TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Studijní program B3107 Textil

Mechanická textilní technologie

Zaměření : Tkaní

Katedra textilních technologií

Vnitřní tření při tahové deformaci tkaniny

Internal friction at tension deformation of fabric

Vypracovala: Ivana Hejnová

Vedoucí bakalářské práce: Prof. Ing. Radko Kovář, DrSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Iva Mertová

Rozsah práce a příloh

Počet stránek: 44

Počet obrázků: 10

Počet tabulek: 11

Počet grafů: 16

Počet příloh: 4

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.

Místopřísežné prohlášení

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

Datum:

Podpis:

Poděkování

Úvodem bakalářské práce bych chtěla poděkovat Prof. Ing. Radko Kovářovi, CSc. za odborné vedení při vypracování této bakalářské práce a Ing. Ivě Mertové za odbornou pomoc a rady, které mi poskytla.

Zároveň bych chtěla poděkovat mé rodině za podporu a trpělivost po celou dobu studia.

Anotace

Středem zájmu této bakalářské práce je především hystereze (energetické ztráty), tření vnitřní, , tažnost a pevnost textilie. V její první teoretické části se zaměřím na popis struktury tkaniny, vnitřního tření a vliv tohoto tření na deformační vlastnosti, na již zmíněnou pevnost, tažnost textilie a hysterezi.

V experimentální části jsou zpracovány naměřené hodnoty hystereze a porovnané směry tkanin (osnova,útek, diagonála) při různých délkách a rychlostech cyklu.

Annotation

In the center of interest of this bachelor work is, above all, hysteresis (energy losses), internal friction, breaking elongation and strength of woven fabrics. In the first theoretical part there is description of woven fabric structure, internal friction and influence of this friction on deformation behavior, on already mentioned strength, breaking elongation and hysteresis.

In experimental parts are processed measured values of hysteresis and compared for different directions (warp, weft, diagonal) at different lengths and speeds of the cycle.

Přehled použitých zkratek a symbolů

Symbol	Definice, jednotka	Popis
d	m	Průměr nitě
D	n_{niti}/1m	Dostava(hustota)nití ve tkanině
F	N	Síla, výstupní tahová síla
h	m	Výška,výška vlny nitě ve tkanině
H	h_o+h_u	Vzdálenost os nití ve vazném bodu
K	-	Koeficient
K_{vp}	-	Koeficient využití pevnosti
l	m	Délka nedeformované nitě ve vazném prvku
L	$l\cdot(1+\varepsilon_n)$	Délka, délka deformované nitě ve vazném prvku
M	Nm	Ohybový moment
N	N	Normálová síla
p	1/D	Rozteč nití ve tkanině
R	-	Regresivní parametr
S	m^2	plocha
s		Směrodatná odchylka
s	$(š_0-š_t)/š_0$	Setkání (relativní zkrácení nitě zatkáním)
s^2		Rozptyl
T	N	Tečná síla
t	m	Tloušťka tkaniny
T	tex	Jemnost nitě
v		
v		Variační koeficient
W	J	Energie, práce
$\bar{x}$		Aritmetický průměr
x, y	-	souřadnice
β	rad	Úhel směru změny směru vedení nitě, úhel
γ	Rad	Úhel zvlnění ve tkanině
ε	$(l-l_o)/l$	Relativní změna rozměru

μ		Zaplnění plošné textilie
ξ	h/H	Relativní zvlnění nitě ve tkanině
σ	Pa, N m^{-2}	Napětí
Obr.		Obrázek
Tab.		Tabulka
ba		Bavlna
tj.		To je
apod.		A podobně
Např.		například

Obsah:

1 ÚVOD 10

2 POPIS STRUKTURY 11

2.1 STRUKTURA A VLASTNOSTI TEXTILIE 11
2.2 GEOMETRICKÉ PARAMETRY STRUKTURY 11
2.3 GEOMETRICKÝ MODEL STRUKTURY TKANINY 12

3 DEFORMAČNÍ VLASTNOSTI 13

3.1 DEFINICE DEFORMACE 13
3.2 DEFORMACE PŘI NAMÁHÁNÍ TAHEM 13
3.2.1 Mechanismy deformace tkaniny 13
3.2.1.1 Protažení nitě 14
3.2.1.2 Deformace průřezu 15
3.2.1.3 Zkosení úhlu mezi osnovou a útkem 16
3.2.1.4 Změna zvlnění 17
3.3 ZPŮSOBY DEFORMACE PLOŠNÝCH TEXTILIÍ 18
3.3.1 Klasifikace způsobů deformace 18
3.3.2 Deformace tahová - jednoosé zatížení tkaniny 18
3.3.3 Rovinná a prostorová deformace 20

4 VNITŘNÍ TŘENÍ 21

5 PEVNOST A TAŽNOST TKANINY 22

5.1 HLAVNÍ ZDROJE DEFORMACE TKANINY 22
5.2 SMĚROVÁ PEVNOST A TAŽNOST TKANINY 22
5.3 PEVNOST TKANINY 23
5.4 TAŽNOST TKANINY 24

6 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST 26

6.1 POPIS UNIVERZÁLNÍHO PŘÍSTROJE INSTRON 4411 26
6.2 POSTUP MĚŘENÍ 27
6.3 EXPERIMENTÁLNÍ TKANINY: 28
6.3.1 Měření a diskuse výsledků pro Tkaninu A 28
6.3.2 Měření a diskuse výsledků pro Tkaninu B 33
6.3.3 Měření a diskuse výsledků pro Tkaninu C 37

7 ZÁVĚR 44

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 46

1 Úvod

Textilie je velmi komplikovaný systém s určitou vnitřní strukturou, od níž můžeme odvodit její chování a vlastnosti. Je nositelkou vlastností a bez jejího chápání nebudeme schopni pochopit resp. předpovídat ani chování zkoumaného objektu. Parametrem struktury je např. tloušťka textilie, stejně tak ale může být považována za vlastnost a mnohé další vlastnosti významně ovlivňuje.

Tato bakalářské práce se zabývá vnitřním třením, hysterezí, tažností a pevností textilie. V její první části se zaměřím na popis struktury tkaniny, vnitřního tření a vliv tohoto tření na deformační vlastnosti, tj. na pevnost a tažnost textilie. Deformace tkanin souvisí s posouváním se příze po přízi a s její deformací v malých oblastech. Všechny formy deformace přízí jsou spojeny se změnami pozic vláken v kontaktních bodech – ty také nejsou plně elastické. Tyto procesy jsou spojeny s vysokým podílem energetických ztrát. Důvodem je vnitřní tření. Není výjimkou, když se v deformačním cyklu ztratí víc než polovina vložené energie. Vnitřní tření je i příčinou toho, že se hystereze vyskytuje i u velmi krátkého deformačního cyklu, tj. že Hookův zákon často neplatí ani pro samotný začátek deformační křivky.

V experimentální části se zaměřím na tkaniny s různými vazbami, jemnostmi, dostavou osnovy a útku. Hystereze tkanin byla měřena ve směru osnovy, útku a diagonály při různých délkách i rychlostech cyklu. Průměrné hodnoty hystereze jsem dále porovnávala v uvedeném procentu tažnosti.

2 Popis struktury

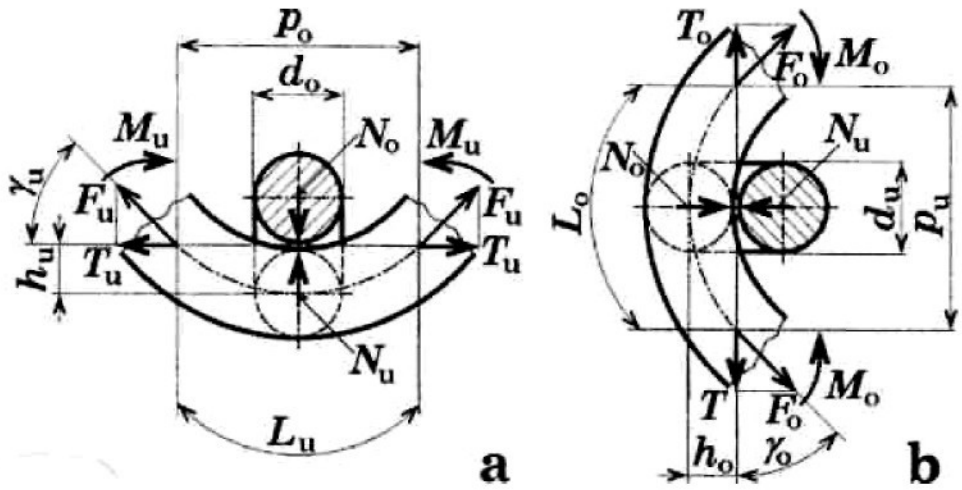
2.1 Struktura a vlastnosti textilie

Struktura může být především také jako struktura vztahová, která popisuje i relace mezi součástmi zkoumaného celku na různých úrovních. Vztahová struktura je tedy reprezentována především mechanickým kontaktem, tj. silovým působením mezi tělesy (normálové a tečné síly, momenty). Mezi těmito součástmi vzniká vnitřní tření.

Tkanina je oproti pletenině tvarově stabilnější. Může se nacházet v různých stavech, lišících se i obsahem deformační energie a mající rozdílný sklon ke geometrickým změnám. U tkaniny se zpravidla modeluje geometrie tzv. vazné vlny - osy nitě ve strukturálním elementu.

2.2 Geometrické parametry struktury

Ke vstupním (tj. nezávisle proměnným) parametrům patří především geometrické parametry související s nití (průměr d a délka l nitě ve strukturální jednotce. Pro tkaninu lze parametry popsat např. pomocí vektoru parametrů provázání, který má geometrickou a silovou část. Parametry jsou pro jeden vazební prvek plátnové vazby znázorněny na obr.1. Uveden je případ se stejnými průměry i roztečemi osnovních a útkových nití. Dále je předpokládána tzv. vyrovnaná tkanina, u které se tečné roviny dotýkají povrchu osnovních i útkových nití, a to na obou stranách textilie.

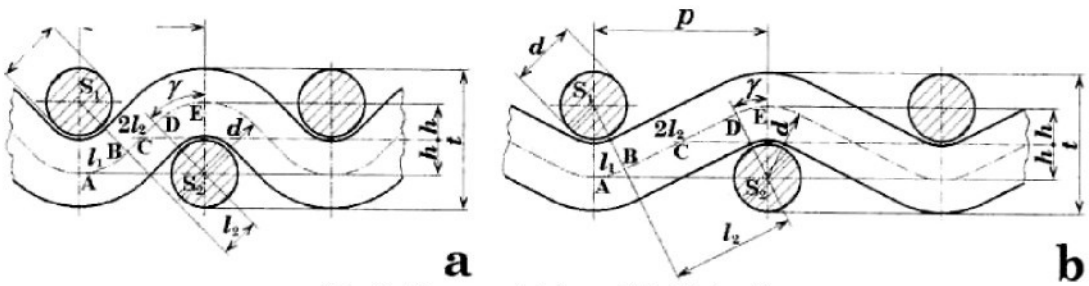


Obr. 1. Schéma vazného prvku (strukturální buňky) tkaniny.

Na rozhraní sousedních prvků může na nitě obecně působit axiální tahová síla F, její složka do roviny tkaniny je označena T (tečná složka). V niti dále působí ohybový moment M, který ale na rozhraní sousedních prvků bude mít nulovou hodnotu (jedná se o inflexní bod s nulovou křivostí). V místě kontaktu obou provazujících nití působí normálová síla N, která je pro oba směry stejná, tj. $N_o = N_u$. Ve skutečnosti se ovšem jedná o výslednici napětí, působícího mezi útkovou a osnovní niti v tlakové plošce. /1/

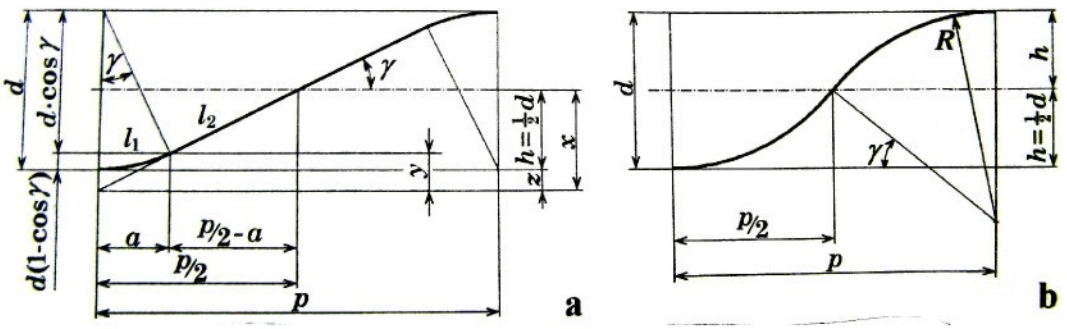
2.3 Geometrický model struktury tkaniny

Oblouk - úsečka (Peirce)



Obr.2. Geometrický model (Peirce).

Klasický jednoduchý model předpokládá, že průřez nitě je kruhový a tvar osy nitě ve vazném prvku je složen z kruhového oblouku a úsečky (pro osnovu i útek). Na obr.2 je nakreslen pro dvě různé dostavy (a větší, b menší) nití při stejném průměru nití osnovy a útku a při tzv. uspořádání $(p_o=p_u)$. Úseky l_1, l_2 jsou ve vazném prvku (vlně) obsaženy dvakrát. Výška (amplituda) vazné vlny je h, úhel zvlnění γ. Budeme předpokládat čtvercovou vyrovnanou tkaninu $(p_o = p_u = p, d_o = d_u = d, h_o = h_u = h)$, takže tloušťka tkaniny bude odpovídat dvojnásobku průměru nitě $t = 2d$



Obr.3. Schéma osy nitě modelu oblouk – úsečka a oblouk – oblouk.

3 DEFORMAČNÍ VLASTNOSTI

3.1 Definice deformace

Deformace je definována jako změna původního tvaru. Obecně může být deformace materiálu buď vratná (elastická) nebo nevratná (plastická) – spojená s přeměnou mechanické energie na tepelnou. Ve větší či menší míře tedy zahrnuje následující tři typy deformačních jevů /7/:

- elastické
- viskózní
- plastické

Platí: $\varepsilon_{celk} = \varepsilon_{pl} + \varepsilon_{vis} + \varepsilon_{el}$

Elastická deformace (pružná) - Je okamžitá, časově nezávislá, dokonale vratná.

Plastická deformace (třecí) - Je dokonale nevratná (trvalá, není funkcí času).

- Tření pevných těles(smykové tření).

Viskózní deformace - Je funkcí rychlosti(souvisí s třením tekutin).

Viskoelastická deformace - Časově zpožděná za podnětem – narůstá v průběhu doby zatížení a po odlehčení postupně mizí opět v časové závislosti. Je složená ze dvou současně probíhajících složek – viskózní (časově závislé) a elastické (časově nezávislé).

3.2 Deformace při namáhání tahem

3.2.1 Mechanismy deformace tkaniny

Při tahovém namáhání tkaniny se uplatňuje více deformačních mechanismů: změna zvlnění, protažení nitě, deformace tvaru a plochy průřezu a změna úhlu mezi nitěmi /8/. Míra jejich uplatnění a podílu na výsledné deformaci tkaniny závisí na vlastnostech nitě, počáteční struktuře tkaniny a na směru zatěžování. Tyto tři faktory přitom spolu souvisí. Řídce dostavená tkanina s malým zvlněním nití bude mít ve směru osnovy a útku nízkou tažnost, danou převážně tažností nití, zatímco v diagonálním směru se ve velké míře uplatní zkosení. U více hustě dostavené tkaniny se bude moci

více uplatnit napřímení nití při osovém tahu, zatímco zkosení v šikmých směrech deformace bude omezována tlakem sousedních nití.

Jednotlivé deformační mechanismy se na deformaci tkaniny mohou podílet přímo, nebo nepřímo. Přímá funkce spočívá v tom, že příslušná změna struktury, např. napřímení nití, se projeví prodloužením tkaniny. Nepřímé působení umožňuje, aby se projevil jiný deformační mechanismus, tedy např. zvlnění příčné soustavy umožní napřímení nití orientovaných ve směru zatěžování. Z uvažovaných mechanismů deformace mohou mít přímou i nepřímou funkci všechny s výjimkou deformace průřezu; změna jeho plochy nebo tvaru je důležitým faktorem, nemůže však sama o sobě vést k protažení tkaniny.(přímou funkci by měla např. při stlačování tkaniny působením normálové síly).

Rovněž obě soustavy nití hrají odlišnou roli při deformaci tkaniny. Určující pro výslednou deformaci je zpravidla soustava méně skloněných nití, zatímco druhá soustava se přizpůsobuje tlaku vyvolanému ve vazných bodech deformací průřezů a zvětšením svého zvlnění, a tím nepřímo napomáhá většímu protažení tkaniny./5/

3.2.1.1 Protažení nitě

Protažení nitě není podmíněno ostatními deformačními mechanismy; jeho velikost závisí na velikosti působící osové tahové síly, na materiálu a struktuře nitě. Závislost relativního protažení nitě ε_{rp} na působící osové síle F_{ax} lze získat na základě tahové pracovní křivky nitě. Nejjednodušší vyjádření závislosti $\varepsilon_{rp} = \varepsilon_{rp}(F_{ax})$ pomocí matematické funkce je lineární aproximace na základě znalosti tažnosti a pevnosti nitě. Tažnosti nitě ε_p odpovídá jejímu relativnímu protažení ε_{rp} v okamžiku přetrhu a je definován vztahem

$$\varepsilon_p = \frac{l_p - l_0}{l_0}, \tag{3/1}$$

kde l_p je délka nitě při přetrhu a l_0 je původní délka nitě bez vloženého napětí. Pevnost nitě F_p je síla potřebná k přetržení nitě, tedy

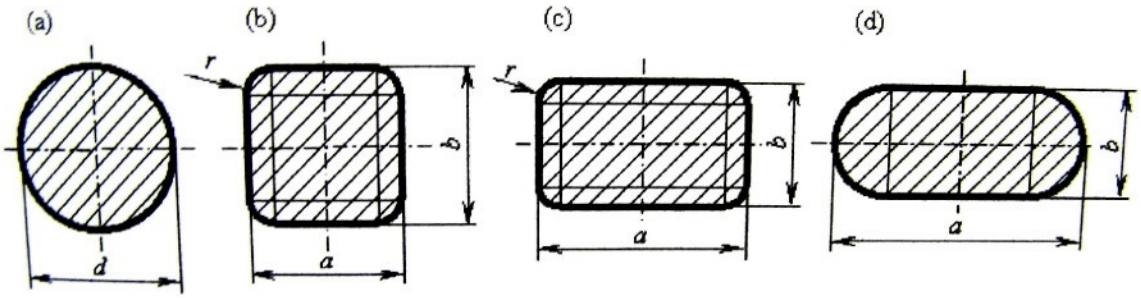
$$F_p = F_{ax}(\varepsilon_{rp} = \varepsilon_p). \tag{3/2}$$

Tahová křivka je vyjádřena pomocí lineární aproximace má tvar

$$F_{ax} = \frac{F_p}{\varepsilon_p} \cdot \varepsilon_{rp} . \qquad (3/3)$$

3.2.1.2 Deformace průřezu

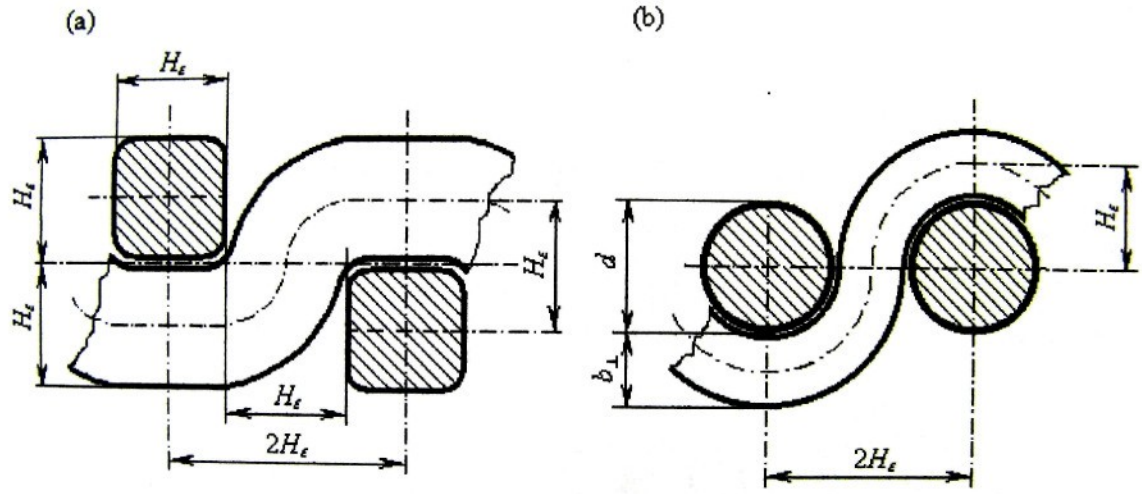
Velikost a tvar průřezu nitě je limitujícím faktorem změny zvlnění a zkosení úhlu. Na deformovatelnosti průřezu tedy závisí i výsledné protažení tkaniny. Určení velikosti a tvaru průřezu v závislosti na směru namáhání může vycházet z Backerovy úvahy /8/, že při namáhání v hlavních směrech dochází ke zhuštění nití, tedy ke zvýšení jejich zaplnění, a průřezy nití napínané soustavy přitom získávají kruhový tvar, zatímco průřezy příčných nití se zplošťují. Pro diagonální směr namáhání lze použít předpoklad /2/, že průřezy nití zaujímají čtvercový tvar.



Obr. 4. Průřez nitě při deformaci tkaniny na mez tažnosti zaujímá různé tvary v závislosti na směru zatížení. Pokud je nit orientovaná ve směru deformace tkaniny, je její průřez kruhový (obr.a), při diagonální deformaci má tvar čtverce se zaoblenými rohy(vrcholy) obr.b, tvar se pak mění přes obdélníkový (obr.c) na zploštělý (obr.d), který pak odpovídá namáhání kolmo k orientaci nitě.

Při velké deformaci dochází ke změně tvaru průřezu nebo ke zploštění nití (pomocí přítlačné síly), tedy u hodně napínané příze se uvnitř posouvají vlákna po vláknech a příze se nevratně prodlouží, tj. projev vnitřního tření.

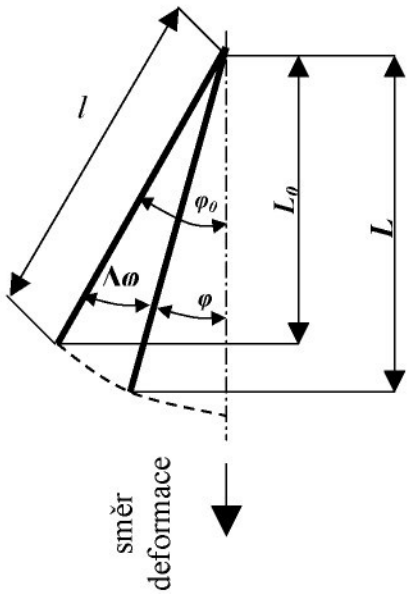
Malá deformace by měla být pružná, při níž ještě nemusí dojít k projevům vnitřního tření ve tkanině.



Obr.5. Při diagonálním namáhání (obr.a) mají kolmé průřezy zhruba čtvercový tvar. Při namáhání ve směru osnovy (obr.b) se musí útek maximálně zvlnit, takže tvar jeho osy je složen z půloblouků. Vzdálenost os ve vazném bodě má v obou případech stejnou hodnotu H_ε, rozteč odpovídá dvojnásobku vzdálenosti os.

3.2.1.3 Zkosení úhlu mezi osnovou a útkem

Ke zkosení úhlu dochází při tahovém namáhání v šikmých směrech a v počáteční fázi nemusí být doprovázeno výraznými změnami geometrie průřezů nebo os. V tom případě je odpor proti deformaci dán převážně působením třecích sil a lze tedy očekávat nízké hodnoty počátečního modulu. Při zkosení dochází ke zmenšování rozteče nití. Přiblížení os nití je omezeno doformovatelnosti průřezu a silně závisí na druhu tkalcovské vazby. Vazby s malým množstvím provazujících úseků umožňují větší přiblížení nití a tím i větší zkosení tkaniny.

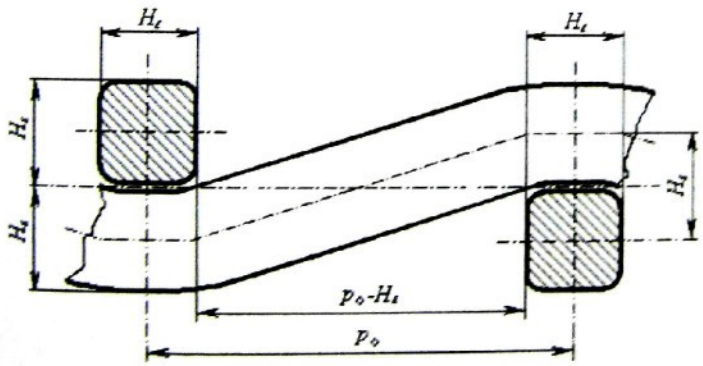


Obr. 6. Změna úhlu mezi nití délky l a směrem deformace z hodnoty φ_0 na φ způsobí protažení tkaniny z hodnoty L_0 na L.

3.2.1.4 Změna zvlnění

Zvlnění je změna osy nitě, vyvolaná provázáním osnovy a útku a má obvykle periodický charakter. Délka nitě l_{nt} vložená ve tkanině je větší než odpovídající délka tkaniny l_{tk}, vztah těchto délek popisuje veličina setkání s, definovaná vztahem:

$$s = \frac{l_{nt} - l_{tk}}{l_{tk}} = \frac{l_{nt}}{l_{tk}} = -1 \qquad (3/4)$$



Obr. 7.

Obr. 7. Čtvercová tkanina protažená na úroveň tažnosti při diagonálním namáhání. Průřezy mají čtvercový tvar. Nitě jsou maximálně protažené a napřímené. Vzdálenost os *H*, odpovídá šířce i tloušťce nitě.

3.3 Způsoby deformace plošných textilií

3.3.1 Klasifikace způsobů deformace

Deformace může být:

a) **Tahová**

- při jednoosém zatížení
- při dvouosém (biaxiálním) zatížení

b) **Ohybová**

- působení ohybového momentu,
- vzpěr (tlak přechází v ohyb).

c) **Smyková** (tečné napětí)

d) **Příčné stlačení**

3.3.2 Deformace tahová - jednoosé zatížení tkaniny

Deformace tkanin může probíhat mnoha rozdílnými způsoby. Jeden z možných způsobů je, že textilii budeme zatěžovat v polovině cyklu (tj. do přetrhu, cyklus nelze dokončit), v celém cyklu (zatížení a odlehčení, kde je možné sledovat i schopnost zotavení – pružnost tkaniny).

a) **polovina cyklu** – jednoosé namáhání

Průběh závislosti směrové deformace tkaniny na napětí má tři charakteristické části.V první části už při malých změnách je velký přírůstek deformace. Počátek křivky je téměř rovnoběžný s osou deformace. Tento růst strmosti deformační křivky je způsobován tvarovou deformací (změnou geometrie) a zároveň posuvem vazných bodů (tj. míst vzájemného kontaktu nití) po nitech.

Ve třetí části bylo již prakticky dosaženo maximální možné tvarové deformace nitě i maximálního možného posuvu vazných bodů, takže se v této nejstrmější části

křivky začíná výrazněji uplatňovat i délková deformace zatkané nitě. Na konci této části začíná destrukce tkaniny, která pokračuje až do úplného přetržení.

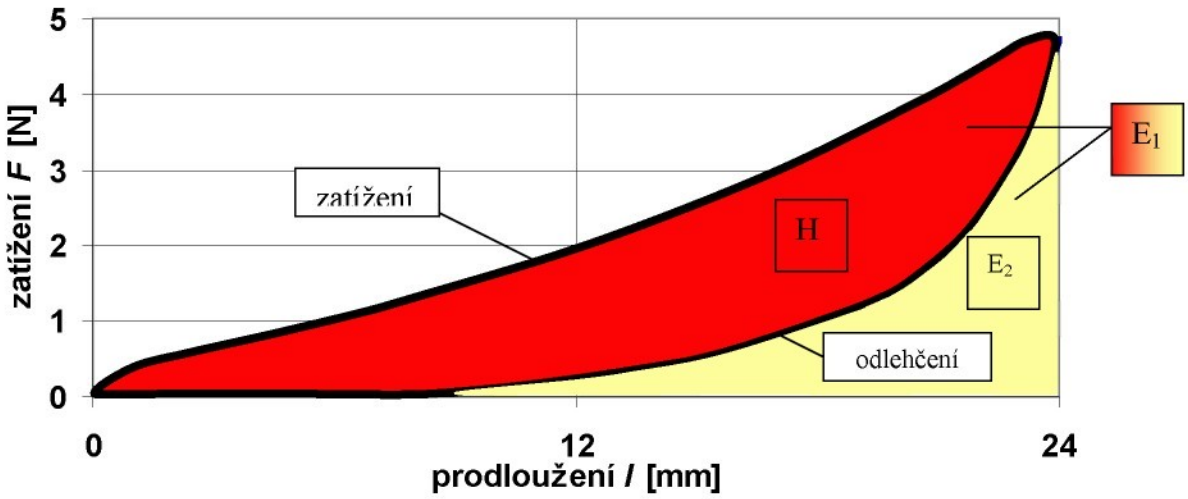
Zde se uplatňuje vnitřní tření, je zde vložena energie, ale při experimentu nejsme schopni posoudit.

b) celý cyklus (graf 1)

U celého cyklu zatížíme tkaninu skokem konstantní silou, která odpovídá určitému podílu pevnosti tkaniny. Napětí necháme působit určitou dobu, pak tkaninu odlehčíme. Tkanina se deformuje na hodnotu deformace ε_2.

Po odlehčení se tkanina zkrátí na hodnotu deformace ε_3 (projev pružné složky deformace).

Křivka hystereze celého cyklu



Graf 1. Příklad křivky hystereze.

relativní hystereze $$H = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \cdot 100\%$$

V grafu 1 je příklad křivky hystereze, kde H(červená plocha) je absolutní hystereze, která má rozměr energie (práce $W = F \cdot s$).Plocha E_1 představuje červenou i žlutou plochu a E_2 představuje plochu žlutou.

c) více cyklů (graf 8)

Vlákna v přízi se mnohonásobně posouvají. Více cyklů může vést k destrukci (poškození vláken).

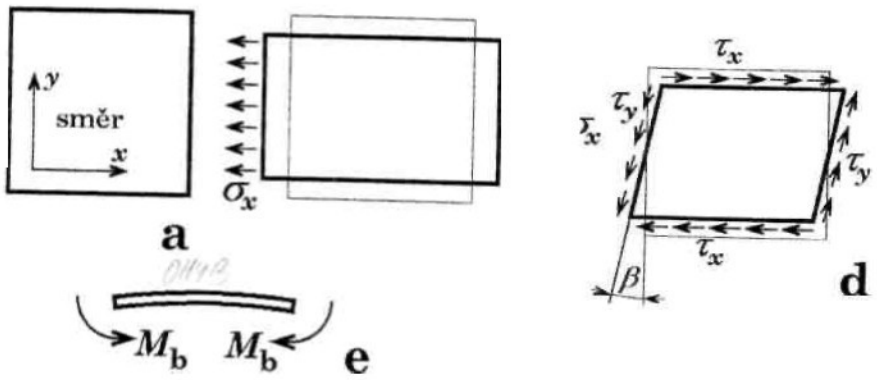
3.3.3 Rovinná a prostorová deformace

Vlivem silového působení, může dojít k rovinné i prostorové deformaci textilie. I při jednoosém tahovém zatížení mění vzorek textilie o rozměrech A_x a A_y oba rozměry (může se jednat i o šířku a výšku vazného prvku textilie; x může odpovídat směru útku , y směru osnovy), viz obr.č.8a. Pokud se např. rozměr A_x prodlouží působícím napětím o Δ_x, kolmý rozměr se zpravidla zkrátí o Δ_y. Relativní změnu rozměrů lze definovat:

$$\varepsilon_x = \frac{A_x + \Delta_x}{A_x} \quad \text{a} \quad \varepsilon_y = \frac{A_y + \Delta_y}{A_y} \tag{3/5}$$

Tzv. Poissonův poměr příčné kontrakce je definován jako poměr záporného relativního prodloužení ve směru kolmém na zatížení ε_y (fakticky je to zkrácení, ε_x má zápornou hodnotu a μ_x bude kladné) k relativnímu prodloužení v zatíženém směru ε_x, tj.:

$$\mu_{xy} = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x}. \tag{3/6}$$



Obr. 8. Formy rovinné deformace.

Zvláštním případem biaxialního namáhání je protahování textilie v jednom směru při zachování původní rozměru ve směru kolmém (k tomu je zapotřebí určitého napětí).

Při působení smykového napětí (obr.d) se textilie deformuje především zkosením (změnou uhlu mezi nitěmi). Zde můžeme použít variantu Hookova zákona pro smyk $\beta=\tau/G$. Odpor textilie proti zkosení G nebude konstantou. Při vetší smykové deformaci dojde ke zvlnění textilie, což už znamená její prostorovou deformaci. Na obr.e je znázorněn ohyb textilie.

Pokud se tkanina ve směru osnovy bude při namáhání tahem (v jednom směru) posouvat po útku nebo naopak útek po osnově, vzniká zde vnitřní tření, které je ale menší než ve směru diagonály u níž dochází ke změně úhlu (natáčení přízí).Je zde větší třecí plocha.

4 Vnitřní tření

Tření nití se uplatňuje při výrobě i používání plošné textilie. Jedná se o tření o kovové, keramické apod. materiály, a také o tření nitě o nit. Na třecí poměry může mít vliv i směr axiálního pohybu nitě, tření nitě může být anizotropní. Tření nití tedy významně ovlivňuje technologický proces i vlastnosti výsledné textilie.

Obecně a u textilie zejména tudíž platí, že se mechanická energie mění na tepelnou nejen na povrchu v místě kontaktu vzájemně se posouvajících těles, ale i uvnitř textilie samotné. Existuje tedy protějšek v povrchovém tření, kdy dochází k přeměně energie:

a) **Třením mezi vlákny v niti**.
b) **Třením uvnitř vláken** tj. viskózními a plastickými složkami deformace vláken. Analogicky je z hlediska plošné textilie vnitřním třením i posuv nití ve vazných bodech. Vnitřní tření se uplatňuje při deformaci (prakticky jakékoliv) textilie. /4/

5 Pevnost a tažnost tkaniny

5.1 Hlavní zdroje deformace tkaniny

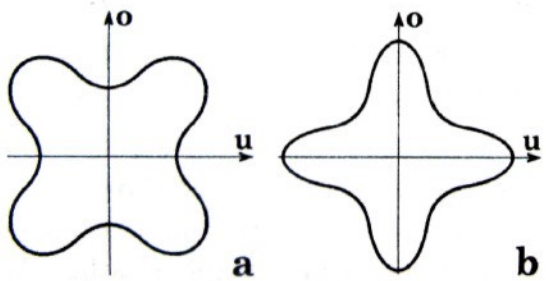
Tkaniny, pleteniny i netkané textilie jsou z hlediska tahové deformace výrazně anizotropní a mnohdy mají svoji typickou polární charakteristiku. Tkaniny jsou tažnější v diagonálním směru nežli ve směru osnovy nebo útku. Výsledky experimentů jsou ale zkreslené především proto, že při malé šířce trhaného vzorku jsou podmínky pro různé směry jiné. Pro diagonální směr vychází menší pevnost, nežli odpovídá počtu a pevnosti nití, což může mít za důsledek i změnu tažnosti. Při diagonálním namáhání tkaniny dochází dále k větší příčné kontrakci a tím k větší pravděpodobnosti přetrhu v místech koncentrace napětí v čelistech. Tažnost tak vlastně zjišťujeme při menším zatížení většiny plochy vzorku nežli při působení zatěžovací síly v hlavních směrech.

5.2 Směrová pevnost a tažnost tkaniny /3/

Obecně je tažnost definována jako schopnost materiálu měnit svůj tvar vlivem vnějších zatěžujících sil ve směru jejich působení. Tažnost je dána prodloužením (protažením) vzorku zjištěném při přetržení a vyjádřené v procentech upínací délky.

Pevnost má dvě očekávaná maxima v podélném a příčném směru, ale často ještě blízko diagonály.

Polární diagram tažnosti, počátečního modulu deformace a pevnosti popisuje anizotropii těchto vlastností, tj. jejich závislost na směru, obr. 9. Např. 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. 9a.



Obr. 9. Polární diagram tažnosti a počátečního modulu tkaniny.

Naopak modul počáteční deformace (nazývaný modulem pružnosti) tj. koeficientu úměrnosti K ve vztahu $\sigma = K \cdot \varepsilon$ pro $\varepsilon \rightarrow 0$ (K obecně není konstanta) bude pro směr osnovy a útku větší, nežli pro směry ostatní, obr. 9b. /1/

5.3 Pevnost tkaniny

Pevnost je síla, potřebná k porušení textile jednotkové šířky. Pevnost při namáhání ve směru osnovy nebo útku závisí především na pevnosti odpovídajících nití a na jejich hustotě -dostavě D_o, D_u. Nebude ale odpovídat pouhému součtu pevností nití, uložených ve směru namáhání, např. koeficientem využití pevnosti Kvp (7/1). Ten může být menší, ale i větší nežli 1.

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

a) **Nestejnoměrnost 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 nestejnoměrnost. 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.

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

$$F_{\text{p-o,u}} = D_{\text{o,u}} \cdot F_{\text{N}} \cdot K_{\text{VP}} \qquad (7/1)$$

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.

5.4 Tažnost tkaniny

Za tažnost 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.

Při modelovém stanovení tažnosti tkaniny ve směru osnovy nebo útku budeme předpokládat, že délka nedeformované nitě ve vazném prvku je l_0 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. Při namáhání tkaniny na mez pevnosti deformace průřezu nití zpravidla dovolí jejich napřímení. Reálná tkanina s nitěmi, jejichž pevnost, tažnost, průměr apod. kolísá, bude mít tažnost při přetržení menší, neboť se díky nestejnoměrnostem začne trhat dříve, nežli se všechny nitě prodlouží až na mez své tažnosti.

Vazební prvek se prodlouží z hodnoty p_u na $l_o \cdot (1+\varepsilon_n)$ pro napínání ve směru osnovy a z hodnoty p_o na $l_o \cdot (1+\varepsilon_n)$ pro deformaci ve směru útku. Pro stanovení tažnosti tkaniny tak získáme vztahy:

$$\varepsilon_o = \frac{l_o \cdot (1+\varepsilon_n) - p_u}{p_u} = l_o \cdot (1+\varepsilon_n) \cdot D_u - 1, \; \varepsilon_u = \frac{l_u \cdot (1+\varepsilon_n) - p_o}{p_o} = l_u \cdot (1+\varepsilon_n) \cdot D_o - 1 \tag{7/2}$$

Poměr l_o/p_u nebo l_u/p_o lze snadno zjistit, pokud známe tzv. setkání tkaniny tj relativní zkrácení nitě jejím zvlněním po zatkání. S použitím našich parametrů je setkání ε_s definováno jako

$$\varepsilon_{so} = \frac{l_o - p_u}{p_u} \quad \text{a} \quad \varepsilon_{su} = \frac{l_u - p_o}{p_o} \tag{7/3}$$

Pevnost i tažnost za sucha a za mokra se od sebe mohou značně lišit. Příčinou je vliv vody na řadu vlastností většiny textilních vláken (pevnost, třecí vlastností, deformační vlastností, geometrie apod.).

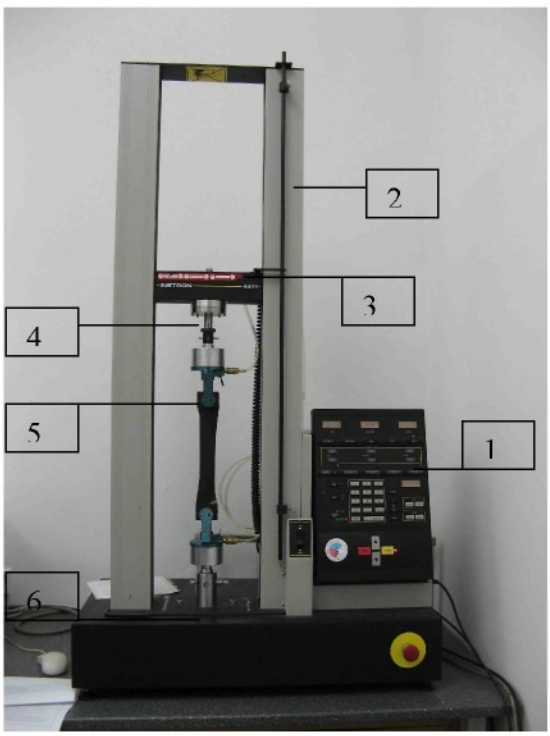
6 Experimentální část

Experiment je založen na zkoušce tažnosti, pevnosti a zjištěné hysterezi (tj. přeměna mechanické energie na tepelnou). Diagonální směry mají vždy větší energetické ztráty, neboť zde vzniká větší tření změnou úhlu mezi osnovou a útkem.

6.1 Popis univerzálního přístroje Instron 4411

K měření hystereze, pevnosti a tažnosti jsem použila dynamometr INSTRON 4411 na obr.10, který umožňuje univerzální zkoušení textilie. Přístroj je určen k zjišťování mechanických vlastností délkových a plošných textilií. Lze realizovat jednoosé namáhání tlakem, tahem a ohybem.

Přístroj se skládá ze dvou hlavních částí, řídící skříně (1) a zařízení pro zatěžování vzorků (2). Zatěžovací zařízení je tvořeno příčníkem (3), na kterém je nasazena snímací hlava (4) s horní upínací čelistí (5). Snímací hlava je v podstatě čidlem síly a délkových změn a je propojena s řídící skříní. Kromě horní upínací čelisti je zapotřebí i dolní upínací čelist (6). Čelist musí být volena podle parametrů vzorku a požadované zkoušky. Zapsání a vyhodnocení deformačních vlastností provádí počítač připojený k samostatnému přístroji.



Obr. 10. Univerzální zkušební přístroj Instron 4411.

6.2 Postup měření

Pro experiment jsem použila vzorky ze tří tkanin s odlišnými vlastnostmi (tab.č. 1) o velikosti 200x50mm, střihané ve směru osnovy pod úhlem 0°, útku pod úhlem 90° a v diagonále pod úhlem 45°, které se dále klimatizovaly (relaxovaly). Relaxovaný stav –tj. stav, kdy tkanina má minimální množství energie.

Nastavení zkušebního přístroje se provede pomocí dynamometru a zkušebních vzorků, dle změřené tažnosti se nastaví deformace na nějaké procento namáhání (5,10,20 a 40% tažnosti).

Klimatizovaný vzorek se upevní do čelistí zkušebního přístroje s určitou upínací délkou a s nulovým předpětím. Přístroj se uvede do činnosti pomocí počítače, který snímá zatěžující sílu. Ukázky hysterezních křivek viz graf 2, 6, 8, 10.

Pro měření tkaniny A jsem použila různé délky cyklu a rychlosti, viz tab. 2, pro tkaninu B viz tab. 4 (tab. 6 je pro 10 cyklů najednou), pro tkaninu C viz tab. 8.

V tabulkách 3, 5, 7, 9, 10, 11 jsou uvedeny naměřené hodnoty hystereze, průměrné hodnoty, variační koeficient a konfidenční interval (interval spolehlivosti).V grafech jsou průměrné hodnoty s konfidencemi.

Při zpracování naměřených dat byly použity tyto vzorce:

Aritmetický průměr $$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (6/1)$$

Rozptyl $$s^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \qquad (6/2)$$

Směrodatná odchylka $$s = \sqrt{s^2} \qquad (6/3)$$

Variační koeficient $$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\% \qquad (6/4)$$

6.3 Experimentální tkaniny:

Velikost vzorků: 200 x 50mm + 50mm upnutí do čelistí

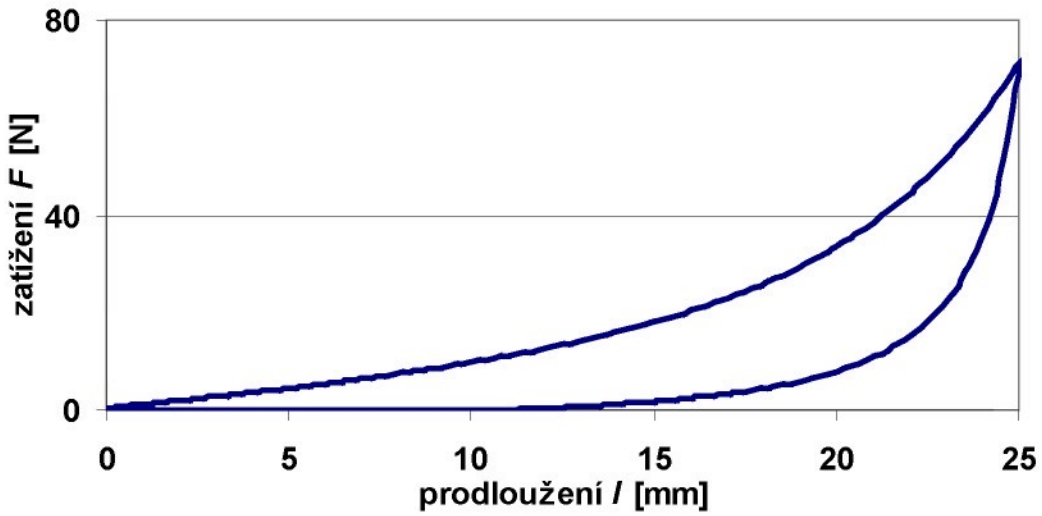
Tab. 1. Popis měřených tkanin.

	Tkanina A	**Tkanina B**	**Tkanina C**
Materiál	100% ba	100% ba	100% ba
Jemnost	To = 60 tex T_u = 63 tex	To = 90 tex T_u = 82 tex	To = 47 tex T_u = 51 tex
Směr zákrutu	Z_o = Z Z_u = Z	Z_o = Z Z_u = Z	Z_o = S Z_u = S
Dostava	D_o=209 nt/10cm D_u=219 nt/10cm	D_o=270 nt/10cm D_u=170 nt/10cm	D_o= 190 nt/10cm D_u= 180 nt/10cm
Vazba	Kepr 2/2 cirkas	Kepr 3/1 Jade	Plátno

6.3.1 Měření a diskuse výsledků pro Tkaninu A

Pro měření byly použity 2ks vzorků ve směru osnovy, útku a 4 ks vzorků ve směru diagonály. Použité rychlosti a délky cyklu jsou uvedeny v tab. 2.

Příklad křivky hystereze tkaniny A



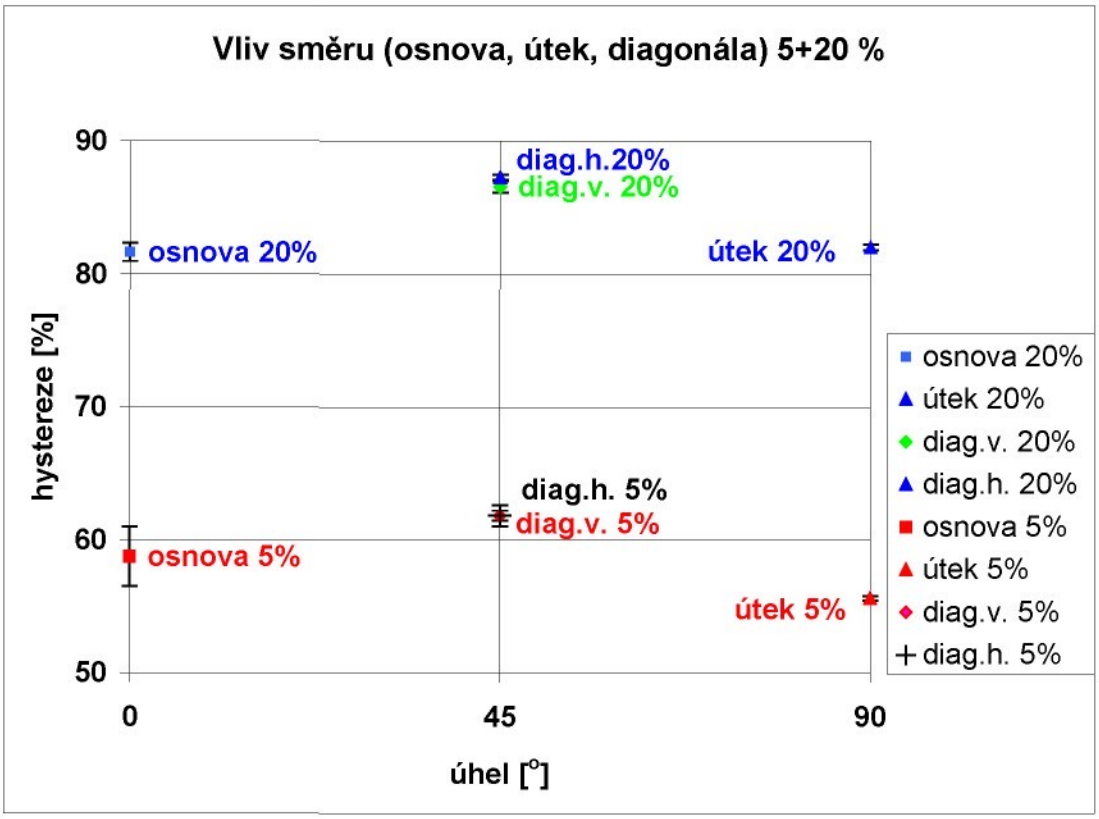
Graf 2. Zatížení na směr osnovy.

Tab. 2. Přehled použitých délek cyklů a rychlostí u tkaniny A

	délka cyklu *l* [mm]		rychlost *v* [mm/min]	
% tažnosti	5 %	20 %	5 %	20 %
osnova	0-10-0	0-40-0	10	40
útek	0-10-0	0-40-0	10	40
diagonála	0-25-0	0-100-0	25	25

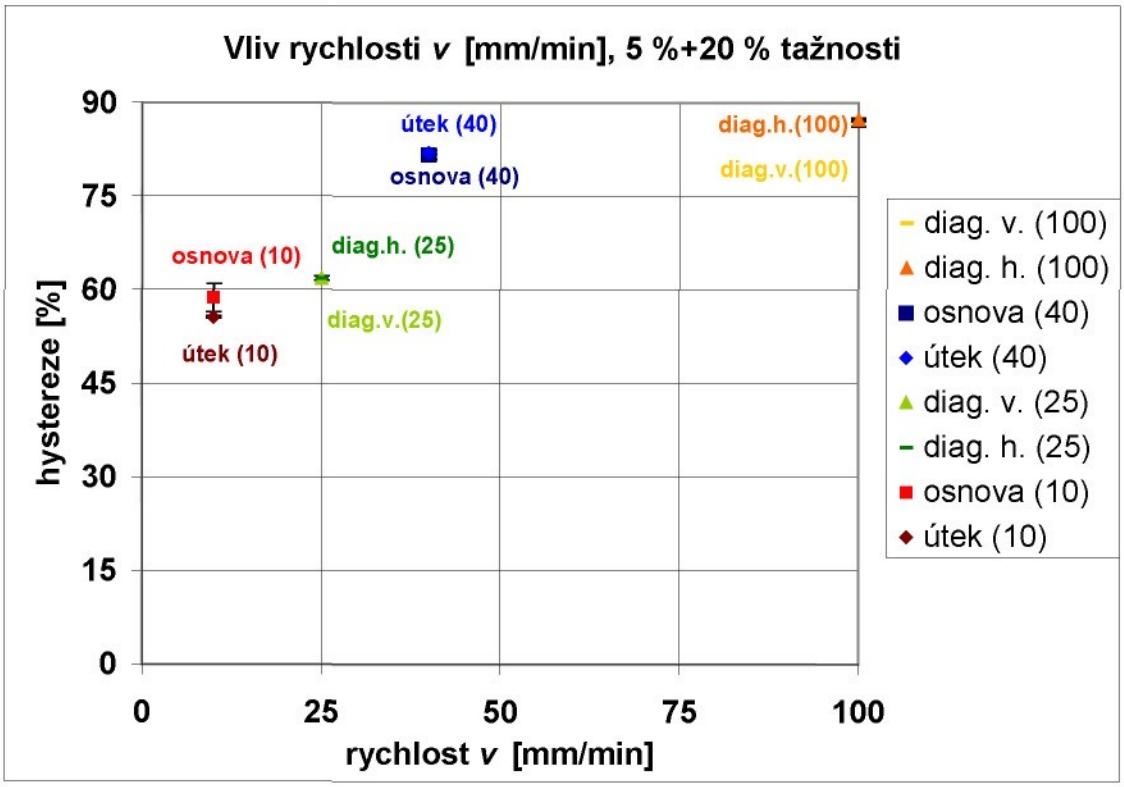
Tab. 3. Naměřené hodnoty hystereze tkaniny A

	5% tažnosti				20% tažnosti				Průměr $\overline{x}$		Směrodatná odchylka		Konfidenční interval	
									5 %	20 %	5 %	20 %	5 %	20 %
osnova	57,6	59,9	x	x	82,0	81,3	x	x	58,75	81,65	1,626	0,495	2,254	0,686
útek	55,6	55,7	55,4	55,8	82,0	81,7	82,1	82,2	55,63	82,00	0,171	0,216	0,167	0,212
diag. v.	62,4	60,9	61,4	62,6	86,2	86,3	86,6	87,2	61,83	86,58	0,810	0,450	0,794	0,441
diag. h.	61,5	61,6	62,0	62,3	87,3	87,5	87,0	87,3	61,85	87,28	0,370	0,206	0,362	0,202



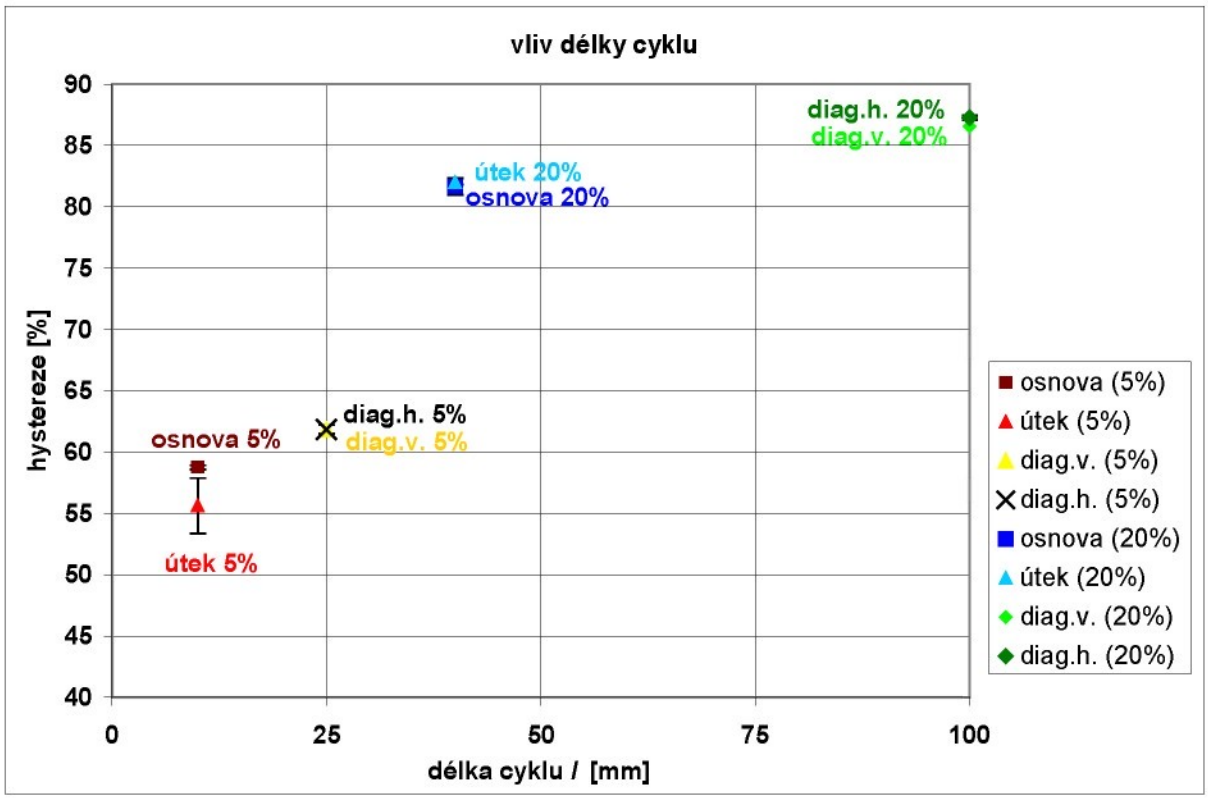
Graf 3. Závislost směru tkaniny na hysterezi, porovnání 5 % a 20 % tažnosti tkaniny.

V grafu 3 jsou průměrné hodnoty hystereze s konfidencemi viz. tabulka č.3. Můžeme zde sledovat vyjádření vlivu směru tkaniny (v osnově pod úhlem 0 °, v útku pod úhlem 90 ° a v diagonálách při 45 °)na hysterezi pro 20 % tažnosti v porovnání s 5 % tažností tkaniny. Největší energetické ztráty jsou ve směru diagonály a naopak nejmenší ve směru útku. Hystereze je patrně větší pro 20 % tažnosti oproti 5 % tažnosti.



Graf 4. Vliv rychlosti na hysterezi, porovnání 5 % a 20 % tažnosti tkaniny.

Graf 4 vyjadřuje závislost rychlosti experimentu (viz. tab. 2) na hysterezi. V grafu vidíme, že čím je větší rychlost, tím hystereze stoupá. Stejně jako v grafu č. 3 jsou energetické ztráty opět větší pro 20 % tažnosti než pro 5 %.



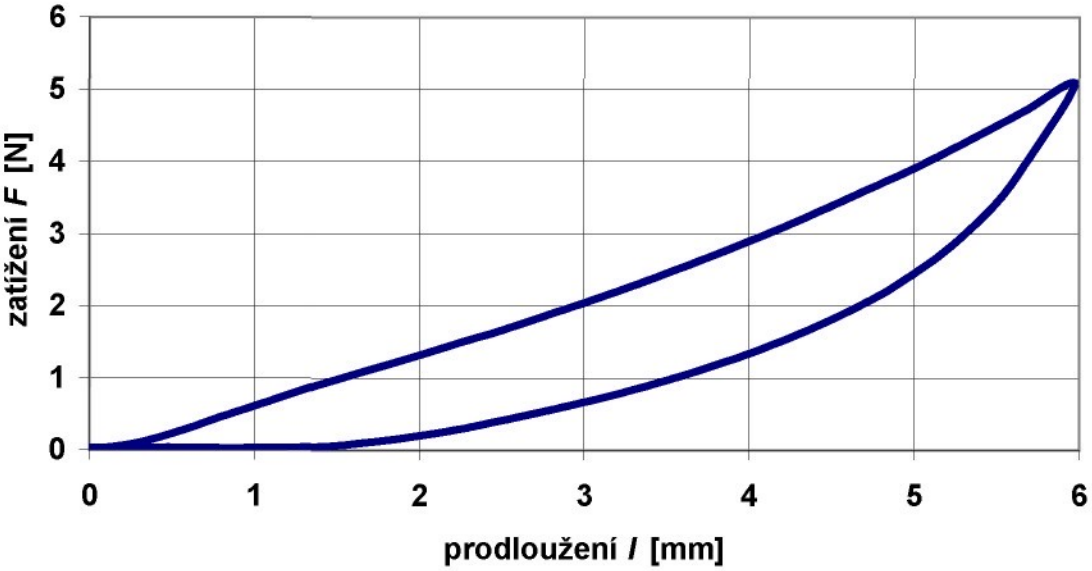
Graf 5. Vliv délky cyklu na hysterezi, porovnání 5 % a 20 % tažnosti.

V grafu 5 je závislost hystereze na délce cyklu(viz. tab. 2). Čím je delší cyklus, tím opět hystereze stoupá. Při 20 % tažnosti jsou ztráty větší. Ve směru diagonály jsou energetické ztráty větší než ve směru útku a osnovy.

6.3.2 Měření a diskuse výsledků pro Tkaninu B

Pro měření bylo použito v každém směru a procentu tažnosti 5 ks vzorků, rychlosti a délky cyklu jsou uveden v tab. 3. Maximální rychlosti pro 10 cyklů najednou jsou v tab.5.

Příklad křivky hystereze tkaniny B



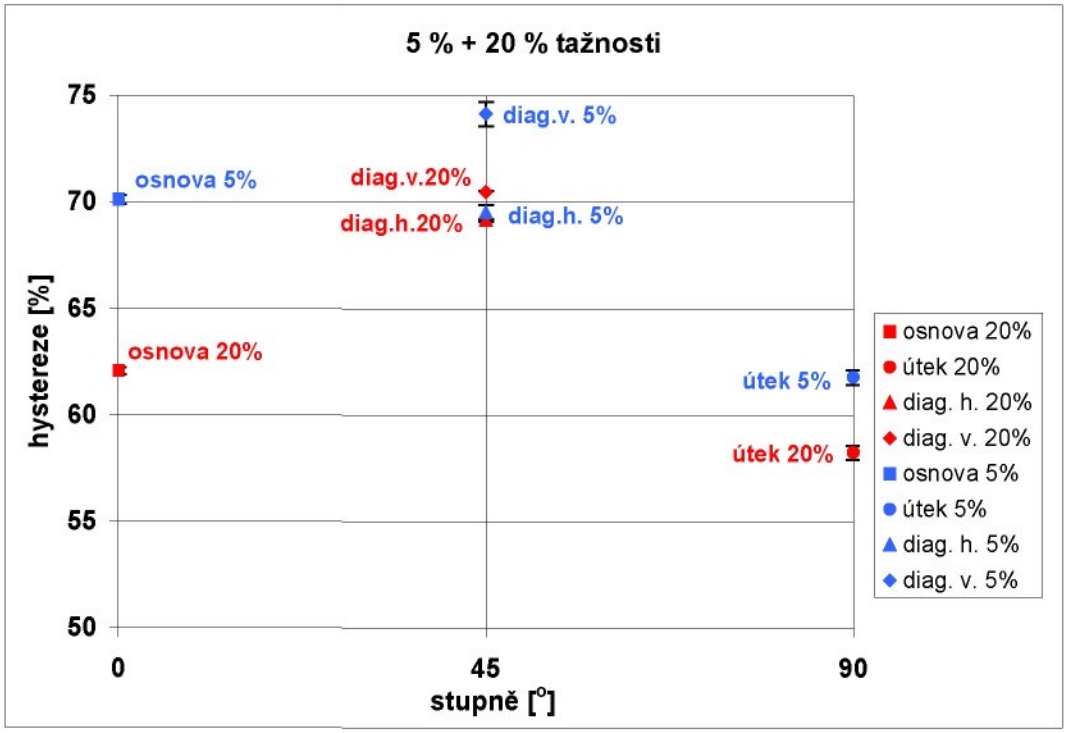
Graf 6. Zatížení na směr útku.

Tab. 4. Přehled použitých cyklů a rychlostí tkaniny B

	Délka cyklu *l* [mm]		rychlost *v* [mm/min]	
% tažnosti	**5 %**	**20 %**	**5 %**	**20 %**
osnova	0-3-0	0-12-0	6	24
útek	0-1,5-0	0-6-0	3	12
Diag. v.	0-4,5-0	0-18-0	9	36
Diag. h.	0-6-0	0-24-0	12	48

Tab. 5. Naměřené hodnoty hystereze tkaniny B

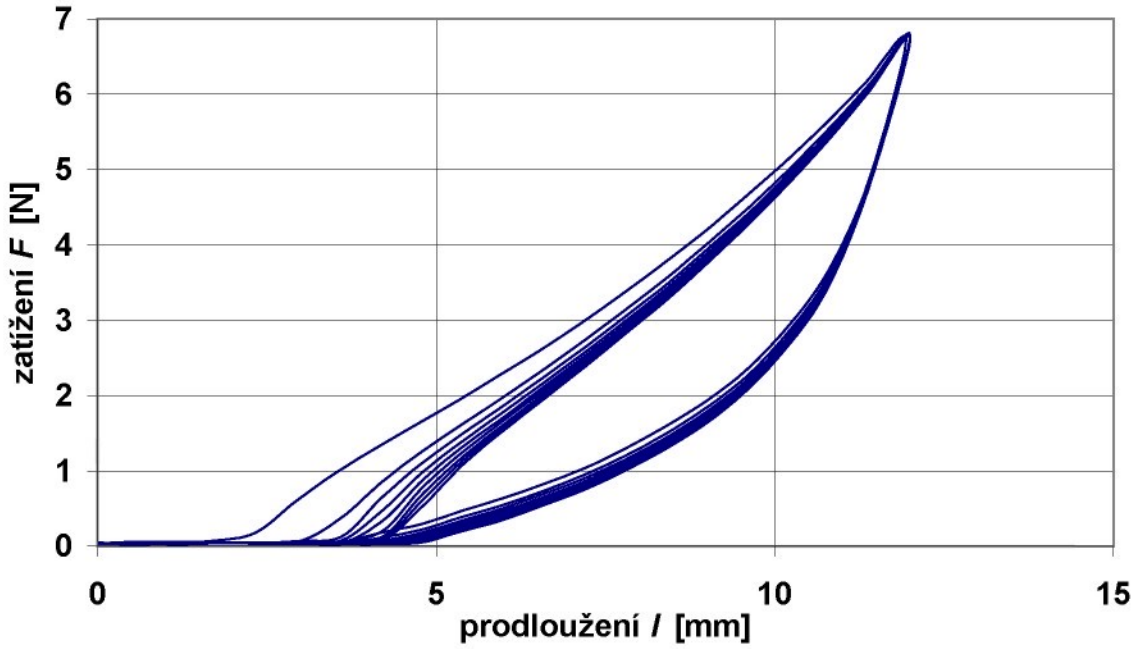
	5% tažnosti					20% tažnosti					Průměr $\bar{x}$		Směrodatná odchylka		Konfidenční interval	
											5%	20%	5%	20%	5%	20%
osnova	69,7	71,1	71,0	69,4	69,4	61,9	63,0	62,1	61,2	62,2	70,1	62,1	0,86	0,65	0,75	0,57
útek	63,4	61,5	61,2	62,9	59,9	59,3	57,3	57,0	59,9	57,7	61,8	58,2	1,40	1,29	1,23	1,13
diag. h.	68,3	67,8	70,8	71,4	69,3	68,9	69,4	69,3	69,4	68,8	69,5	69,2	1,56	0,29	1,36	0,25
diag. v.	69,8	74,9	74,7	75,3	76,1	70,5	70,8	70,2	70,5	70,4	74,2	70,5	2,50	0,22	2,19	0,19



Graf 7. Vyjádření závislosti hystereze na směru tkaniny.

V grafu 7 vidíme závislost hystereze na směru tkaniny v osnově pod úhlem 0 °, v útku pod úhlem 90 ° a v diagonále pod 45 °. Z grafu vyplývá, že směr diagonály pro 20 a 5 % tažnosti jsou téměř stejné.U této tkaniny jsou energetické ztráty větší pro 5 % tažnosti v úhlu 0 ° a 90 °.

Příklad křivky hystereze 10 cyklů najednou tkaniny B



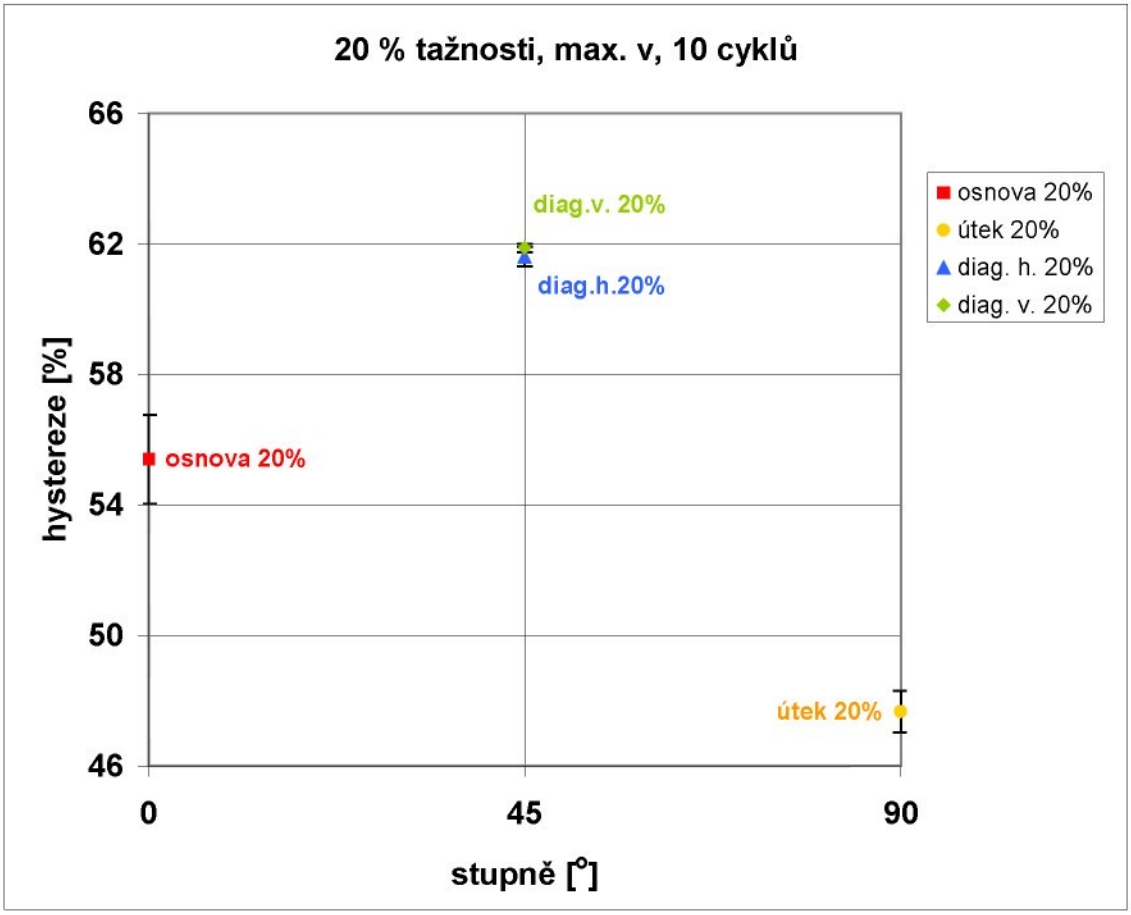
Graf 8. Zatížení na směr osnovy.

Tab. 6. Maximální rychlosti a délky cyklu tkaniny B pro 20 % tažnosti

	Délka cyklu *l* [mm]	Max.rychlost *v* [mm/min]
osnova	0-12-0	240
útek	0-6-0	120
diag. v.	0-18-0	360
diag. h.	0-24-0	480

Tab. 7. Naměřené hodnoty pro 20 % tažnosti tkaniny v 10 cyklech najednou s maximální rychlostí

	20% tažnosti					Průměr $\bar{x}$	Směrodatná odchylka	Konfidenční interval
osnova	56,1	57,0	56,1	54,8	53,0	55,40	1,554	1,362
útek	46,8	48,1	47,7	47,1	48,6	47,66	0,730	0,640
diag. h.	61,2	61,5	62,0	61,7	x	61,60	0,337	0,330
diag. v.	62,0	61,7	62,0	61,8	x	61,88	0,150	0,147



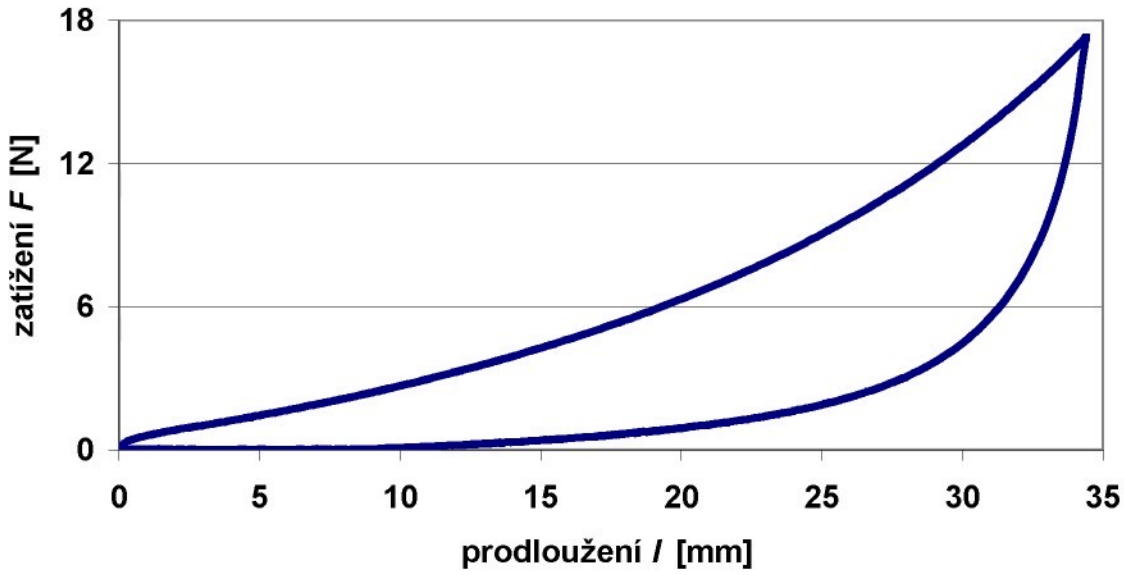
Graf 9. Vliv směru tkaniny při 20 % tažnosti v 10 cyklech.

V grafu 9 je vyjádření vlivu hystereze v závislosti na směru tkaniny v 10-ti cyklech najednou při 20 % tažnosti. Největší hystereze je zde opět ve směru diagonály a nejmenší ve směru útku. Vidíme, že rozdíl průměrných hodnot je zde statisticky významný.

6.3.3 Měření a diskuse výsledků pro Tkaninu C

Pro měření byly použity 3 ks vzorků pro cyklus 200 *s* a 5 ks vzorků pro cykly 50 a 10 *s*, rychlosti jsou pro každé měření různé (viz. příloha č.3), délky cyklu jsou uvedeny v tab. 7.

Příklad křivky hystereze tkaniny C je v grafu 10.



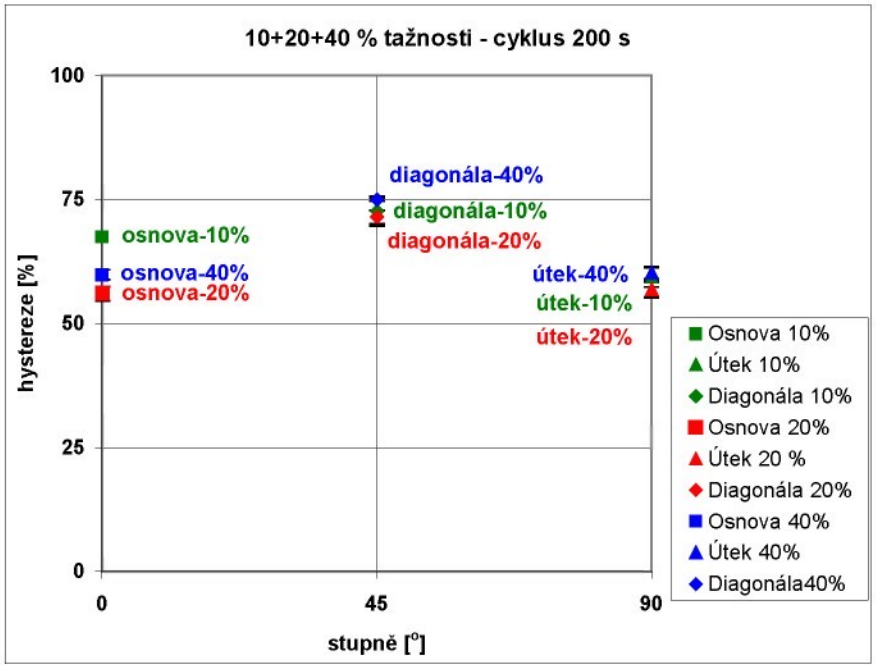
Graf 10. Zatížení na směr diagonály.

Tab. 8. Přehled použitých délek cyklu *l* [mm]

	délka cyklu *l* [mm]	**40 % tažnosti**	**20 % tažnosti**	**10 % tažnosti**
Osnova	26	10,4	5,2	2,6
Útek	46	18,4	9,2	4,6
Diagonála	86	34,4	17,2	8,6

Naměřené hodnoty hystereze tkaniny C pro cyklus 200 s																		
	40 % tažnosti			20 % tažnosti			10 % tažnosti			Průměr $\overline{x}$			Směrodatná odchylka			Konfidenční interval		
										40 %	20 %	10 %	40 %	20 %	10 %	40 %	20 %	10 %
Osnova	58,8	60,4	60,3	57,5	55,2	55,5	68,4	67,2	66,6	59,83	56,07	67,40	0,896	1,250	0,917	1,014	1,415	1,037
Útek	60,6	61,0	59,0	58,3	56,9	55,4	61,1	59,3	57,6	60,20	56,87	59,33	1,058	1,450	1,750	1,198	1,641	1,981
Diagonála	74,7	74,9	75,3	72,8	71,1	70,5	74,4	73,9	69,6	74,97	71,47	72,63	0,306	1,193	2,639	0,346	1,350	2,986

Tab.9

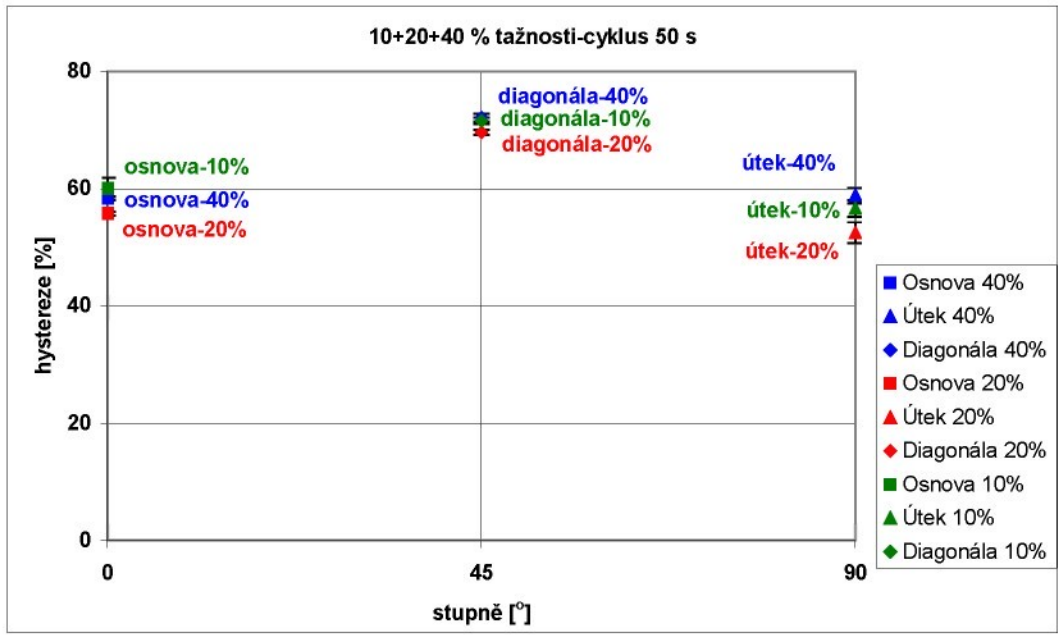


Graf 11. Vliv hystereze na směr tkaniny, doba cyklu 200 s.

Graf 11 vyjadřuje závislost hystereze na směru tkaniny ve stupních, pro osnovu 0 °, pro útek 90 ° a pro diagonály je to 45 °. Při rychlosti cyklu 200 s jsou energetické ztráty největší ve směru diagonály. Ve směru osnovy jsou ztráty největší při 10 % tažnosti a ve směru útku a v diagonále jsou při 40 % tažnosti. Nejmenší energetické ztráty jsou tedy při 20 % tažnosti.

Naměřené hodnoty hystereze tkaniny C pro cyklus 50 s																								
	40% tažnosti					20% tažnosti					10% tažnosti					Průměr $\bar{x}$			Směrodatná odchylka			Konfidenční interval		
																40 %	20 %	10 %	40 %	20 %	10 %	40 %	20 %	10 %
Osnova	58,8	58,7	58,0	58,0	58,3	55,8	55,7	55,5	56,4	55,4	61,2	60,0	58,3	57,7	62,9	58,36	55,76	60,02	0,378	0,391	2,123	0,331	0,343	1,861
Útek	56,7	59,7	60,7	58,3	58,8	55,6	50,1	52,4	51,5	52,7	56,7	57,8	54,3	55,8	58,4	58,84	52,46	56,60	1,506	2,026	1,629	1,320	1,775	1,428
Diagonála	72,2	72,5	70,9	72,9	72,0	69,7	69,4	69,3	70,4	69,1	72,4	71,1	71,7	71,7	70,7	72,10	69,58	71,52	0,752	0,507	0,650	0,659	0,444	0,569

Tab. 10

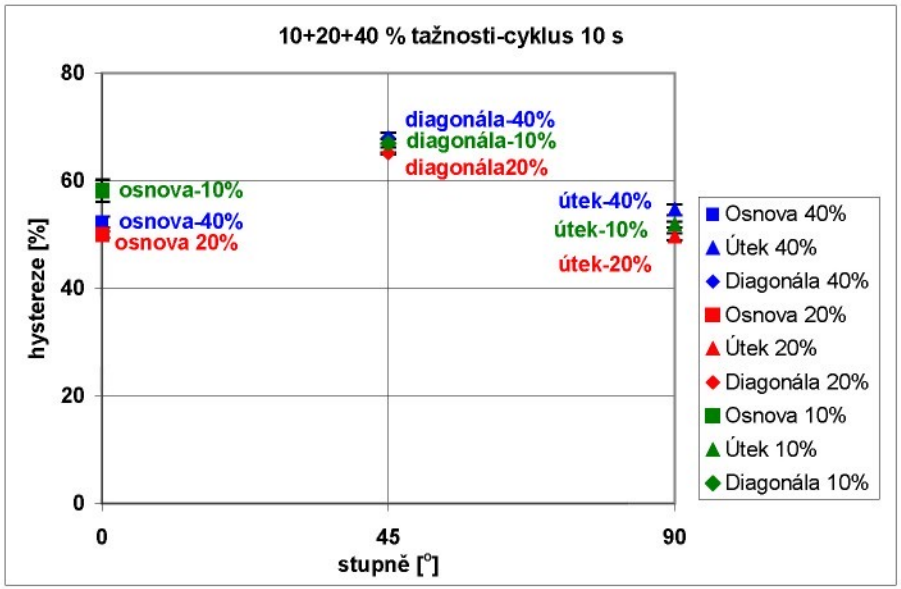


Graf 12. Vliv hystereze na směr tkaniny, cyklus 50 s.

V grafu 12 je závislost směru tkaniny, které svírají úhly 0 ° – osnova, 45 ° – diagonála a 90 ° - útek na hysterezi. V grafu jsem srovnávala 10, 20 a 40 % tažnosti při rychlosti trvání experimentu 50 s. Energetické ztráty jsou největší ve směru diagonály. Při 10 % tažnosti má osnova ztráty největší, zatím co útek a diagonála při 40 % tažnosti. A naopak nejmenší hystereze má osnova, útek i diagonály při 20 % tažnosti.

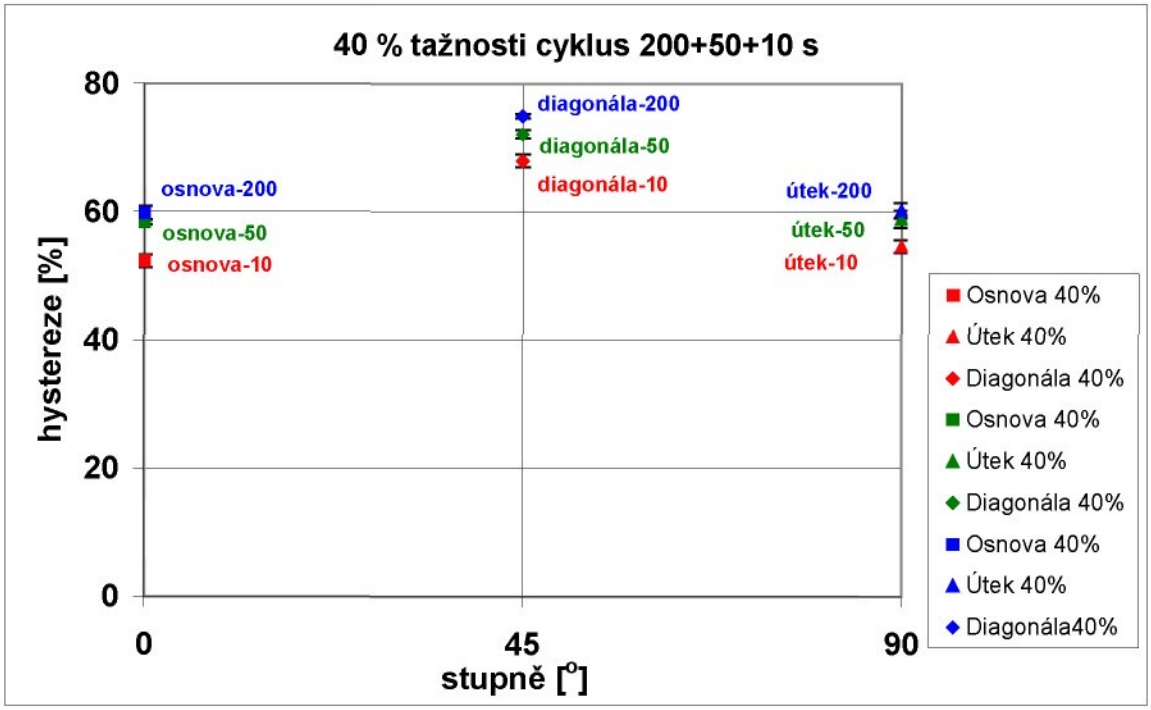
Naměřené hodnoty hystereze tkaniny C pro cyklus 10 s																								
	40% tažnosti					20% tažnosti					10% tažnosti					Průměr $\overline{x}$			Směrodatná odchylka			Konfidenční interval		
																40 %	20 %	10 %	40 %	20 %	10 %	40 %	20 %	10 %
Osnova	51,8	53,5	51,7	51,9	52,8	50,7	50,8	49,4	49,5	49,6	57,5	54,8	58,8	61,4	58,4	52,34	50	58,18	0,783	0,689	2,382	0,686	0,604	2,088
Útek	54,3	55,4	54,7	55,1	53,6	50,1	50	50,4	49,1	48,6	52,8	51,5	51,2	52,1	51,7	54,62	49,64	51,86	0,705	0,757	0,619	0,618	0,663	0,542
Diagonála	67,4	67,2	68,6	69,3	67,3	65	65,5	65	65,2	65	66,3	68,5	66,8	66,5	66,8	67,96	65,14	66,98	0,940	0,219	0,876	0,824	0,192	0,768

Tab. 11



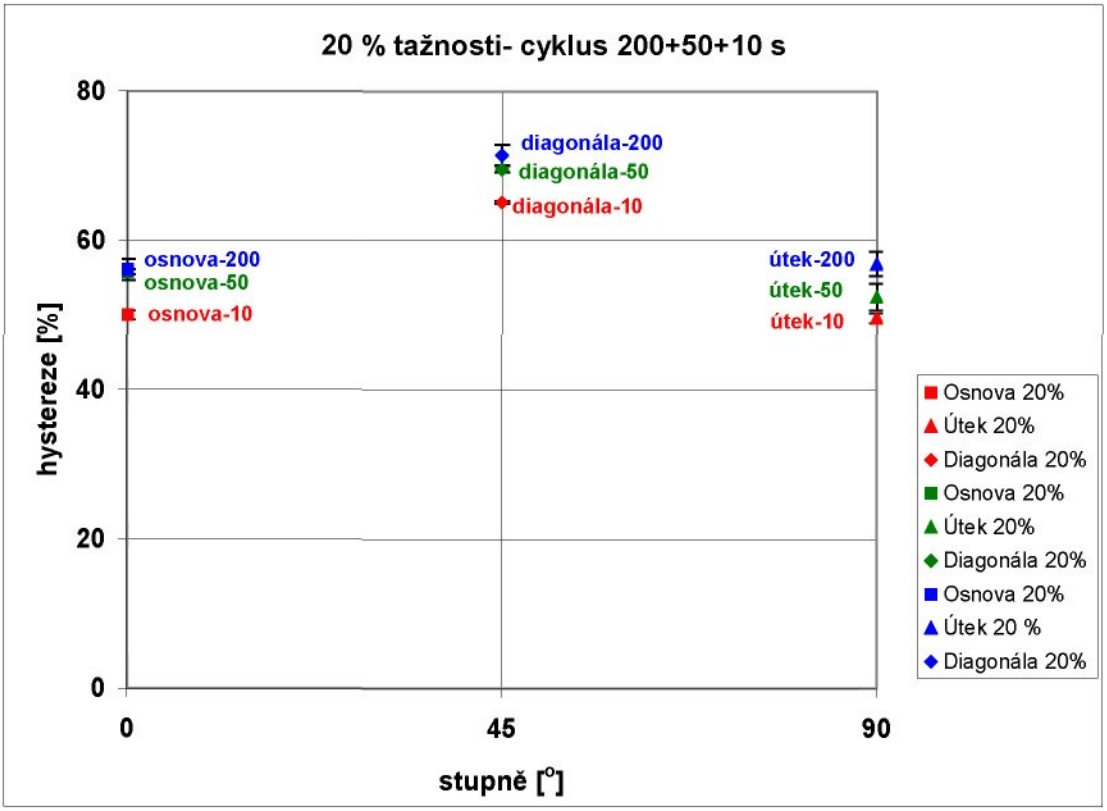
Graf 13. Vliv hystereze na směr tkaniny pro cyklus 10 s.

Graf 13 vyjadřuje závislost hystereze na směru tkaniny ve stupních, pro osnovu 0 °, pro útek 90 ° a pro diagonály 45 °. Při rychlosti cyklu 10 s jsou energetické ztráty největší opět ve směru diagonály. Ve směru osnovy jsou ztráty největší při 10 % tažnosti a ve směru útku a v diagonále jsou při 40 % tažnosti. Nejmenší energetické ztráty jsou tedy při 20% tažnosti.



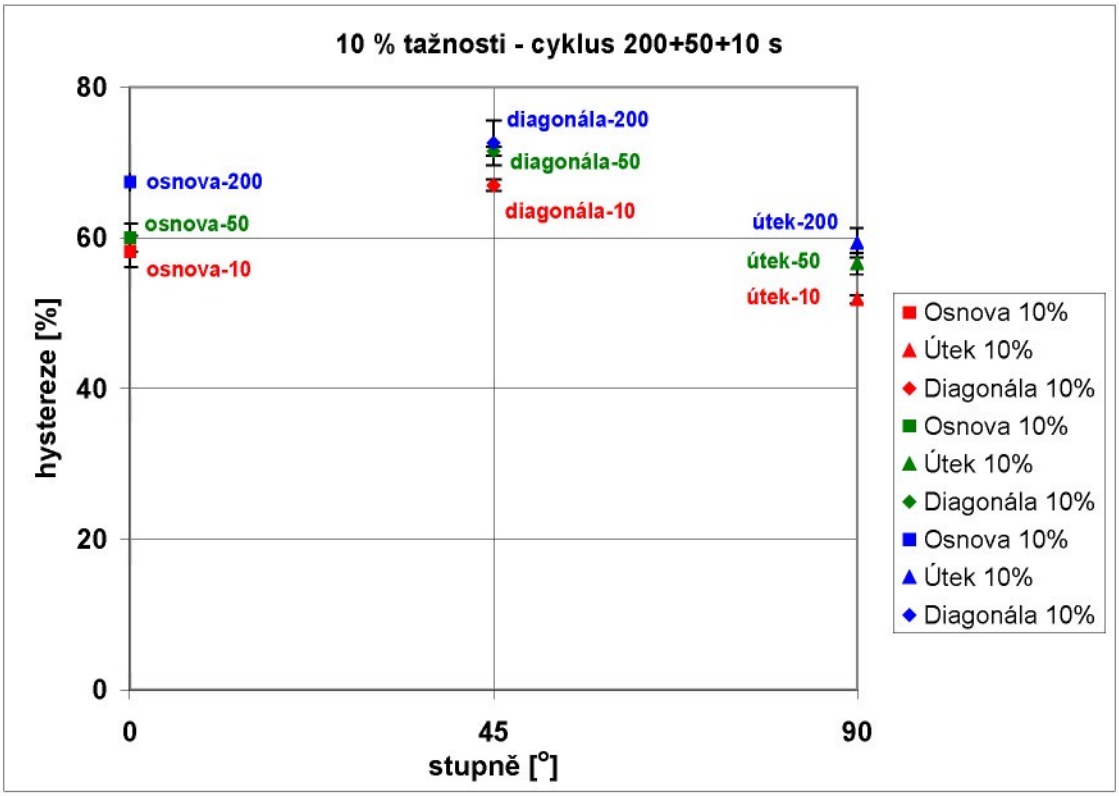
Graf 14. Vliv hystereze na směr tkaniny pro 40 % tažnosti.

V tomto grafu 14 vidíme vyjádření závislosti na směru namáhání tkaniny na hysterezi pro 40 % tažnosti a porovnání rychlostí cyklu 10, 50 a 200 s. S rostoucí rychlostí cyklu hystereze stoupá. Nejvyšší energetické ztráty jsou ve směru diagonály pod úhlem 45 °. Rozdíly mezi osnovou v úhlu 0 ° a útkem v úhlu 90 ° jsou statisticky nevýznamné.



Graf 15. Vliv hystereze na směr tkaniny pro 20 % tažnosti.

Graf 15 vypovídá závislost hystereze na směru tkaniny pro osnovu v úhlu 0 °, pro útek 90 ° a pro diagonálu 45 °. V grafu je porovnání rychlosti cyklu 10, 50 a 200 s pro 20 % tažnost tkaniny. Energetické ztráty jsou největší ve směru diagonály v rychlosti cyklu 200 s a nejmenší v rychlosti cyklu 10 s.



Graf 16. Vliv hystereze na směr tkaniny pro 10 % tažnosti.

V grafu 16 je závislost hystereze na směru tkaniny v úhlu 0 °, 45 ° a 90 ° při 10 % tažnosti a porovnání doby cyklů 10, 50 a 200 s. Nejvyšší hystereze je v úhlu 45 ° a doby cyklu 200 s. Čím je větší rychlost experimentu, tím jsou energetické ztráty větší.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zjištění vlivu směru, rychlosti a délky cyklu tahového namáhání na pevnost, tažnost a především hysterezi tkanin, na základě naměřených hodnot v experimentální části a následné porovnání protažení tkaniny při různých délkách deformačních cyklů.

Experiment byl měřen pomocí trhacího přístroje INSTRON 4411

Tkaniny jsem porovnávala ve směru osnovy (0 °), útku (90 °) a směru diagonály (45 °). Směr diagonály byl doprovázen největší hysterezí; důvodem byla změna sklonu osnovních a útkových nití, doprovázená třením ve vazných bodech.

U tkaniny A (kepr 2/2) byl porovnán vliv směru tkaniny, délky a rychlosti cyklu na hysterezi pro protažení na 5 % a 20 % tažnosti. U této tkaniny bylo zjištěno, že čím je větší rychlost cyklu, tím je větší hystereze. Hystereze se také zvětšovala s délkou deformačního cyklu (pro prodloužení na 20 % tažnosti). Tkanina se při 20 % namáhání více napíná a dochází tím k většímu napřímení přízí než u 5 % tažnosti, k větší deformaci průřezu a k většímu podélnému prodloužení nití. To vše je doprovázeno vzájemným posuvem vláken ve tkanině a tím s přeměnou energie mechanické na tepelnou.

Vliv směru tkaniny A

5% tažnosti – intervaly spolehlivosti pro směr osnovy, útku a diagonály se nepřekrývají, to znamená, že rozdíly mezi nimi jsou statisticky významné. Pro obě diagonály (směr S a Z) se intervaly spolehlivosti mezi sebou překrývají, jsou tedy nevýznamné.

20 % tažnost – intervaly spolehlivosti pro směr osnovy a útku se překrývají, jsou tedy statisticky nevýznamné, stejně tak diagonály mezi sebou. Ale konfidence ve směru osnovy a útku v porovnání s diagonálami se nepřekrývají, jsou proto statisticky významné.

Vliv rychlosti, vliv délky cyklu tkaniny A

5 % tažnosti – konfidence ve všech směrech jsou statisticky významné, pouze diagonály mezi sebou jsou opět nevýznamné.

20 % tažnosti – rozdíly pro všechny směry jsou statisticky významné.

U tkaniny B (kepr 3/1) se porovnával pouze vliv směru tkaniny pro 5 % a 20 % tažnosti na hysterezi, neboť rychlosti a délky cyklu byly různé. Při měření bylo zjištěno, že zde jsou energetické ztráty větší pro 5 % tažnosti. Domnívám se, že je to způsobeno hustě dostavenou tkaninou, u které existují větší kontaktní napětí mezi vlákny již před deformací tkaniny.

U této tkaniny bylo provedeno měření v 10-ti cyklech najednou s maximální rychlostí pro 20 % tažnosti. Při tomto měření se konfidenční intervaly pro různé směry nepřekrývají a rozdíly jsou statisticky významné.

Konfidence pro 5 % tažnosti ve směru osnovy a diagonály h. jsou statisticky nevýzamné a rozdíl mezi osnovou útkem a diagonálou v. je statisticky významný.

Při 20 % tažnosti jsou konfidenční intervaly statisticky významné pro všechny směry tkaniny.

U tkaniny C (plátno) jsem porovnávala také pouze vliv směru tkaniny. Rychlosti experimentu byly 200, 50 a 10 s a protažení na 40 %, 20 % a 10 % tažnosti bylo vypočítané z délky cyklu.

Největší hysterezi má tkanina ve směru diagonály a směru útku při 40 % tažnosti a ve směru osnovy při 10% tažnosti. Naopak nejmenší energetické ztráty jsou při 20 % tažnosti ve všech směrech. Větší relativní hysterezi při nejmenší délce cyklu (10 %) lze zdůvodnit předpětím textilie, tj. vzájemnými normálovými silami mezi vlákny, existujícími již před protažením tkaniny.

Konfidenční intervaly pro 40% tažnosti při rychlosti 200 s jsou ve směru osnovy a útku statisticky nevýznamné, ale pro rychlost 50 a 10 s jsou významné. Rozdíly pro 20 % tažnosti při rychlosti 10 s ve směru osnovy a útku jsou statisticky nevýznamné, při rychlosti 50 a 200 s jsou již rozdíly významné. Pro 10 % tažnosti při všech rychlostech jsou také významné.

8 Seznam použité literatury

[1] KOVÁŘ, R.: Struktura a vlastnosti plošných textilií, skripta, Liberec 2003.

[2] KOVÁŘ, R.: Tažnost tkaniny. Seminář STRUTEX, Liberec 2001.

[3] KOVÁŘ, R.: Směrová pevnost tkaniny. Seminář STRUTEX, Liberec 2001.

[4] KOVÁŘ, R.:Vnitřní tření textilií. Seminář STRUTEX, Liberec 1997.

[5] PITUCHA, T.: Anizotropie deformace tkanin, diplomová práce, Tu Liberec 2004

[6] HOLEČKOVÁ, M.: Směrová pevnost a tažnost zátažných pletenin, diplomová práce, Tu Liberec 2006

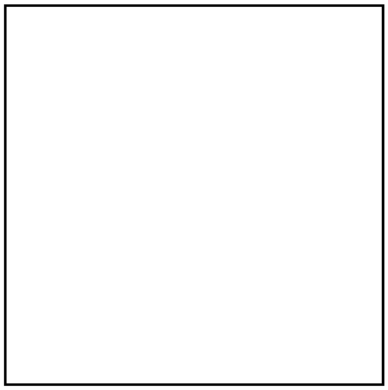
[7] HOBZA, M.: Vnitřní tření při deformaci pletenin, diplomová práce, TU Liberec 2000

[8] HEARLE, J. W. S. - GROSBERG, P. – BACKER, S.: Structural Mechanics of Fibers, Yarns, and Fabrics.Vol. 1. New York, London, Sydney, Toronto 1969

Příloha č. 1
Vzorky experimentálních tkanin

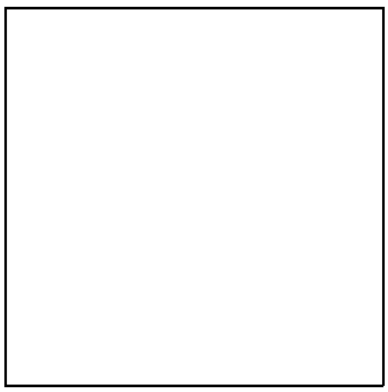
Tkanina A

D_o= 209 nt/10cm
D_u= 219 nt/ 10cm
T =



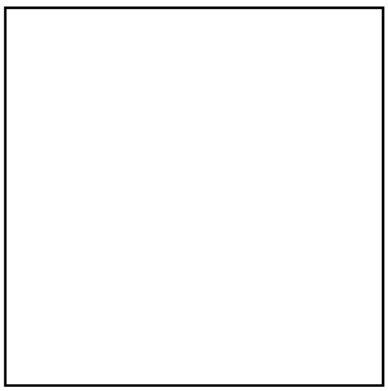
Tkanina B

D_o= 270 nt/10cm
D_u= 170 nt/ 10cm
T =



Tkanina C

D_o= 190 nt/10cm
D_u= 180 nt/ 10cm
T =



Příloha č. 2
Naměřené hodnoty experimentálních tkanin

Experimenty – vnitřní tření při tahové deformaci tkaniny – Instron 4411

Tkanina A
Materiál: 100%ba

Vazba: cirkas, černobílá kára (6 bílých a 6 černých nití v obou směrech), asi z Jitky.
Dostava: D_o= 209 nt/10cm, D_u = 219 nt/10cm, Materiál: 100%ba (**zvážit a změřit pevnost a hysterézi** nitě!).

Instron:
Pevnost a tažnost, vzorek **200x50 mm** + upnutí. Metoda 53 (pro přízi 14).
Cyklus – stejný vzorek, protažení na cca 5 a 20 % tažnosti.

Experiment **– KTT, Instron, metoda VT a VT1 (vnitřní tření)**

Soubor	***v* mm min^{-1}**	**Počet /mat**	**Směr**	**Poznámky**
PEV	30		**Útek**	Pevnost. Hlava 500 N nestačila k přetrhu, výměna za 5 kN.
PE1	30	2/A	**Ú,O**	Pevnost. 1 – útek, 2 – osnova, přetrh za cca 50".
PE2	60	2/A	**Diag.**	Pevnost. 1 – směr řádků kepru ↑, 2→, přetrh v čelistech za cca 120".
Os1	10	2/A	**Os**	Cyklus 0-10-0 mm, metoda VT (2 markry…, nepočítá Hyster.).
Os1a	10	2/A	**Os**	Cyklus 0-10-0 mm, metoda VT1 (2 cykly), H = 57,6; 59,9.
Ut1	10	4/A	**Út**	Cyklus 0-10-0 mm, VT1, H = 55,6; 55,7; 55,4; ??.
Os2	240	4/A	**Os**	Cyklus 0-10-0 mm, VT1, H = 48,9; 46,9; 47,1; 49,1.
Ut2	240	4/A	**Út**	Cyklus 0-10-0 mm, VT1, H = 43,2; 43,8; 45,5; 44,7.
Os3	25	2/A	**Os**	Cyklus 0-25-0 mm, VT1, H = 70,8; 70,4.
Os3a	40	2/A	**Os**	Cyklus 0-40-0 mm, VT1, H = 82,0; 81,3.
Ut3	40	4/A	**Út**	Cyklus 0-40-0 mm, VT1, H = 82,0; 81,7; 82,1; 82,2.
D1	25	4+4/A	**Diag.**	Cyklus 0-25-0 mm, VT1, H↑ = 62,4; 60,9; 61,4; 62,6, H→ = 61,5; 61,6; 62,0; 62,3.
D2	500	4+4/A	**Diag.**	Cyklus 0-25-0 mm, VT1, H↑ = 57,0; 55,1; 57,0; 53,9, H→ = 56,3; 55,6; 56,0; 55,0.
D3	100	4+4/A	**Diag.**	Cyklus 0-25-0 mm, VT1, H↑ = 86,2; 86,3; 86,6; 87,2, H→ = 87,3; 87,5; 87,0; 87,3.
Pe3	30	4+4/A	**O+ú**	Pevnost. Doba přetrhu cca 85-90" osnova, 96-98 útek.
Pe4	90	4+4/A	**Diag.**	Pevnost. Doba přetrhu cca 46-50" osnova, 41-44 útek. Poslední měření podstatně delší a větší tažnost (důvod je neznámý).

Tkanina B

Materiál: 100%ba

B. Vazba JADE, kepr 3/1 S z Jitky,
Jemnost: 84 tex (osnova i útek), normované předpětí 5*84/1000 = 0,42 N
Dostava: jmenovitá osnovy 2700, útku 1700, (**zvážit a změřit pevnost a hysterézi** nitě!).
Počet vzorků: 50 směr osnovy, 50 směr útků, 20+20 směr diagonály

Měřit:
Pevnost a tažnost tkaniny, vzorek **200x50 mm** + upnutí. Metoda 53 (pro přízi 14).
Cyklus – stejný vzorek, protažení na cca 5 a 20 % tažnosti.
Zkusit maximální rychlost (event. i minimální rychlost?):
Nit – měřit (později):
a) Pevnost, tažnost a hysteréze nitě ihned po vypárání (předpětí 0,01 N)
b) Pevnost, tažnost a hysteréze nitě po relaxaci (vypáraná volná nit, min 2 dny), předpětí podle normy.

Experiment - KTT, Instron 4411, metoda **VNT** (dříve VT a VT1, vnitřní tření)

Soub.	*v* mm min^{-1}	Poč.	**Doba s/ Cyklus**	**Směr**	**Hysteréze**	**Poznámky**
U0	30	1	**60**	**Út**		Většinou přetrh v čelistech
U1	36	5	**51**	**Út**		(u všech směrů)
O1	36	1	**102**	**Osn**		
O0	72	5	**50**	**Osn**		
D0	120	2	**57, 44**	**D–|**		Směr řádků cca – nebo |
D1	132	4	**53**	**D–**		
D2	108	4	**51**	**D|**		
O31-5	6	5	**0-3-0**	**Osn**	69,7; 71,1; 71,0; 69,4; 69,4	5 % tažnosti
O41-5	24	5	**0-12-0**	**Osn**	61,9; 63,0; 62,1; 61,2; 62,2	20 % tažnosti
U31-5	3	5	**0-1,5-0**	**Út**	63,4; 61,5; 61,2; 62,9; 59,9	5 % tažnosti
U41-5	12	5	**0-6-0**	**Út**	59,3; 57,3; 57,0; 59,9; 57,7	20 % tažnosti
D31-5	12	5	**0-6-0**	**D–**	68,3; 67,8; 70,8; 71,4; 69,3	5 % tažnosti
D41-5	48	5	**0-24-0**	**D–**	68,9; 69,4; 69,3; 69,4; 68,8	20 % tažnosti
D51-5	9	5	**0-4,5-0**	**D|**	*69,8*; 74,9; 74,7; 75,3; 76,1	5 % tažnosti; *u vz. 1 nebyla 0*
D61-5	36	5	**0-18-0**	**D|**	70,5; 70,8; 70,2; 70,5; 70,4	20 % tažnosti
D71-4	480	4	**0-24-0**	**D–**	61,2; 61,5; 62,0; 61,7	20 % tažnosti, max. *v*
D81-4	360	4	**0-18-0**	**D|**	62,0; 61,7; 62,0; 61,8	20 % tažnosti, max. *v*
D701	480	1	**0-24-0**	**D–**		20 % tažnosti, max. *v*, 10 cyklů
D801	360	1	**0-18-0**	**D|**		20 % tažnosti, max. *v*, 10 cyklů
O51-5	240	5	**0-12-0**	**Osn**	56,1; 57,0; 56,1; 54,8; 53,0	20 % tažnosti, max. *v*
U51-5	120	5	**0-6-0**	**Út**	46,8; 48,1; 47,7; 47,1; 48,6	20 % tažnosti, max. *v*
O61	240	1	**0-12-0**	**Osn**		20 % tažnosti, max. *v*, 1+9 cyk.
U61	120	1	**0-6-0**	**Út**		20 % tažnosti, max. *v*, 10 cyklů

Nastavení **cyklu** a **rychlostí** u cyklického zatěžování (v je v mm/min). Doba trvání cyklického experimentu při v_1 byla 30 + 30 = 60 s.

	Tažnost [mm]	5 % [mm]	20 % [mm]	$v_{1\text{-}5}$	$v_{1\text{-}20}$	$v_{2\text{-}max}$
O	60,5	3	12	6	24	240
U	31	1,5	6	3	12	120
D1 –	120	6	24	12	48	480
D2	90,7	4,5	18	9	36	360

měření osnovních nití

Klimatizováno cca 1 týden,
OV1-6 nitě bezprostředně vypárané z tkaniny, cyklus 0-12-0 mm (20 % tažnosti tkaniny), upínací délka 200 mm, předpětí ručně nastaveno na cca 0 (nešlo přesně).
Hlava rozsah 5 N.
Hysteréze: 47,0; 48,8; 56,5; 45,7; 48,0; 44,3

OR1-6 nitě vypárané dříve a relaxované cca 1 týden ve volném stavu, jinak stejný experiment.
Hysteréze: 80,8; 47,0; 80,7; 56,4; 69,3; 72,6

Charakteristika experimentu:
Citlivé na jakýkolív pohyb (dotyk stolu – např. psaní – bylo měřeno!).
Problém nestability systému – změna polohy 0 u dynamometru ovlivňuje výsledek (pokud sleze ve druhé části cyklu do záporných hodnot vyjde velká!). Nulováno (balance)
Zkusit – při nějakém předpětí (ale kolik?), nebo počítat hysterézi podle korigovaných dat (ale záznamy byly nestabilní).

Tkanina C
Materiál: 100%ba,
Vazba: plátno
Dostava: Do = 190 nt/10cm, Du = 180 nt/10cm

Vzorky š. 50 mm, upínací délka 200 mm, hlava 5 kN, upnutí pomocí skelného papíru
Směr osnovy (Os), útku (Ut), diagonály (D), po 50 vzorcích
Test:
P. Pevnost a tažnost, 5 vzorků pro každý směr, trvání experimentu cca 50 s.
A-C. Cyklus 40 % tažnosti, rychlost pro trvání experimentu (tam i zpět) 200 s, 50 s, 10 s (ale max. 500 mm/min!), po 5 vzorcích pro každý směr
D-E,I. Cyklus 20 % tažnosti, rychlost pro trvání experimentu (tam i zpět) 200 s, 10 s, po 5 vzorcích
F-H. Dtto pro 5 % tažnosti, vyměnit hlavu (500 nebo 100 N podle výsledků pevnosti), rychlost pro trvání experimentu (tam i zpět) 200 s, 50 s, 10 s, po 5 vzorcích

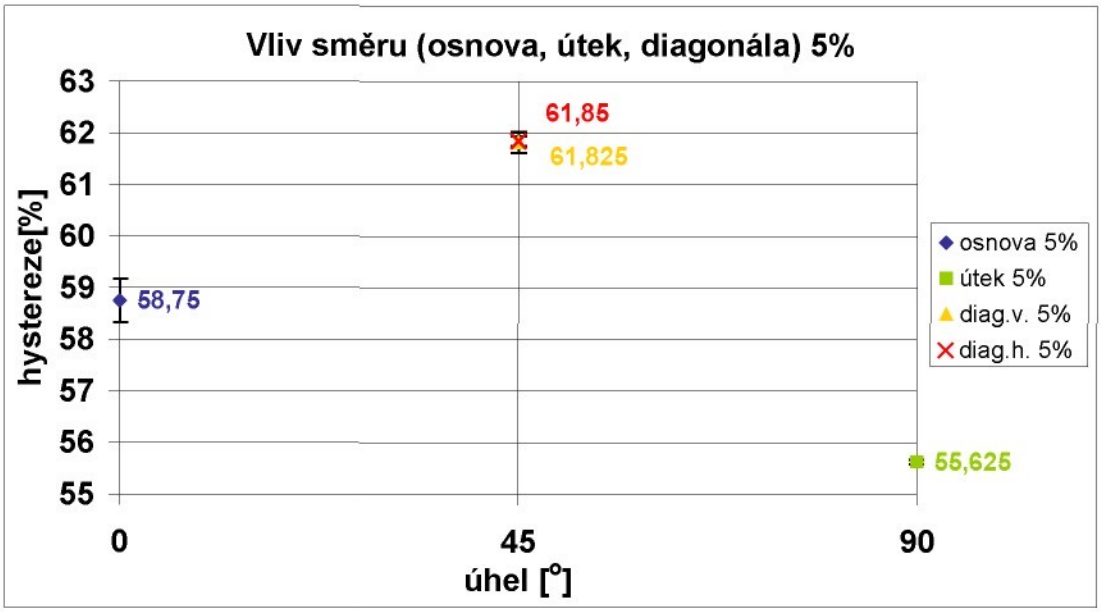
Experiment – KTT, Instron 4411, metoda „Cyclic“ VNT **(VT a VT1, vnitřní tření), 53 pro MT**

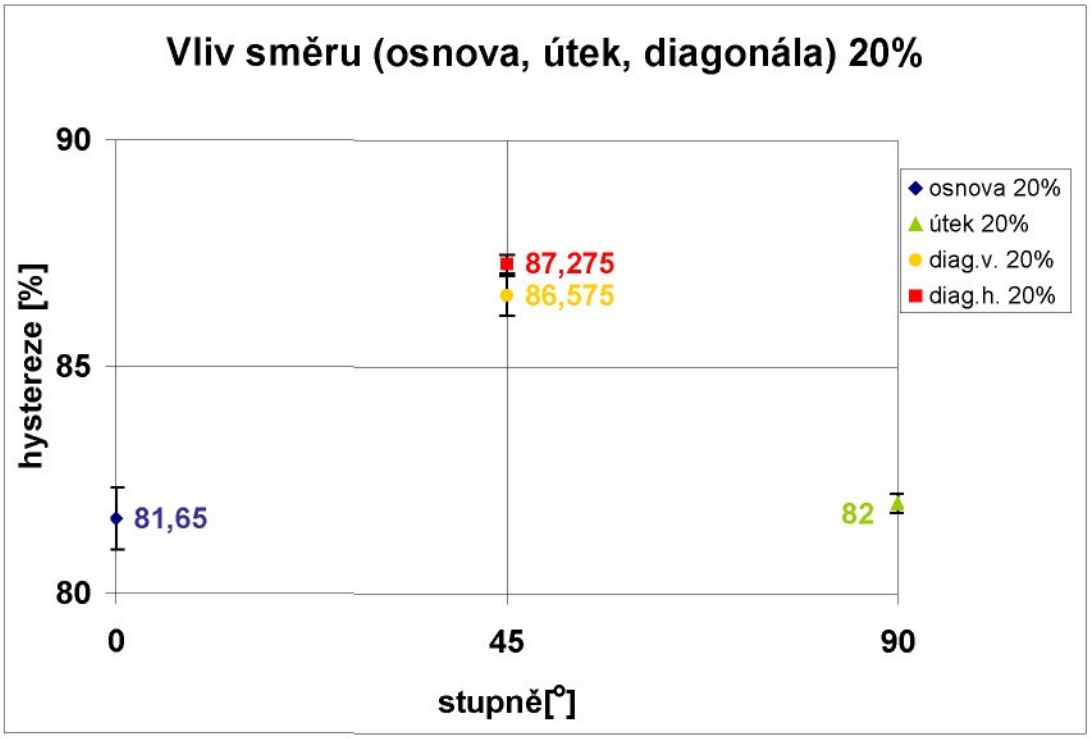
Soub.-	*v* mm min^{-1}	Poč. ks	**Doba s/ cyklus**	**Směr**	**Hystereze**	**Poznámky**
PO1-5	48	5	**33**	**Os**	----Délka taž. 26mm	Pevnost pro určení
PU1-5	48	5	**58**	**Ut**	--- Délka taž. 46mm	cyklu a rychlosti
PD1-2	120	5	**43**	**D**	--- Délka taž. 86mm	
AO1-3	6,24	3	**200/10,4**	**Os**	58,8; 60,4; 60,3	
AU1-3	11	3	**200/18,4**	**Ut**	60,6; 61; 59	
AD1-3	20,6	3	**200/34,4**	**D**	74,7; 74,9; 75,3	
BO1-5	25	5	**50/ 10,4**	**Os**	58,8; 58,7; 58; 58; 58,3	
BU1-5	44,2	5	**50/ 18,4**	**Ut**	56,7; 59,7; 60,7; 58,3;	
BD1-5	82,6	5	**50/ 34,4**	**D**	72,2; 72,5; 70,9; 72,9; 72	
CO1-5	125	5	**10/ 10,4**	**Os**	51,8; 53,5; 51,7; 51,9; 52,8	
CU1-5	221	5	**10/ 18,4**	**Ut**	54,3; 55,4; 54,7; 55,1; 53,6	
CD1-5	413	5	**10/ 34,4**	**D**	67,4; 67,2; 68,6; 69,3; 67,3	
DO1-3	3,1	3	**200/ 5,2**	**Os**	57,5; 55,2; 55,5	
DU1-3	5,5	3	**200/ 9,2**	**Ut**	58,3; 56,9; 55,4	
DD1-3	10,3	3	**200/17,2**	**D**	72,8; 71,1; 70,5	
EO1-5	62,4	5	**10/ 5,2**	**Os**	50,7; 50,8; 49,4; 49,5; 49,6	
EU1-5	110	5	**10/ 9,2**	**Ut**	50,1; 50; 50,4; 49,1; 48,6	
ED1-5	206	5	**10/ 17,2**	**D**	65; 65,5; 65,2; 65	
FO1-3	1,56	3	**200/ 2,6**	**Os**	68,4; 67,2; 66,6	
FU1-3	2,76	3	**200/ 4,6**	**Ut**	61,1; 59,3; 57,6	
FD1-3	5,16	3	**200/ 8,6**	**D**	74,4; 73,9; 69,6	
GO1-5	6,24	5	**50/ 2,6**	**Os**	61,2; 60; 58,3; 57,7; 62,9	

GU1-5	11,04	5	**50/ 4,6**	**Ut**	56,7; 57,8; 54,3; 55,8; 58,4	
GD1-5	20,64	5	**50/ 8,6**	**D**	72,4; 71,1; 71,7; 71,7; 70,7	
HO1-5	31,2	5	**10/ 2,6**	**Os**	57,5; 54,8; 58,8; 61,4; 58,4	
HU1-5	55,2	5	**10/ 4,6**	**Ut**	52,8; 51,5; 51,2; 52,1; 51,7	
HD1-5	103,2	5	**10/ 8,6**	**D**	66,3; 68,5; 66,8; 66,5; 66,8	
IO1-5	12,5	5	**50/ 5,2**	**Os**	55,8; 55,7; 55,5; 56,4; 55,4	
IU1-5	22,1	5	**50/ 9,2**	**Ut**	55,6; 50,1; 52,4; 51,5; 52,7	
ID1-5	41,3	5	**50/ 17,2**	**D**	69,7; 69,4; 69,3; 70,4; 69,1	

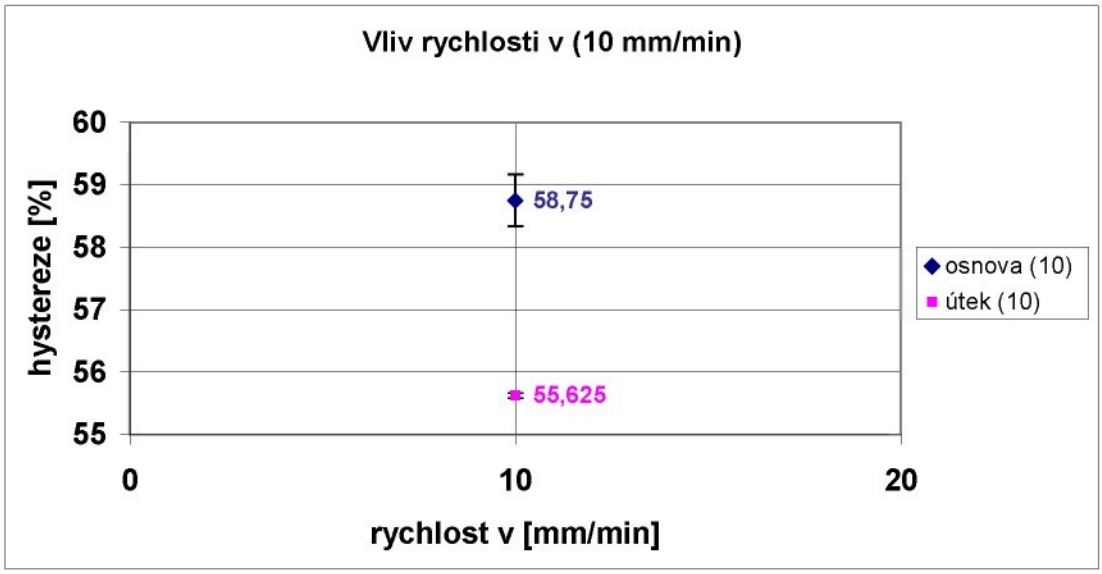
Příloha č. 3
Grafy

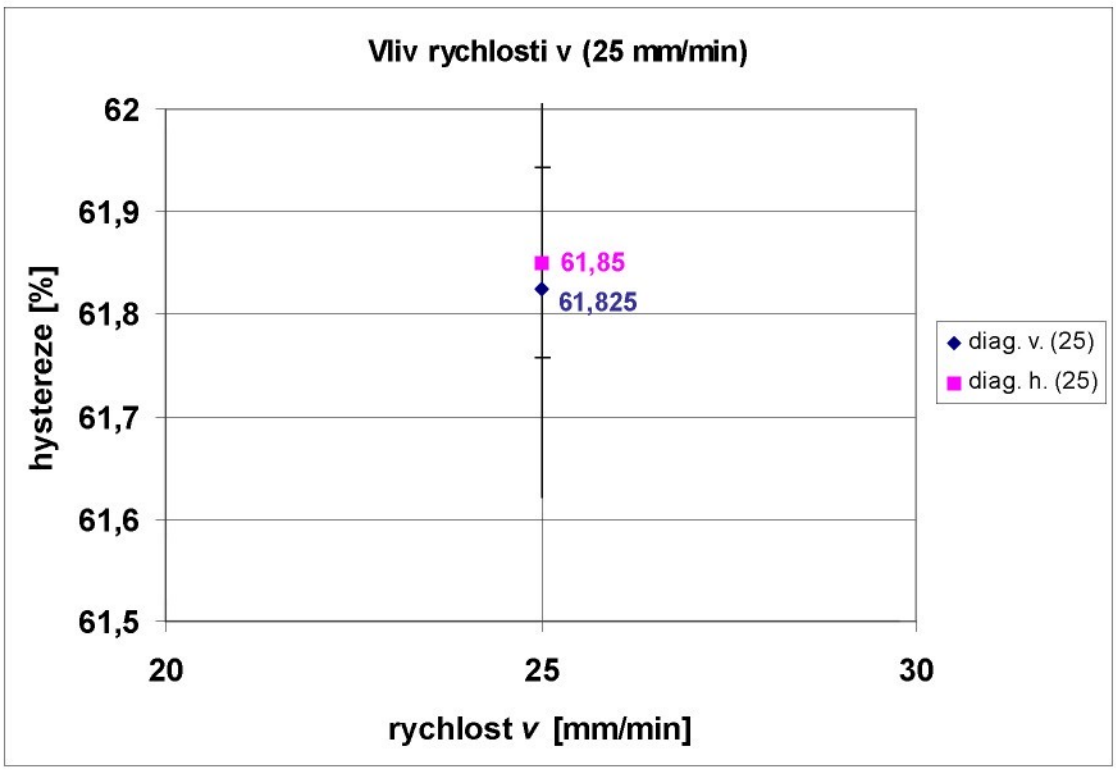
Tkanina A


Vliv směru (osnova, útek, diagonála) 5%
hystereze[%]
63
62
61
60
59
58
57
56
55
61,85
61,825
58,75
55,625
0
45
90
úhel [°]
osnova 5%
útek 5%
diag.v. 5%
diag.h. 5%

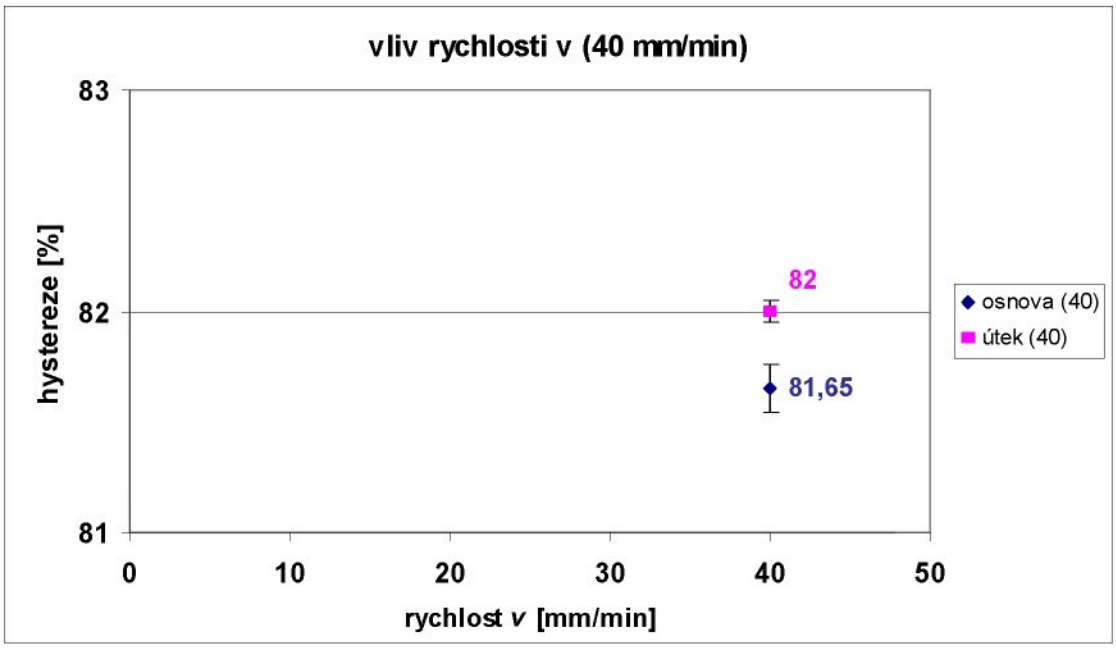

Vliv směru (osnova, útek, diagonála) 20%
hystereze [%]
90
85
80
87,275
86,575
81,65
82
0
45
90
stupně[°]
osnova 20%
útek 20%
diag.v. 20%
diag.h. 20%

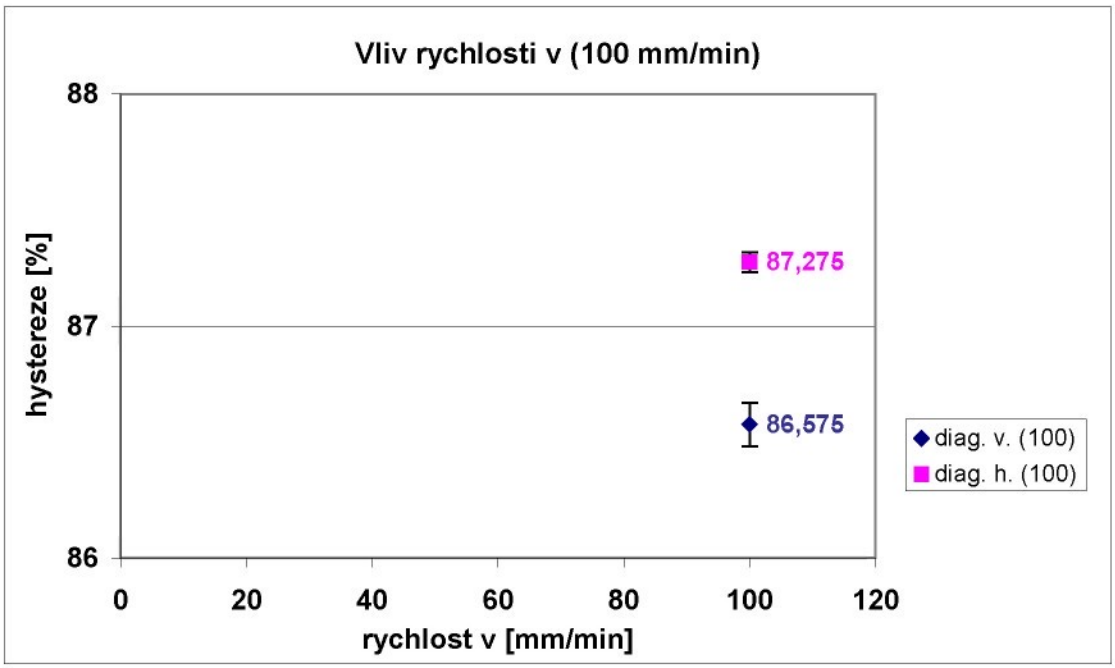
Vliv rychlosti pro 5% tažnosti



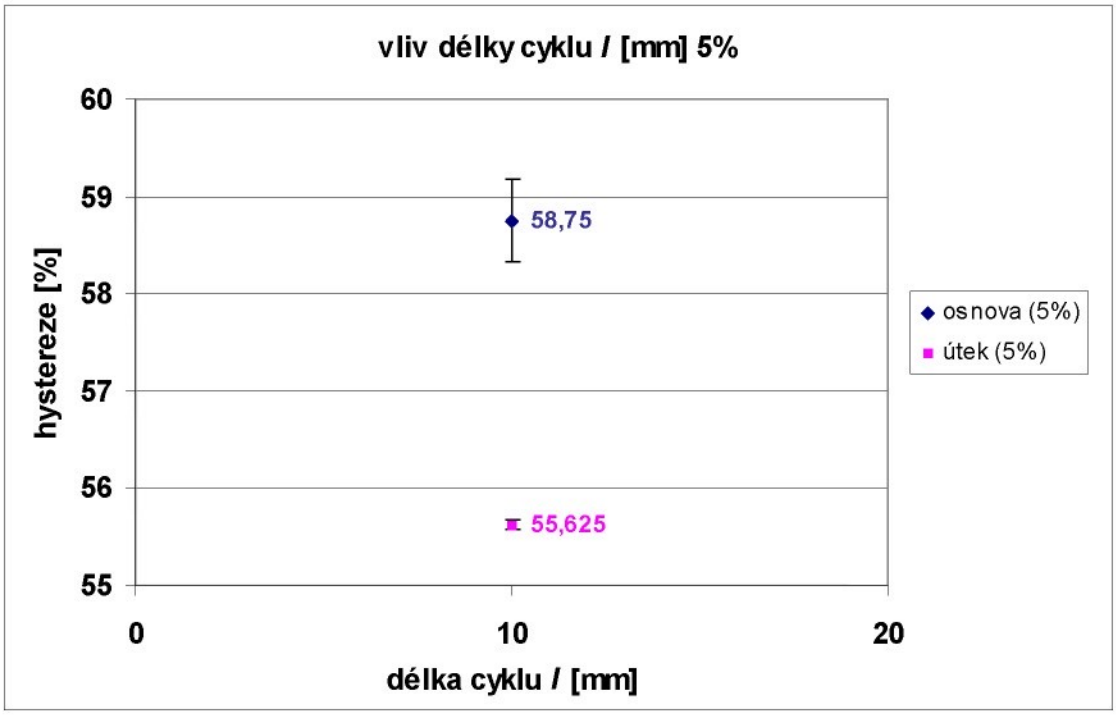


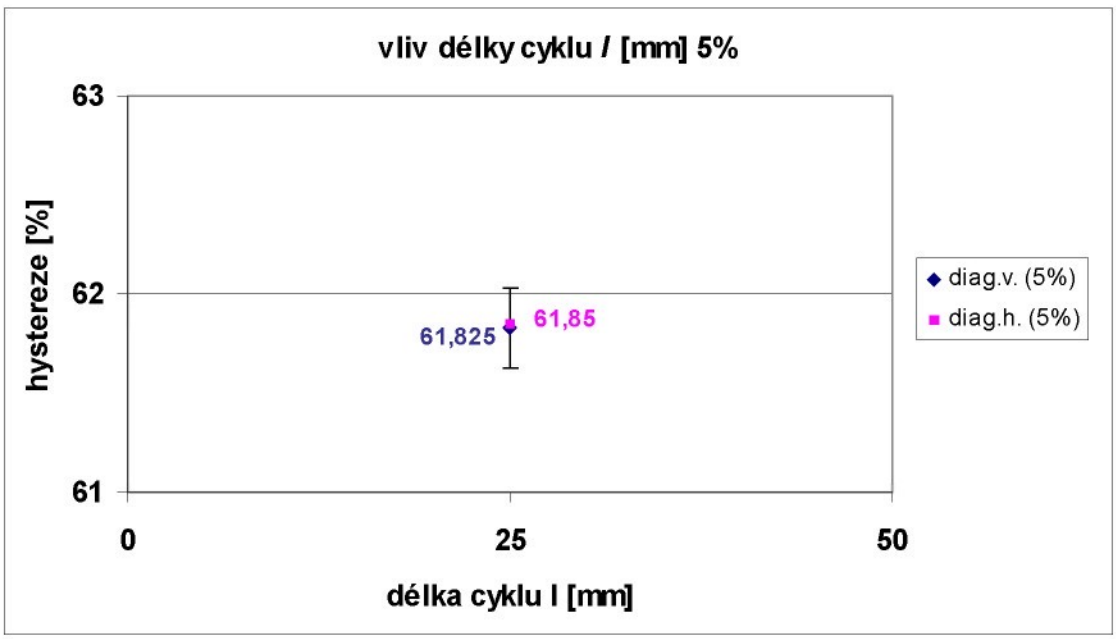
Vliv rychlosti pro 20% tažnosti



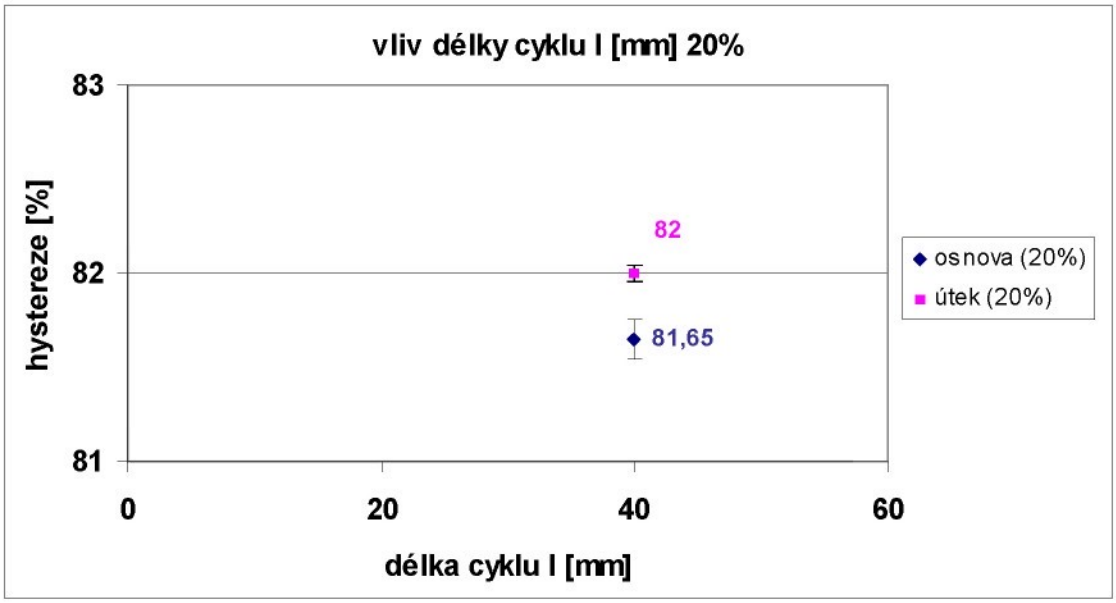


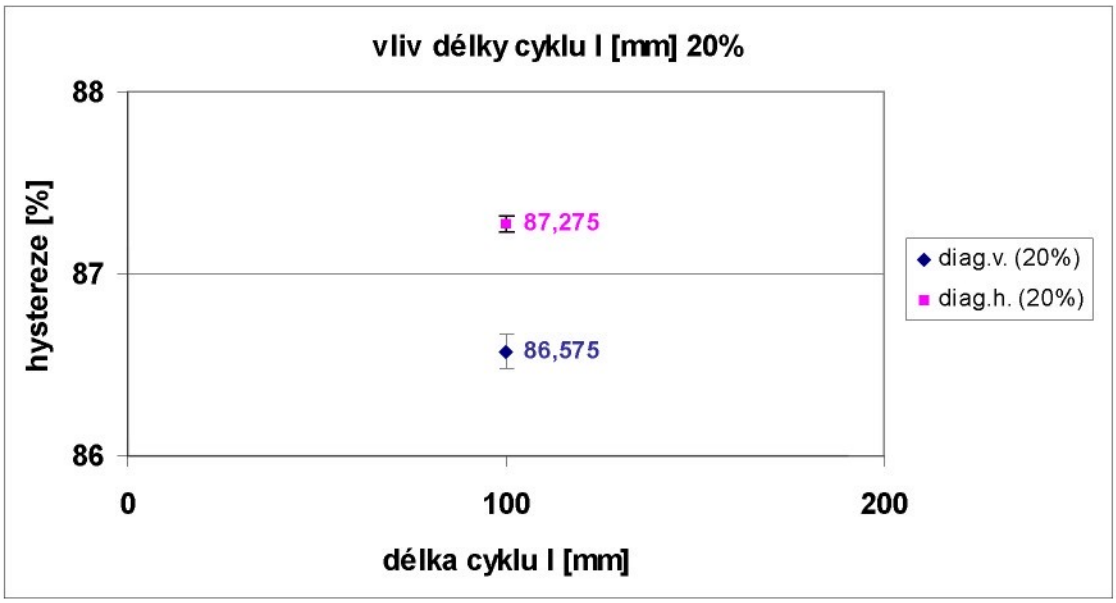
Vliv délky cyklu pro 5% tažnosti





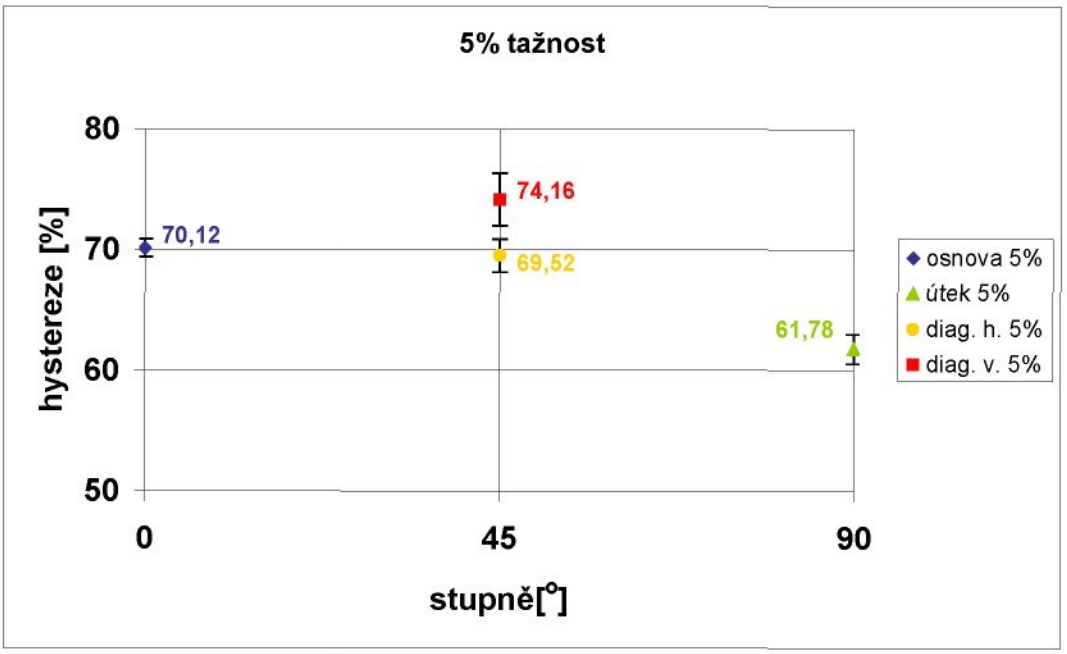
Vliv délky cyklu pro 20% tažnosti

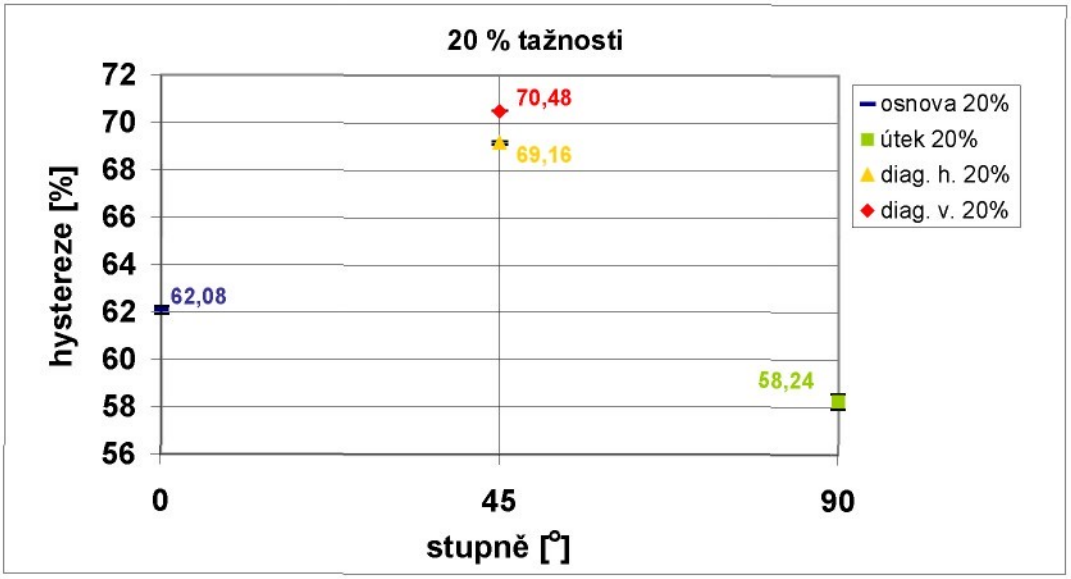




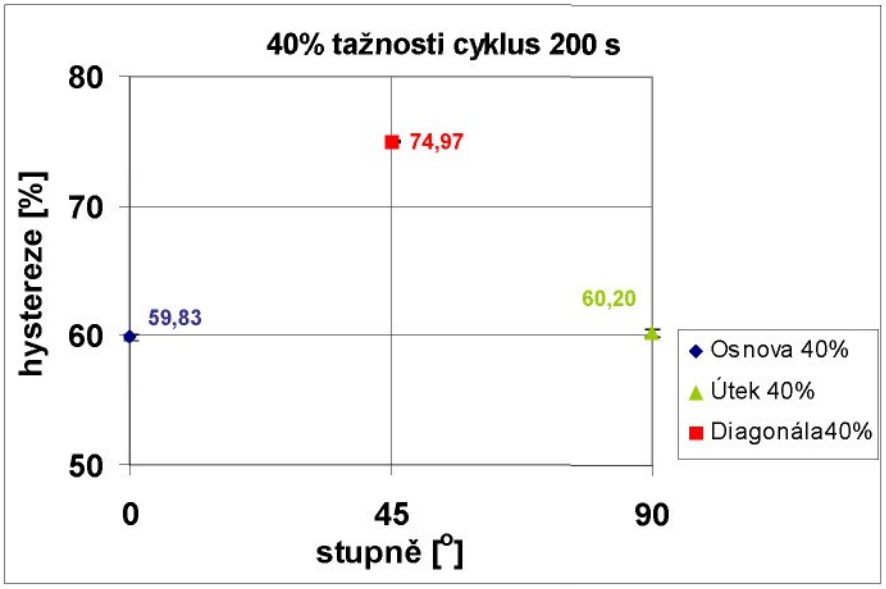
Tkanina B

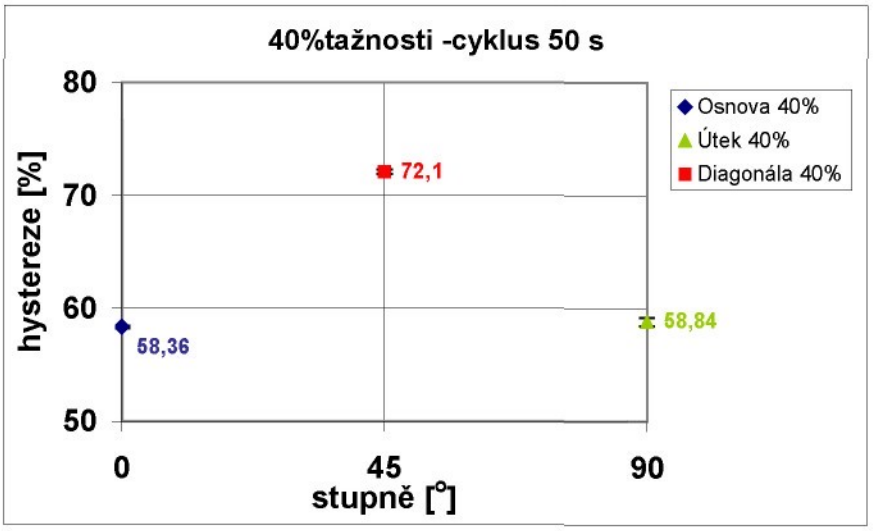
Vliv délky cyklu pro 5% a 20% tažnosti

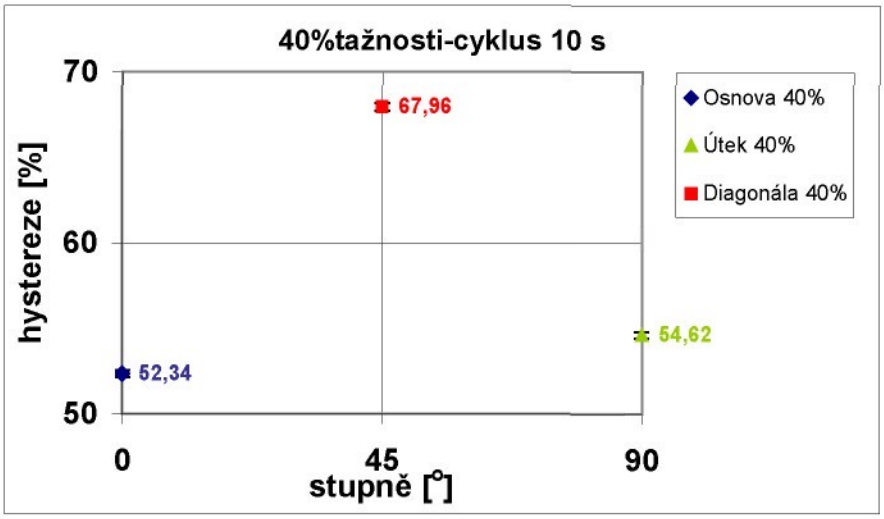




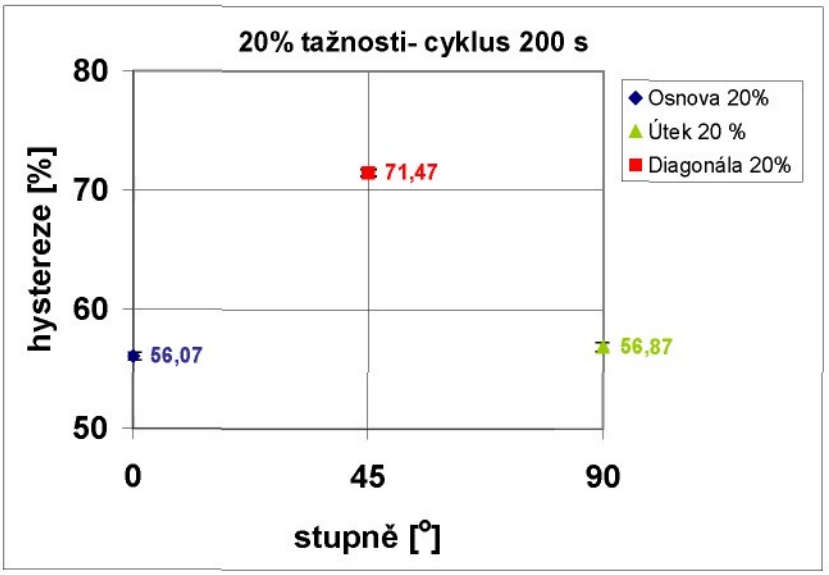
Tkanina C
Vliv délky cyklu pro 40% tažnosti

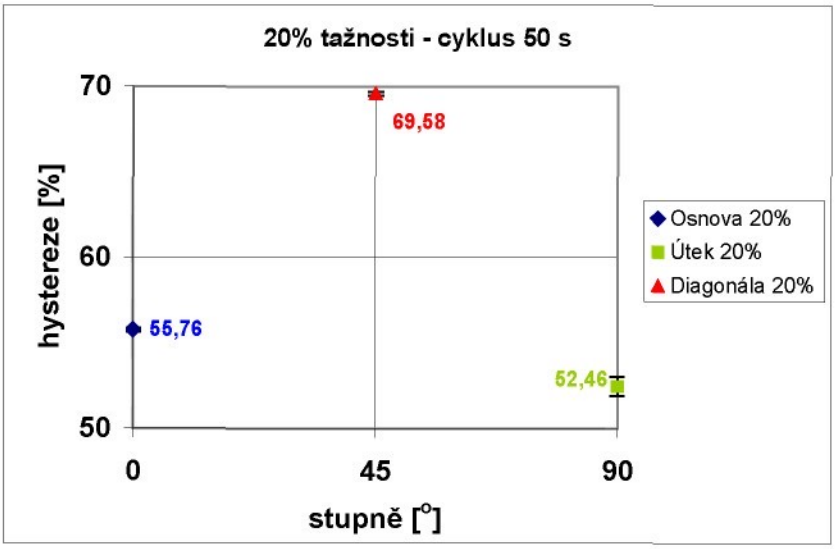


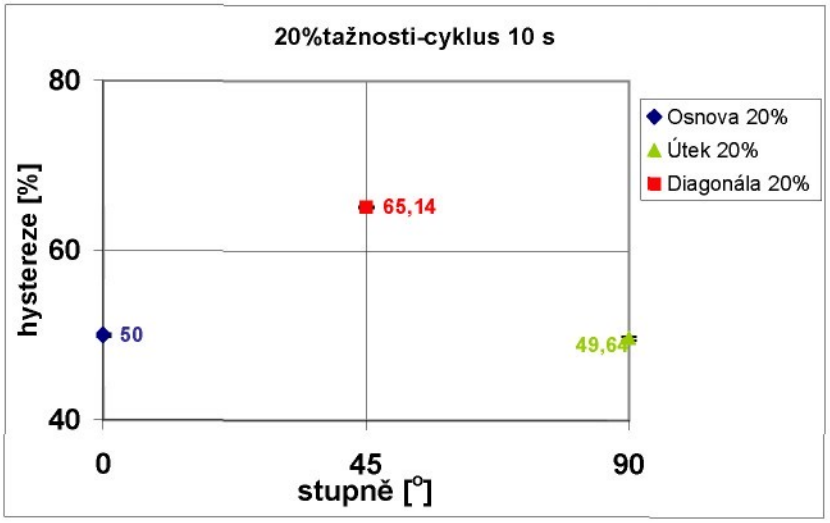




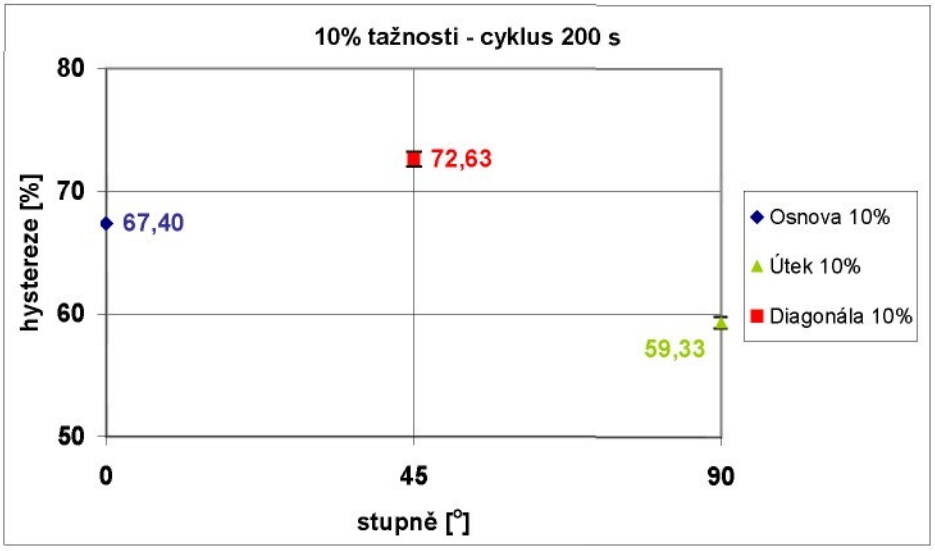
Vliv délky cyklu pro 20% tažnosti

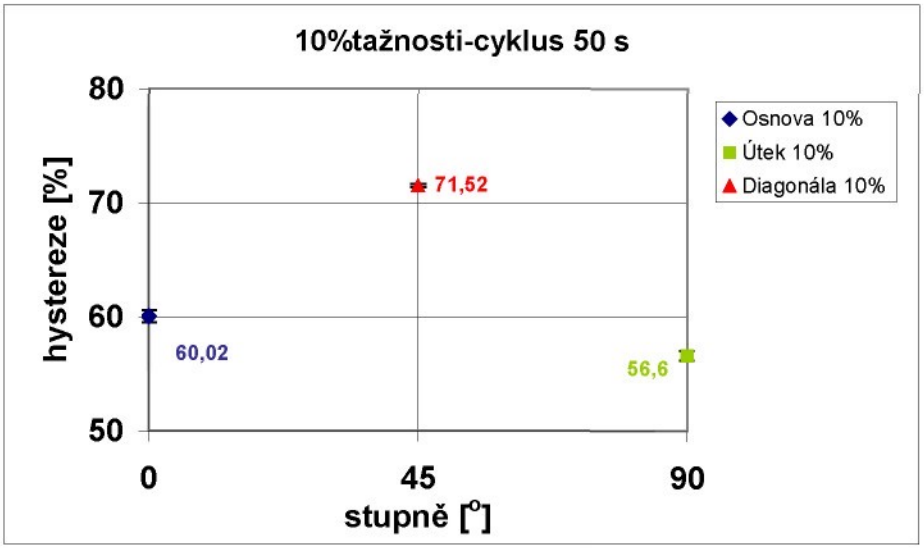


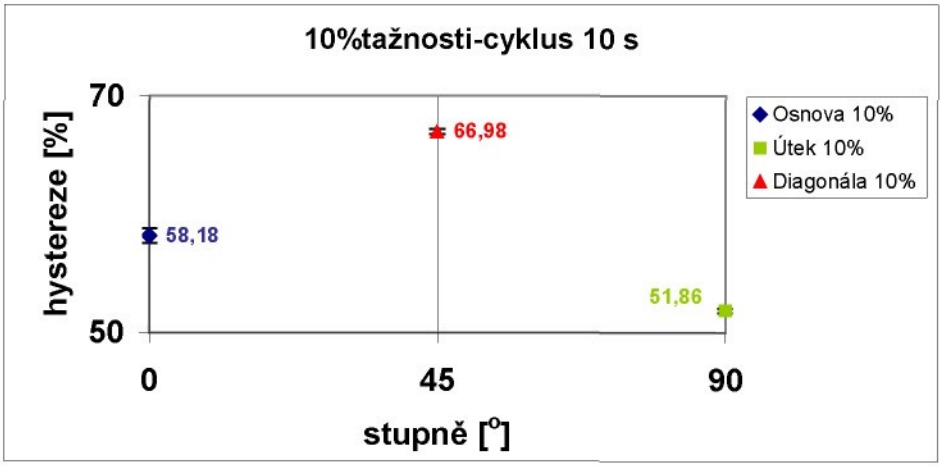
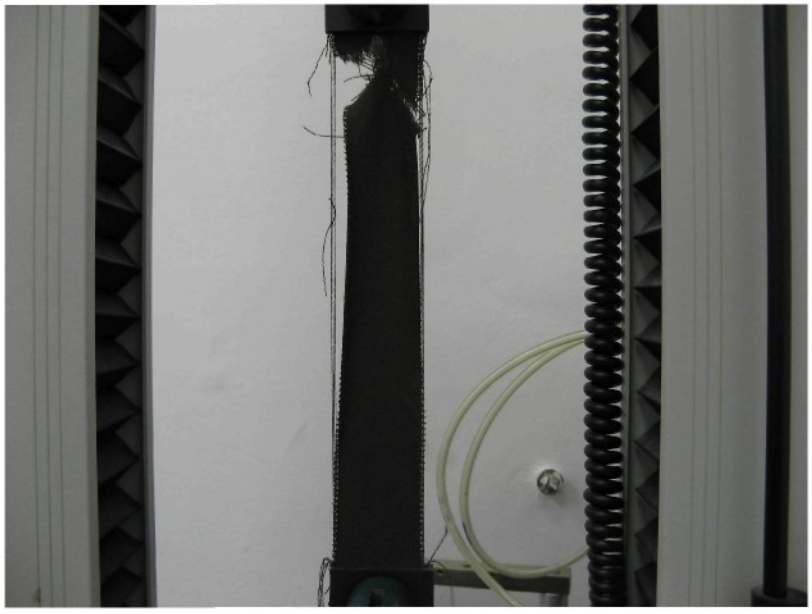
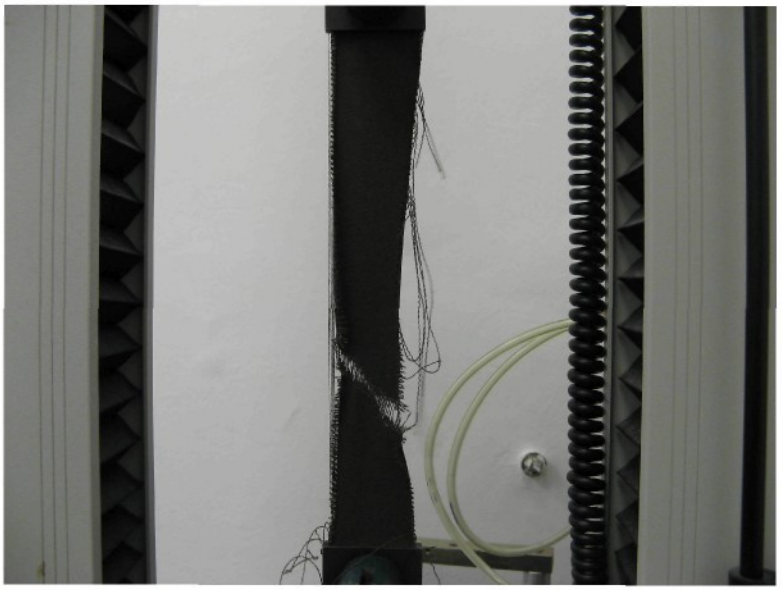
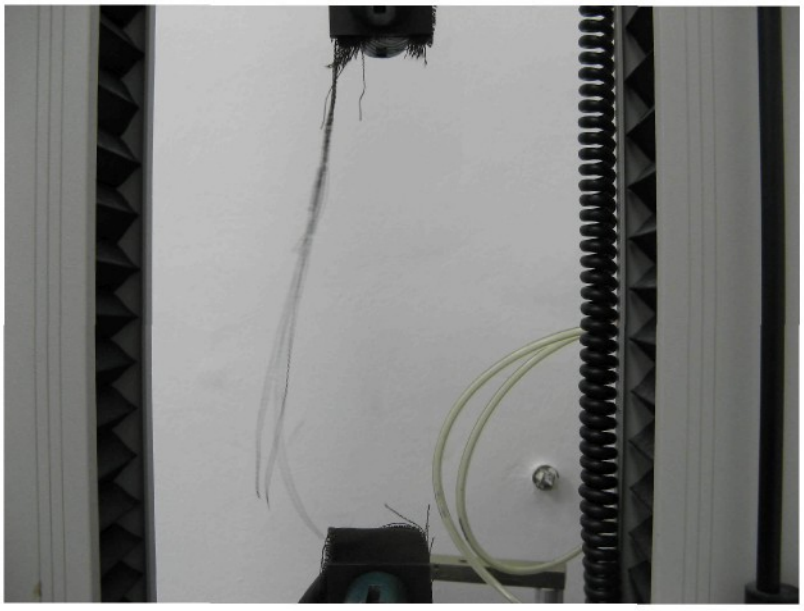




Vliv délky cyklu pro 10% tažnosti







Příloha č. 4
Fotografie