

Vysoká škola strojní a textilní Liberec
nositelka Řádu práce
Fakulta textilní - katedra netkaných textilií

ÚLOHA A MOŽNOSTI VYUŽITÍ ANIZOTROPIE ROVIN V PROPLETECH

Kandidátská disertační práce

Autor: Ing. Ota K a z d a
Školitel: Prof. Ing. Dr. Radko Krčma, DrSc.
Mateřské pracoviště: Státní výzkumný ústav textilní
Liberec
Školící pracoviště: Fakulta textilní VŠST
Liberec

Liberec, únor 1985

R É S U M É

ÚLOHA A MOŽNOSTI VYUŽITÍ ANIZOTROPIE ROUN V PROPLETECH

Disertace řeší možnost zvýšení příčné pevnosti propletů ARACHNE - MALIWATT optimalizací struktury rouna.

Teoretickým rozбором struktury a dílčích jevů, probíhajících při tahové deformaci propletu, dochází autor k doporučení zvětšení délky vláken, jejich napřímení a uložení napříč propletem.

Pro ověření bylo navrženo a realizováno přídavné zařízení k proplétacímu stroji, které vytváří anizotropní, příčně orientované rouno z pramenů z mykacího stroje nebo konvertoru. Způsob zároveň snižuje potřebu mykacích strojů v linkách na výrobu propletů odstraněním produkci omezující agregace horizontálního vrstvicího zařízení s mykacím strojem.

1.	Úvod	1
	Cíl kandidátské disertační práce	3
2.	Přehled o současném stavu problematiky a odborné literatury	3
2.1.	Proplet, jeho technologie a vlastnosti	3
2.1.1.	Všeobecná charakteristika	3
2.1.2.	Vztah mezi technologií výroby propletu a jeho vlastnostmi	5
2.1.3.	Vláknenná vrstva propletu	16
2.1.3.1.	Posuzování a ovlivňování struktury vláknenné vrstvy	18
2.4.1.	Zhodnocení rešerše	21
2.4.2.	Závěry rešerše	22
3.	Teoretická část	24
3.1.	Výchozí souvislosti tahového namáhání propletu	24
3.1.1.	Stavba propletu z hlediska tahového namáhání	24
3.1.2.	Přístup k teoretickému řešení tahového namáhání propletu	29
3.2.	Modelové souvislosti vybraných fyzikálních jevů, probíhajících při tahové deformaci propletu	30
3.2.1.	Definice elementu propletu	30
3.2.2.	Destrukce svazku vláken v mikroelementu	31
3.2.3.	Stlačování a interakce vláken	35
3.2.4.	Prokluzy ve vláknenném svazku	40
3.2.5.	Projevy navlnění vláken	47
3.2.6.	Směrové uspořádání vláken	54
3.2.7.	Souhrn teoretických poznatků a možnost jejich technické interpretace	67
4.	Experimentální ověření teoreticky získaných poznatků	69
4.1.	Použité suroviny	69
4.2.	Experimentální zařízení	70
4.3.	Vyhodnocení experimentu	73
4.4.	Diskuse výsledků experimentu	76

5.	Využití poznatků výzkumu struktury propletů pro zlepšení parametrů výrobního zařízení	77
5.1.	Rozbor kritických míst linek na výrobu propletů	77
5.2.	Ideový návrh nového uspořádání linky na výrobu propletů	78
5.2.1.	Linka na výrobu propletů s příčně orientovanou anizotropní strukturou vlákně vrstvy	78
5.2.2.	Příklad uspořádání proplétacího stroje	79
5.2.2.1.	Spotřeba rouna proplétacím strojem	79
5.2.2.2.	Výrobnost agregátu tvorby rouna	80
5.2.2.3.	Návrh uspořádání výrobní linky	80
5.2.3.	Ideový návrh modifikace zařízení pro zpracování krátkých vláken a druhotných surovin	81
6.	Závěry pro realizaci ve společenské praxi	82
6.1.	Možnosti využití technologických poznatků	83
6.2.	Možnosti využití koncepce oddělené tvorby rouna	84
7.	Shrnutí a závěr	87
	Seznam literatury	89
	Poděkování	95

1.0 Ú V O D

Netkané textilie sehrávají závažnou úlohu při krytí potřeb prudkého rozvoje spotřeby textilií v technické oblasti. Důkazem toho je, že za situace celkové stagnace textilní výroby v období let 1979-84 zaznamenávalo odvětví netkaného textilu stabilní meziroční nárůst produkce o 10 - 11 %. Nejsou však plně doceněny a využity možnosti specifické techniky zemí RVHP - rounové proplétané textilie typu ARACHNE a MALIWATT, jejichž princip obsahuje možnosti vývoje řady modifikací s vlastnostmi přizpůsobenými potřebám účelu použití. Předností proplétaných textilií z roun, vedle vysoké produktivity výroby, která je 2,9 krát vyšší než při tkaní na skřipcových stavech /1/, je úspora přízí a některé speciální vlastnosti výrobku. Přesto jsou při dalším rozšiřování jejich výroby a uplatnění některé problémy.

V textilním průmyslu je určitá averze k rozšiřování výroby propletů nižších plošných hmotností, protože při současné vysoké úrovni techniky a technologie proplétání se staly hlavním problémem operace přípravy vlákněné vrstvy - rouna, které jsou vysoce náročné na investice, výrobní plochy a v neposlední řadě na dostupnost strojů pro tuto část výrobního procesu vůbec. Zpracovatelský průmysl se svým strojním vybavením a technologií má náročné požadavky na fyzikálně-mechanické vlastnosti zpracovávaných textilií. K propletům stávající kvality jsou často výhrady pro jejich nízkou pevnost, vysokou tažnost a trvalou deformaci, zejména v příčném směru.

Při tom v porovnání s tkaninami zjišťujeme podstatně nižší koeficient využití vlastností použitého materiálu, zejména pevnosti vláken.

Je zřejmé, že v prohloubení poznání struktury této vícekomponentní textilie a její změně je určitý prostor pro zlepšení výsledných fyzikálně-mechanických vlastností, rozšíření použi-

telnosti i snížení spotřeby materiálu pro dosažení požadovaných parametrů kvality.

Vzhledem k tomu, že jde o problém se závažnými ekonomickými dopady, je tato disertační práce vedena snahou přispět k jeho objasnění.

Cíl kandidátské disertační práce

Teoretickou analýzou přispět k vyjasnění základních zákonitostí struktury propletů ARACHNE - MALIWATT, ovlivňujících deformační vlastnosti propletu a stupeň využití fyzikálně mechanických vlastností vlákenného materiálu, použitého k výrobě propletu.

Na základě zjištěných závislostí navrhnout a ověřit technické řešení, které by zlepšilo tahovou stabilitu propletu v příčném směru, důležitou zejména pro uplatnění těchto textilií v technické oblasti použití.

2. PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU PROBLEMATIKY A ODBORNÉ LITERATURY, KTERÁ SE ZABÝVÁ ZKOUMANÝMI OTÁZKAMI

2.1 Proplet, jeho technologie a vlastnosti

2.1.1 Všeobecná charakteristika

Proplet je vícekomponentní textilií, skládající se obvykle z osnovní pleteniny z nití z nekonečných vláken a výplňku ze staplových vláken (kromě skupiny propletů Malimo a Arutex, kde je i výplněk tvořen z nití).

K výrobě propletu z vlákenné vrstvy - rouna jsou k dispozici dvě příbuzné techniky se svými četnými modifikacemi. Československá technika Arachne, vyráběná do roku 1974 koncernovým podnikem Elitex Kdyně a technika NDR Maliwatt, vyráběná firmou VEB Malimo Karl-Marx-Stadt. Podle čs. dokumentace byly v SSSR vyráběny stroje AČV. Oběma principy je vyráběna plošná textilie z vlákenné vrstvy, obvykle s izotropní orientací vláken, provázaná vaznými nitěmi jednolící osnovní pleteniny, s možnostmi poměrně široké volby způsobu pletařského provázání.

Vazným materiálem jsou převážně nitě z nekonečných syntetických vláken.

Ve vlákněné vrstvě - rounu je možno použít všechny typy vláken, zpracovatelné na mykacích strojích a v pavučině manipulovatelných ukládacími zařízeními pro tvorbu rouna příčným ukládáním.

Základními prvky struktury, určujícími vlastnosti hotového propletu jsou:

- a) - materiál vazné soustavy
 - druh provázání - vazby
 - hustota provázání v příčném směru (dělení stroje na 0,1 m) a v podélném směru (počet řádků na 0,1 m)
- b) - materiál vlákněné vrstvy - rouna
 - jemnost a délka vláken rouna
 - orientace vláken ve vrstvě
 - plošná hmotnost rouna
 - druh případného předzpevnění rouna (vpichování, pojení aj.)
- c) - konečná úprava hotového propletu.

Proplety, stejně jako ostatní formy plošných textilií, mají své specifické vlastnosti, z nichž některé (podle účelu použití) lze označit za příznivé, jiné za nepříznivé.

Ve srovnání s tkaninami lze považovat za příznivou vlastnost vyšší objemnost textilie, danou použitím nespředené soustavy vláken.

Proplet má při stejné plošné hmotnosti jako tkanina vyšší stupeň zakrytí, resp. stejného zakrytí lze dosáhnout při nižší plošné hmotnosti než u tkanin.

Mezi záporné vlastnosti stávajících typů propletů

z vláknenné vrstvy lze zařadit tyto vlastnosti:

- malá příčná pevnost textilie, zejména u propletů s nízkou plošnou hmotností
- snadný posuv vláken ve vazném očku při místním protažení, projevující se jako nevratná deformace (vyboulení) daného místa
- nedostatečné zajištění vláken v propletu má za následek nízkou odolnost textilií v oděru, větší žmolkovitost, u počesávaného zboží vytahování vláken
- u některých vazeb, zvláště jednopřístrojových, je prolet náchylný k páráni oka provazující niti

2.1.2 Vztah mezi technologií výroby propletu a jeho vlastnostmi

Studiem struktury rounových proplétaných textilií a analýzou vztahů mezi technologií jejich výroby se nejčastěji zabývají zejména autoři ze zemí, vyrábějících proplétací stroje - NDR a ČSSR, z dalších uživatelů zejména autoři SSSR. Ve starší literatuře převažují zejména experimentální práce, které hledají vztah mezi proměnou jednotlivých materiálových a technologických parametrů a výslednými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi propletu.

Výzkumem vlastností, struktury a ekonomiky výroby propletů se široce zabývají autoři z NDR.

Např. Böttcher se ve své práci /9/ zabývá možnostmi cílevědomého ovlivnění vlastností propletů.

O souvislosti vlastností propletu s technologickými parametry činí tyto závěry:

(tendenci označuje značkami: stoupá ↑ klesá ↓)

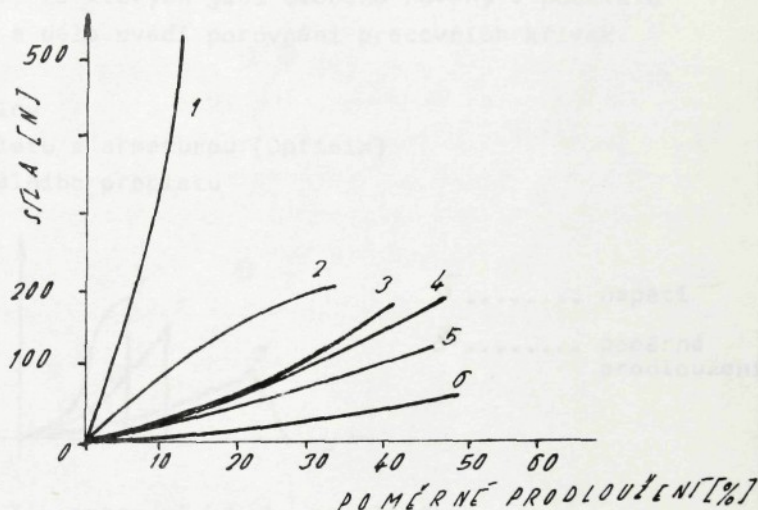
Souvislost vlastností propletu s technologickými parametry

prvek technologie		vlastnost propletu	
pevnost vazné niti	↑	tržná pevnost podélná	↑
jemnost vláken	↑	tržná pevnost podélná, příčná	↑
		tažnost podélná	↓
		příčná	↓
délka vláken	↑	tržná pevnost příčná	↑
		tažnost příčná	↑
hmotnost vláknenné vrstvy	↑	spotřeba vazné niti	↑
		tržná pevnost podélná	↑
		příčná	↑
		zaplnění očka	↑
		prodyšnost vzduchu	↓
		tepelná izolace	↑
		tažnost příčná	↓

Souvislost vlastností propletu s technickými parametry proplétacího stroje Maliwatt:

parametr stroje		vlastnost propletu	
hustota řádků	↑	spotřeba vazné niti	↑
		zaplnění vazného očka	↑
		tržná pevnost podélná	↑
		příčná	↑
		prodyšnost vzduchu	↓
		tažnost podélná	↑
		příčná	↓
		oděruodolnost	↑
Jemnost dělení stroje	↑	tržná pevnost podélná	↑
		příčná	↑
		prodyšnost vzduchu	↓

Typické pracovní diagramy jednotlivých typů propletů, vyráběných na technice fy Malimo jsou následující:



obr.2 - typické pracovní diagramy propletů Malimo

kde značí

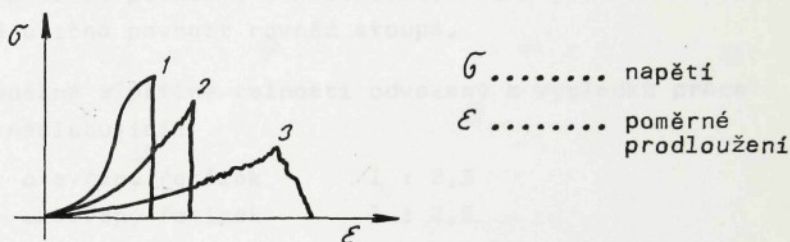
1. proplet Malimo z příze příčně
2. proplet Malimo z příze podélné
3. proplet Maliwatt z vlákenné vrstvy a hedvábí podélně
4. proplet Maliwatt z vlákenné vrstvy a hedvábí příčně
5. proplet Maliwlies příčně
6. proplet Maliwlies podélně

Mezi cestami a prostředky pro další zlepšení fyzikálně-mechanických vlastností propletů vidí Böttcher /9/

- a) dodatečné zpevnění vlákenné vrstvy pojením
- b) armování vlákenné vrstvy podélnými nebo příčnými nitěmi
- c) použití speciálních vláken, např. vláken sráživých

V použití těchto prostředků spatřuje na druhé straně zkomplikování výrobního procesu přidavnými zařízeními, přiváděním dalšího materiálu, jakož i zhoršení efektivity výroby. V této části se odvolává na starší publikace SVÚT, ze kterých jsou uvedené návrhy v podstatě převzaty a dále uvádí porovnání pracovních křivek

- 1) tkaniny
- 2) propletu s armaturou (Optimix)
- 3) normálního propletu



obr.3 - pracovní křivky propletů
a tkaniny

Ve své práci / 20 / doporučuje Böttcher použití předem připravené vlákenné vrstvy na vpichovacích strojích, přičemž zanedbává vliv této přípravy na orientaci a narušení vláken. Závislost vlastností propletů na uspořádání vazné soustavy byla studována v práci Scholtyse / 17 /. Pro výchozí experiment bylo použito vazné hedvábní PESH 7,6 tex, dělené stroje 72 (jehel na 0,1 m) a vlákenná vrstva z VSs 4,2 dtex, 100 mm.

(Způsob přípravy vlákenné vrstvy, ani orientace vláken není definována).

Použity byly vazby:

uzavřený řetízek, otevřený řetízek

uzavřený trikot, uzavřené sukno,

otevřený atlas a kombinované dvouprístrojové vazby

řetízek + trikot a řetízek + atlas.

z výsledku experimentu odvozuje autor /17/ tyto závěry:

- Podélná pevnost je nejvyšší při uzavřeném řetízku, nejnížší při vazbě atlasové a suknu. Tato relace se nemění ani při zvyšování plošné hmotnosti vlákenné vrstvy, ani při zvyšování hustoty řádků.
- Nejvyšší příčné pevnosti bylo dosaženo při použití vazby uzavřený trikot, nejnižší při otevřeném řetízku. U všech vazeb stoupá příčná pevnost se zvyšující se plošnou hmotností vlákenné vrstvy. Vazba uzavřený trikot vykazuje nejvyšší přírůstek pevnosti s hmotností. Při zvyšování hustoty řádků příčná pevnost rovněž stoupá.
- Poměr podélné a příčné tažnosti odvozený z výsledků práce /17/ je následující:

otevřený řetízek	1 : 2,3
uzavřený řetízek	1 : 2,5
atlas	1 : 2,0
trikot	1 : 2,2

- Při použití dvoupřístrojových vazeb, která podstatně zvyšují podíl vazného materiálu na celkové hmotnosti textilie, se tažnost v příčném směru zvyšuje na 1 : 3 - 1 : 4, při absolutně nižší pevnosti.

Rozbor publikované křivky nasvědčuje tomu, že k roztržení textilie tohoto typu dojde dvoufázově, tj. přesto, že celková registrovaná tažnost je v okolí hodnoty protažení 100 %, dojde ke ztrátě soudržnosti výplňkové vlákenné vrstvy daleko dříve, při protažení cca 35 - 45 %.

Další zajímavé závěry lze získat porovnáním v práci /17/ nevyhodnoceného vztahu spotřeby vazného materiálu na pevnost a tažnost v příčném směru.

Podíl vazného materiálu na celkové hmotnosti textilie pro jednotlivé vazby je:

uzavřený řetízek	9,7 %
otevřený řetízek	10,3 %
trikot	18,2 %
atlas	22,8 %

Při porovnání se zjištěnými hodnotami pevnosti a tažnosti můžeme konstatovat, že jejich přírůstek je přibližně úměrný přírůstku hmotnosti vazné soustavy a vliv způsobu provázání na využití vlákenné vrstvy je v tomto ohledu zanedbatelný. Společným znakem závěrů těchto vybraných prací je názor, že mechanickou stabilitu propletu je možno nejúčinněji zlepšit zvyšováním hustoty provázání, tj. zvyšováním podílů vazného materiálu v propletu.

Lze se domnívat, že cesta výrobce strojů - fy Malimo do jemnějších dělení, než užívá čs. technika Arachne, může být reakcí na závěry těchto prací.

V experimentální práci J. Hanuše a O. Kazdy z roku 1972 /4/ byly metodou plánovaného experimentu zjišťovány korelace mezi základními fyzikálně mechanickými vlastnostmi propletu a technologickými parametry.

Byla zkoumána řada technologických parametrů:

- materiál vlákenné vrstvy - PESS 1,5 - dtex
o délce střihu 38 - 110 mm
- vazný materiál - PESh 75 dtex
- vazba - trikot + řetízek
- dělení stroje - 60 a 80 (počet jehel na 0,1 m)
- hustota řádků $1200 - 1700 \text{ m}^{-1}$
- plošná hmotnost vlákenné vrstvy $60 - 100 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$.

Při kritickém zhodnocení výsledků práce nelze její závěry přijmout jako obecně platné, vzhledem k dosti úzce zvoleným mezím experimentu a zjednodušené metodě vyhodnocení.

Homogenita průběhu zjištěných výsledků uvnitř zvoleného intervalu experimentu však umožňuje použití závěrů práce pro stanovení hlavních trendů závislosti.

Pozoruhodná je možnost ovlivnění jednotlivých fyzikálně mechanických vlastností v poměrně širokém rozsahu. (Z práce /4/ jsou vybrány pouze mezí hodnoty jednotlivých vlastností).

- Pevnost propletu -	podélná	149 - 536 N
	příčná	99 - 805 N
- Tažnost propletu -	podélná	28,6 - 57,3 %
	příčná	42,6 - 109,7 %
- Prodyšnost propletu		17,7 - 1229 l.m ⁻² .s ⁻¹
- Žmolkovitost při 200 ot		25,9 - 78,7 žmolků
	dtto při 400 ot	15,5 - 96,9 žmolků
- Mačkavost	po 5 min	112 - 136 ⁰

Elastická deformace		podélná	příčná
při c	2,5 %	0,9 - 2,0 %	0,6 - 2,0 %
	5,0 %	2,2 - 4,1 %	1,2 - 3,6 %
	10,0 %	4,5 - 7,7 %	1,6 - 6,4 %
	15,0 %	5,1 - 10,4 %	1,7 - 7,1 %

Plastická deformace		podélná	příčná
při c	2,5 %	0,06 - 0,8 %	0,07 - 0,9 %
	5,0 %	0,27 - 1,4 %	0,4 - 2,5 %
	10,0 %	0,7 - 3,7 %	1,8 - 6,6 %
	15,0 %	1,4 - 6,5 %	3,6 - 10,4 %

Podle práce /4/ se na změně vlastností propletu v příznivém smyslu z hlediska dalšího užití, kromě prodyšnosti, převážně podílí tyto technologické parametry:

- zvýšení jemnosti dělení stroje
- zvýšení hustoty řádků
- zvětšení délky vláken
- zvýšení jemnosti vláken
- příčná orientace vláken (kromě podélné pevnosti)
- zvýšení hmotnosti propletu

Na Katedře netkaných textilií VŠST Liberec byl v letech 1979-83 v úkolu Kompozity a v řadě diplomových prací s kladnými závěry řešen problém využití niťové spleti a její kombinace s vlákněným rounem pro získání propletů s vyšší tahovou stabilitou.

V této skupině jsou rovněž cenné práce autorů NDR, promítající výsledky výzkumu technologie do doporučení ke konstrukci proplétacích strojů. Patří k nim práce Zschunkeho / 16 / řešící závislost vpichovací síly na technologických parametrech vlákněné vrstvy a propletu a Plocha / 19 /, který se rovněž zabývá spojitostí strojních a technologických parametrů.

Další výzkumné práce prohlubují znalosti o fyzikálních příčinách jevů, zjišťovaných při rozboru vlastností propletů.

Offermann ve svých publikacích / 12,13,14 / aplikuje logiku Barabanova / 8/-/ definice mikroelementu na vpichované textilii / na proplet a odvozuje matematický model propletu provázaného vlastními vlákny. Provádí výpočet tahových sil na jednou i vícenásobně zavázaném vláknu, definuje síly, působící na makroelement propletu. Při výpočtu pevnosti propletu rozděluje konstrukci na soustavu paralelních orientovaných "útkových" vláken, která drží při sobě výlučně třecími silami a vlákna vytvářející očka, rozložená v závislosti na orientaci vláken v rounu, jejichž výsledná třecí síla se tahovým namáháním mění. Jedním z důležitých závěrů modelu je zjištění, že vlákno přetvořené do očka v podstatě již není schopno samo přenášet síly při tahovém namáhání propletu, zejména v příčném směru.

Autoři Žid V. a Neckář B. se v práci / 2 / zabývali strukturou očka a jeho vlivu na vlastnosti propletu Arachne.

Ideálním případem interakce mezi očkem, vytvořeným z provazujících nekonečných vláken a svazkem vláken, vyděleným

z vláknenné vrstvy je stav, kdy by tření mezi jednotlivými vlákny svazku dosáhlo hodnoty součtu pevnosti vláken svazku.

V takovém případě by při namáhání nedošlo k vzájemnému posuvu vláken, ale pouze k jejich protahování až k mezi pevnosti, kdy by se proplet teprve porušil.

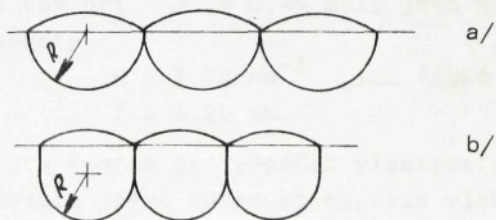
V reálné situaci je soudržnost svazku vláken v očku vazné soustavy tím vyšší, čím vyšší je zhuštění vláken svazku, obepnutého smyčkou vazné nitě. /2/

Stupeň soudržnosti vláken svazku v očku souvisí s koeficientem zaplnění μ , který je definován jako poměr plochy řezu všech vláken (Pv) ve smyčce k celkové ploše smyčky (Pc), a platí

$$\mu = \frac{P_v}{P_c}$$

Čím vyšší bude koeficient zaplnění μ , tím vyšší bude i síla F , potřebná pro vytažení vlákna ze sevření ve smyčce. Velikost koeficientu μ lze ovlivnit při výrobě propletu velikostí napětí vazné nitě, které je však limitováno technologickými parametry stroje a materiálu.

Při volbě stehu větší délky, než je délka optimální, však dojde při sejmutí zboží ze stroje a jeho axiálním uvolněním k přetvarování očka. Při zachování délky vazné nitě v očku se přetvarováním zvětší plocha vytvořené "smyčky" a v důsledku tohoto jevu se sníží zaplnění obepnutého svazku vláken. Takové očko je možno označit jako nestabilní (obr.1)



obr.1 Tvar očka vazné nitě

- a) na stroji
- b) po uvolnění napětí

Za stabilní očka je považován stav, kdy po zániku technologického axiálního napětí vazné niti (po sejmutí zboží ze stroje) nedojde k přetvarování očka.

Stabilního tvaru očka je možno dosáhnout zvýšením hustoty příčných řádků propletu. Optimální hustotou řádků je tzv. mezní stav, kterým je prahová hustota režimu stabilního očka.

J.Žid a B.Neckář provedli výpočet geometrie tvaru očka při řetízkové vazbě pro nestabilní, mezní a stabilní tvar očka. Pro minimální hustotu řádků pro stabilní proplet byla odvozena rovnice typu

$$N = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

kde N = počet řádků na 0,1 m

a, b, c - konstanty, charakterizující tvar očka; jejich výpočet je uveden v /2/

Experimentálně zjistili optimální hodnotu koeficientu zaplnění μ , kterou stanovili v úrovni $\mu \approx 0,3 - 0,6$.

Délka očka l v mm, které by mělo být dosaženo přiměřeným napnutím vazné osnovy na stroji je $l = \frac{3,67}{N} + 2,59 D_v$,

kde D_v je průměr vazné nitě v mm a N je počet řádků, připadajících na 0,1 m.

Pro praktický případ propletu z vlákně vrstvy plošné hmotnosti 200 g.m⁻² z VSs 0,36 tex, s vazným materiálem PADh 6,6 tex při $\mu = 0,45$ byly jako minimální vypočteny tyto hodnoty:

$$N = 1,22 \text{ mm}^{-1} \quad (122 \text{ řádků na } 0,1 \text{ m})$$
$$l = 3,29 \text{ mm}.$$

Využití této teorie pro výpočet vlastností propletu by však vyžadovalo ještě zahrnutí migrace vláken rouna mezi řádky a sloupky.

Z dalších studií vlivů působících na vlastnosti propletu je patrně snaha přiblížit vlastnosti propletu vlastnostem

tkaniny, jako relativně dokonalé plošné textilii. Je patrné, že v tomto směru mají příznivý vliv ty úpravy strojů a technologie, které zvyšují koeficient zaplnění textilie. Tímto parametrem se zabývá řada literárních prací. Komplexnější rozbor, podložený vlastním experimentem je uveden v práci B. Neckáře a A. Kovářové /10/. Koeficientem zaplnění se zde rozumí poměr objemu vláken ku celkovému objemu textilie včetně vzduchových mezíprostorů.

Pro jednotlivé známé textilní úpravy je obvyklá hodnota zaplnění μ následující: / 10 /

ú t v a r	přibližná hodnota zaplnění
monofil, rybářský vlasec	1
max.stlačený svazek paralel.vláken	0,9
hladké hedvábí, ostře kroucené	0,7 - 0,85
lněné, mokro-předené příze	0,6
ba-příze česané	0,5 - 0,6
ba-příze mykaná, vyšš.a střed.jemn.	0,40 - 0,55
ba-příze mykaná, hrubá čísla	0,30 - 0,45
ba-přást	0,1
mykaný pramen	0,01
pojené textilie (FLORAN)	0,15 - 0,25
ARACHNE proplet - v očku	0,2 - 0,36
tkanina jako celek	0,15 - 0,35

Práce /10/ vyúsťuje v definici obecného závěru vztahu zaplnění k obecnému typu struktury:

zaplnění	typ struktury
$\mu \leq 0,227$	volná
$0,227 < \mu \leq 0,403$	přechodová
$0,403 < \mu < 0,907$	kompaktní
$\mu = 0,907$	limitní

Ve volné struktuře může docházet k příčnému pohybu jednotlivého vlákna či vláknenného segmentu v jeho vláknenném okolí.

V kompaktní struktuře může docházet pouze k příčnému pohybu celých vláknenných svazků a shluků vláknenných segmentů; pohyb jednotlivých vláken je jen málo přávděpodobným. Možnosti pohybu se s růstem zaplnění zmenšují, až v limitní struktuře je tahový pohyb teoreticky zcela vyloučen.

V přechodové struktuře pak může docházet k příčnému pohybu shluků vláken, ale současně i ke značnému pohybu vláken jednotlivých.

2.1.3 Vláknenná vrstva propletu

Podíl vláknenné vrstvy - rovná na celkové hmotnosti propletu činí 50-70 %.

V pracích věnovaných problematice proplétaných textilií jí však není věnována pozornost, odpovídající jejímu významu.

Naproti tomu v oblasti pojených a vpichovaných netkaných textilií je k problematice struktury vláknenné vrstvy, jejího posuzování a souvislostem struktury a vlastností netkané textilie zaměřen rozsáhlý výzkum a je k dispozici četná literatura.

Poznatky a využití metody tohoto výzkumu jsou významné i pro výzkum v oblasti textilií proplétaných.

Základní práce zabývající se orientací vláken a deformací netkaných textilií pocházejí od Pettersona /49/, Backera /50/, Hearla a Stevensona /40/.

V ČSSR věnuje této problematice systematickou pozornost Katedra netkaných textilií VŠST Liberec, kde pod vedením prof. Krčmy byla zpracována řada prací, objasňující souvislosti struktury a vlastností netkaných textilií a byla vyvinuta řada metod pro posuzování struktury /51/.

Čelné místo zaujaly práce katedry v oblasti využití laserové a difrakční techniky k analýze struktury /42/. Zatím co většina zahraničních prací používá průmět orientace do roviny, byla na KNT VŠST rozpracována i metoda vyhodnocování prostorové orientace vláken.

V práci Krčmy a Hadidiho /39/ je s využitím /40/ analyzován vliv anizotropie rouna na napětí při přetržení v podélném i příčném směru. Poměr modulů se pohybuje od 1,0 při stejných hodnotách, až po 225 u výrobků s přísně paralelními vlákny.

Zahrnuje se rovněž zakřivení vlákna - kadeřící faktor

$$\zeta = \frac{l}{k}, \text{ kde } l = \text{délka oblouku zvoleného úseku vlákna} \\ k = \text{délka tětivy úseku vlákna}$$

a podle /41/ využívá dále s vědomím zjednodušení k výpočtu parametrů orientace polohu spojnice koncových bodů zakřiveného vlákna. Konstatuje, že interakce vláken v netkaných textiliích je mnohem složitější, než např. ve tkaninách. Pro rozhodnutí, zda použít dvou či třídimenzionální model jsou v /38/ diskutovány závěry /44/, podle kterých je útvar modelovač chápán jako dvoudimenzionální za předpokladu, že:

- většina vláken sleduje dráhy v rovinách rovnoběžných se směrem protažení a ve směru kolmém
- z hlediska vlivu příčných sil vzhledem k tloušťce textilie se předpokládá mechanismus, který brání vláknům bočně prokluzovat a způsobuje, že příčné síly jsou stejné ve všech směrech a v kterémkoli daném bodě
- všechna vlákna sledují podobné dráhy mezi horní a spodní plochou textilie. Dráhy tvoří sled oblouků konstantního průměru zakřivení se směrem ke středu textilie.

Z uvedených význaků vyplývá, že pro případ sledovaných technických propletů, které mají tloušťku 2 - 3 mm lze akceptovat zjednodušení na dvojrozměrný systém.

2.1.3.1 Posuzování a ovlivňování struktury vlákně vrstvy

Výzkumu vhodnosti různých zkušebních metod pro zjišťování orientace vláken se ve své práci /6/ věnoval Ptáček.

Po důkazu funkční závislosti mezi výsledky, zjištěnými modifikovanou metodou Hearle-Stevensonovou a metodou průsečíkovou, uvedl údaje o orientaci těchto typů vlákněných vrstev ve směrech

$$0 \pm \frac{\pi}{2} :$$

- separovaná vrstva, vyrobená na pneumatickém rounotvořícím stroji
- pavučina mykacího stroje - vyrobená na mykacích strojích Atlas-Mak-Spinnbau 1609

Poměrný počet průsečníků

typ vrstvy	-60°	-30°	0°	+30°	+60°	+90°	celkem
a	16,29	16,61	17,32	16,98	16,47	16,33	100
b	18,37	15,72	14,14	15,07	17,50	19,20	100

V SVÚT, na oddělení řízeném autorem, byla v roce 1972 vyvinuta přímá metoda odečítání směrů úseček vláken vlákněné vrstvy a způsob poměrového vyhodnocení koeficienty A, I /4/

pro vlákněný útvar dokonale izotropický je $A = 0$
 $I = 100$

pro vlákněný útvar dokonale izotropní je $A = 100$
 $I = 0$

Touto metodou byla vyhodnocena orientace pavučiny z těchto zařízení:

- a) bavlnářský mykací stroj ČM 450/7
- b) mykací stroj Minikard G
- c) posukovací hlava Platt pro posukování pramenových stůček před česáním, experimentálně použitá pro studii vlastností vrstvy z dokonale napřimených a podélně orientovaných vláken.

Zjištěny byly tyto hodnoty:

pavučina ze zařízení	A	I
a	49,84	50,16
b	46,59	53,41
c	19,19	80 81

Z dalšího vyhodnocení vlastností propletů z těchto vlákných vrstev, příčně ložených, je nejzajímavější hodnota příčné pevnosti propletu stejné plošné hmotnosti:

- a) 270 N
- c) 600 N

Novější skupinu zkoušek provedl H. Ježek a kol. /7/ metodou VSRO, vyvinutou v SVÚT v roce 1978.

(vyhodnocování trajektorie značených vláken vrstvy v imerzní kapalině).

Zde byla posuzována změna orientace vláken v pavučině ze shodného strojního zařízení (válcový mykací stroj) při změně délky vlákna (36 a 60 mm).

Při delším vláknu zjistil autor /7/ o cca 20 % zlepšenou orientaci k nulovému směru.

Souvislostem struktury vláknenné vrstvy se strojním zařízením na její výrobu je věnována práce W. WIRTHA /23/. Z práce je zároveň patrna snaha významného výrobce mykacích strojů, fy Hergeth, vyhovět vývojem nových, speciálně upravených mykacích strojů požadavkům odvětví výroby netkaných textilií na speciální texturu vláken ve vláknenné vrstvě pro jednotlivé technologie výroby netkaných textilií a jednotlivé typy výrobků. Tyto požadavky jsou považovány za tak závažné a opodstatněné, že pro jejich splnění byly vyvinuty a realizovány zcela nové úpravy mykacích strojů s pozoruhodnými technologickými a produkčními parametry.

K dosud známým principům tvorby vláknenné vrstvy mechanickým a aerodynamickým způsobem vrstvení pavučiny, snímané ze snímače mykacího stroje, se připojil nový způsob "centrifugálního" tvoření vrstvy, jsou k dispozici zařízení pro přechování a posukování vláknenné vrstvy i pro ovlivňování orientace vláken v koncových pracovních orgánech mykacího stroje.

"Kvalita" orientace vláken ve vrstvě je v práci Wirtha /23/ posuzována parametry směrové pevnosti vrstvy následně zpevněné chemicky, jednotným způsobem, kterýžto způsob je pro relativní porovnání jednotlivých principů postačující.

Autor /23/ dále uvádí, jaké typy orientace vláken v pavučině lze získat jednotlivými principy a stroji, vyjádřené poměrem podélné a příčné pevnosti:

- při klasickém mykacím procesu, při zhuštění mezi tambourem a snímačem $10-50 \times 9 : 1 - 15 : 1$,
při následném přechování pavučiny za účelem zvýšení její plošné hmotnosti $2,5 : 1 - 10 : 1$
- při pneumatickém zahušťování na síťovém bubnu nebo pásu $1,2 : 1 - 1,8 : 1$
- při "centrifugálním" mykání na stroji typu WZV/K5 $1,3 : 1 - 6 : 1$

- použitím zařízení na posukování rouna fy Hergeth za horizontálním příčným ukladačem, lze získat poměr pevnosti 1 : 1

2.4.1 Zhodnocení rešerše

Odborná literatura k problematice proplétaných textilií z prvního období po vzniku této technologie se vyznačuje převážně experimentálním hledáním vztahů mezi materiálovými a technologickými parametry procesu a vlastnostmi propletu. Její autoři odborníci zemí vyrábějících tuto techniku, zejména NDR, docházejí převážně k závěrům, že výsledné fyzikálně mechanické vlastnosti propletu je možno zlepšovat zejména zvyšováním hmotnosti a hustoty provázání propletu /9/. Pracemi Offermanna a Ponnahannadige v osmdesátých letech začíná snaha o teoretické objasnění vztahu struktury a vlastností textilií /12,13,14,15/.

Objevují se i práce, zjišťující analýzou technologického procesu podklady pro konstrukci proplétacího stroje /16/. Tyto práce často vycházejí z poznatků a metod výzkumu v oblasti pojených a vpichovaných netkaných textilií, opírající se o některé obecnější výsledky, nalezené v souvislosti s řešením teorie přízí a tkanin /2,10/.

Problematika vlákně vrstvy - rouna, které tvoří 50-70% podílu hmotnosti propletu však zůstává na okraji pozornosti.

V oblasti pojených a vpichovaných netkaných textilií jsou naproti tomu k dispozici rozsáhlé poznatky o významu vlivu struktury vlákně vrstvy a řada metod vyhodnocování orientace vláken. Je prokázána závislost směrové pevnosti na orientaci vláken, vliv zakřivení vláken i jejich prostorové uspořádání a existují i matematické modely těchto typů netkaných textilií.

2.4.2 Závěry rešerše

Rounový proplet je textilie, složená ze dvou nesourodých soustav - armatury vazných nití a vrstvy staplových vláken, plnicích převážně funkci výplňku. Z rozborů záznamů deformačních křivek propletů ARACHNE i MALIWATT je zjevné, že zejména při zatěžování v příčném směru dochází k nesoučasnému namáhání jednotlivých vláken výplňku a k výrazně oddělenému namáhání nití vazné soustavy, což je příčinou podstatně nižšího využití součtové pevnosti použitých vláken, než u přízí a u tkanin.

Chceme-li pro případ substituce tkanin propletem zlepšit jeho tahové vlastnosti, vedou doporučení literatury převážně na zvýšení obsahu materiálu, zejména vazné soustavy a zvýšení hustoty provázání, jejímž důsledkem je snížení výrobnosti zařízení a zhoršení parametrů ekonomiky výroby.

Přes to, že výzkum v oblasti pojených a vpichovaných textilií prokázal významnost orientace vlákené vrstvy na konečné fyzikálně-mechanické vlastnosti netkaných textilií, je u propletů záměrné využití změny struktury rouna velmi řídké. Pouze v NDR byla na základě zjištění příznivého vlivu prodloužení staplu vláken rouna zavedena výroba a zpracování viskozové stříže o délce stříhu 80 mm. Struktura rouna, získaná pavučinou válcového mykacího stroje a jejím příčným vrstvením je však dosud všeobecně pojímána jako "dogma reality", bez snahy o ovlivnění ve směru zvýšení anizotropie orientace. Snahy výrobců mykacích strojů směřují spíše k izotropii vrstvy, motivované požadavky výrobců pojených netkaných textilií. Za jeden z důvodů vzniku této "mezery" ve vztahu k proplétací technice lze považovat skutečnost, že v zemích produkujících proplétací stroje - ČSSR a NDR nejsou vyráběny mykací stroje pro linky proplétacích strojů.

Předložená disertační práce se proto snaží zaplnit zjevnou mezeru v aktivním využití podstatné části materiálu, ze kterého je proplet vyroben, pro výraznější ovlivnění jeho výsledných fyzikálně mechanických, zejména tahových vlastností v příčném směru.

Následující vlastní výzkumná část disertační práce je proto zaměřena na analýzu děje při tahovém namáhání propletu a teoretický rozbor dílčích mechanismů a interakce jednotlivých komponent propletu s cílem navrhnout zlepšení struktury, bez ohledu na možnosti stávající techniky linek na výrobu proplétaných textilií.

3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1 Výchozí souvislosti tahového namáhání propletů

3.1.1 Stavba propletu z hlediska tahového namáhání

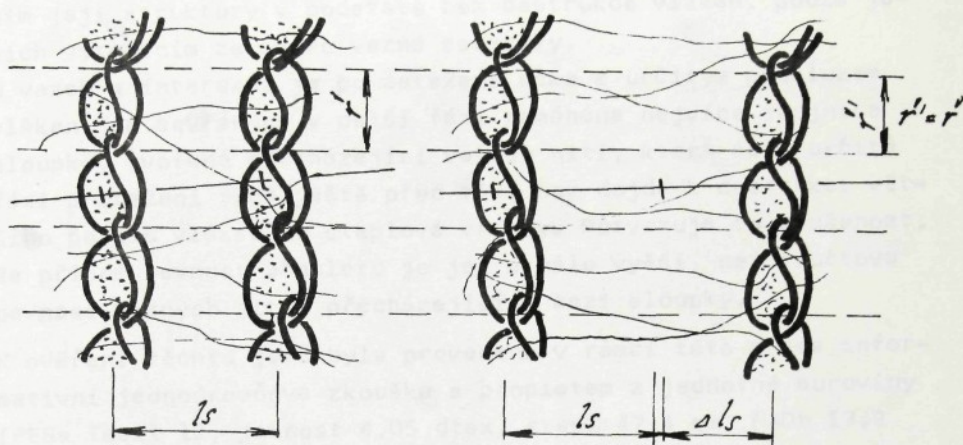
Základní, průmyslově využívaná konstrukce propletů se-
stává z vrstvy staplových vláken, s orientací blízkou izo-
tropní, ve které jsou vlákna uložena v různých směrech jako
přímá, či v křivkových trajektoriích navlněná.

Tato vrstva je provázána soustavou nití, které tvoří oka
osnovní jednolící pleteniny v základních vazbách a jejich
kombinacích. Očka pleteniny tvoří vazné body, přičemž skupi-
ny vláken jsou vázány mezi lícními stěnami oček a rubními
spojovacími kličkami. K další analýze chování propletu při
tahovém namáhání rozdělme vazby do dvou základních skupin:

- a) vazba bez interakce vazných bodů v příčném směru (řetí-
zek - vazba, která má interakci vazných bodů pouze v po-
délném směru),
- b) vazby s interakcí vazných bodů v podélném i příčném směru
(všechny vazby, při kterých přechází vazná nit mezi řádky
i sloupky).

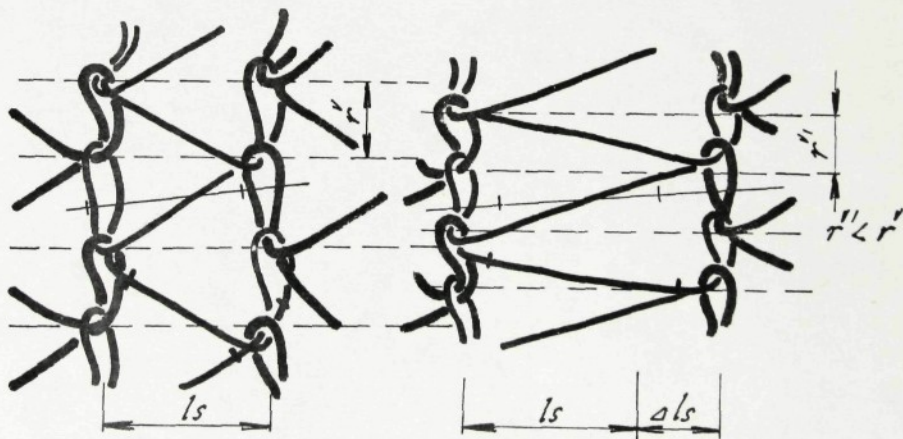
Zejména při namáhání propletu tahem v příčném směru (ve smě-
ru řádků) se projevuje podstatný rozdíl vlivu obou skupin va-
zeb. Zatímco při vazbě řetízek je svěr vláken ve vazném očku
maximální na počátku a již po malém protažení propletu a pro-
kluzu vláken v očku se silové působení oka na jím obepnutý
svazek vláken snižuje (obr. 4),

u vazeb s interakcí dochází při příčném protažení propletu
působením vazné niti přecházející mezi sloupky nejprve ke
stahování vazného oka, ke zvětšení svěrné síly, a tím ke
zvýšení odporu proti vytažení vláken z vazného oka (obr. 5).



Obr. 4

Děj při příčném protažení propletu s řetízkovou vazbou (vazba bez interakce mezi sloupky)



Obr. 5

Děj při příčném protažení propletu s vazbou trikot (vazba s interakcí mezi sloupky)

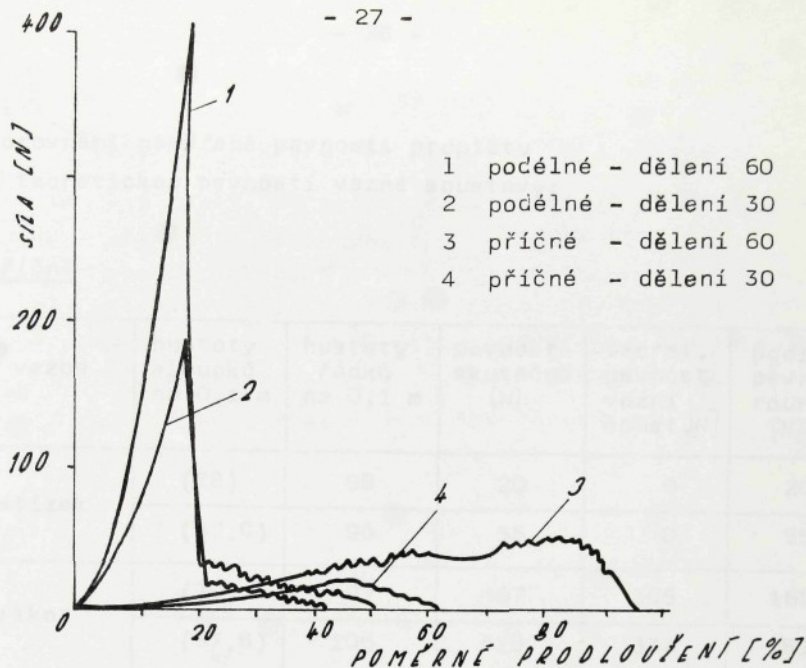
Při vazbě řetízek dochází proto k destrukci textilie zborcením její struktury v podstatě bez destrukce vláken, pouze jejich vytažením ze svěru vazné soustavy.

U vazeb s interakcí je po zatažení oka s určitým prokluzem vláken jím sevřených v další fázi namáhána nejvíce spojnice sloupků, tvořená přecházející vaznou nití, která se v určité fázi protažení trhá ještě před tím, než dojde k destrukci většího podílu vláken ze staplové vrstvy. Potvrzuje to zkušenost, že příčná pevnost propletů je jen o málo vyšší, než součtová pevnost vazných nití, přecházejících mezi sloupky.

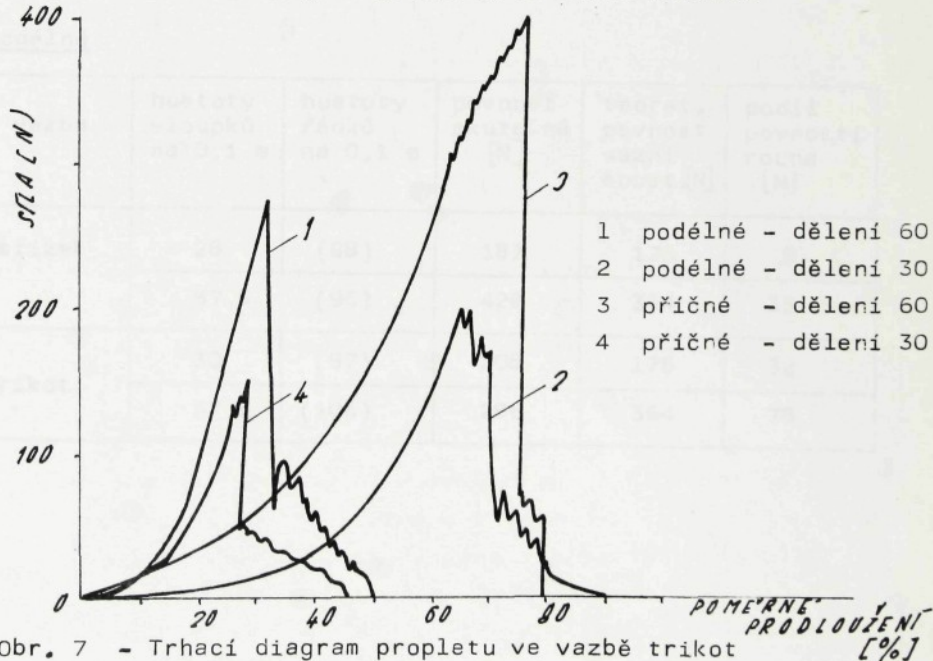
K ověření těchto jevů byla provedena v rámci této práce informativní jednoúrovňová zkouška s propletem z jednotné suroviny (PESs Tesil 12, jemnost 4,05 dtex, stapl 47,4 mm, PADh 17,2 tex) při hustotě řádků 100 na 0,1 m a dělení 30 a 60 na 0,1 m. Výsledná plošná hmotnost propletu z jednotného rouna byla 110 a 150 g . m⁻².

Charakteristika trhacích křivek je uvedena na obr.6 a 7:





Obr. 6 - Trhací diagram propletu ve vazbě řetízek



Obr. 7 - Trhací diagram propletu ve vazbě trikot

Porovnání naměřené pevnosti propletu
s teoretickou pevností vazné soustavy:

příčně

vazba	hustoty sloupků na 0,1 m	hustoty řádků na 0,1 m	pevnost skutečná [N]	teoret. pevnost vazní soust. [N]	podíl pevnosti rovná [N]
řetízek	(28)	98	20	0	20
	(57,8)	96	55	0	55
trikot	(30)	97	467	305	162
	(57,8)	106	515	334	181

podélně

vazba	hustoty sloupků na 0,1 m	hustoty řádků na 0,1 m	pevnost skutečná [N]	teoret. pevnost vazní soust. [N]	podíl pevnosti rovná [N]
řetízek	28	(98)	187	176	9
	57,8	(96)	429	364	35
trikot	30	(97)	208	176	32
	57,8	(106)	286	364	78

3.1.2 Přístup k teoretickému řešení tahového namáhání propletu

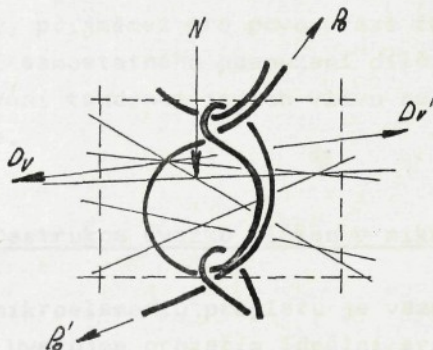
Pro další teoretický rozbor přijmemež dva základní teoretické vstupní axiomy:

- a) Hledáme takovou strukturu propletu, která z hlediska tahového namáhání nejlépe využije vlastnosti vloženého materiálu.
- Hlavním prostředkem je zlepšení homogenity, tj. současnosti tahového zatěžování různorodých elementů, ze kterých se proplet skládá.
- V prvním kroku teoretického rozboru budeme proto hledat odpověď na otázku, které parametry struktury a jakým podílem výsledné vlastnosti ovlivňují:
- S využitím společných znaků řady teoretických prací, zabývajících se strukturou příze a klasických plošných textilií konstatujeme, že jsou to zejména parametry
- mezivláknenné třecí síly, vyvozené zejména opásáním svazku vláken rouna očkem vazné soustavy
 - současnost náběhu napětí v jednotlivých vláknech a zejména vliv předčasného přetrhu (tj. absence elementu) na zatížení elementů zbývajících
 - navlnění vláken v režném propletu, jehož důsledkem je rozdílná rezerva délky jednotlivých vláken a z toho vyplývající nesoučasný okamžik počátku tahového namáhání jednotlivých elementů při protažení propletu.
- b) Pro popis průběhu deformace proplétané textilie aplikujeme filozofii mikroelementu a makroelementu poprvé použitou Barabanovem /8/ pro vpichovanou textilií a pro proplet aplikovanou Offermannem /12/, která umožňuje detailně teoreticky analyzovat proces deformace.

3.2. Modelové souvislosti vybraných fyzikálních jevů, probíhajících při tahové deformaci propletu.

3.2.1 Definice elementu propletu

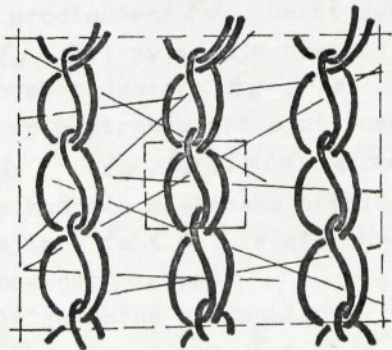
Jako mikroelement stanovíme výsek propletu, obsahující svazek vláken, procházející jedním očkem vazné soustavy (obr.8).



Obr. 8

Schema mikroelementu propletu

Jako makroelement stanovíme výsek propletu, zahrnující mikroelementy bezprostředně sousedící se základním sledovaným mikroelementem, jejichž působení se na děj v základním mikroelementu za určitých podmínek podílí. Makroelement je ohraničen mezí, za kterou další mikroelement dění ve sledovaném makroelementu již neovlivňuje (obr.9).



Obr. 9

Schema makroelementu propletu

Předpokládejme, že hypotetická textilie, skládající se ze stejných, a to průměrných makroelementů, by se chovala velmi podobně jako vlastní makroelement (rozdíly očekáváme z důvodu nestejnoměrnosti struktury textilie a vlastností použitých materiálů).

Protože v propletu jsou ve srovnání s tkaninami mnohem složitější vzájemné interakční vazby mezi jednotlivými funkčními prvky, přijmemež pro prvou fázi teoretického rozboru zjednodušení samostatného posouzení dílčích mechanismů s cílem vysledování tendencí jejich vlivu na výsledné vlastnosti textilie.

3.2.2 Destrukce svazku vláken v mikroelementu

V mikroelementu propletu je vazným očkem sevřen svazek vláken. Uvažujme prozatím ideální svazek rovnoběžně uspořádaných přímkových vláken, dokonale sevřený ve vazném bodě. Jeho destrukcí se pak rozumí přetržení všech vláken uvažované soustavy.

U takového ideálního svazku se obvykle předpokládá, že průběh tahové deformace a okamžik destrukce odpovídají do značné míry analogickým vlastnostem jednoho "průměrného" vlákna. Bližší analýza však ukazuje na některé difference, vyplývající z rozptylu mechanického chování jednotlivých vláken.

K destrukci obecného vlákna dochází při určitém napětí $\bar{\sigma}_d$ a určitém prodloužení $\bar{\epsilon}_d$. Nechť dvourozměrná frekvenční funkce $f(\epsilon_d, \bar{\sigma}_d)$ vyjadřuje hustotu pravděpodobnosti přetrhu při zvolených hodnotách $\epsilon_d, \bar{\sigma}_d$. Relativní "počet" vláken, která se přetrhnou právě při napětí $\bar{\sigma}_d$ a prodloužení ϵ_d , je tedy $f(\epsilon_d, \bar{\sigma}_d) \cdot d\epsilon_d \cdot d\bar{\sigma}_d$. Je-li svazek vláken protažen na hodnotu poměrného prodloužení ϵ^* , pak ta vlákna svazku, jejichž $\epsilon_d < \epsilon^*$ se přetrhnou, zatímco vlákna s $\epsilon_d > \epsilon^*$ zůstanou nepřetržená.

Obvykle je možné předpokládat, že existuje jakási "průměrná" tahová křivka vlákna $\bar{\sigma} = \bar{\sigma}(\epsilon)$, a že tahová

křivka $G(\varepsilon)$ každého konkrétního vlákna, které se destruuje při hodnotách G_d , ε_d , je popsána výrazem

$$\frac{G_d}{G(\varepsilon_d)} \cdot \bar{G}(\varepsilon) = G(\varepsilon) \quad (1)$$

To vlastně znamená, že tahové křivky všech vláken jsou si ce tvarově podobné s průměrnou tahovou křivkou, avšak jsou zvětšeny či zmenšeny tak, aby v grafu tahové křivky procházely destrukčním bodem ε_d , G_d . S. Nosek /28/ nazývá obdobný předpoklad "teorémem podobnosti". Je-li svazek vláken prodloužen o ε^* , přenáší každé nepřetrhlé vlákno napětí

$$G(\varepsilon^*) = \frac{G_d}{G(\varepsilon_d)} \cdot \bar{G}(\varepsilon^*) \quad (2)$$

Napětí přenášené podskupinou (dosud nepřetržených) vláken, která se destruuji při určitém G_d , a $\varepsilon_d > \varepsilon^*$ je popsáno

$$\frac{G_d}{G(\varepsilon_d)} \cdot \bar{G}(\varepsilon^*) \cdot f(\varepsilon_d, G_d) \cdot d\varepsilon_d \cdot dG_d \quad (3)$$

Svazkem vláken přenášené osově napětí $G^*(\varepsilon^*)$ je nyní integrálem přes všechna G_d a všechna $\varepsilon_d > \varepsilon^*$.

$$G^*(\varepsilon^*) = \int_{\substack{G_d = 0 \\ \varepsilon_d = \varepsilon^* \\ \varepsilon_d = \infty \\ G_d = \infty}} \frac{G_d}{G(\varepsilon_d)} \cdot \bar{G}(\varepsilon^*) \cdot f(\varepsilon_d, G_d) \cdot d\varepsilon_d \cdot dG_d \quad (4)$$

odtud

$$\frac{G^*(\varepsilon^*)}{\bar{G}(\varepsilon^*)} = \int_{\substack{G_d = 0 \\ \varepsilon_d = \varepsilon^* \\ G_d = \infty}} \frac{G_d}{G(\varepsilon_d)} \cdot f(\varepsilon_d, G_d) \cdot d\varepsilon_d \cdot dG_d \quad (5)$$

+ Napětí ve vlákne i ve svazku je uvažováno v Pa, případně v jednotkách $\text{N} \cdot \text{tex}^{-1}$. Ve svazku vyjadřuje sílu připadající na jednotku plochy vláknenných řezů v příčném řezu svazkem.

Z posledního výrazu je zřejmé, že poměr napětí $\bar{\sigma}^*$ ve svazku vláken ku napětí $\bar{\sigma}$ v průměrném vlákně při stejném prodloužení ε^* nemusí být roven jedné. Jeho hodnota závisí na frekvenční funkci $f(\varepsilon_d \bar{\sigma}_d)$ a průměrné tahové křivce vlákna $\bar{\sigma}(\varepsilon_d)$.

Uveďme nyní jisté zjednodušení vycházející z dodatečného předpokladu, že u všech vláken leží destrukční body $(\bar{\sigma}_d, \varepsilon_d)$ na průměrné tahové křivce $\bar{\sigma}(\varepsilon_d)$. Potom $\bar{\sigma}(\varepsilon_d) = \bar{\sigma}_d$ a lze psát

$$\frac{\bar{\sigma}^*(\varepsilon^*)}{\bar{\sigma}(\varepsilon^*)} = \int_{\varepsilon^*}^{\infty} \varphi(\varepsilon_d) d\varepsilon_d \quad (6)$$

kde

$$\varphi(\varepsilon_d) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\varepsilon_d \bar{\sigma}_d) d\bar{\sigma}_d \quad (7)$$

je marginální rozložení destrukčních prodloužení ε_d .

Okamžik destrukce celého svazku je vyjádřen maximem funkce $\bar{\sigma}^*(\varepsilon^*)$.

Pokud by vlákno mělo ještě lineární tahovou křivku, tj.

$\bar{\sigma}(\varepsilon^*) = \bar{E} \varepsilon^*$, kde $\bar{E}$ je (střední) modul pružnosti vláken, platilo by při označení $\int_{\varepsilon^*}^{\infty} \varphi(\varepsilon_d) d\varepsilon_d = 1 - \phi(\varepsilon^*)$, $(\phi(\varepsilon^*)$ je distribuční funkce k $\varphi(\varepsilon_d)$):

$$\bar{\sigma}^*(\varepsilon^*) = \bar{E} \varepsilon^* [1 - \phi(\varepsilon^*)] \quad (8)$$

Maximum funkce $\bar{\sigma}^*$ lze stanovit nulováním derivace $d\bar{\sigma}^*/d\varepsilon^*$, což po úpravě vede na výsledný tvar pro prodloužení ε_d^* svazku vláken při přetrhu:

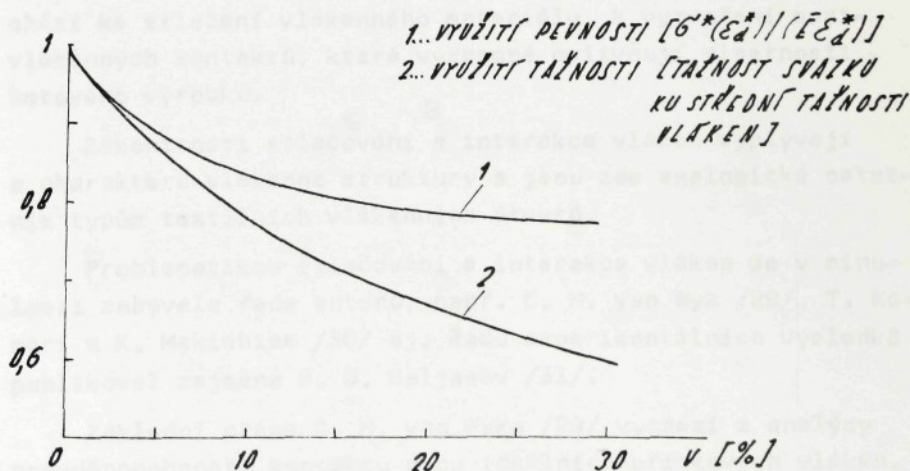
$$\frac{1 - \phi(\varepsilon_d^*)}{\varepsilon_d^* \cdot \varphi(\varepsilon_d^*)} = 1 \quad (9)$$

Nalezením kořene této rovnice se nalezne ϵ_d^* , při němž se svazek přetrhne a dosazením této hodnoty do (8) se získá též odpovídající napětí σ_d^* při destrukci (tj. pevnost).

$$\sigma^*(\epsilon_d^*) = \bar{\epsilon} \epsilon_d^* [1 - \phi(\epsilon_d^*)] \quad (10)$$

K uskutečnění popsaných výpočtů je i při všech zjednodušujících předpokladech třeba znát frekvenční funkci $\phi(\epsilon_d)$ rozložení tažností vláken a přirozeně též střední tahovou křivku vláken, resp. jejich modul pružnosti $\bar{\epsilon}$. I nejednodušší řešení dle rovnice (9) však obvykle vyžaduje aplikaci výpočetní techniky. Z uvedených vzorců vyplývá, že k přetržení svazku vláken dojde ve většině případů dříve, tj. při menším prodloužení, než by odpovídalo destrukci průměrného vlákna.

Pro ilustraci jsou na obr. 10 znázorněny průběhy závislosti využití pevnosti a tažnosti vláken, získané z rovnic (9) a (10) výpočtem za užití normálního rozložení tažnosti vláken s variačním koeficientem v .



Obr. 10 Vliv variačního koeficientu tažnosti vláken na využití pevnosti a tažnosti ve svazku

Provedená analýza a grafické znázornění, ačkoliv byly provedeny za velké řady zjednodušujících předpokladů, ukazují na významný vliv variability tažnosti vláken a z tohoto hlediska dokládá vliv rozptylu kvality použité vlákenné suroviny.

Ve svazcích reálných vláken se však stejně jako tažnost projevují další vlivy spjaté často se strukturou soustavy vláken.

Kromě vlastní tažnosti jsou významným zdrojem prodloužení ve skutečnosti např. navlnění (zobloučkování) vláken, jako jakési prodloužení se projeví prokluzu vláken a vlákenných úseků mezi sebou apod.

Tyto jevy souvisejí úzce se vzájemnou interakcí vláken v mikroelementu reálných textilií.

3.2.3 Stlačování a interakce vláken

Zdrojem silového působení, jež vytváří mechanicky vázanou textilii jsou síly, působící v očku propletu. Zde dochází ke stlačení vlákenného materiálu, k vytvoření mezi-vlákenných kontaktů, které významně ovlivňují vlastnosti hotového výrobku.

Zákonitosti stlačování a interakce vláken vyplývají z charakteru vlákenné struktury a jsou zde analogické ostatním typům textilních vlákenných útvarů.

Problematickou stlačování a interakce vláken se v minulosti zabývala řada autorů, např. C. M. van Wyk /29/, T. Komori a K. Makishima /30/ aj. Řadu experimentálních výsledků publikoval zejména P. D. Baljasov /31/.

Základní práce C. M. van Wyka /29/ vychází z analýzy pravděpodobnosti kontaktu dvou ideálních přímkových vláken.

Výsledkem řešení ^{x)} je vztah mezi zaplněním μ a hustotou kontaktů ν v objemové jednotce, ve tvaru

$$\nu = k_\nu \cdot \mu^2 \quad (11)$$

kde k_ν je souhrnná konstanta, jejíž velikost závisí na druhu a jemnosti užitých vláken a jejich uspořádání.

Z rovnice (11) lze pak odvodit střední vzdálenost dvou sousedních kontaktů na vláknech ve tvaru

$$\delta = k_\delta \cdot \mu \quad (12)$$

kde μ je zaplnění a k_δ souhrnná konstanta.

Zmíněný autor dále odvozuje závislost mezi stlačením a stlačující silou. Vychází přitom z ohybově namáhaných vláken a za řady zjednodušujících předpokladů získává výsledný vztah

$$p = k_p \cdot \mu^3 \quad (13)$$

kde p tlak působící na vlákenný materiál

μ zaplnění sledovaného objemu vlákny

k_p konstanta zahrnující vlivy vlákenného materiálu a orientace rouna.

Experimentálně byl vztah (13) potvrzen pro řadu materiálů v oblastech nižších hodnot zaplnění (přibl. do $\mu = 0,2$). Pro hodnoty zaplnění, odpovídající stavu v očku propletu (přibl. do $\mu = 0,35$), je však nutno vztah (13) upřesnit.

Upřesnění, vypracované v SVÚT /32/ zavádí do modelu vliv nedeformovatelného objemu vlákenné hmoty.

Vzdálenost kontaktů na vláknech skutečného textilního útvaru je totiž náhodná veličina a hodnota δ v rovnici

^{x)} B. Neckář /32/ uvádí modifikovaný postup odvození, který vede ke stejnému vztahu.

(12) je jen střední hodnotou. I v málo zaplněném útvaru existuje podíl velmi krátkých vzdáleností mezi kontakty. V některé oblasti se mohou vlákna navzájem "dorazit", např. dle obr. 11 tak, že toto místo se dalším stlačováním již nemění. Místo má trvale své mezní zaplnění μ_m . Tyto mezní lokality se na procesu stlačování již nepodílí, a proto by měly být vyloučeny z úvah, které vedly C.M. van Wyka k rovnici (13).

Lze předpokládat, že počet mezních lokalit a tím i objem vláken mV v nich je úměrný počtu kontaktů v útvaru. Při celkovém objemu V_c útvaru je užítím (11)

$${}^mV = K \cdot V_c \cdot \nu = K \cdot V_c \cdot k_v \cdot \mu_m^2 \quad (14)$$

kde K je konstantou úměrnosti.

V případě, že je celý útvar stlačen na mezní zaplnění, je v těchto mezních lokalitách soustředěn veškerý objem V vláken. Pak platí (14) ve tvaru

$$V = K \cdot V_c \cdot k_v \cdot \mu_m^2 \quad (15)$$

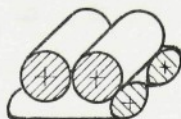
Z posledních dvou vztahů plyne

$${}^mV = V \frac{\mu^2}{\mu_m^2} \quad (16)$$

Celkový objem uvažovaných mezních lokalit (tj. jejich objem včetně příslušného podílu vzduchu) je nyní

$${}^mV_c = \frac{{}^mV}{\mu_m} = V \frac{\mu^2}{\mu_m^3} = V_c \frac{\mu^3}{\mu_m^3} \quad (17)$$

^{x)} Teoreticky je mezní zaplnění právě limitním, tj. $\mu_m = \pi/(2\sqrt{3})$. Obvykle však hodnota μ_m je poněkud jiná, neboť při nedokonalém směrovém uspořádání vláken vznikne "doraz" dříve. Naproti tomu u obzvláště vysokých tlaků se deformují samotná vlákna a μ_m se přibližuje hodnotě 1.



Obr. 11 Kontakt vláken s mezním zaplněním

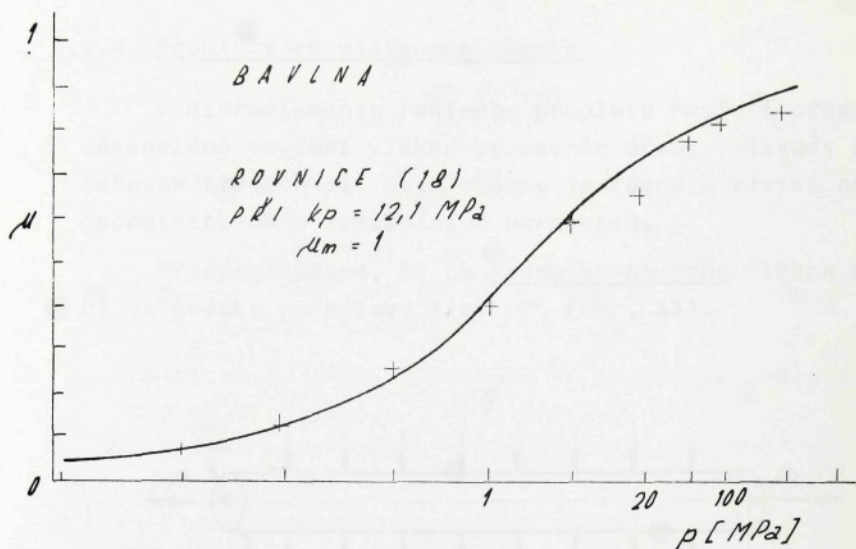
Protože objem V veškerých vláken se stlačováním nemění, je možno původní rovnici (13) pojímat ve formě $p = k_p \cdot V^3 / V_c^3$ jako závislost tlaku na celkovém objemu V_c útvaru. C.M. van Wyk předpokládal, že se stlačuje každá částice tohoto objemu. Nyní však je zřejmé, že stlačovat lze pouze jeho část ($V_c - m V_c$); objem $m V_c$ mezních lokalit je dále nestlačitelný. Proto je správnější uvažovanou závislost vyjádřit rovnicí $p = k_p \cdot V^3 / (V_c - m V_c)^3$. Užitím (17) vznikne výraz

$$p = k_p \cdot \frac{\mu^3}{\left(1 - \frac{\mu^3}{\mu_m^3}\right)^3} \quad (18)$$

Rovnice (18) je pro malá μ prakticky shodná s výrazem (13). Pro $\mu \rightarrow \mu_m$ však $p \rightarrow \infty$, což je ve shodě s praktickým pozorováním.

Vhodnost výrazu (18) lze dokumentovat dobrou shodou s experimenty P.D. Baljasova /31/. Závislost mezi tlakem a zaplněním např. pro bavlněná vlákna, uspořádaná přibližně paralelně je znázorněna v semilogaritmickém grafu na obr. 12.

Rovnice (18) dokumentuje výrazně nelineární vztah mezi zaplněním a tlakem, který je nutno vynaložit pro jeho dosažení. Mechanicky uspokojivý útvar, jakým jsou např. příze, má jak známo zaplnění na úrovni rozhraní přechodové a kompaktní struktury, tj. kolem $\mu = 0,403$ i více;



Obr. 12 Závislost mezi tlakem a zaplněním pro bavlněná vlákna

Naproti tomu běžné typy dnes vyráběných propletů mají v očku zaplnění, které se pohybuje na rozhraní volné a přechodové struktury, tj. kolem $\mu = 0,227$.

Z výrazu (18) lze pak ukázat, že pro $\mu_m = 1$ je v přízi tlak 6,6 krát větší, než v uvažovaném očku.

(Volí-li se $\mu_o = 0,8$, je tentýž poměr 7,9.)

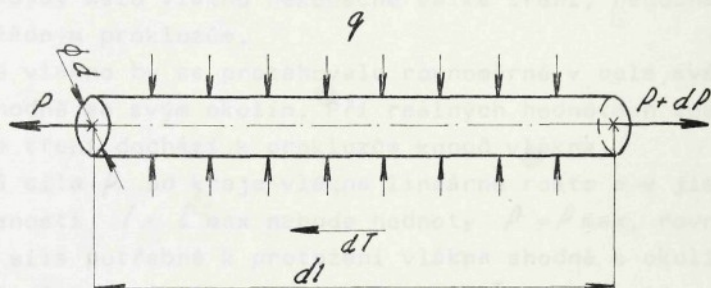
To ukazuje, že dosáhnout v očku propletu zaplnění na úrovni příze by si vyžádalo značné zvýšení tahu ve vazných nitech, patrně na mezi technické reálnosti.

Dosažení takové úrovně využití suroviny v propletu, jaké je dosahováno v přízi pouze zvýšením svěru svazku vláken vazným očkem, je obtížné a je třeba hledat další cesty k dosažení tohoto cíle.

3.2.4 Prokluzu ve vlákném svazku

V mikroelementu reálného propletu neplatí předpoklad dokonalého sevření vláken ve vazném očku. Velikost skutečných třecích sil mezi vlákny je různá a závisí na řadě geometrických a fyzikálních parametrů.

Předpokládáme, že na jednotku-povrchu vlákna působí ve svazku normálový tlak q (obr. 13).



Obr. 13 Rozložení sil působících na vlákno ve svazku

Element vlákna délky dl , průměru d , má povrch velikosti $\pi d \cdot dl$ na nějž působí úhrnná normálová síla $q \cdot \pi d \cdot dl$. Při součiniteli tření f je schopna tato normálová síla vyvodit třecí sílu $dT = q \cdot f \pi d \cdot dl$. Z podmínky rovnováhy pak plyne

$$dP = dT = q f \pi d \cdot dl \quad (19)$$

Reálné vlákno prochází obvykle několika mikroelementy. Následující úvahy proto zjednodušují skutečné poměry a nahrazují působení jednotlivých oček představou Konstantního spojitého průběhu normálových sil podél celého vlákna.

Uvážili-li se za tohoto předpokladu, že na délce $l = 0$

(na počátku, resp. na konci vlákna) je hodnota tahové síly $P = 0$, nalezne se řešením rovnice (19)

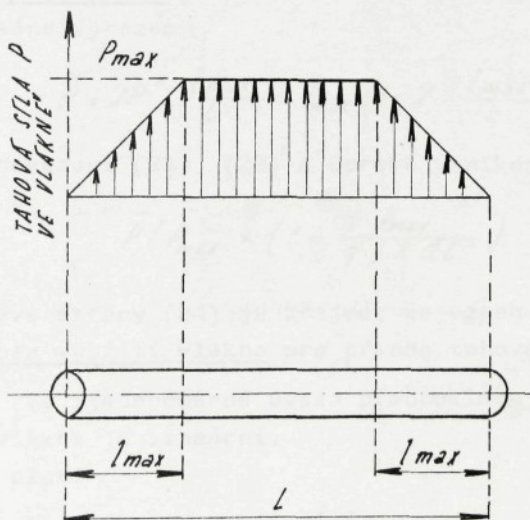
$$P = \int_0^l dP = q \cdot f \cdot \pi \cdot dl \quad (20)$$

Tahová síla P v tomto případě roste od kraje vlákna lineárně s délkou souřadnice l .

Kdyby mělo vlákno nekonečně velké tření, nedocházelo by k žádným prokluzům.

Takové vlákno by se protahovalo rovnoměrně v celé své délce, shodně se svým okolím. Při reálných hodnotách součinitele tření dochází k prokluzům konců vlákna.

Tahová síla P od kraje vlákna lineárně roste a v jisté vzdálenosti $l = l_{\max}$ nabude hodnoty $P = P_{\max}$, rovnající se síle potřebné k protažení vlákna shodně s okolím. Rozložení tahové síly ve vlákne znázorňuje obr. 14.



Obr. 14 Rozložení tahové síly na vlákne

Mezi $p_{\max}$ a $l_{\max}$ platí dle (20)

$$l_{\max} = p_{\max} / (q \cdot f \cdot \pi \cdot d) \quad (21)$$

Střední síla p^* v proklouzávajícím konci délky $l_{\max}$ je $\int_0^{l_{\max}} p \cdot dl / l_{\max}$, což užitím (20) a (21) vede na tvar

$$\begin{aligned} p^* &= \frac{1}{l_{\max}} \int_0^{l_{\max}} p \cdot dl = \frac{1}{l_{\max}} \int_0^{l_{\max}} q \cdot f \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot dl \\ &= \frac{1}{2} q f \pi d l_{\max} = p_{\max} / 2 \end{aligned} \quad (22)$$

vlákno délky L má ve střední části délky $L - 2l_{\max}$ (viz obr. 11) konstantní hodnotu tahové síly $p = p_{\max}$ (v této části se vlákno prodlužuje shodně s okolím, tj. bez prokluzů).

V celém vlákně je proto střední (průměrná) tahová síla $\bar{p}$ popsána výrazem

$$\bar{p} = 2p^* \frac{l_{\max}}{L} + p_{\max} \left(1 - 2 \frac{l_{\max}}{L}\right) \quad (23)$$

Po dosazení (21), (22) a úpravě vznikne

$$\bar{p} / p_{\max} = \left(1 - \frac{p_{\max}}{q f \pi d L}\right) \quad (24)$$

Z levé strany (24) je zřejmé, že vztah charakterizuje stupeň využití vlákna pro přenos tahové síly.

Ve zjednodušené úvaze předpokládáme, že tahová křivka vlákna je lineární.

Pak platí

$$p_{\max} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot E \cdot \epsilon_h \quad (25)$$

Kde: ϵ_h ... poměrné prodloužení svazku vláken (okolí vlákna, včetně střední části sledovaného vlákna)

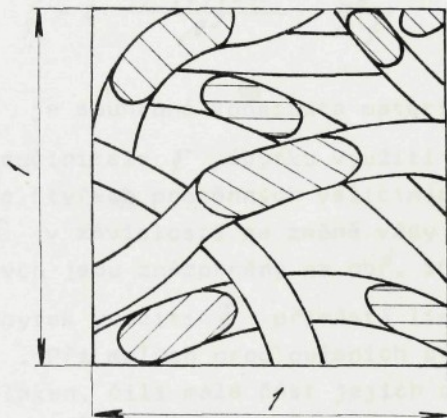
E ... modul pružnosti

d ... průměr vlákna

Pro veličinu q (tlak na povrch vlákn) lze využít výsledku předchozí kapitoly. Vztah (18) vyjadřuje totiž tlak ve vlákněném materiálu jako funkci zaplnění μ .

Zmíněný výraz je však nutno ještě upravit. Tlak p uvedený ve vztahu (18) je totiž vztažen k jednotkové ploše obsahující vedle vláken též vzduchové prostory.

Na obr. 15 je tedy vztažen k ploše 1×1



Obr. 15 Třecí povrch vláken v jednotkové ploše

V této ploše je však pouze $1 \times 1 \times \mu$ vlákněných ploch (vyšrafovaných).

Na vláknech se tedy uplatňuje tlak $q = p/\mu$, což užitím (18) vede na tvar

$$q = k p \cdot \frac{\mu^2}{\left(1 - \frac{\mu^3}{\mu_m^3}\right)^3} \quad (26)$$

Takto definovaný tlak lze považovat za ekvivalentní (nebo alespoň úměrný) tlaku q v rovnici (24).

Užitím (25) a (26) v (24) vznikne tvar

$$\frac{\bar{p}}{p_{max}} = 1 - \frac{E}{4k_p} \cdot \frac{(1 - \mu^3 / \mu_m^3)}{\mu^2} \cdot \frac{d}{L_f} \cdot \varepsilon_h \quad (27)$$

Pro přehlednost je vhodné označit štíhlost vlákna $\lambda = L/d$ a zavést součinitel úbytku využití vlákna $\xi = 1 - \bar{p}/p_{max}$. Pak lze (27) vyjádřit též formou

$$\xi = c \cdot \frac{(1 - \mu^3 / \mu_m^3)}{\mu^2} \cdot \frac{\varepsilon_h}{\lambda \cdot f} \quad (28)$$

kde c je souhrnná konstanta materiálu.

Změna součinitele ξ úbytku využití vlákna je tedy závislá na čtyřech proměnných veličinách: $\varepsilon_h, \lambda, f, \mu$.

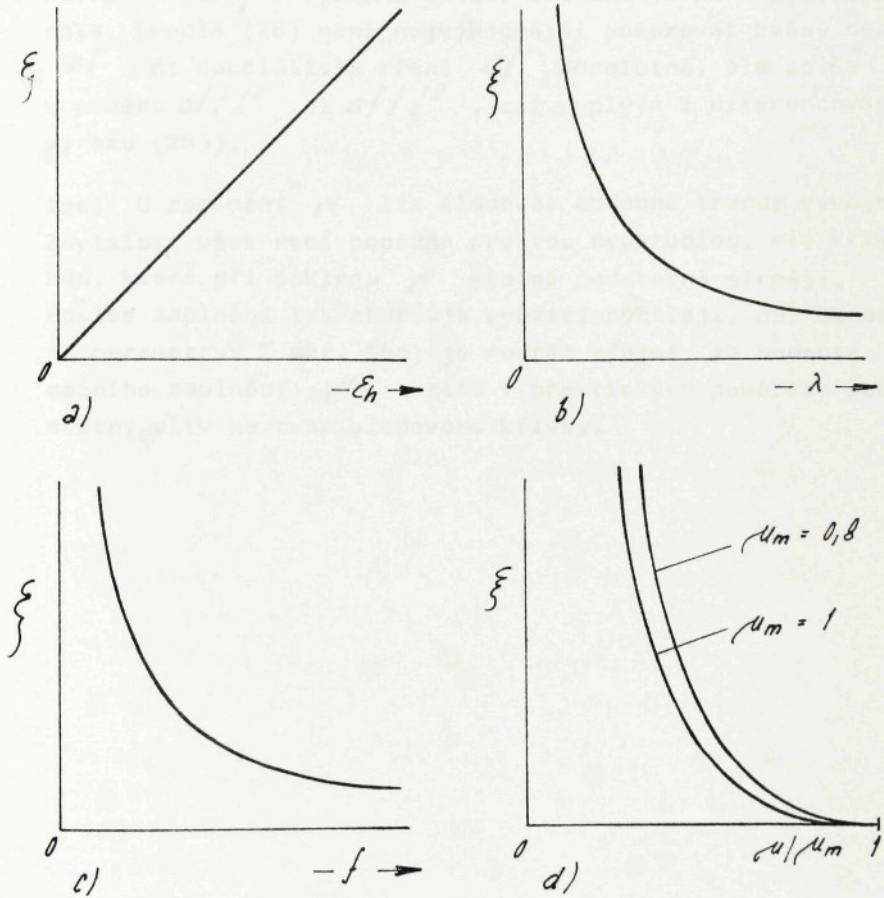
Změny ξ v závislosti na změně vždy pouze jedné z těchto proměnných jsou znázorněny na obr. 16.

16a) Úbytek využití ξ přirůstá lineárně s prodloužením ε_h . Při malých prodlouženích prokluzují jen krátké konce vláken, čili malá část jejich celkové délky. Při velkých prodlouženích se však prokluzy rozšíří na značnou část délky a jejich vliv je výraznější.

16b) Se štíhlostí λ vlákna ξ hyperbolicky klesá, čili využití se zlepšuje. Zkrátíme-li délku vlákna o zvolené Δl , pak u dlouhých vláken se úbytek využití zvětší jen nepatrně. V oblasti krátkých vláken má stejné zkrácení Δl vliv mnohonásobně větší. Průběh jevu vysvětluje známou skutečnost, že prodlužováním délky vláken se zlepšují mechanické vlastnosti propletu. Odvozený vztah však zároveň naznačuje, že z hlediska praktického použití bude zřejmě existovat jistá délka vláken, od které další zvětšování nepřinese již podstatný efekt ve využití.

Připomeňme ještě, že ve výrazu (28) se vyskytuje délka

jako součást štíhlosti λ . Tedy u jemnějších vláken lze zřejmě dosáhnout stejného efektu s kratšími vlákny.



Obr. 16 Změna součinitele ξ úbytku využití vlákna v propletu v závislosti na proměně jednotlivých parametrů $\varepsilon_h, \lambda, f, u$.

16c) Analogické závěry poskytuje rovněž hyperbolický průběh závislosti f na f . I zde lze předpokládat, že existuje jistá hodnota f , od které již nemá praktický význam usilovat o její zvýšení. U reálných vláken se v mechanicky vázaných propletech však zřejmě uplatňuje součinitel tření f výrazně menší, než zmíněná kritická hodnota. (Podle (28) není nejvýhodnější posuzovat změny délky Δl či součinitele tření Δf absolutně, ale spíše v poměru $\Delta l/l^2$ či $\Delta f/f^2$, což vyplývá z diferencování výrazu (28)).

16c) U zaplnění μ lze sledovat obdobné trendy vývoje. Závislost však není popsána prostou hyperbolou, ale křivkou, která při poklesu μ stoupá podstatně strměji. Pokles zaplnění tak zhoršuje využití rychleji, než ostatní parametry. Z obr. 16c) je rovněž zřejmé, že hodnota mezního zaplnění μ_m nemá v praktických poměrech podstatný vliv na tvar sledované křivky.

3.2.5 Projevy navlnění vláken

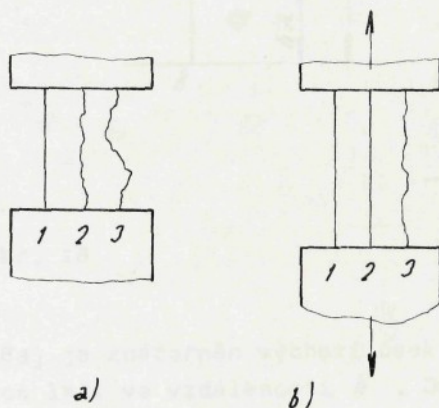
V důsledku vlivu reálné technologie a vlastností vláken použitých v rounu, nejsou všechna vlákna v úseku mezi dvěma sousedními vaznými body dokonale napřímána. Tento jev nazveme "navlnnění".

Závažnost vlivu navlnnění na výsledné vlastnosti textilie je známa již poměrně dlouhou dobu; popisují ji např.

A.P.Rakov, N.N. Milovidov, A.V. Bucharev /37/ apod.

Vliv navlnnění vláken je studován též v práci /32/.

Základní myšlenka je schematicky znázorněna na obr. 17.

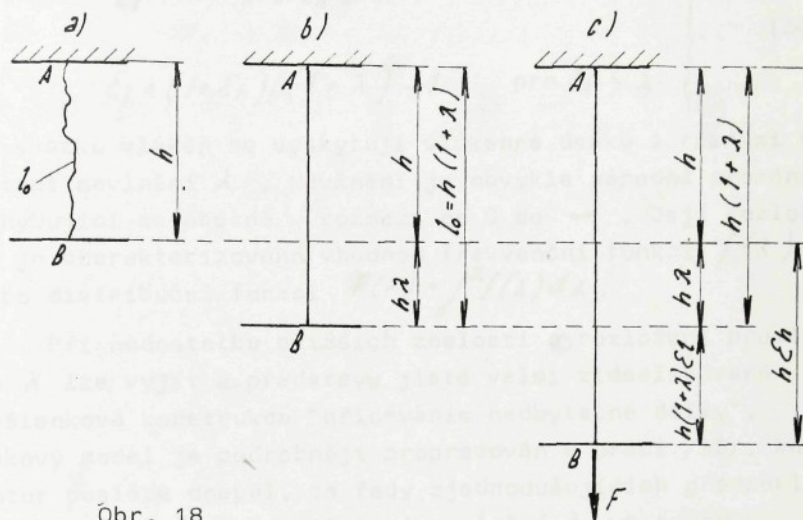


Obr. 17

Nákres a) představuje tři různá vlákna, upnutá ve svěrných čelistech. Vláknó 1 je přímkové, vlákna 2 a 3 jsou v různé míře navlněná. Při oddálení čelistí dle obr. b) se vlákno č. 1 prodlužuje a vzniká v něm jistá napínací síla.

Vláknó č. 2 se nejprve vyrovnalo a teprve poté se počlo napínat. Síla v něm bude proto menší, než ve vlákne č. 1. Vláknó č. 3 se ve znázorněném okamžiku dosud nevyrovnalo a nepřenáší tedy prakticky žádnou sílu. Výsledná síla působící na čelisti je rozhodně menší než síla, jež by při stejném oddálení čelistí vznikla od trojice přímkových vláken.

Podobným způsobem se zřejmě chovají i vlákna v úseku mezi dvěma sousedními vaznými body propletu, kde jsou navlněné úseky mezi kontakty ^{x)} patrně jednou z příčin nerovnoměrného mechanického využití materiálu.



Obr. 18

Na obr. 18a) je znázorněn výchozí úsek vlákna AB délky l_0 jehož konce leží ve vzdálenosti h . Jeho navlnění λ je popsáno výrazem

$$\lambda = l_0 / h - 1 \quad (29)$$

Vzdaluje-li se koncový bod B od počátečního bodu A, počne se vlákno nejprve vyrovnávat, prakticky bez působení sil. Je-li bod B vzdálen od A o $l_0 = h(1 + \lambda)$, je vlákno právě vyrovnáno (obr. 18b). Dalším oddalováním bodu B dochází již k osovému prodloužování samotného vlákna, provázenému vznikem síly. V obr. 18c je výchozí délka vlákna $l_0 = h(1 + \lambda)$ prodloužena poměrným prodloužením ξ ; současně vzniká tahová síla F .

^{x)} Zejména mezi pevně svírajícími kontakty; v méně pevných sevřeních si lze dobře představit možnost prokluzů.

Počáteční vzdálenost h koncových bodů vlákna se zvětšila poměrným prodloužením ε_h . Jak je z obr. 18 zřejmé, platí mezi ε_l a ε_h vztah

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_l &= 0; \text{ pro } \varepsilon_h \leq \lambda \\ \varepsilon_l &= (1 + \varepsilon_h) / (1 + \lambda) - 1 \quad \text{pro } \varepsilon_h > \lambda \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

Ve svazku vláken se vyskytují vláknenné úseky s různými hodnotami navlnění λ . Navlnění je obvykle náhodná proměnná, pohybující se obecně v rozmezí od 0 do ∞ . Její rozložení je charakterizováno vhodnou frekvenční funkcí $f(\lambda)$ nebo distribuční funkcí $F(\lambda) = \int_0^\lambda f(\lambda) d\lambda$.

Při nedostatku bližších znalostí o rozložení proměnné λ lze vyjít z představy jisté velmi zidealizované myšlenkové konstrukce "přidáváním nadbytečné délky". Takový model je podrobněji propracován v práci /32/, kde autor posléze dospěl, za řady zjednodušujících předpokladů, k frekvenční funkci rozložení navlnění λ ve tvaru

$$f(\lambda) = [(1 + \bar{\lambda}) / \bar{\lambda}] \cdot (1 + \lambda)^{-(2\bar{\lambda} + 1) / \bar{\lambda}} \quad (31)$$

resp. k distribuční funkci $F(\lambda)$ dle výrazu

$$F(\lambda) = 1 - (1 + \lambda)^{-(1 + \bar{\lambda}) / \bar{\lambda}} \quad (32)$$

V těchto vztazích je $\bar{\lambda}$ střední hodnotou navlnění danou tvarem

$$\bar{\lambda} = \lambda_0 \cdot e^{-k\mu} \cdot (1 - \mu / \mu_m) \quad (33)$$

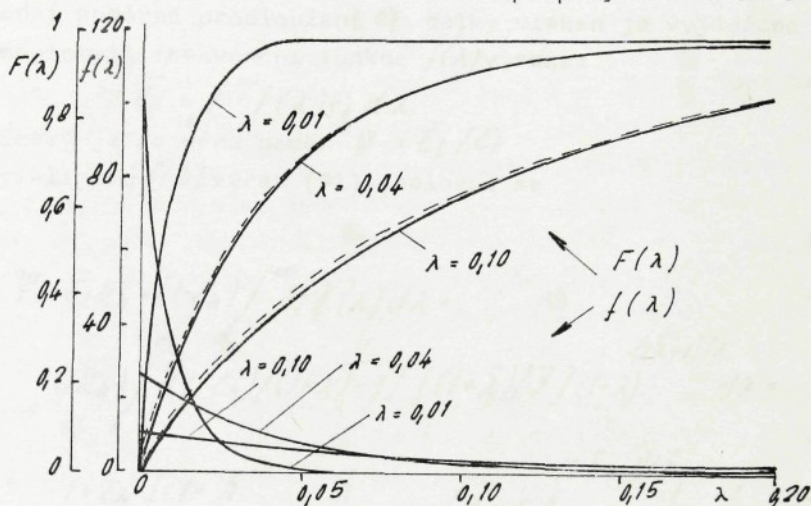
Poslední výraz obsahuje konstanty:

λ_0 ... střední navlnění při "nulovém" zaplnění svazku vláken

k ... materiálová konstanta $k > 0$, určující "charakter" obloučků navlnění na vláknu

μ_m ... mezní (maximální) teoreticky možné zaplnění ($\mu_m \rightarrow 1$)

Rozložení navlnění dle (31), (32) odpovídá tzv. Paretovo rozložení a je ilustrováno několika případy křivek na obr.19.



Obr. 19 Paretovo rozložení navlnění
[dle (31), (32)]

Jak je z diagramů zřejmé, se vzrůstajícím navlněním klesá četnost vyskytujících se vláknenných úseků. Nejčetnější jsou tedy úseky málo navlněné.

(Z modelu dle (32) je zřejmé, že obecně tomu tak být nemusí. Použitý výsledek se týká "nepříliš navlněných" systémů vláken, jaké se obvykle vyskytují v přízi a zřejmě i v reálných rounech.)

Střední hodnota navlnění klesá podle (33) s rostoucím zaplněním. U vysoce zaplněných (sevřených) systémů se totiž uplatňují jen poměrně krátké úseky vláken (z kontaktu do kontaktu), které jsou jistě "rovnější", než úseky dlouhé.

Uvažujme nyní svazek vláken přibližně paralelně uspořádaných a navzájem k sobě přitlačovaných. Body vzájemného dotyku rozdělují vlákna do úseků, jež jsou náhodně a v různé míře navlněny. Silovým působením se svazek prodlouží

poměrným prodloužením ε_h . Pro zjednodušení se předpokládá, že ε_h popisuje i oddálení koncových bodů každého vláknenného úseku. Vláknenné úseky mají různé navlnění, a proto v nich vzniká i různé poměrné prodloužení ε_l délky vlákna. Vztah mezi ε_l a ε_h byl vyjádřen rovnicemi (30). Střední poměrné prodloužení $\bar{\varepsilon}_l$ délky vláken je vyjádřeno prostřednictvím frekvenční funkce $f(\lambda)$ výrazem

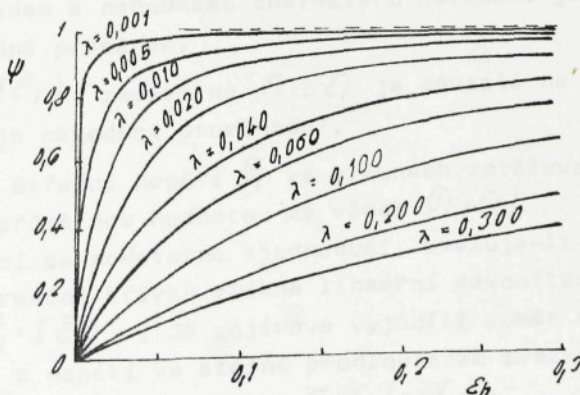
$$\bar{\varepsilon}_l = \int_0^{\infty} f(\lambda) \varepsilon_l d\lambda$$

Zajímavý je zejména poměr $\psi = \bar{\varepsilon}_l / \varepsilon_h$

Platí-li pro $f(\lambda)$ výraz (31), nalezne se

$$\begin{aligned} \psi = \bar{\varepsilon}_l / \varepsilon_h &= (1 - \varepsilon_h) \int_0^{\infty} \varepsilon_l f(\lambda) d\lambda = \\ &= (1/\varepsilon_h) \int_0^{\varepsilon_h} [(1 + \varepsilon_h)/(1 + \lambda) - 1] \cdot [(1 + \bar{\lambda})/\bar{\lambda}] \cdot (1 + \bar{\lambda})^{-(2\bar{\lambda} + 1)/\bar{\lambda}} d\lambda = \\ &= \frac{1 + \varepsilon_h}{\varepsilon_h} \left[\frac{1 + \bar{\lambda}}{1 + 2\bar{\lambda}} + \frac{\bar{\lambda}}{1 + 2\bar{\lambda}} \cdot (1 + \varepsilon_h)^{- (2\bar{\lambda} + 1)/\bar{\lambda}} \right] - \frac{1}{\varepsilon_h} \quad (34) \end{aligned}$$

Grafický průběh této závislosti je znázorněn na obr. 20.



Obr. 20 Průběh poměru ψ dle rovnice (34)

S narůstajícím poměrným prodloužením ϵ_h vlákenného svazku se poměr ψ zvyšuje a přibližuje k 1.

Rostoucí prodloužení totiž postupně vyrovnává a poté zapojuje do činnosti stále více vlákenných úseků.

U přízí vlákno vstupuje do tělesa při jeho tvorbě (v místě, kde opouští svěrnou linii posukovacích válečků dopřádacího stroje) pod napětím a svazek vláken je rychle sevřen zákrutem na značné zaplnění (asi $\mu = 0,45$), kde se λ odhaduje kolem 0,01.

U propletu se pracuje s vláknem, které je prakticky "volné" a i v místě sevření očkem se dosahuje nižších hodnot zaplnění. Proto střední navlnění vláken bude u propletů podstatně větší; lze jej odhadnout přibližně v úrovni $\bar{\lambda} = 0,05 / 5 \% /$. Podle křivek na obr. 19 při uvažovaném $\epsilon_h = 0,1 / 10 \% /$ je hodnota ψ kolem 0,6. Ve srovnání s ideální hodnotou 1 je to jistě závažný pokles.

Hodnota ψ se uplatňuje v napětí, které vzniká ve svazku navlněných vláken. Uvažujme stále svazek navlněných, přibližně paralelně uspořádaných vláken. Působením tahové síly se takový svazek prodlouží poměrným prodloužením ϵ_h . V jednotlivých vlákenných úsecích potom vzniknou různá prodloužení $\epsilon_l \leq \epsilon_h$, závislá na hodnotách navlnění. Ke každému prodloužení ϵ_l přísluší jisté napětí $\sigma_l(\epsilon_l)$ vlákenného úseku, plynoucí z tahové deformační křivky vlákna.

Vzhledem k náhodnému charakteru navlnění je i napětí $\sigma_l(\epsilon_l)$ náhodná proměnná.

$\sigma_l(\epsilon_l)$ závisí na ϵ_l ; ϵ_l je závislé na navlnění λ , jež je náhodnou proměnnou/.

Střední napětí $\bar{\sigma}_l$ ve vláknech zatěžovaného svazku je pak průměrnou hodnotou ze všech $\sigma_l(\epsilon_l)$.

Řešení se podstatně zjednoduší, uvažuje-li se pro tahové deformační křivku vlákna lineární zákonitost, ze které plyne $\bar{\sigma}_l = E \bar{\epsilon}_l$. Je zajímavé vyjádřit poměr středního napětí $\bar{\sigma}_l$ a napětí ve stejně prodlouženém svazku rovných paralelních vláken, tj. napětí $\sigma_l(\epsilon_h) = E \epsilon_h$.

Pak je ovšem poměr

$$\bar{G}_1 / \tilde{G}_1(\varepsilon_h) = \bar{\varepsilon}_1 / (\varepsilon \cdot \varepsilon_h) = \bar{\varepsilon}_1 / \varepsilon_h \quad (35)$$

shodný s poměrem příslušných prodloužení a může být vyjádřen např. rovnicí (34).

Dříve pro proplet stanovená hodnota $\psi = 0,6$ je v souladu se zkušenostmi s využitím vláken ve sledovaném typu textilií. Navlnění vláken tak vysvětluje do značné míry jednu z příčin snížení směrnice hlavní části pracovní křivky trhačního diagramu propletu proti použitým vláknům.

Odvozené závislosti navlnění objasňují také příčinu zřetelně konvexního počátku tahové křivky propletu. Při malých ε_h je totiž ψ obzvláště malé a s ε_h výrazně roste.

(Úvahu lze charakterizovat následujícím zjednodušeným příkladem. Nechť pro počáteční část tahové křivky vlákna platí přímka $\tilde{G}_1(\varepsilon_h) = \varepsilon \cdot \varepsilon_h$. Nechť dále pro počáteční část funkce $\psi = \psi(\varepsilon_h)$ platí přímka $\psi = b \cdot \varepsilon_h$, b = konstanta (viz obr. 34).

Protože platí (35), je napětí v textilii

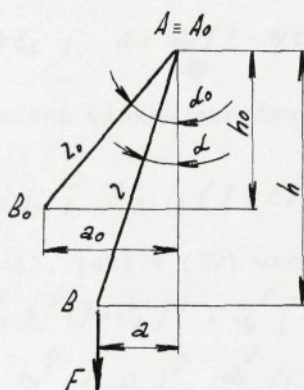
$$\bar{G}_1 = \psi \cdot \tilde{G}_1(\varepsilon_h) = b \varepsilon_h \cdot \varepsilon \varepsilon_h = b \varepsilon \varepsilon_h^2$$

což je konvexní křivka - parabola).

3.2.6 Směrové uspořádání vláken

V propletech se vyskytují vlákna různým způsobem směrově uspořádaná. Předpokládáme, že směrové uspořádání se promítá do mechanických vlastností a ovlivňuje využití vláken v těchto textiliích.

Základní idea dějů, které probíhají při napínání obecně uloženého vlákna, je znázorněna na obr. 21.



Obr. 21 Schéma geometrických změn obecného přímkového vlákna při napínání

Zjednodušeně vyjdeme z přímkového vlákna, délky l , které svírá se směrem budoucí síly F úhel α . Působením síly přejde koncový bod B_0 do nové polohy B a ustaví se nové geometrické poměry, znázorněné na obr. 21.

Platí

$$l_0^2 = h_0^2 + a_0^2 \quad (36)$$

$$l^2 = h^2 + a^2 \quad (37)$$

Prodloužení ve směru působící síly F označme ϵ_h . Pak

$$1 + \epsilon_h = h/h_0 ; \quad h = h_0 (1 + \epsilon_h) \quad (38)$$

Poměrné "prodloužení" v příčném směru, kolmém na F , je označeno ε_2

$$1 + \varepsilon_2 = a/a_0 ; \quad a = a_0 (1 + \varepsilon_2) \quad (39)$$

Konečně definujeme (Poissonův) poměr příčné kontrakce η vztahem

$$\eta = -\varepsilon_2 / \varepsilon_h \quad (40)$$

Nyní platí

$$1 + \varepsilon_2 = 1 - \eta \varepsilon_h ; \quad a = a_0 (1 - \eta \varepsilon_h) \quad (41)$$

Poměrné prodloužení vlákna označme ε_v

Platí

$$1 + \varepsilon_v = l/l_0 ; \quad l = l_0 (1 + \varepsilon_v) \quad (42)$$

Užitím (38), (41), (42) v (37) vznikne

$$\begin{aligned} l_0^2 (1 + \varepsilon_v)^2 &= h_0^2 (1 + \varepsilon_h)^2 + a_0^2 (1 - \eta \varepsilon_h)^2 \\ (1 + \varepsilon_v)^2 &= \frac{h_0^2}{l_0^2} (1 + \varepsilon_h)^2 + \frac{a_0^2}{l_0^2} (1 - \eta \varepsilon_h)^2 \end{aligned} \quad (43)$$

Z obr. 21 plyne

$$\cos L_0 = h_0 / l_0 \quad (44)$$

$$\sin L_0 = a_0 / l_0 \quad (45)$$

takže z (43) vznikne vztah

$$(1 + \varepsilon_v)^2 = \cos^2 L_0 \cdot (1 + \varepsilon_h)^2 + \sin^2 L_0 \cdot (1 - \eta \varepsilon_h)^2 \quad (46)$$

Roznásobením kvadratických dvojčlenů vznikne po úpravě tvar

$$2\varepsilon_v + \varepsilon_v^2 = 2\varepsilon_h (\cos^2 L_0 - \eta \sin^2 L_0) + \varepsilon_h^2 (\cos^2 L_0 + \eta \sin^2 L_0) \quad (47)$$

Vztahem (46), resp. (47) jsou navzájem přiřazena poměrná prodloužení $\varepsilon_h, \varepsilon_v$ prostřednictvím η i ε_2 .

Nalezený vztah se zjednoduší, jedná-li se o dostatečně malé deformace, což je obvykle i případ namáhání vláken v propletu. Potom lze uvažovat, že $\varepsilon_h \gg \varepsilon_h^2$, $\varepsilon_v \gg \varepsilon_v^2$ a s dostatečnou přesností platí

$$\begin{aligned} 2\varepsilon_v &= 2\varepsilon_h (\cos \alpha_0 - \eta \sin^2 \alpha_0) \\ \varepsilon_v &= \varepsilon_h (\cos^2 \alpha_0 - \eta \sin^2 \alpha_0) \end{aligned} \quad (48)$$

Z obr. 20 dále plyne $\cos \alpha = h/l$

Užitím (38), (42), (44)

$$\cos \alpha = h/l = \frac{h_0 (1 + \varepsilon_h)}{l_0 (1 + \varepsilon_v)} = \cos \alpha_0 \cdot \frac{1 + \varepsilon_h}{1 + \varepsilon_v} \quad (49)$$

Protože pro malá ε_v platí $1/(1 + \varepsilon_v) \doteq 1 - \varepsilon_v$

lze uvažovat

$$(1 + \varepsilon_h)/(1 + \varepsilon_v) \doteq (1 + \varepsilon_h) \cdot (1 - \varepsilon_v) = 1 + \varepsilon_h - \varepsilon_v - \varepsilon_h \varepsilon_v$$

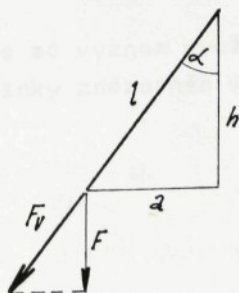
Protože dále pro malá ε_v platí

$$\varepsilon_h - \varepsilon_v \doteq 0; \varepsilon_h \cdot \varepsilon_v \doteq 0, \text{ je } (1 + \varepsilon_h)/(1 + \varepsilon_v) \doteq 1$$

tj. platí

$$\cos \alpha \doteq \cos \alpha_0 \quad (50)$$

Na napjaté vlákno působí vnější síla F . Podle obr. 22 vyvozuje ve směru osy vlákna složku F_v , pro kterou platí vztah $F_v = F/\cos \alpha$.



Obr. 22 Síla působící na vlákno

Užitím (50) pak

$$F_v = F / \cos \alpha_0 \quad (51)$$

Platí-li ještě mezi silou F_v a deformací ε_v vlákna lineární (Hookův) zákon

$$F_v = E S \varepsilon_v \quad (52)$$

kde: E ... modul pružnosti

S ... plocha příčného řezu vláknem, pak dosazením (52) do (51) vznikne

$$F = E S \varepsilon_v \cos \alpha_0 \quad (53)$$

Vyjádří-li se ε_v z (48), lze sílu F zapsat ve tvaru

$$\begin{aligned} F &= E S \varepsilon_h \cos \alpha_0 (\cos^2 \alpha_0 - \gamma \sin^2 \alpha_0) \\ F &= E S \varepsilon_h [(1 + \gamma) \cos^2 \alpha_0 - \gamma \cos \alpha_0] \end{aligned} \quad (54)$$

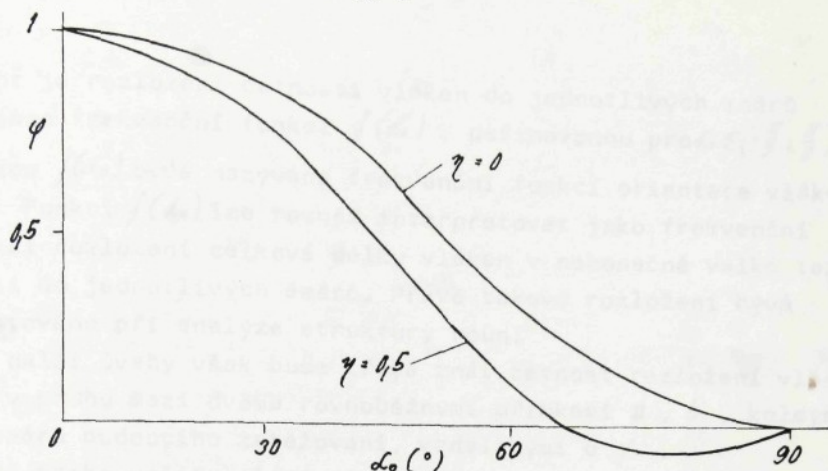
Ve speciálním případě vlákna s úhlem $\alpha_0 = 0$ (vlákno ve směru síly F) je

$$F = F_0 = E S \varepsilon [(1 + \gamma) \cdot 1 - \gamma \cdot 1] = E S \varepsilon \quad (55)$$

zavedeme poměr $\varphi = F/F_0$, který charakterizuje chování šikmo uloženého vlákna. Z (54), (55) plyne

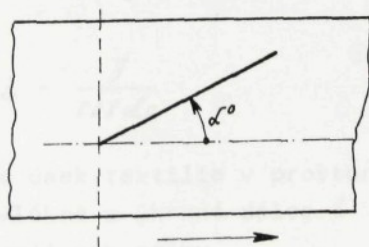
$$\varphi = F/F_0 = (1 + \gamma) \cos^2 \alpha_0 - \gamma \cos \alpha_0 \quad (56)$$

Průběh φ , které má význam využití vlákna pro přenos tahové síly, je graficky znázorněn v obr. 23.



Obr. 23 Závislost poměru φ na úhlu L_0 podle (56)

V propletu se vyskytuje mnoho vláken, uložených v různých směrech L_0 . Pro jednoduchost uvažujeme rouno, vytvořené z přímkových vláken (nenavlněných), která mají nekonečnou délku (vlákna nemají konce, které by mohly prokluzovat). Úhel, který obecné vlákno svírá se směrem budoucího zatížení textilie, je $\neq L_0$ - viz obr. 24.



směr budoucího tahového zatěžování

Obr. 24 Schéma uložení vlákna

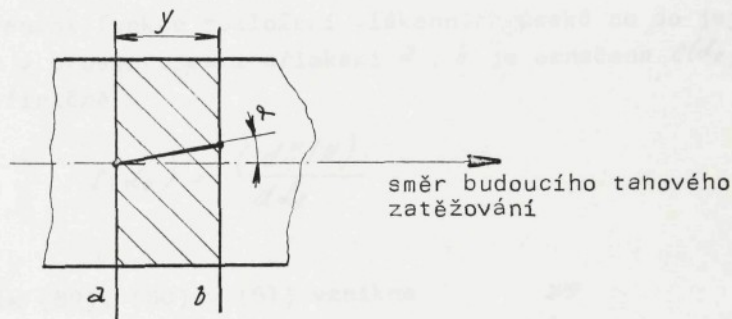
Nechť je rozložení četnosti vláken do jednotlivých směrů popsáno frekvenční funkcí $f(\alpha_0)$, definovanou pro $\alpha_0 \in (-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2})$.

Funkce $f(\alpha_0)$ bývá nazývána frekvenční funkcí orientace vláken.

Funkci $f(\alpha_0)$ lze rovněž interpretovat jako frekvenční funkci rozložení celkové délky vláken v nekonečně velké textilii do jednotlivých směrů. Právě takové rozložení bývá ujišťováno při analýze struktury roun.

Pro další úvahy však bude třeba znát četnost rozložení vláken v pruhu mezi dvěma rovnoběžnými přímkami a , b , kolmými ke směru budoucího zatěžování, vzdálenými o y .

(Bude třeba určit relativní "počty" vláken, vyskytující se v jednotlivých směrech).



Obr. 25 Schéma vlákna mezi rovnoběžkami

Na obr. 25 je znázorněno jedno vlákno, ležící pod úhlem α_0 . Jeho délka je

$$l_0 = \frac{y}{\cos \alpha_0} \quad (57)$$

Předpokládejme, že úsek textilie v prostoru mezi přímkami a , b obsahuje vlákna o úhrnné délce L . Všechny vlákené úseky pod α_0 mají pak délku

$$dL = L \cdot f(\alpha_0) d\alpha_0 \quad (58)$$

"Počet" vláknenných úseků pod $\neq L_0$ je nyní určen veličinou

$$dN = \frac{dL}{l_0}$$

což po dosazení (57), (58) vede k výrazu

$$dN = \frac{L \cdot f(L_0) \cdot dL_0}{\frac{y}{\cos L_0}} = \frac{L}{y} \cdot f(L_0) \cos L_0 dL_0 \quad (59)$$

Celkový počet všech vláknenných úseků v prostoru mezi a, b je

$$N = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{L}{y} \cdot f(L_0) \cos L_0 dL_0 = \frac{L}{y} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} f(L_0) \cos L_0 dL_0 \quad (60)$$

Frekvenční funkce rozložení vláknenných úseků co do jejich počtu v prostoru mezi přímkami a, b je označena $c(L_0)$ a platí definičně

$$c(L_0) = \frac{(dN/N)}{dL_0} \quad (61)$$

užitím (59), (60) v (61) vznikne

$$c(L_0) = \frac{(\frac{L}{y} \cdot f(L_0) \cdot \cos L_0 \cdot dL_0) / (\frac{L}{y} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} f(L_0) \cos L_0 dL_0)}{dL_0}$$

$$c(L_0) = \frac{f(L_0) \cos L_0}{\int_{-\pi/2}^{\pi/2} f(L_0) \cdot \cos L_0 dL_0} \quad (62)$$

Poslední vztah dovoluže určit $c(L_0)$, známe-li frekvenční funkci rozložení délek vláken do směrů.

Připomeňme, že podle (62) preferuje $c(\alpha_0)$ proti $f(\alpha_0)$ směry s malým úhlem α_0 (blízké směru zatěžování).

Nyní je možné stanovit tahovou sílu v textilií. Nechť v napínaném vzorku je celkem N vláken. Počet vláken, ležících pod α_0 je

$$dN = N \cdot c(\alpha_0) d\alpha_0 \quad (63)$$

Každé z těchto vláken přenáší sílu F , takže přínos všech vláken s úhlem α_0 je

$$dP = F \cdot dN \quad (64)$$

což po dosazení (54), (63) vede na tvar

$$dP = ESE[(1+\gamma)\cos^3\alpha_0 - \gamma\cos\alpha_0] \cdot N \cdot c(\alpha_0) d\alpha_0 \quad (65)$$

Celková síla P je pak integrací (65)

$$P = \int_{\alpha_0 = -\pi/2}^{\alpha_0 = \pi/2} dP = ESEN \int_{-\pi/2}^{\pi/2} [(1+\gamma)\cos^3\alpha_0 - \gamma\cos\alpha_0] c(\alpha_0) d\alpha_0 \quad (66)$$

V pruhu mezi přímkami a, b (obr. 24) se uvažovala úhlná délka vláken L . Lze ji, mj., určit z (60) vztahem

$$L = Ny / \int_{-\pi/2}^{\pi/2} f(\alpha_0) \cos\alpha_0 d\alpha_0 \quad (67)$$

Stejně hmotný svazek vláken rovnoběžných se směrem zatěžující síly ($\alpha_0 = 0$) bude mít mezi přímkami a, b rovněž stejnou úhlnou délku L vláken. Počet N^* vláken bude však jiný, bude roven výrazu

$$N^* = \frac{L}{y} \quad ; \quad L = N^* \cdot y \quad (68)$$

Z ekvivalence pravých stran rovnic (67), (68) vyplývá

$$N_y^* = N_y \int_{-\pi/2}^{\pi/2} f(L_0) \cos L_0 dL_0$$

$$N^* = N \int_{-\pi/2}^{\pi/2} f(L_0) \cos L_0 dL_0 \quad (69)$$

Jedno vlákno přenesse nyní (tj. v paralelním svazku) sílu F_0 dle rovnice (55). Všechna N^* vláken přenesse sílu

$$P_0 = N^* \cdot F_0 = E s E \cdot N \int_{-\pi/2}^{\pi/2} f(L_0) \cos L_0 dL_0 \quad (70)$$

Je zajímavé posoudit poměr

$$\phi = \frac{P}{P_0} \quad (71)$$

jenž má smysl využití vláken z hlediska orientace.

Zavedením (70), (66) vznikne

$$\phi = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} [(1+\eta) \cos^2 L_0 - \eta \cos L_0] c(L_0) \cdot dL_0 \cdot \int_{-\pi/2}^{\pi/2} f(L_0) \cos L_0 dL_0 \quad (72)$$

Vyjádří-li se zde $c(L_0)$ užitím (62), nalezne se

$$\phi = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} [(1+\eta) \cos^2 L_0 - \eta \cos L_0] \cdot f(L_0) \cos L_0 \cdot dL_0 \quad (73)$$

nebo úpravou

$$\Phi = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} [(1+\gamma)\cos^4 L_0 - \gamma\cos^2 L_0] \cdot f(L_0) \cdot dL_0 \quad (74)$$

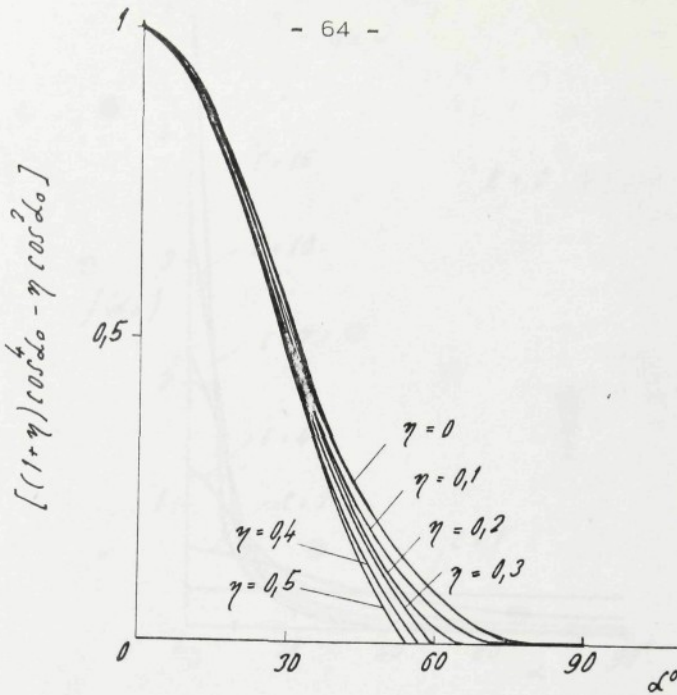
Integrovaná funkce nabývá při $\gamma > 0$ pro nejvyšší hodnoty $|L_0|$ záporných hodnot. Jedná se o vlákna, velmi šikmo uložená, jejichž délka se deformací okolí zkracuje /srovnej též s obr. 23/. V obvyklých případech však můžeme předpokládat, že při zkrácení se vlákno navlní a bude působit na okolí jen nepatrnou, prakticky nulovou silou. Proto je správnější vyloučit z integrálu v (74) oblasti záporných hodnot integrované funkce. Oblast integrace je pak $(-\beta, +\beta)$, kde β plyne z podmínky

$$(1+\gamma) \cdot \cos^4 \beta - \gamma \cos^2 \beta = 0$$

Tak se získá

$$\left. \begin{aligned} \Phi &= \int_{-\beta}^{\beta} [(1+\gamma)\cos^4 L_0 - \gamma\cos^2 L_0] \cdot f(L_0) dL_0 \\ \beta &= \arccos \sqrt{\frac{\gamma}{1+\gamma}} \end{aligned} \right\} \quad (75)$$

Průběh výrazu v hranaté závorce je pro názornost vynesena na obr. 26 pro hodnoty poměru příčné kontrakce = 0 až 0,5.



Obr. 26

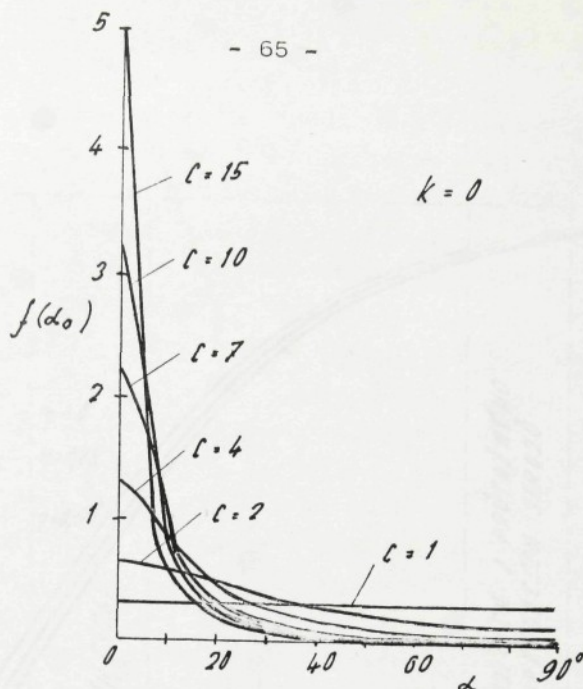
Pro použití výrazu (75) je nutné znát frekvenční funkci orientace $f(\alpha_0)$. U pavučin z mykacího stroje se tímto problémem zabývala studie /7/. Teoretickou analýzou s následným experimentálním ověřením dospěli autoři /7/ k výrazu

$$f(\alpha_0) = \frac{1}{\pi} \frac{C}{C^2 - (C^2 - 1) \cdot \cos^2(\alpha_0 - k)} \quad (76)$$

kde: k ... úhel, který svírá podélná osa pavučinky se směrem tahového namáhání

C ... charakteristika podobná rozptylu.
(Je-li $C = 1$, je pavučina izotropní, je-li $C \rightarrow \infty$ je pavučina vytvořena z paralelních vláken.
Pro maximální a minimální hodnotu frekvenční funkce platí $C^2 = f_{\max} / f_{\min}$).

Charakter frekvenční funkce (76) je dokumentován na obr. 27 ($f(\alpha_0)$ je osově symetrická, proto je znázorněna jen v intervalu $\alpha_0 \in \langle 0^\circ; 90^\circ \rangle$).



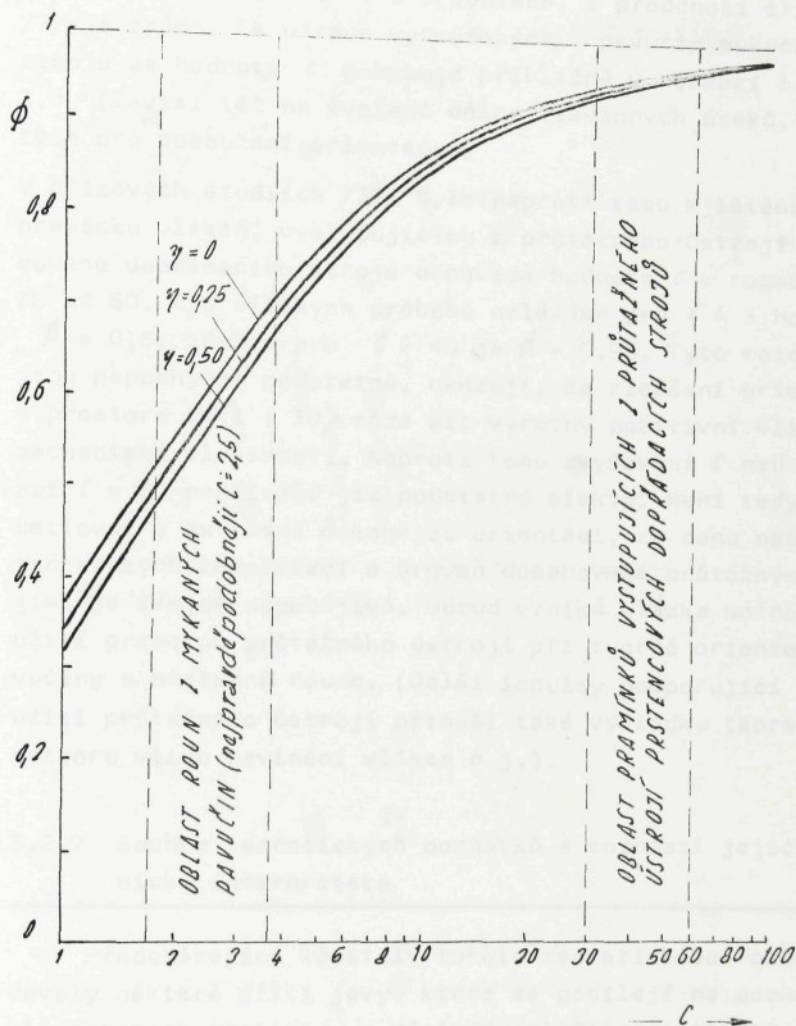
Obr. 27 Průběh funkce $f(\alpha_0)$ dle (76) při $k = 0$

Po dosazení (76) do (74) lze využití ϕ prakticky počítat. Pro zaměření této práce je zejména nutné sledovat situaci, při které je směr nejčastěji zastoupených vláken shodný se směrem zatěžování.

(V (76) je pak $k = 0$ a $f(\alpha_0)$ závisí pouze na parametru c). Tento případ je znázorněn na obr. 28 ve formě křivek $\phi - c$, vypočtených při různých hodnotách poměru příčné kontrakce napínaného vzorku η . Z grafu je zřejmé, že vliv η na průběh sledované závislosti není podstatný. +)

+)

Skutečná hodnota η nebývá obvykle známa a nelze ani zaručit, že je zcela neproměnná. V teoretických studiích strukturální mechaniky textilií je obvykle η voleno v rozmezí 0 až 0,5, což se i z některých teoretických důvodů potvrzuje za správné.



Obr. 28 Závislost koeficientu využití ϕ vláken v propletu na jejich orientaci ke směru zatěžování

Důležitá je zde závislost využití ϕ na koeficientu C , který charakterizuje míru orientace. Z předchozí studie /7/ je známo, že u roun vytvořených z pavučin mykacích strojů se hodnota C pohybuje přibližně v rozmezí 1,8 až 3,8. (Závisí též na zvolené délce vlákenných úseků, užitých pro posouzení orientace).

V přízových studiích /32/ bylo naproti tomu zjištěno, že pramínku vláken, vystupujícímu z průtažného ústrojí prstencového dopřádacího stroje odpovídá hodnota C v rozmezí asi 30 až 60. Z grafických průběhů nalézáme pro $C \doteq 3$ hodnotu $\phi = 0,6$, kdežto pro $C \doteq 40$ je $\phi = 0,95$. Tyto rozdíly jsou nepochybně podstatné. Ukazují, že zlepšení orientace v prostoru $C \in \langle 1 ; 30 \rangle$ může mít výrazný pozitivní vliv na mechanické vlastnosti. Naproti tomu zvyšování C nad úroveň asi $C = 30$ nepřináší již podstatné efekty. Není tedy nutné usilovat o extrémně dokonalou orientaci, za cenu neúměrných technických komplikací a úrovně dosahovaná průtažnými ústrojími je zřejmě uspokojivá. Odtud vzniká otázka možnosti využití principu průtažného ústrojí při tvorbě orientované pavučiny a následně rouna. (Další impulsy podporující ideu použití průtažného ústrojí přináší také výsledky teoretického rozboru vlivu navlnění vláken a j.).

3.2.7 Souhrn teoretických poznatků a možnosti jejich technické interpretace

Předcházející kapitoly tohoto teoretického rozboru sledovaly některé dílčí jevy, které se podílejí na mechanických vlastnostech propletu, v důsledku složitosti struktury proplétané textilie byly jednotlivé komponenty sledovány ve zjednodušené interpretaci a bez přihlédnutí k vzájemné interakci, ke které v reálné textilií bezpochyby dochází. Zvolený postup akcentoval spíše kritériální stránku technicky ovlivnitelných jevů.

Přes zmíněná zjednodušení lze z provedené analýzy dospět ke konkrétnímu názoru na cesty a možnosti zlepšení výroby proplétaných textilií z pohledu jejich mechanických vlastností.

Hlavní nalezené poznatky lze stručně charakterizovat následujícími body:

- mechanické vlastnosti lze zlepšit omezením variability tažnosti vláken a jevů, které se promítají jako tažnost,
- podstatné je dosažení dostatečně vysoké úrovně zaplnění ve vazných místech,
- negativně se projevujícím prokluzům vláken lze do určité míry zabránit zvětšením štihlosti vláken, zvětšením součinitele tření a opět dostatečně vysokou úrovní zaplnění,
- vliv navlnění vláken, daný stávajícími technologiemi přípravy rouna, je negativní a poměrně značný,
- pro zlepšení tahově deformačních vlastností je jednou z cest zvýšení orientace (zvýšení anizotropie) vláknenné vrstvy do směru tahového namáhání.

Tyto požadavky je do značné míry možno naplnit reálnými zá-
sahy do technologie a techniky výroby propletů:

1. Ke splnění požadavků zvýšení anizotropie a vyššího napřímení vláken je v textilní technologii známé, avšak v přípravě rouna dosud nepoužité zařízení. Je to průtažné ústrojí z technologie výroby přízí.
2. Výroba chemických vláken je v principu schopna splnit požadavek na vlákna dostatečné délky.
3. Dostatečné hodnoty zaplnění lze dosáhnout vyšším stupněm provázání (hustota řádků, sloupků, mechanické poměry při proplétání).

Dosavadní práce, zabývající se analýzou tvorby a struktury propletů, byly zaměřeny převážně na problém provázanosti - bod 3. Proto byla v souladu s teoretickými závěry věnována dále pozornost přednostně aspektům technologického a technického řešení problémů, uvedených v bodech 1. a 2.

4. EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ TEORETICKY ZÍSKANÝCH POZNATKŮ

Pro experiment byl vytýčen cíl informativně ověřit skutečný vliv uspořádání vláken výplňkové soustavy propletu do svazku přibližně rovnoběžných vláken, procházejících v maximální délce jedním řádkem oček vazné soustavy nebo řádky nejbližše sousedícími. Dále experimentálně určit závislost průběhu třecích sil mezi vlákny na jejich délce za účelem zjištění optimální délky vlákna.

Ideální příčné uspořádání vláken v rounu bylo modelováno maximálním přiblížením k této struktuře v rámci možností daných použitým zařízením, sestaveným pro účely disertační práce. Vzhledem k tomu, že tato část práce má charakter informativního doplňku, byla provedena se zúženým výběrem proměnných technologických parametrů.

Předpokládá se, že při záměně technologických parametrů, jako plošné hmotnosti, vazby, hustoty a druhu použitého materiálu, dojde pouze ke změně absolutních hodnot parametrů, při zachování základních závislostí.

4.1 Použité suroviny

R o u n o

Pro zajištění srovnatelných podmínek experimentu z hlediska rouna propletu, byl zvolen jako výchozí báze jednotný PES trhací kabel Tesil 12, 4,4 dtex/6l ktex.

Skutečné hodnoty vláken byly:

jemnost	4,14 dtex
pevnost	0,48 N.tex ⁻¹
tažnost	38,2 %

Kabel byl natrhán na konvertoru Seydel 677 při odváděcí rychlosti 180 m.min⁻¹ s výslednou hmotností 12.17 g.m⁻¹.

Z kabelu byly vyrobeny položky o jmenovité staplové délce 140 mm a 90 mm, pařeny na autoklávu 2 x 15 min při teplotě 102 - 105 °C a 1 x posukovány do pramene o hmotnosti 18 g.m⁻¹.

Část materiálu byla bez paření dotrhána na konvertoru Düranitre R 5 při rychlosti 150 m/min do pramene o hmotnosti 3,8 g.m⁻¹ na jmenovitou délku staplu 60 a 38 mm, s následným pařením za stejných podmínek. Krátké staply byly posukovány do pramene o výsledné hmotnosti 6 g.m⁻¹. Vyrobené prameny vykazovaly hmotnou nestejnoměrnost CV na přístroji Zellweger - Uster: stapl 38 mm - 4,3 %
stapl 60 mm - 2,35 %.

Celkem tedy byly připraveny prameny vláken o staplové délce

jmenovité	skutečné
140 mm	138 mm
90 mm	113 mm
60 mm	62 mm
50 mm	47 mm

Materiál byl připraven v ÚZCHV Česká Třebová.

V a z n ý m a t e r i á l p r o p l e t u

K provázání bylo použito polyesterového hedvábí Tesil 16,7 tex.

4.2 Experimentální zařízení

Vycházejíce z poznatku, že nejdokonalejší paralelity a napřímenosti vláken v reálných procesech textilní výroby se dosahuje u posukovaných pramenů, v průběhu procesu výroby příze, byl jako výchozí polotovár pro tvorbu orientovaného rouna zvolen posukovaný pramen.

Z kabelu byly vyrobeny položky o jmenovité staplové délce 140 mm a 90 mm, pařeny na autoklávu 2 x 15 min při teplotě 102 - 105 °C a 1 x posukovány do pramene o hmotnosti 18 g.m⁻¹.

Část materiálu byla bez paření dotrhána na konvertoru Düranitre R 5 při rychlosti 150 m/min do pramene o hmotnosti 3,8 g.m⁻¹ na jmenovitou délku staplu 60 a 38 mm, s následným pařením za stejných podmínek. Krátké staply byly posukovány do pramene o výsledné hmotnosti 6 g.m⁻¹. Vyrobené prameny vykazovaly hmotnou nestejnoměrnost CV na přístroji Zellweger - Uster: stapl 38 mm - 4,3 %
stapl 60 mm - 2,35 %.

Celkem tedy byly připraveny prameny vláken o staplové délce

jmenovité	skutečné
140 mm	138 mm
90 mm	113 mm
60 mm	62 mm
50 mm	47 mm

Materiál byl připraven v ÚZCHV Česká Třebová.

V a z n ý m a t e r i á l p r o p l e t u

K provázání bylo použito polyesterového hedvábí Tesil 16,7 tex.

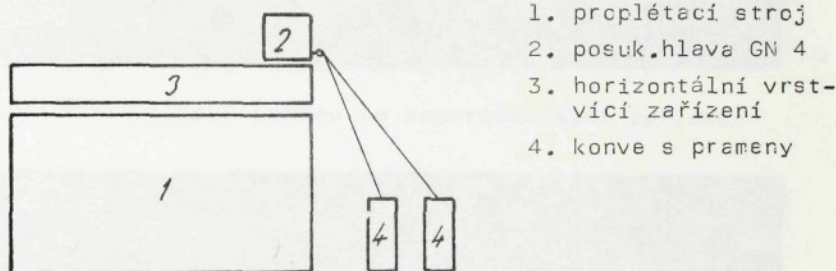
4.2 Experimentální zařízení

Vycházejíce z poznatku, že nejdokonalejší paralelity a napřímenosti vláken v reálných procesech textilní výroby se dosahuje u posukovaných pramenů, v průběhu procesu výroby příze, byl jako výchozí polotovár pro tvorbu orientovaného rouna zvolen posukovaný pramen.

Aby při jeho převodu do formy pavučiny určené k vrstvení na požadovanou plošnou hmotnost rouna nedošlo k narušení napřímenosti a paralelity vláken, byl k potřebnému zjemnění zvolen postup kontrolovaného axiálního průtahu této soustavy vláken a k jeho realizaci posukovací hlava s jehlovým polem, GN 4 Schlumberger, užívaná ve vlnářské technologii výroby přízí.

Odběr pavučiny a její navrstvení bylo provedeno pomocí upraveného křížového přenášeče z mykacího složení Tessil-tecnica, v těsné blízkosti proplétacího ústrojí stroje Maliwatt 14012, se kterým bylo uvedené zařízení agregováno. x)

Schema uspořádání experimentálního zařízení je uvedeno na obr. 29, snímky zařízení na obr. 30 a 31.

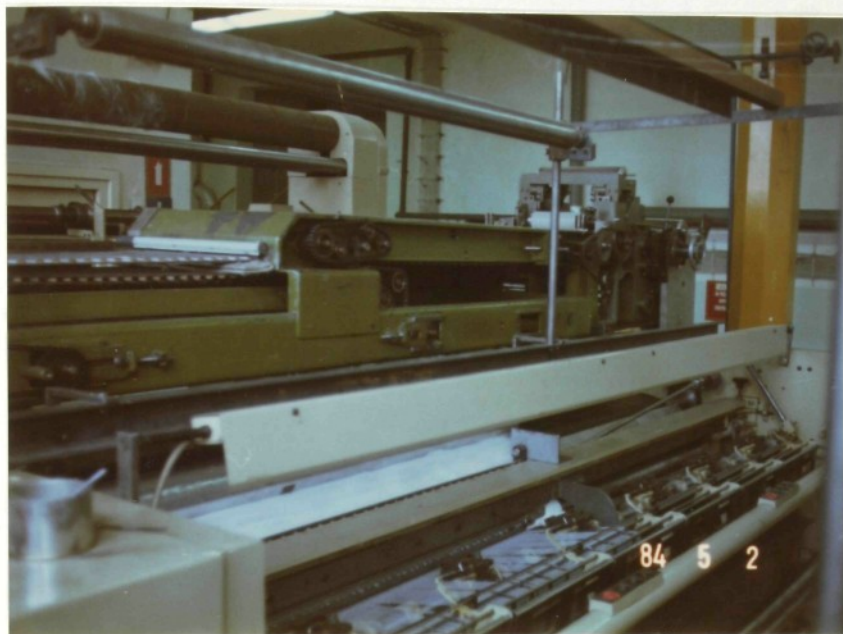


Obr. 29 Schema uspořádání experimentálního zařízení

Vzorky propletů byly vyrobeny při jednotném uspořádání a seřazení proplétacího stroje Maliwatt 14012:

dělení	58 sloupků na 0,1 m
počet řádků	100, 125 a 155 na 0,1 m
vazba	řetízek
hmotnost předkládaného rouna	kolem 120 g.m ⁻¹

x) Takto uspořádané zařízení pro přípravu orientovaného rouna, schopné vestavění do proplétacího stroje a agregace s ním, je původním námětem autora dizertace. Kolektivu, který pod autorovým vedením zařízení rozpracoval, bylo uděleno v ČSSR AO 201 795 a v NDR AO 148 161.



Obr. 30 Celkový pohled na experimentální zařízení



Obr. 31 Výstup pavučiny z posukovací hlavy na transportér vrstvicího zařízení

4.3 Vyhodnocení experimentu

Laboratorní vyhodnocení v experimentu vyrobených propletů bylo provedeno vždy 10 měřeními z každého vzorku. Nepodařilo se, bohužel, vyhodnotit vzorek propletu z vlákna délky 47 mm o hustotě 155 řádků a jeho výrobu nebylo možno z důvodu demontáže pokusného zařízení opakovat.

V podélném směru (ve směru sloupků) se pevnost propletů pohybovala v rozmezí 353 - 410 N na 50 mm šíře, bez pozorovatelné závislosti na proměně technologických parametrů.

Podrobné analýze byly podrobeny zjištěné výsledky pevnosti v příčném směru (viz tabulka na str. 74). Rozborem v laboratoři byla zjištěna skutečná hmotnost vláken rouna v jednotlivých vzorcích. Zjištěné hodnoty pevnosti v příčném směru (ve směru řádků a orientace vláken) byly přepočteny na poměrnou pevnost v $[N \cdot tex^{-1}]$, vztaženou na hmotnost rouna, obsaženého v 50 mm širokém pruhu textilie. Tato hodnota umožňuje s určitou chybou, danou zanedbáním vlivu proměny hmotnosti rouna na ostatní vlastnosti, posoudit také vývoj stupně využití materiálu s proměnou délky vláken a hustoty řádků. Chyby průměrů byly stanoveny obvyklým způsobem se statistickou jistotou 95 % (hodnota $t = 2,26$).

Do tabulky na str. 74 byly také zahrnuty zjištěné hodnoty variačního koeficientu a chyby průměru příčné pevnosti. Jejich úroveň naznačuje, že z důvodu určité nedokonalosti experimentálního zařízení nebyly vzorky ideálně stejnoměrné. Sledovaný vliv zvětšení délky vláken a zvýšení hustoty řádků je však i za těchto okolností průkazný a z hlediska statistického významný.

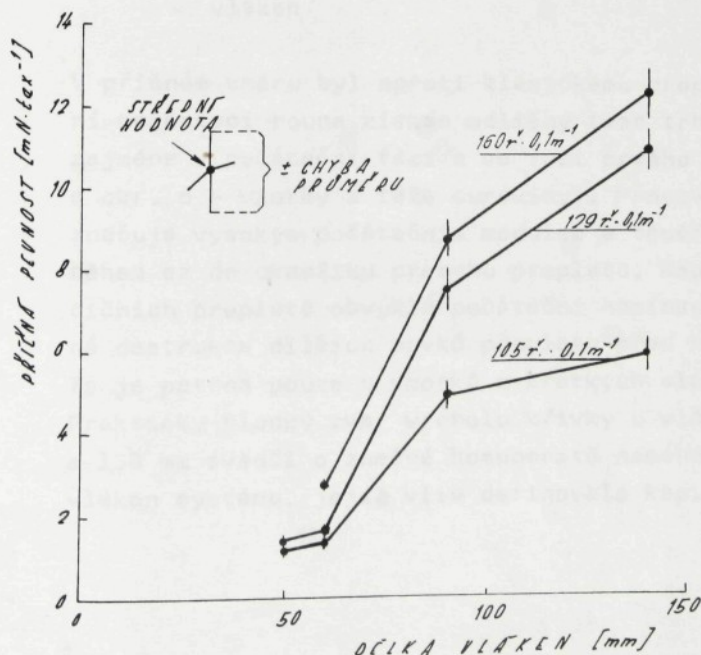
Na obr. 32 na str. 74 je graficky znázorněna závislost pevnosti propletu v příčném směru na délce vláken a hustotě řádků.

Na obr. 33 (str. 75) je uveden typický trhací diagram propletu ze zkoumaného souboru, při tahové deformaci v příčném směru.

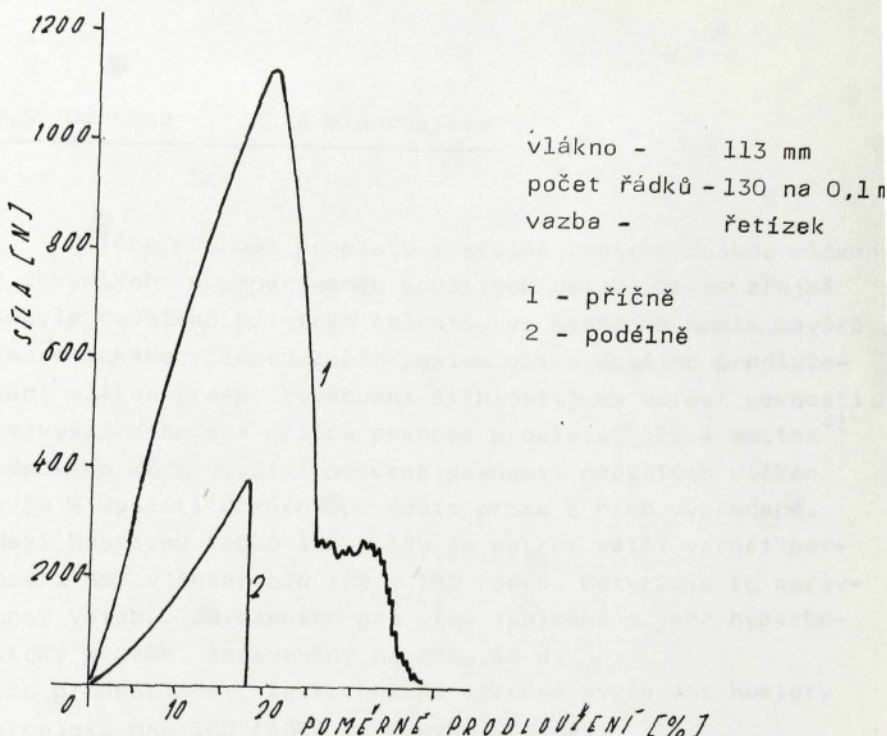
Vyhodnocení příčné pevnosti vzorků experimentu

stapl. jmen. /skut/	řádky jmen. /skut/	hmot- nost propl.	podíl rouna	příčná pevnost propl.			tex proužku š.50mm	střední poměrná pevnost	střední poměrná pevnost	chyba průmě- ru
				střední hodnota	var. koef.	chyba průměru				
[mm]	na0,1m	[g.m ⁻²]	[%] [g]	[N]	[%]	[N]	[tex]	[mN/tex]	[p/tex]	[p/tex]
50 /47/	100 /103/	128	70,6 90,4	51,5	16,4	6,0	4520	11,4	1,12	0,13
	125 /128/	148	72,7 107,6	75,6	23,2	12,5	5380	14,0	1,38	0,23
60 /62/	100 /105/	160	76,2 121,9	84,1	12,4	7,5	6095	13,8	1,36	0,12
	125 /129/	167	75,9 126,7	105,2	12,7	9,5	6335	16,6	1,63	0,15
	155 /161/	164	75,8 124,3	170,4	10,9	13,3	6215	27,4	2,70	0,21
90 /113/	100 /105/	196	79,7 156,2	388,8	16,9	46,9	7810	49,8	4,90	0,59
	125 /129/	216	79,8 172,4	658,0	19,4	91,2	8620	76,3	7,51	1,04
	155 /160/	213	80,2 170,8	760,0	13,8	75,0	8540	89,0	8,76	0,86
140 /138/	100 /105/	244	82,6 201,5	606,0	19,4	84,0	10075	60,1	5,91	0,82
	125 /130/	229	81,3 186,2	1037,0	13,3	98,6	9310	111,4	10,96	1,04
	155 /159/	213	78,8 167,8	1054,0	14,5	109,2	8930	125,6	12,36	1,23

*) Odpovídá dříve užívané veličině "tržná délka v kilometrech".



Obr. 32 Graf závislosti poměrné pevnosti propletu v příčném směru na délce vláken rouna a hustotě řádků



Obr. 33 Trhací diagram propletu z příčně orientovaných vláken

V příčném směru byl oproti klasickému propletu s izotropní orientací rovnou získán odlišný tvar trhacího diagramu, zejména v počáteční fázi a ve fázi prvního přetrhu (srovnej s obr. 6 - vzorky z téže suroviny). Pracovní křivka se vyznačuje vysokým počátečním modulem a téměř lineárním průběhem až do okamžiku přetrhu propletu. Neobjevuje se u tradičních propletů obvyklá počáteční napínací fáze a postupná destrukce dílčích prvků propletu před hlavním přetrhem. Ta je patrna pouze u vzorků z krátkých vláken 47 a 62 mm. Prakticky hladký tvar vrcholu křivky u vláken střihu 113 a 138 mm svědčí o značné homogenitě namáhání jednotlivých vláken systému, jejíž vliv definovala kap. 3.2.4 a 3.2.5.

4.4 Diskuse výsledků experimentu

Příčná pevnost propletu zřetelně roste s délkou vláken. U obvyklých, v experimentu použitých délek vláken zřejmě nebylo dosaženo kritické oblasti, ve které má podle závěrů teoretického rozboru začít pokles vlivu dalšího prodlužování vláken (resp. zvyšování štihlosti) na vzrůst pevnosti. Nejvyšší dosažená příčná pevnost propletu, $125,6 \text{ mN.tex}^{-1}$ odpovídá 25 % využití poměrné pevnosti použitých vláken a 59 % využití poměrné pevnosti příze z nich vypředené. Mezi hustotou řádků 105 a 129 je patrný větší vzrůst pevnosti než v intervalu 129 - 160 řádků. Potvrzuje to správnost vztahu, odvozeného pro vliv zaplnění a jeho hyperbolický průběh, znázorněný na obr. 16 d. Lze předpokládat, že technicky nárcčné zvyšování hustoty propletů nad 160 řádků by nebylo účelné.

Podrobné sledování ostatních parametrů fyzikálně mechanických vlastností propletu z orientovaných vláken, a vlivu změny dalších prvků technologie (hustota dělení, vazby, změna materiálu), přesahovaly zejména v oblasti experimentu možnosti této práce. Experiment tudíž nelze považovat za plně exaktní vyhodnocení závislosti hodnot proměny délky vláken orientovaného rovu na hodnoty pevnosti propletu při namáhání tahem v příčném směru. Autor však pokládá zjištěné trendy za dostatečně přesvědčivé a předpokládá, že proměny ostatních parametrů technologie, jako zvýšení hustoty řádků a dělení, jakož i uplatnění odvozených druhů vazeb, budou mít stejné směrnice proměny závislostí, jako u klasického propletu, které jsou popsány v rešeršní kapitole 2.

5. VYUŽITÍ POZNATKŮ VÝZKUMU STRUKTURY PROPLETŮ PRO ZLEPŠENÍ PARAMETRŮ VÝROBNÍHO ZAŘÍZENÍ

Zařízení, které bylo v rámci disertační práce sestaveno k experimentálnímu ověření vlivu anizotropně uspořádané vlákněné vrstvy na vlastnosti propletu, bylo při přípravě experimentu postupně upravováno. V důsledku nízké soudržnosti vrstvy ve směru kolmém k ose hlavního směru vláken a z ní vyplývající obtížné manipulovatelnosti s touto vrstvou, bylo nutno vyřešit agregaci tvorby vrstvy s proplétáním. Konečné uspořádání umožnilo vyrobit vzorky bez narušení orientace.

Díky dosažené úrovni zařízení bylo pro účely úkolu INTOR vyrobeno cca 200 bm propletu a vznikl předpoklad příznivého vlivu tohoto uspořádání na produkční parametry linky na výrobu propletů. Proto bylo na technologickou část řešení navázáno rozbořem stávajících výrobních systémů.

Protože svým zaměřením na analýzu strojního zařízení tato stať vybočuje z charakteru disertační práce, nebyla do ní zahrnuta a byla vydána jako samostatná výzkumná zpráva SVÚT /45/.

V následující kap. 5.1 disertace jsou uvedeny její závěry, které jsou dále rozvedeny do návrhů na využití nového způsobu výroby propletů v praxi.

5.1 Rozbor kritických míst linek na výrobu propletů

Analýza režimu provozu jednotlivých strojů linky na výrobu propletů a jejich vzájemné interakce, provedená autorem disertace v práci /45/ vede k následujícím závěrům:

- agregace mykacího stroje s horizontálním vrstvicím zařízením, jehož praktická provozní rychlost je okolo $30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, omezuje rychlost snímače, a tím produkční schopnost mykacího stroje.

Tato disproporce se prohloubila pokrokem ve vývoji mykacích strojů, které dosahují vysoké produkce při rychlostech snímače až $220 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Negativní dopad nízkého využití mykacího stroje se prohloubil podstatným nárůstem pořizovacích nákladů moderních mykacích strojů,

- při výrobě lehkých technických propletů je spotřeba rovna proplétacím strojem nižší než optimální produkce mykacího stroje, jehož rychlost a využití při spojení s jedním proplétacím strojem je nutno upravit na nižší než optimální hodnotu,

- četnost technologických poruch proplétacího stroje je vyšší než u rounotvorné části linky.

Řešení pomocí zařazení kompenzátoru nebo diskontinuálním uspořádáním je neekonomické.

Navržené řešení způsobu tvorby anizotropního rouna, inspirované teoretickou částí disertace, vytváří předpoklad odstranění těchto nedostatků.

5.2 Ideový návrh nového uspořádání linky na výrobu propletů

5.2.1 Linka na výrobu propletu s příčně orientovanou anizotropní strukturou vlákně vrstvy

Výsledky experimentu popsaného v části 4 práce potvrdily, že použité zařízení z reálné technologie - posuvková hlava s jehličkovým polem - poskytuje pavučinu vlá-

ken, které se orientací a napřímeností vláken blíží ideálnímu modelu. Navrhuje se proto použít toto uspořádání i pro výrobní zařízení.

Vláknou vrstvu - rouno - je třeba vytvořit příčným vrstvením pavučiny, vystupující v plřé šíři z posukovací hlavy některým ze známých zařízení.

Protože rouno, vytvořené tímto způsobem, má minimální soudržnost v podélném směru (kolmém na osu vláken), musí jeho tvorba proběhnout v těsné blízkosti proplétacího mechanismu, do jehož funkčního místa by mělo být přivedeno kontrolovaným způsobem, po nejkratší možné dráze.

Těmto požadavkům nejlépe vyhovuje připojení soustavy - posukovací hlava - vrstvicí zařízení k proplétacímu stroji Maliwatt s postupem rouna do proplétacího mechanismu směrem shora dolů. Vzhledem k nízkým hmotnostem funkčních mechanismů zařízení pro tvorbu rouna jsou jeho časy rozběhu a doběhu kratší, než 1 sec, čímž je umožněna přímá agregace s provozem proplétacího stroje.

Zásobování posukovací hlavy je možno provést prameny v konvích z mykacího stroje nebo konvertoru, případně pramenovými stůčkami připravenými v samostatné přípravné operaci. Předpokládá se, že vlastní rouno bude možno, vzhledem k přesným okrajům pavučiny, vytvářet "přesným kladením" i ze čtyř vrstev.

5.2.2 Příklad uspořádání proplétacího stroje

5.2.2.1 Spotřeba rouna proplétacím strojem

Pro případ výroby technického propletu charakteru bavlnářské textilie o plošné hmotnosti $160 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$.

Proplétací stroj pracovní šíře	2000 mm
pracovní rychlost	1000 n . min ⁻¹
dělení	M 60 na 0,1 m

počet řádků 120 na 0,1 m

Plošná hmotnost propletu 160 g . m⁻²

hmotnost vazných nití 40 g . m⁻²

hmotnost rouna 120 g . m⁻²

Produkce stroje za hodinu

$$\frac{1000 \cdot 60 \cdot 2}{1200} = 100 \text{ m}^2$$

$$\text{Spotřeba rouna } 100 \cdot 0,120 = 12 \text{ kg} \cdot \text{hod}^{-1}$$

5.2.2.2 Výrobnost agregátu tvorby rouna

Posukovací hlavy s jehličkovým polem jsou využívány při rychlosti na výstupu cca 80 - 120 m . min⁻¹. Předpokládá se experimentem ověřené příkladné seřízení na průtah 13 s předlohou 8 pramenů po 18 g . m⁻¹ při šíři posukovacího pole 180 mm.

V navrženém uspořádání bude maximální pracovní rychlost omezena možnostmi vrstvicího zařízení, jehož pracovní rychlost by neměla překročit 40 m/min.

Při skutečné šíři vystupující pavučiny 300 mm a lineární hmotnosti 11,1 g . bm⁻¹ by měl agregát být schopen produkovat 26,6 kg rouna za hodinu. Pro případ, uvederý v 6.2.1.1 (spotřeba proplétacího stroje 12 kg.h⁻¹), bude za těchto podmínek zařízení pracovat rychlostí ukládání 18 m . min⁻¹.

5.2.2.3 Návrh uspořádání výrobní linky

1 mykací stroj Befama CS 610

výstup - prameny v konvích

produkce - 120 kg . hod⁻¹

10 proplétacích strojů Maliwatt s vlastním zařízením pro tvorbu rouna dle návrhu

zásobování - korve s prameny

Alternativně je možno použít pro zásobování jednotky proplétacích strojů nanř. trhací konvertor, který umožní zvětšení délky staplu vláken, použitých pro tvorbu rouna, s příslušnými příznivými důsledky na vlastnosti propletu.

Za konvertorem bude možno příp. použít 1 - 2 pasáže posukování, obvyklé v této technologii.

5.2.3 Ideový návrh modifikace zařízení pro zpracování krátkých vláken a druhotných surovin

Na základě vývoje potřeb průmyslu směrem ke zpracování méněhodnotných surovin do propletů výplňkového typu bylo s využitím předchozích poznatků navrženo kolektivem autorů /33/ uspořádání přídavného rounotvorného zařízení proplétacího stroje, vybaveného namísto posukovací hlavou pneumatickým rounotvořičem šíře 300 - 500 mm, který bude zásobován systémem vločkového zásobování s pneumatickou dopravou vláken od mykacího stroje k proplétacímu stroji. Předpokládá se možnost agregace s proplétacími stroji systému Arachne a možnost využití automatizačních prvků v uzlu řízení zásobování proplétacích strojů, s přínosem plného využití výkonu mykacích strojů a snížení jejich počtu v sestavě výrobních linek o 60 - 80 %.

Řešení je v SVÚT připraveno úkolem PNEUMOINTOR /34/ od roku 1985.

6. ZÁVĚRY PRO REALIZACI VE SPOLEČENSKÉ PRAXI

Závěry práce směřují jednak do technologické a výrobné oblasti, jednak do oblasti zařízení a investic.

a) z hlediska technologického a výrobného mohou být přínosem ve směrech:

- substituce tkanin v technické oblasti použitím propletů tam, kde jejich nasazení bránila dosud jejich nízká příčná pevnost,
- odlehčení vybrané skupiny propletu - snížení spotřeby materiálu k dosažení požadovaných vlastností,
- náhrada přízí příčné soustavy propletů Malimo rovnem s úsporou kapacit dopřádání,
- zkvalitnění a odlehčení podkladovek pro nánosované plachtoviny s druhotným přínosem v úspoře zátěrové hmoty zvýšením hladkosti povrchu textilie,
- možnost zpracování dlouhých koudelových vláken, pro jejichž dopřádání je nedostatek kapacit, do propletů,

b) z hlediska strojně investičního lze přínos koncepce oddělení tvorby rovna od mykacího stroje a jeho agregace s proplétáním spatřovat v možnostech:

- úspory investic při rekonstrukcích stávajících provozů Arachne,
- snížení závislosti na dovozu mykacích strojů,

- snížení potřeby plochy a spotřeby energie na jednotku výroby,
- zvýšení užitné hodnoty, a tím prodejní ceny proplétacích strojů Arachne s doplňkovým vybavením, zvýšení jejich konkurenceschopnosti v exportu,
- prodeje licence popsaného řešení do NDR.

Vzhledem k tomu, že již v průběhu řešení tématu projevila o jeho koncepci zájem VHO Bavlňářský průmysl a jeho rozpracování do větší šíře umožnila financováním studie, jsou k datu ukončení zprávy k dispozici některé konkrétní podklady k vpředu uvedeným závěrům, zejména k bodu ad b).

6.1 Možnosti využití technologických poznatků

- Ve VHO Bavlňářský průmysl a Lnářský průmysl bylo v roce 1983 vyrobeno 5,506 mil. m² propletů Malimo, na které bylo spotřebováno 1 012 t příze pro příčnou soustavu /46/. Náhrada přízí orientovaným rocnem (případnou rekonstrukcí strojů) by uspořila příslušné kapacity do-
přádání. Provedený experiment prokazuje, že proplet s orientovanými vlákny délky 100 mm dosahuje při stejné plošné hmotnosti stejnou příčnou pevnost jako proplet Malimo, při vyšším stupni zakrytí a hladším povrchu.
Výhrady k propletům Malimo z hlediska nízkého využití materiálu ve vztahu ke koeficientu zakrytí i nepříznivé struktury povrchu textilie uvádí nová anglická publikace /35/ i někteří pracovníci textilního průmyslu NDR /36/.

- VHJ Lnářský průmysl projevila zájem o využití řešerů pro zpracování dlouhých koudelových vláken, dosud zpracovatelných pouze spřádáním, pro které má nedostatek kapacity.

6.2 Možnosti využití koncepce oddělené tvorby rouna

- N. p. Kolara připravuje výměnu dožitého strojového parku provozu Arachne v závodě Železný Brod s roční kapacitou 10,8 mil. m² propletů.

Zpracovaná alternativa projektu diskontinuálních linek má ve srovnání s uspořádáním podle kapitoly 6.2.1 (diskontinuální linky) tyto parametry: /25/ (bez zahrnutí ceny proplétacích strojů, shodné pro obě alternativy).

stroj	počet strojů		cena 1 stroje	investiční náklady v tis. Kčs	
	Kolara I	SVÚT	tis. Kčs	Kolara I	SVÚT
mykací	16	10	900	14 400	9 000
rounovací	16	-	1 700	27 000	-
vpichovací	16	-			
sdužovací	-	2	400	-	800
svinovací hlava	-	20	50	-	1 000
agregát hlava - ukladač	-	40	250	-	10 000
konve	-	120	0,8	-	96
				41 600	20 896
Úspora investic				20 704	

Ve druhé alternativě řešení nezbytné inovace uvažuje
n. p. Kolora s instalací dostupné techniky kontinuál-
ních linek Befama - Malimo /26/.

Pro kapacitu výroby 10,8 mil. m2 propletu

stroj	počet strojů (ks)		cena (tis. Kčs)		instal. příkon kWh kWh	
	Kolora II	SVÚT	Kolora II	SVÚT	Kolora II	SVÚT
mykací	12	6	20 400	10 200	216	108
rounovač	12	-	4 800	-	36	-
sdužovací	-	1	-	400	-	2,5
Maliwatt	12	12	18 000	18 000	192	204
přídavné zařízení	--	12	-	3 000		6
			43 200	31 600	444	320,5
úspora				11 600		123,5

- Uspořádání linky podle ideového návrhu, uvedeného v kap. 5.2.2, vzhledem k možnosti vlastní výroby přídavného zařízení, by měla snížit dovozní náročnost strojů pro kompletaci linky o cca 30 - 50 %, v případě exportu proplétacího stroje se odhaduje možnost zvýšení jeho prodejní ceny 2 - 3 krát (minimálně o cenu horizontálního příčného ukladače). V souvislosti se záměrem obnovení výroby strojů Arachne pro export byly nezbytné informace předány k. p. Elitex.
- Firma Malimo - NDR projevila zájem o koncepci řešení krátce po udělení AO 148 161 v NDR a vývoj řešení aktivně sleduje vyžadováním informací v rámci činnosti Stálé pracovní skupiny pro spolupráci na úseku textilních strojů ČSSR/NDR. V dosavadních jednáních bylo z naší strany přistoupeno na nabídku spolupráce firmy Textima při zabezpečení rekonstrukce provozu v n. p. Kolora, v případě, že bude osazován stroji typu Maliwatt.

7. SHRNUTÍ A ZÁVĚR

Záměrem autora disertační práce bylo objasnit strukturální příčiny negativních vlastností propletů z roun - jejich nízké pevnosti a plastické tahové deformace, ve vztahu k možnostem, daným použitým materiálem rouna.

Provedená teoretická analýza ukázala na závažnost vlivu jednotlivých prvků struktury rouna na tahově deformační vlastnosti propletu v příčném směru.

Zjistila, že na jejich zlepšení má příznivý vliv:

- zajištění současnosti tahového namáhání jednotlivých vláken rouna, jejich napřimením /zmenšením navlnění/ a zvýšením třecích sil ve vazném očku propletu zvýšením koeficientu zaplnění,
- zvětšením délky, resp. štíhlosti vláken,
- zvýšením anizotropie rouna a položení vláken do příčného směru tak, aby jednotlivá vlákna procházela, pokud možno, jedním řádkem, nebo řádky nejbližše sousedicemi.

Provedený experiment potvrdil možnost zvýšit změnou orientace rouna příčnou pevnost propletu až desetkrát, případně snížit spotřebu materiálu pro dosažení vlastností současných propletů.

Nový způsob tvorby rouna z pramenů, vyvinutý v rámci přípravy experimentálního ověření teoretických závěrů disertace, přináší kromě možnosti zlepšit tahově deformační vlastnosti propletů, i možnost nového uspořádání linek na výrobu propletů.

Využitím pramenů pro tvorbu rouna přímo na proplétacím stroji odpadá dosud nezbytná agregace mykacího stroje s horizontálním vrstvicím zařízením, jehož provozní rychlost vytváří technickou bariéru využití plné produkční schopnosti mykacích strojů.

Již v průběhu řešení tématu, kterým se autor zabýval cca od roku 1973, vyvolaly příznivé dílčí výsledky práce zájem průmyslu, který vedl v roce 1982 k založení hospodářského výzkumného úkolu, v jehož rámci byla disertační práce dokončena.

V době předání práce je připraveno řešení navazujícího výzkumného úkolu s realizačním výstupem výroby 5 mil. m propletů v bavlnářském průmyslu a rozpracován výzkum možnosti využití principu výroby propletů z dlouhých vláken ve lnářském průmyslu. Byla předána informace o novém zařízení k. p. Elitex jako výrobci proplétacích strojů. O řešení projevuje dále zájem firma Malimo - NDR. Na řešení byla kolektivu, vedenému autorem disertace, udělena Autorská osvědčení v ČSSR a NDR.

Na bázi původních principů, vyvinutých na základě teoretických závěrů v disertační práci, již vznikají další, odvozená řešení, jako systém individuální tvorby rouna z krátkých vláken, na proplétacích strojích, který otevírá možnost automatizace výrobních linek s využitím mikroprocesorových řídicích systémů.

Je přáním autora disertace, aby předkládaná disertační práce přispěla svým dílem ku zdaru těchto perspektivních snah.

Liberec, únor 1985

SEZNAM LITERATURY

- /1/ KAZDA, O.: Sovremennyye sredstva povyšeniya effektivnosti proizvodstva. Textilnaja promyšlennost', 11/72, Moskva.
- /2/ ŽID, V., NECKÁŘ, B.: Struktura očka a jeho vliv na vlastnosti propletu Arachne. Zajímavosti ze zahradničního tisku v průmyslu textilním 3/69, SVÚT Liberec.
- /3/ SOBOTKA, L. a kol.: Textilní technologie proplétání - systém Arachne. SNTL/ALFA, 1971.
- /4/ HANUŠ, J., KAZDA, O.: Rouno a Arachne. Výzkumná zpráva SVÚT 98 - XI, 1972, Liberec.
- /5/ RYPL, J., HANUŠ, J., KAZDA, O.: Rouno a Arachne - ekonomika. Výzkumná zpráva SVÚT, 1972, Liberec.
- /6/ PTÁČEK, A.: Struktura rouna. Kandidátská disertační práce, VŠST Liberec, 1970.
- /7/ JEŽEK, H., NECKÁŘ, B., KOVÁŘCIVÁ, A.: Studie vybraných vlastností pojených textilií. Výzkumná zpráva SVÚT, SV 1 - 4/81, Liberec, 1981.
- /8/ BARABANOV, G. L.: Struktur und Festigkeit von Nadelvliesstoffen. Textiltechnik 29/1979/1, str. 35 - 38.
- /9/ BOETTCHER, P.: Eigenschaften von Nahgewirken und Möglichkeiten ihrer zielgerichteten Beeinflussung. Textiltechnik 28 /1978/ 7, str. 424 - 428.

- /10/ NECKÁŘ, B., KOVÁŘOVÁ, A.: O některých základních rysech přízi jako specifického textilního útvaru. Výzkumná zpráva SVÚT FYZ 2/80, Liberec, 1980.
- /11/ CHRISTOV, L.: Anwendung der Polyoptimierung bei der Entwicklung von Maliwatt - Erzeugnissen. Přednáška pro TH Karl-Marx-Stadt (nepublikováno).
- /12/ OFFERMANN, P., MAENGEL, M., PONNAHANNADIGE, K.: Theoretische Strukturmodellierung von Vlies-Nähgewirke. Textiltechnik 32/1982/3, str. 197 - 199.
- /13/ OFFERMANN, P., MAENGEL, M., PONNAHANNADIGE, K.: Modellierung des Vliesverfestigungsprozess beim Vlies-Nähwirken. Textiltechnik 32 /1982/4, str. 247 - 250.
- /14/ OFFERMANN, P., MAENGEL, M., PONNAHANNADIGE, K.: Theoretische Untersuchungen zur Festigkeit von Vlies - Nähwirken. Textiltechnik 32 /1982/ 9, str. 560 - 563.
- /15/ OFFERMANN, P., JENSCHKE, M.: Theoretische Strukturmodellierung von Vlies-Nähwirken. Textiltechnik 32/82, 3, str. 197 - 199.
- /16/ ZSCHUNKE, H.: Textiltechnologisches Aspekte der an Schiebernadeln von Nähwirkmaschinen auf tretenden Belastungen. Přednáška pro TH Karl-Marx-Stadt (nepublikováno).
- /17/ SCHOLTIS, W.: Einfluss der Bindung auf die Eigenschaften von Vlies - Faden Nähgewirken. Textiltechnik 26/ 1976, str. 768 - 772.

- /18/ ČERNÝCH, V. I.: Techniko-ekonomičeskaja ocenka nitěprošivnych polotěn na mašinach Malimo 3600. 179 Těkstilnaja promyšlernost č. 10, str. 52.
- /19/ PLOCH, S.: Berechnung von Durchschnittskraften beim Nähwirkverfahren Malimo typ Voltex. Textiltechnik 29/1979/ 12, str. 758 - 764.
- /20/ BOETCHER, P.: Das Nadeln als Zusatzverfestigung zum Nähwirken Textiltechnik 29 /1979/ 8, str. 486 - 488.
- /21/ LENOX-KERR, P.: Neues Maliwatt - Patent. MTB 6/1978, str. 466.
- /22/ KIRCHENBERGER, H.: ITMA 79 - Vliesstoffe. M. T. B. 3/1980, str. 230 - 232.
- /23/ WIRTH, W.: Bedeutung der Krempel auf dem Nonwoven-Gebiet. M. T. B. 5/1980, str. 391 - 397.
- /24/ Prospektový materiál firmy Befama - PLR a korespondence s podklady pro disertaci s touto firmou.
- /25/ KOPAL, J.: Technicko-ekonomické porovnání investiční náročnosti alternativ nové techniky pro přestavbu závodu Kolora, Železný Brod. Interní zpráva SVÚT, 1983.
- /26/ Kolora, n. p.: Námětová studie na vybavení provozu Arachne závodu Kolora 02, Železný Brod technikou Bafama - Maliwatt. Interní zpráva n. p. Kolora, 1982.
- /27/ KOPAL, J., KAZDA, O.: Realizace propletu Optimix v n. p. Kolora. Výzkumná zpráva K 18/V/78 SVÚT 1978.

- /28/ NOSEK, S.: Textil, 26, 1971, s 116.
- /29/ WYK, C. M.: J. Text. Inst., 37, 1946, s. 285.
- /30/ KOMORI, T., MAKISHIMA, K.: Text. Res. J. 47, 1977, s. 13.
- /31/ BALJASOV, P. D.: Sžatije tekstilnych volokon v mas-
se i tehnologija tekstilno proizvodstva, Moskva,
1975.
- /32/ NECKÁŘ, B.: Příze - tvorba, struktura, vlastnosti.
SNTL Praha (v tisku).
- /33/ KAZDA, O., KOPAL, J., HUMPLÍK, A.: Zpráva pro ÚOŘ
úlohu INTOR. Výzkumná zpráva SVÚT, Liberec 1983.
- /34/ KAZDA, O., KOPAL, J., HUMPLÍK, A.: Zpráva pro ÚOŘ
PNEUMOINTOR. Výzkumná zpráva SVÚT, Liberec 1984.
- /35/ SMITH, P.: Nonwovens across the spectrum textile
horizons 1983, č. 11, s. 29 - 30.
- /36/ FUCHS, M.: Diskusní příspěvek na zasedání pracovní
skupiny pro MVTs v TOP ČSSR/NDR. Liberec, říjen 1984.
- /37/ RAKOV, A. P., MILOVIDOV, N. N., BUCHALEV, A. V.:
Chlopkopryaděníje - děl 1. Moskva 1946.
- /38/ KRČMA, R., HADIDI, A.: Prostorová struktura netkaných
textilií. Sborník prací VŠST, Liberec 1982.
- /39/ KRČMA, R., HADIDI, A.: Prostorová struktura netkaných
textilií. Sborník prací VŠST. Liberec 1983.

- /40/ HEARLE, J. W. S., STEVENSON, P. J.: Nonwoven fabric studies. Part I. The anisotropy of nonwoven fabrics. T. R. J. 1963, s. 877 - 888.
- /41/ DAVIS, W. T.: An investigation of fibre geometry in Card Webs. Text. Res. Jourr. 11 /1969/, str. 1031 - 1037.
- /42/ SODOMKA, L.: Studium textury pavučiny, rouna a netkaných textilií. Textil 36 /1981/, str. 129 - 132, 176 - 178.
- /43/ KRČMA, R.: Teorie netkaných textilií. Skripta, VŠST Liberec, 1979.
- /44/ HEARLE, J. W. S., SULTÁN, M. A.: The approach the theoretical undrestating. J. T. I. 1968, č. 4, s. 183 - 184.
- /45/ Podklady oddělení tkanin SVÚT.
- /46/ KAZDA, O.: Rozbor kritických míst linek na výrobu propletů. Výzkumná zpráva SVÚT, Liberec 1985.
- /47/ ČIRLIČ, J.: Přednášky v předmětu Textilografie. VŠST Liberec, 1976.
- /48/ KRČMA, R.: Stroje a mechanická technologie netkaných textilií. Skripta VŠST Liberec, 1983.
- /49/ PETTERSON, D. L.: On the mechanics of nonwoven fabrics. T. R. J. 1960, č. 9, s. 704 - 711.
- /50/ KRČMA, R.: Výzkum v oboru netkaných textilií 76. Sborník konference NT, Liberec 1976.

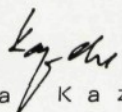
- /51/ KAZDA, O., JEŽEK, H., KCVÁŘOVÁ, A., NEGRÁŘ, B.: Morfologická diagnostika struktury rouna. Referát a sborník 16. mezinár. kolokvia NT, Brno 1980.
- /52/ KAZDA, O.: PES trhací kabely a možnost jejich využití při výrobě netkaných textilií. Výzkumné zpráva SVÚT, Liberec 1981.
- /53/ KAZDA, O.: Problémy prosazování nových typů textilií. Přednáška na celostátní konferenci KETD, Brno 1982.
- /54/ HOŘENÍ, B., KAZDA, O. a kol.: - AO 190 688, Vícevrstvý proplet Optimix.
- /55/ KAZDA, O. a kol.: - AO 201 795 - Způsob výroby proplétané textilie z přádelnických polotovarů a proplétací stroj k provádění tohoto způsobu.
- /56/ KAZDA, O. a kol.: - AO - NDR 148 161: dtto
- /57/ KAZDA, O. a kol.: PV 1786 - 81, Elastický izolační pás proti vlhkosti a způsob jeho výroby.
- /58/ KOPAL, J., HUMPLÍK, A., KAZDA, O.: PV 10211 - 83, Rozšiřovač kabelů vláken.
- /59/ PILLER, B., SOBOTKA, L.: Referát a sborník 12. mezinár. kolokvia NT, Brno 1973.

Poděkování

Děkuji svému školiteli Prof. Ing. Dr. Radkovi Krčmovi, DrSc., za odborné vedení v průběhu studia a zpracování disertační práce.

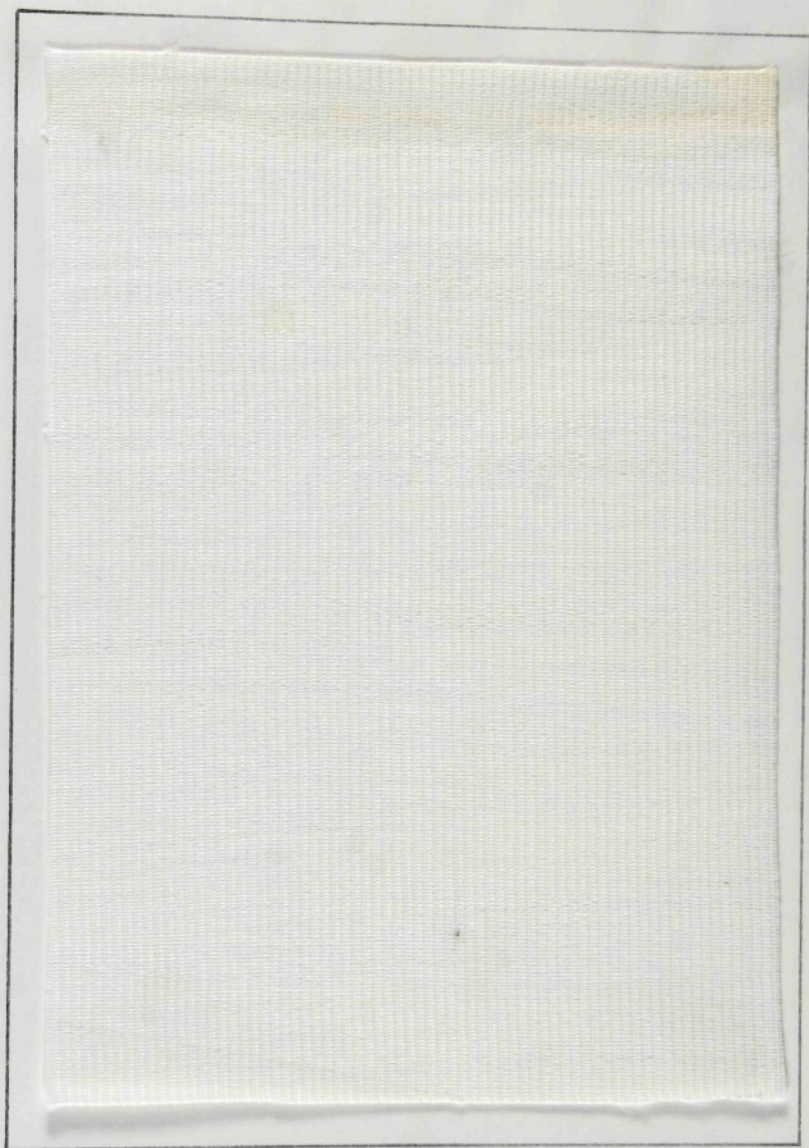
Dále děkuji svým spolupracovníkům - Ing. Kopalovi, CSc., Ing. Humplíkovi, pracovníkům laboratoří a strojních dílen SVÚT, za pomoc při zajištění experimentu, Ing. Neckářovi, CSc., za cenné rady při řešení teoretické části práce, vedení n. p. Kolora a VHJ Bavlnářský průmysl za důvěru v praktický význam výzkumu struktury propletů, projevenou otevřením a financováním hospodářského výzkumného úkolu INTOR, který ukončení práce umožnil.

Zároveň si s úctou připomínám s. Ing. Bohumíra Hořeního, bývalého vedoucího Odboru textilní technologie SVÚT, jehož intuitivní předpověď perspektivy využití orientovaného rouna v propletech se mi ve své době nepodařilo realizovat.

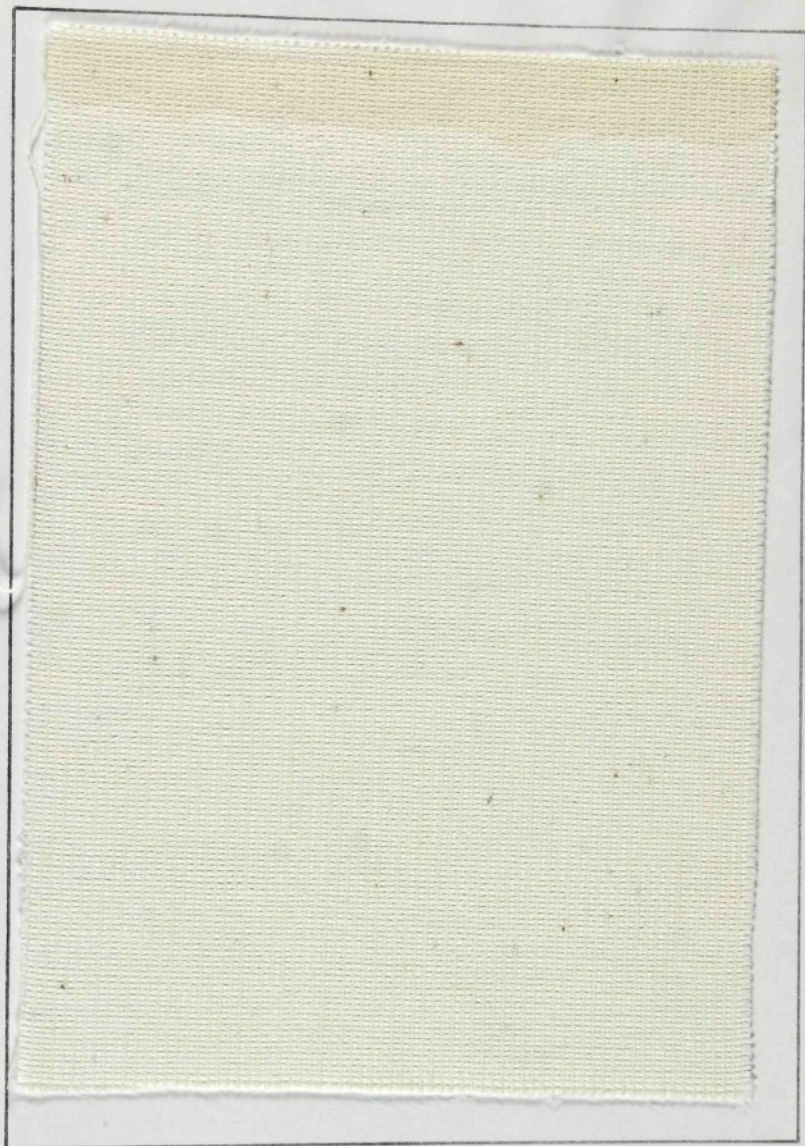

Ing. Ota K a z d a

V Z O R K Y P R O P L E T Ů

z izotropního, příčně orientovaného rouna



stroj: Maliwatt 1412 - INTOR
dělení: $60 \cdot 100 \text{ mm}^{-1}$
řádky: $140 \cdot 100 \text{ mm}^{-1}$
vazba: řetízek
rouno: PESs 4,2 dtex 90 mm
vazná osnova: PESH 167 dtex



stroj: Maliwatt 14012 - INTOR - OPTIMIX
dělení: 60 . 100 mm⁻¹
řádky: 100 . 100 mm⁻¹
vazba: trikot
rouno: VSs 3,9 dtex 60 mm
vazná osnova: PESH 167 dtex
podélně vložená osnova: ba 50 tex