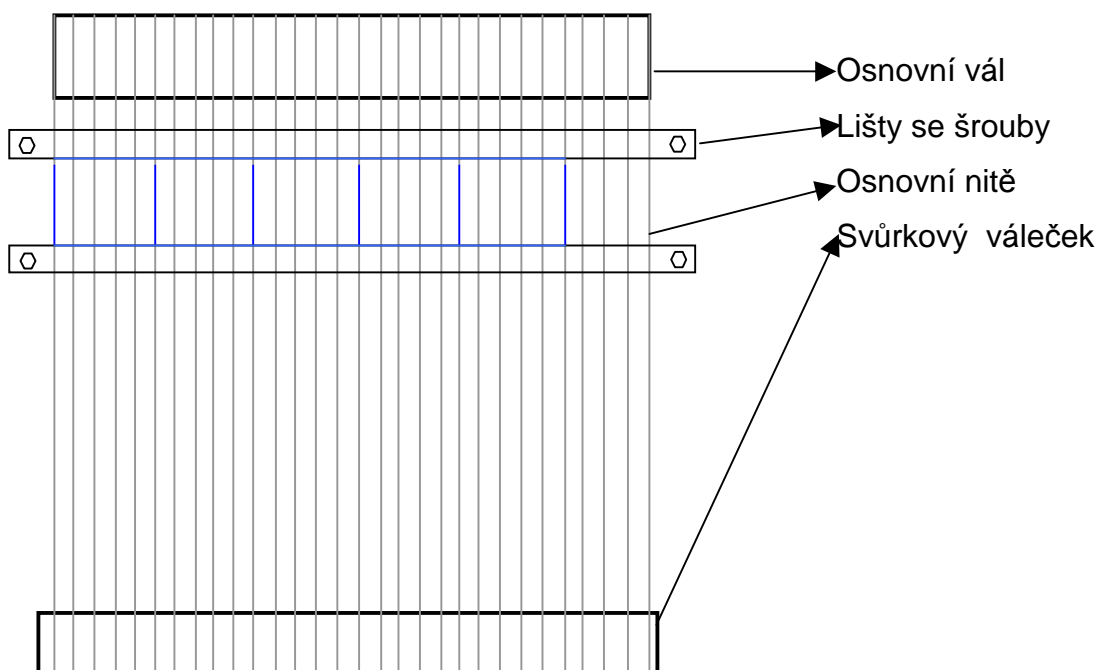


Obr. 28 Střída atlasové vazby

Celý postup sledování a hodnocení projevu rozměrových změn lze shrnout do následujících bodů:

1. Označení osnovních nití

Značení nití bylo prováděno přímo na tkacím stavu, a to mezi osnovním válečkem a svůrkovým válečkem. Šíře osnovy byla rozdělena na úseky, které byly od sebe vzdáleny 10 cm. Každý úsek měl rozměr 10 x 10 cm. Obrys byl vytvořen pomocí šablony a nakreslen lihovou fixou. Toto značení se opakovalo pro každou vazbu a dostavu.



Obr. 29 Schéma značení osnovních nití

2. Měření rozměrových změn tkaniny

Pro měření rozměrových změn bylo použito digitální posuvné měřidlo, které je blíže popsáno v kapitole 4.1.3.

Za předpokladu, že chování osnovy bude v obou polovinách její šíře podobné, bylo měření provedeno pouze na jedné polovině tkaniny.

Při proměřování 5-ti vzorků ve směru osnovy a útku každého třikrát byly získány hodnoty, které jsou zaneseny do tabulek a uvedeny v příloze 1.

Měření bylo prováděno přímo na stavu a po vyjmutí tkaniny ze stavu na vazbách a dostavách, které jsou popsány v kapitolách 4.2 a 4. Dále bylo porovnáno s klasickou metodou setkání, která je počítána dle následujících vzorců:

$$s_o = \frac{L_o - L_{tk}}{L_{tk}} \cdot 100$$

$$s_u = \frac{L_u - B_{tk}}{B_{tk}} \cdot 100$$

s_o setkání osnovy [%]

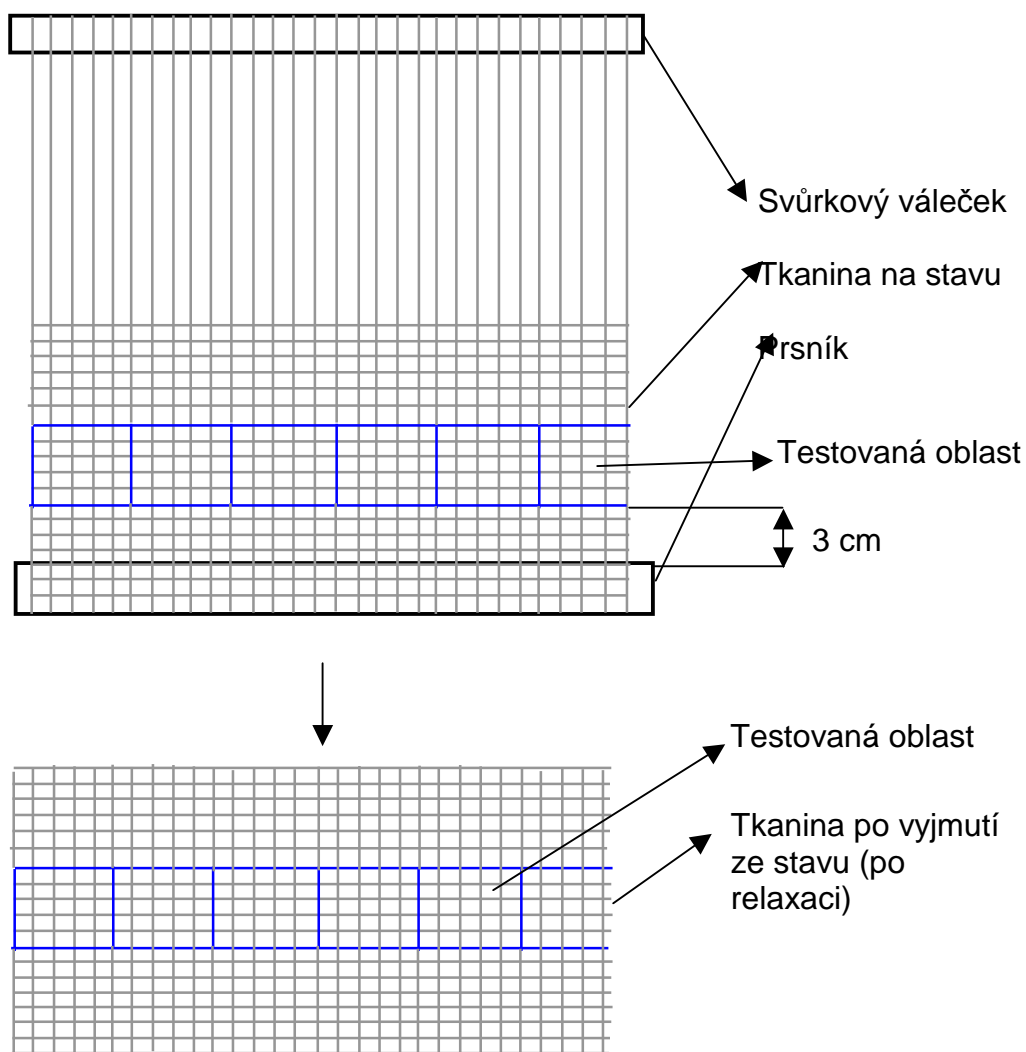
L_odélka osnovy [mm]

L_{tk} tkaniny délka [mm]

s_usetkání útku [%]

L_udélka útku [mm]

B_{tk}šíře tkaniny [mm]

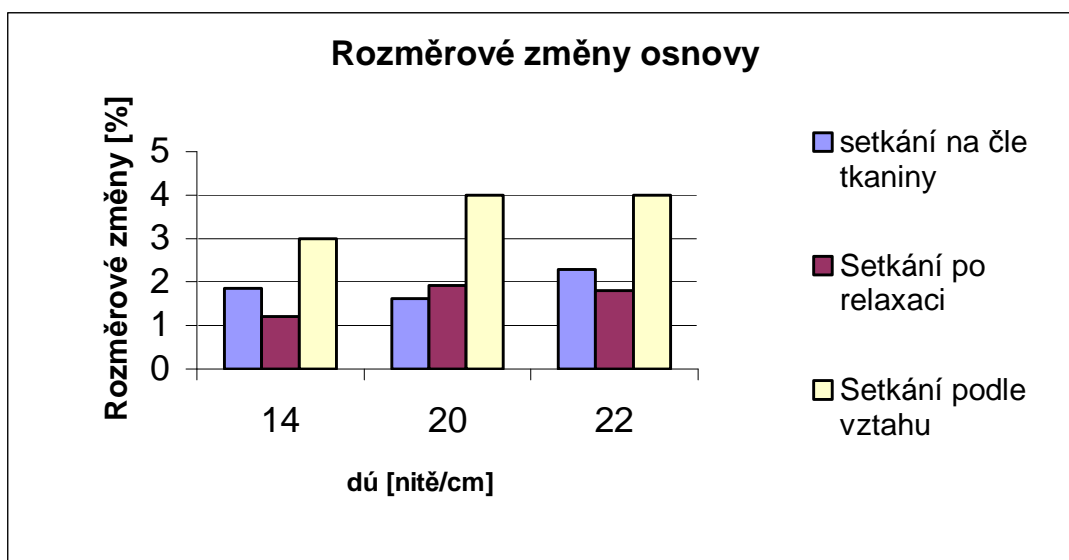


Obr. 30 Schéma postupu snímání rozměrových změn

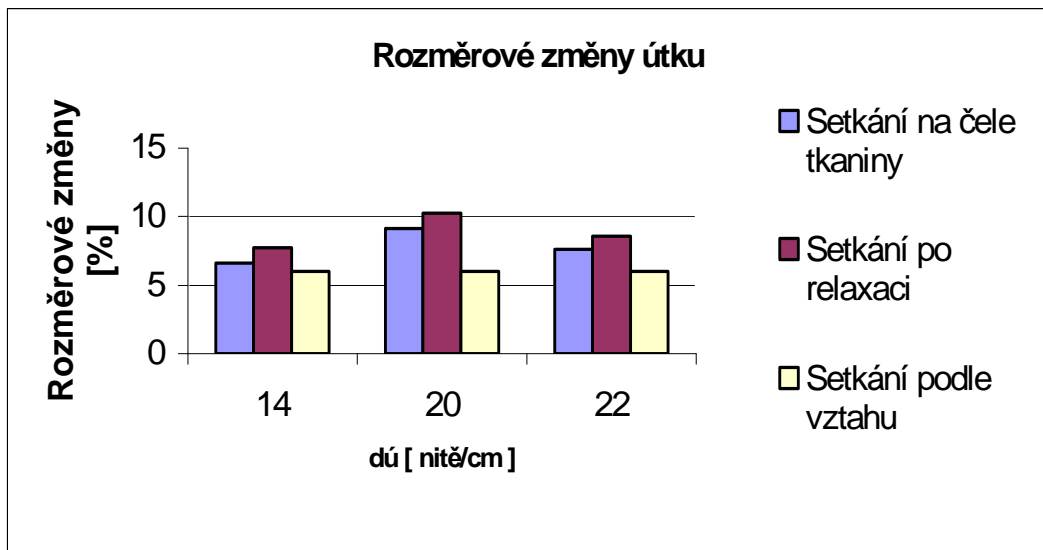
3. Vyhodnocení rozměrových změn

Po zatčení označených osnovních nití byly zjištěny rozměrové změny, které byly způsobeny tahovou silou v osnovních nitech a rozpínkami. Rozměrové změny byly zjištěny na stavu a po vyjmutí ze stavu a bylo vypočítáno teoretické setkání dle vztahu. Naměřené hodnoty jsou v tabulkách, které jsou v příloze č. 1. Jednotlivé rozměrové změny byly vyneseny do následujících grafů.

Plátno

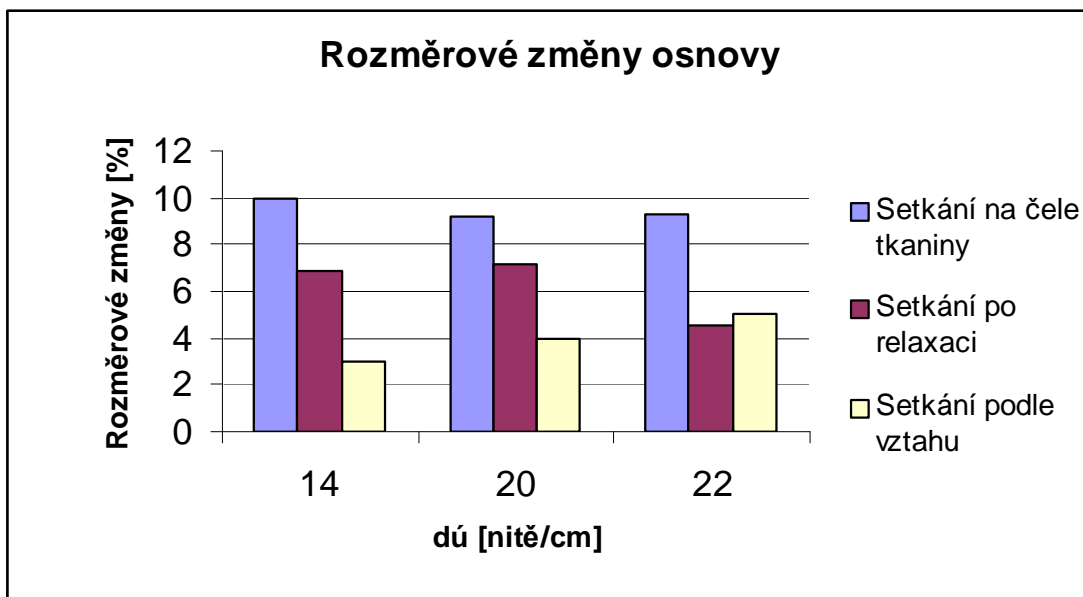


Graf č. 1 Rozměrové změny osnovy v plátnové vazbě

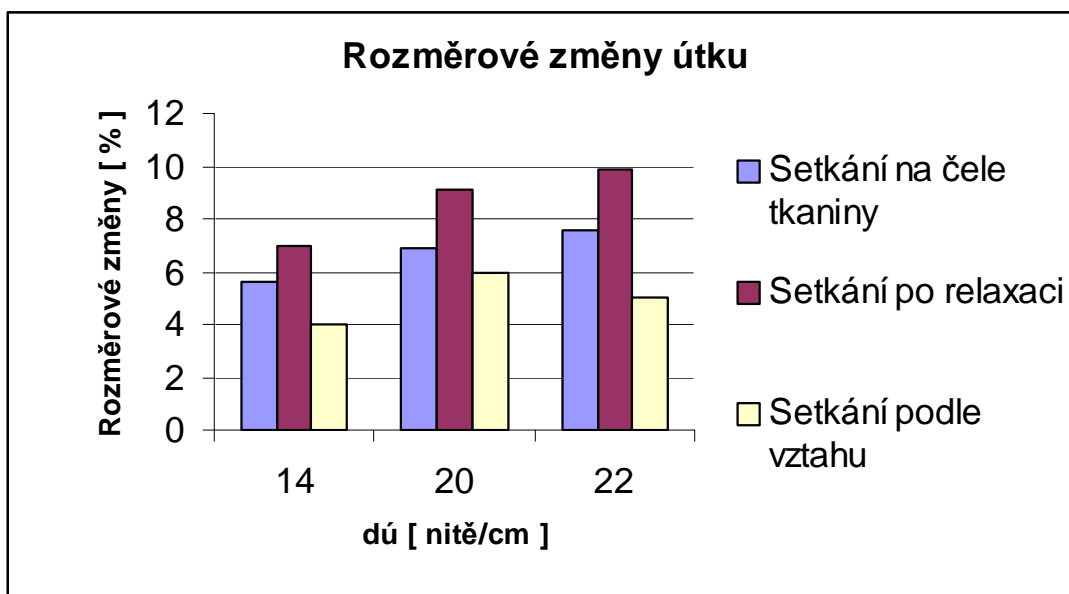


Graf č. 2 Rozměrové změny útku v plátnové vazbě

Kepr

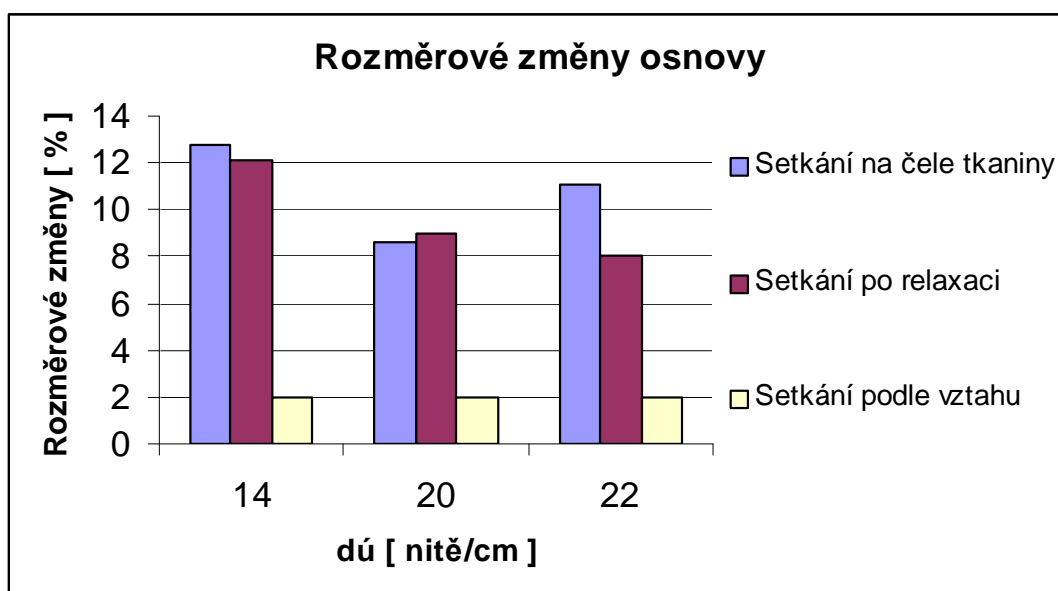


Graf č. 3 Rozměrové změny osnovy v keprové vazbě

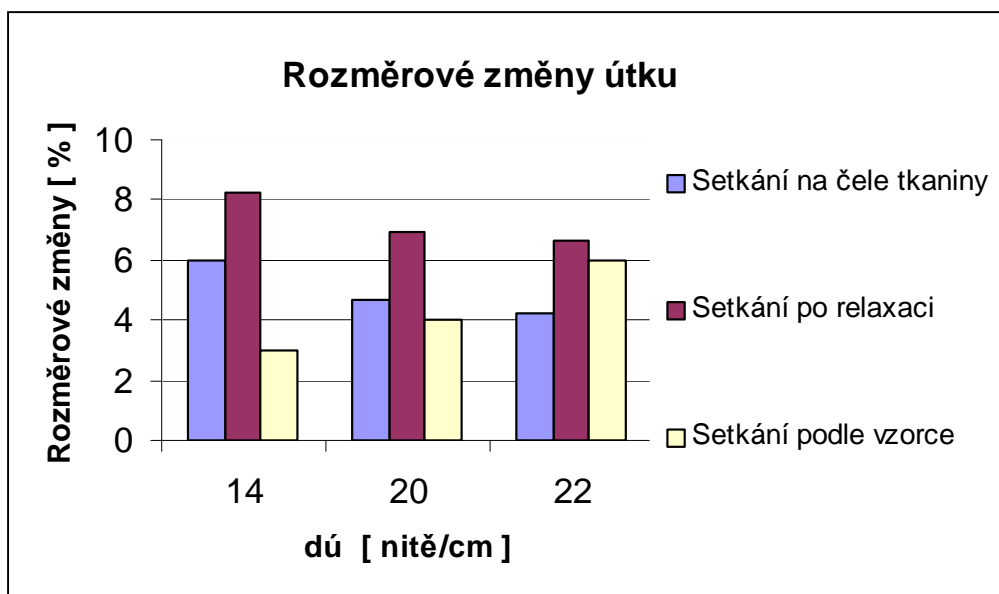


Graf č. 4 Rozměrové změny útku v keprové vazbě

Atlas



Graf č. 5 Rozměrové změny osnovy v atlasové vazbě



Graf č. 6 Rozměrové změny útku v atlasové vazbě

4.3 Měření pevnosti a tažnosti příze

Měření pevnosti a tažnosti se provádí podle normy ČSN 800700, klimatické podmínky: teplota $t = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a vlhkost $\varphi = 65 \text{ } \%$.

Zaznamenává se:

- tržná síla (pevnost při přetrhu) - maximální síla působící na vzorek při zkoušce tahem, při které dojde k přetrhu
- prodloužení při přetrhu - přírůstek délky vyvolaný tržnou silou

Zkoušená příze o požadované délce byla upnuta mezi čelisti. Příprava vzorků pro tahovou zkoušku přízí odpadá, protože materiál byl odvíjen přímo z křížové cívky nebo kanety. Průběh tahové zkoušky byl elektronicky zaznamenán do počítače. Po odměření 10-ti úseků bylo možné vyhledat požadované zpracované výsledky a i s vybranými grafy vytisknout.

4.3.1 Výsledky tahových zkoušek přízí

V příloze 2 jsou uvedeny tabulky pevnosti a tažnosti s příslušnými grafy a jejich vyhodnocením, tj. průměrná hodnota, minimální hodnota, maximální hodnota, směrodatná odchylka a variační koeficient. Hodnoty osnovních a útkových nití, které byly vytažené z tkaniny, byly zjišťovány pouze pro plátňovou vazbu $dú = 14$ nití na cm. Z výsledků je patrné, že osnova z osnovního válu má větší pevnost než osnova vytažená z tkaniny. Útek z kanety je také pevnější než útek vytažený z tkaniny. Průměrné hodnoty pevnosti a tažnosti jsou zapsány do níže uvedené tabulky.

	Pevnost a tažnost	
	F [%]	A [%]
Osnova z osnovního válu	1,4	1,6
Osnova vytažená z tkaniny	1,3	1,5
Útek z kanety	0,9	2,2
Útek vytažený z tkaniny	0,4	1

Tabulka č. 1 Průměrné hodnoty pevnosti a tažnosti nití

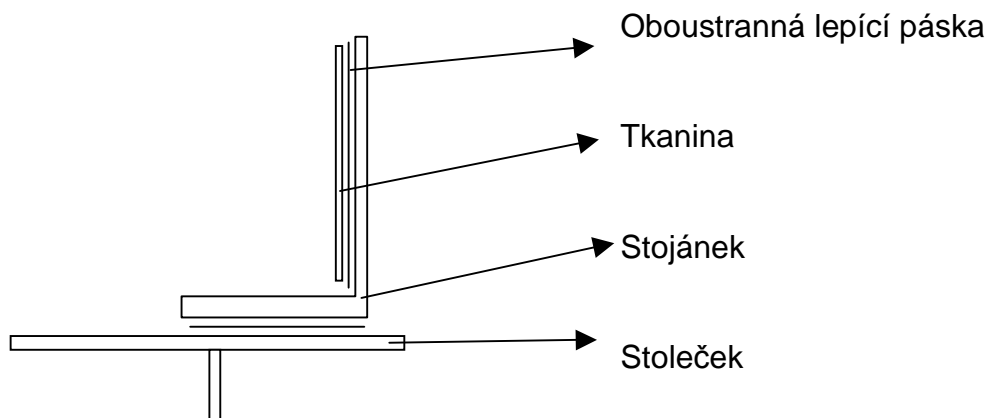
4.5 Vliv tahové síly na strukturu pomocí řezů

Vliv tahové síly v osnovních nitech na strukturu tkaniny se může stanovit pomocí příčných řezů zkoumané tkaniny.

Příprava vzorků pro příčné řezy:

- odběr vzorků tkaniny - vzorek o velikosti 8 x 8 mm se umístí mezi dvě kovové destičky tak, aby kousek vyčníval, následně se destičky stáhnou k sobě pomocí šroubů. Vyčnívající kousek textilie se odřízne pomocí řezacího nástroje.

- vložení vzorku do stojánek - vzorek se pomocí pinzety umístí na stojánek dle nákresu:

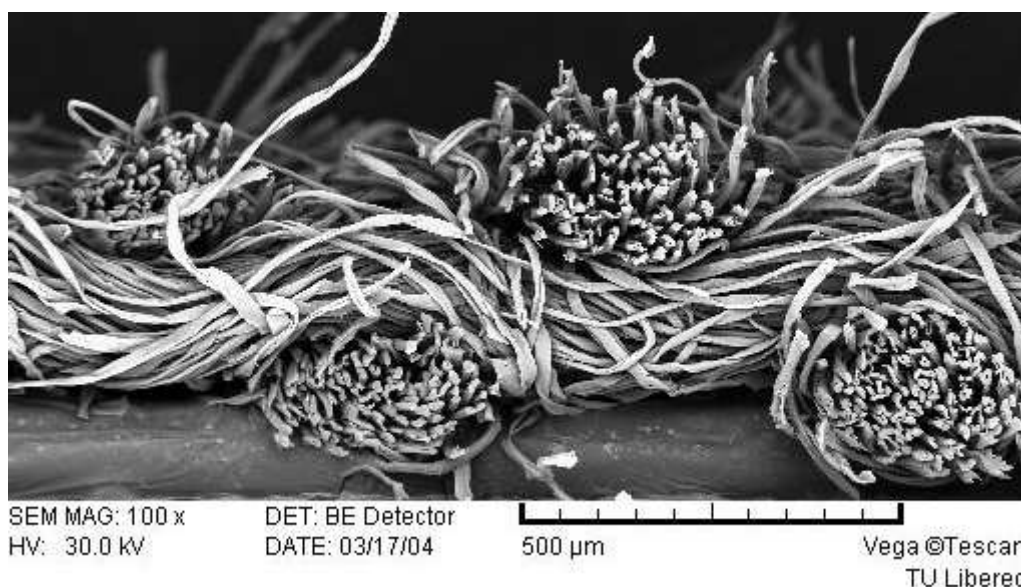


Obr. 31 Nákres vzorku připraveného pro mikroskop

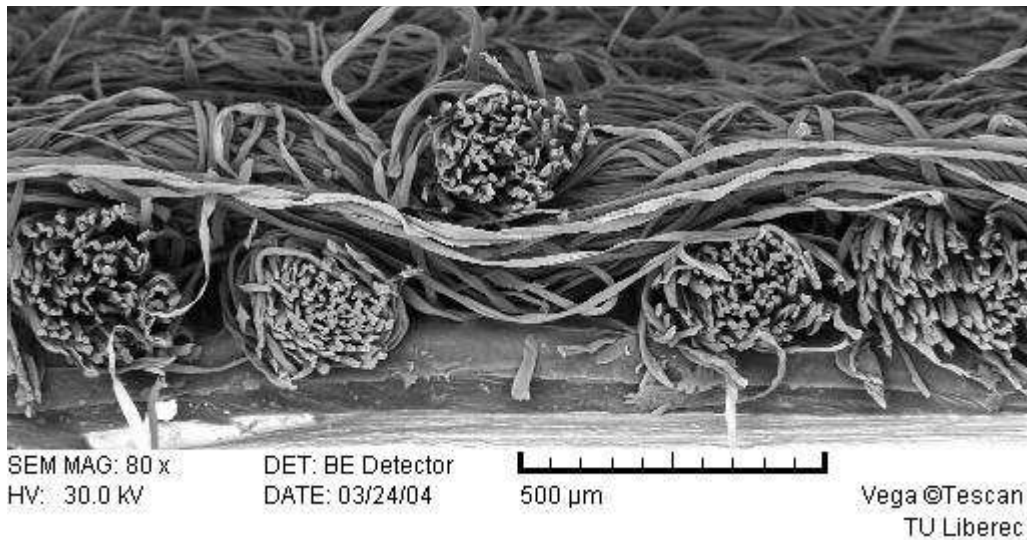
Takto připravený vzorek se vloží do práškovací komory. Po vyjmutí z práškovací komory se vloží do elektronového mikroskopu VEGA, který je popsán v kapitole 4.1.4.

Řezy byly provedeny pro dostavu útku 22 nití na 1 cm a pro vazby plátno a kepr, které jsou popsány v kapitole 4.2.

Řezy jsou zobrazeny na níže uvedených fotografiích.



Obr. 32 Příčný řez plátňovou vazbou



Obr. 33 Příčný řez keprovou vazbou

4.5.1 Vyjádření provázání nití plátňové vazby užitím Fourierovy řady

Pomocí vytvořených příčných řezů (obr. 32, 33) se může vyjádřit tvar vazné vlny s využitím Fourierovy řady. Výpočet provázání nití pomocí Fourierovy řady byl použit pouze pro plátňovou vazbu, protože byl proveden pouze příčný řez. Předpokládá se, že řez v podélném směru koresponduje s řezem příčným.

Vzorce použité pro výpočet:

$$a(n) := \frac{2}{T} \cdot \left(\int_0^{t1} h \cdot \cos\left(\frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot x}{T}\right) dx - \int_{t1}^{t2} h \cdot \cos\left(\frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot x}{T}\right) dx + \int_{t2}^T h \cdot \cos\left(\frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot x}{T}\right) dx \right)$$

$$b(n) := \frac{2}{T} \cdot \left(\int_0^{t1} h \cdot \sin\left(\frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot x}{T}\right) dx - \int_{t1}^{t2} h \cdot \sin\left(\frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot x}{T}\right) dx + \int_{t2}^T h \cdot \sin\left(\frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot x}{T}\right) dx \right)$$

$$f(x) := \frac{a(0)}{2} + \sum_{n=1}^2 \left(a(n) \cdot \cos\left(\frac{n \cdot x \cdot 2 \cdot \pi}{T}\right) + b(n) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot x \cdot 2 \cdot \pi}{T}\right) \right)$$

[4]

$$h = e \cdot d$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot T_j}{\pi \mu \rho}}$$

a_0, a_n, b_n koeficienty Fourierovy řady

T perioda vazné vlny

n řád funkce \cos ($n = 0, 1, 2, \dots$)

h výška vazné vlny [mm]

d průměr příze [mm]

μ koeficient zaplnění pro přízi [1]

D dostava [nitě/cm]

$t_{1,2}$ dílčí časové úseky

n řád funkce \sin ($n = 1, 2, 3, \dots$)

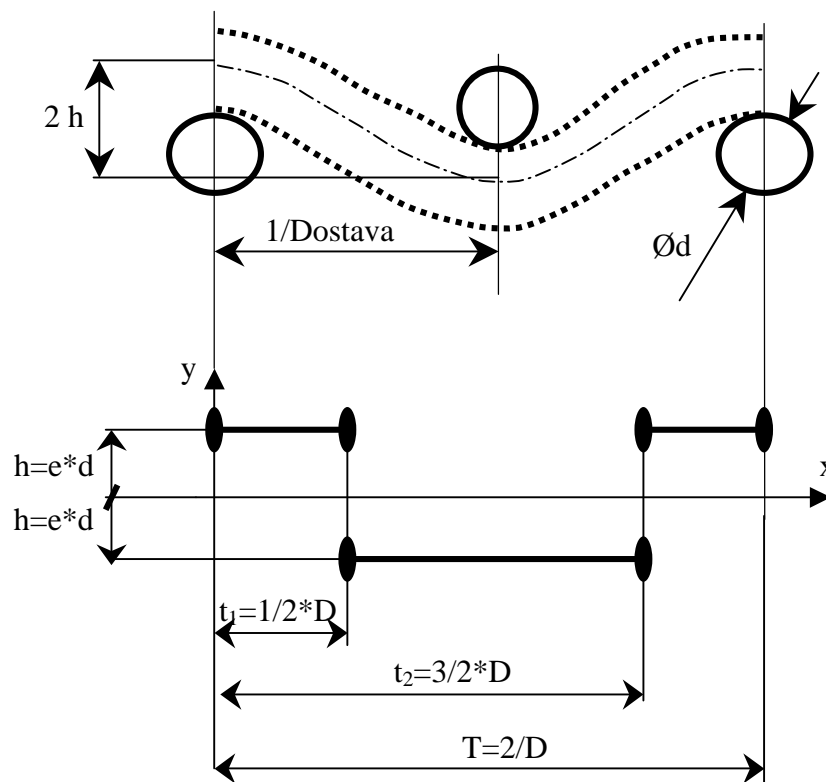
ρ hustota [kg/m^3]

T_j jemnost [tex]

e koeficient zvlnění [1]

Daná vazná vlna byla vypočítána v Mathcadu.

Předchozí vztahy vycházejí z následujícího obrázku:

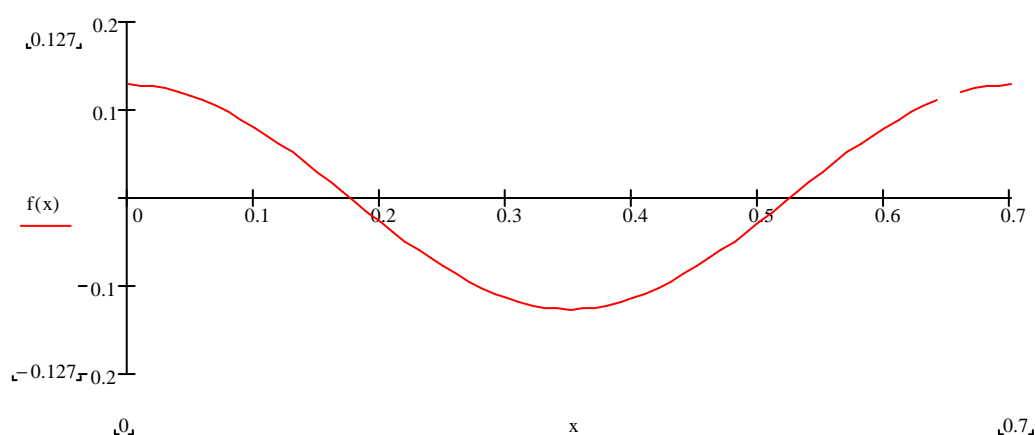


Obr. 34 Obecné schéma vazné vlny

4.5.2 Vyhodnocení

Z vypočítaných hodnot byla sestrojena aproximovaná funkce vazné vlny, která je vykreslena v grafu č. 7.

Při porovnání teoretické vazné vlny se skutečnou vaznou vlnou (obr. 32) bylo zjištěno, že teoretická vazná vlna je téměř shodná se skutečnou vaznou vlnou. Rozdíl může být způsoben nepřesností proměřování vazné vlny nebo nezafixováním příčného řezu.



Graf č. 7 Aproximovaný tvar vazné vlny v plátňové vazbě

4.6 Výpočet maximální čtvercové dostavy podle Brierleyho teorie

Pro posouzení užitných vlastností textilií se používá řada teorií, které se zabývají přepočtem kombinací dostav. Tento přepočet je uplatněn v Brierleyho teorii.

Vzorce pro výpočet empirického vztahu maximální čtvercové dostavy:

$$d := \frac{1}{280.2} \cdot \sqrt{\frac{N_t}{\phi \cdot \rho_f}} \quad M_1 := \frac{N_1}{i_1} \quad M_2 := \frac{N_2}{i_2}$$

$$t_{\max} := \frac{M^m}{(1.84) \cdot d} \quad [6]$$

d ...průměr příze [cm]

N_t ...jemnost příze [tex]

ρ_f ... hustota vlákna [g/cm³], pro bavlnu ρ_f = 1,52 g/cm

φ ... koeficient zaplnění, prstencová příze φ = 0,6

M_{1,2} ... osnovní (útkový) tkací koeficient

N_{1,2} ... počet osnovních (útkových) nití ve střídě

i_{1,2} ... počet osnovních (útkových) vazných bodů ve střídě

m ... vazební exponent

280,2 a 1,84 ...konstanty

Hustotu vlákna, koeficient zaplnění a vazební exponent zjistíme z tabulek.

Vypočítané hodnoty

Pomocí předchozích vzorců byly vypočítány tyto hodnoty:

1. průměr příze d [cm] - pro plátnovou i keprovou vazbu d = 0,017cm
2. maximální čtvercová dostava t_{max} [nitě/cm] :
 - plátnová vazba t_{max} = 33 nitě/cm
 - keprová vazba t_{max} = 38 nitě/cm

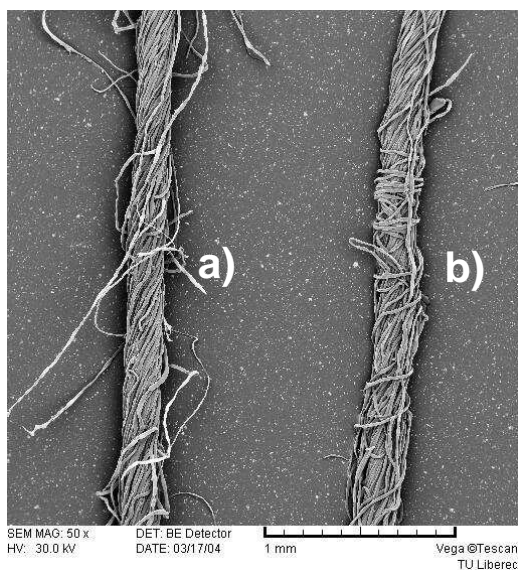
4.6.1 Vyhodnocení Brierleyho teorie

Skutečný naměřený průměr je 0,2 mm, kdežto vypočítaný průměr z Brierleyho teorie je 0,17mm. Rozdíl mezi těmito průměry je 0,03 mm. Můžeme tedy říci, že průměr z Brierleyho teorie je celkem přesný.

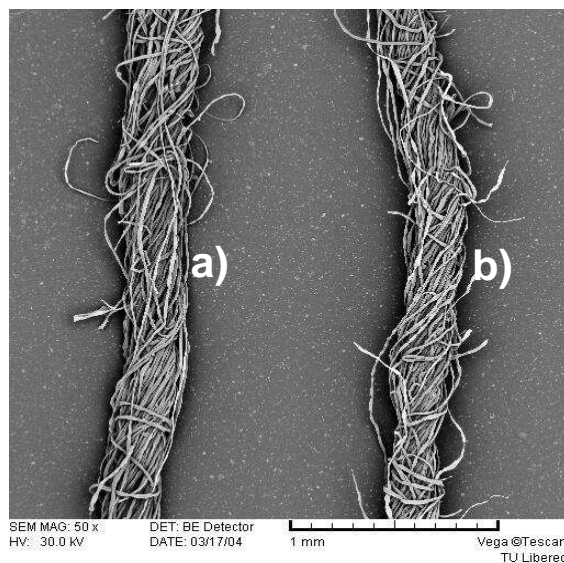
Maximální čtvercová dostava je pro plátnovou vazbu 33 nití/cm a pro keprovou vazbu 38 nití/cm. Tyto hodnoty nejsou přesné, protože Brierley zanedbává vzduchové mezery.

4.7 Vliv tahové síly na strukturu

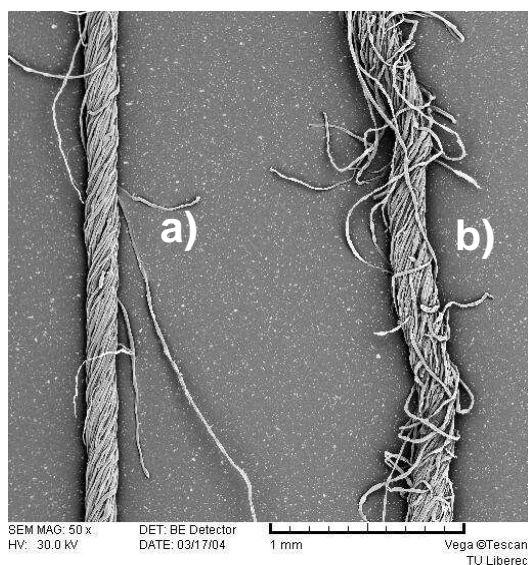
Pomocí elektronového mikroskopu VEGA uvedeného v kapitole 4.1.4 byly zhotoveny podélné řezy jednotlivých osnovních a útkových nití před a po zatčení. Na fotografiích č. 35, 36, 37, 38, 39, 40 jsou zobrazeny jednotlivé nitě příslušných vazeb, které jsou popsány v kapitole 4.2.



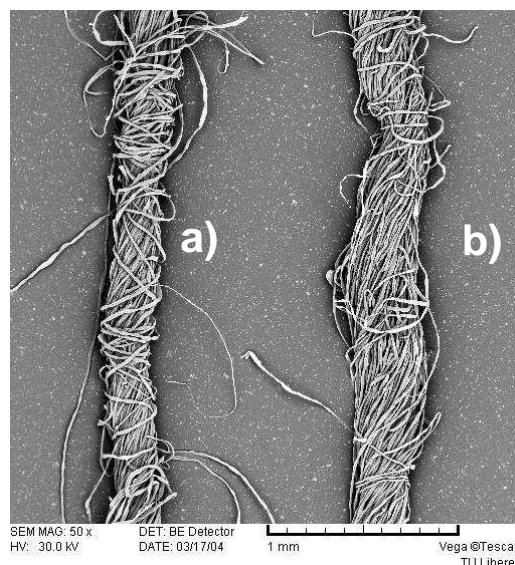
Obr. 35 Podélný řez osnovní nitě
(atlasová vazba)



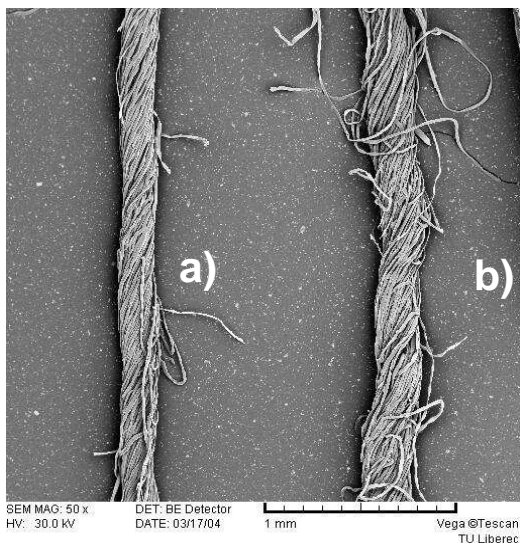
Obr. 36 Podélný řez útkové nitě
(atlasová vazba)



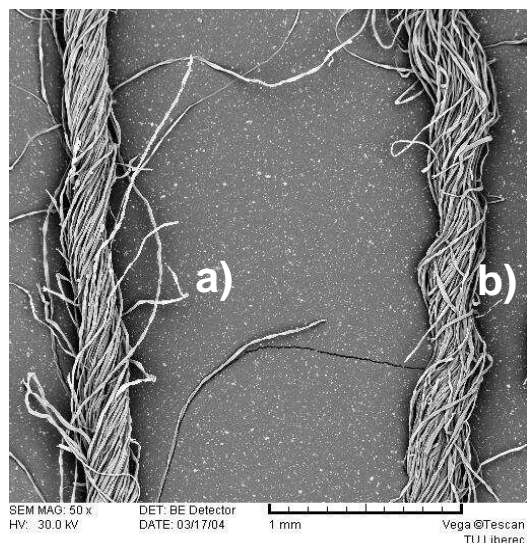
Obr. 37 Podélný řez osnovní nitě
(keprová vazba)



Obr. 38 Podélný řez útkové nitě
(keprová vazba)



Obr. 39 Podélný řez osnovní nitě
(plátňová vazba)



Obr. 40 Podélný řez útkové nitě
(plátňová vazba)

4.7.1 Vyhodnocení podélných řezů

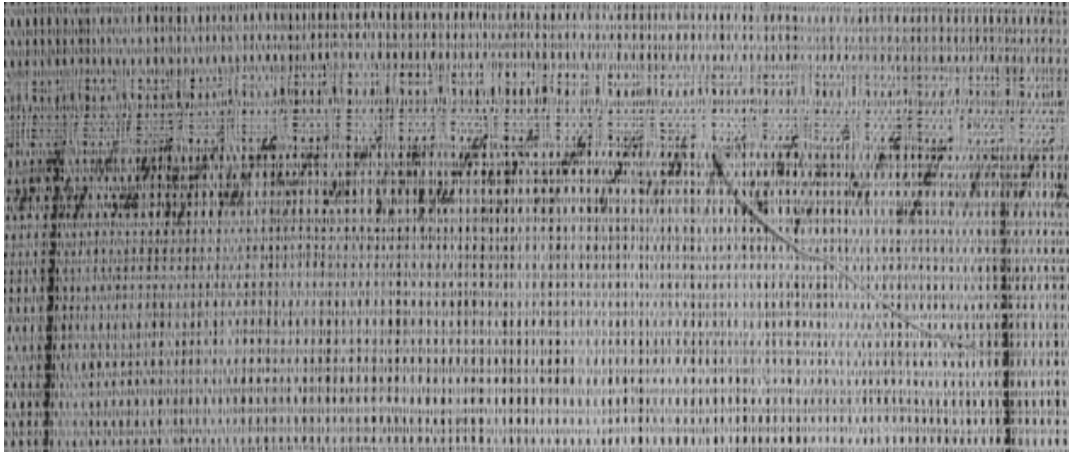
Na obrázcích 35, 37 a 39 leží osnovní nitě a na obrázcích 36, 38 a 40 leží útkové nitě příslušných vazeb.

- a) Osnovní nit z osnovního válu nebo útková nit z kanety .
- b) Osnovní nebo útková nit vytažená z tkaniny.

Z obrázků podélných řezů je zřetelný vliv technologického procesu na strukturu nitě. Dochází k významným změnám, tj. změně průměru nitě, posuvu povrchové nitě, změně rozložení zákrutů a přítomnosti vazné vlny.

4.8 Vliv tahové síly na strukturu pomocí geometrických útvarů

Další metodou pro vyhodnocení tahové síly v osnově a struktury vyráběné tkaniny je analýza geometrických útvarů, které vznikly vlivem rozdílného tahu v jednotlivých nitech během tkacího procesu. Tyto geometrické útvary, které mají trojúhelníkový tvar připomínají zuby .



Obr. 41 Detail plátnové vazby

4.8.1 Vyhodnocení

Výška zubů se u jednotlivých vazeb mění. Nejmenší je u plátna, což je způsobeno nejtěsnějším provázáním. Na výšku zubu má vliv i dostava. Čím je dostava jednotlivých vazeb větší, tím je výška zubu menší, což nám dokládá i následující tabulka naměřených hodnot.

	Dú = 140 nití/10cm	Dú = 200 nití/10 cm	Dú = 220 nití/10 cm
	Výška v [mm]		
Plátno	7,22	6,79	5,61
Kepr	13,45	10,63	10,46
Atlas	13,28	9,71	9,52

Tabulka č. 2 Výška zubů

Na výšku zubu, která vznikla protažením osnovních nití vlivem tkacího procesu, má vliv četnost zdvihu jednotlivých listů během zatkání určité délky útku.

5. Analýza výsledků

- Z rozměrových změn bylo zjištěno, že ve směru osnovy dochází k prodloužení a ve směru útku ke zkrácení, což je u osnovních nití způsobeno tahovou silou a rozpínkami. Na zkrácení útku má vliv prošlup. Jednotlivé změny jsou zobrazeny v grafech č. 1 až 6. Naměřené hodnoty jsou v tabulkách, které jsou v příloze č. 1.
- Ze změřené pevnosti a tažnosti bylo zjištěno, že osnova z osnovního válu a útek z kanety jsou pevnější než osnova a útek, které byly vytaženy z tkaniny. Průměrné hodnoty jsou zaneseny do tabulky č.1. Zjišťované hodnoty osnovních a útkových nití vypáraných z tkaniny se týkají plátňové vazby $dú = 14$ nití/cm. Vyhodnocení pevnosti a tažnosti osnovních a útkových nití je v příloze č. 2.
- Při porovnání teoretické vazné vlny, která byla vyjádřena pomocí Fourierovy řady se skutečnou vaznou vlnou (obr. 31), bylo zjištěno, že teoretická vazná vlna je téměř shodná se skutečnou vaznou vlnou. Rozdíl může být způsoben nepřesností proměřováním vazné vlny nebo nezafixováním příčného řezu. Z vypočítaných hodnot byla sestrojena aproximovaná funkce vazné vlny, která je vykreslena v grafu č. 7.
- Dle Brierleyho teorie bylo zjištěno, že skutečný naměřený průměr je 0,2 mm, kdežto vypočítaný průměr z Brierleyho teorie je 0,17mm. Rozdíl mezi těmito průměry je 0,03 mm. Můžeme tedy říci, že průměr z Brierleyho teorie je celkem přesný. Maximální čtvercová dostava je pro plátňovou vazbu 33 nití/cm a pro keprovou vazbu 38 nití/cm. Tyto hodnoty nejsou přesné, protože Brierley zanedbává vzduchové mezery.
- Z fotografií podélných řezů (obr. 35 až 40) je zřetelný vliv technologického procesu na strukturu nitě. Dochází k významným změnám, tj. změně průměru nitě, posuvu povrchové nitě, změně rozložení zákrutů a přítomnosti vazné vlny.
- Vyhodnocením výšky zubů bylo zjištěno, že se velikost zubů u jednotlivých vazeb mění. Nejmenší je u plátna, což je způsobeno nejtěsnějším

provázáním. Na výšku zubu má vliv i dostava. Čím je dostava jednotlivých vazeb větší, tím je výška zubu menší, což nám dokládá i tabulka č. 2. Na výšku zubu, která vznikla protažením osnovních nití vlivem tkacího procesu, má vliv četnost zdvihu jednotlivých listů během zatkání určité délky útku.

6. Závěr

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit biaxiální zatížení tkanin. Biaxiální namáhání útkových a osnovních nití bylo vyhodnoceno z rozměrových změn.

Teoretická část shrnuje dosažené způsoby hodnocení deformace tkaniny a metody posuzující strukturu tkaniny. Na závěr této kapitoly následuje návrh metodiky přímého zjišťování biaxiální deformace tkaniny pomocí obrazové analýzy NOVISCAM.

Experimentální část se týká vyhodnocení biaxiální deformace z rozměrových změn podle navržené metodiky:

- Označení osnovních nití provedené přímo na tkacím stroji v úseku mezi osnovním válem a svůrkovým válečkem.
- Měření a vyhodnocení rozměrových změn. Ze změřených hodnot a teoretického výpočtu bylo zjištěno, že dochází k rozdílům. V osnovních nitech došlo k prodloužení a v útkových ke zkrácení. Prodloužení bylo způsobeno tahovou silou v osnovních nitech a zkrácení tkaniny ve směru útkových nití bylo způsobeno prohozem.
- Při měření pevnosti a tažnosti bylo zjištěno, že osnovní nitě z osnovního válu a útkové nitě z kanety jsou pevnější než osnovní a útkové nitě vytažené z tkaniny, což je způsobeno poškozením nití při tkaní.
- Snahou bylo nalézt vhodnou teorii, která by dokázala popsat strukturu tkaniny. Tento problém byl zkoumán pouze pro plátňovou vazbu s využitím Fourierovy řady. Bylo zjištěno, že aproximovaný tvar vazné vlny se nepatrně liší od skutečné vazné vlny, která byla zjištěna z příčných řezů.
- Z hlediska zkoumání užitných vlastností byla použita Brierleyho teorie. Tato teorie se používá pro výpočet maximální čtvercové dostavy. Vypočítaná hodnota čtvercové dostavy není přesná, protože Brierleyho teorie zanedbává vzduchové mezery.
- Z fotografií podélných řezů byl zjištěn znatelný vliv technologického procesu na strukturu nitě. Dochází k významným změnám, tj změně průměru nitě, změně rozložení zákrutů, posuvu povrchové nitě a přítomnosti vazné vlny.

- Hledání souvislostí mezi tahovou silou v osnově a strukturou vyráběné tkaniny. Východiskem při hledání souvislostí, byla analýza geometrických útvarů, které vznikly zatkáním označených osnovních nití. Rozměry obrazců se lišily s ohledem na zatkávanou vazbu.

Závěrem bych ráda dodala, že by bylo zajímavé sledovat rozměrové změny tkanin, které by byly vyrobeny z odlišného materiálu. Pro výrobu by byl použit stav s jiným zanášením útku a větší rychlostí.

7. Seznam obrázků :

- Obrázek č. 1 - Rovinná deformace textilie
- Obrázek č. 2 - Rovinná deformace textilie
- Obrázek č. 3 - Biaxiální deformace textilie
- Obrázek č. 4 - Smyková deformace textilie
- Obrázek č. 5 - Ohyb textilie
- Obrázek č. 6 - Příčné stlačení textilie
- Obrázek č. 7 - Vyboulení textilie
- Obrázek č. 8 - Tahová křivka plošné textilie
- Obrázek č. 9 - Polární diagram tažnosti
- Obrázek č. 10 - Modul počáteční deformace tkaniny
- Obrázek č. 11 - Polární diagram izotropní tkaniny
- Obrázek č. 12 - Obecné vyjádření změn osnovního napětí při tkaní
- Obrázek č. 13 - Síly na čele tkaniny
- Obrázek č. 14 - Vliv rozteče útků na tkací odpor
- Obrázek č. 15 - Síly působící na tkaninu
- Obrázek č. 16 - Plošné zobrazení provázání nití ve tkanině
- Obrázek č. 17 - Teoretické zobrazení podélného řezu tkaninou
- Obrázek č. 18 - Peirceův model vazné vlny
- Obrázek č. 19 - Obecné zobrazení popisu provázání
- Obrázek č. 20 - Tkanina s plátnovou vazbou spolu s jejím difraktogramem
- Obrázek č. 21 - Příklad obrazových informací funkce "náhled"
- Obrázek č. 22 - Příklad zobrazení tolerancí Y , C_r , C_b , nestejnomyšlosti "za běhu"
- Obrázek č. 23 - Příklad nastavení parametrů snímání
- Obrázek č. 24 - Příklad nastavení tolerančních polí
- Obrázek č. 25 - Příklad obrazových informací funkce "snímek"
- Obrázek č. 26 - Střída plátnové vazby
- Obrázek č. 27 - Střída keprové vazby
- Obrázek č. 28 - Střída atlasové vazby
- Obrázek č. 29 - Schéma označení osnovních nití

- Obrázek č. 30 - Schéma postupu snímání rozměrových změn
Obrázek č. 31 - Nákres vzorku připraveného pro mikroskop
Obrázek č. 32 - Příčný řez plátňovou vazbou
Obrázek č. 33 - Příčný řez keprovou vazbou
Obrázek č. 34 - Obecné schéma vazné vlny
Obrázek č. 35 - Podélný řez osnovní nitě (atlasová vazba)
Obrázek č. 36 - Podélný řez útkové nitě (atlasová vazba)
Obrázek č. 37 - Podélný řez osnovní nitě (keprová vazba)
Obrázek č. 38 - Podélný řez útkové nitě (keprová vazba)
Obrázek č. 39 - Podélný řez osnovní nitě (plátňová vazba)
Obrázek č. 40 - Podélný řez útkové nitě (plátňová vazba)
Obrázek č. 41 - Detail plátňové vazby

8. Seznam tabulek :

Tabulka č. 1 Průměrné hodnoty pevnosti a tažnosti nití

Tabulka č. 2 Výška zubů

9. Seznam grafů :

Graf č. 1 - Rozměrové změny osnovy v plátnové vazbě

Graf č. 2 - Rozměrové změny útku v plátnové vazbě

Graf č. 3 - Rozměrové změny osnovy v keprové vazbě

Graf č. 4 - Rozměrové změny útku v keprové vazbě

Graf č. 5 - Rozměrové změny osnovy v atlasové vazbě

Graf č. 6 - Rozměrové změny útku v atlasové vazbě

Graf č. 7 - Aproximovaný tvar vazné vlny v plátnové vazbě

10. Seznam zkratek :

Atd. - a tak dále

Obr. - obrázek

Např. - například

tzv. - tak zvaně

č. - číslo

tj. - to je

TUL - Technická univerzita v Liberci

KME - katedra mechanických technologií

max. - maximální

min. – minimální

ČSN – Československá státní norma

tex – jednotka jemnosti příze [g/km]

A - atlasová vazba

K - keprová vazba

P - plátnová vazba

CO - cotton

$\Delta_{o,u}$ - rozměrová změna osnovy (útku)

11 .Použitá literatura :

- [1] Coufalíková, H.: Vztah struktury s vlastností tkaniny, BP 2003

- [2] Prof. Ing. Radko Kovář, CSc.: Struktura a vlastnosti plošných textilií

- [3] Doc. Ing. O. Talvášek, CSc.: Tkalcovská příručka: SNTL, Praha 1980

- [4] Ing. Brigita Sirková: Matematický model pro vyjádření provázání nití ve tkanině s využitím Fourierových řad: Disertační práce 2002

- [5] Hearle, J. W. S: Grosberg, P.: Backer, S.: Structural mechanics of Fibres, Yarns and Fabrics: Volume 1

- [6] A. M. Seyam: The structural design of woven fabrics: Theory any practice 2002

- [7] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech, díl 1., část 4., Vlastnosti délkových a plošných textilií. Liberec 1988

Přílohy

Příloha 1

Tabulky naměřených hodnot rozměrových změn

- a) Naměřené rozměry na čele tkaniny
- b) Naměřené rozměry po relaxaci
- c) Vypočítané hodnoty setkání dle vztahu

a) Na čele tkaniny

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	104,54	94,1	4,54	5,9
du=14	103,8	94,15	3,8	5,85
	102,07	93,98	2,07	6,02

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	102,07	90,05	2,07	9,95
du=14	101	90,2	1	9,8
	99,78	89,98	0,22	10,02

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	99,78	92,27	0,22	7,73
du=14	100,15	92,3	0,15	7,7
	100,29	92,28	0,29	7,72

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	105,29	95,02	5,29	4,98
du=14	102,18	94	2,18	6
	100,15	94,9	0,15	5,1

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	100,15	95,9	0,15	4,1
du=14	100,12	95,2	0,12	4,8
	100,13	95,4	0,13	4,6

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	101,69	80,77	1,69	19,23
du=20	101,92	81,2	1,92	18,8
	102,64	80,42	2,64	19,58

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	102,64	90,75	2,64	9,25
du=20	101,94	89,83	1,94	10,17
	101,13	89,68	1,13	10,32

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	101,13	90,89	1,13	9,11
du=20	102,58	89,94	2,58	10,06
	101,5	89,29	1,5	10,71

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	101,5	97,93	1,5	2,07
du=20	103,22	96,13	3,22	3,87
	98,81	96,47	1,19	3,53

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	98,81	96,87	1,19	3,13
du=20	100	96,6	0	3,4
	100	96,27	0	3,73

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	109,65	89,3	9,65	10,7
du=22	102,86	88,53	2,86	11,47
	102,23	88,65	2,23	11,35

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	102,23	93,06	2,23	6,94
du=22	100,78	90	0,78	10
	102	89,03	2	10,97

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	100	91,02	0	8,98
du=22	100,22	90,94	0,22	9,06
	100,44	89,18	0,44	10,82

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	100,18	101,58	0,18	1,58
du=22	98,58	98,34	1,42	1,66
	99,19	99,04	0,81	0,96

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	99	93,5	1	6,5
du=22	97,9	92,71	2,1	7,29
	96,83	92,65	3,17	7,35

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
du=14	118,85	92,67	18,85	7,33
vzorekč.1	111,88	96,42	11,88	3,58
	107,24	95,45	7,24	4,55

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	107,24	90,39	7,24	9,61
du=14	111,98	89,95	11,98	10,05
	110,13	90,63	10,13	9,37

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	110,13	94,34	10,13	5,66
du=14	109,99	93,58	9,99	6,42
	109,09	93,35	9,09	6,65

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	109	93,63	9	6,37
du=14	110,76	93,1	10,76	6,9
	108,86	93,82	8,86	6,18

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	108,86	100,65	8,86	0,65
du=14	106,36	99,49	6,36	0,51
	108,51	99,32	8,51	0,68

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
du=20	108,48	92,09	8,48	7,91
vzorekč.1	116,31	91,87	16,31	8,13
	110,66	90,37	10,66	9,63

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	110,66	90,87	10,66	9,13
du=20	109,22	89,93	9,22	10,07
	110,28	90,16	10,28	9,84

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	110,28	92,72	10,28	7,28
du=20	109,93	91,73	9,93	8,27
	106,09	92,27	6,09	7,73

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	106,09	99,26	6,09	0,74
du=20	107,4	97,97	7,4	2,03
	107,62	97,84	7,62	2,16

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	109,94	93,36	9,94	6,64
du=20	104,79	93,05	4,79	6,95
	109,59	93,54	9,59	6,46

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	111	91,33	11	8,67
du=22	107	89,06	7	10,94
	110,36	88,57	10,36	11,43

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	110,36	92,45	10,36	7,55
du=22	108,97	88,94	8,97	11,06
	108,9	89,49	8,9	10,51

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	108,9	91,86	8,9	8,14
du=22	110,56	90,19	10,56	9,81
	106,9	89,93	6,9	10,07

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	109,39	97,96	9,39	2,04
du=22	109,5	96,65	9,5	3,35
	109,36	96,07	9,36	3,93

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	109,36	95,4	9,36	4,6
du=22	109,25	95,33	9,25	4,67
	107,21	93,82	7,21	6,18

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	107,79	91,27	7,79	8,73
du=14	119,11	91,37	19,11	8,63
	115,13	90,67	15,13	9,33

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	115,13	91,02	15,13	8,98
du=14	112,6	91,1	12,6	8,9
	113,7	91,83	13,7	8,17

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	113,7	93,99	13,7	6,01
du=14	109,5	93,26	9,5	6,74
	110,54	93,75	10,54	6,25

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	110,54	101,59	10,54	1,59
du=14	111,15	101,26	11,15	1,26
	115,21	101,56	15,21	1,56

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	112,11	95,19	12,11	4,81
du=14	112,58	94,69	12,58	5,31
	112,87	96,04	12,87	3,96

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	105,47	100,9	5,47	0,9
du=20	107,25	99,33	7,25	0,67
	109,54	99,33	9,54	0,67

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	109,54	91,6	9,54	8,4
du=20	109,14	91,91	9,14	8,09
	108,6	92,34	8,6	7,66

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	108,6	91,25	8,6	8,75
du=20	107,49	91	7,49	9
	109,34	91,39	9,34	8,61

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	109,34	97,5	9,34	2,5
du=20	109,56	97,41	9,56	2,59
	107,42	98,59	7,42	1,41

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	107,42	96,59	7,42	3,41
du=20	110,47	95,39	10,47	4,61
	109,5	96,9	9,5	3,1

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	115,89	101,15	15,89	1,15
du=22	111,59	98,96	11,59	1,04
	111,67	99,53	11,67	0,47

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	111,67	90,95	11,67	9,05
du=22	111,03	90,34	11,03	9,66
	110,12	90,19	10,12	9,81

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	110,12	93,54	10,12	6,46
du=22	109,23	92,26	9,23	7,74
	108,75	92,97	8,75	7,03

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	108,75	98,41	8,75	1,59
du=22	110,34	98,34	10,34	1,66
	109,26	98,79	9,26	1,21

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	109,26	95,59	9,26	4,41
du=22	108,22	96,07	8,22	3,93
	110,5	95,54	10,5	4,46

b) Po relaxaci

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	101,22	91,91	1,22	8,09
du=14	98,52	93,93	1,48	6,07
	100,23	94,05	0,23	5,95

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	100,23	88,83	0,23	11,17
du=14	97,9	88,74	2,1	11,26
	99,72	88,78	0,28	11,22

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	99,72	90,64	0,28	9,36
du=14	95,96	90,67	4,04	9,33
	98,6	90,4	1,4	9,6

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	98,6	95,04	1,4	4,96
du=14	96,77	93,51	3,23	6,49
	100,73	92,62	0,73	7,38

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	100,73	94,73	0,73	5,27
du=14	99,94	93,6	0,06	6,4
	99,63	93,28	0,37	6,72

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	98,32	80,83	1,68	19,17
du=20	99,08	80,48	0,92	19,52
	98,44	80,3	1,56	19,7

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	98,44	89,33	1,56	10,67
du=20	97,36	89,24	2,64	10,76
	97,24	87,07	2,76	12,93

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	97,24	89,06	2,76	10,94
du=20	98,02	88,97	1,98	11,03
	98,65	89,31	1,35	10,69

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	98,65	96,34	1,35	3,66
du=20	97,46	95,34	2,54	4,66
	98,54	95,56	1,46	4,44

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	98,54	94,71	1,46	5,29
du=20	98,55	95,01	1,45	4,99
	96,58	94,17	3,42	5,83

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	98,27	88,63	1,73	11,37
du=22	99,29	89,06	0,71	10,94
	101,72	88,95	1,72	11,05

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	101,72	89,4	1,72	10,6
du=22	98,69	90,11	1,31	9,89
	98,87	90,8	1,13	9,2

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	98,87	89,43	1,13	10,57
du=22	97,74	90,08	2,26	9,92
	98,41	89,53	1,59	10,47

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	98,41	97,31	1,59	2,69
du=22	98,56	97,66	1,44	2,34
	97,39	97,43	2,61	2,57

p 1/1	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	97,39	90,8	2,61	9,2
du=22	97,27	91,4	2,73	8,6
	97,27	90,97	2,73	9,03

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
du=14	113,59	96,84	13,59	3,16
vzorekč.1	109,75	95,24	9,75	4,76
	103	95,55	3	4,45

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	103	88,67	3	11,33
du=14	108,07	89,15	8,07	10,85
	104,35	88,57	4,35	11,43

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	104,35	92,02	4,35	7,98
du=14	107,15	92,88	7,15	7,12
	107,13	92,88	7,13	7,12

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	107,13	91,35	7,13	8,65
du=14	108,09	89,9	8,09	10,1
	107,13	91,05	7,13	8,95

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	107,13	97,13	7,13	2,87
du=14	106,74	97,13	6,74	2,87
	106,07	97,14	6,07	2,86

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
du=20	112,85	90,96	12,85	9,04
vzorekč.1	110,86	90,63	10,86	9,37
	108,99	90,94	8,99	9,06

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	108,99	89,69	8,99	10,31
du=20	107,2	87,37	7,2	12,63
	107,74	87,37	7,74	12,63

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	107,74	90,19	7,74	9,81
du=20	107,16	90,44	7,16	9,56
	105,78	89,19	5,78	10,81

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	105,78	95,13	5,78	4,87
du=20	105,84	95,79	5,84	4,21
	102,82	95,55	2,82	4,45

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	102,82	89,87	2,82	10,13
du=20	105,4	90,38	5,4	9,62
	107,27	90,27	7,27	9,73

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	104,46	89,57	4,46	10,43
du=22	106,31	88,25	6,31	11,75
	105,5	90,12	5,5	9,88

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	105,5	87,5	5,5	12,5
du=22	106,95	87,49	6,95	12,51
	104,02	87,82	4,02	12,18

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	104,02	88,89	4,02	11,11
du=22	105,64	88,86	5,64	11,14
	104,27	88,76	4,27	11,24

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	104,27	94,88	4,27	5,12
du=22	105,23	93,53	5,23	6,47
	103	93,22	3	6,78

K1/2 Z	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	103	92,58	3	7,42
du=22	103,8	91,55	3,8	8,45
	103,01	92,35	3,01	7,65

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	108,97	90,04	8,97	9,96
du=14	115,34	90,05	15,34	9,95
	112,5	90,05	12,5	9,95

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	112,5	89,09	12,5	10,91
du=14	112,11	89,09	12,11	10,91
	111,96	89,75	11,96	10,25

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	111,96	90,3	11,96	9,7
du=14	112,15	90,3	12,15	9,7
	111,8	90,3	11,8	9,7

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	111,8	97,44	11,8	2,56
du=14	111,96	98,61	11,96	1,39
	112,11	99,95	12,11	0,05

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	112,11	91,25	12,11	8,75
du=14	112,6	91,25	12,6	8,75
	112,15	91,25	12,15	8,75

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	110,55	99,16	10,55	0,84
du=20	110,69	99,42	10,69	0,58
	107,72	98,41	7,72	1,59

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	107,72	89,85	7,72	10,15
du=20	109,93	89,29	9,93	10,71
	109,33	88,73	9,33	11,27

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	109,33	89,38	9,33	10,62
du=20	107,78	88,7	7,78	11,3
	109,46	88,85	9,46	11,15

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	109,46	95,18	9,46	4,82
du=20	110	94,85	10	5,15
	107,77	95,51	7,77	4,49

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	107,77	93,33	7,77	6,67
du=20	109,33	93,75	9,33	6,25
	108,2	92,07	8,2	7,93

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.1	111,39	99,89	11,39	0,11
du=22	111,67	98,9	11,67	1,1
	108,92	100,24	8,92	0,24

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.2	108,92	88,19	8,92	11,81
du=22	108,72	88,14	8,72	11,86
	108,74	89,51	8,74	10,49

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.3	108,74	90,11	8,74	9,89
du=22	108,39	90,98	8,39	9,02
	105,09	91,44	5,09	8,56

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.4	105,09	95,25	5,09	4,75
du=22	108,14	95	8,14	5
	106,56	94,66	6,56	5,34

A1/6(3)	osnova [mm]	útek [mm]	Δo [%]	Δu [%]
vzorekč.5	106,56	92,55	6,56	7,45
du=22	106,14	93,07	6,14	6,93
	107,92	92,73	7,92	7,27

c) Setkání podle vzorce

p1/1	osnova [mm]	útek[mm]	so [%]	sú [%]
dú=14	103	106	3	6
	103	106	3	6
	103	106	3	6

p1/1	osnova [mm]	útek[mm]	so [%]	sú [%]
dú=20	104	106	4	6
	104	106	4	6
	104	106	4	6

p1/1	osnova [mm]	útek[mm]	so [%]	sú [%]
dú=22	104	106	4	6
	104	106	4	6
	104	106	4	6

k1/2	osnova [mm]	útek[mm]	so [%]	sú [%]
dú=14	103	104	3	4
	103	104	3	4
	103	104	3	4

k1/2	osnova [mm]	útek[mm]	so [%]	sú [%]
dú=20	104	106	4	6
	104	106	4	6
	104	106	4	6

k1/2	osnova [mm]	útek[mm]	so [%]	sú [%]
dú=22	105	105	5	5
	105	105	5	5
	105	105	5	5

A1/6(3)	osnova [mm]	útek[mm]	so [%]	sú [%]
dú=14	102	103	2	3
	102	103	2	3
	102	103	2	3

A1/6(3)	osnova [mm]	útek[mm]	so [%]	sú [%]
dú=20	102	104	2	4
	102	104	2	4
	102	104	2	4

A1/6(3)	osnova [mm]	útek[mm]	so [%]	sú [%]
sú=22	102	106	2	6
	102	106	2	6
	102	106	2	6

Příloha 2

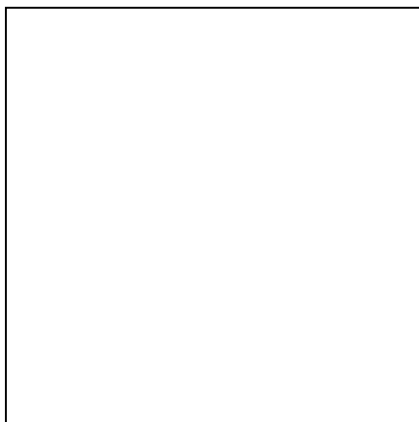
Tabulky a grafy pevnosti a tažnosti

Příloha 3

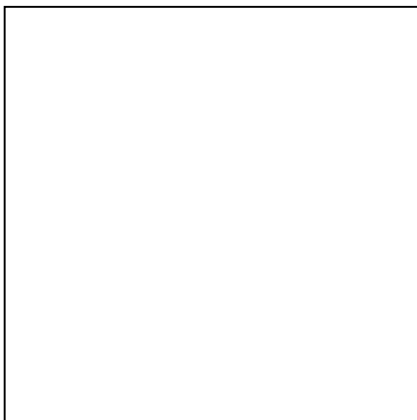
Vzorky tkanin :

- a) Dostava útku 14 nití/cm
- b) Dostava útku 20 nití/cm
- c) Dostava útku 22 nití/cm

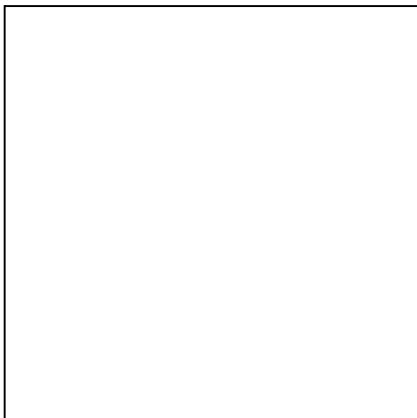
a) Dostava útku 14 nití/cm



Plátnová vazba

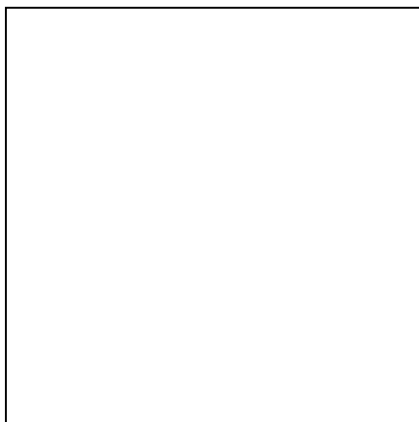


Keprová vazba

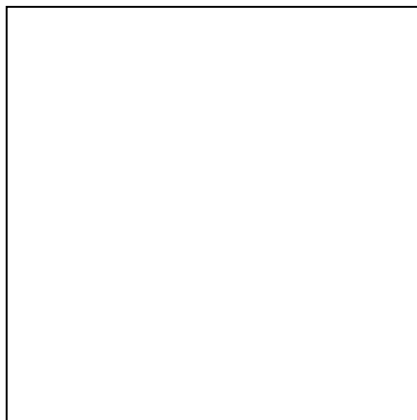


Atlasová vazba

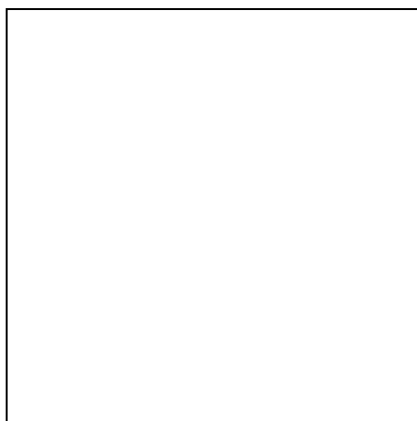
b) Dostava útku 20 nití/cm



Plátnová vazba

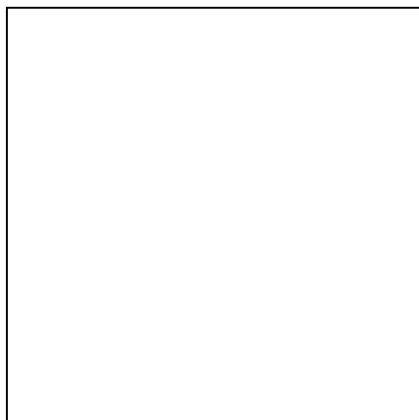


Keprová vazba

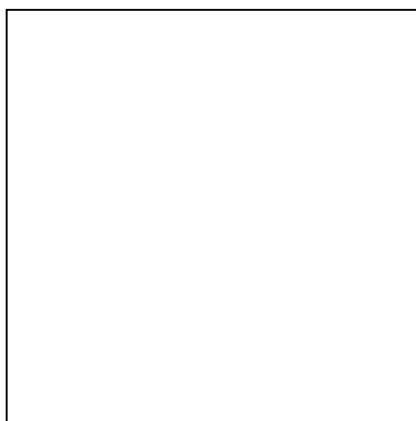


Atlasová vazba

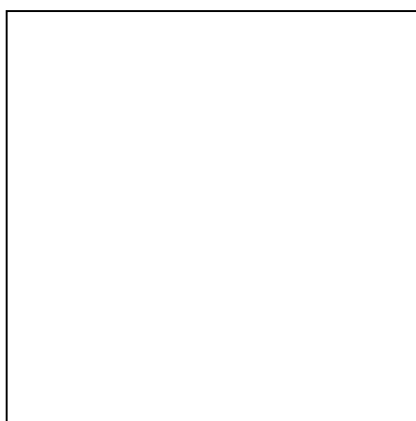
c) Dostava útku 22 nití/cm



Plátnová vazba



Keprová vazba



Atlasová vazba

