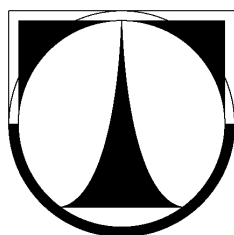


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

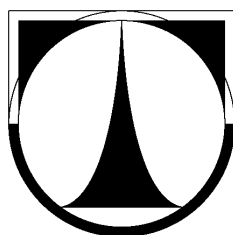


DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2006

Kateřina Holečková

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



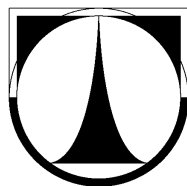
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2006

Kateřina Holečková

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

SMĚROVÁ PEVNOST A TAŽNOST ZÁTAŽNÝCH PLETENIN

**DIRECTIONAL STRENGTH AND BREAK ELONGATION OF
KNITTED FABRIC**

Liberec 2006

Kateřina Holečková

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

**Obor: 3106 T
Textilní technologie**

Zaměření: Pletařství

Katedra textilních technologií

Směrová pevnost a tažnost zátažných pletenin

KTT

Vypracovala: Kateřina Holečková

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Radko Kovář, Csc.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran:	55
Počet obrázků:	16
Počet tabulek:	14
Počet příloh:	4
Počet grafů:	2

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená *diplomová (bakalářská)* práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové (bakalářské)* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou diplomovou (*bakalářskou*) práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové (*bakalářské*) práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové (*bakalářské*) práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové (*bakalářské*) práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci, dne 14. května 2006

.....

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala za pomoc při zpracování mé diplomové práce. Jmenovitě panu Prof. Ing. Radkovi Kovářovi, Csc. a Ing. Ivě Mertové za cenné rady a odborné vedení při zpracování této diplomové práce.

Poděkování dále patří panu Karlu Gallasovi a kolegům ze zaměstnání za praktické připomínky a konzultace. A také firmě TOMATEX a.s. za poskytnutí vzorků k měření experimentu.

Upřímný a velký dík patří také mé rodině a blízkým, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá směrovou pevností a tažností zátažných pletenin. Teoretická část je věnována rozboru vlastností u nichž by se mohla projevit jejich závislost na směru. Úzce je práce zaměřena na anizotropii pevnosti a tažnosti. Měřením byla zjištěna anizotropie těchto vlastností. Výsledky měření jsou uvedeny a vyhodnoceny v experimentální části.

Annotation

This MSc. theses deals mainly with impact of direction on knitted fabric strength and break elongation. Theoretical part is turned to the analysis of the properties that could be influenced by direction, mainly to anisotropy of strength and break elongation. These properties were tested experimentally; the results are presented and evaluated in the work.

Obsah

Kapitola	Název	Strana
	Úvodní list	
	Zadání diplomové práce	
	Místopřísežné prohlášení	4
	Poděkování	5
	Anotace	6
	Obsah	7
	Seznam použitých zkratk a symbolů	9
1.	ÚVOD	11
2.	TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE	12
2.1	Základní pojmy a definice	12
2.1.1	Dělení pletenin	12
2.1.2	Obecné vlastnosti pletenin	13
2.1.3	Zátěžné pleteniny	13
2.1.4	Pojem anizotropie	15
2.2	Rozbor vlivů na deformace pleteniny	16
2.2.1	Vliv použitého materiálu	16
2.2.2	Vliv vlastností pleteniny	17
2.2.2.1	Vliv vazby pleteniny	17
2.2.2.2	Hustota pleteniny	19
2.2.2.3	Nestejněměrnost struktury pleteniny	19
2.2.3	Deformační vlastnosti pletenin	21
2.3	Mechanické vlastnosti pletenin	24
2.3.1	Pevnost, Anizotropie pevnosti	24
2.3.2	Tažnost, Anizotropie tažnosti	26
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST PRÁCE	33
3.1	Základní parametry vzorků pletenin	33
3.2	Popis přístroje	36
3.3	Příprava vzorků pro měření	37
3.4	Postup měření	37

Kapitola	Název	Strana
4.	VÝSLEDKY A DISKUZE	39
4.1	Hustota pletenin	39
4.2	Tažnost pletenin	43
4.3	Pevnost pletenin	48
4.4	Stupeň anizotropie	52
5	VÝNAM ANIZOTROPIE PEVNOSTI A TAŽNOSTI PRO PLETENÉ VÝROBKY	53
6	ZÁVĚR	54
	Seznam použité literatury	55
	Příloha	
	č. 1 - Vzorke pletenin použité k měření	
	č. 2 - Zpracování naměřených dat	
	č. 3 - Grafy	
	č. 4 - Fotografie	

Seznam použitých zkratk a symbolů		
Symbol	Popis	Rozměr
<i>apod.</i>	A podobně	
<i>atd.</i>	A tak dále	
<i>ba</i>	Bavlna	
<i>c</i>	Rozteč řádků	[m]
<i>c_s</i>	Rozteč řádků při maximální možné deformaci	[m]
<i>ČSN</i>	Československá státní norma	
<i>d</i>	Průměr nitě	[m]
<i>D</i>	Průměr šroubovice osy nitě	[m]
<i>d'</i>	Průměr nitě při maximální možné deformaci	[m]
<i>d_{ef}</i>	Efektivní průměr nitě	[m]
<i>F</i>	Pevnost textilie	[N]
<i>F_n</i>	Pevnost zaplétané nitě	[N]
<i>F_p</i>	Pevnost pleteniny	[N]
<i>H_c</i>	Hustota celková	[m ²]
<i>H_ř</i>	Hustota řádků	[m ⁻¹]
<i>H_{sl}</i>	Hustota sloupků	[m ⁻¹]
<i>IS</i>	Interval spolehlivosti	
<i>K_{vp}</i>	Koeficient využití pevnosti	[-]
<i>K_{vz}</i>	Koeficient využití vazby	[-]
<i>l</i>	Délka nitě v očku	[m]
<i>L</i>	Upínací délka vzorku	[mm]
<i>l'</i>	Délka nitě v očku při maximální možné deformaci	[m]
<i>l₀</i>	Upínací délka vzorku textilie	[m]
<i>L_{max}</i>	Maximální délka vzorku po protažení	[mm]
<i>l_p</i>	Délka vzorku textilie při přetržení	[m]
<i>Lu</i>	Upínací délka vzorku	[mm]
<i>m</i>	Hmotnost	[m]
<i>např.</i>	Například	
<i>obr.</i>	Obrázek	
<i>PES</i>	Polyester	

Seznam použitých zkratk a symbolů		
Symbol	Popis	Rozměr
$PESs$	Polyesterová stříž	
Pl	Pletenina	
PPS	Plochý pletací stroj	
$\check{r}$	Řádek	
s	Směrodatná odchylka	
s^2	Rozptyl	
S_A	Stupeň anizotropie vlastnosti plošné textilie	[-]
S_{Ai}	Stupeň anizotropie pro dokonale izotropní textili	
sl	Sloupek	
T	Jemnost nitě	[tex]
$tab.$	Tabulka	
$tj.$	To je	
Tk	Tkanina	
v	Variační koeficient	
VPS	Velkopřůměrový pletací stroj	
Vss	Viskozová stříž	
w	Rozteč sloupků	[m]
$w_{\check{r}}$	Rozteč sloupků při maximální možné deformaci	[-]
w_s	Rozteč řádků při maximální možné deformaci	[-]
$\bar{x}$	Aritmetický průměr	
$X_{max (min)}$	Maximální (minimální) hodnota vlastnosti	
ZJ	Zátažná jednolící pletenina	
α	Úhel stoupání šroubovice	[°]
α_1	Úhel pootočení vzorku	[°]
ε	Tažnost textilie	[%]
$\varepsilon_{sl,\check{r}}$	Tažnost pleteniny ve směru sloupků (řádků)	[%]
π	Ludolfovo číslo	
ρ	Hustota nitě	[kg/m ³]

1. ÚVOD

V posledních době dochází k významnému zvýšení podílu pletenin ve výrobě oděvních, bytových a hlavně technických textilií. Tento růst je podporován dalším vývojem chemických vláken, novými technologiemi ve výrobě nití, novou generací pletacích strojů, vysokou vzorovací a výrobní kapacitou a specifickými vlastnostmi pletenin. Tyto vlastnosti umožňují pleteninám nahradit ostatní materiály tam, kde jejich vlastnosti nevyhovují.

Ke správnému a účelovému použití pletenin (textilií) v praxi je nutná dobrá znalost všech jejich vlastností a chování, a to především při namáhání za různých podmínek. Pro zpracovávání pletenin a jejich následné používání je důležité znát jejich chování při tahovém namáhání v různých směrech.

Předmětem zkoumání této diplomové práce je směrová pevnost a tažnost zátažných pletenin. Zjednodušeně lze říci, že materiál má v různých směrech různé vlastnosti. Směrová závislost vlastností souvisí se směrovou závislostí struktury a struktura je ovlivněna použitou technologií. Anizotropii je možné sledovat na různých vlastnostech. Nejvýznamnější jsou však ty, které se projevují při dalším zpracování a užívání textilie.

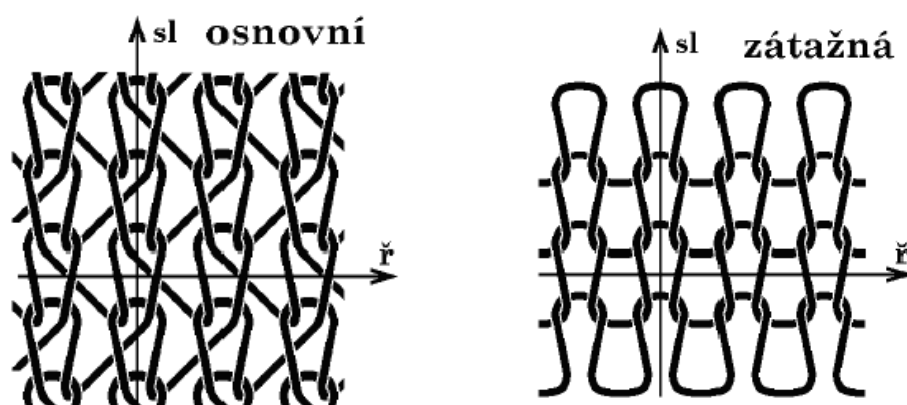
Cílem této práce je provést rozbor vlivu směru tahového namáhání na pevnost a tažnost zátažných pletenin, a to na základě hodnot zjištěných v experimentální části při měření pevnosti a tažnosti pletenin v závislosti na směru namáhání. Měření mají sloužit k ověření, zda je teorie v souladu se skutečností. K experimentu byly vybrány vzorky pletenin v jedolící plyšové a obolící interlockové vazbě. Přestože problém anizotropie pletenin je v oblasti textilní výroby významný, nebylo k této otázce mnoho publikováno, a proto je každý nový poznatek cenný.

2. TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE

2.1 Základní pojmy a definice

2.1.1 Dělení pletenin

Pleteniny se dělí na dva základní druhy - na pleteniny zátažné a osnovní. Zátažná pletenina je vyrobena z příčné soustavy nití. Níť procházejí pleteninou ve směru řádku, popřípadě může být pletenina zhotovena z jedné níť. Osnovní pletenina je vyrobena z podélné soustavy nití - osnovy viz. obr.1. Níť osnovy procházejí pleteninou ve směru sloupků. Každé očko pleteniny je vytvořeno ze samostatné níť.



Obr.1 Zátažná a osnovní pletenina, řádek, sloupek

Zátažné pleteniny se pak dělí podle vazby (což je způsob provázání příčné soustavy nití) na:

1. jednolící
2. oboulící
3. obourubní
4. interlockové

V každé vazební skupině - u zátažných i u osnovních pletenin existuje nejjednodušší vazba = vazba základní neboli hladká a dále pak její odvozeniny.

Druh a vazba charakterizují pleteninu pouze z hlediska strukturního a nemohou postihnout celkový charakter a vlastnosti textilie. Úplná charakteristika pleteniny musí tedy vždy obsahovat i údaje o materiálu, jemnosti, úpravě, popřípadě i o barvě a vzoru.
/6/

2.1.2 Obecné vlastnosti pletenin

Vlastnosti pletenin se dají třídit do několika kategorií. Např. podle:

Uplatnění

- užitné
- zpracovatelské

Podstaty - souvisí s určitými vědními obory:

- Společenské vědy - móda, ekonomie
- Přírodní vědy - geometrické
 - fyzikální
 - mechanické - tah - při jednoosém zatížení
 - ohyb
 - smyk
 - termické
 - elektrické
 - chemické

Přestože některé z těchto vlastností jsou popisovány vektorově, např. termické a elektrické, anizotropie se u nich v ploše textilie neprojeví. Směrová závislost se neprojeví ani u chemických vlastností.

Z těchto uvedených vlastností se anizotropie může vyskytnout v ploše textilie pouze u vlastností mechanických. /8/

2.1.3 Zátažné pleteniny

K vytvoření zátažné pleteniny se používá jedna vodorovná soustava nití. Každá nit v této soustavě vytváří řadu kliček nebo smyček, které se v příčném směru vzájemně proplétají a vážou.

Pletenina je snadno paratelná. Po řádcích v opačném směru pletení, po směru sloupků je paralelnost daná vazbou pleteniny. Např. jednolící pletenina je po sloupku paralelná v obou směrech.

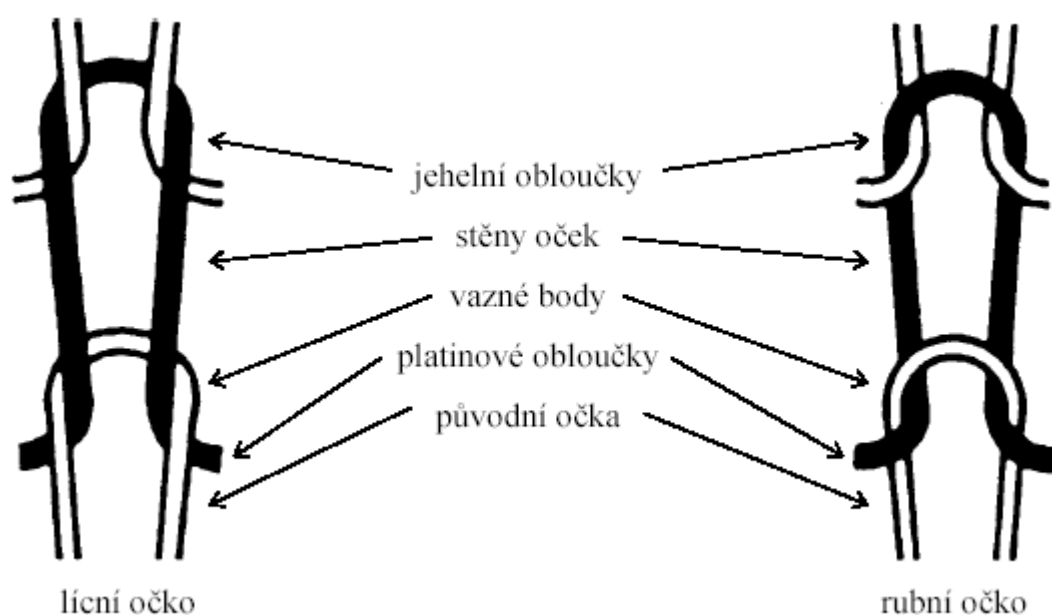
Pojmenování zátažné pleteniny je odvozeno z názvu pracovního úkonu - zatahování, jímž se z původně rovné nitě vytvářejí kličky.

Ve srovnání s osnovní pleteninou má zátažná pletenina zcela odlišnou strukturu, odlišný způsob tvorby vazby a jiný charakter mechanickofyzikálních vlastností.

Základním vazebním prvkem je očko. Tvar oka a způsob jejich vzájemného provázání dávají pletenině určité vlastnosti, jimiž se odlišují pletené výrobky od ostatních textilií, především tkanin.

Očko je klička nebo smyčka protažená kličkou nebo smyčkou předcházející.

Očko zátažné pleteniny obr. 2 má tyto části:



Obr. 2 Části oka

Podle způsobu provázání můžeme očka rozdělit na lící a rubní. Lící očko vzniká protažením kličky původního oka zezadu dopředu. Očko rubní vzniká protažením původního oka kličkou zepředu dozadu. Viz. obr. 2.

Podle střídání lících a rubních oček dělíme pleteniny na jednolící, oboulící a obourubní.

Očka provázaná ve vodorovném směru tvoří řádek, očka vázaná v podélném směru vytváří sloupek. Viz. obr. 1.

Vlastnosti ve směru řádku a sloupku se značně liší, z čehož lze usuzovat, že se budou lišit i v dalších směrech /7/.

2.1.4 Pojem anizotropie

Anizotropie není výsadou textilních útvarů, vliv směru na různé vlastnosti je ale u textilií výraznější nežli u jiných běžných materiálů.

Anizotropie je závislost fyzikálních vlastností látek na směru, ve kterém se měří.

Čím je anizotropie mnohých vlastností textilií způsobena? Jedná se především o to, že plošná textilie vzniká z textilií délkových a ty zase z podobných délkových vláken. Je téměř nemožné uspořádat vlákna rovnoměrně do všech směrů, a především klasické textilie (tkaniny a pleteniny) mají výrazně nerovnoměrnou orientaci nití a vláken do různých směrů. Nerovnoměrná charakteristika směrového rozložení nižších struktur ovlivňuje řadu vlastností, které se tak stávají směrově závislými. Nápadná je především anizotropie deformace textilií.

Anizotropie je ze strukturálního hlediska určena orientací elementů struktury plošné textilie. Za tyto elementy jsou považovány nejmenší lineární úseky vláken v textilii. Je zřejmé, že směrová závislost struktury má vliv na směrovou závislost vlastností textilií. Orientaci vláken v plošné textilii, jejich četnost v závislosti na směru lze popsat v polárním diagramu. Stejným způsobem lze také popsat anizotropii vlastností plošných textilií. Polární diagram dokonale izotropní plošné textilie by měl tvar kruhu, naopak protáhlejší polární diagram odpovídá anizotropní plošné textilii. U prostorových textilií by bylo možné anizotropii znázornit analogicky v prostorovém polárním diagramu.

K hodnocení velikosti anizotropie lze použít stupeň anizotropie S_A , který je dán vztahem:

$$S_A = (X_{\max} - X_{\min}) / \bar{X} \quad (1)$$

$$\bar{X} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \quad (2)$$

$\bar{x}$	aritmetický průměr
S_A	stupeň anizotropie vlastnosti plošné textilie [1]
X_{max}, X_{min}	maximální a minimální hodnota vektorové vlastnosti plošné textilie měřená v závislosti na směru

Stupeň anizotropie pro dokonale izotropní textilií $S_{Ai} = 0$, neboť v tomto případě je $X_{max} = X_{min}$ a pro dokonale anizotropní plošnou textilií je $X_{min} = 0$, takže $S_{Aa} = 1$. Hodnoty stupně anizotropie S_A tedy leží v číselném intervalu $< 0; 1 >$.

Anizotropie mechanických vlastností je významná pro teorii, ale především pro praxi. Znalost směrové závislosti vlastností pletenin umožňuje usuzovat na jejich případné použití [3].

2.2 Rozbor vlivů na deformace pleteniny

Deformace zátažných pletenin je ovlivněna různými parametry. Tyto vlivy lze rozdělit do 4 skupin:

- vlivy použitého materiálu
- vlivy vlastností pleteniny
- vlivy stroje
- vlivy vnějších podmínek

2.2.1 Vliv použitého materiálu

Použitý materiál ovlivňuje strukturu i vlastnosti pleteniny. Ponecháme-li stranou strukturu nitě, která je ovlivněna vlastnostmi vláken, jsou pro pletaře z vlastností nitě nejdůležitější:

- a) deformační vlastnosti v celém jejím komplexu, tj. chování nitě při deformaci ohybem, krutem, tahem a při příčném stlačení
- b) vlastnosti nitě, projevují se při kontaktu nitě s jinou nití nebo s pracovními částmi pletařských strojů, zejména různé formy pasivních odporů - tření.

Proces pletení i stav pleteniny je ovlivněn třením nití o kovové součásti pletacích strojů a vzájemným třením nití mezi sebou, ale i vnitřním třením nitě, způsobené třením mezi vlákny, které také zapříčiňuje plasticitu textilie. Na strukturu a vlastnosti pleteniny mají vliv *vlastnosti a parametry nitě*:

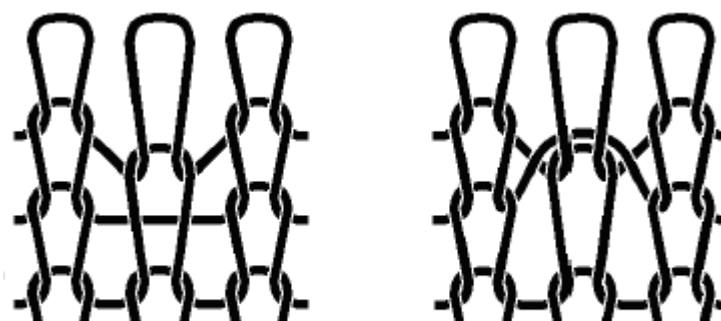
- použitý druh materiálu
- elastické vlastnosti
- chlupatost
- jemnost a tvar průřezu
- zákrut
- stupeň čistoty
- úprava, zpracování, zušlechtění
- nepřesnosti nitě, strukturální rozdíly /3/

2.2.2 Vliv vlastností pleteniny

Mezi tyto vlivy patří vliv vazby a jejích parametrů, hustota pleteniny, nestejnoměrnost struktury pleteniny, deformační vlastnosti pletenin.

2.2.2.1 Vliv vazby pleteniny

Vazba je definovaná jako způsob provázání vazebních prvků (očko, chytová klička, podložená klička). Díky způsobu provázání získáváme v pletenině různé druhy řádků (sloupků), které pak mají vliv na celkovou pevnost a tažnost pleteniny. V pletenině se mohou vyskytovat např. méně tažné řádky (sloupky), které se přetrhnou dříve než řádky (sloupky) s větší tažností /4/.



Obr. 3 Schéma podložené a chytové kličky

Očko - jeho tažnost souvisí s délkou nitě, která ho tvoří. Při zatěžování oka do délky tj. z obloučků do stěn se oko protahuje a zužuje, při namáhání oka do šířky ze stěn do obloučků se oko rozšiřuje a zkracuje, viz. obr. 6. Z toho tedy vyplývá, že tažnost bude větší po řádku z důvodu přenesení stěn oček do směru řádků.

Pevnost závisí na směru namáhání pleteniny. Při namáhání oka do délky působí tahová síla na dva průřezy nitě a při namáhání do šířky působí na jeden průřez nitě. Z toho tedy vyplývá, že pevnost podélná ve směru sloupků je větší než pevnost příčná po směru řádků.

Podložená klička - viz. obr. 3 snižuje příčnou tažnost pleteniny z důvodu volně ležících nití v řádku. Délka podložené kličky je teoreticky menší než délka oka. Zvyšuje tažnost podélnou, kde se volný úsek nitě po zatížení přesune do oček předcházejícího řádku.

Chytová klička - viz. obr. 3 řádky skládající se pouze z oček mají v pletenině větší tažnost a nižší pevnost než řádky, kde se vyskytují chytové kličky. Chytová klička obecně snižuje příčnou tažnost pleteniny a zvyšuje tažnost podélnou z důvodu přesunutí kličky do směru sloupků.

Pevnost pleteniny obsahující podložené nebo chytové kličky bude celkově nižší než u hladké pleteniny tvořené pouze očky. Lze tedy předpokládat, že průběh deformační křivky takové pleteniny bude mít strmější průběh a k destrukci vazby dojde dříve než u pleteniny hladké z důvodu jiných délkových parametrů chytové a podložené kličky. Pevnost pletenin s těmito vazebními prvky je neprozkoumanou oblastí a zasluhuje si podrobnějšího rozboru a zkoumání.

Obecně lze tedy říci, že pokud v pletenině použijeme kombinaci více vazebních prvků, pevnost a tažnost odvozené vazby se zásadně mění podle vlastností těchto prvků. Na základě toho můžeme cíleně vyrábět pleteniny s vysokou tažností nebo naopak použitím např. vkládaného útku tažnost omezit.

2.2.2.2 Hustota pleteniny

Hustota pleteniny je jednou z nejdůležitějších vlastností pleteniny, protože se dá technologicky snadno ovlivnit a je výsledkem základních technologických parametrů a způsobu výroby. Hustota je také vlastnost, která ve velké míře ovlivňuje vlastnosti další. Plošné vyjádření hustoty je systém vyjadřující zaplnění pleteniny vazebními prvky nebo nití těchto vazebních prvků /3/. Hustota pleteniny je vyjádřena vztahem:

$$H_c = H_r \cdot H_s \quad (3)$$

Kde H_c je hustota celková, tj. počet oček ve čtverečním metru

H_s je hustota sloupků, tj. počet sloupků pleteniny na metr

H_r je hustota řádků, tj. počet řádků pleteniny na metr

2.2.2.3 Nestejnoměrnost struktury pleteniny /10/

Struktura je popisována jako způsob vnitřního uspořádání. Je definována jako vzájemná interakce elementů struktury, v případě pleteniny úseků nitě ve vazném bodu a jejich vzájemné působení. Struktura pleteniny tedy charakterizuje uspořádání oček a jejich vnitřní vztahy. Nestejnoměrnost pleteniny může vzniknout již v průběhu pletení (např. pruhovitost, porušení vzoru, rozdílné hustoty, kolísání tahové síly v zaplétané niti) nebo dodatečně (např. zátrh, díra).

Neuvažujeme-li tedy vliv vlastností použitého materiálu, může být struktura pleteniny ovlivňována především prostřednictvím:

1. Délky nitě v očku „l“

Délku nitě v očku vypočítáme podle Dalidoviče ze vztahu:

$$l = \frac{\pi \cdot w}{2} + \pi \cdot d + 2c \quad (4)$$

l	délka nitě v očku [mm]
w	rozteč sloupků [mm]
c	rozteč řádků [mm]
d	průměr nitě [mm]
π	Ludolfovo číslo 3,14

Tento parametr patří k nejvýznamnějším proměnným struktury, jeho velikost závisí především na:

- a) geometrii stroje - rozteči jehel, geometrii jehel, seřízení hloubky zatahování
- b) síla - seřízení odtahové síly a její velikosti
- c) klimatických podmínkách, procesu zušlechťování, relaxaci pleteniny
- d) způsobu přivádění nitě, kolísání tahové síly v zaplétané niti

ad a) Hloubka zatahování je především závislá na poloze stahovačů. Tato poloha je seřiditelná. Způsob zatahování ovlivňuje možnost zpětného přetahování nitě a dříve zatažených oček.

ad b) Jednou z hlavních funkcí odtahového zařízení je vytváření odtahové síly. Větší odtahová síla způsobuje větší deformaci právě zatahovaného oka, a tím větší hodnoty „l“. Odtahová síla v konečné fázi také ovlivňuje hustotu pleteniny a tím i podélnou deformaci oček.

ad c) Změna teploty a vlhkosti prostředí může ovlivnit změnu geometrie stroje, vlastnosti textilního materiálu (kolísání tahového napětí apod.). Například firma Mayer & Cie zkonstruovala stoj na výrobu jednolící pleteniny s automatickým vyhříváním před začátkem pletení a chlazením v průběhu pletení. Toto zařízení tedy zajišťuje ideální teplotu v průběhu celé pracovní doby stroje.

ad d) Přiváděním nitě je ovlivňována tahová síla v zapletené niti. Napnutí nitě v okamžiku jejího nejhlubšího zatažení má vliv na délku zatažené nitě (více napnutá nit bude více deformovaná, bude jí zatažena kratší délka). Nit může být přiváděna tzv. pozitivním (tj. délkovým) způsobem, kdy je každému očku přivedena předem určená délka nitě, nebo negativním (tj. napět'ovým) způsobem, u kterého je v ideálním případě nit podávána pod zvolenou konstantní tahovou silou. V obou případech je ale délka nitě v očku regulována prostřednictvím tahové síly v niti a deformací zatahované nitě.

2. Tvaru nitě v očku

Každé očko v pletenině má individuální tvar způsobený náhodnou změnou mnoha parametrů. Tvar nitě v očku lze popsat pomocí velice zjednodušujících modelů. Tvar nitě v očku je ovlivněn:

- Vlastnostmi použitého materiálu
 - struktura (jemnost, zákrut, ohebnost,...)
- Procesem pletení
 - geometrie a seřízení stroje
 - seřízení tahové síly v přiváděné niti
 - seřízení odtahové síly
 - způsob zatahování
 - směr pletení - u PPS se očka střídavě sešikmují do stran, u jednosměrného pletení na okrouhlých strojích se očka sešikmují na jednu stranu. Sešikmení závisí na počtu pletoucích systémů, tedy na počtu řádků upletených za jednu otáčku stroje. Při pletení s vysokým počtem systémů může sešikmení řádku negativně ovlivnit kvalitu pleteniny, strukturu a vzhled vazby.

2.2.3 Deformační vlastnosti pletenin

Pleteniny se už při působení malého napětí deformují podstatně více než tkaniny. Tato skutečnost může užitkovou hodnotu pleteniny podstatně změnit, a to v kladném i záporném smyslu. Ke zvýšení užitkové hodnoty může dojít například díky

tomu, že textilie konfekčně zhotovená z pleteniny se může lépe přizpůsobit tvarovým požadavkům lidského těla. Naproti tomu ale značná tvarová nestabilita výrobků z pleteniny výrazně snižuje jejich užitkovou hodnotu.

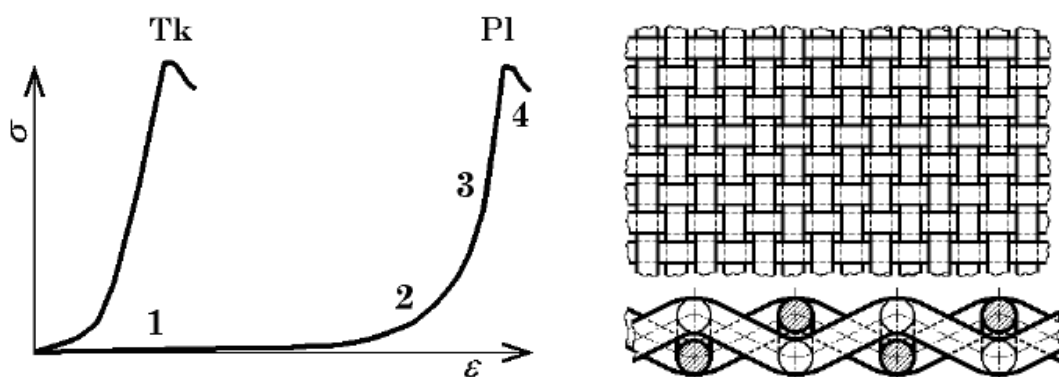
Deformace může být způsobena:

- a) vzájemným posuvem nití sousedních řádků ve vazných bodech
- b) deformací tvaru osy nitě v očku
- c) deformací průřezu nitě, hlavně v místě kontaktu nití
- d) délkovou deformací osy nitě

Výsledky zkoušek jsou ovlivněny zkušebními podmínkami. Vedle podmínek daných metodikou zkoušky a konstrukcí stroje, na kterém byly zkoušky zhotoveny, ovlivňuje výsledky zkoušky též stav, ve kterém se pletenina při zkoušce nachází. Tvar a rozměry vazebních prvků pleteniny jsou konstantní. V důsledku pohyblivých vazeb daných třením ve vazných bodech se mohou vazební prvky dočasně stabilizovat do různých stavů, rozměrově značně odlišných. Jednoznačné geometrie dosáhne pletenina teprve v relaxovaném stavu. Relaxovaný nebo také rovnovážný stav, jinak také stav s minimální energií, je stav, k němuž dochází po odstranění vnitřního napětí v pletenině. Předpokládá se tedy, že před vznikem zatěžovacího napětí je pletenina v plně relaxovaném stavu.

Deformační vlastnosti patří mezi nejdůležitější vlastnosti pleteniny. Proti tkaninám má pletenina větší volnost pohybu nití ve vazném bodě. Z toho také vyplývají tahové pracovní křivky na obr. 4.

Tažnost běžné tkaniny a pleteniny se liší (díky menšímu zprohýbání ve tkanině) až o jeden řád.



Obr. 4 Deformační křivka tkaniny a pleteniny, schéma tkaniny

Deformačními vlastnostmi se rozumí schopnost textilie měnit svůj tvar při zatížení a celková deformace je pak chápána jako součet deformací vratných (elastických), nevratných (plastických) a zotavných.

Působením i velmi malých sil dochází k poměrně značné směrové i plošné deformaci. Obr. 4 ukazuje k porovnání průběh směrové deformace tkaniny a pleteniny.

Charakteristická deformační křivka je velmi nelineární a má čtyři hlavní části:

Úsek 1 - má velký přírůstek deformace už při malých změnách napětí. Očka pleteniny se v této oblasti deformují tvarově a zároveň začíná docházet k posuvu vazných bodů /tj. místa vzájemného kontaktu nití/ po nitech. Při běžném experimentálním zjišťování pevnosti a tažnosti pleteniny nebývá zpravidla po určitou dobu deformace vzhledem k citlivosti dynamometru registrována žádná zatěžovací síla. Křivka se pohybuje po vodorovné ose (ϵ).

Úsek 2 - je charakteristický změnou strmosti deformační křivky, která je výraznější nežli v úseku 1 a 3. Dochází zde k výraznějším změnám tvaru nitě. Posuv vazných bodů pokračuje tak dlouho, až se nitě v sousedních vazných bodech začnou dotýkat a stlačovat.

Úsek 3 - byla dosažena maximální možná tvarová deformace nitě i maximální možný posuv vazných bodů. V této /nejstrmější/ části křivky se začíná uplatňovat i výraznější délková deformace zapletené nitě. Přírůstek síly je nejvýraznější právě v této části.

Úsek 4 - v tomto úseku začíná destrukce pleteniny tj. praskání jednotlivých nití až do úplného přetrhu.

2.3 Mechanické vlastnosti pletenin

Charakteristickým znakem pleteniny jsou očka. Jejich tvar a způsob jejich vzájemné vazby dávají pletenině určité vlastnosti. Je to zejména pevnost a tažnost.

2.3.1 Pevnost

Pokud se jedná o pleteninu pro oděvní účely, nemá pevnost pro pleteninu zásadní význam, protože je zřídka namáhaná na mez pevnosti a k jejímu znehodnocení (poškození) dojde převážně jiným způsobem než přetržením. Pouze v případech, kdy se pletenina používá pro technické účely nebo nahrazuje tkaninu určitých parametrů, musí se sledovat také pevnost.

Pevnost pleteniny je dána zatížením (N), potřebným k přetržení daného vzorku přepočtem na jednotky SI. Anizotropie se projeví u pevnosti směrové.

Výsledek může podstatně změnit konstrukci pleteniny. Budou-li se např. střídát řádky jednobídné s oboustrannými, je zřejmé, že se méně tažné jednobídné řádky přetrhnou dříve a to při deformaci, která je vzhledem k řádkům oboustranným natolik malá, že oboustranné řádky budou přenášet jenom zanedbatelný podíl napětí. Budou-li se střídát řádky složené z oček, podložených kliček a chytových kliček, bude pevnost proti základní vazbě odlišná. Odhadnout tuto skutečnost je poměrně složité.

Anizotropie pevnosti

Podle charakteru namáhání rozlišujeme:

- pevnost směrovou, kdy je zatížení jednosměrné (ve směru řádku, sloupku, diagonálně)

- pevnost plošnou (pevnost v průtlaku), kdy je pletenina namáhána všemi směry.

Tato práce se bude zabývat pevností v tahu, tj. pevností směrovou. Experimentální měření se provádí dle ČSN 80 0810.

Pevnost pletenin je závislá na směru. Jiná bude ve směru sloupků, jiná ve směru řádků a podobně v dalších směrech. Je známo, že největší pevnost je ve směru sloupků, protože v tomto směru je zatížen dvojnásobný počet nití na rozdíl od směru řádků, kde je pevnost nejmenší.

Pevnost lze vypočítat podle vztahu:

$$F_p = H_{r,sl} \cdot F_n \cdot K_{vz} \cdot K_{vp} \quad (5)$$

$$K_{vp} = \frac{F}{N \cdot P} \quad (6)$$

Kde F_p pevnost pleteniny [N]

$H_{r,sl}$ hustota řádků nebo sloupků podle namáhání [m^{-1}]

F_n pevnost zaplétané nitě [N]

F pevnost pleteniny naměřená [N]

N počet nití přenášejících sílu v určitém směru [-]

P pevnost příze [N]

K_{vz} koeficient vazby [-]

určuje počet nití přenášejících zatížení na jednotku hustoty např. u ZJ hladké vazby je $K_{vz} = 2$ pro podélné namáhání, v jednom sloupku sílu přenášejí dvě stěny oka, pro příčný směr je $K_{vz} = 1$.

K_{vp} koeficient využití pevnosti [-]

koriguje výpočet s ohledem na změny využitelné pevnosti po přeměně délkové textilie na plošnou.

U pletenin je zpravidla menší než 1 (zhruba kolem 0,5). Plně využít pevnosti všech nití není možné např. vzhledem k nestejnoměrnosti nitě (přetrhne se nejslabší místo, další porušení je usnadněno existencí vrubu a páráním), nestejnoměrnosti pleteniny (v nestejnoměrné textilií jsou některá místa více namáhána), způsobu namáhání (nitě ve vazných bodech jsou namáhány ve smyčce, tato pevnost bývá menší nežli běžně měřená pevnost přímých úseků nití) apod. U tkanin bývá koeficient využití pevnosti větší než 1. Vyjádření pevnosti v dalších směrech je značně komplikované, právě díky koeficientu využití pevnosti /1/.

Koeficient využití pevnosti mohou ovlivňovat různé faktory. Např. tvar vyseklého vzorku - vruby, upnutí vzorku v čelistech, nestejnoměrnost nitě.

2.3.2 Tažnost

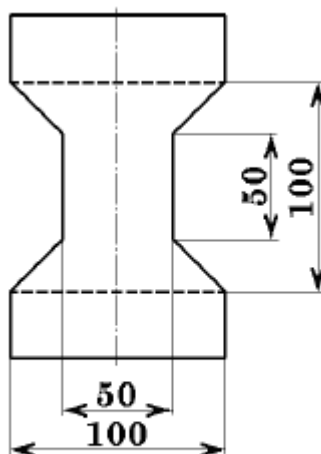
Tažnost je nejcharakterističtější vlastností pleteniny a většinou určuje její použitelnost pro určité výrobky.

Obecně je tažnost definovaná jako schopnost materiálu měnit svůj tvar vlivem vnějších zatěžujících sil ve směru jejich působení. Podle normy ČSN 80 0810 je tažnost dána prodloužením (protažením) vzorku zjištěném při přetržení a vyjádřené v procentech upínací délky /5/.

Tažnost a obecně možnost rozměrových změn zátažných pletenin může být extrémně veliká. Z praxe víme, že např. obouliční vazby mívají velikou příčnou a obourubní naopak podélnou tažnost.

Vzhledem k velké kontrakci pleteniny ve směru kolmém na zatížení, které by zkreslovalo výsledky (z důvodu mnoha přetrhů v čelistech kde se koncentruje napětí), se používá normovaný vzorek obr. 5. Zúžení předchází přetrhům v čelistech, vzorek se upíná bez předpětí (podle značek zakreslených na relaxované pletenině ve vzdálenosti 100 mm) a navíc je několikrát podélně přeložený, aby byl omezen vliv kontrakce.

U pleteniny je běžné, že např. dvojnásobné protažení v jednom směru může být doprovázeno zkrácením příčného směru v ještě větším poměru, např. na čtvrtinu. Paradoxně je tudíž nejen možné, ale docela běžné, že se plocha (tj. parametr $w \cdot c$) pleteniny tahovým namáháním zmenší /6/.



Obr. 5 Tvar vzorku dle normy pro zjišťování tržné síly a tažnosti, rozměry vzorku jsou uvedeny v milimetrech.

Směrová tažnost je ve směru sloupků a řádků vyjádřena vztahem:

$$\varepsilon = \frac{l_p - l_o}{l_o} \cdot 100 \quad (7)$$

kde ε tažnost textilie [%]

l_o původní (upínací) délka vzorku [m]

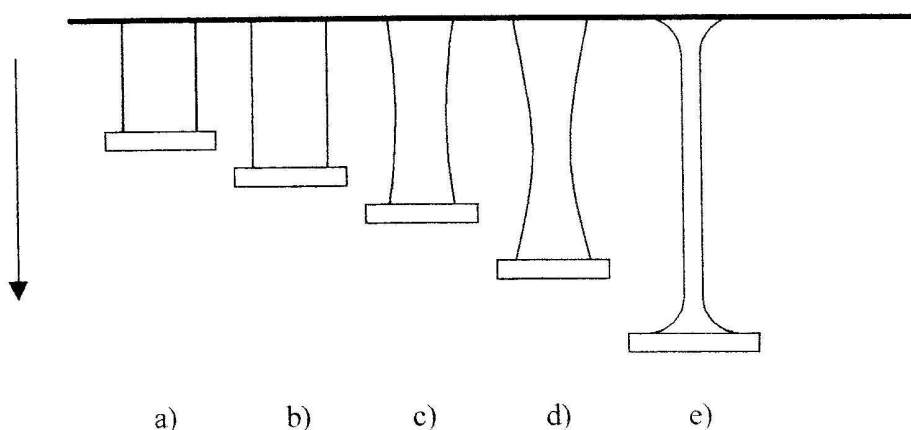
l_p délka vzorku při přetrhu [m]

Když uvedeme rozměry vzorků před a po deformaci v (mm) a pokud upínací délka bude 100 (mm), tak hodnoty tažnosti v (%) a prodloužení v (mm) budou číselně stejné.

Pevnost se zjišťuje na dynamometru společně s pevností.

Tahová deformace pleteniny /3/

Při jednoosém tahovém namáhání se na vzorek pleteniny působí jen v jednom směru, buď ve směru řádků nebo sloupků. Při biaxiálním namáhání působí napětí na vzorek v obou směrech najednou. Pojem „jednoosé“ namáhání je však nemožné brát doslova. Vzorek pleteniny se i při takto označeném způsobu namáhání deformuje i ve směru řádků i ve směru sloupků. Během deformace zaujme tvar vlastní většině textilních materiálů s nejmenší šířkou uprostřed, dle obr. 6. Charakteristická je změna tvaru vzorku pleteniny v průběhu jednoosé deformace během experimentálního namáhání. Rozdíl mezi vzorky před začátkem deformace /a/ a krátce před porušením /e/ je zřetelný a příznačný pro většinu textilních materiálů. V případě pletenin se projevuje velmi významným způsobem. Na tento rozdíl může mít vliv mimo uvedených faktorů také i druh použitého materiálu, druh pletařské vazby, hustota....atd.



Obr. 6 Změna tvaru vzorku během namáhání

Anizotropie tažnosti /1/

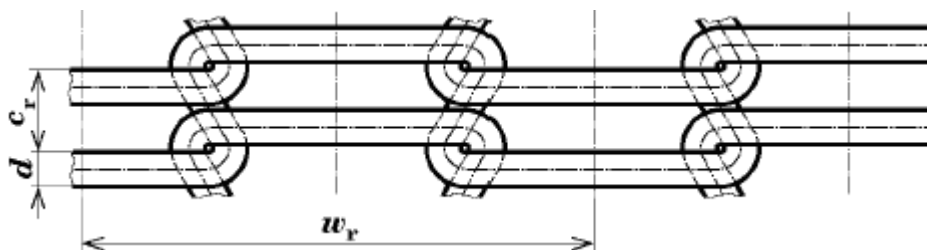
Každé očko pleteniny, je-li podrobena tahu, může změnit svůj tvar, podobně změní svůj tvar i celý kus pleteniny. Vytahuje-li se očko do šířky, rozšíří se očka, přičemž se pletenina zkrátí na výšku. Vytahuje-li se pletenina do délky, po sloupku, vytáhnou se očka na výšku. Přitom se pletenina zúží na šířku. Podobně se očka přizpůsobí i tahu úhlopříčnému.

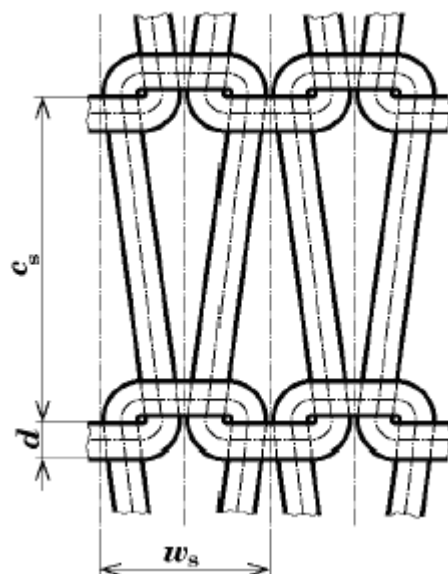
Tažnost pleteniny je podmíněna vztahem mezi velikostí oka a tloušťkou materiálu. Typickou vlastností oka je vysoká deformační schopnost, která souvisí

s délkou nitě tvořící očko. Očko, které je vzhledem k tloušťce materiálu dostatečně veliké, může lehce měnit svůj tvar, protože nit očka má pro pohyb dosti místa. Taková pletenina má velkou tažnost. Když je očko vzhledem k tloušťce materiálu malé, je pletenina příliš hustá a tuhá. Materiál oček nemá dosti místa pro zformování do jiného tvaru - pletenina je méně tažná.

Tažnost běžné pleteniny je výrazně větší než u tažnosti tkaniny díky většímu zprohýbání nitě v pletenině. Co se týče směrů, je největší tažnost ve směru řádků a nejmenší ve směru sloupků, protože při namáhání v příčném směru se do směru deformace přemísťují dvě stěny očka, kdežto při podélné deformaci zůstávají tyto dvě stěny vedle sebe.

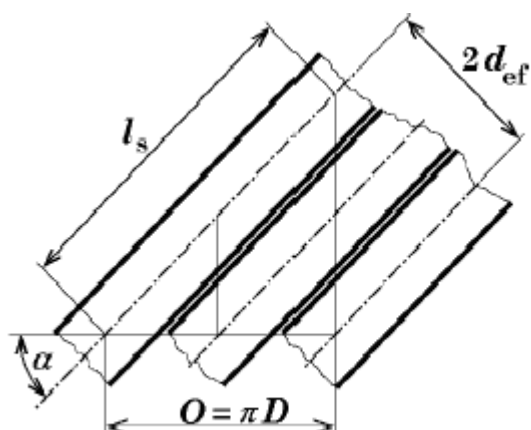
U některých vazeb tomu může být zcela jinak, např. vazby s vloženou útkovou nití apod. Velká příčná tažnost pleteniny v zátažné oboulícní vazbě je způsobena tím, že struktura této vazby je příčně zprohýbaná. Naopak větší podélnou tažností se vyznačuje pletenina v zátažné obourubní vazbě, jejíž struktura je zprohýbaná podélně. Východiskem pro stanovení tažnosti pleteniny je model maximálně deformované pleteniny obr. 7. U pleteniny v okamžiku přetrhu lze předpokládat, že volné úseky nití budou mít tvar úsečky.





Obr. 7 Model maximálně deformované pleteniny v příčném a podélném směru

Při zatížení pleteniny dochází nejdříve k tvarové deformaci oček, k posuvu vazných bodů, dále nastávají výraznější změny ve tvaru nitě. Další deformací se nitě v sousedních vazných bodech začnou dotýkat a stlačovat. Vazné body jsou tvořeny „půlzákrutem“ dvou nití (krátkým úsekem „skané nitě“) délky $l_s/2$. Druhy deformace se liší sklonem navazujících přímých úseků a úhlem stoupání šroubovice osy nitě α . Na obr. 8 je znázorněna rozvinutá šroubovice dvou stočených nití.



Obr. 8 Rozvinutá šroubovice dvou stočených nití

Pro dosažení maximální možné deformace nitě i maximálního posuvu vazných bodů nastává délková deformace zapletené nitě a nakonec destrukce pleteniny. Tažnost pleteniny můžeme vztáhnout na jedno očko a můžeme ji vyjádřit z geometrického obrazu oka volné a natažené pleteniny. Pro výpočet směrové tažnosti pleteniny platí, že při zatížení v hlavních směrech (řádek, sloupek) se rozteč sloupků změní z w na w_f a rozteč řádků z c na c_s (w_f a c_s odpovídají maximální možné deformaci v těchto směrech). Pro výpočty lze použít následující vztahy:

$$\varepsilon_s = (c_s - c) / c \cdot 100 \quad \text{nebo} \quad \varepsilon_f = (w_f - w) / w \cdot 100 \quad (8,9)$$

$\varepsilon_{s, f}$ tažnost pleteniny ve směru sloupků (řádků) [%]

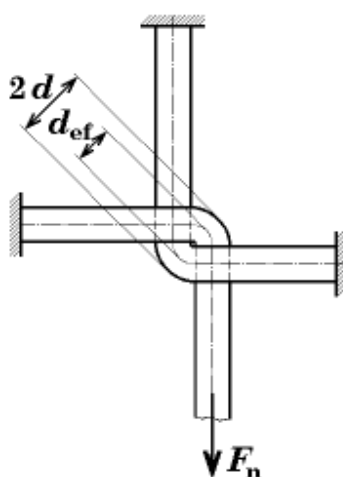
w rozteč sloupků [m]

c rozteč řádků [m]

w_f rozteč sloupků při maximální možné deformaci [m]

c_s rozteč řádků při maximální možné deformaci [m]

Dále lze předpokládat, že se zvětší i délka nitě o svoji tažnost, tedy l na l' a průřez nitě z d na d' (d' odpovídá efektnímu průměru nitě). Efektní průměr d_{ef} je definován jako nejmenší vzdálenost neutrálních os (spojnice těžišť průřezů) nití ve vazném bodu obr. 9.



Obr. 9 Model vazného bodu v pletenině

Obecně lze průměr nitě d' vyjádřit vztahem:

$$d' = \sqrt{\frac{4T \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot \rho}} \quad (10)$$

d' průměr nitě při maximální možné deformaci [m]

T jemnost nitě [tex]

ρ hustota nitě [kg/m³]

π Ludolfovo číslo 3,14

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST PRÁCE

Experimentální část je zaměřena na zjištění vlivu směru na pevnost a tažnost zátěžných pletenin a má ověřit teoretické předpoklady uvedené v kapitolách 2.1.4, 2.2.2.2, 2.3.1., 2.3.2.

3.1 Základní parametry vzorků pletenin

Při experimentu byly použity vzorky zátěžné jednolící smyčkové pleteniny a dvou zátěžných oboulících interlockových hladkých pletenin odlišných parametrů poskytnutých akciovou společností Tomatex Otrokovice.

VZOREK č. 1

Vazba – Zátěžná jednolící smyčková

Materiálové složení: Základ: ba tex 42 rezná – 39%,

Složení příze: 40%Vss/60%ba

Dodavatel: Bartoň a.s. Náchod

Klička: Ilona tex 65 rezná – 61%,

Složení příze: 40% Vss/60%PESS

Dodavatel: Randa s. r. o.

Parametry pleteniny: Počet sloupků na 1000 mm: 800

Počet řádků na 1000 mm: 1000

Hmotnost rezného úpletu: 430 g/m²

Parametry stroje:

Druh stroje: VPS

Název stroje: CMOAN, výrobce: ORIZIO

Průměr stroje: 32“

Jemnost stroje: 16E

Počet jehel a stoprů: 1620 +1620

Počet systémů: 60

Počet otáček: 20 ot./min.

Počet systémů na 1 řádek: 3

Počet řad na jednu otáčku: 20

VZOREK č. 2

Vazba – Zátěžná oboulícni interlocková hladká

Materiálové složení: ba tex 25 rezná mykaná - 100%

Dodavatel: Jitex Písek

Parametry pleteniny: Počet sloupků na 1000 mm: 1000

Počet řádků na 1000 mm: 1700

Hmotnost rezného úpletu: 240 g/m²

Parametry stroje: Druh stroje: VPS

Název stroje: INOVIT 2.0, výrobce: Mayer & Cie

Průměr stroje: 30“

Jemnost stroje: 20E

Počet jehel: 1872 x 2

Počet systémů: 62

Počet otáček: 30 ot./min.

Počet systémů na 1 řádek: 2

Počet řad na jednu otáčku: 31

VZOREK č. 3

Vazba – Zátěžná oboulícni interlocková hladká

Materiálové složení: ba tex 16,5 rezná – 100%,

Složení příze: 40%Vss/60%ba

Dodavatel: Jitex Písek

Parametry pleteniny: Počet sloupků na 1000 mm: 1100

Počet řádků na 1000 mm: 1400

Hmotnost rezného úpletu: 160 g/m²

Parametry stroje: Druh stroje: VPS

Název stroje: Inovit 2.0 II, výrobce: Mayer & Cie

Průměr stroje: 34“

Jemnost stroje: 20E

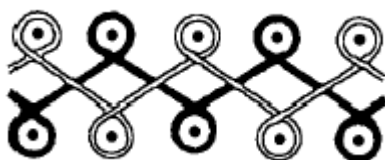
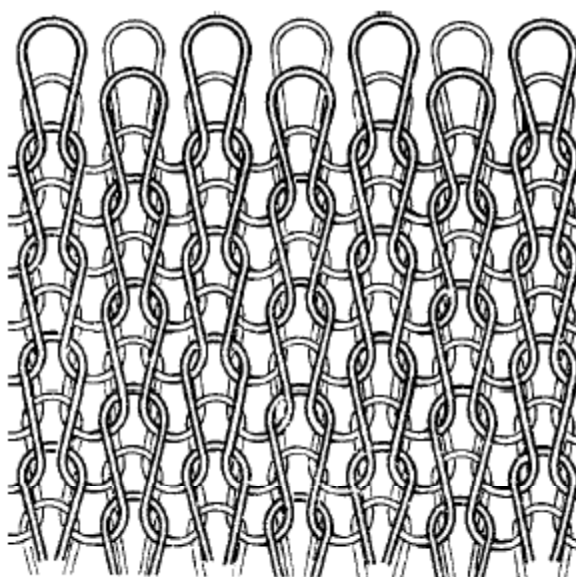
Počet jehel: 2136 x 2

Počet systémů: 70

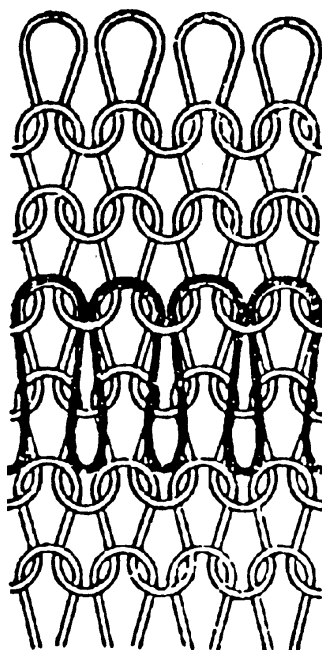
Počet otáček: 24 ot./min.

Počet systémů na 1 řádek: 2

Počet řad na jednu otáčku: 35



Obr. 10 Zátěžná oboulícní interlocková pletenina - vazba, kladení

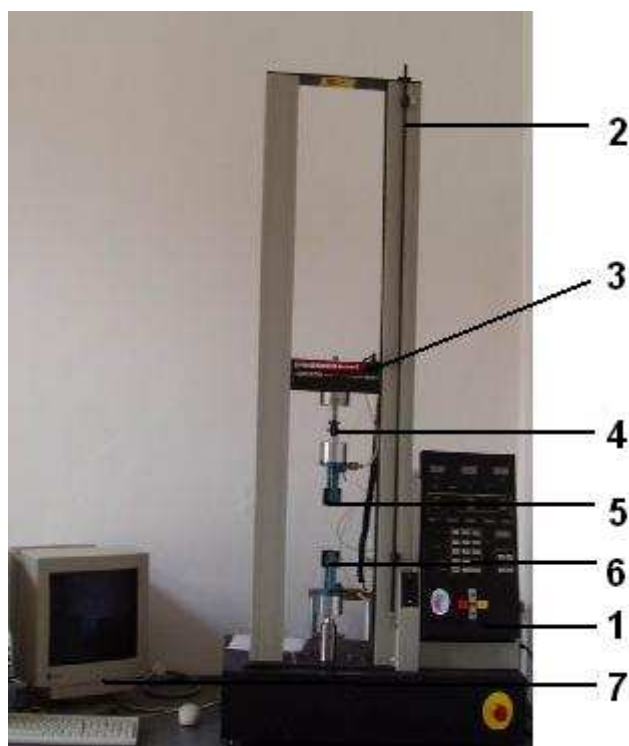


Obr. 11 Zátěžný plyš jednoduchý - vazba

3.2 Popis přístroje

K měření tahově deformačních vlastností byl použit dynamometr INSTRON 4411 obr. 12., který umožňuje univerzální zkoušení textilií. Přístroj se skládá ze dvou hlavních částí - řídicí skříně (1) a zařízení pro zatěžování vzorků (2). Zatěžovací zařízení je tvořeno příčnickem (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 řídicí skříní. Kromě horní čelisti je zapotřebí samozřejmě i dolní upínací čelist (6). Čelisti musí být voleny podle parametrů vzorku a požadované zkoušky.

Zapsání a vyhodnocování deformačních vlastností provádí počítač připojený k samotnému přístroji (7).



Obr. 12 Univerzální trhací stroj INSTRON 4411

3.3 Příprava vzorků k měření

Pro experiment byly použity pleteniny v relaxovaném stavu, tj. ve stavu s minimálním množstvím energie. Pleteniny byly ponechány jeden týden v klidu. Po této době byly vyseknuty elementární vzorky pro měření.

Při Experimentu byly dodrženy parametry a normovaný tvar vzorků pro pleteniny dle normy ČSN 80 0810.

Podstata této zkoušky spočívá v plynulém zatěžování elementárního vzorku do jejího porušení, tj. zjištění tržné síly a k ní odpovídajícímu prodloužení. Z každého jednotlivého vzorku se dle normy ČSN 80 0810 vysekne podle šablony obr. 5. pět elementárních vzorků (v našem případě u vzorku č.1 z nedostatku materiálu čtyři elementární vzorky v každém směru a u vzorků č. 2 a 3 deset elementárních vzorků v každém směru). Vzorky se sekají tak, aby v každém elementárním vzorku byla jiná skupina řádků a sloupků pleteniny. Celková délka elementárního vzorku je nejméně 160 mm.

Vzorky byly vyseknuty pod úhly α_1 0° - odpovídá sloupku, tedy podélnému směru, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90° - odpovídá řádku, tedy příčnému směru. Na každém vyseknutém vzorku byly vyznačeny kontrolní rysky, které určují upínací délku vzorku. Upínací délka činila 100 mm.

3.4 Postup měření

Před začátkem měření byla provedena automatická kalibrace přístroje a byla nastavena rychlost zkoušky tak, aby průměrná doba do přetržení činila 50 ± 10 sekund. Dále byla nastavena upínací délka a vypnuto předpětí.

Rychlost zkoušky byla stanovena pro každou novou skupinou vzorků.

Vzorek pleteniny byl svinut po délce a v místě kontrolní rysky byl upnut v horní a dolní čelisti tak, aby byla zachována upínací délka a podélná osa souhlasila se směrem působení síly. Poté byla provedena samotná zkouška.

Průběhy trhacích křivek a naměřených hodnot byly zaznamenány na monitoru zkušebního počítače.

Zadané hodnoty pro měření tažnosti a pevnosti pleteniny:

Vzorek č. 1 - rychlost zkoušky: 150 mm/min

upínací délka : 100 mm

Vzorek č. 2 - rychlost zkoušky: 200 mm/min

upínací délka: 100 mm

Vzorek č. 3 - rychlost zkoušky: 200 mm/min

upínací délka: 100 mm

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v příloze č. 2 - zpracování naměřených dat a k výpočtu bylo použito těchto vztahů:

Aritmetický průměr:
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (11)$$

Rozptyl:
$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (12)$$

Směrodatná odchylka:
$$s = \sqrt{s^2} \quad (13)$$

Variační koeficient:
$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \% \quad (14)$$

4. VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Hustota pletenin

Na základě získaných hodnot počtu řádků a sloupků pro každou pleteninu byl proveden výpočet hustoty pletenin podle vztahu (3), vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1 Parametry hustoty pletenin jednotlivých vzorků

	H_{sl} [sl/m]	H_r [ř/m]	H_c [oček/m ²]
Vzorek č. 1	800	1000	800000
Vzorek č. 2	1000	1700	1700000
Vzorek č. 3	1100	1400	1540000

Podle hodnot hustoty sloupku a řádku a také vypočtené celkové hustoty je možné předpokládat chování pleteniny při zatížení.

Stanovení teoretického vztahu pro výpočet pevnosti a tažnosti

Obrázky 13, 14 a 15 jsou vytvořeny v programu Euclid 3, což je program na zpracování strojních součástí, kde je vyžadovaná přesnost na tisíciny milimetru. Z toho předpokládám, že tato schematická znázornění budou maximálně odpovídat skutečnému stavu pletenin, při dodržení správnosti vstupních údajů jako je počet řádků a sloupků a poměr mezi nimi.

Tyto obrázky simulují rozložení a poměry řádků a sloupků v pleteninách použitých při měření. Pro každý vzorek bylo nutné vytvořit obrázek odpovídající hustotě pleteniny vyplývající z tabulky 1.

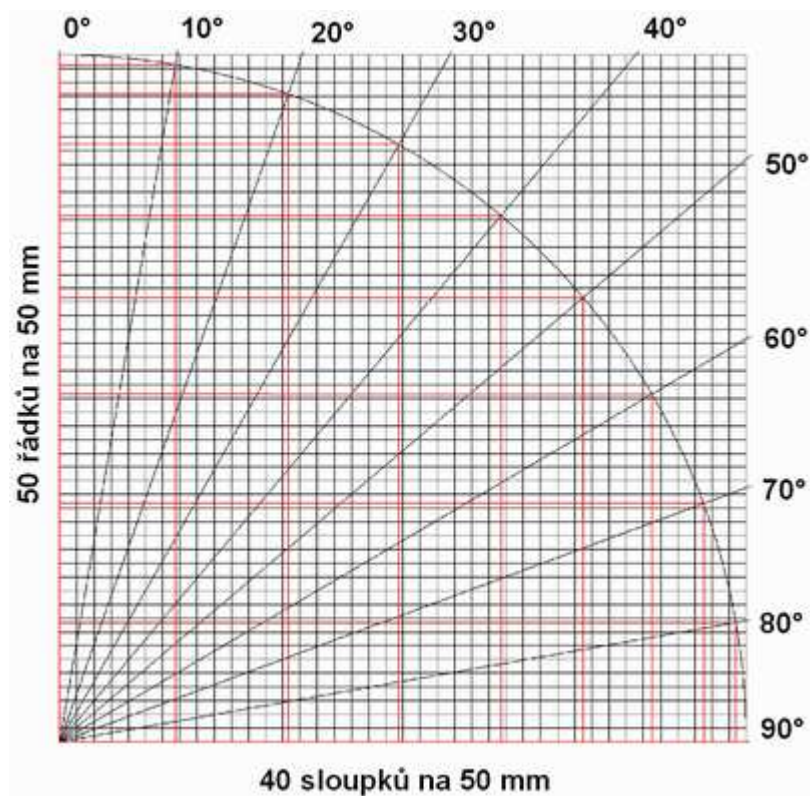
Obr. 13 schematicky znázorňuje sloupky v poměru 1,25 mm ku 1 mm řádku.

Obr. 14 schematicky znázorňuje sloupky v poměru 1,7 mm ku 1 mm řádku.

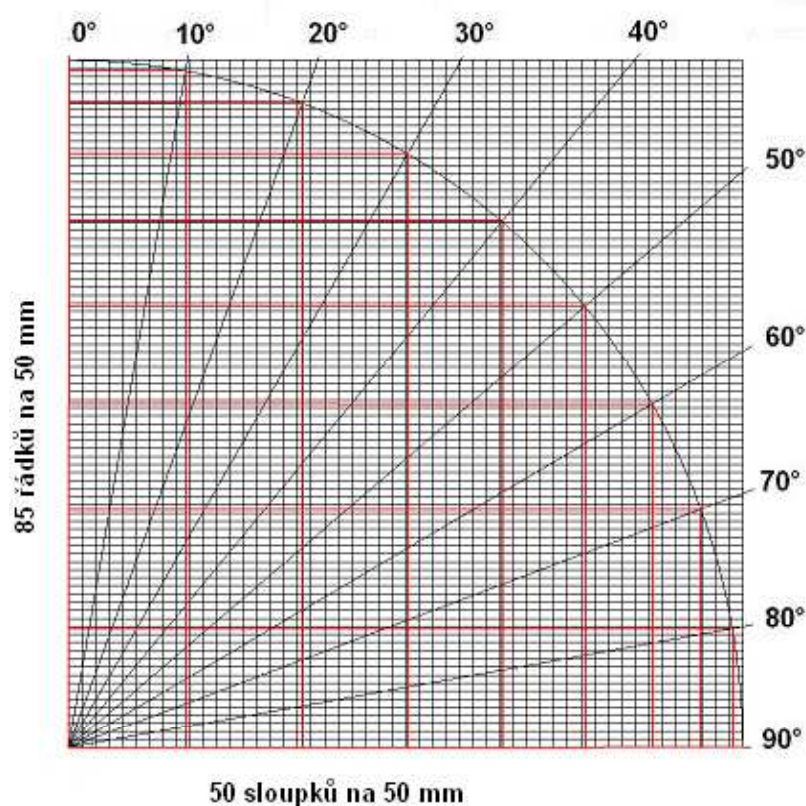
Obr. 15 schematicky znázorňuje sloupky v poměru 1,27 mm ku 1 mm řádku.

Na základě těchto obrázků byly zjištěny počty nití v řádku a sloupku, které se podílí na pevnosti a tažnosti vzorků jednotlivých pleteniny v úhlech pootočení vzorku.

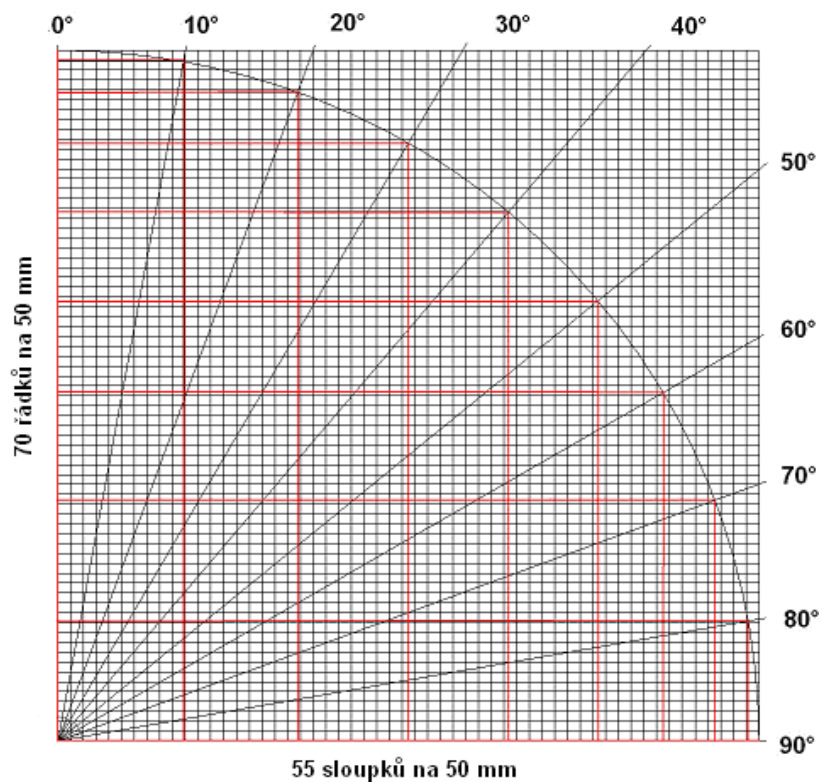
Počet řádků a sloupků zjištěný z obrázků pro jednotlivé vzorky je uveden v tabulkách 2, 3 a 4.



Obr . 13 Schéma poměru řádek /sloupek, směr pootočení vzorku, počet nití zatížených při určitém úhlu



Obr. 14 Schéma poměru řádek /sloupek, směr pootočení vzorku, počet nití zatížených při určitém úhlu



Obr. 15 Schéma poměru řádek /sloupek, směr pootočení vzorku, počet nití zatížených při určitém úhlu

Tab. 2 Skutečný počet řádků a sloupků podílejících se na pevnosti a tažnosti v závislosti na pootočení pod úhlem α_1 pro vzorek č. 1

Úhel α_1 [°]	počet řádků na 50 mm vzorku	počet sloupků na 50 mm vzorku
0	0	40
10	8	39
20	17	37
30	25	34
40	32	30
50	38	25
60	43	19
70	47	13
80	49	6
90	50	0

Tab. 3 Skutečný počet řádků a sloupků podílejících se na pevnosti a tažnosti v závislosti na pootočení pod úhlem α_1 pro vzorek č. 2

Úhel α_1 [°]	počet řádků na 50 mm vzorku	počet sloupků na 50 mm vzorku
0	0	50
10	14	49
20	29	46
30	42	43
40	54	37
50	65	32
60	73	25
70	79	17
80	83	8
90	85	0

Tab. 4 Skutečný počet řádků a sloupků podílejících se na pevnosti a tažnosti v závislosti na pootočení pod úhlem α_1 pro vzorek č. 3

Úhel α_1 [°]	počet řádků na 50 mm vzorku	počet sloupků na 50 mm vzorku
0	0	55
10	12	54
20	24	51
30	35	47
40	44	42
50	53	35
60	60	27
70	65	18
80	68	9
90	70	0

4.2 Tažnost pletenin

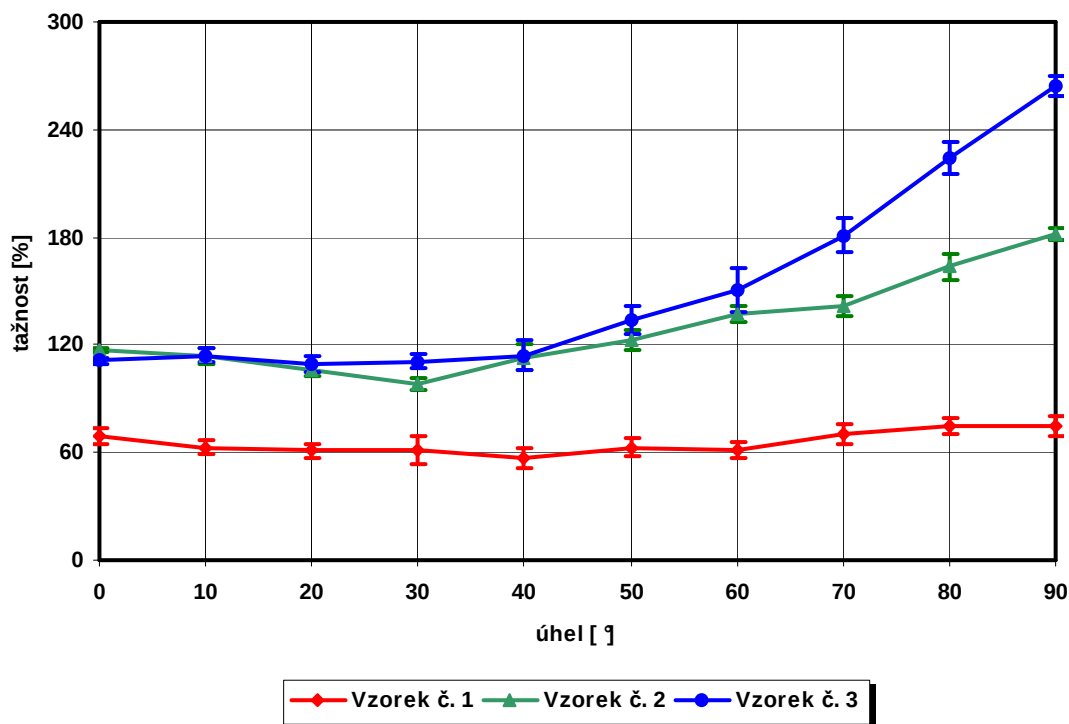
Konkrétní hodnoty prodloužení v závislosti na síle včetně jejich průměrných hodnot jsou uvedeny v příloze 2.

Naměřená data byla statisticky zpracována. V tabulce 5 jsou uvedeny průměrné hodnoty tažnosti pletenin ve všech směrech spolu s 95% mi intervaly spolehlivosti.

Tab. 5 Hodnoty průměrné tažnosti a intervalu spolehlivosti pro vzorky 1, 2, 3.

úhel [°]	Vzorek 1		Vzorek 2		Vzorek 3	
	Tažnost (%)	IS	Tažnost (%)	IS	Tažnost (%)	IS
0	69	4,1	117	1,3	111	2
10	63	4,4	114	4,5	114	4,3
20	61	3,7	106	3,3	110	4,6
30	61	7,7	98	3,3	111	3,7
40	57	5,4	113	7,2	114	8,4
50	63	5,4	123	5,5	134	7,7
60	61	4,6	137	4,6	151	12,3
70	70	5,4	141	5,6	181	9,5
80	75	4,3	164	7,6	224	8,9
90	75	5,8	182	3,5	265	5,6

Průměrné hodnoty tažnosti při maximu byly zaneseny do směrového diagramu - grafu 1. Diagram ukazuje závislost tažnosti na směrovém úhlu, ve kterém byly vzorky zatěžovány. Z grafu vyplývá, že tažnost všech tří pletenin je nejvyšší v úhlu 90°, což je v našem případě směr řádků. Naměřené hodnoty tažnosti tedy odpovídají teorii popsané v kapitole 2.3.2.



Graf. 1 Směrový diagram tažnosti pro vzorek 1, 2 a 3

Pokud budeme srovnávat vazebně stejné vzorky – tedy vzorek č. 2 a 3 (interlockové pleteniny), tak největší tažnost byla zjištěna u vzorku č. 3, tedy u pleteniny s menší hustotou a dále pak u vzorku č. 2. Z toho tedy vyplývá, že čím je větší hustota pleteniny, tím je pletenina méně tažná, což odpovídá teorii.

U naměřených hodnot všech tří vzorků se největší tažnost vyskytuje v oblasti směru blížící se řádku. Naopak ve směru blížící se sloupku a ve sloupku samotném je tažnost menší. Při srovnávání vazeb pletenin lze z výsledku experimentu říci, že interlocková vazba vykazuje vyšší tažnost než jedolící plyšová pletenina.

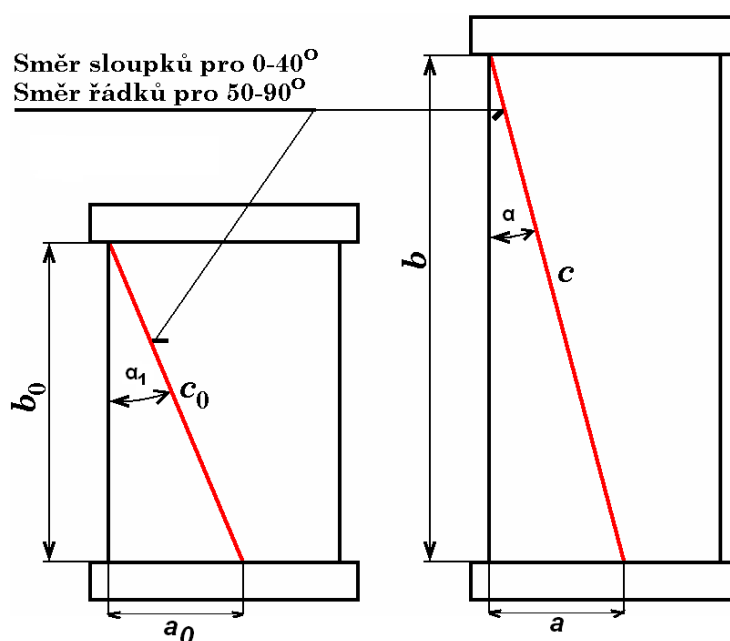
Z údajů uvedených v tabulce 2, 3 a 4 bylo možné ověřit vztahy (8) a (9) pro výpočet tažnosti ve směru řádků a sloupků. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v tabulkách 6, 7 a 8.

Na obrázku č. 16 je schématické znázornění vzorku pleteniny před a po jeho zatížení tj. před a po deformaci.

Úhel α_1 je úhel pootočení zkušebního tělíska vůči sloupku pleteniny. Směr sloupku pleteniny byl zvolen jako 0° . Na základě znalosti rozměru upínací délky a úhlu

pootočení byla vypočítána strana a_0 a přepona c_0 myšleného trojúhelníku před zatížením pomocí goniometrických funkcí. Z těchto údajů byla vypočtena maximální rozteč řádku a sloupku. Z těchto hodnot byla dále určena dle vztahů (8), (9) tažnost řádků a sloupků u všech tří vzorků.

Z výsledků je patrné, že vztahy (8) a (9) platí pouze pro úhly blízké řádku tj. 90° a sloupku tj. 0° , kde jsou řádky (sloupky) protaženy téměř na maximum. Při zatěžování vzorku v diagonálním směru tyto vztahy nebudou platit, neboť při deformaci pleteniny v tomto směru jsou zatěžovány kombinovaně řádky i sloupky, takže nemůžeme dosáhnout maximálních hodnot roztečí.



Obr. 16 Znáznornění vzorku před a po zatížení

Tab. 6 Výpočet tažnosti ve směru řádků a sloupků pro vzorek č. 1

Vzorek č. 1 Konstanty: $b_0 = 100$ $w = 1,25$ $c = 1,00$								
úhel α_1 [°]	$a_0 = a$	Tažnost změřená	b	c_0 - přepona	c - přepona	Oček ve sloupku c_0	c max	tažnost řádků ε_r [%]
0	0,00	69	169	100	169	100	1,69	69,00
10	17,36	63	163	101	164	101	1,62	61,51
20	34,20	61	161	106	165	106	1,56	55,74
30	50,00	61	161	112	169	112	1,51	50,79
40	64,28	57	157	119	170	119	1,43	42,71
50	64,28	63	163	119	175	95	1,84	47,39
60	50,00	61	161	112	169	89	1,88	50,79
70	34,20	70	170	106	173	85	2,05	64,08
80	17,36	75	175	101	176	81	2,17	73,27
90	0,00	75	175	100	175	80	2,19	75,00
						Oček v řádku c_0	w max	tažnost sloupků ε_s [%]

Tab. 7 Výpočet tažnosti ve směru řádků a sloupků pro vzorek č. 2

Vzorek č. 2 Konstanty: $b_0 = 100$ $w = 1$ $c = 0,59$								
úhel α_1 [°]	$a_0 = a$	Tažnost změřená	b	c_0 - přepona	c - přepona	Oček ve sloupku c_0	c max	tažnost řádků ε_r [%]
0	0,00	117	217	100	217	169	1,28	117,00
10	17,36	114	214	101	215	172	1,25	111,54
20	34,20	106	206	106	209	179	1,17	97,77
30	50,00	98	198	112	204	189	1,08	82,61
40	64,28	113	213	119	222	201	1,10	87,00
50	64,28	123	223	119	232	119	1,95	94,82
60	50,00	137	237	112	242	112	2,17	116,73
70	34,20	141	241	106	244	106	2,31	130,50
80	17,36	164	264	101	264	101	2,60	160,18
90	0,00	182	282	100	282	100	2,81	181,50
						Oček v řádku c_0	w max	tažnost sloupků ε_s [%]

Tab. 8 Výpočet tažnosti ve směru řádků a sloupků pro vzorek č. 3

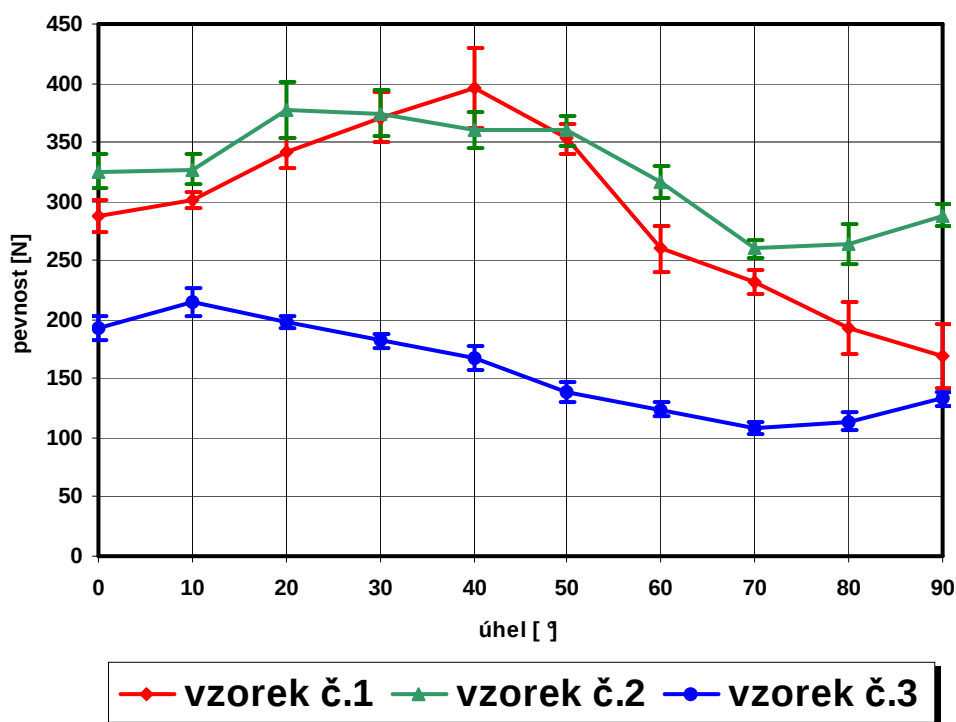
Vzorek č. 3 Konstanty: $b_0 = 100$ $w = 0,91$ $c = 0,71$								
úhel α_1 [°]	$a_0 = a$	Tažnost změřená	b	c_0 - přepona	c - přepona	Oček ve sloupku c_0	c max	tažnost řádků ε_r [%]
0	0,00	111	211	100	211	141	1,50	111,10
10	17,36	114	214	101	215	143	1,50	111,83
20	34,20	110	210	106	212	149	1,43	100,85
30	50,00	111	211	112	217	157	1,38	93,69
40	64,28	114	214	119	224	167	1,34	88,12
50	64,28	134	234	119	243	131	1,86	104,21
60	50,00	151	251	112	256	123	2,08	128,65
70	34,20	181	281	106	283	116	2,44	167,75
80	17,36	224	324	101	324	112	2,91	219,58
90	0,00	265	365	100	365	110	3,32	264,70
						Oček v řádku c_0	w max	tažnost sloupků ε_s [%]

4.3 Pevnost pletenin

V tabulce 9 jsou uvedeny zaokrouhlené průměrné hodnoty pevnosti pro vzorky 1, 2 a 3, které byly zjištěny měřením a výpočet intervalu spolehlivosti. Tyto hodnoty jsou pak zaneseny do směrového diagramu pevnosti - graf 2, ze kterého je patrné, že u vzorku č. 2 a 3 je nejnižší pevnost v oblasti kolem 70° a u vzorku č. 1 je to při 90° čili ve směru řádků. Maximální hodnoty pevnosti pro vzorek č. 2 a 3 se pohybují v oblasti 10 až 20°, zatímco maximální hodnota vzorku č. 1 leží okolo 40°. Hodnoty pevnosti vzorku č. 1 a vzorků č. 2 a 3 se liší nejen z důvodu rozdílné vazby pleteniny, ale i použitého materiálu a dalších vlivů mezi které patří například parametry pletacího stroje.

Tab. 9 Hodnoty průměrné pevnosti a intervalů spolehlivosti pro vzorky 1, 2, 3

úhel [°]	Vzorek 1		Vzorek 2		Vzorek 3	
	Pevnost (N)	IS	Pevnost (N)	IS	Pevnost (N)	IS
0	288	13,7	325	14,6	193	10,5
10	301	6,8	327	12,8	215	12,4
20	341	12,2	377	23,6	198	4,7
30	371	21,6	375	19,2	182	6,1
40	396	34,5	361	15,4	168	10,1
50	353	13,2	360	12,3	139	8
60	260	19,7	317	13,6	124	5,9
70	232	10,2	260	7,6	108	4,8
80	193	22,3	265	17	114	7,4
90	169	26,4	288	9,2	133	5,5



Graf 2 Směrový diagram pevnosti pro vzorek 1, 2, 3

V tabulkách 10, 11, 12 jsou uvedeny hodnoty naměřené pevnosti a počtu nití podílejících se na pevnosti pro výpočet koeficientu využití pevnosti pro jednotlivé vzorky ve všech směrech. Vypočtené hodnoty koeficientu K_{vp} jsou také uvedeny v tabulkách 10, 11 a 12 a odpovídají teoretickému předpokladu z kapitoly 2.3.1. Pro výpočet byl použit vztah číslo (6), ze kterého je patrné, že K_{vp} závisí na experimentálně zjištěné pevnosti pleteniny, počtu nití přenášejících sílu v určitém směru a celkové pevnosti příze.

Výsledky K_{vp} vzorku č. 1 nemůžeme brát jako směrodatné, protože při výpočtu bylo na vzorek pohlíženo pouze jako na jedolící pleteninu a nebyl zohledněn vliv plyšové kličky. Pokud by pevnost plyšové nitě byla zahrnuta do výpočtu, lze předpokládat, že hodnoty K_{vp} by vyšly nižší.

V příloze č. 3 jsou pro jednotlivé vzorky z naměřených hodnot vypracovány grafy závislosti síly na protažení pro úhel 0°- 90°. Z grafu pro vzorek č. 1 je dobře patrné, že maximální hodnota pevnosti tohoto vzorku je v úhlu 40°, u vzorku č. 2 ve 20° a vzorku č. 3 v 10°.

Tažnost je maximální u všech vzorků v úhlu 90° tj. po řádku a tudíž naměřené výsledky odpovídají teorii.

Tab. 10 Výpočet koeficientu využití pevnosti pro vzorek č. 1

Úhel α [°]	Počet nití / 50 mm	Počet nití / 1000 mm	Kvz	F - naměřená / 50 mm	F přepočtená / 1000 mm	Jemnost [tex]	Měrná pevnost [N/tex]	Kvp [-]
0	40	800	2	288	5760	42	0,099	0,87
10	86	1720	1	301	6020	42	0,099	0,84
20	91	1820	1	341	6820	42	0,099	0,90
30	93	1860	1	371	7420	42	0,099	0,96
40	92	1840	1	396	7920	42	0,099	1,04
50	88	1760	1	353	7060	42	0,099	0,96
60	81	1620	1	260	5200	42	0,099	0,77
70	73	1460	1	232	4640	42	0,099	0,76
80	104	2080	1	193	3860	42	0,099	0,45
90	50	1000	1	169	3380	42	0,099	0,81

Tab. 11 Výpočet koeficientu využití pevnosti pro vzorek č. 2

Úhel α [°]	Počet nití / 50 mm	Počet nití / 1000 mm	Kvz	F - naměřená / 50 mm	F přepočtená / 1000 mm	Jemnost [tex]	Měrná pevnost [N/tex]	Kvp [-]
0	50	1000	4	325	6500	25	0,096	0,68
10	224	4480	1	327	6540	25	0,096	0,61
20	242	4840	1	377	7540	25	0,096	0,65
30	256	5120	1	375	7500	25	0,096	0,61
40	256	5120	1	361	7220	25	0,096	0,59
50	324	6480	1	360	7200	25	0,096	0,46
60	342	6840	1	317	6340	25	0,096	0,39
70	350	7000	1	260	5200	25	0,096	0,31
80	348	6960	1	265	5300	25	0,096	0,32
90	85	1700	2	288	5760	25	0,096	0,71

Tab. 12 Výpočet koeficientu využití pevnosti pro vzorek č. 3

Úhel α [°]	Počet nití / 50 mm	Počet nití / 1000 mm	Kvz	F - naměřená / 50 mm	F přepočtená / 1000 mm	Jemnost [tex]	Měrná pevnost [N/tex]	Kvp [-]
0	55	1100	4	193	3860	16,5	0,08	0,66
10	240	4800	1	215	4300	16,5	0,08	0,68
20	252	5040	1	198	3960	16,5	0,08	0,60
30	258	5160	1	182	3640	16,5	0,08	0,53
40	256	5120	1	168	3360	16,5	0,08	0,50
50	282	5640	1	139	2780	16,5	0,08	0,37
60	294	5880	1	124	2480	16,5	0,08	0,32
70	296	5920	1	108	2160	16,5	0,08	0,28
80	290	5800	1	114	2280	16,5	0,08	0,30
90	70	1400	2	133	2660	16,5	0,08	0,72

4.4. Stupeň anizotropie

Anizotropie tažnosti a pevnosti pletenin je dosud málo prozkoumanou oblastí.

Při zatěžování měřených vzorků docházelo k přetrhům převážně ve zúžené části vzorku, který byl použit podle normy ČSN 80 0810.

Ze směrových diagramů (graf 1, 2) je zřejmé, že vzorky pletenin anizotropii tažnosti a pevnosti vykazují. Stupeň anizotropie pro naměřené hodnoty vzorků je uveden v tabulce 13 a 14. Je počítán pro každou vektorovou veličinu (tažnost, pevnost) zvlášť.

Tab. 13 Stupeň anizotropie pro jednotlivé vzorky - tažnost

	$X_{\max}$ - tažnost [%]	$X_{\min}$ - tažnost [%]	S_A [1]
Vzorek č. 1	75	69	0,08
Vzorek č. 2	182	117	0,43
Vzorek č. 3	265	111	0,82

Ze směrového diagramu tažnosti (graf 1) a tabulky 13 vyplývá, že nejvyšší stupeň anizotropie tažnosti vykazuje vzorek č. 3, zatímco nejnižší hodnotu anizotropie tažnosti vykazuje vzorek č.1, kde jsou rozdíly naměřených hodnot tažnosti pro jednotlivé úhly minimální. Směrový diagram tažnosti vzorku č. 2 má podobný průběh jako vzorku č. 3, ale rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou tažnosti je menší než pro vzorek č. 3.

Tab. 14 Stupeň anizotropie pro jednotlivé vzorky - pevnost

	$X_{\max}$ - pevnost [N]	$X_{\min}$ - pevnost [N]	S_A [1]
Vzorek č. 1	288,1	169,3	0,13
Vzorek č. 2	325,2	288	0,03
Vzorek č. 3	192,8	133,2	0,09

Ze směrového diagramu pevnosti (graf 2) vyplývá, že nejvyšší stupeň anizotropie pevnosti vykazuje vzorek č. 1, zatímco nejnižší hodnotu anizotropie pevnosti vykazuje vzorek č. 2.

Obecně lze říci, že velikost stupně anizotropie S_A závisí na velikosti rozdílu mezi maximální a minimální hodnotou sledované vektorové veličiny. Čím vyšší je rozdíl mezi těmito hodnotami, tím vyšší je hodnota S_A .

5. VÝZNAM ANIZOTROPIE PEVNOSTI A TAŽNOSTI PRO PLETENÉ VÝROBKY

Z pohledu hrubého členění užitečných vlastností textilií stojí úplety na předním místě a to z mnoha hledisek. Spektrum užití úpletů sahá od oděvní výroby až po ryze speciální technické úplety. Tyto skupiny se dále rozvětvují a dělí podle požadavků na výsledné vlastnosti, v nichž anizotropie pevnosti a tažnosti hraje nemalou roli.

Široké užití nalézají úplety v oděvnictví, ve kterém významnou roli sehrává tažnost a s ní vhodně modelovaná elasticita. Je pravdou, že požadavek na vysokou pevnost u módního svetrů je nesmyslem. Na druhé straně u mnoha technických úpletů je důležitost konkrétní pevnosti a tažnosti v jednotlivých anizotropních úrovních tou nejcennější vlastností, kterou nelze docílit u tkanin či u netkaných textilií. Všude tam, kde se požaduje po textiliích schopnost přizpůsobení se tvaru při zachování do jisté míry stejného vzhledu - vzoru, struktury a určitých mezí mechanickofyzikálních parametrů je pletenina nezastupitelná.

Pokud uvedu příklad z výrobního programu firmy Tomatex Otrokovice, a.s., tak se zde nabízí škála úpletů vzorovaných pro obuvnický průmysl. U těchto textilií je patrná důležitost vlastností, které anizotropie pevnosti a tažnosti popisuje. Dalším konkrétním příkladem, který problematiku tohoto tématu obsahuje, je oblast automobilového průmyslu, kam Tomatex Otrokovice, a.s. dodává úplety na prostorové tváření bočních výplní dveří aut, či sedaček, kde jsou pozitiva anizotropie velmi žádoucí.

6. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provést rozbor vlivu směru tahového namáhání na pevnost a tažnost zátažných pletenin, a to na základě hodnot zjištěných v experimentální části.

Vyhodnocením výsledků byla potvrzena teorie, že se vzrůstající hustotou pleteniny klesá její tažnost, nejnížší hodnoty tažnosti pletenin byly zjištěny ve směrech blížících se směru sloupků a nejvyšší pak blížících se směru řádků. Dále byla ověřena platnost vztahů pro výpočet tažnosti pleteniny ve směru sloupků a řádků. Tyto vztahy však nelze aplikovat pro výpočet tažnosti pletenin v diagonálních směrech z důvodu současného namáhání sloupku i řádku, pro jejichž výpočet nemáme maximální hodnoty roztečí, které se uplatňují při výpočtu tažností. Pro tento případ je třeba použít vzorce, který by zohledňoval současné namáhání sloupku i řádku. Při zpracování výsledků se nepodařilo najít matematický model, který by vystihoval namáhání oček pleteniny v obou směrech.

Zjištěná pevnost interlockových pletenin je nejvyšší ve směru blížícím se sloupku a nejnížší ve směru řádku, což také odpovídá teoretickým předpokladům. Pevnostní křivka pro jednolícní plyšovou pleteninu vykazuje odlišný průběh než pro vzorek č. 2 a 3. Vzhledem k tomu, že neznáme obecný průběh pevnostních křivek pro jednotlivé vazby pletenin, nemůžeme provést jejich srovnání.

Seznam použité literatury:

- [1] Kovář R.: Struktura a vlastnosti textilií 2, skripta, TU Liberec, 2003
 - [2] Kovář R.: Zátěžné pletení, skripta, TU Liberec, 2005
 - [3] Krpcová O.: Anizotropie deformace zátěžných pletenin, diplomová práce, TU Liberec, 2000
 - [4] Zapletalová L.: Pevnost zátěžných pletenin, diplomová práce, TU Liberec, 1999
 - [5] Kočí V.: Vazby pletenin 1. vydání, SNTL, Praha, 1980
 - [6] Kovaříková M.: Vazby a rozborů pletenin 1. vydání, SNTL, Praha, 1987
 - [7] Dostálová M., Křivánková M.: Základy textilní a oděvní výroby, skripta, TU Liberec, 1998
 - [8] Koncová A.: Anizotropie vlastností textilií, diplomová práce, TU Liberec, 1999
 - [9] Akademický slovník cizích slov 1. vydání, AV ČR, 2000
 - [10] Kovář R.: Teorie pletení, skripta, VŠST Liberec, 1986
- ČSN 80 810 – Zjišťování tržné síly a tažnosti pletenin
- ČSN EN ISO 139 – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení

PŘÍLOHA č. 1

Vzorky pletenin použité k měření

PŘÍLOHA č. 2

Zpracování naměřených dat – vzorek č. 1

Hodnoty pevnosti a tažnosti vzorku č. 1

úhel 00°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	70,4	277	4,9
2	65,9	276,1	4,6
3	64,6	294,5	4,2
4	73,7	304,8	4,9
Průměr:	68,6	288,1	4,6
Směrodatná odchylka:	4,2	14	0,3
Variační koeficient:	6,1	4,9	7,4
IS	4,1	13,7	0,3

úhel 10°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	62,7	292,6	4,8
2	58	297,6	4,1
3	64	304,8	3,8
4	69	307,7	4,7
Průměr:	63,4	300,7	4,4
Směrodatná odchylka:	4,5	6,9	0,5
Variační koeficient:	7,1	2,3	10,8
IS	4,4	6,8	0,5

úhel 20°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	64,5	335,6	4,3
2	55,8	331,5	5
3	60,1	358,9	5
4	62,8	336	5
Průměr:	60,8	340,5	4,8
Směrodatná odchylka:	3,8	12,4	0,4
Variační koeficient:	6,2	3,7	7,9
IS	3,7	12,2	0,4

úhel 30°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	63,3	366,4	4,7
2	56,5	341,3	5,1
3	52,2	389,1	4,1
4	70,2	385,8	5,7
Průměr:	60,5	370,7	4,9
Směrodatná odchylka:	7,9	22	0,7
Variační koeficient:	13	5,9	13,7
IS	7,7	21,6	0,7

úhel 40°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	54,7	351,8	3,9
2	64,1	416,4	5,5
3	57,5	430,9	5,9
4	51,2	384,6	4,5
Průměr:	56,9	395,9	5
Směrodatná odchylka:	5,5	35,2	0,9
Variační koeficient:	9,7	8,9	18,6
IS	5,4	34,5	0,9

úhel 50°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	59,7	356,6	4,5
2	71,3	365,5	5,3
3	62,3	333,7	3,5
4	59,8	354,8	3,7
Průměr:	63,3	352,7	4,2
Směrodatná odchylka:	5,5	13,5	0,8
Variační koeficient:	8,7	3,8	19,2
IS	5,4	13,2	0,8

úhel 60°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	66,7	281,1	3,9
2	61,8	255,6	3,1
3	62,1	267,7	4,1
4	55,3	233,7	3,1
Průměr:	61,5	259,5	3,6
Směrodatná odchylka:	4,7	20,1	0,5
Variační koeficient:	7,6	7,8	14,4
IS	4,6	19,7	0,5

úhel 70°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	76,4	234,6	3,9
2	63	226,7	3,3
3	68,5	220,5	3,7
4	70,5	244,7	4,6
Průměr:	69,6	231,6	3,9
Směrodatná odchylka:	5,5	10,4	0,5
Variační koeficient:	7,9	4,5	13,4
IS	5,4	10,2	0,5

úhel 80°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	74	197,2	3,7
2	80,5	192,2	4,1
3	69,9	162,6	3
4	74,2	217,9	3,8
Průměr:	74,6	192,5	3,7
Směrodatná odchylka:	4,4	22,8	0,5
Variační koeficient:	5,8	11,9	12,7
IS	4,3	22,3	0,5

úhel 90°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	77,1	174,6	3,3
2	80,5	165,2	3,7
3	75,7	201,3	4,1
4	66,6	136,2	2,4
Průměr:	75	169,3	3,4
Směrodatná odchylka:	5,9	26,9	0,7
Variační koeficient:	7,9	15,9	21,4
IS	5,8	26,4	0,7

Zpracování naměřených dat – vzorek č. 2

Hodnoty pevnosti a tažnosti vzorku č. 2

úhel 00°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	118,1	361,2	9,4
2	119,1	334	9,2
3	116	340,9	9,3
4	117,6	309,7	7,8
5	117,5	311,1	7,9
6	114,3	294	7,4
7	113,8	298,4	9,7
8	118,2	354,1	10,3
9	120,2	338,5	9,4
10	115,2	309,7	8
Průměr:	117	325,2	8,8
Směrodatná odchylka:	2,1	23,6	1
Variační koeficient:	1,8	7,3	10,9
IS	1,3	14,6	0,6

úhel 10°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	108	315,6	7
2	119,5	317,7	10,5
3	111	314,2	8,8
4	123	335,7	9,8
5	117,5	338,1	8,7
6	125	361,9	10
7	105,5	321,9	7,8
8	115,3	355,7	9,2
9	104,8	316,1	8
10	110	294,6	6,9
Průměr:	114	327,2	8,7
Směrodatná odchylka:	7,2	20,6	1,2
Variační koeficient:	6,3	6,3	14,3
IS	4,5	12,8	0,7

úhel 20°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	106,5	435,6	10,1
2	114,5	319,7	7,5
3	104,5	409,3	9,8
4	108,9	345,9	12
5	99,2	411,5	9,5
6	100,5	332,6	7,1
7	107	403,6	9,8
8	110,8	357,4	9,4
9	99	383,5	8,1
10	110,8	369,4	9,3
Průměr:	106,2	376,9	9,3
Směrodatná odchylka:	5,3	38,1	1,4
Variační koeficient:	5	10,1	15,2
IS	3,3	23,6	0,9

úhel 30°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	91,9	422,7	8,7
2	100,1	394,5	10,5
3	91,4	407,6	8,3
4	102,7	364,6	7,5
5	95,3	372,5	8,8
6	95,7	392,5	8,8
7	95,9	359,5	7,1
8	95,3	373,7	7,5
9	107,7	328,1	6,6
10	103,7	330,3	6,4
Průměr:	98	374,6	8
Směrodatná odchylka:	5,4	30,9	1,2
Variační koeficient:	5,5	8,2	15,5
IS	3,3	19,2	0,7

úhel 40°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	89,4	383	7,1
2	117,3	334,9	11,1
3	109	403,5	11,1
4	108,4	341,5	9,6
5	111,2	382,1	12,7
6	128	346	13,3
7	126,7	331,7	10,9
8	123,5	339,1	9,5
9	107	369,1	10,1
10	107,9	373,7	12
Průměr:	112,8	360,5	10,7
Směrodatná odchylka:	11,6	24,9	1,8
Variační koeficient:	10,2	6,9	16,7
IS	7,2	15,4	1,1

úhel 50°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	117,5	376,9	9,9
2	141,9	355,8	13,3
3	119,1	358,9	12,5
4	134,8	351,1	13,3
5	120,1	387,7	13
6	121,8	331,4	10,7
7	117,5	387,7	11,4
8	121,4	340,9	11,1
9	113,6	339,5	9,7
10	117,5	364,6	10,4
Průměr:	122,5	359,5	11,5
Směrodatná odchylka:	8,8	19,8	1,4
Variační koeficient:	7,2	5,5	12,1
IS	5,5	12,3	0,9

úhel 60°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	139,9	294,6	11
2	144,4	323,6	11,9
3	132,5	298,7	10,7
4	134,1	326,3	9,9
5	145,1	326,8	10,9
6	132	335,2	9,8
7	146,7	361,3	12,7
8	140,1	309,7	10,5
9	132,6	291,8	9,1
10	123,2	299,9	8,9
Průměr:	137,1	316,8	10,5
Směrodatná odchylka:	7,4	21,9	1,2
Variační koeficient:	5,4	6,9	11,3
IS	4,6	13,6	0,7

úhel 70°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	144,6	266,4	9,5
2	131,8	256,1	8,8
3	135,5	262,5	9,1
4	129,6	250,3	7
5	150,5	268,1	9,8
6	159,1	266	9,6
7	144,2	285,6	9,5
8	136,6	250,5	8,1
9	136,5	256,9	8,1
10	143,9	241,9	8,4
Průměr:	141,2	260,4	8,8
Směrodatná odchylka:	9	12,2	0,9
Variační koeficient:	6,4	4,7	10,1
IS	5,6	7,6	0,6

úhel 80°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	162,5	265,6	10,8
2	145,7	235,2	8,1
3	160,3	269,5	10,7
4	159,7	239,7	8,8
5	170,4	272,5	10,2
6	175,9	299,6	12,5
7	147,7	220,7	7,1
8	185,6	297,7	15,9
9	169,1	293,3	11,4
10	158,4	252,1	9,9
Průměr:	163,5	264,6	10,5
Směrodatná odchylka:	12,2	27,5	2,5
Variační koeficient:	7,5	10,4	23,5
IS	7,6	17,0	1,5

úhel 90°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	175,8	263,8	13,3
2	175,5	303,8	14,5
3	178,6	306,3	14,1
4	186,9	287,7	13
5	192	295,6	14,8
6	181,1	281,6	12,9
7	174,7	282,5	13,1
8	186,1	278	15,1
9	184,3	273,4	14,2
10	180,3	307,7	14,9
Průměr:	181,5	288	14
Směrodatná odchylka:	5,7	14,9	0,9
Variační koeficient:	3,1	5,2	6,1
IS	3,5	9,2	0,6

Zpracování naměřených dat – vzorek č. 3

Hodnoty pevnosti a tažnosti vzorku č. 3

úhel 00°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	111,7	193,5	4,5
2	116	216,5	5,6
3	109,8	218,4	5,7
4	111,1	175,7	4,6
5	111,9	184,7	4,5
6	104,8	168,1	4,7
7	108,4	177,2	4,6
8	113,1	191,7	5,3
9	115,2	205,1	5,8
10	108,8	197,2	4,6
Průměr:	111,1	192,8	5
Směrodatná odchylka:	3,3	17	0,5
Variační koeficient:	3	8,8	10,7
IS	2,0	10,5	0,3

úhel 10°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	100,8	237,4	5,8
2	114,3	211	5
3	118,4	214,6	5,3
4	119,3	201	6,5
5	111,7	221,3	4,9
6	110,6	168,1	3,8
7	115,5	232,1	6,3
8	125,8	212,8	5,8
9	108,3	233,4	5,9
10	117,9	218,4	6,2
Průměr:	114,3	215	5,5
Směrodatná odchylka:	6,9	20	0,8
Variační koeficient:	6	9,3	14,9
IS	4,3	12,4	0,5

úhel 20°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	101,1	197,2	4,3
2	107	188,1	5,4
3	116,3	200,3	6,7
4	119,4	190,5	5,3
5	106,4	197,7	4,6
6	119,5	208,3	4,7
7	112,5	202	4,6
8	110,9	195	4,6
9	100,2	209,3	4,6
10	101,4	188,1	3,7
Průměr:	109,5	197,7	4,8
Směrodatná odchylka:	7,4	7,6	0,8
Variační koeficient:	6,8	3,8	16,9
IS	4,6	4,7	0,5

úhel 30°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	109,3	198,3	5,3
2	108,4	181,4	5,3
3	105,4	179,7	4,7
4	114,6	196,8	4,4
5	100,4	187,6	4,4
6	114,7	178,5	5,1
7	106,7	180,7	4,2
8	119,4	166,8	4,5
9	111	171,3	4,1
10	117,4	182,6	4,8
Průměr:	110,7	182,4	4,7
Směrodatná odchylka:	5,9	9,9	0,4
Variační koeficient:	5,3	5,4	9,2
IS	3,7	6,1	0,2

úhel 40°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	92,8	156,7	3,5
2	107,8	163,9	3,7
3	108	176,6	4,1
4	120,4	172,9	4,5
5	95,9	185,7	3,9
6	113,5	183,4	4,6
7	126,4	161,9	4,9
8	129,2	152,1	4,4
9	114,7	186,3	4,5
10	133,1	137	4,7
Průměr:	114,2	167,7	4,3
Směrodatná odchylka:	13,5	16,3	0,5
Variační koeficient:	11,8	9,7	10,7
IS	8,4	10,1	0,3

úhel 50°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	146,4	128,3	3,8
2	135,7	155,6	4,3
3	131,1	127,1	3,1
4	126,4	147,4	3,1
5	153,2	125,2	4,6
6	116,8	154,6	3,5
7	130,1	131,1	3,7
8	120,8	150,9	3,6
9	146,7	129,5	5,1
Průměr:	134,1	138,9	3,9
Směrodatná odchylka:	12,4	12,9	0,7
Variační koeficient:	9,3	9,3	17,3
IS	7,7	8,0	0,4

úhel 60°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	124	112,5	2,5
2	179,9	117,6	4,4
3	142,9	130,7	3,6
4	158,1	118,2	3,7
5	132,9	135,5	3,5
6	151,5	134,4	4,2
7	131,5	120	2,9
8	177,8	131,8	4,8
9	139,8	110,5	2,5
10	168,5	131,9	4,6
Průměr:	150,7	124,3	3,7
Směrodatná odchylka:	19,8	9,5	0,8
Variační koeficient:	13,2	7,6	22,7
IS	12,3	5,9	0,5

úhel 70°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	204,2	100,5	4
2	189,4	106,6	3,8
3	195,5	98,7	3,9
4	157,3	113,4	3,6
5	173	111,7	3,8
6	185,3	104,9	3,9
7	171,4	105	3,5
8	167,9	119,6	4,3
9	196,1	120,5	4,8
10	169,1	101,1	3
Průměr:	180,9	108,2	3,9
Směrodatná odchylka:	15,3	7,8	0,5
Variační koeficient:	8,4	7,2	12
IS	9,5	4,8	0,3

úhel 80°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	204,5	107,9	4,1
2	221	118,1	4,9
3	237,3	115,7	5,4
4	232,5	136,3	6,7
5	199,8	101,9	4,2
6	236,7	109,5	4,7
7	213,9	101,9	4,3
8	220,5	108,5	4,9
9	232,4	105,6	4,9
10	240,9	131,9	6,3
Průměr:	223,9	113,7	5
Směrodatná odchylka:	14,4	12	0,9
Variační koeficient:	6,4	10,5	17,2
IS	8,9	7,4	0,6

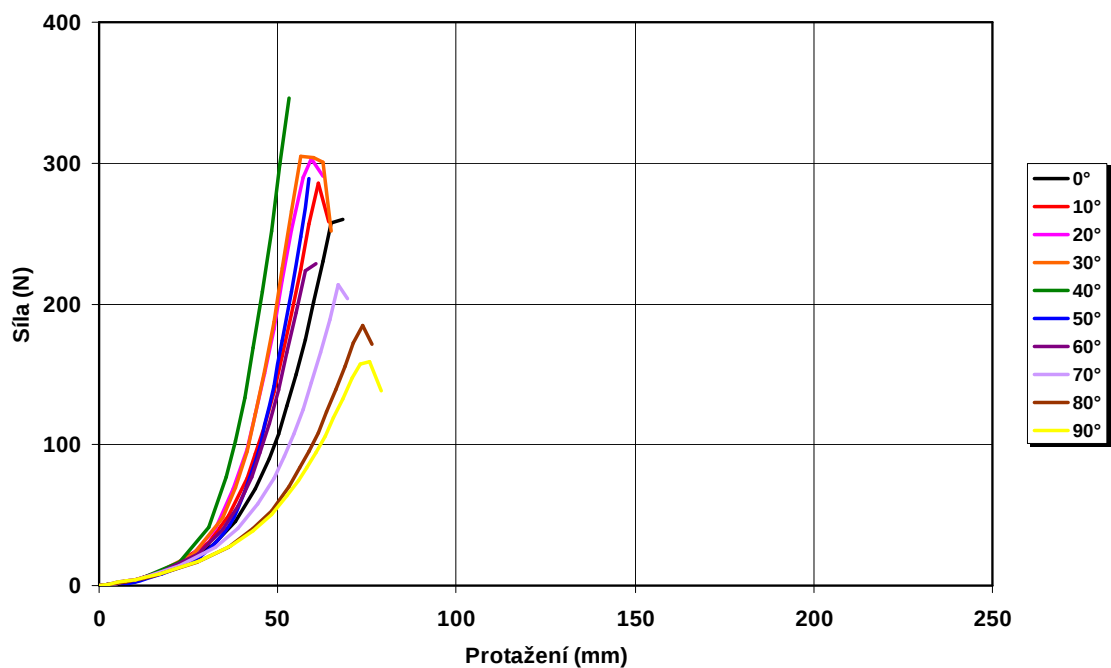
úhel 90°	Protažení	Pevnost	Práce
Číslo vzorku	(mm)	(N)	(J)
1	257,8	127,4	7,2
2	259,4	147,4	8,7
3	261,3	120,4	7,2
4	253,3	127,9	7,1
5	271,3	136,8	7,3
6	257,8	129,9	6,8
7	272	139,4	8,8
8	274,7	142,3	9,1
9	259,1	122,3	6,4
10	279,9	138,3	8,5
Průměr:	264,7	133,2	7,7
Směrodatná odchylka:	9	8,9	1
Variační koeficient:	3,4	6,7	12,6
IS	5,6	5,5	0,6

PŘÍLOHA č. 3

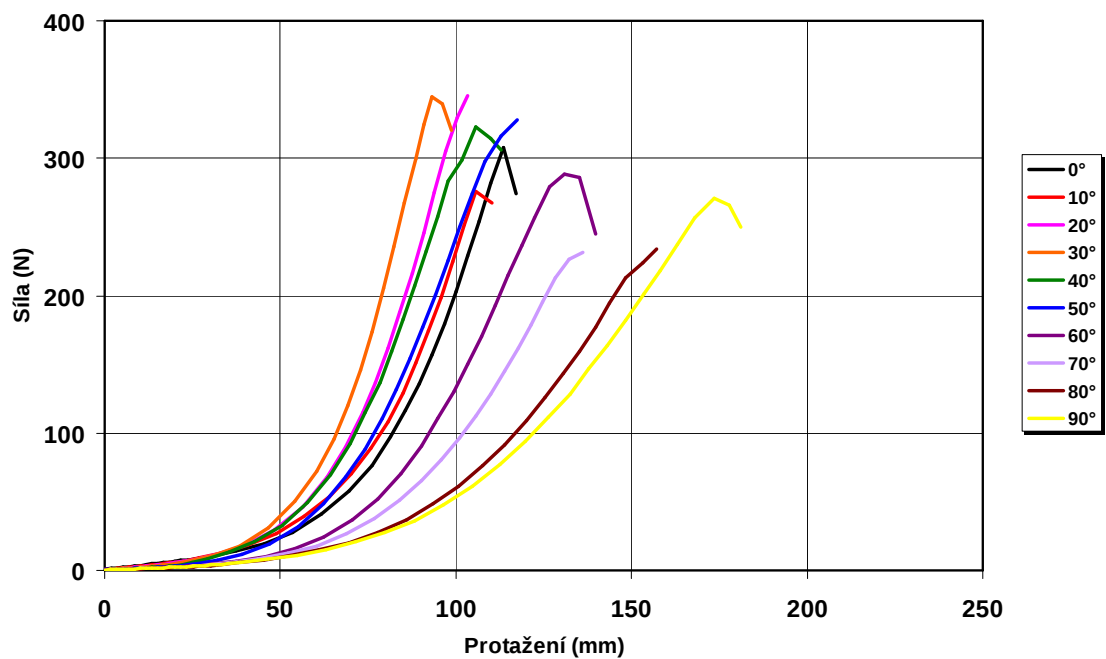
Grafy

Grafy závislosti síly na protažení pro úhel 0 – 90°, vzorek č. 1, 2, 3.

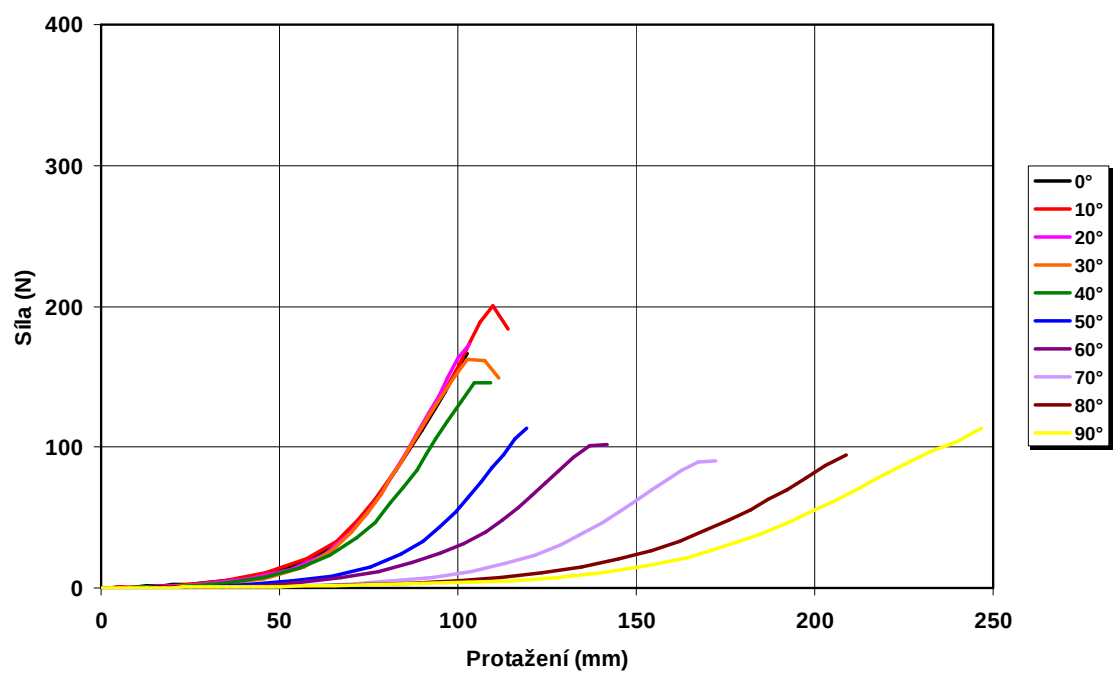
Vzorek č. 1



Vzorek č. 2



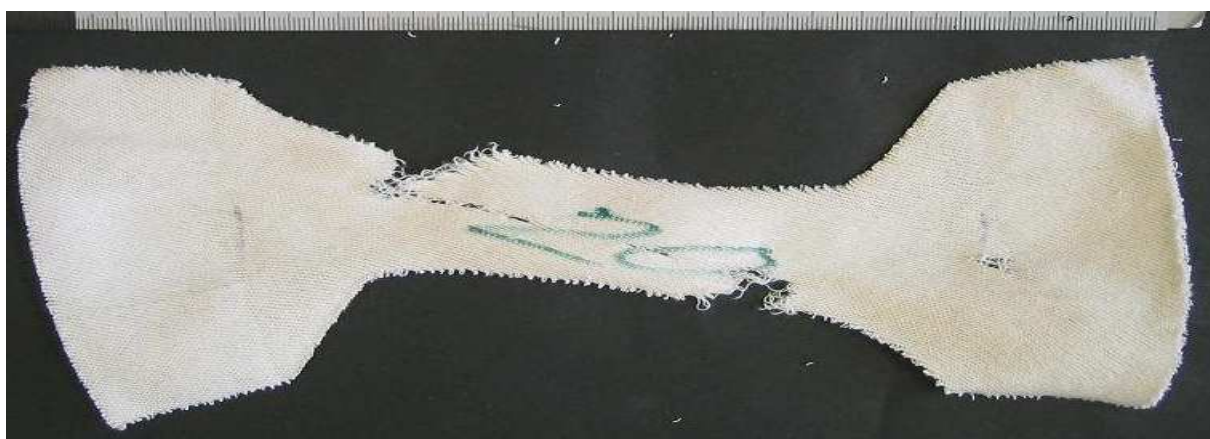
Vzorek č. 3



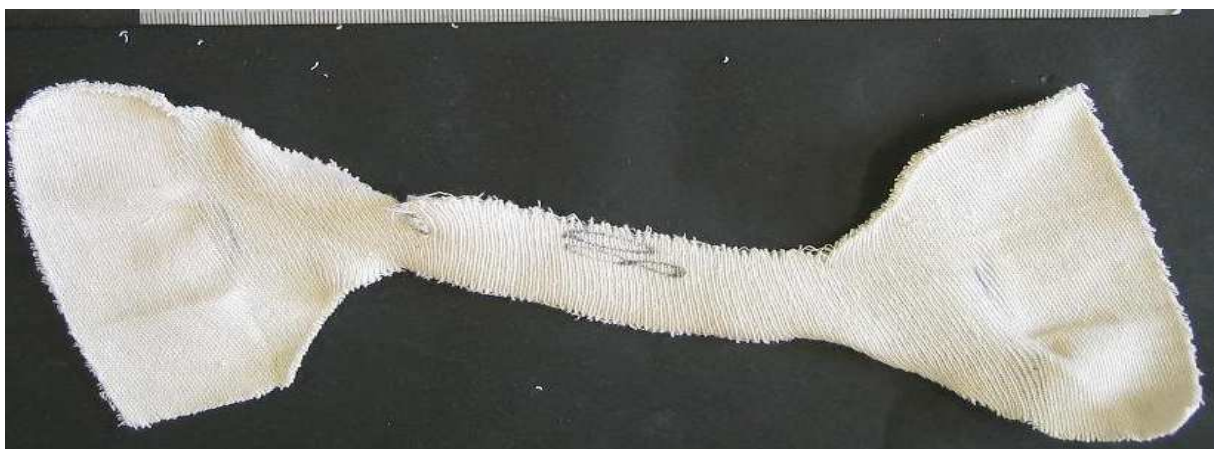
PŘÍLOHA č. 4

Fotografie

Fotografie vzorků pletenin zatěžovaných v úhlu 0 - 90°

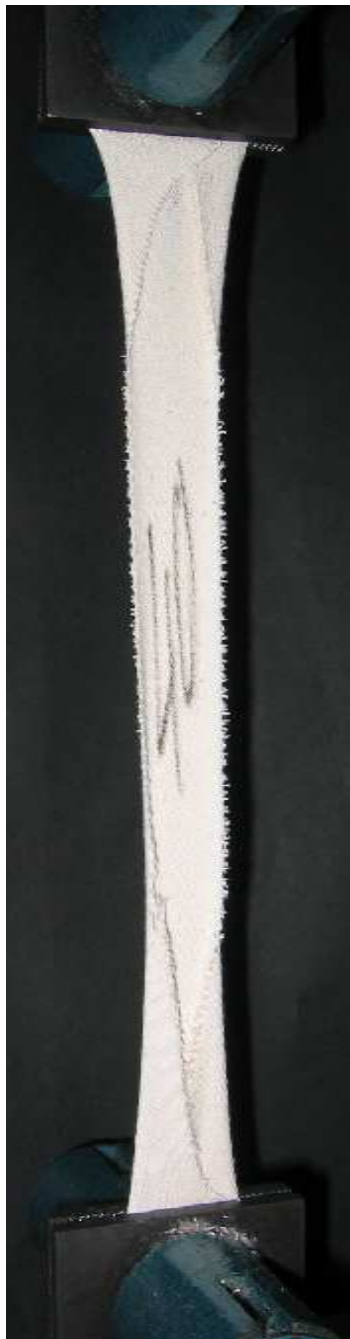








Postupné zatěžování vzorku při trhací zkoušce.



Použité strojní zařízení při výrobě vzorků 1, 2, 3.

