Ing. Adolf Ptáček

S T R U K T U R A R O U N A

Teorie vytváření struktury rouna, vyráběného na pneumatických rounotvořících strojích a na strojích vrstvících

Autor předkládá práci Vysoké škole strojní a textilní v Liberci jako podklad k obhajobě vědecké hodnosti kandidát věd (CSc.)

B r n o , prosinec 1970

Podpis autora :

Ing. Adolf Ptáček
Úvoz 82
B r n o

1.2 PODĚKOVÁNÍ

Je mou milou povinností poděkovat na tomto místě svému školiteli panu děkanovi Prof. Ing. Jar. Simonovi za konzultace, které mně značně usnadnily práci.

Současně patří můj dík i spolupracovníkům, kteří ochotně vypomohli při pracech laboratorních a při vlastním vyhotovení čistopisu.

V neposlední řadě děkuji též vedení Výzkumného ústavu vlnařského v Brně, které mně umožnilo realizovat tuto práci, spadající pouze okrajově do problematiky, kterou řeším na svém pracovišti.

Své rodině děkuji za trpělivost a morální podporu.

Autor

strana

1.3 OBSAH

1 V Š E O B E C N Á Č Á S T

1.1 TITULNÍ LIST 1

1.2 PODĚKOVÁNÍ 2

1.3 OBSAH 3

1.4 KRÁTKÝ OBSAH 8

1.5 PŘEDMLUVA 9

1.6 SEZNAM ZNAČEK 12

1.61 Latinská abeceda 12

1.62 Řecká abeceda 17

1.63 Ostatní značky 20

1.7 SEZNAM VYOBRAZENÍ A TABULEK 21

1.71 Schemata a grafy 21

1.72 Tabulky 24

1.8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 26

S P E C I Á L N Í Č Á S T

2 Ú V O D 32

2.1 VYMEZENÍ POJMŮ PAVUČINA, ROUNO, NAVRSTVENÉ ROUNO 32

2.2 ČINITELÉ URČUJÍCÍ VLASTNOSTI ROUNA 35

2.21 Struktura rouna 36

2.3 VYMEZENÍ PRÁCE 38

3 L I T E R Á R N Í R E Š E R Š E

3.1 Ú V O D 39

3.2 HLAVNÍ ROZMĚRY ROUNA 39

3.3 USPOŘÁDÁNÍ VLÁKEN V ROUNĚ NEBO V JINÉM VLÁKENNÉM ÚTVARU, KTERÝ JE ALESPOŇ ČÁSTEČNĚ S ROUNEM SROVNATELNÝ 41

3.31 Poloha vláken k předem vytčenému (hlavnímu) směru 41

3.32 Distribuce směrů vláken 44

strana

3.33 Určení základních prvků k vyhodnocení struktury 45
3.331 Metody přímé 45
3.3311 Úplné určení polohy vlákna 45
3.3312 Částečné určení polohy vlákna 46
3.332 Metody nepřímé 48
3.3321 Úplné určení polohy vláken 48
3.3322 Částečné určení polohy vláken 49
3.4 VLIV POUŽITÉ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE NA USPOŘÁDÁNÍ VLÁKEN 54
3.41 Rouno, vyráběné pneumatickým způsobem 54
3.42 Rouno, vyráběné vrstvením 55
3.5 ZÁVĚRY Z LITERÁRNÍ REŠERŠE 56

4 T E O R E T I C K Á Č Á S T 60
4.1 TVAR ROUNA 61
4.11 Náhradní rouno 62
4.12 Souřadnicový systém 62
4.121 Systém pravoúhlých souřadnic 64
4.122 Systém válcových souřadnic 65
4.2 STRUKTURA ROUNA 65
4.21 Vlákno 65
4.211 Náhradní vlákno 66
4.2111 Základní pojmy pro popis osy vlákna 68
4.2112 Zjednodušené charakteristiky tvaru osy vlákna 69
4.22 Soustava vláken 70
4.221 Vzájemně srovnatelná místa a jejich soubory 70
4.2211 Pneumaticky vytvářené rouno 71
4.2212 Navrstvené rouno 72
4.222 Údaje určující strukturu - základní pojmy 74
4.2221 Výpočet vztahů mezi délkami a směry odpovídajících si úseček při pseudoorientaci 82
4.23 Soustava vlákenných sítí 84
4.231 Výpočet pro vlákennou síť .....

strana

4.232 Výpočet pro soustavu vlákenných sítí v základní poloze 86
4.3 VYTVÁŘENÍ ROUNA NA USAZOVACÍM ZAŘÍZENÍ PNEUMATICKÝCH ROUNOTVOŘIČÍCH STROJŮ 91
4.31 Úvod 91
4.311 Obecný popis zařízení 91
4.312 Zjednodušující předpoklady 92
4.32 Přetržitá výroba 93
4.321 Základní pojmy 93
4.322 Podélný profil vrstvy 94
4.3221 Tloušťka 94
4.3222 Plošná hmotnost 97
4.3223 Sklon povrchu 98
4.323 Charakteristický profil vrstvy 99
4.3231 Tloušťka 99
4.3232 Plošná hmotnost 100
4.3233 Sklon povrchu 100
4.324 Intenzita usazování 100
4.33 Nepřetržitá výroba 103
4.331 Základní pojmy 103
4.332 Průběh usazování vrstvy 104
4.333 Neustálený stav 109
4.334 Ustálený stav 109
4.3341 Tloušťka rouna 109
4.3342 Plošná hmotnost rouna 111
4.3343 Sklon povrchu tvořící se části rouna 111
4.4 VYTVÁŘENÍ ROUNA VRSTVENÍM 112
4.41 Úvod 112
4.411 Obecný popis procesu vrstvení 112
4.412 Výchozí údaje 115
4.42 Vrstvení rovnoběžné 115
4.421 Způsob vrstvení 115
4.422 Výpočet orientace 118
4.43 Vrstvení zkřížené 119
4.431 Způsob vrstvení 119
4.432 Výpočet orientace 121

strana

5 E X P E R I M E N T Á L N Í Č Á S T

5.1 VYŠETŘENÍ STRUKTURY ROUNA ROZBOREM NA ELEMENTÁRNÍ ÚTVARY 123

5.11 Zjištění polohy elementárních útvarů v rouně a jejich separace 124

5.111 Vrstvené rouno 124

5.112 Pneumaticky vyráběné rouno 124

5.112.1 Podmínky zkoušky 126

5.112.2 Odběr a úprava vzorků 128

5.112.3 Měření 130

5.112.4 Výpočet základních veličin 132

5.112.5 Výpočet charakteristického profilu 133

5.112.6 Separace vrstvy 140

5.12 Zjištění orientace 141

5.121 Modifikovaná metoda Hearle-Stevensonova 142

5.121.1 Podmínky zkoušky 143

5.121.2 Odběr a úprava vzorků 143

5.121.3 Vyhodnocení 146

5.13 Vyhodnocení struktury rouna 154

5.14 Kritika 157

5.2 VYŠETŘENÍ PLOŠNÉ ORIENTACE ÚSEKŮ VLÁKEN 160

5.21 Modifikovaná Hearle-Stevensonova metoda 162

5.21.1 Podmínky zkoušky 162

5.21.2 Odběr a úprava vzorků 163

5.21.3 Vyhodnocení 163

5.22 Průsečíková metoda 165

5.22.1 Podmínky zkoušky, odběr a úprava vzorků 166

5.22.2 Vyhodnocení 167

5.23 Gravimetrická metoda 172

5.23.1 Podmínky zkoušky 177

5.23.2 Odběr a úprava vzorků 178

5.23.3 Vyhodnocení 179

5.24 Srovnání výsledků měření 185

5.24.1 Modifikovaná Hearle-Stevensonova metoda 185

strana

5.24.2 Metoda gravimetrická 190
5.24.3 Chyby naměřených hodnot 194
5.24.31 Charakteristiky souboru vyhodnocených prvků 195
5.24.32 Počet měření nutných k dosažení požadované přesnosti 200
5.25 Kritika 204
5.25.1 Modifikovaná Hearle-Stevensonova metoda 204
5.25.2 Průsečíková metoda 205
5.25.3 Gravimetrická metoda 208
6 Z Á V Ě R 212
6.1 KRITIKA 212
6.2 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY 214
6.3 ZÁVĚRY 216
6.4 NÁVAZNÁ PROBLEMATIKA 218

1.4 KRÁTKÝ OBSAH

Předložená práce pojednává o struktuře rouna vyráběného na pneumatických rounotvořících strojích a na strojích vrstvících.

Práce vychází z literární rešerše čerpající ze 44 literárních pramenů. Z rešerše vyplývá, že tato problematika nebyla doposud komplexně zpracována, a že není známá metoda, která by dovolovala jednoznačně určit základní prvek nutný k vyhodnocení struktury rouna, to je směr vlákna v prostoru. Vzhledem ke složitosti tvaru vlákna jsou různými autory zaváděna zjednodušení geometrických charakteristik i pro zjištění jeho směru v ploše. Tato zjednodušení však nemohou plně vystihnout skutečnost. Naopak literárně známé vyšetření místního směru vlákna dovoluje poměrně přesnou definici plošné orientace úseků vláken v daném místě a je použito v pracech Hearleho, Stevensona a jiných autorů. Tuto metodu volí autor za východisko další práce.

V teoretické části autor upřesňuje názvosloví, popisuje pseudoorientaci a odvozuje příslušné matematické závislosti. K objasnění vztahu mezi měrným počtem průsečíků vláken se svazkem paprsků a orientací je prošetřována tato závislost pro soustavu vlákenných sítí, která je vzdáleně příbuzná s rounem. Pro tento, extrémně zjednodušený, případ je dokázána přímá souvislost orientace a měrného počtu průsečíků.

Za zjednodušených podmínek, které však vyhovují praxi, jsou odvozeny vztahy pro výpočet plošné orientace navrstveného rouna. Výpočet vychází ze znalosti orientace vrstvených útvarů a technologických podmínek vrstvení. Tyto vztahy mají obecnou platnost.

Pro pneumaticky vyráběná rouna jsou odvozeny vztahy určující souvislosti mezi tloušťkou, plošnou hmotností a sklonem vrstev. Tyto vztahy jsou zobecněny pro charakteristickou vrstvu a do výsledků je zaváděna intenzita usazování, která kvantitativně charakterizuje usazovací proces.

V experimentální části je vyšetřen charakteristický profil pneumaticky vyráběného rouna. Pro vyšetření orientace vláken ve vrstvách tohoto rouna je modifikována Hearle-Stevensonova metoda, jsou provedena měření a stanoveny statistické charakteristiky. Vyšetření charakteristického profilu, průběhu orientace vláken a sklonu vrstev v jednotlivých místech souboru není sice možno zobecňovat, avšak měření jednoznačně prokazuje, že intenzita usazování je podél aktivní části usazovacího prostoru proměnná, a že plošná orientace vláken není v jednotlivých místech souboru stejná.

Při hledání méně pracných metod ke zjištění strukturálních charakteristik rouna byly charakteristické vlákenné plošné útvary (vrstvy pneumaticky vyráběného rouna, pavučina mykacího stroje a navrstvené rouno) vyšetřovány třemi metodami, a to :

- modifikovanou Hearle-Stevensonovou,
- průsečíkovou,
- gravimetrickou.

První z metod, jak již bylo uvedeno, byla pro tuto práci modifikována a zbývající dvě byly pro tuto práci navrženy. Pro realizaci gravimetrické metody bylo zkonstruováno a vyrobeno zkušební zařízení.

Výsledky měření byly vzájemně srovnávány z části přímo, z části nepřímo. Výsledky ukázaly, že mezi počtem průsečíků a orientací vláken je korelační závislost, která není

stálá a koeficient korelace dosahuje hodnoty až - 0,87.

Výsledky gravimetrických měření jsou v dobrém souladu s výsledky měření orientace, avšak pro malý počet měření nelze stanovit jejich korelaci.

Všechna měření byla statisticky vyhodnocena a zjištěno, že při zatřídění vyhodnocovaných prvků vykazuje největší rozptyl právě zatřídění úseků vláken do úhlových intervalů. Pro všechny používané metody byly stanoveny ukazatele, které charakterizují počet měření nutný k dosažení požadované relativní chyby výsledku.

Ideově jsou navrženy možnosti zjednodušení zkušebních metod, částečné mechanizace prací, a vytčen možný směr dalšího vývoje problematiky.

1.5 PŘEDMLUVA

Hlavní tématika této kandidátské práce vyplynula jako další pokračování úkolu Pneumat, který autor řešil na svém pracovišti. Praktické zaměření tohoto úkolu však nedovolovalo důsledné zpracování teoretické části, zvláště v těch úsecích, které nesouvisely přímo s cílem řešeného úkolu.

Autor využil této příležitosti a v předkládané kandidátské práci doplnil, rozvinul a teoreticky propracoval problematiku struktury nejen pro rouno vyráběné pneumatickým způsobem, ale i pro rouno vyráběné vrstvením.

Důsledné zpracování problematiky struktury rouna by si vyžádalo daleko obsáhlejší pojednání, které by muselo vycházet z upřesnění základních fyzikálních vlastností rouna, způsobu jejich zjišťování, ze vzájemného srovnání různých

metod, z ověření závěrů teoretického bádání a navržených aplikací. Toto hrubé vymezení širšího pojetí práce ukazuje, že jak teoretická, tak zvláště i praktická část práce by nabyla rozsahu, který je pro jedince nezvládnutelný. Autor se proto soustředil na užší pojetí teoretické části a za zjednodušujících předpokladů ji propracoval. Z těchže důvodů byla i experimentální část zúžena na zvládnutelnou míru a pro srovnání výsledků měření orientace (úseků vláken) s poměrnými četnostmi průsečíků byly vybrány pouze 2 základní typy roun a pro nepřímé srovnání dosažených výsledků s poměrnými hmotnostmi třásní bylo použito jen vrstveného rouna.

Z hlediska koncepce práce si autor uvědomuje, že v části 4.1 a 4.2 jsou opakovány některé známé skutečnosti, přesto však došel k názoru, že z metodického hlediska je nutné vysvětlení a upřesnění i poměrně známých pojmů.

Při odvozování matematických závislostí by v některých částech bylo možno zkrátit text za cenu, že by čtenář musel provádět souběžný (úplný) výpočet.

V soupisu značek nejsou uváděny běžně používané matematické značky a symboly, které se v textu vyskytují jen v jedné kapitole, kde je jejich význam vysvětlen. Rovněž nejsou vysvětlovány všeobecně používané zkratky. Také v soupisu použité literatury nejsou uváděny odkazy na prameny všeobecného charakteru, z nichž bylo při zpracování této práce čerpáno.

1.6 SEZNAM ZNAČEK

1.61 Latinská abeceda

Značka	Text	Rozměr	Jednotka
A	Měrný počet průsečíků všech vlákenných sítí	L^{-1} ($10^4 L^{-1}$)	m^{-1} ($10^4 m^{-1}$)
$\mathcal{A}$	Počet průsečíků jedné vlákenné sítě	1	1
a	Měrný počet průsečíků jedné vlákenné sítě	L^{-1} ($10^4 L^{-1}$)	m^{-1} ($10^4 m^{-1}$)
$\mathcal{a}$	Počet stejně vrstvených útvarů	1	
b	Šířka	L	m
c	Konstanta perspektivní afinity	1	1
d_n	Průměr náhradního vlákna	L	m
$\mathcal{d}$	Druh vrstvených útvarů	1	1
e	Poměr plošných hmotností	1	1
G	Průměrná hmotnost třásně	M	kg
G^*	Hmotnost třásně	M	kg
H	Tloušťka rouna	L	m
H^*	Tloušťka tvořící se částí rouna	L	m
H_{st}	Tloušťka vrstev tvořících střídu	L	m
h	Tloušťka vrstvy	L	m
h_R	Tloušťka vrstvy rovinného usazovacího zařízení	L	m
h_v	Tloušťka vrstvy, příslušná usazujícímu se vláknu	L	m
h^*	Tloušťka charakteristické vrstvy	L	m

Značka	Text	Rozměr	Jednotka
I_p	Intenzita proudu vláken	$ML^{-2}T^{-1}$	$kgm^{-2}s^{-1}$
I_u	Intenzita usazování	$ML^{-2}T^{-1}$	$kgm^{-2}s^{-1}$
i	Číslo	1	1
$\dot{i}$	Postupné číslo úhlového intervalu	1	1
j	Číslo	1	1
$\dot{j}$	Postupné číslo úhlového intervalu	1	1
K_I	Počátek osy vlákna	-	-
K_{II}	Konec osy vlákna	-	-
k	Číslo	1	1
$\dot{k}$	Postupné číslo úhlového intervalu	1	1
$\mathcal{K}$	Směrnice	1	1
L	Délka (značka pro rozměr)		m
l	Délka	L	m
l_A	Efektivní délka ve směru A	L	m
l_{kl}	Délka klínové části	L	m
l_p	Délka průmětu vlákna	L	m
l_{st}	Délka vyrobené části rouna v době cyklu výrobního programu	L	m
l_u	Délka aktivní části usazovacího zařízení	L	m
l_v	Efektivní délka vlákna ve směru rychlosti $\underline{v}$	L	m
ℓ	Délka úseku osy vlákna	L	m
ℓ_t	Vzdálenost mezi prvním a $(t+1)$ním průsečíkem sítě s úsečkou	L	m
ℓ_1	Průmět úseku osy vlákna do půdorysny	L	m
ℓ', ℓ''	Průměty úseků osy vlákna	L	m

Značka	Text	Rozměr	Jednotka
x_l	Délka úseku osy obecně položeného vlákna	L	m
M	Hmotnost (značka pro rozměr)	M	kg
$\mathcal{M}$	Místo	-	-
m	Hmotnost vlákna	M	kg
m_p	Hmotnost pruhu	M	kg
N	Počet usazených vláken na jednotkové ploše	L^{-2}	m^{-2}
$\mathcal{N}$	Počet usazených vláken na jednotkové ploše za 1 s	$L^{-2}T^{-1}$	$m^{-2}s^{-1}$
$\mathcal{N}_c$	Celkový počet vláken v plošné jednotce vrstvy	L^{-2}	m^{-2}
n	Číslo	1	1
$\mathcal{n}$	Počet úhlových intervalů	1	1
O	Bod, počátek	×	×
O	Četnost úseků vláken	1	1
o	Poměrná četnost úseků vláken	1	%
ϑ	Orientace úseků vláken	1	1
ϑ'	Const. ϑ	1	1
$\bar{\vartheta}$	Výpočtová orientace úseků osy vlákna	1	1
$\bar{\vartheta}'$	Const. $\bar{\vartheta}$	1	1
ϑ	Poměrná orientace úseků osy vlákna	1	%
$\bar{\vartheta}$	Poměrná výpočtová orientace úseků osy vlákna	1	%
GA $\mathcal{O}$	Poměrná hmotnost třásně	1	%
PA $\mathcal{O}$	Poměrný počet průsečíků	1	1
P	Počet průsečíků	1	1
r	Souřadnice válcového systému	1	1
$\mathcal{r}$	Poloměr usazovacího zařízení	L	m
s	Směrodatná odchylka	x	x

Značka	Text	Rozměr	Jednotka
S	Plocha	L^2	m^2
$\mathcal{M}$	Soubor míst	-	-
T	Čas (značka pro rozměr)		s
T_d	Titr	ML^{-1}	$9.10^6 kgm^{-1}$ (denier)
T_{ne}	Doba neustáleného stavu	T	s
Δt	Doba usazování vrstvy, doba periody	T	s
Δt_v	Střední doba usazování vlákna	T	s
t_p	Doba jedné periody	T	s
V	Objem vlákna	L^3	m^3
v	Rychlost vlákna	LT^{-1}	ms^{-1}
$\mathcal{V}$	Odvodová rychlost usazovacího zařízení	LT^{-1}	ms^{-1}
X	Viz XYZ	-	-
X^*	Viz $X^*Y^*Z^*$	-	-
X^x	Viz $X^xY^xZ^x$	-	-
$\mathcal{X}$	Viz $\mathcal{XYZ}$	-	-
x	x-ová souřadnice	1	1
XYZ	Základní, pravoúhlý souřadnicový systém	-	-
$X^*Y^*Z^*$	Pravoúhlý souřadnicový systém, který má se základním systémem stejné směry souřadných os	-	-
$X^xY^xZ^x$	Pravoúhlý souřadnicový systém, který má se základním systémem stejný pouze směr osy Z^x	-	-
$\mathcal{XYZ}$	Pravoúhlý souřadnicový systém, který je vůči základnímu systému obecně pootočený	-	-

Značka	Text	Rozměr	Jednotka
X	Viz XYZ	-	-
X"	Viz X"Y"Z"	-	-
X^x	Viz $X^xY^xZ^x$	-	-
$\mathcal{Y}$	Viz $\mathcal{X}\mathcal{Y}\mathcal{Z}$	-	-
y	y-ová souřadnice	-	-
Z	Viz XYZ	-	-
Z"	Viz X"Y"Z"	-	-
Z^x	Viz $X^xY^xZ^x$	-	-
$\mathcal{Z}$	Viz $\mathcal{X}\mathcal{Y}\mathcal{Z}$	-	-
z	z-ová souřadnice	-	-
$\mathcal{W}$	Způsob kladení vrstvených útvarů	-	-

1.62 Řecká abeceda

Značka	Text	Rozměr	Jednotka
α	Sklon povrchu vrstvy, sklon určujících rovin	1	radián (stupeň)
α_R	Sklon povrchu vrstvy na usazovacím rovinném zařízení	1	radián (stupeň)
α^*	Sklon povrchu charakteristické vrstvy	1	radián (stupeň)
β	Úhel paprsku s hlavním směrem v určovací rovině, směr orientace	1	radián (stupeň)
β^x	Úhel paprsku s hlavním směrem v určovací rovině v systému $X^xY^xZ^x$, směr orientace v systému $X^xY^xZ^x$	1	radián (stupeň)
β''	Úhel paprsku s hlavním směrem v určovací rovině v systému $X''Y''Z''$, směr orientace v systému $X''Y''Z''$	1	radián (stupeň)
γ	Úhel paprsku s rovinou XY	1	radián (stupeň)
δ	Úhlový interval	1	radián (stupeň)
δ	Chyba jednoho měření		
ϑ	Úhel roviny π s hlavním směrem	1	radián (stupeň)
	Chyba aritmetického průměru	x	x
η	Úhel roviny π se směrem radiusvektoru a_n	1	radián (stupeň)
λ	Poměr	1	1
λ_A	Stupeň napřímení ve směru A	1	%

Značka	Text	Rozměr	Jednotka
λ_G	Ukazatel poměrné hmotnosti třásně připadající na jednotkovou poměrnou četnost průsečíků	1	1
λ_o	Míra orientace	1	%
λ_p	Míra plošného rozložení	1	%
λ_u	Poměr aktivních délek usazovacích zařízení	1	1
λ^*	Poměr aktivních délek charakteristického a skutečného usazovacího zařízení	1	1
ϑ	Úhel dopadu vláken na usazovací podložku	1	radián (stupeň)
ξ	Úhel směru úseku osy vlákna s osou perspektivní afinity	1	radián (stupeň)
ϱ	Měrná hmotnost	$L^{-3}M$	kgm^{-3}
ϱ^t	Měrná hmotnost tvořící se části rouna	$L^{-3}M$	kgm^{-3}
ϱ_S	Plošná hmotnost	$L^{-2}M$	kgm^{-2}
ϱ_{Sl}	Plošná hmotnost na rovinném usazovacím zařízení	$L^{-2}M$	kgm^{-2}
ϱ_S^*	Plošná hmotnost charakteristické vrstvy	$L^{-2}M$	kgm^{-2}
ϱ_{Vl}	Měrná hmotnost vláken ve vzdušném mediu	$L^{-3}M$	kgm^{-3}
σ	Základní určovací rovina	-	-
σ_{vu}	Určovací rovina vrstveného útvaru	-	-
φ	Úhlová souřadnice válcového souřadnicového systému, úhel	1	radián (stupeň)
$\varkappa$	Úhel hlavních směrů (úhel překřížení)	1	radián (stupeň)

Značka	Text	Rozměr	Jednotka
χ^{λ}	Úhel z-ových souřadnicových os při rovnoběžném vrstvení	1	radián (stupeň)
$\chi^{\times}$	Úhel z-ových souřadnicových os při zkříženém vrstvení	1	radián (stupeň)
ψ	Úhel paprsků procházejících počátkem a koncem podélného profilu tvořící se vrstvy na válcovém usazovacím zařízení	1	radián (stupeň)
Ω	Úhel	1	radián (stupeň)
ω	Osa perspektivní afinity	-	-

1.63 Ostatní značky

Značka	Popis	Význam
GA		Gravimetrická metoda pro zjištění poměrné hmotnosti třásně
HS		Modifikované Hearle-Stevensonova metoda
MYP		Pavučina z válcového mykacího stroje
MYR		Rouno vrstvené z pavučin válcového mykacího stroje
OR		Typové označení přístroje pro měření gravimetrickou metodou (GA)
PA		Průsečíková metoda
PN		Vrstva pneumaticky vyráběného rouna
POPs		Polypropylenová stříž srážívá
PVA		Polyvinylalkoholová stříž
⊙	Kroužek s tečkou	Průmět přímky orientované kladným smyslem nad půdorysnu
⊗	Kroužek s křížkem	Průmět přímky orientované kladným smyslem pod půdorysnu
/7/		Literární odkaz č. 7
(4.2/5)		Označení důležitějších vztahů. První dvojčíslí značí kapitolu, druhé dvojčíslí pořadové číslo vztahu

1.7 SEZNAM VYOBRAZENÍ A VYOBRAZENÍ

1.71 Schemata a grafy

strana

1 Zjišťování hodnoty I a CR podle Lindsleye 50
2 Zjišťování hodnoty CRF a CRB podle Bracha 51
3 Vymezení oblastí v rouně 61
4 Systém pravoúhlých souřadnic 63
5 Systém válcových souřadnic 64
6 Určení směrů úseků osy vlákna 67
7 Efektivní délka vlákna 68
8 Srovnatelná místa v rouně, vyráběném pneumatickým způsobem 70
9 Srovnatelná místa v navrstveném rouně 71
10 Vznik pseudoorientace 75
11 Perspektivní afinní vztah úseku vlákna a jeho průmětu 76
12 Změna délek při pseudoorientaci 77
13 Změna úhlů při pseudoorientaci 79
14 Polární distribuční diagram orientace 80
15 Distribuční diagram orientace v pravoúhlém souřadnicovém systému 81
16 Radiusvektory četností úseků ve vzájemně blízkých směrech 81
17 Přetržitost distribučních diagramů orientace 82
18 Zjišťování měrného počtu průsečíků 84
19 Označení úhlů a rovin 85
20 Měrný počet průsečíků pro dvě vlákenné sítě 87
21 Poloha vlákenných sítí vůči hlavnímu směru ... 87
22 Uspořádání usazovacího zařízení 92
23 Základní označení 93
24 Vrstva při různém poloměru usazovacího zařízení 95
25 Vrstva při různé délce usazovacího zařízení .. 96
26 Sklon povrchu vrstvy 98

strana

27 Usazování vláken 101
28 Průběh usazování vrstev 104
29 Poloha vláken vůči tvořící se části rouna ... 105
30 Fiktivní plocha vrstvy 107
31 Ustálený stav výroby 110
32 Souřadnicová systémy při vrstvení 113
33 Souřadnicové systémy při zanedbání úhlu α 114
34 Schema vzájemné polohy souřadnicových systémů při rovnoběžném vrstvení 116
35 Transformace úhlu β při rovnoběžném vrstvení 117
36 Schema vzájemné polohy souřadnicových systémů - zvláštní případ pro $\chi = 0$ 120
37 Schema vzáj. poloh souřadnicových systémů pro obecný případ 121
38 Vrstevnatá struktura pneumaticky vyráběného rouna 125
39 Souvislost struktury vyrobeného rouna se strukturou tvořící se části 125
40 Usazovací zařízení pneumatického rounotvořícího stroje 127
41 Schema usazovacího zařízení stroje PNEUMAT .. 127
42 Odběr vzorků 129
43 Řezání pruhů 129
44 Tvořící se část rouna 135
45 Chyba v určení sklonu povrchu tvořící se části rouna 139
46 Charakteristický profil 139
47 Separace vrstvy rouna 140
48 Zvýhodnění směrů vlákenných sítí 142
49 Určení polohy vzorků 143
50 Schema odběru vzorků 145
51 Mikrosnímek upravený k vyhodnocení 146
52 Schema zjišťování směrů úseků vláken 146
53 Souvislost mezi tloušťkou separované vrstvy a tloušťkou příslušnou místu 159

strana

54 Souvislost mezi polohou těžiště vyšetřovaného místa a střední oblastí separované vrstvy 159
55 Mikrosnímek upravený k vyhodnocení počtu průsečíků 167
56 Vysekávání vzorků pro obvyklá měření gravimetrickými metodami 173
57 Zmenšení třásně vysekáváním vzorků 174
58 Schema přístroje OR 176
59 Přístroj OR 177
60 Označení směru 179
61 Korelační tabulka pro materiál PN 186
62 Korelační tabulka pro materiál MYP 187
63 Zjednodušené znázornění vztahu mezi poměrným počtem průsečíků a orientací 188
64 Orientace a poměrný počet průsečíků pro materiál MYP 189
65 Orientace, poměrný počet průsečíků a poměrná hmotnost třásně pro materiál MYR 192
66 Četnost měření a velikost naměřené hodnoty - úseky vláken 195
67 - průsečíky 197
68 - hmotnost třásně 197
69 Závislost velikosti chyby orientace na celkovém počtu zatříděných úseků 201
70 Závislost velikosti chyby poměrné četnosti průsečíků na celkovém počtu zatříděných průsečíků 202
71 Závislost velikosti chyby poměrné hmotnosti třásně na plošné hmotnosti modelového a skutečného rouna 204
72 Ovlivnění počtu průsečíků lokální nerovnoměrnosti plošné hmotnosti 206
73 Princip automatizace průsečíkové metody 207

strana

74 Závislost ukazatele λ_{GA} na poměrném počtu průsečíků 209
75 Zachycení vlákna kleštinou 210

1.72 Tabulky

I Vymezení základních pojmů 34
II Výsledky přímého měření 131
III Základní výpočtové veličiny 133
IV Místní tloušťka tvořící se části rouna 134
V Výpočet sklonu povrchu tvořící se části rouna a charakteristického profilu 137
VI Chyby v určení sklonu povrchu tvořící se části rouna 138
VII Vzdálenosti míst od počátku 144
VIII Zatřídění směrů úseků vláken (PN-HS) ... 148
IX Souhrn měření plošné orientace (PN - HS) 149
X Kolísání četností zatříděných úseků vláken vzhledem k průměrné hodnotě (PN - HS) 152
XI Hlavní statistické charakteristiky četností úseků vláken (PN - HS) 153
XII Výpočet sklonu vrstvy v místech 155
XIII Struktura rouna 156
XIV Přehled použitých druhů materiálů 161
XV Program měření 161
XVI Souhrn měření plošné orientace(MYP - HS) 164
XVII Hlavní statistické charakteristiky četnosti úseků vláken (MYP - HS) 165
XVIII Zatřídění průsečíků vláken se svazkem paprsků 168

strana

XIX Poměrný počet průsečíků pro vzorky 1 - 10 (PN - PA) 169
XX Průměrný počet průsečíků pro vzorky 1 - 10 (materiál MYP) 170
XXI Kolísání četnosti zatříděných průsečíků vzhledem k průměrné hodnotě (PN - PA) 171
XXII Hlavní statistické charakteristiky četnosti průsečíků (PN - PA, MYP - PA) 172
XXIII Hmotnosti třásní (MYR - GA) 180
XXIV Srovnání průměrných hmotností třásní (MYR - GA) 181
XXV Poměrné hmotnosti třásní (MYR - GA) ... 182
XXVI Hlavní statistické charakteristiky hmotnosti třásní 184
XXVII Korelační vztahy mezi hodnotami orientace a poměrným počtem průsečíků 185
XXVIII Ukazatelé vrstvení 191
XXIX Hodnoty odpovídajících úhlů 191
XXX Výpočet orientace a poměrného počtu průsečíků (MYR) 193
XXXI Zatřídění četnosti vyhodnocovaných prvků 196
XXXII Kontrola normálního rozložení 198
XXXIII Statistické charakteristiky vyšetřovaných souborů 199
XXXIV Ukazatel λ_{GA} 209

1.8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1 HEARLE J.W.S., STEVENSON P.J.
Non Woven Fabrics Studies, Part III. The Anisotrophy of Non Woven Fabrics,
T.R.J. 1963, 11, 877 - 888 x)

2 PETTERSON D.L.
On the Mechanics of Non Woven Fabrics.
Doktorská disertační práce podaná na Massachussets Institute of Technology - USA, srpen 1958

3 WEGENER W., PEUKER H.
Das Faserband - Spinnverfahren, Teil IV.
Zeitschrift für ges. Textilindustrie 1963, 8, 592

4 GODEK J., KUBACKI Z.
Metody oceny orientacji włokien we włókninach klejonych.
Práce Instytutu Włokiennuctwa, 1954, XIV, 29 - 50

5 BRACH J.
Examen de quelques méthodes rapides de mesure du parallélisme des fibres de laine. Aplication à l'avant - peignage de laine.
Annales scientifiques textiles belges, 1963, 2, 40

6 Zjištění rozměrů.
ČSN 800813, Čs. úřad pro normalizaci, 1961

---

x) Poznámka : V textu kapitoly 1.8 je používáno pro stručnost vžitých zkratek :
ČSN - československá státní norma
TRJ - Textile Research Journal
JTI - Journal of the Textile Institute.

7 SOMMER H.
Zusammendrückarbeit und Weichheit von Textilien.
Mell. Textilberichte, 1936, 17, 630

8 SOMMER H.
Die Prüfung der Textilien.
Springer Berlin, 1960

9 JÜRDER H.
Zkoušení užitné hodnoty netkaných textilií, které se používají jako vložky v oděvním průmyslu.
Sborník : symposium ČSTVS o netkaných textiliích, Praha 1961

10 JÜRDER H.
Über die Prüfung von Vliesstoffen.
Zeitschrift für ges. Textilindustrie, 1962, 9, 593

11 Parallex System Litty - Prüfapparat für die Spinnerei - Vorbereitung.
Firemní prospekt firmy Paul Litty, Appareils de Laboratorie pour l'Industrie Textile, Gueb Willer, France

12 LINDSLEY CH.H.
Measurement of Fiber Orientation.
T.R.J. 1951, 1, 39

13 FUINO K., ITANI W.
Effect of Carding on Fiber Orientation.
Journal text. Mach. Soc. Japan (anglické vydání), 1962, sv. 8, 2

14 ORCHARD G.A.J.
The Measurement of Fibre Orientation in Card Webs.
J.T.I. 1953, sv. 44, T. 381

15 UNO M., SAITO H., KOIDE A., YANAGAWA Y.
Continuous Optical Measurement of Fiber Orientation.
Part I:
Journal Text. Mach. Soc. Japan (anglické vydání)
1963, 3, 120

16 CUSICK G.E., HEARLE J.W.S., MICHIE R., I.C., PETERS
R.H., STEVENSON P.J.
Fyzikální vlastnosti netkaných textilií.
Sborník : Symposium ČSVTS o netkaných textiliích.
Praha 1961

17 HEARLE J.W.S.
The Physical Technical Conference of the Textile
Industry.
Budapešť, duben 1967

18 RUPERT W.
Mess-, Steuer-, und Regelungsprobleme bei Vlies-
bildungsanlagen.
Deutsche Textiltechnik 1966, 2, 97

19 ANONYM :
How Fibres are oriented in Non - Woven Fabrics.
Text. World, 1966, 7, 122

20 MORTON W.E., SUMMERS R.J.
Fibre Arrangement in Card Slivers.
J.T.I. 1949, sv. 40, P 106

21 MORTON W.E., YEN K.C.
Fibre Arrangement in Cotton Slivers and Laps.
J.T.I. 1952, sv. 43, T 463

22 HLADÍK V.
Teorie háčků a paralelizace vláken.
Textil 1961, 3, 93

23 RAES G.
Die Faserlage und ihr Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften und die Gleichmässigkeit von Baumwollgarnen.
Mell. Textilberichte 1962, 9, 918

24 TAYLOR D.S.
Some Observations of the Measurement for Fibres during Drafting.
J.T.I. 1954, sv. 45 T 310

25 PROTASOWA W.A.
Die Bestimmung der Geraderichtung der Fasern mit Hilfe der Radiographie.
Text. Praxis 1961, 2, 119

26 KAUFMANN D.
Untersuchungen an der Wanderdeckelkarde.
Textil-Praxis 1961, 1093 a další

27 VOGLER G.
Messung der Parallelität in Bändern von Vorgarnen mit dem Parallex Prüfgerät von Litty.
Textil-Praxis, 1952, 7, 863

28 PERNER H., PETZOLD S.
Der Einfluss verschiedener Streckwerkparameter auf die Faserparallelisierung in der Baumwollspinnerei.
Faserforschung und Textiltechnik 1962, 13, 178

29 KAUFMANN D.
Untersuchungen an der Wanderdeckelkarde.
Textil-Praxis 1952, 12, 1077

30 MICHIE R.I.C.
Non Woven Fabrics Studies, Part II - The Relaxationship between Bonding Strength and the Variation of

Fabric Strengh with Jaw Span.
T.R.J. 1963, 6, 403 - 411

31 UNO M., SATTO H., SHIMOI A., KOIDE A.
Continuous optical Measurement of Fiber Orientation.
Part II.
Journal Text. Mach. Soc., Japan (anglické vydání)
1963, 4, 177

32 PTÁČEK A.
Pneumat - studijní zpráva.
Výzkumný ústav vlnařský, Brno, archivováno tamtéž,
1959

33 PTÁČEK A.
Pneumat - dílčí závěrečná zpráva.
Výzkumný ústav vlnařský, Brno, archivováno tamtéž,
1964

34 RUPERT W.
Vývoj v oboru pojených textilií v letech 1964 - 1965
a pokus o prognózu vývoje na další dva roky.
Netkané textilie, 1966, 2, 36

35 PTÁČEK A.
Některé možnosti ovlivnění orientace vláken při výrobě rouna pneumatickým způsobem.
Sborník : Vědecké práce - materiály vědecké konference VÚV - I.část, netkaný textil.
Vydal Výzkumný ústav vlnařský, Brno, 1963, 29

36 FUCHS H.
Ergebnisse strömung-technischer Untersuchungen an Schlagmaschinen.
Deutsche Textiltechnik, 1963, 9, 463

37 PTÁČEK A., ŠTANGL J., NEKUDA L.
Polytechna - závěrečná zpráva.
Výzkumný ústav vlnařský, Brno, archivováno tamtéž, 1967

38 ZILAHI M.
Vývoj pneumatických rounotvořících strojů.
Netkané textilie, 1966, 2, 27

39 STEJSKAL A.
Přístroj OMEST pro optické zkoumání vnitřní struktury přízí.
Jemná mechanika a optika 1968, 12, 377

40 LEONTIĚVA I.S.
K voprosu o rasprjamlenii volokon v processe podgotovki polufabrikata.
Izvěstija vysšich učebnych zavedenij. 1964, 2, 58

41 LEHKÁ V., KAŠPÁREK J.
Orientace vláken v pramenech.
Textil 1969, 11, 365

42 SUCHOVA-MAKAROVA T.A.
K voprosu orientacii volokon v vjazalne-prošivnych netkanych i polotnach.
Izvěstija vysšich učebnych zavedenij. Technologija legkoj promyšlennosti; 1968, 6, 21 - 26

43 GRUDNIEWSKI M.
A Metod of Measuring the Orientation of Fibres in the Intermediate Produkte of Spinning.
T.R.J. 1964, 12, 1112 - 1115

44 GEJDOŠ V.
Orientácia vláken v priadiarskych polotovaroch.
Textil 1970, 8, 263 - 265

2 ÚVOD

Během přípravy k předení se vytváří z vlákenného materiálu pavučina nebo jí příbuzné rouno. V následném technologickém procesu jsou pak tyto útvary postupně měněny v přást a přízi. Strukturální vlastnosti rouna ovlivňují celou výrobní technologii a promítají se i do vlastností konečného výrobku. Vlivem poměrně dlouhého technologického procesu je však příbuznost vlastností rouna a příze značně vzdálená.

Při výrobě netkaných textilií tvoří rouno ve většině případů podstatnou část konečného výrobku, takže svými vlastnostmi ovlivňuje výslednou netkanou textilií daleko intenzivněji než u klasických výrobků. Je proto samozřejmé, že v oboru výroby netkaných textilií je rounu věnována velká pozornost, která stále vzrůstá nejen v důsledku rychle se zvětšujícího objemu výroby, ale i v důsledku snahy po zavádění přesnějších metod a vědeckých poznatků do výzkumné a vývojové činnosti.

Jako doklad tohoto nového směru mohou být citovány vědecké práce Hearleho a Stevensona /1/ i Pettersona /2/.

2.1 VYMEZENÍ POJMŮ PAVUČINA, ROUNO, NAVRSTVENÉ ROUNO

Poněvadž dochází k častému zaměňování těchto pojmů, je nutno je vymezit alespoň pro účely této práce.

Všechny srovnávané útvary se vyznačují tím, že jsou vyrobeny z vlákenného materiálu, který je uspořádán do tvaru vrstvy. Plošná hmotnost a tloušťka této vrstvy mají být dle možnosti rovnoměrné. Vlákna těchto útvarů mají být

dobře ojednocena a pouze ve zvláštních případech se vyžaduje, aby tyto útvary obsahovaly vločky, nopky atd.

Zpevnění nebývá prováděno buď vůbec, nebo pouze slisováním za normální teploty, kdy nemůže nastat propojování vláken.

Dosažitelné rozsahy plošných hmotností jednotlivých útvarů jsou závislé na použité výrobní technologii a jsou značně ovlivněny i použitým vlákenným materiálem. Vzhledem k rychle postupujícímu vývoji textilních technologií a strojního zařízení nutno počítat s tím, že rozsahy plošných hmotností výrobků se budou i nadále měnit, takže plošnou hmotnost nelze považovat za ukazatel k rozlišení těchto textilních útvarů.

Počet vrstvených útvarů, z nichž je výsledné navrstvené rouno složeno, je určujícím činitelem pro rozlišení navrstveného rouna od pavučiny resp. rouna. Navrstvené rouno je tedy útvar složený, skládající se z několika vrstev pavučiny, rouna nebo dříve již navrstveného rouna.

Rozdíl mezi pavučinou a rounem nutno hledat ve výrobní technologii. Pavučina, vyráběná na mykacích strojích, se vyznačuje tím, že vlákna jsou během celého technologického procesu mykání poměrně dobře mechanicky kontrolována téměř až do okamžiku, kdy ulpí mezi vlákny, která tvoří část již vyrobené pavučiny. Při výrobě rouna je v poslední výrobní fázi poměrně volná kontrola vláken, ať již proudem nosného media, elektrostatickým polem, nebo silami od hmotnosti vlákna.

Charakteristické znaky jednotlivých vlákenných útvarů jsou porovnány v následující tabulce :

Tab. I Vymezení základních pojmů

Pol.	Text	Název		
		Pavučina	Rouno	Navrstvené rouno
1	Vlákenný útvar	v r s t v a		
2	Materiál tvořící vlákenný útvar	Textilní vlákna		
3	Zpracovaný materiál	Technicky ojednocený, bez vzájemného propojení, neb provázání vl.		
4	Plošná hmotnost	dle možnosti rovnoměrná		
5	Tloušťka	dle možnosti rovnoměřná		
6	Přibližný rozsah plošných hmotností [kg/m2]	od 0,005 do 0,090	od 0,015 výše	od 0,010 výše
7	Počet vrstev tvořících výsledný útvar	1	1	minim. 2
8	Způsob výroby	Mechanické ukládání vláken dobře kontrolovaných pracovním orgánem	Usazování vláken volně kontrolovaných	Vrstvení dříve vyrobených útvarů
9	Příklad výrobního zařízení	Mykací stroje válcové a víčkové	Rounovací stroje pneumatické	Vrstvící stroje horizontální a vertikální

2.2 ČINITELÉ URČUJÍCÍ VLASTNOSTI ROUNA

Vlastnosti rouna jsou závislé na jakosti vláken, tvořících rouno, na množství vlákenné hmoty, obsažené ve vyšetřované jednotce rouna, na struktuře rouna a na kvalitě výrobní technologie.

Jakostí vláken se zabývá samostatný vědní obor a také metody pro určení množství vlákenné hmoty, obsažené ve vyšetřované jednotce rouna, jsou všeobecně známé a vycházejí z definičních vztahů pro měrnou hmotnost, plošnou hmotnost, resp. po jejich spojení ze závislosti tloušťky rouna na měrné a plošné hmotnosti.

Struktura rouna je nejméně známou oblastí a její důsledné zpracování by mělo dát přehled o způsobu uložení vláken v rouně a objasnit základní závislosti struktury rouna na výrobní technologii.

Kvalita výrobní techniky je dána jednak tím, do jaké míry jsou dosaženy základní požadavky, kladené na rouno, tj. jeho

- rovnoměrnost plošné hmotnosti,
- rovnoměrnost tloušťky,
- ojednocení vláken.

Kvalitním zpracováním má být co nejvíce zachována jakost původních vláken a dosaženo optimální promísení jednotlivých komponent vlákenné směsi. Ostatní požadavky, jako odloučení nečistot, odloučení nerozvlákněných součástí vlákenné směsi atp., jsou závislé na předchozím pracovním postupu, použitých materiálech a při posuzování kvality výrobní technologie je nutno k nim přihlížet individuálně.

2.21 Struktura rouna

Struktura rouna je dána uspořádáním vláken, z nichž rouno sestává. Vlákno jako jedinec není pro strukturu zřejmě charakteristické, takže na strukturu nutno usuzovat po vyšetření většího počtu vláken. Údaj, resp. souhrn údajů, který charakterizuje strukturu rouna, má tedy statistický charakter.

Mikroskopickým pozorováním rouna se lze přesvědčit o tom, že jeho struktura není v celé vyšetřované oblasti stejná ani na témže vzorku. Zjevné rozdíly jsou patrny např. při pozorování rubu i líce pneumaticky vyrobeného rouna, jehož plošná hmotnost je větší než přibližně 0,1 kg/m^2, nebo při pozorování navrstveného rouna, které je složeno z různých vrstvených útvarů.

Strukturální rozdíly vyniknou ještě více při srovnávání různých druhů roun, např. rouna, vyráběného pneumaticky a rouna navrstveného.

Pneumaticky vytvářené rouno o malé plošné hmotnosti má vlákna uspořádána tak, že na první pohled není patrno, který směr převládá.

U roun, jejichž plošná hmotnost je větší, se začíná projevovat "šupinovitá" nebo lépe řečeno vrstevnatá struktura. Jednotlivé vrstvy jsou patrny zvláště při nekontrolovaném průtahu rouna, resp. při jeho ohybu. Tyto vrstvy nejsou přesně omezeny, neboť vlákna z jednotlivých vrstev prostupují do vrstev sousedních, takže lze mluvit pouze o vrstevnatém charakteru pneumaticky vytvářeného rouna. Rozdílná struktura líce a rubu se podél příčného řezu rounem plynule mění.

U vrstveného rouna jsou přechody struktury podél příčného řezu výrazné. Proměnlivost struktury je dána strukturou vrstvených útvarů a výrobní technologií. Vrstvy, tvořené primárním (vrstveným) vlákenným útvarem jsou prakticky rovnoběžné s podstavnou plochou rouna.

Strukturu rouna možno v prvém přiblížení posuzovat z hlediska dvojrozměrného, to značí, že rouno je považováno za dvojrozměrný útvar, a uložení vláken je pak posuzováno pouze ve směrech, ležících v rovině rouna. Toto zjednodušení je přijatelné pro tenká rouna, avšak pro tlustá rouna mohou nastávat při tomto vyšetřování značné odchylky od skutečného stavu.

Pro přesnější vyšetření struktury rouna je proto nezbytné charakterizovat polohu vláken z hlediska trojrozměrného. Metody, které by to umožňovaly, však nejsou známé, takže je nutno uchýlit se ke kompromisu a usoudit alespoň na možnosti vzniku chyb, event. i velikost nepřesností, které vznikají při plošném vyšetření struktury rouna.

Příčiny vzniku různé struktury nutno hledat jak ve vlastní výrobní technologii, tak i v jakosti a množství zpracovaného materiálu. Rozdílnost struktury rouna, vznikajícího za týchž technologických podmínek, je pak zapříčiněna nestálostí jevu.

Jako důsledky různé struktury rouna lze např. uvést jeho mechanické vlastnosti v podélném a příčném směru, filtrační vlastnosti, delaminaci vrstev, charakteristický průběh nekontrolovaného průtahu atp. V dalším výrobním procesu ovlivňuje pak struktura rouna použitelnost různých výrobních technologií, ať již během zpracování na příze, nebo během výroby netkaných textilií. Do hotových výrobků se struktura rouna promítá zvláště tehdy, jestliže nebyla

předchozím výrobním procesem přehlušena. Tento případ nastává zvláště u netkaných textilií, zatímco při klasickém spřádání se tento vliv projevuje až druhotně na konečném výrobku, ale podstatně ovlivňuje kvalitu polotovarů.

2.3 VYMEZENÍ PRÁCE

Ke zpracování dané problematiky je nutno se zaměřit na konkrétní charakteristické typy rouna, a to na

- rouno navrstvené,
- rouno, vyráběné pneumatickým způsobem.

Pro obě tyto typy nutno vyvodit závislosti, které dovolují uvést v souvislosti hlavní strukturální znaky a technologickými podmínkami při poslední fázi výroby, během níž přichází vlákno nebo vrstvený útvar do styku s částí rouna, která byla vytvořena během předchozí výroby.

Při sledování tohoto hlavního cíle je nutno vymezit a sjednotit pojmy, upřesnit názory na strukturu rouna, obecně stanovit vztahy mezi skutečnou strukturou rouna a některými ze způsobů jejího vyhodnocování. Současně je nutno se pokusit i o nalezení nového způsobu vyhodnocování struktury rouna, nebo srovnatelného jednoduššího útvaru za předpokladu, že nový způsob vyhodnocování by umožňoval zavedení mechanizace práce.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 ÚVOD

Především je nutno konstatovat, že v průběhu literární rešerše nebyla nalezena práce, která by se zabývala v plné šíři touto problematikou. Z velkého množství prací ať přímo nebo nepřímo pojednávajících o jednotlivých úsecích této problematiky, nutno jmenovat především souhrnné práce Hearleho a Stevensona /1/, doktorskou práci Pettersena /2/ a práci Wegenera a Peukera /3/, zabývající se polohou vláken v textilních útvarech, vztaženou k předem vytčenému - hlavnímu směru. Godek ve své práci se zabývá studiem orientace vláken v rouně nebo pavučině /4/, kdežto Brach /5/ sleduje spolehlivost různých metod zjišťování orientace vláken v textilních útvarech.

Odvolávky na prameny, z nichž bylo v těchto pracech čerpáno, jsou v literární rešerši citovány v tom případě, jestliže mají zásadní význam, nebo jestliže je k nim zaujímáno odlišné stanovisko.

V literární rešerši je používáno terminologie, která navazuje na studované prameny i tehdy, když plně nevystihuje obsah jednotlivých pojmů. Také zde používané označení je v souhlase s originálními texty a nenavazuje na označení používané v dalších částech této práce.

3.2 HLAVNÍ ROZMĚRY ROUNA

Zjišťování hlavních rozměrů rouna není pro území ČSSR normováno. Nejbližší norma, pojednávající o této problematice, je použitelná pouze pro vlasové tkaniny /6/. O zjišto-

vání délky a šířky rouna nebylo v literatuře nalezeno zmínky, avšak o měření tloušťky pojednává několik autorů. Rešerše v tomto směru byla rozšířena i na zjišťování tloušťky vlasových tkanin a voluminózních netkaných textilií.

Je-li tloušťka dána vzdáleností dvou paralelních dotykových ploch, mezi nimiž je měřený textilní útvar, je naměřená hodnota značně závislá na síle, jíž jsou dotykové plochy přitlačovány k měřenému materiálu. Sommer /7/ odvodil pro klasické voluminézní textilie závislost mezi měrným tlakem na dotykových ploškách x a naměřenou hodnotou s_x. Jsou-li hodnoty tloušťky naměřené při měrné tlacích p_1 a p_2 dány hodnotami a_{p1} a s_{p2}, pak pro hodnotu a_x platí

$$a_x = \frac{(a_{p1} - a_{p2})\,(\lg p_2 - \lg x)}{\lg p_2 - \lg p_1}$$

Později prováděná měření, uváděná týmž autorem /8/, ukázala, že tato závislost neplatí přesně, a že naměřená tloušťka roste v oboru malých měrných tlaků rychleji než udává tato závislost.

S přihlédnutím k těmto skutečnostem předpisuje německá norma DIN 53855 (citovaná v témže pramenu) pro měření plstí tyto měrné přítlaky a velikosti kruhových dotykových ploch :

Měrná hmotnost plstí $g\ cm^{-3}$	Velikost kruhové dotykové plochy cm^2	Měrný tlak $p\ cm^{-2}$
do 0,14	10	5
nad 0,14	10	25

Jörder /9/ uvádí, že pro netkané textilie je měrný tlak 25 p cm^{-2} příliš velký, takže může nastat deformace texti-

lie. Příliš malé měrné tlaky vedou ke zkresleným výsledkům ovlivněným tuhostí vláken, která z textilie vyčnívají. Dále uvádí, že metoda pro měření tloušťky netkaných textilií nebyla doposud sjednocena. O měření tloušťky rouna se nezmiňuje.

Již citovaná ČSN /6/ předepisuje pro měření tloušťky vlasových tkanin přítlak 125 p na ploše 25 cm^2, takže měrný přítlak je 5 p cm^{-2}.

Jörder /10/ udává v další své práci, že při měrné hmotnosti textilie větší než 0,1 g cm^{-3} se provádí měření tloušťky na ploše 25 cm^2 při měrném tlaku 2 p cm^{-2}. V tomtéž pramenu se udává, že tloušťka textilií o menší měrné hmotnosti než 0,1 g cm^{-3} se dá měřit novým způsobem, který částečně eliminuje místní nerovnosti povrchu a účinek jednotlivých vláken, která vyčnívají z textilie. Pouze v tomto pramenu je uváděno, že metoda je vhodná i pro měření tloušťky rouna. Vlastní měření se provádí tak, že klimatizované vzorky rouna o velikosti 100 x 100 mm se volně na sebe navrství až do celkové výšky 50 mm. Takto vytvořená vratva vzorků se překryje tvrdým papírem o tloušťce 0,1 mm a provedou se čtyři odečty vzdálenosti podstavné plochy od vnitřní plochy krycího papíru. Z těchto odečtů, provedených s přesností na 0,1 mm, se vypočte aritmetický průměr, který se podělí počtem vzorků.

3.3 USPOŘÁDÁNÍ VLÁKEN V ROUNĚ NEBO V JINÉM VLÁKENNÉM ÚTVARU, KTERÝ JE ALESPOŇ ČÁSTEČNĚ S ROUNEM SROVNATELNÝ

3.31 Poloha vláken vzhledem k předem vytčenému (hlavnímu) směru

Wegener a Peuker /3/ definuje stupeň orientace vláken, v literatuře často nazývaný stupněm paralelizace, vztahem

$$O = \frac{l_{pk}}{l} 100$$

kde l_{pk} je délka projekce (index p) zakřiveného vlákna (index k) do vytčeného směru a l pak značí jeho skutečnou délku. Této definici odpovídá způsob vyhodnocování používaný firmou Litty /11/ a jak dále bude ukázáno, i metoda Lindsleyova /12/.

Fuino a Itani /13/ určuje míru orientace střední kvadratickou odchylkou úhlů úseků vláken od jejich průměrné hodnoty. Předpokládá se přitom, že průměrná hodnota směru vláken spadá do hlavního směru. Pro plošné zjišťování směrů, a tedy i vyšetřování orientace, je udáván vztah

$$O = \cos s\alpha \, 100$$

V tomto vztahu značí $s\alpha$ střední kvadratickou odchylku úhlů α od hlavního směru.

Itani udává podle Wegenera a Peukera /3/ pro stupeň paralelizace vztah, vypočítaný na základě počtu pravděpodobnosti, kde paralelizace P je udána

$$P = \frac{1 + \cos \lambda}{2}$$

zde $\lambda = 0{,}67 \sqrt{s^2\alpha + s^2\beta}$. Hodnoty $s\alpha$ a $s\beta$ jsou střední kvadratické odchylky úhlů úseků vláken, které jsou měřeny v průmětu do dvou na sebe kolmých rovin, proložených hlavním směrem.

Rovněž Grudniewski /43/ vyhodnocuje koeficient orientace ψ pomocí směrodatné odchylky s', úhlu orientace měřeného útvaru a hodnoty směrodatné odchylky s_n charakterizující směry vláken rouna s nahodilou orientací. K vyhodnocení používá vztahu

$$\Psi = 1 - \frac{s}{s_n}$$

Lindsley /12/ a obměnou i Brach /5/ určují stupeň orientace ze srovnání hmotností výčesků a vyčesané třásně.

Orchard /14/ uvádí pro stupeň orientace vztah

$$O = \frac{E_{max}}{E_{min}} - 1$$

kde E_{max} je maximální hodnota osvětlení fotočlánku světlem, které je rozptýlené průchodem vlákennou vrstvou. E_{min} je minimální hodnota téže veličiny.

Uno, Saito, Koide, Yanagava /15/ používají k vyhodnocení orientace vztahu

$$DO = \frac{\sum E_1}{\sum (E_1 + E_2)}$$

Zde E_1 je světelný tok paprsků odražených v rovině rovnoběžné s osou pramene a E_2 je světelný tok paprsků odražených v rovině kolmé k ose pramene.

Ross a po něm Brach /5/ charakterizoval míru orientace pramene jeho měrnou pevností

$$R = \frac{\text{pevnost pramene}}{\text{hmot. délkové jednotky pramene}}$$

Wegenerem a Peukerem citovaný Löfgren /3/ používal k vyjádření stupně orientace vlákna vztahu

$$O = \frac{C_o - C}{C_o - C_1} 100$$

C_o je zde síla, která je potřebná k vytažení vlákna z textilního útvaru, přičemž toto vlákno má míru orientace 0 %

C_1 je obdobně určená síla pro vlákna s mírou orientace 100 %.

C je síla pro vlákno, jehož index orientace se hledá.

Suchova-Makarova /42/ používá koeficient anizotropie (H)

$$H = \frac{K_1}{K_2}$$

kde :

- K_1 je četnost směrů vláken zatříděných do intervalu úhlů 45 - 135°,
- K_2 je četnost směrů vláken zatříděných do intervalu úhlů 0 - 45° a 135 - 180°.

3.32 Distribuce směrů vláken

Petterson /2/, Hearle a Stevenson /1/ a po nich i Godek /4/ uvádí (všeobecnou) závislost

$$\int_{-\pi/2}^{+\pi/2} \Phi(\beta)\, d\beta = 1 \; *$$

která charakterizuje zastoupení směrů vláken při rovinném vyšetřování rouna. Funkce $\Phi(\beta)$ je nazývána distribuce orientace. Úhel β určuje směr ve vztažné ploše a číselná hodnota $\Phi(\beta)$ udává poměrnou četnost pozorovaných elementů, jejich směr spadá do směru β. Distribuce orientace ke udávána jako veličina poměrná, volená tak, aby hodnota integrálu byla rovna 1.

Znázornění se provádí buď polárním diagramem, kde svislý směr je rovnoběžný s hlavním směrem vyšetřovaného útvaru /1, 2, 4, 16, 17/ nebo histogramem. Vyšetřovaný interval je vždy π, avšak Pettersen klade počátek intervalu do $-\pi/2$, zatímco Hearle počíná hodnotou 0. Při Pettersonově

způsobu zůstává vizuální charakteristika polárního diagramu a histogramu podobná.

Hearle se Stevensonem /1/ a Petterson /2/ považují za elementární částici textilního útvaru úsek vlákna. Poněvadž v definičním výrazu uvažují obor úhlů od $-\pi/2$ je $+\pi/2$, zřejmě neberou ohled ke smyslu vlákna. Godek /4/ nazývá tento způsob lokálním vyšetřením orientace a sám pak považuje za elementární částici vlákenného útvaru celé vlákno, u něhož zjišťuje nejen směr, ale i smysl. Vyšetřované směry pak zatřiďuje do úhlových intervalů v oboru od 0 do 2π.

Rupert /18/ převzal charakterizování vlákenné struktury z redakčního článku časopisu Text. World /19/. Rozložení vláken je zde charakterizováno počtem průsečíků všech vláken vyšetřovaného útvaru a úsečkou kolmou na vyšetřovaný směr. V příslušném histogramu jsou pak vynášeny poměrné počty průsečíků na ose Y a příslušné úhlové intervaly na ose X.

3.33 Určení základních prvků k vyhodnocení struktury

3.331 Metody přímé

Tyto metody jsou založeny na makroskopickém a mikroskopickém pozorování struktury vyšetřovaného útvaru. Pro vyhodnocení jsou sledovány směry vláken, směry jejich úseků, nebo počet průsečíků vláken s rovinou, jejíž směr je předem určen.

3.3311 Úplné určení polohy vlákna

Teoreticky je možné určit tvar a polohu vlákna z jeho vzá-

jemně kolmých průmětů. Prakticky však naráží tento způsob na potíže, zvláště u vlákenných útvarů plošného charakteru. Tyto práce prováděl Morton a Summers /20/ při zjišťování polohy vláken v česanci. O podobném zjišťování polohy vláken v rounu nebyla v literatuře nalezena zmínka.

Polohu vlákna v přástech a přízích sledoval u nás i kolektiv Výzk. ústavu bavlnářského, vedený Kašpárkem, který zatřiďuje tvar vlákna zjištěný na přístroji OMEST do charakteristických skupin /39/.

3.3312 Částečné určení polohy vlákna

Průmět vlákna do jedné roviny

Běžné vizuální pozorování tvaru vláken, uložených na povrchu textilního útvaru bylo zdokonaleno Mortonem a Summersem /20/ tím, že zviditelnili vlákna, uložená mimo povrchovou oblast pozorovaného útvaru. Před zpracováním vytvořili směs, obsahující asi 0,02 % značkovaných vláken. Vlastní pozorování pak prováděli při mírném zvětšení, kdy zkoumaný vlákenný útvar byl ponořen do tekutiny o stejném indexu lomu (světla), který má vlákenná hmota. Značkovaná vlákna, která mají jiné optické vlastnosti, jsou pak viditelná. Předpokladem tohoto zviditelnění je, aby vlákenná hmota pozorovaného textilního útvaru byla homogenní a aby vlákna nebyla barvena. Této metody bylo použito i v dalších pracech, např. Mortonem a Yenem /21/. Tvar vláken byl zatřiďován do skupin.

Hladík /22/ vyšetřoval polohu vláken v textilních útvarech během přípravy ke předení. Ke značkování vyšetřovaných vláken používal barviva a vlákna zatřiďoval do sedmi tvarových skupin.

Rovněž Godek /4/ použil k zviditelnění vyšetřovaných vláken jejich barevného odlišení. Zpracovávaná směs obsahovala maximálně 5 % barevně odlišných vláken. Textilní útvar byl pozorován při imersi do cedrového nebo parafinového oleje a základním údajem pro vyhodnocení byl směr celého vlákna. Vzhledem ke složitému tvaru vlákna byl za směr vlákna volen směr delší strany obdélníka opsaného vláknu a vyznačujícího se tím, že jeho plocha je minimální. Určení začátku a konce vlákna bylo dáno velikostí Y souřadnice, jejíž směr byl rovnoběžný se směrem odvádění. Konvencí bylo stanoveno, že za počátek vlákna je považován koncový bod s menší Y souřadnicí.

Raes /23/ zviditelňoval vlákna tak, že 1 % vlákenné směsi impregnoval roztokem "Fluorite". Preparát z vlákenného útvaru byl mezi dvěma deskami osvětlován rtuťovou lampou, čímž se impregnovaná místa zviditelnila. Samotné pozorování bylo namáhavé, avšak spojením s fotografováním zviditelněných vláken nenastaly další potíže. Metoda je omezena na zkoumání převážně plošných útvarů a pro pozorování vnitřní struktury přízí atp. doporučuje autor použít radioaktivní záření. Vyšetřovaná vlákna byla zařazována do pěti tvarových skupin. Podobného zviditelnění vláken použila i Suchova-Makarova /42/.

Taylor /24/ značkoval vlákna radioaktivní kyselinou fosforečnou a tvar vlákna fotografoval resp. kopíroval na fotomateriál citlivý k X paprskům. Podobně i Protasowa /25/ značkovala vlákna radioaktivním fosforem 32. Proměření tvaru vláken prováděla z jeho obrazu na negativním materiálu při 5,4násobném zvětšení. Použití radioaktivního záření má podle Raese /23/ tu výhodu, že jsou snadno zviditelněna i vlákna, ležící poměrně velmi hluboko pod povrchovou vrstvou textilního útvaru.

Průměty úseků vlákna

Petterson usuzoval na strukturu netkaných textilií /2/ z vyšetření většího počtu směrů úseků vláken. Vlákna pozoroval při zvětšení 100 x. Proměřoval směry vždy minimálně 500 vláken a bral v úvahu úseky vláken, které leží uvnitř kruhu o průměru 0,0255" (0,572 mm). Takto zjištěné směry vláken zatřiďoval do 18 úhlových intervalů, jejichž velikost byla 10°.

Hearle a Stevenson /1/ použil obdobné metody a zaostřováním mikroskopu na různé vrstvy pozorovaného preparátu dostal postupně údaje pro směry vláken, která ležela v různých rovinách kolmých k optické ose přístroje. Tvar posuzovaných úseků vláken zakresloval při zvětšení 320 x. Současně sledoval i zakřivení vláken c, dané vztahem

$$c = \frac{g}{k}$$

Zde g byla délka oblouku pozorovaného úseku vlákna a k délka příslušné tetivy.

Vyhodnocování prováděli oba autoři pomocí distribučních diagramů orientace.

Průmět úseku vlákna lze získat i reliefním otiskem /43, 44/. Kromě nesporných výhod této metody zvláště pro aplikace při měření orientace vláken přímo v průběhu výrobního procesu, je nutno počítat nejen s deformací rouna vlivem nutného přítlaku, ale i se skutečností, že se získává reliefní obraz jen povrchové vrstvy vyšetřovaného útvaru.

3.332 Metody nepřímé

3.3321 Úplné určení polohy vláken

V literární rešerši nebyly zjištěny žádné metody, které by umožňovaly řešení tohoto problému.

3.3322 Částečné určení polohy vláken

Dále uváděné metody jsou ve většině případů méně pracné než metody přímé, avšak jejich výsledky jsou ovlivňovány fyzikálně-mechanickými vlastnostmi zkoušeného textilního útvaru nebo vlákenného materiálu.

Využití hmotnosti textilního útvaru

Francouzskou firmou Litty /11/ byla vyvinuta metoda, která na základě "užitečné délky vláken" dovoluje určit stupeň paralelizace vláken. Zkoušení se provádí na přístroji Parallex /11/, vyvinutém toutéž firmou. Vzorek pramene, jehož délka je větší než dvojnásobná délka vláken, se ve své střední části upne do kleštin. Vlákna, která nejsou kleštinami držena, se na obou stranách třásně odstraní vyčesáním. Po vyčesání se zjistí hmotnost třásně G_T a z hmotnosti vzorku G_{VZ} a známé délky vzorku l_V se vypočte užitečná délka vláken E podle vztahu

$$E = \frac{G_T}{G_{VZ}} l_V$$

Stupeň paralelizace je pak určen vztahem /26/

$$O = \frac{E}{l} 100$$

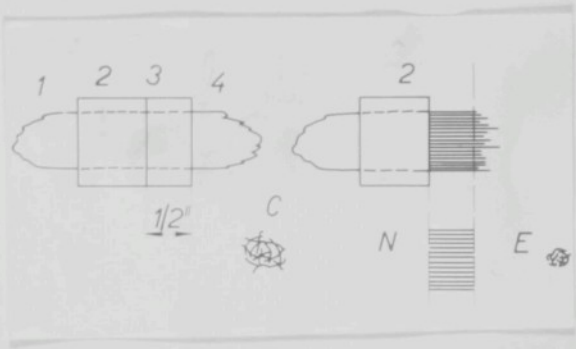
kde l je střední délka vláken. Poslední vztah lze upravit na

$$O = \frac{G_T \, čm_V}{l} 100$$

Zde $čm_V$ je metrické číslo vzorku.

Tato metoda byla použita v četných dalších pracech /26, 27, 28, 29/ a jak ukázal Brach /5/, je variační koeficient jednotlivých měření každé serie asi 10 %.

Lindsley /12/ provádí měření tak, že vzorek 1 upíná do kleštin, které se skládají z části 2 a 3. Část 3 tvoří šablonu dlouhou 1/2". Podél hrany této šablony je vzorek oříznut. Po odstranění šablony je vzorek vyčesán a zjištěna hmotnost výčesků C. Vyčesaná třáseň je upnuta do kleštin 3 a podél jejich hrany je oříznuta. Vážením jsou zjištěny hmotnosti oříznuté třásně N a přes hranu kleštin přečnívající části třásně E.



Obr. 1 Zjišťování hodnoty I a CR podle Lindsleyo

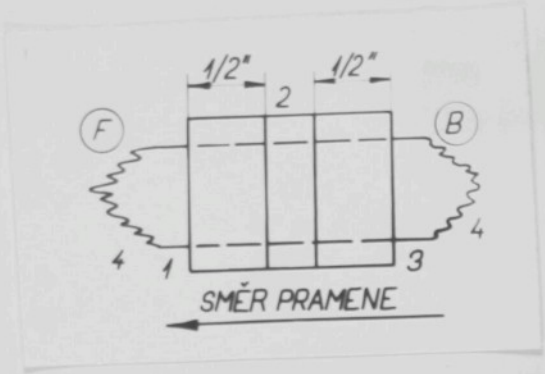
Výpočtem jsou pak určovány hodnoty

$$I = (1 - \frac{E}{N})\ 100$$

resp. poměr vyčesání

$$CR = \frac{C}{E + N}$$

Brachem /5/ byla pro srovnávací měření použita zdokonalená metoda, kde pramen je upnut do tří čelistí 1, 2, 3 a jeho konce jsou oříznuty. Po odstranění šablon 1 a 3 jsou přečnívající konce třásně vyčesány.



Obr. 2 Zjišťování hodnoty CRF a CRB dle Bracha

Ze zjištěných hmotností třásně N a N″ a výčesků C a C″ se vypočítá ukazatel

CRF = 100 C/N pro část třásně ve směru F
CRB = 100 C″/N″ pro část třásně ve směru B.

Tentýž autor udává, že odchylka měření je 7,2 % od průměrné hodnoty.

Leontěva /40/ zkoumá paralelizaci vláken v přástu a modifikací původní Lindsleyovy metody dochází ke vztahům charakterizujícím paralelizaci vláken a délku háčků.

U nás se touto problematikou zabývala Lehká a Kašpárek /41/, kteří navrhli přístroj ORIMET-U.

Využití mechanických vlastností textilního útvaru

Je známou skutečností, že pevnost textilního útvaru je mimo jiné závislá i na jeho struktuře.

Brach /5/ se odvolává na práci Rosse, který se svými spolupracovníky používal za nepřímý ukazatel paralelizace vláken měrnou pevnost pramene. Upínací délka vzorku byla menší než délka vláken. Brach svými pokusy dovozuje, že závislost měrné pevnosti R na střední délce vláken je typu

$$\log R = \text{const.}\ l$$

V tomto vztahu je l vzdálenost upínacích čelistí. Tentýž autor uvádí, že variační koeficient jednotlivých zkoušek je 6 %.

Brach /5/ rovněž prověřoval možnost použití metody Burta, Monforta a Francka, Brusadina a Upsowského. Tato metoda spočívá v tom, že měrné pevnosti L_a vyjádřené poměrem pevnosti pramene k jeho titru, při upínací délce 25 cm, jsou ukazateli stupně paralelizace vláken. Výsledek měření byl však negativní, neboť bylo zjištěno, že hodnoty L_a jsou funkcí mnoha proměnných a nejsou přímo závislé na poloze vlákna.

Bližší podrobnosti o nedostupné práci Löfgrena citované Wegerem a Peukerem /3/ nejsou známy. Ze vztahu pro orientaci, který byl uveden v předchozí části tohoto textu, však vyplývá, že tato metoda je poměrně pracná.

Michio /30/ ukazuje, že na základě jím citovaných prací je distribuce orientace vláken v úzké souvislosti s pevností textilie a tedy i rouna. Současně však podotýká, že pro vyloučení všech ostatních vlivů je nutné pracovat s tzv. "nulovou" upínací délkou zkoušeného vzorku a také upozorňuje na potíže při měření a na velké kvadratické odchylky jednotlivých měření, které dosahují hodnot až 20 %.

Nepřímo se problémem uložení vláken ve vztahu k pevnosti rouna zabývá i Rupert /18/ při studiu podmínek vrstvení pavučiny. Předpokládá, že pevnost rouna stejného typu je přímo úměrná jeho plošné hmotnosti, a že pevnost navrstveného rouna možno vypočítat na základě znalostí poměrů při vrstvení. Výpočet pak provádí geometrickým sčítáním pevností vrstvených útvarů.

Využití optických vlastností textilního útvaru

Orchard /14/ použil pro měření orientace vláken v pavučině optické metody, založené na měření světla, rozptýleného průchodem pavučinou. Svazek rovnoběžných paprsků byl průchodem hranolem rozdělen na dva svazky, stejně odchýlené od optické osy. Průchodem těchto svazků pavučinou nastává na jejich vláknech rozptyl světla, který je závislý na poloze vláken. Z údajů fotočlánku, který je umístěn v optické ose přístroje, lze sledovat závislost osvětlení na úhlu natočení pavučiny vůči hranolu. Z maximální a minimální hodnoty je pak usuzováno na stupeň orientace vláken pavučiny.

Uno, Saito, Koide a Yanagawa /15/ určují stupeň orientace ze světelného toku paprsků, odražených do roviny rovnoběžné s osou a do roviny ke směru osy pramene kolmé. Uno, Saito, Shimoi a Koide /31/ v pokračování předchozí práce rozdělují sekundární světelné složky na odražené a difusní. Rozdělení jednotlivých složek se provádí tak, že na straně světelného zdroje je polarizační filtr a na straně odraženého světla je měřicímu fotočlánku předřazen analyzátor. Odfiltrováním difuzních složek je údajně odstraněn vliv druhu vlákenné hmoty.

Hearle a Stevenson /1/ referují o bezúspěšných pokusech, které měly za cíl zjištění orientace vláken v rouně z profilu svazku rovnoběžných paprsků, které procházejí zkušebním materiálem. Rovněž bezúspěšné byly i jejich pokusy založené na měření orientace molekul, z nichž jsou složena vlákna, tvořící vyšetřovaný textilní útvar.

Měrný počet průsečíků vláken

Metoda je založena zřejmě na zjištění měrného počtu průse-

číků vláken s rovinami svazku, který stojí kolmo k pozorovací rovině. Měrný počet průsečíků je pak vztažen vždy k určité rovině tohoto svazku. Metodika není známá a Rupertem /18/ jsou doloženy pouze výsledky zřejmě převzaté z lit. /19/.

3.4 VLIV POUŽITÉ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE NA USPOŘÁDÁNÍ VLÁKEN

Hlavní strukturální rozdíly mezi rounem vyráběným pneumatickým způsobem a rounem navrstveným jsou všeobecně známé. V dřívější literatuře se mnohdy vyskytovaly názory, že je možno vyrobit izotopické rouno. Tyto názory autor vyvrátil ve své dřívější práci /32/ a na možnosti ovlivnění struktury pneumaticky vyráběného rouna upozornil v pozdější práci /33/.

Srovnání distribučních diagramů orientace vláken v rounech, vyrobených pneumatickým způsobem a rounech navrstvených, provedl Hearle a Stevenson /1/. Oba autoři rovněž srovnávali vlastnosti netkaných textilií, vyrobených impregnací obou těchto základních druhů roun.
Rupert /34/ srovnával jak vlastnosti, tak i výrobní technologie.

3.41 Rouno vyráběné pneumatickým způsobem

Je známo, že příprava surovin ovlivňuje kvalitu výrobku a tvar vláken. Na další souvislost - mezi výrobním postupem a strukturou rouna - upozornil autor ve své práci /35/, kde uvážil i možnosti ovlivnění orientace vláken v rouně již během transportu vláken mezi sjednocovacím ústrojím a usazovacím zařízením a posléze během vlastního usazování.

Během transportu je poloha vláken závislá na relativní rychlosti vlákna a nosného media v tom případě, jestliže působí pouze síly od aerodynamického odporu vlákna. Při vlastním ukládání vláken je poloha ovlivněna jednak kladecí silou, jednak tvarem usazovací podložky a blízkostí stěny. Ovlivnění polohy vlákna tvarem usazovací podložky dále rozvádí autor ve své pozdější práci /33/.

Studiem závislosti rovnoměrnosti plošné hmotnosti rouna na proudových poměrech během transportu vláken se zabývá Fuchs /36/ a rovněž o této problematice pojednal autor ve zprávách /33/ a /37/.

Zilani ve své přednášce /38/ referoval o vlivech, které ruší nahodilé uspořádání vláken v pneumaticky vyráběném rouně a tvrdí, že příčina příčné orientace vláken u roun s plošnou hmotností větší než 200 g/m^2 tkví v pomalém posuvu usazovací podložky. V těchto případech je aerodynamický odpor usazovací podložky překrytó vytvořenou částí rouna velmi proměnný. Usazování nastává sice na celé usazovací ploše, avšak v místech s malým aerodynamickým odporem je usazování nejintenzivnější. Pro rouna s větší plošnou hmotností se usazování koncentruje na poměrně velmi úzké části usazovací podložky a vzniká příčná orientace.

3.42 Rouno, vyráběné vrstvením

Při zkříženém vrstvení je základním technologickým požadavkem konstantní počet vrstvených útvarů podél příčného řezu rounem. Z tohoto základního požadavku pak vyplývají i vztahy mezi přiváděcí rychlostí vrstveného útvaru a odváděcí rychlostí navrstveného rouna, které jsou vázány na šířky obou útvarů. Tím jsou také dány údaje pro vzájemné nato-

čení hlavních směrů obou útvarů. Základní vztahy pro výpočty jsou uváděny v mnoha pramenech, např. /18/, /39/, /40/.

Vlastní orientace výsledného rouna se vypočítává na základě úhlu zkřížení /18/ a s přihlédnutím k poměru plošných hmotností vrstvených útvarů se po otočení obou distribučních diagramů sečtou příslušné radiusvektory orientace. V literatuře nebyla nalezena zmínka o tom, že by ve výpočtu byl vzat v úvahu i způsob zkříženého vrstvení.

Rovnoběžné vrstvení je obecně považováno za speciální případ vrstvení zkříženého a orientace navrstveného rouna je považována za shodnou s orientací vrstveného útvaru v tom případě, jestliže se vrství pouze jeden druh. V případě vrstvení několika druhů se přihlíží i k jejich plošné hmotnosti, avšak způsob vrstvení se opomíjí. Literární zpracování tohoto způsobu vrstvení nebylo nalezeno pravděpodobně proto, že případ je zdánlivě příliš jednoduchý.

3.5 ZÁVĚRY Z LITERÁRNÍ REŠERŠE

V prostudované literatuře nebyl nalezen pramen, který by se zabýval v plném rozsahu danou tématikou.

Hearleovu zmínku /1/ o tom, že nezjistil rozdíly mezi distribucí orientace vláken při srovnávání různých vrstev netkané textilie, nutno považovat pouze za povšechné konstatování, které se vztahuje zřejmě na pojené textilie (vyrobené impregnací rouna) o malé plošné hmotnosti. Je patrno, že při zkříženém vrstvení pavučin musí jednotlivé vrstvy vykazovat rozdílnou orientaci vláken. Je proto nutno přijmout názor, že struktura rouna je (obecně vzato) proměnná i v jednom vyšetřovaném souboru míst.

U pneumaticky vyráběných roun nejsou doposud jednoznačně stanoveny vlivy, které by umožňovaly stanovit závislosti mezi strukturou rouna a podmínkami při ukládání vláken.

U navrstvených roun lze za dnešního stavu vypočíst výslednou distribuci orientace, avšak praktický výpočet nemá obecný charakter, neboť nezahrnuje ovlivnění výsledné distribuce orientace způsobem vrstvení.

Měření tloušťky není sjednoceno. Jördrem /10/ navrhovaná metoda umožňuje vyloučení vlivů místních nerovnoměrností tloušťky, avšak měrný tlak na elementární částice rouna je zřejmě proměnný, takže i měrná hmotnost navrstvených vzorků bude proměnná a její hodnota bude klesat s rostoucí vzdáleností od podstavné plochy. V místech styku dvou na sobě ležících vzorků nutno předpokládat anomálie. Výsledky měření tloušťky podle Jördra nejsou zřejmě srovnatelné s výsledky měření podle ČSN 80 0813 ani tehdy, jestliže budou přepočteny na stejný měrný tlak.

Poloha vláken vzhledem k předem vytčenému směru může dostatečně charakterizovat vlákna pouze v těch útvarech, které mají plošný charakter. Pro vyhodnocení polohy vláken v rouně a zvláště pro další aplikace je nutno použít metody, které dávají přehled o prostorovém uspořádání vláken.

Metody zjištění základních prvků pro vyhodnocení polohy v prostoru jsou aplikovatelné pouze u pramenů, česanců a podobných textilních útvarů s vysokým stupněm jednosměrné orientace vlákna. Aplikace těchto metod pro vyšetření plošných útvarů nebyla v literatuře nalezena.

Částečné určení polohy vláken jeho jedním průmětem do roviny je prakticky snadno proveditelné pro rouna s malou plošnou hmotností.

Použití této metody pro rouna s velkou plošnou hmotností nebylo dosud publikováno. V literární rešerši byly nalezeny zmínky pouze o vyšetřování průmětů vláken, tvořících pojenou textilii. V tomto případě je však nutno předpokládat, že během pojení bylo vlákno značně deformováno, takže výsledky nemohou být přímo srovnávány s uložením vláken v rouně.

Zatřídění tvarově podobných vláken do charakteristických skupin je vhodné pro sledování funkce ojednocovacího nebo průtažného ústrojí zvláště v těch případech, kdy se jedná o prameny, přásty, resp. česance. Ve spojení s početním určením stupně paralelizace lze získat dobrý obraz o stavu vláken.

Nahradí-li se průmět vlákna jeho směrem, lze k vyhodnocení použít distribučního diagramu, v němž může být zachycen i konvenčně stanovený smysl vlákna. V tomto případě je však nutno předpokládat, že nahrazení složitého průmětu vlákna úsečkou, udávající směr, není zcela přesné.

Zastoupení směrů daných průmětem vláken do roviny je zachyceno na distribučním diagramu orientace vláken. V tomto případě není zjišťován ani tvar ani smysl vlákna, takže vlákno jako jedinec není bráno v úvahu.

Měrný počet průsečíků vláken se svazkem rovin charakterizuje sice rozložení vláken, avšak výsledné hodnoty nelze přímo srovnávat s distribučními diagramy orientace.

Metody, které využívají hmotnosti textilního útvaru pro vyšetření polohy vláken, jsou značně ovlivněny chybou, vznikající při vyčesávání třásně, zvláště tehdy, jestliže vyčesávání není provedeno na speciálním přístroji. Metoda Litty, která toto nebezpečí značně snižuje, však předpokládá zjištění střední délky vláken, které zvláště při vícekomponentních rounech je značně problematické. U metody Lindsleyovy /12/ a metody Brachovy je výsledek měření zřejmě závislý na délce vláken, resp. podle délky vláken

je nutno upravovat i délku ořezávací šablony.

Metody, využívající mechanické vlastnosti textilního útvaru, jsou celkem jednoznačně kritizovány Michiem. Rossova metoda pro zjišťování paralelizace vláken v pramenu, ověřená Brachem, je v rozporu s Michiovým stanoviskem. Je nutno předpokládat, že stejně tak jako Burtův způsob zjišťování orientace vláken, je i mnoha rušivými faktory zatížena metoda Löfgrenova.

Optické metody pro vyšetření paralelizace, resp. orientace vláken v rouně, jsou použitelné pouze v omezeném rozsahu. Orchardova metoda je omezena průsvitností zkoumaného útvaru a v důsledku tvrzení o rušivém vlivu difusního světla je nutno předpokládat omezenou srovnatelost výsledků. Rovněž i metoda, vyvinutá Unem /31/, který se svými spolupracovníky odstranil rušivý vliv difusního světla, je použitelná jen ke zkoumání povrchových oblastí vyšetřovaných útvarů.

Při literární rešerši nebyla nalezena definice směru vlákna, která by tento faktor jednoznačně charakterizovala. V dalších úvahách je tedy nutno vycházet z elementárních částic vlákna, pro něž lze stanovit směr s daleko větším přiblížením se ke skutečnosti než při stanovení směru vlákna. Jestliže je úsek vlákna považován za tuto elementární částicí rouna, pak je orientace definována jako distribuce poměrné četnosti prostorových směrů úseků vláken.

Z literární rešerše nevyplynula možnost zjištění prostorových směrů úseků vláken a jejich zatřídění. Zjednodušením problému na dvourozměrný prostor (plochu) se přímo dospěje k Hearle-Stevensonově metodě, kterou autor zvolil jako výchozí.

K této volbě se autor rozhodl i proto, že výsledky (v podobě distribučních diagramů nebo tabulek) mohou být vzaty jako vstupní údaje pro další úvahy.

4 TEORETICKÁ ČÁST

4.1 TVAR ROUNA

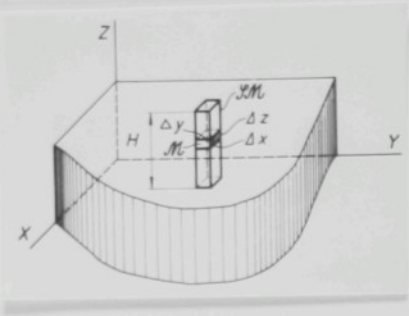
Rouno je značně složitý prostorový útvar s diskontinuálním rozložením vlákenné materie. Také jeho povrch není vymezen kontinuální plochou, takže zjišťování hlavních rozměrů, jmenovitě pak tloušťky, je nutno stanovit konvencí.

Tloušťka rouna je pro textilní výrobky plošného charakteru definována jako vzdálenost dvou paralelních rovinných ploch dané velikosti, které jsou k textilnímu útvaru přitlačovány stanovenou silou. Poněvadž není k dispozici příslušná ČSN, byla (pro potřeby této práce) zvolena přítlačná plocha 100 cm^2 a měrný tlak 10 kp/m^2.

Délka a šířka rouna byla v případě potřeby zjišťována odměřením vzdáleností řezů kolmých na daný směr.

Pro upřesnění popisu bude k vymezení určitých oblastí v rounu používáno těchto názvů :

- místo $\mathcal{M}$ je prostorová část rouna, která má tvar přímého hranolu o délce stran Δx, Δy, Δz. Vzhledem k praktickým požadavkům lokálního vyšetření nutno připustit velikost Δx a Δy srovnatelnou s velikostí mikroskopického preparátu (tedy řádově v centimetrech). Naproti tomu velikost Δz řádově se pohybuje v desetinách centimetrů.
- soubor míst $\mathcal{SM}$ je prostorová část rouna obsahující všechna místa, která vzájemně sousedí ve směru jeho tloušťky. Soubor míst má rovněž tvar přímého hranolu o stranách Δx, Δy, H.



Obr. 3 Vymezení oblasti v rouně

4.11 Náhradní rouno

Pro potřeby této práce je nutno stanovit geometricky jednoduchý tvar rouna, který by mohl zastoupit pro některé případy skutečné rouno. Z tohoto hlediska je třeba zjednodušit rozložení vlákenné hmoty v rouně a omezit náhradní rouno pevnými stěnami.

Diskontinualitu místní měrné hmotnosti skutečného rouna lze zjednodušit tím, že hodnoty měrné hmotnosti budou zprůměrovány a pro přesné vyšetření budou vzájemně srovnávána jen ta místa rouna, která vznikala za stejných technologických podmínek.

Náhradní rouno je tedy těleso omezené dvěma hlavními plochami řezů, vedených rovnoběžně se směrem místní tloušťky. Hlavní určovací plocha náhradního rouna je shodná s podstavnou plochou skutečného rouna a její vzdálenost od druhé omezující hlavní plochy je dána příslušnou místní tloušťkou. Měrná hmotnost v jednotlivých místech náhradního rouna je dána průměrem měrných hmotností vzájemně si odpovídajících míst ve skutečném rouně.

Pro zvláštní účely možno provést další zjednodušení rouna tak, že náhradní rouno je převedeno na dvourozměrný útvar, který souhlasí s určovací plochou původního rouna. Místní plošná hmotnost náhradního rouna je pak souhlasná s místní plošnou hmotností rouna původního. V tomto případě však nelze u náhradního rouna mluvit ani o jeho tloušťce, ani o měrné hmotnosti.

V souvislosti s tvarovou charakteristikou rouna budou dále používány ještě tyto pojmy :

- příčný profil, který je dán řezem náhradního rouna. Tento řez je kolmý k hlavnímu směru (Hlavní směr v rouně je určen v následujícím odstavci).
- podélný profil je dán řezem, který je rovnoběžný s hlavním směrem. Plocha tohoto řezu je kolmá k určovací ploše rouna.

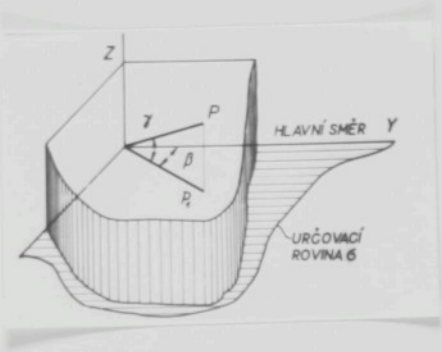
4.12 Souřadnicový systém

V další práci budou uvažovány pouze jednoduché tvary určovací plochy, a to určovací plocha rovinná nebo válcová. Návazně na to budou používány dva souřadnicové systémy :

- systém pravoúhlých souřadnic (pro určovací plochu rovinnou),
- systém válcových souřadnic (pro určovací plochu válcovou.

4.121 Systém pravoúhlých souřadnic

Systém pravoúhlých souřadnic bude ve všech případech pozitivní, takže kladný smysl osy X lze určit v závislosti na kladných smyslech os Y a Z.



Obr. 4 Systém pravoúhlých souřadnic

Směr osy X je rovnoběžný se směrem pracovní šířky stroje, na kterém bylo rouno vyráběno. Pro případ, kdy pracovní šířku stroje nelze jednoznačně určit (diskontinuální výroba rouna), nutno tento směr individuálně stanovit.

Směr a smysl osy Y je souhlasný se směrem (a smyslem) odvádění rouna z výrobního stroje. Tento směr bude nazýván hlavním směrem. V případě diskontinuální výroby je nutno stanovit hlavní směr individuálně.

Směr a smysl osy Z je souhlasný se směrem (a smyslem) tloušťky rouna, které spočívá na rovině XY, přičemž se předpokládá, že tloušťka rouna je měřena od této (určovací) roviny.

Počátek souřadnicového systému je v případě potřeby nutno stanovit dohodou. Ve většině případů však není třeba počátek určovat.

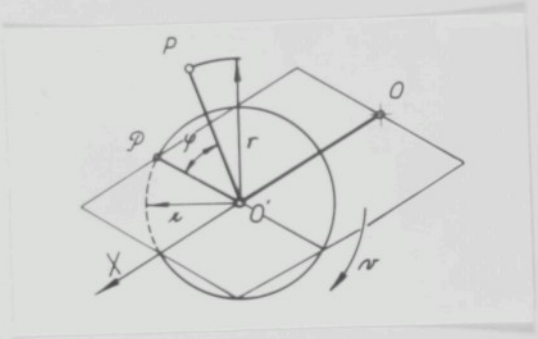
Směr v rouně bude určován úhlem β, ležícím v rovině XY, jehož velikost je měřena od hlavního směru. Druhý určovací úhel je γ, leží v rovině kolmé k XY. Jeho velikost je pak od této roviny měřena.

Pro dvourozměrné posuzování rouna bude použito pouze rovi-

ny XY, kteří v tomto případě nahrazuje skutečné rouno. Jednotlivé body skutečného rouna jsou v tomto náhradním rouně dány svými kolmými průměty do roviny XY. Pro měření směru pak odpadá úhel γ a směr kolmého průmětu přímky je určen pouze úhlem β.

4.122 Systém válcových souřadnic

Osa X splývá s osou usazovacího zařízení a je rovnoběžná i s pracovní šířkou stroje.



Obr. 5 Systém válcových souřadnic

Délka průvodiče bodu (r) je dána vzdáleností bodu P od osy X.

Úhel určující odchylku průvodiče bodu (φ) se měří od roviny proložené osou X a voleným bodem $\mathcal{P}$.

Při pohledu proti kladnému smyslu osy X roste úhel φ otáčením průvodiče ve směru hodinových ručiček.

Počátek soustavy je volen jako v předchozím případě.

4.2 STRUKTURA ROUNA

4.21 Vlákno

Struktura rouna je ovlivněna jen tvarem vlákna, kdežto ostatní mechanicko-fyzikální vlastnosti vlákna nemají na strukturu rouna vliv.

Geometrický tvar vlákna se v průběhu přípravy materiálu, ojednocování a tvorby rouna mění. Z tvarových charakteristik prakticky neměnný zůstává jen příčný profil vlákna, zatímco délka vlákna se zkracuje a nastává podstatná změna tvaru osy vlákna.

Vlákno lze proto nahradit zjednodušeným (náhradním) vláknem a vyšetření tvaru jeho osy, resp. způsobu uložení možno pak použít za podklad pro posouzení struktury rouna.

4.211 Náhradní vlákno

Definuje-li se příčný řez vláknem jako řez, jehož plocha je nejmenší a osa vlákna jako geometrické místo těžišť všech příčných řezů, pak z hlediska tvaru a rozložení hmoty lze stanovit geometrické vlastnosti náhradního vlákna tak, aby při vyšetřování struktury rouna byly výchozí podmínky co nejjednodušší a výsledky odpovídaly co nejvíce skutečnosti.

Z tohoto hlediska se náhradní vlákno vyznačuje tím, že jeho

- osa je shodná s osou skutečného vlákna
- příčné řezy jsou kruhové a shodné
- objem je shodný s objemem skutečného vlákna
- hmotnost je shodná s hmotností skutečného vlákna
- měrná hmotnost je konstantní.

S přihlédnutím k těmto podmínkám plyne pak následující závislost pro průměr náhradního vlákna d_n :

$$d_n = 2\sqrt{\frac{V}{\pi l}}$$

Zde V znamená objem skutečného vlákna a l jeho délku.

4.2111 Základní pojmy pro popis vlákna

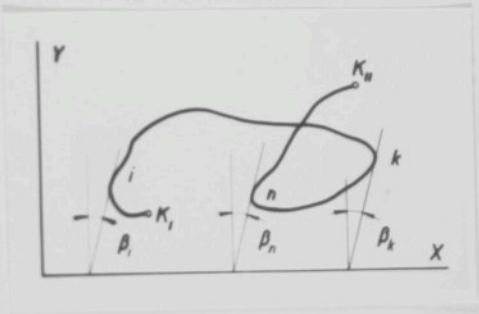
Pro souvislost textu jsou zde zopakována vymezení pojmů, které byly uvedeny v předchozích odstavcích :
Příčný řez vláknem je řez, jehož plocha je minimální.
Osa vlákna je geometrické místo těžišť všech příčných řezů.
Náhradní vlákno (dále jen vlákno) má příčné řezy kruhové, vzájemně shodné, jeho měrná hmotnost je konstantní a s původním vláknem má stejnou délku, hmotnost a tvar osy vlákna.
Konvenčně je pak nutno vymezit následující pojmy :
Koncové body vlákna jsou průsečíky vlákna s jeho osou.
Počátek vlákna (označovaný K_I) je koncový bod, jehož Y souřadnice je menší než tato souřadnice příslušná druhému koncovému bodu.
Konec vlákna (označovaný K_{II}) je koncový bod, jehož Y souřadnice je větší než Y souřadnice příslušná druhému koncovému bodu.
Kladný smysl na ose vlákna je dán smyslem postupného pohybu po ose vlákna od jejího počátku ke konci.
Délka osy vlákna je dána vzdáleností obou koncových bodů napřímeného vlákna.
Směr vlákna nelze jednoznačně určit, neboť vlákno je nepravidelně zakřivené. Pro dvourozměrné posuzování tvaru vlákna se někteří autoři pokusili konvenčně stanovit směr vlákna jako spojnici jeho koncových bodů, jako směr delší strany vláknu opsaného obdélníka o minimální ploše atp.

Je zřejmé, že tyto konvence mohou vystihnout skutečnost pouze ve zvláštních případech. Obecně nutno charakterizovat směr vlákna na základě statistického vyhodnocení směrů jeho úseků.

Úsek osy vlákna je část osy vlákna, jejíž délka je stanovena konvencí, přičemž je nutno přihlédnout k poloměrům křivosti osy vlákna. Úsečky osy vlákna jsou považovány za přímku.

Směr úseku osy vlákna je dán úhlem jeho kolmého průmětu (do určovací roviny) s hlavním směrem β a úhlem s, určovací rovinou označovaným γ.

Sousedním úsekům vlákna přísluší směry vzájemně jen málo odlišné. Při zevrubném vyšetřování směru je nutné, aby bylo postupováno od počátku ke konci vlákna. Tento postup je nutný proto, aby z postupné změny směrů jednotlivých úseků bylo možno usoudit, zda naměřený úhel se neliší od skutečné hodnoty o $\pm n\pi$. Tento případ je patrný z dalšího obrázku, kde je znázorněn průmět vlákna do roviny XY. Měření směru jsou provedena v bodech i, k, n. Hodnoty směrové odchylky pro jednotlivé body jsou : $\beta_1 = \beta_i$; $\beta_k = \beta_i + \pi$; $\beta_m = \beta_i + 2\pi$.

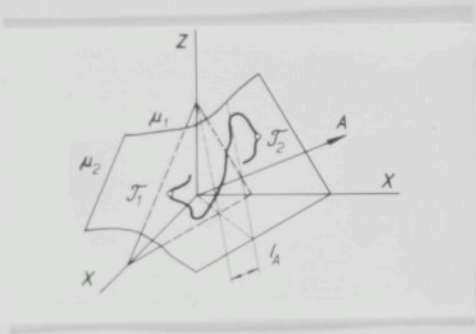


Obr. 6 Určení směrů úseků osy vlákna

Smysl úseku osy vlákna je dán kladným smyslem pohybu po ose vlákna od jeho počátku ke konci.
Pro ty případy, kdy není nutno brát zřetel na smysl osy vlákna, lze určovat směr úseku osy vlákna pouze v oboru hodnot β od $-\pi/2$ do $+\pi/2$.

4.2112 Zjednodušené charakteristiky tvaru osy vlákna

Tvar osy vlákna možno zjednodušeně charakterizovat přirovnáním jeho skutečné délky l k efektivní délce vlákna nebo k délce průmětu vlákna.



Obr. 7 Efektivní délka vlákna

Efektivní délkou vlákna se rozumí vzdálenost dvou rovin μ_1 a μ_2. Tyto roviny jsou kolmé na daný směr A a dotýkají se vlákna v tečných bodech $\mathcal{T}_1$ a $\mathcal{T}_2$. Efektivní délka je pak označována l_A, kde A značí dohodnutý směr.

Míra napřímení osy vlákna λ_A vzhledem k danému směru A je definována jako efektivní délka vlákna l_A, vyjádřená v procentech jeho původní délky l.

$$\lambda_A = \frac{l_A}{l} \cdot 100$$

Míra plošného rozložení osy vlákna λ_p je dána délkou kol-

mého průmětu vlákna l_p do roviny p [x)] vyjádřenou v procentech jeho původní délky l .

$$\lambda_p = \frac{l_p}{l} \cdot 100$$

4.22 Soustava vláken

Pozorováním rouna je možno se přesvědčit, že vlákna jsou uspořádána podle určitého systému, v němž je úloha vlákna jako jedince značně potlačena. Struktura rouna má tedy statistický charakter a k jejímu vyšetření nutno vzít v úvahu polohu velkého počtu vláken. Tomuto předpokladu pro získání základních údajů zřejmě nevyhovuje počet vláken, která jsou uložena v jednom místě rouna. Je tedy nutno brát v úvahu polohu vláken v několika místech, která jsou vzájemně srovnatelná.

Poloha vzájemně srovnatelných míst v rounu je závislá na technologických podmínkách, při kterých se tato místa rouna tvořila. Nutno totiž předpokládat, že za stejných technologických podmínek je největší pravděpodobnost vzniku vzájemně srovnatelné struktury. Půjde tedy o to, zjistit, ve které fázi výrobního cyklu nastávají stejné podmínky a která místa v rounu se při těchto podmínkách tvoří.

Tento předpoklad lze dodržet pouze pro lokální vyšetřování struktury rouna, kdy lze sobě odpovídající místa v rounu skutečně vyhledat.

---

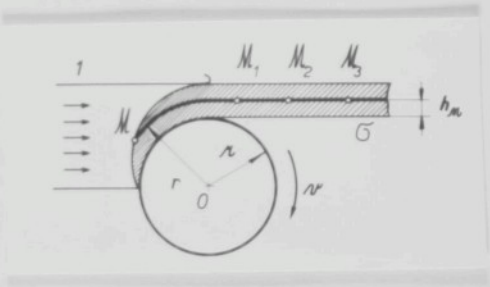
x) Poznámka : Název "míra plošného rozložení" není zcela výstižný, neboť λ_p může být menší než 100 % i v těch případech, leží-li vlákno v rovině svírající se směrem projekce úhel jiný než 90°. Jedině v případě, kdy vlákno leží v rovině kolmé na směr projekce, platí, že λ_p = 100 %.

Pro vyšetření struktury oblasti rouna nutno se však uchýlit ke zprůměrovaným ukazatelům struktury, nebo v dané oblasti vztáhnout strukturu rouna k několika souborům míst.

4.221 Vzájemně srovnatelná místa a jejich soubory

4.2211 Pneumaticky vytvářené rouno

Za ideálního stavu se na kontinuálně pracujícím pneumatickém rounovacím stroji vytváří rouno tak, že technologické podmínky v jednotlivých místech kanálu 1 jsou časově neměnné. Jsou tedy technologické podmínky, při kterých se vytvořilo rouno v místě M stejné, jako byly podmínky tvorby v místech M_1, M_2, M_3, která se během dřívější výroby nacházela v tomtéž místě kanálu, v němž se nachází ve stávajícím okamžiku bod M. Jednotlivá místa M_k si tedy vzájemně odpovídají a možno předpokládat, že relace mezi jejich strukturou bude ovlivněna jen nestálostí jevu.



Obr. 8 Srovnatelná místa v rouně

Vzájemně srovnatelná místa v pneumaticky vytvářeném rouně vyplňují plochu ekvidistantní k určovací rovině σ.

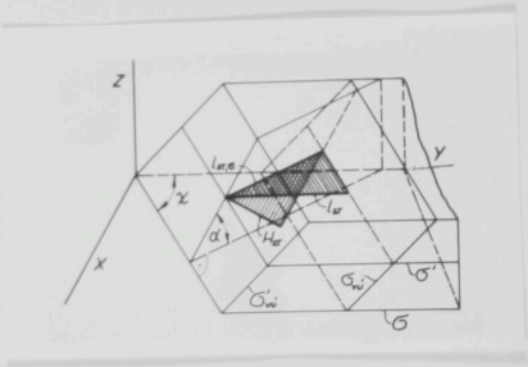
4.2212 Navrstvené rouno

Při kladení jednotlivých vrstev je dodržován stanovený program, který se po jedné periodě (střídě) vždy opakuje. V údobí příslušném jedné periodě se vyrobí délka rouna l_{st}. Budou tedy místa, která jsou ve směru odvádění navrstveného rouna vzájemně vzdálena o tuto vzdálenost, srovnatelná tehdy, jestliže souhlasí i jejich souřadnice X a Y.

Hodnotu l_{st} možno vypočítat na základě známé rychlosti odvádění rouna v a doby jedné periody t_p.

Pak

$$l_{st} = v \cdot t_p$$



Obr. 9 Srovnatelná místa v navrstveném rouně

Hodnotu l_{st} možno vypočítat i ze známých údajů o vrstvení. Celková tloušťka vrstev tvořících jednu střídu je H_{st}, úhel zkřížení je χ a úhel α je sevřený určovací rovinou navrstveného rouna σ s určovací rovinou vrstveného útvaru $\sigma_{vú}$. Pro průmět $l_{st\sigma}$ platí :

$$l_{st\sigma} = \frac{H_{st}}{\sin\alpha}$$

Po promítnutí této délky do směru Y dostáváme závislosti pro l_{st} :

$$l_{st} = \frac{H_{st} \sin \chi}{\sin \alpha}$$

Vzájemně srovnatelná místa v navrstveném rouně leží v rovině rovnoběžné s určovací rovinou a jsou navzájem vzdálená (v hlavním směru) o l_{st}.

4.232 Údaje určující strukturu - základní pojmy

Úhlový interval. Pro rovinné vyšetřování směrů úseků vláken je úhlový interval omezen paprsky vzájemně odchýlenými o úhel δ. Závislost mezi počtem úhlových intervalů m připadajícím na jednu otáčku a jeho velikostí δ je dán vztahem $\delta = 2\pi/m$. Do úhlového intervalu se zatřiďují všechny směry ležící mezi oběma ohraničujícími paprsky. Jeho osa udává pak jmenovitý směr.

Četnost směrů úseků vláken je volný vektor, jehož velikost je dána počtem úseků vláken směřujících (přesně) daným směrem.

Orientace úseků osy vláken je volný vektor, jehož velikost je dána počtem úseků osy vláken zatříděných do příslušného úhlového intervalu. Směr orientace je souhlasný se směrem (osou) jmenovitého úhlového intervalu.

Od četnosti směrů úseku vláken liší se hodnota orientace tím, že zahrnuje nejen úseky vláken směřujících podél osy příslušného úhlového intervalu, nýbrž všechny úseky vláken, které spadají do příslušného úhlového intervalu. Pro číselnou velikost orientace a četnosti úseků vláken bude tedy platit :

$$O_\beta \leq \mathcal{O}_\beta$$

kde $\mathcal{O}_\beta$ je orientace a O_β je četnost směrů úseků vláken.

Poměrná četnost směrů úseků vláken je vyjádřena procentem úseků vláken, připadajících do daného směru, ze všech vyšetřovaných úseků vláken.

$$o_\beta = \frac{O_\beta}{\Sigma O_\beta} 100$$

Poměrná orientace úseků osy vláken je vyjádřena obdobně jako jejich poměrná četnost a udává procentuální hodnotu orientace v daném směru.

$$\vartheta_\beta = \frac{\varphi_\beta}{\Sigma \varphi_\beta} \cdot 100$$

Orientované rouno se vyznačuje tím, že distribuční diagram orientace dosahuje pro určitý směr maximální hodnoty. Orientované rouno je typem běžně se vyskytujícího rouna. Míra orientace rouna je poměr maximální a minimální orientace úseků vláken. Je dána vztahem :

$$\lambda_\vartheta = \frac{\vartheta_{max}}{\vartheta_{min}}$$

nebo

$$\lambda_\varphi = \frac{\varphi_{max}}{\varphi_{min}}$$

Plošně orientované rouno vykazuje převažující orientaci vláken v ploše. Charakteristický znak plošně orientovaného rouna λ_p vzrůstá s klesající tloušťkou rouna. Pro ideálně plošně orientované rouno pak platí $\lambda_p = 100$. Současně však i $\lambda_A = 100$ pro směr A daný směrem os vláken. Plošně neorientované rouno nevykazuje vzhledem k určovací ploše převažující jednosměrnou orientaci, takže $\lambda_\vartheta = \lambda_\varphi = 1$. Toto rouno je z teoretického hlediska snadno vyrobitelné, avšak prakticky jak strojní zařízení, tak i podmínky manipulace znemožňují dosáhnout tento stav.

Neorientované rouno je charakterizováno tím, že orientace úseků vláken je ve všech prostorových směrech stejná, tak-

že míra jeho prostorové orientace je rovná jedné. Možnost výroby neorientovaného rouna je zásadně dvojí :

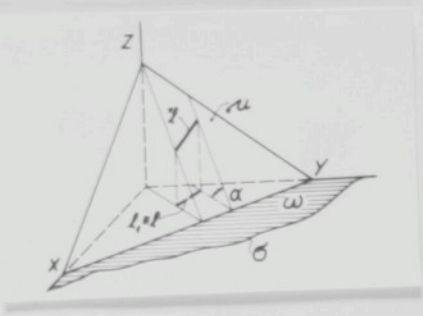
- záměrným kladením vláken tak, aby jejich poloha vyhovovala předchozí podmínce,
- nahodilým kladením při vyloučení všech vlivů, které by nahodilost rušily.

První způsob není za dnešního stavu techniky proveditelný. Druhým způsobem nelze dodnes vyrobit rouno, které by plně vyhovovalo, neboť nelze zmenšit rušivé vlivy natolik, aby byly oproti fyzikálním vlastnostem vlákna zanedbatelné. Izotropické rouno má všechny (tedy nejenom strukturální) vlastnosti stejné ve všech prostorových směrech. Neorientované rouno vyhovuje tomuto pojmu jen z hlediska struktury, takže oba pojmy nelze ztotožňovat. S pojmem izotropického rouna nelze z těchto důvodů ztotožňovat ani pojem "plošně neorientované rouno".

Pseudoorientace vzniká u plošně orientovaných roun tím, že rovina plošné orientace není rovnoběžná s určovací rovinou, vůči níž je struktura plošně vyšetřována. Vyhodnocením kolmých průmětů úseků vláken do určovací roviny pak vzniká dojem, že orientace v určitých směrech vzrůstá a v jiných naopak klesá.

4.2221 Výpočet vztahů mezi délkami a směry odpovídajících si úseček při pseudoorientaci

Leží-li úsečka ${}^{x}l$ v rovině plošné orientace rouna odchýlené o úhel α od jeho určovací roviny σ dané rovinným souřadnicovým systémem XY, pak je zřejmé, že skutečná délka úsečky ${}^{x}l$ a její průmět l jsou v perspektivně afinním vztahu.



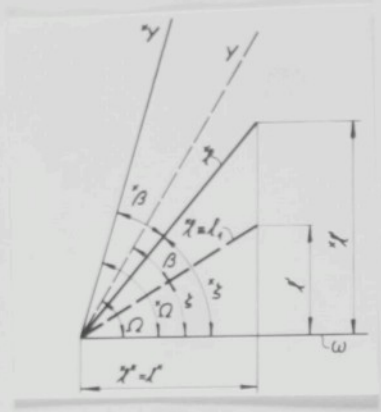
Obr. 10 Vznik pseudoorientace

Tato perspektivní afinita je charakterizována osou w, směrem afinity (který je v tomto případě kolmý k ose) a poměrem sobě odpovídajících vzdáleností bodů od osy w.

$$c = \frac{{}^{x}\ell}{{}^{x}\ell \cos\alpha}$$

$$c = \frac{1}{\cos\alpha} \qquad (4.2/1)$$

Vztah distribučního diagramu orientace, kresleného v polárním souřadnicovém systému, příslušný rovině μ k jeho průmětu do roviny σ totožné s XY, je patrný z následujícího obrázku. Pro rovinu μ jsou jednotlivé údaje označovány indexem ^{x}. Úhel hlavního směru ^{x}Y vůči ose perspektivní afinity je $^{x}\Omega$ a vyšetřovaná úsečka svírá s hlavním směrem úhel $^{x}\beta$. Úhel sevřený rovinou μ a rovinou XY je označený α. V obrázku je nakreslen stav po vzájemném splynutí roviny XY s rovinou μ tím, že jedna z nich je pootočena o úhel α.



Obr. 11 Perspektivně afinní vztah úseku vlákna a jeho průmětu

Tento případ bude prošetřen ze dvou hledisek, v nichž je sledována :

- závislost změny délky úsečky na její poloze v rovině,
- závislost zkreslení sobě odpovídajících úhlů.

Změna délky úsečky

Směrnice přímky ${}^{x}\ell$ je určována jako ${}^{x}\mathcal{K}$ a rovná se tangentě úhlu ${}^{x}\xi$. Obdobně směrnice přímky ℓ se rovná tangentě úhlu ξ .

$$ {}^{x}\mathcal{K} = \frac{{}^{x}\ell'}{{}^{x}\ell''} \qquad (4.2/2a) $$

$$ \mathcal{K} = \frac{\ell'}{\ell''} \qquad (4.2/2b) $$

Spojením obou předchozích vztahů a dosazením za $\ell' = {}^{x}\ell' \cos\alpha$ plyne :

$$ \mathcal{K} = \frac{\mathcal{K}}{\cos\alpha} $$

$$ {}^{x}\mathcal{K} = \mathcal{K} \cdot c \qquad (4.2/3) $$

Pro poměr délek pak platí

$$\frac{{}^{x}l}{l} = \frac{\sqrt{{}^{x}l'^2 + {}^{x}l''^2}}{\sqrt{l'^2 + l''^2}}$$ a dosazením za l', l'' a ${}^{x}l', {}^{x}l''$

z rovnic 4.2/2a, 4.2/2b plyne

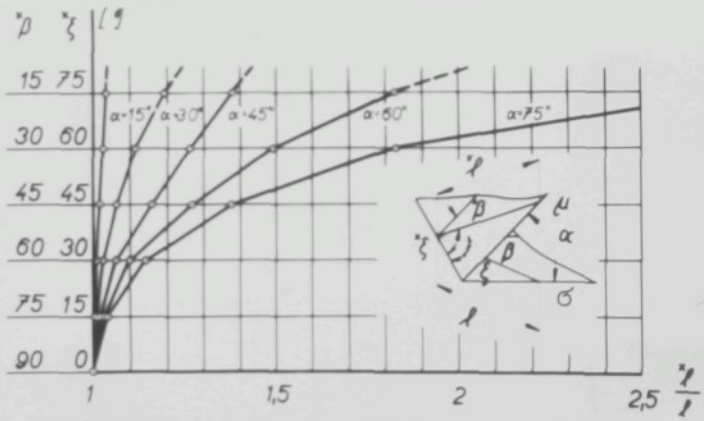
$$\frac{{}^{x}l}{l} = \frac{\sqrt{{}^{x}\mathcal{K}^2+1}}{\sqrt{\mathcal{K}^2+1}}$$

Dalším dosazením za $\mathcal{K}$ z rovnice 4.2/3 vyplývá konečný vztah

$$\frac{{}^{x}l}{l} = \frac{\sqrt{{}^{x}\mathcal{K}^2+1}}{\sqrt{{}^{x}\mathcal{K}^2/c^2+1}} \qquad (4.2/4)$$

Z rozboru tohoto vztahu vyplývá, že pro úhel α proměnný v intervalu od 0 do $\pi/2$ nabývá $1/c^2$ hodnot od 1 do 0. Jmenovatel výrazu 4.2/4 je tedy menší než jeho čitatel.

Průběh této závislosti je znázorněn v následujícím vrstevnicovém diagramu.



Obr. 12 Změna délek při pseudoorientaci

Změna úhlů

Pro vyšetření vztahů úhlů ${}^{x}\beta$ a β je použito obdobného označení směrnic jako v předchozím případě. Pro osu Y platí :

$$ {}^{x}\mathcal{K}_y = \operatorname{tg} {}^{x}\Omega $$

$$ \mathcal{K}_y = \operatorname{tg} \Omega $$

Vztah mezi směrnicemi ${}^{x}\mathcal{K}_y$ a $\mathcal{K}_y$ je podle 4.2/3

$$ {}^{x}\mathcal{K}_y = \mathcal{K}_y c \qquad (4.2/5a) $$

$$ {}^{x}\mathcal{K} = \mathcal{K} c \qquad (4.2/5b) $$

Pro úhel dvou přímek, v tomto případě Y a ℓ, daných jejich směrnicemi, je dána závislost

$$ \operatorname{tg} \beta = \frac{\mathcal{K}_y - \mathcal{K}}{1 + \mathcal{K}_y \mathcal{K}} $$

Použitím této závislosti pro poměr úhlů ${}^{x}\beta$ a β plyne

$$ \frac{{}^{x}\beta}{\beta} = \frac{{}^{x}\beta}{\operatorname{arctg} \dfrac{\mathcal{K}_y - \mathcal{K}}{1 + \mathcal{K}_y \mathcal{K}}} $$

Po dosazení ze vztahů 4.2/5a a 4.2/5b obdržíme

$$ \frac{{}^{x}\beta}{\beta} = \frac{{}^{x}\beta}{\operatorname{arctg} \dfrac{({}^{x}\mathcal{K}_y - {}^{x}\mathcal{K})c}{c^2 + {}^{x}\mathcal{K}_y {}^{x}\mathcal{K}}} $$

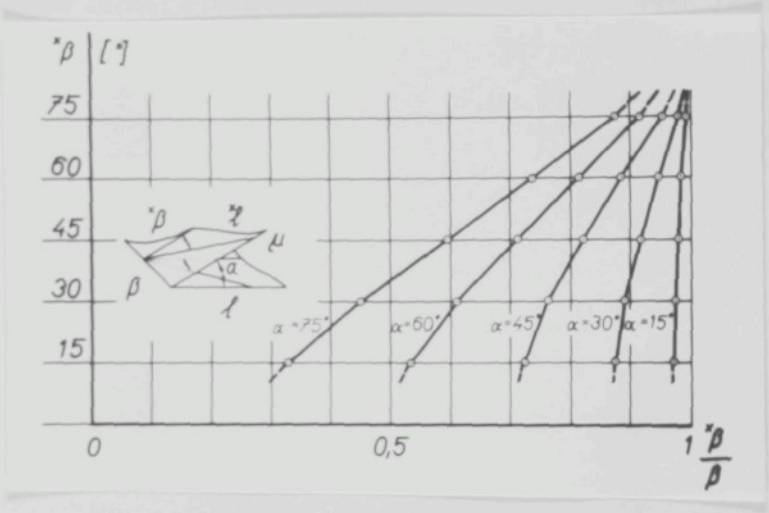
Vyjádří-li se úhel β pomocí směrnic přímek X_y a ${}^{x}\ell$, pak

$$ \frac{{}^{x}\beta}{\beta} = \frac{\operatorname{arctg} \dfrac{{}^{x}\mathcal{K}_y - {}^{x}\mathcal{K}}{1 + {}^{x}\mathcal{K}_y {}^{x}\mathcal{K}}}{\operatorname{arctg} \dfrac{({}^{x}\mathcal{K}_y - {}^{x}\mathcal{K})c}{c^2 + {}^{x}\mathcal{K}_y {}^{x}\mathcal{K}}} \qquad (4.2/6) $$

Pro speciální případ, kdy je směr ^{x}y kolmý k ose w, plyne z funkce

$$\lim_{\mathcal{K}_y \to \infty} \frac{^{x}\beta}{\beta} = \frac{\operatorname{arctg} \frac{1}{^{x}\mathcal{K}}}{\operatorname{arctg} \frac{c}{^{x}\mathcal{K}}} \qquad (4.2/7)$$

Pro názornost je v následujícím vrstevnicovém diagramu znázorněna tato závislost pro zvláštní případ, kdy směr ^{x}y je kolmý na osu w.



Obr. 13 Změna úhlů při pseudoorientaci

4.2222 Distribuční diagramy orientace

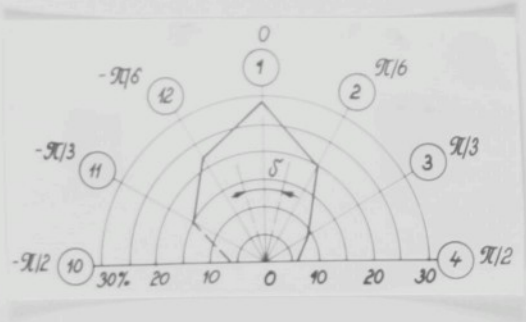
Při plošném vyšetřování orientace jsou jednotlivé radiusvektory ϱ'_β nebo ρ'_β vynášeny v distribučním diagramu na paprsky, jejichž směr je shodný s osou příslušného úhlového intervalu. Pro rovinné vyšetřování jsou diagramy kresleny v systému polárních nebo pravoúhlých souřadnic. V obou případech jsou pak koncové body jednotlivých radiusvektorů spojeny lomenou čarou proto, aby bylo nazna-

čeno, že se jedná o spojnici izolovaných bodů.

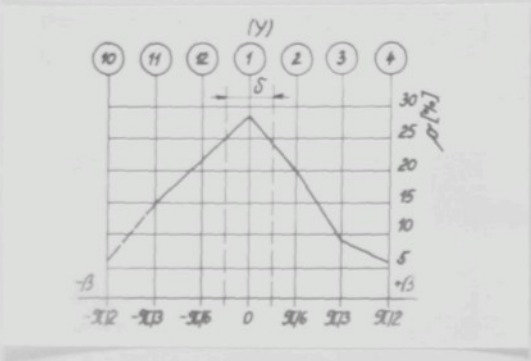
V systému polárních souřadnic se vynáší na jednotlivé paprsky četnost výskytů směrů úseků osy vlákna, které jsou zatříděny do příslušného úhlového intervalu. Odchylka příslušného radiusvektoru je pak měřena od hlavního směru. Při vyšetřování směrů úseků osy vlákna není brán zřetel ke smyslu vlákna, takže je uvažován úhel β pouze v rozmezí od $-\pi/2$ do $+\pi/2$. Odchylky směrů β od svislice rostou ve směru otáčení hodinových ručiček. Osy úhlových intorvalů je možno označit postupně ve směru růstu úhlu β čísly od 1 do m. Mezi úhlem β, sevřeným příslušným radiusvektorem s hlavním směrem a postupným číslem úhlového intervalu je vztah

$$k = \frac{\beta m}{2\pi} + 1$$

Oba způsoby znázornění jsou patrny z následujících obrázků.

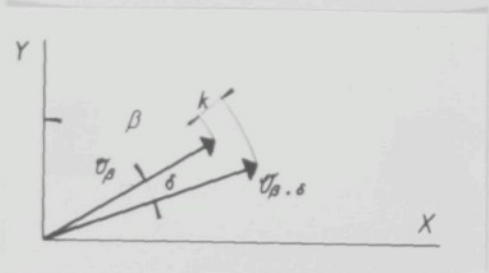


Obr. 14 Polární distribuční diagram orientace



Obr. 15 Distribuční diagram orientace v pravoúhlém souřadnicovém systému

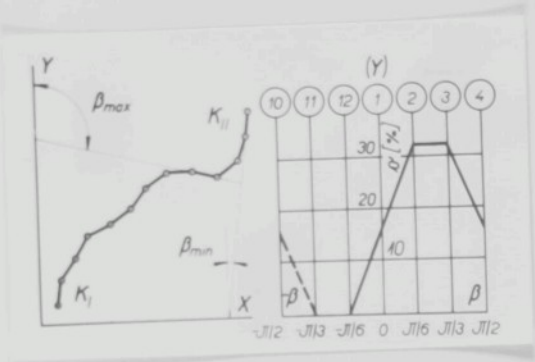
Počet zatříděných úseků vláken do libovolného úhlového intervalu může nabývat pouze hodnot celých kladných čísel, takže i pro velmi malé hodnoty úhlu δ bude diference velikostí dvou sousedních radiusvektorů rovna nule nebo celému číslu. Z uvedeného je patrno, že pro měřitelné velikosti úhlových intervalů δ představují koncové body radiusvektorů soustavu vzájemně izolovaných bodů.



Obr. 16 Radiusvektory četnosti úseků ve vzájemně blízkých směrech

K témuž závěru vede i skutečnost, že vlákno je konečné,

takže v případech, kdy není v sebe uzavřené, musí se projevit diskontinualita jeho místního směru.



Obr. 17 Přetržitost distribučních diagramů orientace

Jestliže vyšetřovaná oblast rouna obsahuje větší počet vláken, dosáhne se plynulejšího průběhu distribučního diagramu než je znázorněno v předchozím případě, avšak nicméně diskontinualita trvá.

V distribučním diagramu není zachycen postup, jímž bylo vlákno vyšetřováno, takže ani při úplném plošném vyšetření jednoho vlákna nelze obecně provést zpětnou rekonstrukci jeho osy. Výjimku tvoří vlákno kruhové a vlákno přímé. Při vyšetřování velkého počtu vláken, kdy nelze předpokládat, že by jednotlivá vlákna byla úplně vyšetřena, nelze z distribučního diagramu na tvar osy vlákna vůbec usuzovat.

4.23 Soustava vlákenných sítí

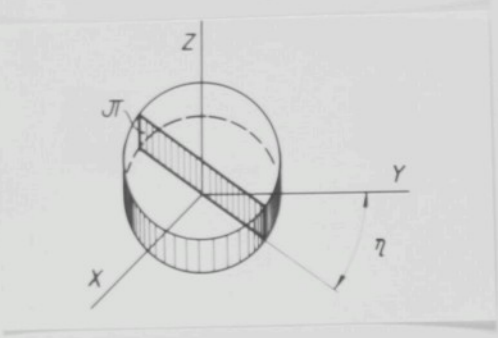
Ve studijní části byla zmínka, že Rupert charakterizuje strukturu rouna měrným počtem průsečíků vláken se svazkem rovin. Zjištění měrného počtu průsečíků klade poměrně malé

nároky na přístrojové vybavení a naskýtá se i eventuální možnost mechanizace této metody. Proto je v této práci učiněn pokus o prošetření souvislosti mezi měrným počtem průsečíků a orientací vláken.

Souvislost mezi oběma veličinami existuje, avšak v žádném případě nelze zaměňovat pojem orientace vláken s údajem, charakterizujícím distribuci měrného počtu průsečíků vláken se svazkem rovin. Pro obecný případ, kdy jednotlivá vlákna jsou konečná, obecně zakřivená a kdy plošná hmotnost rouna v jeho jednotlivých místech kolísá, bude tato závislost pravděpodobně velmi složitá. Proto byl k prošetření volen nejjednodušší případ, kdy je rouno nahrazeno soustavou vlákenných sítí.

Vlákenná síť se v tomto pojetí skládá z přímých, vzájemně rovnoběžných vláken, jejichž konce leží mimo vyhodnocovanou oblast.

Při plošném vyšetřování vlákenné sítě, ležící v rovině XY je patrno, že počet průsečíků této sítě s rovinou π, která je kolmá k určovací rovině sítě, je závislý na úhlu η. Při mikroskopickém pozorování vlákenné sítě je rovina π zastoupena nitkovým křížem. Je patrno, že počet průsečíků vláken s průmětem nitkového kříže bude maximální v tom případě, kdy nitkový kříž, a tedy i rovina π budou kolmé na směr vlákenné sítě.



Obr. 18 Zjišťování měrného počtu průsečíků

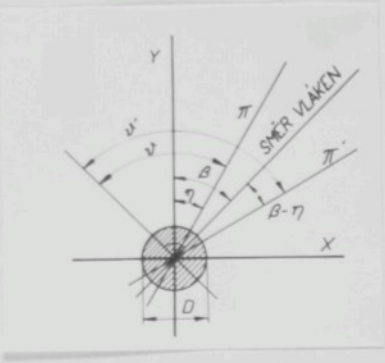
4.231 Výpočet pro vlákennou síť

Při vyšetřování jedné vlákenné sítě, protínaná rovinami, jdoucími středem zorného pole, je A počet průsečíků s rovinou π, odchýlenou o úhel η od hlavního směru. Počet průsečíků, připadajících na délkovou jednotku, je pak

$$a = \frac{A}{l_A}$$

kde l_A je vzdálenost mezi prvním a (A + 1) průsečíkem téže sítě s daným paprskem.

Natočení sítě vůči hlavního směru je dáno úhlem β, takže velikost hodnoty A, resp. při stejném D i hodnoty a, je závislá na rozdílu úhlů β a η. Stejná hodnota a bude naměřena pro rovinu π a k ní souměrně položenou rovinu π'. Osou souměrnosti je paprsek β udávající směr vláken.



Obr. 19 Označení úhlů a rovin

Podle označení z obrázku je patrno, že pro úhly ϑ a ϑ', které určují sklon rovin π a π' vůči směru, kolmému ke směru vláken, platí

$$\vartheta = \frac{\pi}{2} - \beta + \eta \qquad (4.2/8a)$$

$$\vartheta' = \frac{\pi}{2} + \beta - \eta \qquad (4.2/8b)$$

Při tomto vyšetřování není přihlíženo ke smyslu, takže dostačuje rozsah hodnot úhlu od $0 \div \pi$. Hodnoty úhlů, které spadají mimo tento interval, možno převést přičtením nebo odečtením π.
Pro maximální počet průsečíků musí rovina π resp. π' být kolmá ke směru vláken, takže úhel $\vartheta = 0$ a úhel $\vartheta' = \pi$.
Pak platí

$$\eta = \beta \pm \frac{\pi}{2}$$

Nulový počet průsečíků bude naopak pro úhel $\vartheta = \vartheta' = \beta$.
V dalším textu bude označován úhel, kterému přísluší měrný počet průsečíků <u>a</u> indexem, takže pak platí

$$a_{(\beta \pm \pi/2)} = a\ max$$

$$a_{\beta} = a\ min = 0$$

Pro obecnou polohu roviny π pak platí (při jediné vlákenné síti)

$$a_\eta = \left| a_{(\beta \pm \pi/2)} \cos \vartheta \right| \qquad (4.2/9)$$

Je-li maximální hodnota měrného počtu průsečíků a_{max} považována za dostavu vlákenné sítě, představovanou volným vektorem, stojícím kolmo ke směru vláken, pak je měrný počet průsečíků vláken, protínaných obecnou rovinou π, kolmým průmětem tohoto vektoru do směru roviny π.

4.232 Výpočet pro soustavu vlákenných sítí v základní poloze

V dalším bude uvažována soustava vlákenných sítí, jejichž počet je souhlasný s počtem úhlových intervalů n. Tato soustava se dále vyznačuje tím, že směry vlákenných sítí spadají jen do směrů os úhlových intervalů, takže natočení jednotlivých sítí oproti hlavnímu směru je dáno násobky úhlu δ.

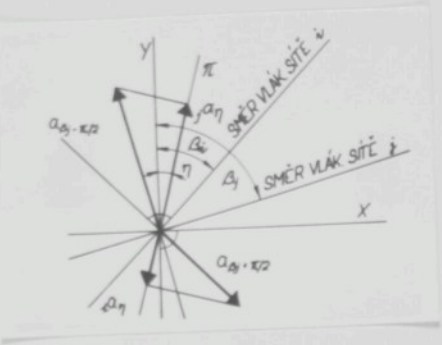
Celkový počet průsečíků A, které připadají na jednotkovou délku průmětu roviny π, je dán součtem všech a_η všech k sítí, jejichž směr souhlasí s osami intervalů. Hodnota k tedy nabývá velikosti $k = 1, 2, \ldots n/2$.

Po dosazení do vztahu 4.2/9 plyne

$$A_\eta = \sum_{k=1}^{k=n/2} \left| a_{(\beta k \pm \pi/2)} \cos \vartheta_k \right| \qquad (4.2/10)$$

kde index βk značí směr $k$té sítě a ϑ_k úhel - příslušný $k$té síti.

Je tedy, obdobně jako v předchozím případě, celkový měrný počet průsečíků A_η dán součtem kolmých průmětů radiusvektorů dostav jednotlivých sítí do roviny π.

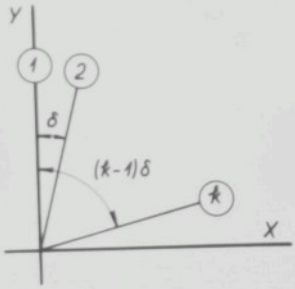


Obr. 20 Měrný počet průsečíků pro dvě vlákenné sítě

Dosazením za ϑ a ϑ' ze vztahů 4.2/8a, 4.2/8b vyplývá, že

$$A_\eta = \sum_{k=1}^{k=n/2} \left| a_{(\beta k \pm \pi/2)} \cos\left[\frac{\pi}{2} \pm (\beta k - \eta)\right]\right| \qquad (4.2/11)$$

Polohu jednotlivých sítí vůči hlavnímu směru lze určit i pomocí úhlového intervalu v závislosti na konvenčně stanovených směrech 1, 2, 3, ... n.



Obr. 21 Poloha vlákenných sítí vůči hlavnímu směru

Pro síť, jejíž směr je totožný s vytčeným hlavním směrem,

označeným 1, je úhel $\beta_1 = 0$. Pro síť položenou ve směru 2 je $\beta_2 = \delta$, takže pro síť, položenou směrem bude $\beta_k = (k-1)\delta$.

Zavedením tohoto vztahu do poslední rovnice pak plyne

$$A_\eta = \sum_{k=1}^{k=n/2} \left| a_{(k-1)\pm\pi/2} \cos\left\{\frac{\pi}{2} \pm \left[(k-1)\delta - \eta\right]\right\}\right| \qquad (4.2/12)$$

V případě, kdy se jedná o přímková rovnoběžná vlákna, resp. vlákenné sítě, možno výpočtovou orientaci sítě vyjádřit pomocí maximální dostavy a max. Později bude ukázáno, že výpočtová orientace $\overline{\varphi}$ se liší od orientace φ, která je zjištěna zatříděním jednotlivých směrů úseků vláken do příslušných úhlových intervalů.

Mezi dostavou vlákenné sítě a její výpočtovou orientací platí zřejmě přímá úměrnost, takže

$$a_{(\beta \pm \pi/2)} = \text{const}\ \overline{\varphi}_\beta$$

nebo

$$a_{(k-1)\delta \pm \pi/2)} = \text{const}\ \varphi_{(k-1)\delta} \qquad (4.2/13)$$

$$a_{(k-1)\delta \pm \pi/2} = \overline{\varphi}'_{(k-1)\delta}$$

Jsou-li jednotlivé sítě i roviny π odchýleny od hlavního směru o celistvé násobky intervalu δ, pak je rovnice 4.2/9 řešitelná. Měřením lze totiž zjistit pro $n/2$ různých směrů η příslušné hodnoty A_η.
Postupným dosazováním vznikne pak soustava $n/2$ rovnic o $n/2$ neznámých, když n je sudé číslo.

Aby to bylo možno provést, je nutno upravit rovnici 4.2/12 tak, že za $a_{(k-1)\delta \pm \pi/2}$ se dosadí do vztahu 4.2/13. Potom plyne

$$A_{\eta} = \sum_{k=1}^{k=n/2} \left| \varphi'_{(k-1)\delta} \cos\left\{ \frac{\pi}{2} \pm \left[(k-1)\delta - \eta \right] \right\} \right| \qquad (4.2/14)$$

V této rovnici jsou známy hodnoty A_{η} pro všechny uvažované směry a hodnoty argumentu kosinu.

Jako příklad je uvedeno řešení této soustavy rovnic pro úhlový interval $\delta = \pi/6$. Soustava rovnic tedy bude obsahovat šest rovnic o šesti neznámých. Tato soustava je uvedena na následující straně a řešením dle $\bar{\varphi}'_{(k-1)\pi/6}$ plyne výsledek :

$$\bar{\varphi}'_0 = A_{5\pi/6} + A_{\pi/6} - 1{,}732\, A_0$$

$$\bar{\varphi}'_{\pi/6} = A_0 + A_{\pi/3} - 1{,}732\, A_{\pi/6} \qquad (4.2/15)$$

Přidáme-li se k tomu, že hodnoty orientace jsou stejné pro směry vlákenných sítí β a $(\beta \pm \pi)$, pak možno výsledek psát ve tvaru

$$\bar{\varphi}'_{\beta} = A_{(\beta + 2\pi/6) \pm \pi/2} + A_{(\beta - 2\pi/6) \pm \pi/2} - 1{,}732\, A_{\beta}$$

Tentýž vztah lze rozepsat pro použití postupného očíslování směrů úhlových intervalů, takže platí

$$\bar{\varphi}'_{(k-1)\delta} = A_{(k+1 \pm 3)\delta} + A_{(k-3 \pm 3)\delta} - 1{,}732\, A_{(k-1)\delta} \qquad (4.2/17)$$

Výpočtové hodnoty $\bar{\varphi}'$ možno převést na výpočtové hodnoty poměrné orientace podle následujících vztahů

$$\bar{\vartheta}_{\beta} = \frac{\bar{\varphi}'_{\beta}}{\sum_{\beta=0}^{\beta=\pi} \bar{\varphi}'} 100, \quad \text{nebo} \qquad (4.2/18)$$

$$\bar{\vartheta}_{\beta} = \frac{\bar{\varphi}'_{(k-1)\delta}}{\sum_{k=1}^{k=n/2} \bar{\varphi}'_{(k-1)\delta}} 100 \qquad (4.2/19)$$

$$A_0 = \overline{\varphi}_0' \left|\cos\frac{\pi}{2}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{6}}' \left|\cos\frac{4\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{3}}' \left|\cos\frac{5\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{2}}' \left|\cos\pi\right| + \overline{\varphi}_{\frac{4\pi}{6}}' \left|\cos\frac{7\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{5\pi}{6}}' \left|\cos\frac{4\pi}{3}\right|$$

$$A_{\pi/6} = \overline{\varphi}_0' \left|\cos\frac{\pi}{3}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{6}}' \left|\cos\frac{\pi}{2}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{3}}' \left|\cos\frac{4\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{2}}' \left|\cos\frac{5\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{4\pi}{6}}' \left|\cos\pi\right| + \overline{\varphi}_{\frac{5\pi}{6}}' \left|\cos\frac{7\pi}{6}\right|$$

$$A_{\pi/3} = \overline{\varphi}_0' \left|\cos\frac{\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{6}}' \left|\cos\frac{\pi}{3}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{3}}' \left|\cos\frac{\pi}{2}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{2}}' \left|\cos\frac{4\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{4\pi}{6}}' \left|\cos\frac{5\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{5\pi}{6}}' \left|\cos\pi\right|$$

$$A_{\pi/2} = \overline{\varphi}_0' \left|\cos 0\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{6}}' \left|\cos\frac{\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{3}}' \left|\cos\frac{\pi}{3}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{2}}' \left|\cos\frac{\pi}{2}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{4\pi}{6}}' \left|\cos\frac{4\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{5\pi}{6}}' \left|\cos\frac{5\pi}{6}\right|$$

$$A_{4\pi/6} = \overline{\varphi}_0' \left|\cos\left(-\frac{\pi}{6}\right)\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{6}}' \left|\cos 0\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{3}}' \left|\cos\frac{\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{2}}' \left|\cos\frac{\pi}{3}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{4\pi}{6}}' \left|\cos\frac{\pi}{2}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{5\pi}{6}}' \left|\cos\frac{4\pi}{6}\right|$$

$$A_{5\pi/6} = \overline{\varphi}_0' \left|\cos\left(-\frac{2\pi}{3}\right)\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{6}}' \left|\cos\left(-\frac{\pi}{6}\right)\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{3}}' \left|\cos 0\right| + \overline{\varphi}_{\frac{\pi}{2}}' \left|\cos\frac{\pi}{6}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{4\pi}{6}}' \left|\cos\frac{\pi}{3}\right| + \overline{\varphi}_{\frac{5\pi}{6}}' \left|\cos\frac{\pi}{2}\right|$$

Z předchozího textu je patrno, že orientaci vlákenných sítí v základní poloze je možno vyjádřit pomocí měrného počtu průsečíků vláken se svazkem paprsků.
Tuto závislost lze zřejmě dokázat i pro jiný úhlový interval než byla vpředu uvedeno.
Pro skutečné rouno nutno předpokládat výskyt rušivých vlivů, které vyplývají z rozdílnosti geometrického charakteru vlákenných sítí a rouna. Lze se však domnívat, že i pro skutečné rouno bude existovat mezi oběma veličinami aspoň korelační vztah.

4.3 VYTVÁŘENÍ ROUNA NA USAZOVACÍM ZAŘÍZENÍ PNEUMATICKÝCH ROUNOTVOŘÍCÍCH STROJŮ

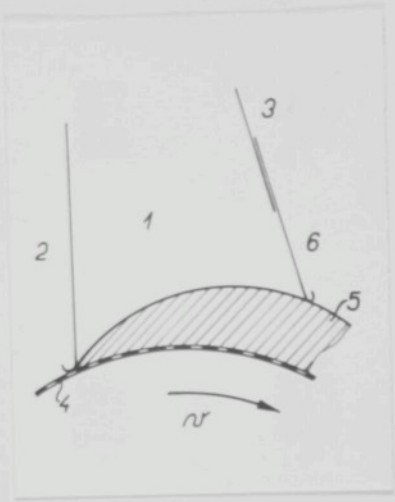
4.31 Úvod

4.311 Obecný popis zařízení

Kanálem 1, který je tvořený přední stěnou 2, zadní stěnou 3 a rekreslenými bočními stěnami, proudí směs vláken a nosného media. Na aktivní ploše usazovacího zařízení 4, která je prostupná pro nosné medium, se vytváří rouno 5.

Při přetržitém způsobu výroby se rouno odvádí z usazovacího zařízení ve stanovených časových údobích.

Při nepřetržitém způsobu výroby je rouno odváděno plynule. V tomto případě (pro který je kresleno schema) je zařízení doplněno ještě pohyblivým uzávěrem 6, umožňujícím výrobu různě tlustého rouna a zajišťujícím těsnost kanálu.



Obr. 22 Uspořádání usazovacího zařízení

4.3.2 Zjednodušující předpoklady

V této kapitole je sledováno vytváření rouna pouze z hlediska jeho podélného profilu a v úvahu jsou vzata jednoduchá usazovací zařízení s rovinnou nebo válcovou usazovací plochou.

Je předpokládáno, že

- tloušťka vrstvy, která se v určitém časovém intervalu usadí, je podél příčného profilu rouna stálá. Tento předpoklad je v praxi nedosažitelný a jeho důsledkem by musela být naprostá rovnoměrnost hmotného průřezu (podél šířky). Velikost odchylek od tohoto stavu je jedním z ukazatelů úrovně strojního zařízení a stálosti technologického procesu. Je snahou přiblížit se k tomuto ideálnímu stavu ;
- měrná hmotnost usazeného rouna je neměnná ve všech jeho místech podél příčného profilu, jejichž zetová souřadnic

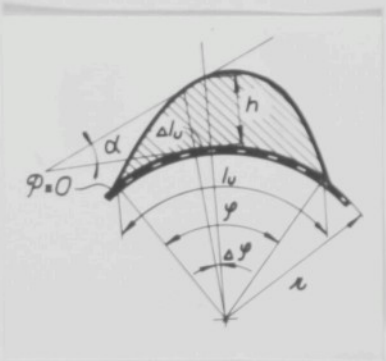
je stejná. Podobně jako v předchozím případě je i stálost měrné hmotnosti ukazatelem kvality strojního zařízení ;

- proudící směs vláken a nosného media obsahuje v místech, která jsou blízká povrchu tvořícího se rouna, časově neměnný podíl vláken. Také střední rychlost vláken je v těchto místech stálá. Tento požadavek je nutný pro splnění předchozích bodů. Obdobně je i tento stav proudění ideální.

4.32 Přetržitá výroba

4.321 Základní pojmy

Vrstva rouna 1 (dále jen vrstva) je tvořena vlákenným materiálem, který se usadí na aktivní ploše usazovacího zařízení 2 (dále jen usazovacího zařízení) v době Δt.
Délka vrstvy je měřena na obvodu usazovacího zařízení.
Místní tloušťka vrstvy (dále jen tloušťka vrstvy) je měřena na paprsku vedeném ze středu křivosti usazovavího zařízení.



Obr. 23 Základní označení

Sklon povrchu podélného profilu vrstvy α (dále jen sklon povrchu vrstvy) je vztažen k tečné rovině usazovacího zařízení ve vyšetřovaném místě.

Měrná hmotnost vrstvy je různá v různých místech podélného profilu. Vzhledem k zjednodušujícím předpokladům bude dále uvažován pouze jeden podélný profil, neboť měrné hmotnosti v odpovídajících si místech všech podélných profilů mají být dle zjednodušujících předpokladů stejné.

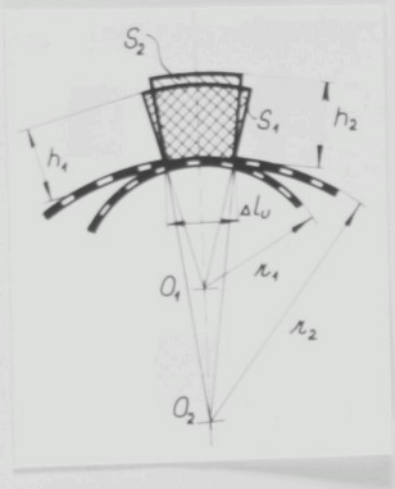
Intenzita usazování udává hmotnost vláken, která se v daném místě usadí za časovou jednotku.

Charakteristický profil vrstvy je profil vrstvy, vytvořené za předem stanovených podmínek, jimiž je vyloučen obecný tvar usazovacího zařízení, jeho délka a doba, během níž se vrstva vytvořila. Srovnáním charakteristických profilů lze zjistit rozdíly mezi jednotlivými výrobními zařízeními a usoudit na rozdílnost vlastního procesu usazování.

4.322 Podélný profil vrstvy

4.3221 Tloušťka

Na usazovacím zařízení se na části obvodu o délce Δl_0 a poloměru r_1 usadí v době Δt vrstva o tloušťce h_1. Obecnou závislost tloušťky vrstvy h_2 usazené na jiném usazovacím zařízení o poloměru r_2 za jinak nezměněných podmínek lze nalézt ze vztahu, který vyplývá z rovnosti objemů, resp. z rovnosti příslušných ploch podélných profilů S_1 a S_2, za předpokladu, že i měrné hmotnosti ϱ_1 a ϱ_2 jsou pro oba případy stejné.



Obr. 24 Vrstva při různém poloměru usazovacího zařízení

$$S_1 = \frac{\pi\left[(r_1 + h_1)^2 - r_1^2\right]}{2\pi r_1}\,\Delta l_u$$

$$S_2 = \frac{\pi\left[(r_2 + h_2)^2 - r_2^2\right]}{2\pi r_2}\,\Delta l_u$$

Srovnáním obou výrazů a jejich úpravou plyne :

$$h_2^2 + 2h_2 r_2 - \frac{2 r_1 h_1 + h_1^2}{r_1}\, r_2 = 0$$

Řešením poslední rovnice dle h_2 a po přihlédnutí ke skutečnosti, že fyzikální význam má pouze kladný kořen, plyne :

$$h_2 = -r_2 + r_2\sqrt{1 + \frac{2\,h_1 r_1 + h_1^2}{r_1 r_2}} \qquad (4.3/1)$$

Pro speciální případ přepočtu na rovinnou usazovací plochu, jejíž poloměr $r_2 \to \infty$ platí :

$$S_R = \Delta l_u \, h_{2R} \qquad (4.3/2)$$

Z rovnosti ploch $S_1 = S_R$ plyne po dosazení z předchozích vzorců :

$$h_{2R} = h_1 + \frac{h_1^2}{2r_1} \qquad (4.3/3)$$

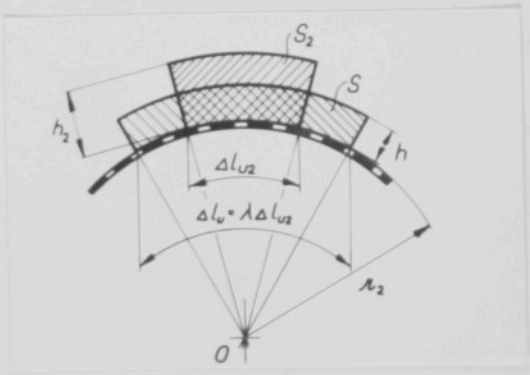
Pro srovnání profilu vrstev, které se usadí na různých usazovacích zařízeních, lišících se navzájem nejen poloměrem, ale i délkou usazovací plochy, je třeba provést přepočet, v němž bude vzat v úvahu i tento druhý rozdíl.

Délka vrstvy, která se vytvořila na původním usazovacím zařízení, je l_u a délka vrstvy u druhého usazovacího zařízení je l_{u2}. Odpovídající si vzdálenosti na obou aktivních plochách budou ve stálém poměru λ, takže platí :

$$\lambda = \frac{l_u}{l_{u2}} = \frac{\Delta l_u}{\Delta l_{u2}} \qquad (4.3/4)$$

Z rovnosti ploch S_2 a S, příslušných odpovídajícím si částem podélných profilů vrstvy, vyplývá vztah

$$\frac{\pi\left[(r_2 + h_2)^2 - r_2^2\right]}{2\lambda r_2} \Delta l_{u2} = \frac{\pi\left[(r_2 + h)^2 - r_2^2\right]}{2 r_2} \Delta l_{u2} \lambda$$



Obr. 25 Vrstva při různé délce usazovacího zařízení

Po úpravě předchozího vztahu plyne řešením dle h

$$h = -r_2 + \sqrt{r_2^2 + \frac{2\,h_2 r_2 + h_2^2}{\lambda}} \qquad (4.3/5)$$

V tomto vztahu je opět uvažován pouze fyzikálně významný kladný kořen.

Jestliže vztah pro S_2 přirovnáme k výrazu pro plochu příslušného podélného profilu vlákenné vrstvy rovinného usazovacího zařízení, jehož délka je v závislosti na původním usazovacím zařízení dána poměrem λ, pak plyne vztah

$$\frac{\pi\left[(r_2 + h_2)^2 - r_2^2\right]}{2\pi r_2}\,\Delta l_2 = h_R \lambda \Delta l_2$$

$$h_R = \frac{1}{\lambda}\left(h_2 + \frac{h_2^2}{2\pi r_2}\right) \qquad (4.3/6)$$

4.3222 Plošná hmotnost

Při konstantní měrné hmotnosti vrstvy se mění s její tloušťkou plošná hmotnost dle známé závislosti

$$\rho_S = h\rho \qquad (4.3/7)$$

Zavedením za příslušná h do vztahů 4.3/1 a 4.3/3 plyne

- pro transformaci poloměrů r_1 na r_2 usazovací plochy

$$\rho_{S2} = -\rho r_2 + \sqrt{\rho^2 r_2^2 + \frac{2 r_1 \rho_{S1} \rho + \rho_{S1}^2}{r_1} r_2} \qquad (4.3/8)$$

- pro transformaci ze zakřivené, na rovinnou usazovací plochu

$$\rho_{S2R} = \rho_{S1} + \frac{\rho_{S1}^2}{2 r_1 \rho} \qquad (4.3/9)$$

- pro obecný případ, kdy se mění jak poloměr usazovací podložky, tak i její délka, plyne po dosazení příslušných h z rovnice 4.3/7 do rovnice 4.3/5

$$\rho_S = -\rho r_2 + \sqrt{r_2^2 \rho^2 + \frac{2 r_2 \rho_{S2} \rho + \rho_{S2}^2}{\lambda}} \qquad (4.3/10)$$

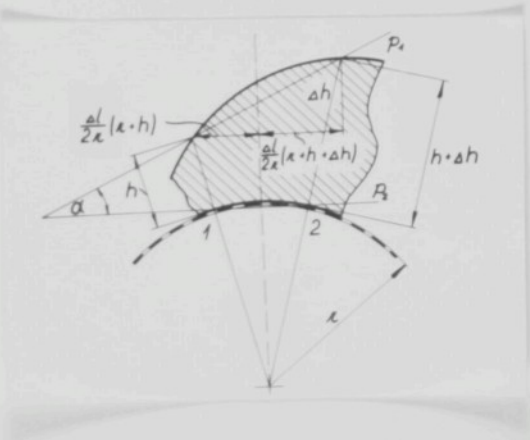
Obdobným dosazením do rovnice 4.3/6 plyne pak pro rovinnou usazovací plochu

$$\rho_{SR} = \frac{1}{\lambda} \left(\rho_{S2} + \frac{\rho_{S2}^2}{2 r_2 \rho} \right) \qquad (4.3/11)$$

4.3223 Sklon povrchu

Tloušťky vrstvy, které příslušejí různým místům povrchu usazovací plochy 1 a 2, jsou h a (h + Δ h). Úhel sklonu vrstvy α je pro dostatečně malé hodnoty Δl dán vztahem

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta h}{\frac{\Delta l}{2r}\left[(r + h) + (r + h + \Delta h)\right]}$$



Obr. 26 Sklon povrchu vrstvy

Úpravou tohoto vztahu plyne

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta h\, r}{\Delta l \left(r + h + \frac{\Delta h}{2}\right)} \qquad (4.3/12)$$

Pro rovinnou usazovací podložku zřejmě platí

$$tg\alpha_R = \frac{\Delta h_R}{\Delta l} \qquad (4.3/13)$$

4.323 Charakteristický profil vrstvy

V předchozích úvahách nebyla do výpočtů zahrnuta doba, během níž probíhalo usazování. Pro vzájemnou srovnatelnost procesu usazování je třeba přepočíst tvar usazené vrstvy na stejné podmínky, tj. na

- jednotnou křivost usazovacího zařízení
- jednotnou délku usazovacího zařízení
- jednotnou dobu usazování.

Konvencí lze tyto ukazatele stanovit, takže přepočtem obdržíme srovnatelný profil usazené vlákenné vrstvy, který bude dále nazýván charakteristickým profilem.

Charakteristický profil vrstvy je tedy podélný profil vrstvy, která by se usadila na rovinném usazovacím zařízení jednotkové délky v době 1 s za předpokladu, že usazovací proces je časově neměnný.

V dalším textu budou přepočítávané hodnoty značeny indexem 1 a hodnoty odpovídající charakteristickému profilu budou označovány hvězdičkou (*).

4.3231 Tloušťka

Při konstantním (časově neměnném) průběhu usazování bude platit přímá úměrnost

$$\frac{h^*}{1} = \frac{h}{\Delta t}$$

Tloušťka vrstvy vyplývá ze vztahu 4.3/6, kde

$$\lambda^* = 1/l_{ul}$$

$$h^* = \frac{1}{\Delta t \lambda^*} \left(h_1 + \frac{h_1^2}{2\mu_1}\right) \qquad (4.3/14)$$

4.3232 Plošná hmotnost

Pro plošnou hmotnost platí stejná úvaha jako v předchozím případě, takže ze vztahu 4.3/11 vyplývá

$$\rho_s^* = \frac{1}{\Delta t \lambda^*} \left(\rho_{sl} + \frac{\rho_{sl}^2}{2\mu_1}\right) \qquad (4.3/15)$$

4.3233 Sklon povrchu

Sklon povrchu je dán obecným vztahem

$$tg\alpha^* = \frac{\Delta h^*}{\Delta l_u}$$

V místech usazovací podložky, která jsou vzdálena o Δl_u byly v původní vrstvě místní tloušťky h_1 a h_2. Po transformaci jim přísluší tloušťky h_1^* a h_2^*. Bude tedy platit

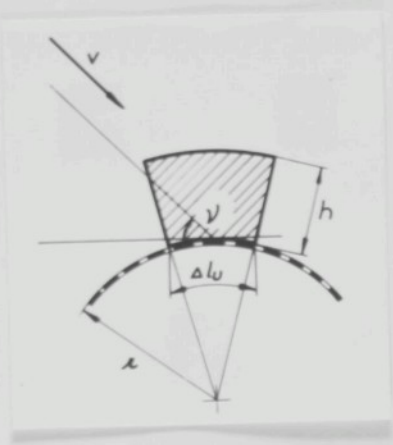
$$tg\alpha^* = \frac{h_1^* - h_2^*}{\Delta l_u}$$

Po dosazení ze vztahu 4.3/14a a po úpravě plyne

$$tg\alpha^* = \frac{1}{\Delta l_u \Delta t \lambda^*} \left(\Delta h_1 + \frac{h_1^2 - h_2^2}{2\mu}\right) \qquad (4.3/16)$$

4.324 Intenzita usazování

Na ploše usazovacího zařízení se v bodě Δt vytvoří vrstva, jejíž část příslušná délce Δl_u usazovací podložky je znázorněna na obrázku.



Obr. 27 Usazování vláken

Vlákna, která dopadají v průběhu doby Δt na podložku, se před stykem s plochou již usazené části vrstvy pohybují rychlostmi v.

Hmotnost vláken, která se nacházejí v prostorové jednotce směsi (nosného media a vláken), je ϱ_{VL}.
Jednotkovou plochou (měřenou kolmo ke směru rychlosti) projde v časové jednotce I_p vlákenné hmoty.

$$I_p = v\varrho_{VL} \qquad (4.3/17)$$

Tento součin lze nazvat intenzitou proudu vláken a definovat hmotností vláken, prošlých jednotkovou plochou v čase 1 s, přičemž plocha je postavena kolmo ke směru rychlosti. Velikost intenzity proudění je obecně proměnná jak místně, tak i v průběhu doby Δt, během níž se mění podmínky proudění (neboť odpor proudění, kladený již usazenými vlákny, vzrůstá). Hodnoty v a ϱ_{VL} nutno brát jako hodnoty střední, příslušející době usazování Δt.

Jestliže usazovací podložka svírá se směrem střední rychlosti úhel ϑ, pak v časové jednot-

ce se usadí na jednotkové ploše usazovací podložky vlákna o celkové hmotnosti I_u. Tato veličina je pak analogicky nazvána intenzita usazování.

Při malém Δl_u vůči μ je možno považovat usazovací podložku za rovinnou a pak platí vztah

$$I_u = I_p \cos\left(\vartheta - \frac{\pi}{2}\right) \qquad (4.3/18)$$

Intenzita usazování je tedy definována hmotností vláken, která se v časové jednotce usadí na jednotkové usazovací ploše.

Z rovnosti hmotnosti vláken, která tvoří část vrstvy a která se v téže době usadí, plyne :

$$V_1 \varrho = I_u \Delta t \, S_1 \qquad (4.3/19)$$

Zde V_1 je objem pozorované části vrstvy a S_1 je střední hodnota plochy, na níž se vlákna usazují.

Z názoru vyplývá, že

$$V_1 = \frac{\pi\left[(r + h)^2 - r^2\right]}{2\pi r} \Delta l_u \, b$$

$$S_1 = \left(\Delta l_u + 2 \frac{2}{r} \cdot \frac{h}{2}\right) b$$

Dosazením vypočtených hodnot V_1 a S_1 do vztahu 4.3/19 po úpravě plane

$$h \varrho = I_u \Delta t$$

$$h = \frac{I_u \Delta t}{\varrho} \qquad (4.3/20)$$

Dosadí-li se za I_u ze vztahu 4.3/18, pak

$$h = I_p \frac{(\sin \vartheta)\Delta t}{\varrho}$$

Dosazením za b ze vztahu pro plošnou hmotnost 4.3/7 obdržíme

$$\rho_S = I_u \Delta t, \quad \text{nebo} \qquad (4.3/21a)$$

$$\rho_S = I_p \, (\sin \vartheta) \qquad (4.3/21b)$$

4.33 Nepřetržitá výroba

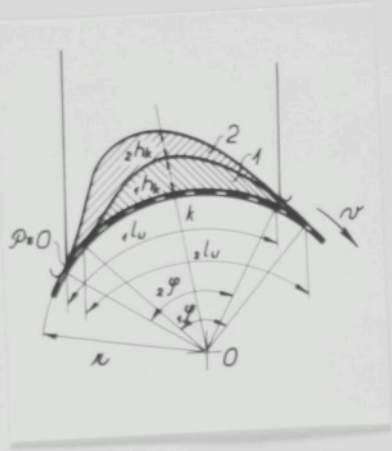
4.331 Základní pojmy

Kontinuálně probíhající děj usazování vláken na pohyblivém usazovacím zařízení možno považovat za opakující se děj, jehož perioda Δt je velmi malá. Celý děj je možno rozdělit na dvě fáze, kdy

- v první fázi trvající dobu Δt se vlákna usazují, přičemž je usazovací zařízení v klidu,
- ve druhé fázi se skokem posune usazovací zařízení o délku $\Delta l_u = \Delta t \cdot v$.

Obě tyto fáze se pak v průběhu děje periodicky opakují.

V počátečních fázích výroby je zřejmě neustálený stav. První usazená vrstva má délku $_1l$ a poněvadž se usazuje na zařízení, které není pokryto vlákny, bude v určitém jeho místě k intenzita usazování $_1I_k$ jiná, než při usazování druhé vrstvy. V tomto případě bude už totiž v místě k na usazovací ploše, vzdáleném od bodu usazovací plochy O o $l_k = k \Delta l$ příslušná část první vrstvy. Při usazování druhé vrstvy bude místní odpor proudění větší, takže i hodnota $_2I_k$ se bude lišit od předchozí. V důsledku toho se budou lišit i tloušťky, plošné hmotnosti, resp. i hustota obou vrstev.

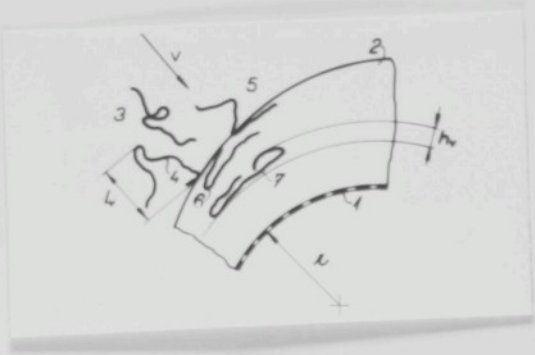


Obr. 28 Průběh usazování vláken

Je zřejmé, že i další vrstvy se budou vzájemně lišit až dotud, než tvar profilu rouna na usazovací ploše bude po uplynutí každého intervalu Δ t stálý. V tomto okamžiku nastane i ustálený výrobní stav, umožňující tvorbu tvarově stejných vrstev.

4.332 Průběh usazování vrstvy

Na usazovací podložce 1 je ve sledovaném okamžiku vytvořená část rouna 2. Vlákna se pohybují k usazovací podložce rychlostí v. V průběhu výrobního procesu jsou některá vlákna 3 mimo styk s usazenou vrstvou, zatímco jiná vlákna 4, 5, 6 se již usazovacího procesu účastní a vlákna 7 jsou již úplně překrytá.



Obr. 29 Poloha vláken vůči tvořící se části rouna

Vlákno 4 je znázorněno při prvním styku s povrchem usazené vrstvy, kdežto vlákno 5 se právě ukládá a vlákno 6 právě dokončilo proces ukládání.

Střední délka průmětu vláken do směru rychlosti je l_v, takže při jeho známé rychlosti $\underline{v}$ platí pro střední dobu usazování vlákna Δt_v

$$\Delta t_v = \frac{l_v}{v}$$

přičemž podle předchozího textu

$$l_v = \frac{\ell \lambda_v}{100}$$

Velikost průmětů jednotlivých vláken je proměnná, takže velikost Δt_v může nabývat hodnot od 0 do l/v. Maximální tloušťce usazené vrstvy $h_{v\,max}$ přísluší doba

$$\Delta t_{v\,max} = \frac{l}{v}$$

Po dosazení do vztahu 4.3/20

$$h_{v\,max} = \frac{I_u\, l}{\varrho\, v} \qquad (4.3/22a)$$

a po dosazení z rovnice 4.3/21a za I_u

$$h_{v\,max} = \frac{\varrho_s\, l}{\Delta t\, \varrho\, v} \qquad (4.3/22b)$$

Doba $t_{v\,max}$, resp. tloušťka $t_{v\,max}$ charakterizuje vrstvu, která má tu vlastnost, že všechna vlákna, která se v době t_o dotkla podložky, musí být obsažena uvnitř této vrstvy.

Z poměru $h_{v\,max}/l$ si lze po dosazení hodnot učinit představu o plošném rozložení vlákna a vrstevnatém charakteru rouna.

$$h_{v\,max} = \frac{I_u}{v}$$

$$= \frac{\varrho_s}{\Delta t\, \varrho\, v}$$

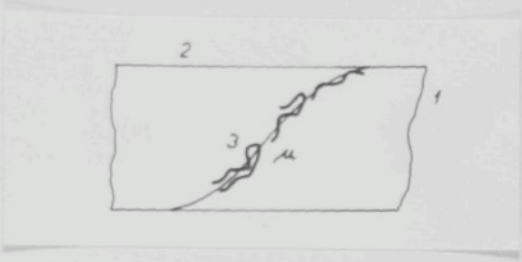
Jestliže se zvolí hodnoty $\varrho_s = 0{,}1\ kg\ m^{-2}$
$\Delta t = 1\ s$
$\varrho = 10\ kg\ m^{-3}$
$v = 5\ m\ s^{-1}$,

pak pro hodnotu $h_{v\,max}/l$ plyne po dosazení

$$\frac{h_{v\,max}}{l} = \frac{1}{500}$$

Tato hodnota se mění v závislosti na místních podmínkách usazování, avšak je patrno, že max. tloušťka vrstvy $h_{v\,max}$, v níž může vlákno ležet, je oproti délce vlákna poměrně malá, takže vlákno, uložené v rouně, má výrazně plošný charakter.

Oblast rouna 1, která je vytvořena před sledovaným okamžikem, je oddělena od oblasti 2, vytvořené v pozdější době fiktivní plochou μ.



Obr. 30 Fiktivní plocha vrstvy

Při kontinuální výrobě však touto fiktivní plochou prostupují vlákna 3, která jsou dle předchozího textu přibližně plošně rozložená v této ploše, neboť vláknům příslušné vzdálenosti h_v jsou oproti délce vlákna l malé. Zřejmě je zde vytvářena vrstevnatá struktura, která je souhlasná s plochou μ. Vymezení plochy možno provést při kontinuálním výrobním procesu tak, že je přerušena dodávka vláken. Tím klesne intenzita usazování na Θ a usazená vlákna vytvoří plochu μ.

Počet vláken, která prostupují plochou μ, lze vypočíst následovně :
Hmotnost všech vláken, která se v časové jednotce usadí na jednotkové usazovací ploše, je dána intenzitou usazování I_u.

Při jemnosti vlákna Td a jeho délce l je hmotnost vlákna m

$$m = \frac{Td\ l}{9.10^6}$$

v časové jednotce se usadí počet vláken N

$$N = \frac{I_u}{m}$$

a po dosazení

$$\mathcal{N} = \frac{9.10^6 I_u}{Id\,l} \qquad (4.3/23)$$

Střední doba mezi dvěma dotyky vláken (po sobě dopadajících) s povrchem usazovací plochy je

$$\bar{\tau} = \frac{1}{\mathcal{N}} = \frac{Id\,l}{9.10^6\ I_u} \qquad (4.3/24)$$

Porovnáním této doby se střední dobou potřebnou k usazení vlákna plyne, že v době usazení vlákna dopadne na usazovací plochu N vláken.

$$N = \frac{\Delta t_v}{\bar{\tau}}$$

$$N = \frac{l_v}{v}\ \frac{9.10^6\ I_u}{Id\ l} \qquad (4.3/25)$$

Poměr počtu vláken, která jsou uvnitř vrstvy, k vláknům, která přestupují do sousedních vrstev, lze vypočítat následovně :

Počet vláken, která jsou obsažena ve vrstvě, vytvořená v době periody Δt, je

$$\mathcal{N}_c = \mathcal{N}\Delta t$$

a po dosazení za $\Delta t = \frac{\Delta l_u}{v}$ do předchozí rovnice obdržíme

$$\mathcal{N}_c = \frac{9.10^6\ I_u \Delta l_u}{Id\ l\ v} \qquad (4.3/26)$$

Z počtu vláken $\mathcal{N}_c$, obsažených ve vrstvě, přesahuje N vláken do každé z obou ploch μ a μ', fiktivně ohraničujících tuto vrstvu. Ve sledované vrstvě zbývá tedy pouze $\mathcal{N}_c - 2N$ vláken, která nezasahují do sousedních vrstev. Po dosazení za N a $\mathcal{N}_c$ ze vztahů 4.3/25, 4.3/26 do poměru

$$\frac{\mathcal{N}_c - 2N}{N}$$

je patrno, že na jedno vlákno, zasahující do sousedních vrstev, připadá

$$\frac{\Delta l_u \, v}{l_v \, \vartheta} = 2 \text{ celých vláken.}$$

4.333 Neustálený stav

Z předchozího textu vyplývá, že ustálený stav výroby může nastat teprve tehdy, když se vyrobí délka rouna, která odpovídá délce aktivní plochy usazovacího zařízení l_u. Doba, která přísluší výrobě této počáteční části rouna, je T_{ne} a její hodnota je dána vztahem

$$T_{ne} = \frac{l_u}{\vartheta} \qquad (4.3/27)$$

Z praktického hlediska nemá význam vyšetřovat podmínky na neustáleného stavu, neboť vzhledem k malé hodnotě T_{ne} - je pro vlastní výrobu netypicky.

4.334 Ustálený stav

4.3341 Tloušťka rouna

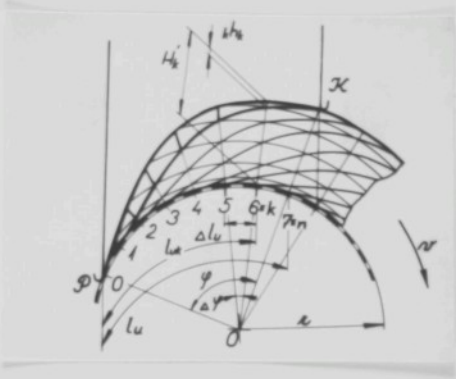
Při kontinuální výrobě je na usazovacím zařízení část tvořícího se rouna, jehož podélný profil prochází body O, $\mathcal{K}$, n. Na konci každé periody, tj. po uplynutí doby Δt, je profil, příslušný tvořící se části rouna, vždy stejný. Vzdálenost l_u, měřenou po obvodu usazovací plochy, možno rozdělit na n dílů, pro něž dle předešlého platí

$$\Delta l_u n = l_u$$

$$\Delta l_u = \vartheta \Delta t$$

V každém časovém intervalu Δt se vytvoří vrstva a vzhle-

dem k ustálenému stavu výroby budou všechny tyto vrstvy shodné, avšak vůči válcovému souřadnicovému systému budou vzájemně pootočené o úhel $\Delta\varphi$.



Obr. 31 Ustálený stav výroby rouna

V místě k na obvodu usazovacího zařízení, pro které platí

$$l_{uk} = k \Delta l_u \quad (\text{kde } k < n),$$

protíná paprsek O k celkem k vrstev. Místní tloušťka, příslušná tvořící se části rouna, je v bodě k dána H_k. Její velikost lze vypočítat součtem tlouštěk jednotlivých vrstev.

Tloušťka poslední vrstvy k, příslušná vyšetřovanému místu, je ${}_k h_k$. Obdobně pak tloušťka předposlední, tj. (k - 1)té vrstvy je ${}_{(k-1)}h_k$. Tato předposlední vrstva však odpovídá pootočené poslední vrstvě, takže platí

$${}_{(k-1)}h_k = {}_k h_{(k-1)}$$

Lze tedy vypočíst tloušťku H_k v místě k dvojím způsobem :

- sečítáním místních tlouštěk všech vrstev podél řezu O-k

$$H'_k = \sum_{n=1}^{n=k} {}_n h_k \qquad (4.3/28a)$$

- sečítáním tloušťek k-té vrstvy, které příslušejí různým místům, daným paprsky 0 1, 0 2 až 0 k,

$$H'_k = \sum_{n=1}^{n=k} {}_k h_n \qquad (4.3/28b)$$

4.3342 Plošná hmotnost rouna

Plošná hmotnost tvořící se části rouna ϱ'_{Sk} je pro místo k dána součty plošných hmotností jednotlivých vrstev

$$\varrho'_{Sk} = \sum_{n=1}^{n=k} {}_n\varrho_{Sk}, \qquad (4.3/29a)$$

nebo, obdobně jako v předchozím případě, součtem plošných hmotností, příslušných místům 1 až k, k-té vrstvy.

$$\varrho'_{Sk} = \sum_{n=1}^{n=k} {}_k\varrho_{Sn} \qquad (4.3/29b)$$

4.3343 Sklon povrchu tvořící se části rouna

Jak bylo v předchozím textu ukázáno, jsou fiktivní plochy $\omega = \mu'$, omezující jednotlivé vrstvy kontinuálně vyráběného rouna, určeny tvarem podélného profilu rouna v jeho tvořící se části.

Obdobně jako pro případ přetržité výroby platí i zde upravený vztah 4.3/12, takže sklon v místě k je

$$\mathrm{tg}\,\alpha_k = \frac{{}_k h_k}{\Delta i_u} \cdot \frac{\mu}{(\mu + H'_{(k-1)}) + \frac{{}_k h_k}{2}} \qquad (4.3/30)$$

Pro rovinnou usazovací podložku pak bude obdobně

$$tg\alpha_{Rk} = \frac{{}_k h_k}{\Delta l_u} \qquad (4.3/31)$$

Zavedením vztahu pro plošnou hmotnost do 4.3/30 plyne

$$tg\alpha_k = \frac{\frac{{}_k\varrho_{Rk}}{{}_k\varrho_k}\,\mu}{l_u\left(\mu + \sum_{n=1}^{n=k} \frac{{}_k\varrho_{Sn}}{{}_k\varrho_n} + \frac{{}_k\varrho_{Sk}}{{}_k\varrho_k}\right)} \qquad (4.3/32)$$

a pro rovinné usazovací zařízení platí ze vztahu 4.3/31

$$tg\alpha_{Rk} = \frac{{}_k\varrho_{Sk}}{{}_k\varrho_k \Delta l} \qquad (4.3/33)$$

4.4 VYTVÁŘENÍ ROUNA VRSTVENÍM

4.41 Úvod

4.411 Obecný popis procesu vrstvení

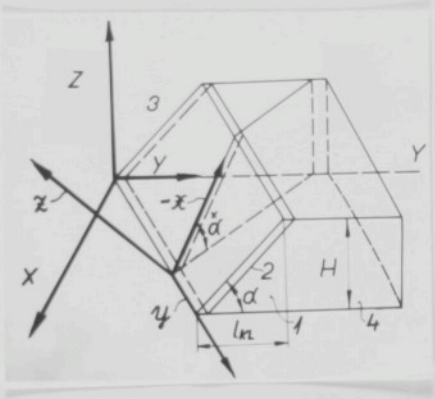
Při vrstvení jsou na sebe kladeny vrstevnaté útvary, kterými mohou být pavučiny, rouna nebo i rouna, která byla již dříve navrstvena. Proces vrstvení probíhá podle předem stanoveného programu.

V závislosti na počtu druhů navrtsvených útvarů lze blíže charakterizovat navrstvené rouno přívlastky

- jednosložkové
- dvousložkové.

Programem vrstvení je stanoven (podél každého příčného řezu navrstveným rounem) počet vrstvených útvarů a jejich vzájemný sled.

Poloha kladené vrstvy je vůči navrstvenému rounu charakterizována vzájemným natočením souřadnicových soustav obou útvarů. Pro obecný případ kontinuálně vyráběného vrstveného rouna má část tvořícího se rouna 1 tvar klínu, na jehož šikmou plochu 2 se klade vrstvený útvar 3.



Obr. 32 Souřadnicové systémy při vrstvení

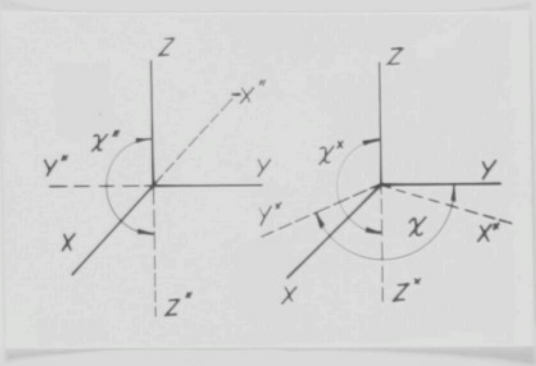
Souřadnicový systém vrstveného útvaru, daný soustavou pravoúhlých souřadnic $\mathcal{X}$, $\mathcal{Y}$, $\mathcal{Z}$, je obecně natočen vůči souřadnicovému systému navrstveného rouna, který je dán soustavou pravoúhlých souřadnic X, Y, Z. Určovací rovina vrstveného útvaru je dána jeho souřadnicovými osami $\mathcal{X}$, $\mathcal{Y}$, zatímco určovací rovina navrstveného rouna je dána pravoúhlými souřadnicemi X, Y.

Oběma určovacími rovinami je sevřen úhel $^{x}\alpha$, jehož velikost je dána vztahem k α; $^{x}\alpha \doteq \alpha$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{H}{l_{KL}} ,$$

kde H je tloušťka navrstveného rouna a l_{KL} je délka klínu. S přihlédnutím k poměrům, které se vyskytují v praxi, mož-

no úhel α zanedbat, takže pootočení obou souřadnicových systémů není obecné, nýbrž směry osy Z a $\mathcal{Z}$ splynou.[x)]



Obr. 33 Souřadnicové systémy při zanedbání úhlu α

Při zanedbání úhlu α mohou nastat dva charakteristické případy vzájemného postavení obou souřadnicových systémů. Pro tyto případy jsou v dalším textu používány termíny, které jsou běžné v textilní technologii.

Jestliže hlavní směry obou soustav splývají, pak způsob vrstvení je nazýván <u>vrstvením rovnoběžným</u>. Pro lepší přehled bude používáno následující označení :

- X, Y, Z pro souřadnicový systém soustavy navrstveného rouna,
- X", Y", Z" pro souřadnicový systém vrstveného útvaru,
- χ " pro úhel z-ových souřadnic.

---

x) <u>Poznámka</u> : Skutečná velikost úhlu α vyplývá z praktického příkladu :

Jestliže $H_0 = 0{,}1$ m, $l_{KL} = 1{,}8$ m, pak plyne, že $\alpha = 3{,}2°$.

Vrstvení zkřížené je charakterizováno tím, že alespoň některé z hlavních směrů vrstvených útvarů svírají s hlavním směrem navrstveného rouna úhly $\chi \pm n\pi$, kde $\pm n = 0, 1, 2, 3, \ldots$
Obdobně jako v předchozím případě je pro lepší rozlišení zavedeno nové označení :

- X, Y, Z pro souřadnicový systém navrstveného rouna,
- X^x, Y^x, Z^x pro souřadnicový systém vrstveného útvaru,
- χ^x pro úhel z-ových souřadnic,
- χ pro úhel hlavních směrů.

Z uvedeného je patrno, že rovnoběžné vrstvení je pouze zvláštní případ vrstvení zkříženého, takže by o něm nebylo třeba zvláště pojednávat. Důvodem k samostatnému zpracování obou těchto částí je však v praxi používané roztřídění navrstvených roun a metodika postupu výpočtu.

4.412 Výchozí údaje

Při vyšetřování vztahu mezi strukturou vrstveného útvaru a navrstveného rouna nutno považovat za výchozí :

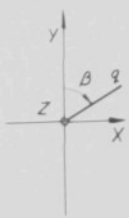
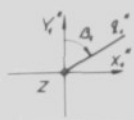
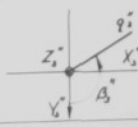
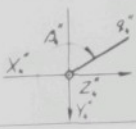
- distribuční diagram orientace vláken vrstveného útvaru
- údaje o technologickém procesu vrstvení, které obsahují :
- vzájemný sled a počet vrstvených útvarů,
- způsob vrstvení určený úhlem překřížení χ, úhlem z-ových souřadnic χ^x resp. χ^x
- plošné hmotnosti vrstvených útvarů.

4.42 Vrstvení rovnoběžné

4.421 Způsob vrstvení

Podle dříve stanovené konvence jsou souřadnicové systémy jak vrstvených útvarů, tak i navrstveného rouna dány v závislosti k výrobnímu stroji : Pro vrstvený útvar je souřadnicový systém vztažený ke stroji, na němž byl tento útvar vyráběn a pro navrstvené rouno je souřadnicový systém vztažen k vrstvícímu stroji.

Při vrstvení může nastat překládání vrstvených útvarů, takže i při dodržení zásady rovnoběžnosti hlavních směrů jsou možné čtyři vzájemné polohy obou soustav (viz následující tabulku).

SCHEMA VZÁJEMNÉ POLOHY SOUŘADNICOVÝCH SYSTÉMŮ				
ZPŮSOB VRSTVENÍ			SOUSTAVA	
OZNAČENÍ a	ÚHEL χ	ÚHEL χ''	NAVRSTVENÉHO ROUNA	VRSTVENÉHO ÚTVARU
I	θ	θ		
II	θ	π		
III	π	π		
IV	π	θ		

Obr. 34 Schema vzáj. polohy souřadnicových systémů při rovnoběžném vrstvení

Poznámka : Případ rovnoběžného vrstvení označený v tabulce $\varkappa$ I se v praxi vyskytuje při navíjení vrstveného útvaru, tj. na stroji lisťovacím, nebo při navíjení pavučiny na bubínek mykacího stroje. V případě $\varkappa$ III je vzájemná poloha určovacích rovin souměrná dle směru X. S tímto způsobem vrstvení je možno se setkat při vrstvení "cik cak". V tomto případě sousední vrstvy jsou k sobě přivrácený vždy stejnojmennými stranami (líc k líci, rub k rubu). Případy $\varkappa$ II a $\varkappa$ IV se v běžné praxi nevyskytují a jsou zde uváděny pro úplnost.

Směr paprsku q, který leží v rovině XI, je v souřadnicové soustavě navrstveného rouna určen úhlem β . Jestliže v ostatních soustavách označených $\varkappa$ leží obdobné paprsky $q_{\varkappa}^{*}$, které mají vůči soustavě navrstveného rouna stejný směr, pak příslušný úhel β , charakterizující tento směr v soustavách $\varkappa$, se změní na úhel $\beta_{\varkappa}^{*}$. Kladný smysl růstu úhlů β resp. $\beta_{\varkappa}^{*}$ je dán pro každou soustavu smyslem otáčení od kladné větve osy Y ke kladné větvi osy X.

Pro vzájemný vztah odpovídajících si úhlů $\beta_{\varkappa}^{*}$ a β platí následující transformační rovnice :

SOUSTAVA NAVRSTVENÉHO ROUNA	SOUSTAVA VRSTVENÉHO ÚTVARU		
	ZPŮSOB VRSTVENÍ	TRANSFORMAČNÍ VZTAH	
	$\varkappa$	SYMBOLICKÉ OZNAČENÍ $\beta_{\varkappa}^{*}$	
β	I	β_{I}^{*}	β
	II	β_{II}^{*}	$2\pi - \beta$
	III	β_{III}^{*}	$\pi - \beta$
	IV	β_{IV}^{*}	$\pi + \beta$

Obr. 35 Transformace úhlu β při rovnoběžném vrstvení

Po transformaci úhlů možno pak sčítat volné vektory, které leží v určovacích rovinách resp. v plochách s nimi rovnoběžných.

4.422 Výpočet orientace

Každý z d druhů vrstvených útvarů možno položit k způsoby, kde (teoreticky) k = I, II, III, IV. Ve vrstveném rouně může být a vrstev stejného druhu položeno stejným způsobem. Potom pro druh d vrstveného útvaru a určitý způsob bude počet stejně kladených vrstev označen a_{dk}. Symbolicky označený transformovaný úhel směru β bude v soustavě vrstveného útvaru označen jako β''_{dk}. Při vrstvení různých útvarů d je jejich plošná hmotnost obecně různá, takže výslednou orientaci ovlivní každá vrstva tím více, čím větší bude její plošná hmotnost (přesně vzato čím větší bude součet délek průmětů všech vláken, která jsou obsažena v jednotkové ploše určovací roviny). Při zjednodušení, kdy je považována plošná hmotnost úměrná hodnotě udávající celkovou délku vláken, lze zavést do výpočtu poměr plošných hmotností

$$e_d = \frac{\rho_{sd}}{\rho_s} , \qquad 4.4/1$$

kde ρ_{sd} je plošná hmotnost druhu d. Navrstvené rouno se může skládat obecně z d druhů vrstvených útvarů, jeden druh vrstvených útvarů tedy ovlivní jeho orientaci jen částečně. Příslušná složka orientace $s\rho''_{\beta d}$ od tohoto jediného útvaru d, kladeného způsoby k, který se v rounu opakuje a krát, bude pak při známém poměru plošných hmotností e dána vztahem

$$s\rho''_{\beta dk} = e_d \, a_{dk} \, \rho''_{\beta dk}$$

Pro všechny vrstvy v rouně, jichž je d druhů, bude pak

platit

$$\sigma_\beta = \sum_{d,\mu=1,\,I}^{d,\mu=d,\,IV} s\sigma_{\beta''d\mu}$$

a po dosazení za $s\sigma_{\beta''d\mu}$ plyne

$$\sigma_\beta = \sum_{d,\mu=1,\,I}^{d,\mu=d,\,IV} e_d a_{d\mu} \sigma_{\beta''d\mu} \qquad 4.4/2$$

Jestliže jsou jednotlivé distribuční diagramy souměrné podle os X" a Y", pak zřejmě platí vztahy

$$\sigma_\beta = \sigma_{(2\pi-\beta)} = \sigma_{(\pi-\beta)} = \sigma_{(\pi+\beta)}$$

V tomto případě pak odpadá i nutnost vyšetření vzájemné polohy vrstvených útvarů a vztah 4.4/2 možno zjednodušit tím, že se neberou v úvahu indexy μ, takže plyne

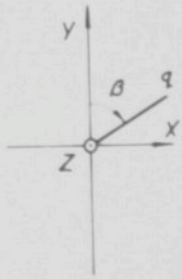
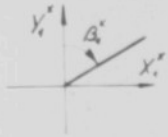
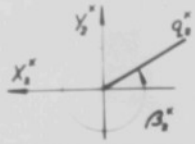
$$\sigma_\beta = \sum_{d=1}^{d=d} e_d a_d \sigma_{\beta''d} \qquad 4.4/3$$

4.43 Vrstvení zkřížené

4.431 Způsob vrstvení

Jestliže by se pootočil vrstvený útvar vůči systému navrstveného rouna o úhel χ tak, aby hlavní směry obou souřadnicových systémů byly souhlasné, pak jsou možné pouze dvě vzájemné polohy souřadnicových systémů, které jsou patrny z tabulky na následující stránce.

V tabulce jsou uvedeny pouze dva způsoby kladení vrstveného materiálu proto, poněvadž zde je důsledně uvažován nulový úhel křížení. Zbývající dva způsoby příslušejí totiž úhlu křížení $\pm\pi$. Pro závislost úhlů β a β_μ^x platí obdobné vztahy jako v předchozím případě.

SCHEMA VZÁJEMNÉ POLOHY SOUŘ. SYSTÉMŮ PRO $\chi = \theta$			
ZPŮSOB VRSTVENÍ		SOUSTAVA	
OZNAČENÍ n	ÚHEL χ^x	NAVRSTVENÉHO ROUNA	VRSTVENÉHO ÚTVARU
1	θ		
2	π		

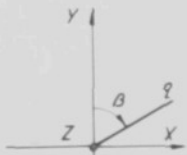
Obr. 36 Schema vzájemné polohy souřadnicových systémů - zvláštní případ pro $\chi = 0$

V obecném případě, kdy $\chi \neq 0$, jsou směry paprsků q_k^x, rovnoběžných se směrem paprsku q (který leží v soustavě navrstveného rouna), dány vůči hlavnímu směru příslušné soustavy úhly β_k^x.

Závislosti úhlů β, β_k^x a χ plynou z tabulky na následující straně. Pro úhly β a β_k^x platí :

$$\beta_1^x = \beta - \chi \qquad (4.4/4a)$$

$$\beta_2^x = 2\pi - (\beta - \chi) \qquad (4.4/4b)$$

SCHEMA VŠECH POLOH SOUŘ. SYSTÉMŮ PRO $\chi \neq \theta$			
ZPŮSOB VRSTVENÍ		SOUSTAVA	
OZNAČENÍ π	ÚHEL χ°	NAVRSTVENÉHO ROUNA	VRSTVENÉHO ÚTVARU
1	θ		
2	π		

Obr. 37 Schema vzájemné polohy souřadnicových systémů - obecný případ

4.432 Výpočet orientace

Ve srovnání s předchozím případem mohou mít při zkříženém vrstvení jednotlivé vrstvy různé úhly překřížení χ. Bližší označení hodnot β, β^{π} bude tedy provedeno obdobně indexy :

- d, který označuje druh vrstvených útvarů,
- μ, který označuje způsob kladení,
- χ, který označuje úhel překřížení.

Poměr ϱ je vztažen jako v předchozím případě k jednomu druhu vrstveného útvaru, takže se vystačí s podobným značením jako u vztahu 4.4/1.

Pro složky orientace s $\sigma_{\beta^x d\mu\chi}$ pak bude obdobně jako v předchozím případě

$$s\,\sigma_{\beta^x d\mu\chi} = e_d\, a_{d\mu\chi}\, \sigma_{\beta^x d\mu\chi}$$

Pro všech d druhů vrstev, obsažených v rouně, pak platí

$$\sigma_\beta = \sum_{d,\mu,\chi=1,1,0}^{d,\mu,\chi=d,2,2\pi} s\,\sigma_{\beta^x d\mu\chi}$$

Rozepsáním tohoto vztahu pak plyne

$$\sigma_\beta = \sum_{d,\mu,\chi=1,1,0}^{d,\mu,\chi=d,2,2\pi} e_d\, a_{d\mu\chi}\, \sigma_{\beta^x d\mu\chi} \qquad 4.4/5$$

Pro zjednodušený případ souměrném distribučního diagramu orientace vrstveného útvaru jsou hodnoty orientace pro směry β_1^x a β_2^x stejné. Vztah 4.4/4 se pak zjednoduší na tvar

$$\sigma_\beta = \sum_{d,\chi=1,0}^{d,\chi=1,2} e_d\, a_{d\chi}\, \sigma_{\beta^x d\chi} \qquad 4.4/6$$

5 E X P E R I M E N T Á L N Í Č Á S T

Z literární rešerše vyplývá, že doposud není známa metoda pro zjištění prostorové orientace (úseků vláken) a tudíž ani metoda pro zjištění struktury rouna.

Za současného stavu znalostí však lze vytvořit zjednodušený model rouna, který dává představu o jeho vrstevnatém charakteru, sklonu vrstev a plošné orientaci (úseků vláken) vztažené k místnímu sklonu vrstvy.

Extrémní zjednodušení problému vede ke zjištění plošné orientace (úseků vláken) při zanedbání vrstevnaté struktury rouna. Tento způsob je běžně používaný a lze ho akceptovat v případech, když místní sklon vrstev je zanedbatelný. Používané metody k vyšetření plošné orientace (úseků vláken) vzhledem k určovací rovině jsou však pracné. Je tedy nutné je buď zjednodušit, nebo nalézt novou, praxí lépe vyhovující zkušební metodu.

5.1 VYŠETŘENÍ STRUKTURY ROUNA ROZBOREM NA ELEMENTÁRNÍ ÚTVARY

Z teoretické části vyplývá, že i jednorázově vyráběné rouno má vrstevnatý charakter, takže se z tohoto hlediska podobá rounu vrstvenému. Lze tedy pro oba uvažované typy roun vycházet ze stejné metodiky :

- separace a zjištění polohy elementárních vláknitých útvarů v rouně,
- zjištění orientace těchto útvarů.

5.11 Zjištění polohy elementárních útvarů v rouně a jejich separace

5.111 Vrstvené rouno

Separace pavučin nob primárních roun, z nichž se skládá vrstovnaté rouno, je poměrně jednoduchá. Během technologického procesu lze (prakticky vždy) proložit jednotlivé vrstvy papírem, a tím je separovat. Rovněž i vzájemná poloha jednotlivých vrstev je jednoznačně určena výrobní technologií.

Tento případ je běžný a proto není v této práci experimentálně dokumentován.

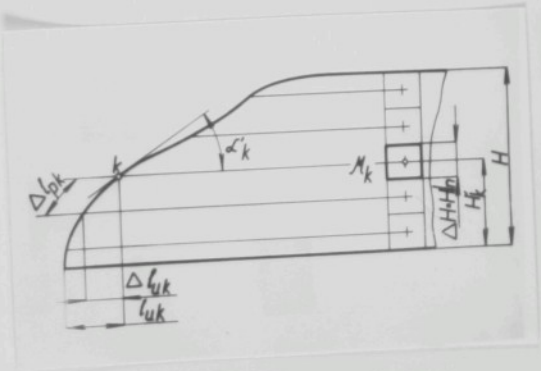
5.112 Pneumaticky vyráběné rouno

Na obr. 38 je patrná vrstevnatá struktura boční strany pneumaticky vyráběného rouna.

Poněvadž takto možno (bez deformací rouna) zobrazit jen okrajovou část, v níž jsou podmínky usazování nutně odlišné od střední oblasti, nelze vyhodnocovat sklon vrstev přímo z restituovaných snímků.

Aplikovaný způsob vyšetření sklonu vrstev je patrný z obr. 39. Soubor míst $\mathcal{SM}$ vyrábené části rouna I obsahuje místa $\mathcal{M}_k$ s různým sklonem vrstev.

Obr. 38 Vrstevnatá struktura pneumaticky vyráběného rouna



Obr. 39 Souvislost struktury vyrobeného rouna se strukturou tvořící se části

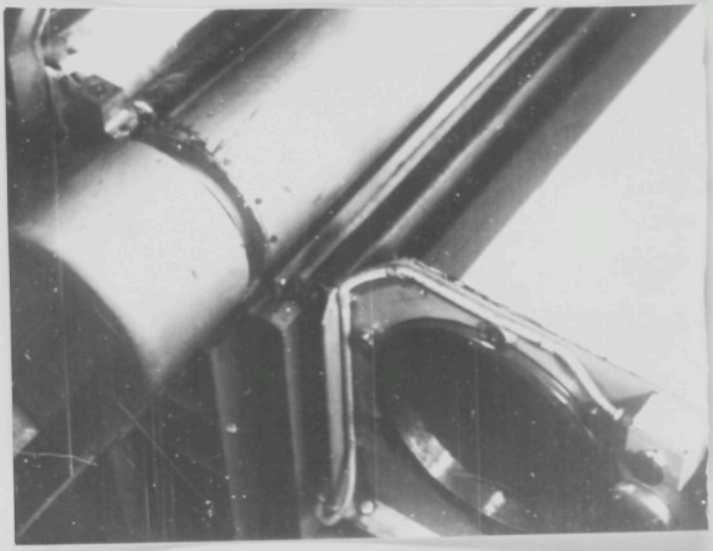
Za ideálního stavu jsou místům $\mathcal{M}_k$ ekvivalentní všechna místa rouna o stejné zetové souřadnici. Na tvořící se části rouna 2 bude tedy bod k (resp. přímka $z = H_k^{\circ}$; $y = l_{uk}$) odpovídat těžišti místa $\mathcal{M}_k$.

Vyšetřením struktury rouna v místě k na povrchu tvořící se části rouna je tedy určena i struktura rouna v odpovídajícím místě $\mathcal{M}_k$ daného souboru $\mathcal{SM}$.

5.112.1 Podmínky zkoušky

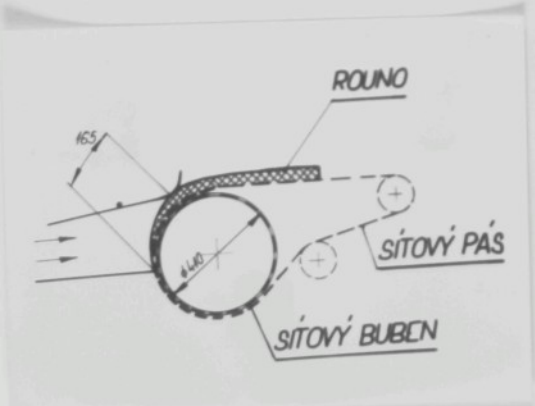
Ke zkoušce byla použita viskózová stříž vlnařského typu, matovaná, o délce střihu 0,06 m a jemnosti 3,5 den. Vláknitý materiál nebyl před zpracováním ani maštěn, ani antistaticky upravován.
Před vlastním zpracováním na zkušebním stroji byl materiál čechrán dvojím průchodem mykacím čerchadlem (výrobce Josephys Erben, Bilsko) a jednou prošel rozvolňovacím strojem Midhurst Opener (výrobce A.E. Callaghan, Bognor Regis).

Rouno bylo vyráběno na ověřovacím prototypu agregátu Pneumat (typové označení PRS - 18, pracovní šíře 1,8 m), který sestává z nakládacího, rozvolňovacího a ojednocovacího stroje.



Obr. 40 Usazovací zařízení pneumatického rounotvořícího stroje

Odváděcí rychlost při výrobě byla 0,0167 m/s. Na tomto stroji je usazovací zařízení válcové a jeho hlavní rozměry jsou patrny z vyobrazení.



Obr. 41 Schema usazovacího zařízení stroje PNEUMAT

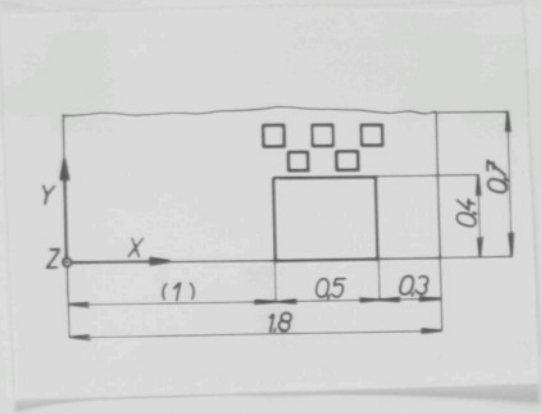
Při stejném nastavení stroje bylo vyrobeno 10 roun dále označovaných R 1 až R 10. Při provozu stroje byla relativní vlhkost vzduchu φ = 47 % a teplota v provozovně + 19°C.

5.112.2 Odběr a úprava vzorků

Rouna byla odebrána tak, že stroj byl při normálním provozu zastaven tlačítkem "total stop", které je spojeno s brzdicím systémem, takže doběh rychle rotujících součástí byl minimální. Po zvednutí horního víka kanálu bylo ručně pootočeno usazovacím zařízením tak, aby se rouno dostalo na vodorovnou část sítového pásu. Podle šablony byla počáteční část rouna v plné šíři zkrácena na délku cca 0,7 m, a po podsunutí podložného papíru byla transportována na pracovní stůl.

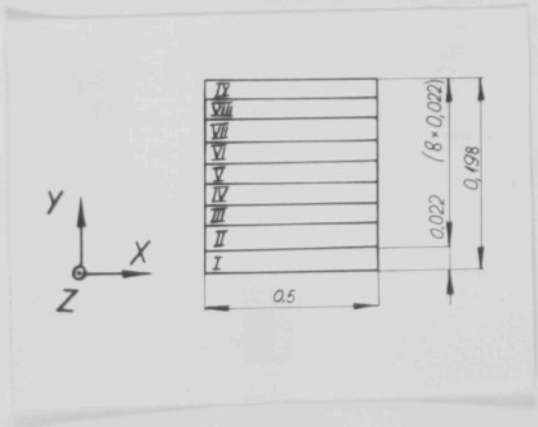
Pro měření plošné hmotnosti bylo použito všech deseti roun. Z každého rouna bylo vyseknuto po pěti čtvercích, jejichž jmenovité rozměry byly (0,1 x 0,1) m. Místa pro vyseknutí čtverců byla zvolena tak, aby čtverce byly uspořádány ve dvou řadách (po třech a dvou čtvercích v každé řadě) na straně vzorku, kde je hotové rouno a aby x-ová souřadnice těchto čtverců, vztažené k soustavě rouna, byly v rozmezí (0,9 až 1,6) m.

Pro další použití byla pak všechna rouna upravena na šířku 0,5 m a délku 0,4 m. Šířka (přesně) dodržena tím, že rouno bylo ořezáváno (po překrytí papírem) podle šablony.



Obr. 42 Odběr vzorků

Takto upravené vzorky byly rozřezány na pruhy o rozměrech (0,5 x 0,022) m, takže plocha pruhů S_2 byla 0,011 m^2. Při řezání pruhů bylo postupováno ve směru Y a u každého vzorku bylo vyhotoveno devět pruhů číslovaných římskými číslicemi. Postup číslování byl souhlasný se smyslem souřadnice Y. Aby bylo dosaženo stejné šířky pruhů, bylo šablonou posunováno podél stupnice milimetrového papíru, nalepené na papírové podložce.



Obr. 43 Řezání pruhů

5.112.3 Měření

Hmotnost byla měřena na automatických vahách s přesností 10^{-8} kg.
Délky byly měřeny posuvným měřítkem s přesností 10^{-4} m nebo (v případě měření délky aktivní usazovací plochy) ocelovým měřítkem s přesností odečtu 10^{-3} m.
Tloušťka rouna byla měřena tloušťkoměrem zkonstruovaným na Výzkumném ústavě vlnařském v Brně, který má praktický rozsah měření od 0 do 6.10^{-2} m. Měřící plocha tohoto tloušťkoměru je kruhová o průměru 0,1 m, přičemž měrné zatížení měřené plochy je cca 10 kg/m^2.

Aby měření nebylo ovlivněno deformacemi rouna (které nutně vznikají při vysekávání vzorků), byla tloušťka měřena před operací vždy v 5 místech každého rouna. Přitom bylo dbáno toho, aby měřená místa přibližně odpovídala místům, kde budou vysekávány čtverce pro měření plošné hmotnosti.

Výsledky měření odečítané na indikátoru se setinným dělením byly zmenšeny o tloušťku podložního kartonu. Poněvadž přístroj při jednom nastavení má rozsah 10^{-2} m, bylo nutno provádět měření při dvou základních nastaveních indikátoru.

Čas byl měřen stopkami se setinným dělením. Hodnoty byly odečítány s přesností 10^{-1} s.

Chyby přímo měřených veličin byly zjišťovány statistickým vyhodnocením výsledků opakovaných měření. V dalším textu jsou udávány chyby střední hodnoty při 95,45 % jistotě.

Pro statistické zpracování výsledků byly naměřené hodnoty upravovány takto :

- Hodnoty naměřené hmotnosti byly zaokrouhlovány na 10^{-5} kg.

- Hodnoty naměřených délek a času byly zpracovány bez zaokrouhlování.
- Hodnoty naměřených tlouštěk byly zmenšeny o průměrnou tloušťku podložního kartonu, která byla měřena mikrometrem. Její hodnota je $(0{,}120 \pm 0{,}007)\ 10^{-3}$ m. Oproti chybě výsledku měření tloušťky rouna ($\delta_H = \pm 1{,}4 . 10^{-3}$ m) je chyba měření tloušťky kartonu zanedbatelná, takže v dalším výpočtu nebyla brána v úvahu.

Přehled o velikosti přímo měřených hodnot a velikosti příslušných chyb je patrný z tab. č. II.

Tab. č. II. Výsledky přímého měření

Pol.	Text	Označení	Jednotka	Střední hodnota	Chyba střední hodnoty v jednotkách	Chyba střední hodnoty v %
1	2	3	4	5	6	7
1	hmotnost vzorku	m	$kg.10^{-3}$	3,16	0,11	3,4
	hmotnost pruhů					
2	I	m_I	$kg.10^{-3}$	0,99	0,09	8,9
3	II	m_{II}	$kg.10^{-3}$	1,59	0,14	9,1
4	III	m_{III}	$kg.10^{-3}$	2,38	0,10	7,6
5	IV	m_{IV}	$kg.10^{-3}$	2,92	0,22	7,7
6	V	m_V	$kg.10^{-3}$	2,99	0,26	8,6
7	VI	m_{VI}	$kg.10^{-3}$	3,11	0,25	8,2
8	VII	m_{VII}	$kg.10^{-3}$	3,35	0,21	6,2
9	VIII	m_{VIII}	$kg.10^{-3}$	3,42	0,23	6,6
10	strana raznice	a	$m.10^{-3}$	100,3	0,3	0,31
11	délka pruhů	l_p	$m.10^{-3}$	500,4	0,7	0,14
12	šířka pruhu	b_p	$m.10^{-3}$	22,-	0,7	3,25
13	délka akt. části usaz. zařízení	l_u	$m.10^{-3}$	165	5	2,8
14	doba potřebná pro proběhnutí dráhy 1 m	t	s	59,9	0,9	1,5 x)
15	tloušťka rouna	H	$m.10^{-3}$	41,5	1,4	3,3

Poznámka k tab. č. II : x) Výpočtová hodnota 1 % byla pro bezpečnost zvětšena na 1,5 %.

3.112.4 Výpočet základních veličin

Plocha vzorku S_1 byla vypočtena ze strany čtvercové razníce ($a = 100,3 \pm 0,3$) 10^{-3} m). Výpočtová hodnota plochy $S_1 = 10,06 \cdot 10^{-3}$ m^2 je zatížena chybou 0,31 %. Vzhledem k tomu, že při vysekávání rouna nutně nastává i jeho deformace, která zvětšuje nepřesnost, byla vypočtená chyba zvětšena na hodnotu 0,5 % a pro další výpočet vzato, že

$$S_1 = (10,06 \pm 0,05)\ 10^{-3}\ m^2$$

Plošná hmotnost rouna ρ_s byla počítána ze vztahu

$$\rho_s = \frac{m}{S_1}$$

kde m je hmotnost vysekнutých čtverců o ploše S_1. Výpočtem vychází, že $\rho_s = (0,314 \pm 0,011)$ kg/m^2.

Měrná hmotnost rouna ρ byla počítána ze vztahu

$$\rho = \frac{\rho_s}{H}$$

kde ρ_s je plošná hmotnost zjištěná dle hořejšího textu a H je tloušťka rouna zjištěná přímým měřením. Výpočtem vychází, že

$$\rho = (7,56 \pm 0,37)\ kg/m^3.$$

Plocha pruhu S_2 byla vypočtena z jeho délky l_p a šířky b_p. Chyby obou těchto veličin byly zjištěny kontrolním měřením kartonu oříznutého stejným způsobem, jak byly ořezávány pruhy rouna.

Výpočtová chyba plochy 3,25 % byla zvětšena na 5 % z těchže důvodů jako v případě zjišťování plochy vzorku S_1. Pro další výpočty je tedy používáno hodnoty

$$S_2 = (11,01 \pm 0,50)\ 10^{-3}\ m^2.$$

Obvodová rychlost v byla vypočtena z doby potřebné k proběhnutí dráhy 1 m. Poněvadž chyba při měření času už byla zvětšena z 1 % na 1,5 %, je pro další výpočty vzata neopravená výpočtová hodnota

$$v = (0,0167 \pm 0,0003)\ m/s.$$

Základní výpočtové hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. III.

Tab. č. III. Základní výpočtové veličiny

Pol.	Text	Označení	Jednotka	Střední hodnota	Chyba střední hodnoty	
					v jednotkách	v %
1	2	3	4	5	6	7
1	plocha vzorku	S_1	$10^{-3}\ m^2$	10,06	0,05	0,5
2	plocha pruhu	S_2	$10^{-3}\ m^2$	11,01	0,50	5
3	Plošná hmotnost	ρ_s	kg/m^2	0,314	0,011	3,42
4	měrná hmotnost	ρ	kg/m^3	7,56	0,37	4,85
5	obvodová rychlost	v	m/s	0,0167	0,0003	1,5

5.112.5 Výpočet charakteristického profilu

Přenesením rouna a jeho položením na rovinnou pracovní plochu byl tvar počáteční části transformován pro rovinnou usazovací podložku. Za zjednodušujícího předpokladu, že měrná hmotnost rouna je konstantní, lze pro další aplikace počítat se vztahy pro rovinnou usazovací podložku.

Měrná hmotnost se může místně měnit a lze předpokládat, že existuje závislost měrné hmotnosti rouna na jeho plošné hmotnosti při výrobě na stejně seřízeném stroji. Zkoumání

těchto závislostí se však vymyká rozsahu této práce, takže bylo předpokládáno, že měrná hmotnost je konstantní a není závislá na zetové souřadnici.

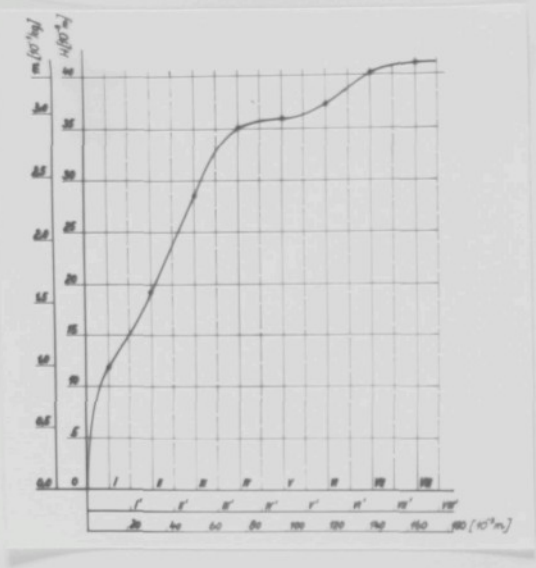
Za tohoto zjednodušujícího předpokladu platí pro tloušťku H^{*} tvořící se části rouna v místech příslušných středům pruhů :

$$H^{*} = \frac{m_p}{\varrho S_2}$$

Výpočtové hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. IV a současně i vyznačeny graficky.

Tab. č. IV. Místní tloušťka tvořící se části rouna

Pol.	Číslo pruhu	Hmotnost	Místní tloušťka
		$kg.10^{-3}$	$m.10^{-3}$
1	2	3	4
1	I	0,99	11,89
2	II	1,59	19,10
3	III	2,38	28,59
4	IV	2,92	35,08
5	V	2,99	35,92
6	VI	3,11	37,36
7	VII	3,35	40,24
8	VIII	3,42	41,08



Obr. 44 Tvořící se část rouna

Aby mohl být zjištěn průměrný sklon vrstvy daného pruhu, byly interpolací zjištěny hmotnosti, které by příslušely místům usazovací podložky vzdáleným od počátku o celistvé násobky šířky pruhu. Interpolace je provedena v obr. 44, kde je vynešena i pomocná stupnice pro hmotnost m. Pro rozlišení jsou tyto (interpolované) hmotnosti značeny m''_k, kde index udává postupné číslo příslušného místa. Vzdálenosti středů jednotlivých pruhů jsou stejné jako příslušné posuvy usazovacího zařízení, takže

$$\Delta l_u = (22,0 \pm 0,7) \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Příslušné úhly sklonu povrchu tvořící se částí rouna jsou vypočteny ze vztahu

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \frac{m''_k - m''_{(k-1)}}{\varrho S_2 \Delta l_u}$$

Hodnotě posuvu usazovacího zařízení Δl přísluší při dané rychlosti v doba výrobní periody

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{v}$$

Po dosazení a vyhodnocení chyby vychází

$$\Delta t = (1{,}32 \pm 0{,}05)\ s$$

Poměr délek $\lambda^* = l/\Delta l_u$ je v tomto případě

$$\lambda^* = (6{,}06 \pm 0{,}17)$$

Pro místní tloušťku charakteristické vrstvy h^* pak platí

$$h^* = \frac{1}{\Delta t\, \lambda^*} \cdot h$$

Dosazením za konstantní hodnoty do zlomku plyne, že

$$\frac{1}{\Delta t\, \lambda^*} = (0{,}125 \pm 0{,}006)$$

takže

$$h^* = (0{,}125 \pm 0{,}006)\ h$$

Obdobně pro místní plošnou hmotnost charakteristického profilu ρ_s^* platí

$$\rho_s^* = \frac{1}{\Delta t\, \lambda^*}\, \rho_s$$

takže

$$\rho_s^* = (0{,}125 \pm 0{,}006)\rho_s$$

V tabulce č. V je proveden výpočet pro všechny pruhy (I až VIII). Výchozí hodnoty m_k' (pol. 1) byly získány odečtem z předchozího grafu.

Ve sloupcích 12 a 13 této tabulky je proveden výpočet chyby pro pruh č. II.

Pro další potřeby této práce byly vypočteny chyby v určení sklonu povrchu tvořící se částí rouna $\vartheta_{\mathcal{L}}$ pro všechny pruhy.

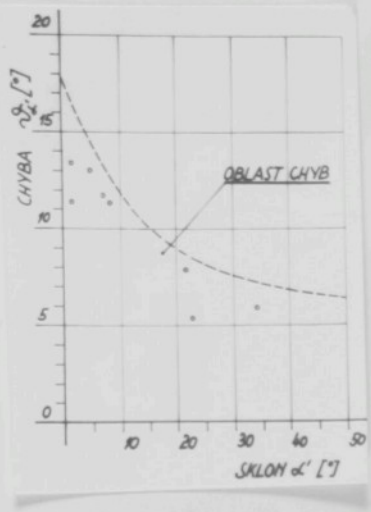
Tab. č. V. Výpočet sklonu povrchu tvořící se části rouna a charakteristického profilu

Pol.	Označení	Jednotka	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Chyba střední hodnoty pro pruh č. II v jednotkách	v %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	m'_k	10^{-3} kg	1,24	2,01	2,74	2,98	3,03	3,24	3,40	3,45	0,18	9
2	$m'_{(k-1)}$	10^{-3} kg	0,00	1,24	2,01	2,74	2,98	3,03	3,24	3,40	0,11	9
3	Δm_k	10^{-3} kg	1,24	0,77	0,73	0,24	0,05	0,21	0,16	0,05	0,21	27
4	k^h_k	10^{-3} m	14,90	9,25	8,77	2,88	0,60	2,52	1,92	0,60	0,26	27,6
5	ϱ_s	10^{-3} kg/m^2	112,6	69,9	66,3	21,8	4,5	19,1	14,5	4,5	19	27,3
6	$tg\alpha'$	1	0,6773	0,4205	0,3986	0,1309	0,0273	0,1145	0,0873	0,0273	max 0,5382 min 0,3028	- -
7	α''	stupeň	34,1	22,8	21,7	7,4	1,6	6,6	5,-	1,6	5,3	-
8	h^*	10^{-3} m	1,86	1,16	1,10	0,36	0,075	0,315	0,240	0,075	0,32	28
9	ϱ^*_s	10^{-3} kg/m^2	14,08	8,74	8,29	2,73	0,56	2,39	1,81	0,56	2,4	27,5

Tab. č. VI. Chyby v určení sklonu povrchu tvořící se části rouna

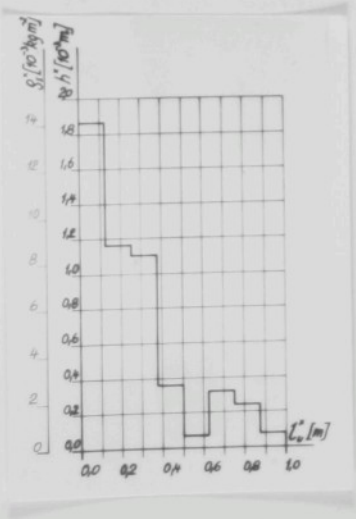
Pol.	Označení pruhu	Vypočtená hodnota	Chyba střední hodnoty
		α'	$\vartheta_{\alpha'}$
		stupeň	stupeň
1	2	3	4
1	I	34,1	6,4
2	II	22,8	5,3
3	III	21,7	7,8
4	IV	7,4	11,3
5	V	1,6	11,4
6	VI	6,6	11,7
7	VII	5,-	13
8	VIII	1,6	13,4

Z výpočtu velikosti chyby je patrno, že její abs. hodnota závisí (při jinak stejných podmínkách) na velikosti rozdílu hmotnosti dvou sousedních pruhů, tedy i na velikosti sklonu vrstvy. Vzájemná souvislost zjišťovaných hodnot je vynešena graficky. Pro další použití je v tomtéž grafu vynešena i křivka omezující maximální předpokládanou velikost chyb.



Obr. 45 Chyba v určení sklonu povrchu tvořící se části rouna

Z výsledků uvedených v tabulce VI je na dalším grafu vynešen charakteristický profil tvořící se části rouna.



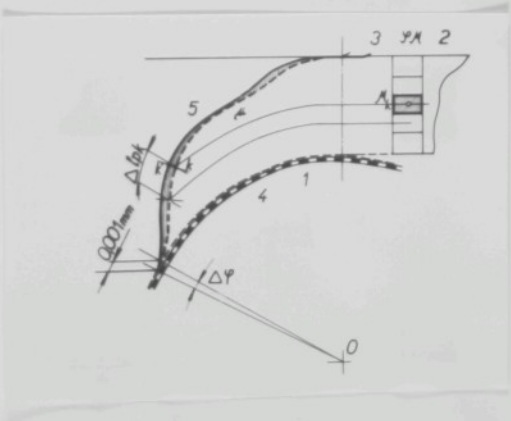
Obr. 46 Charakteristický profil

Výsledky jsou zatíženy velkou chybou zapříčiněnou nerovnoměrností rouna, projevující se v kolísání hmotností pruhů. Chyba se zvětšuje výpočtem přírůstků $\Delta m_k'$, který se promítá do celého dalšího výpočtu.

Z výsledku vyplývá, že nestálost místní charakteristické tloušťky vrstvy ukazuje na nestálost usazovacího procesu v rounotvořícím stroji.

5.112.6 Separace vrstvy

Stroj byl při plném provozu zastaven obdobně jako při odběru vzorku pro zjištění podélného profilu tvořící se části rouna. Usazovacím ústrojím 1 bylo pootočeno o úhel $\Delta\varphi$, odpovídající posuvu rouna o 0,001 m. Část rouna 2, která byla již vytvořena, je překryta řídkým tylem 3 tak, aby tato podložka při spuštění stroje mohla dobře přilnout k povrchu tvořící se části rouna 4. Při přerušeném podávání a odvádění rouna se uvedl stroj do provozu a ručním pootočením podávacího ústrojí se podal vlákenný materiál, který na podložce vytvořil vrstvu 5, odpovídající dodávce příslušné 0,001 m vyrobeného rouna.



Obr. 47 Separace vrstvy rouna

Po dodání tohoto množství byl stroj zastaven a byla vyjmuta podložka, na níž byla zachycena separovaná vrstva 3. Podložka byla rozvinuta na rovinnou pracovní plochu.[x)]

5.12 Zjištění orientace

Separované vrstvy pneumaticky vyráběného rouna lze při lokálním posuzování přirovnat k pavučině, takže pro vyšetření orientace těchto vrstev možno použít týchž metod jako pro obdobné vyšetření pavučiny. Průhlednost obou útvarů umožňuje přímé pozorování vláken.

Pro vyšetření orientace těchto útvarů byla volena modifikovaná metoda Hearle-Stevensonova.
Tato volba je zdůvodněna tím, že metoda

- vychází z přímého vyhodnocení směrů úseků vláken, které je nutně přesnější než vyhodnocení konvenčně stanovených směrů vláken (jako celků),
- je prakticky[xx)] nezávislá na fyz. mechanických vlastnostech vlákenné hmoty proto, že vyhodnocuje jen geometrické prvky, kterými je struktura určována,
- byla používána četnými autory zpracovávajícími problematiku netkaných textilií.

Poznámka : x) Přepočty pro zakřivené usazovací zařízení není třeba provádět proto, že rozdíly oproti rovinnému usazovacímu zařízení jsou v mezích chyb.

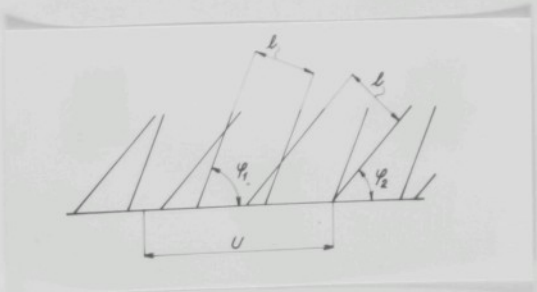
xx) Při vyšetřování vláken o zvlášť velkém průměru mohou nastat nepřesnosti v určení směru osy úseku vlákna.

Naopak již z literárních pramenů - a logickým rozborem problematiky - vyplývají i určité nepřesnosti vlastní metody. Je to zejména skutečnost, že při přípravě mikroskopického preparátu dochází nutně k deformaci vzorku textilie, a tedy i k modifikaci původní orientace. Mikroskopickým pozorováním prakticky dochází k projekci preparátu, takže se jedná o vyšetření plošné orientace. Vznikající zkreslení skutečnosti jsou tím menší, čím více roste míra plošného rozložení vláken, takže z tohoto hlediska je metoda dobře použitelná pro vyšetřování pavučin nebo obdobných textilních útvarů.

5.121 Modifikovaná metoda Hearle-Stevensonova

Původní metoda je popsána v literární rešerši.
Pro tuto práci byla metoda nepodstatně modifikována proto, aby bylo možno dokumentovat dosažené výsledky a současně aby bylo možno těchže mikrosnímků použít pro další srovnání. Vlastní (dále podrobně popsaná) modifikace metody spočívá v tom, že jsou určovány směry úseků všech vláken protínajících obvod neuzavřeného čtverce. Tím se dosáhne toho, že

- úseky vláken jsou vyšetřovány dle určitého systému a je zamezeno, aby výběrem vláken mohl být některý ze směrů zvýhodňován.



Obr. 48 Zvýhodnění směru vlákenných sítí

Z obr. 48 je patrno, že pro nejjednodušší případ, kdy se jedná o soustavu dvou stejných vlákenných sítí protínajících úsečku U, je zvýhodněn směr φ_1 před směrem φ_2. Zatřídením úseků vláken (daných průsečíky sítí s úsečkou U) totiž plyne, že $O_{\varphi_1} > O_{\varphi_2}$, což zřejmě neodpovídá skutečnosti.

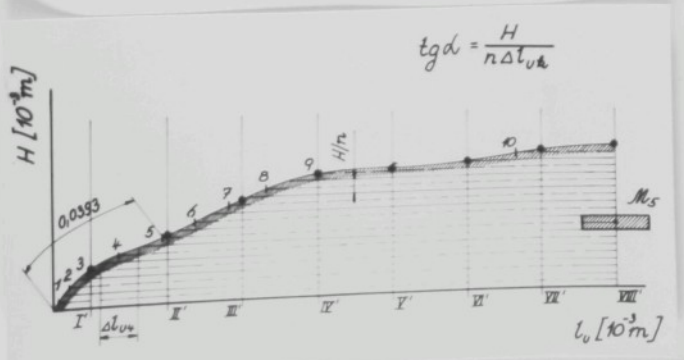
- jsou vyšetřovány četnosti směrů úseků vláken po obvodě (téměř uzavřeného) obrazce, takže možno předpokládat, že i uspořádání vláken v ohraničené ploše je charakterizováno tímto měřením.

5.121.1 Podmínky zkoušky

Ke zkoušce bylo použito strojní zařízení a materiál za podmínek popsaných v odstavci 5.112.1.

5.121.2 Odběr a úprava vzorků

Lokální orientace vláken byla vyšetřována v souboru 10 míst, takže tloušťka rouna Δ H příslušející každému z těchto míst je 0,1 H. Tedy pro daný případ $\Delta H = 4,15.10^{-3}$ m.



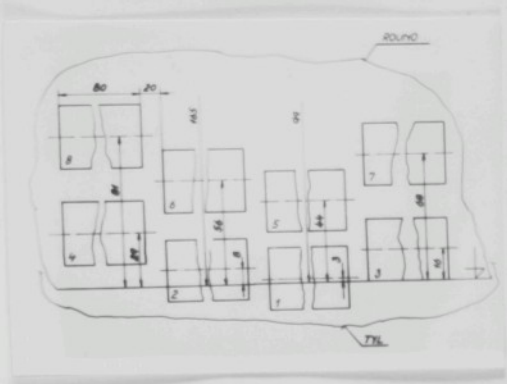
Obr. 49 Určení polohy vzorků

Odměřením vzdáleností Δl_{pk} na vyobrazení povrchu tvořící se části rouna byla zjištěna teoretická poloha bodů k odpovídajících těžištím jednotlivých míst souboru.
Pro snížení chyby, vznikající neshodou skutečné délky rozvinutého povrchu tvořící se části rouna a délky zjištěné odměřením, byl proveden přepočet teoreticky zjištěných vzdáleností bodů k od počátku.
Za skutečnou délku rozvinuté části tvořícího se povrchu rouna byla vzata délka tylové podložky, na které byla usazená vlákna (0,198 m). Přepočítávané hodnoty byly zaokrouhleny na 10^{-3} m.

Tab. č. VII. Přepočet vzdáleností míst

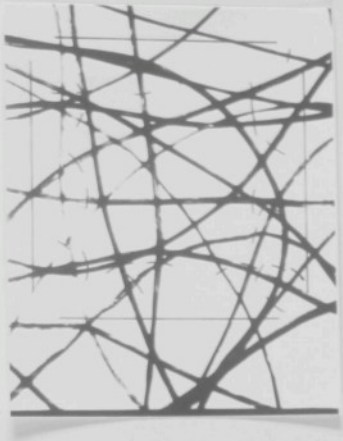
Pol.	Místo	Teoret. hodnota		Výpočtová hodnota
		vzájemná vzdálenost	vzdálenost od počátku	vzdálenost od počátku
		10^{-3} m	10^{-3} m	10^{-3} m
1	2	3	4	5
1	1	(2,5)	2,5	3
2	2	5,-	7,5	8
3	3	7,1	14,6	16
4	4	11,2	25,8	29
5	5	13,5	39,5	44
6	6	10,7	50,0	56
7	7	11,-	61,-	68
8	8	11,-	72,-	81
9	9	16,2	88,2	99
10	10	59,5	147,7	165
11	-	(29)	176,7	198
12	Součet	176,70	-	-

Aby mohly být dodrženy výpočtové vzdálenosti, bylo nutno odebrat vzorky rozsazené ve 4 řadách.



Obr. 50 Schema odběru vzorků

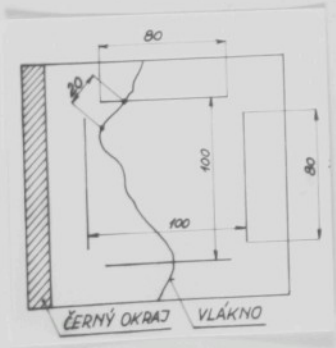
Vlastní odběr vzorků byl prováděn tak, že nosní textilie (tyl) se separovanou vrstvou byla položena na šablonu s nákresem rozsazení odebíraných vzorků. Na okraje sklíček, které měly tvořit horní příkrov preparátu, byla z lícní strany nalepena samolepící páska tak, aby její část o šířce cca 5 mm přesahovala přes sklíčka. V místech, určených šablonou pro odběr vzorků, byla položena na vrstvu sklíčka tak, že samolepící páska svými volnými okraji mohla fixovat polohu vrstvy vůči sklíčku. Nůžkami byly (i se šablonou a podložným tylem) obstřiženy vzorky v těsné blízkosti lepící pásky a pinzetou byly sejmuty zbytky šablony a podložného tylu. Vzorek byl pak doplněn druhým sklíčkem, stržena samolepící páska (při přitlačení obou sklíček na sebe), obstřižen na formát sklíčka a zalepen. Značena byla lícní strana a hlavní směr.
Z každého vzorku bylo pořízeno po 10 mikrosnímcích při celkové 94násobném (lineárním) zvětšení. Snímky byly pořízeny ve střední části vzorku a bylo dbáno na to, aby orientace mikrosnímků souhlasila s orientací vzorků. Černý pruh na straně mikrosnímků označuje směr X.



Obr. 51 Mikrosnímek upravený k vyhodnocení

5,121.3 Vyhodnocení

Pro objektivní zjištění směrů úseků vláken byly na každém mikrosnímku nakresleny 2 páry úseček o délce 0,08 m tak, že každý pár úseček je vzájemně rovnoběžný a úsečky prvého páru jsou kolmé na úsečky páru druhého. Při vzdálenosti vzájemně rovnoběžných úseček 0,1 m pak vznikne neúplně ohraničený čtverec.



Obr. 52 Schema zjišťování směrů úseků vláken

Za úsek vlákna je považována úsečka délky 0,02 m. Úsek vlákna má (po 94násobném lineárním zvětšení) délku 0,02 m jen v tom případě, jedná-li se o úsek přímý. Přesně vzato jsou tedy úseky vláken (po 94násobném zvětšení) rovny, neb delší než 0,02 m, takže pro skutečnou délku platí $\ell \geq 0{,}213 \cdot 10^{-3}$ m.x)

V místech zvětšeniny, kde vlákna protínají obrys neuzavřeného čtverce, byla na vlákna (směrem dovnitř obrazce) vynášena délka 0,02 m, a tím byl ohraničen konvenčně stanovený úsek vlákna. Směry těchto úseků vláken byly proměřovány na rýsovacím přístroji KINEX a zatřiďovány do úhlových intervalů o velikosti 30°.

Takto získané výsledky byly shrnuty do dílčích tabulek pro jednotlivé vzorky. Jako příklad je uvedena tabulka pro vzorek 6 serie PN-HS (Zde značí : PN - pneumat. způsobem vyráběné rouno ; HS - způsob vyšetřování Hearle-Stevensonovou /modifikovanou/ metodou).

Poznámka : x) Je zřejmé, že při zmenšování konvenčně stanovené délky úseků by se dosáhlo lepší shody se skutečnou délkou zvětšeného úseku vlákna. Současně však nutno vzít v úvahu, že by nutně vzrůstaly nepřesnosti při prokládání paprsku určujícího směr úseku vlákna.

Tab. č. VIII. Zatřídění směrů úseků vláken
(PN - HS)

Pol.	Čísla měření vzorku PN-H-6	Označení úhlového intervalu						Celkem
		-60°	-30°	0°	+30°	+60°	+90°	
		Počet zatříděných úseků vláken /1/						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I	8	3	2	5	7	8	33
2	II	5	7	8	3	6	10	39
3	III	10	7	3	2	8	5	35
4	IV	11	6	4	7	5	6	39
5	V	6	2	5	8	5	8	34
6	VI	10	11	1	4	13	12	51
7	VII	6	8	8	8	10	9	49
8	VIII	12	12	3	7	16	8	58
9	IX	10	9	4	12	5	7	47
10	X	6	10	6	10	6	7	45
11	Celkem	84	75	44	66	81	80	430
12	α /%/	19,5	17,4	10,2	15,5	18,1	18,6	100,-

V pol. 12 předchozí tabulky je provedeno vyhodnocení orientace α, která je pro každý interval vyjádřena procentem zatříděných úseků vláken z jejich celkového počtu. Vypočtené hodnoty jsou zaokrouhleny na desetiny procenta.

Obdobně byly zatříděny směry úseků vláken ze všech deseti vzorků (PN 1 až PN 10) a výsledné hodnoty odpovídající položkám 11 a 12 předchozí tabulky jsou sestaveny do následující tabulky, která dává přehled o plošné orientaci jednotlivých vrstev rouna.

Tab. č. IX.

Souhrn měření plošné orientace

(PN - HS)

Pol.	Vzorek	-60°		-30°		0°		+30°		+60°		+90°		Celkem	
		σ	α	σ	α	σ	α	σ	α	σ	α	σ	α	$\Sigma\sigma$	$\Sigma\alpha$
		1	%	1	%	1	%	1	%	1	%	1	%	1	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	PN-H-1	73	24,4	44	14,7	41	13,7	43	14,3	53	17,7	46	15,2	300	100
2	PN-H-2	53	20,5	45	17,4	34	13,2	23	18,9	55	21,4	48	18,6	258	100
3	PN-H-3	49	15,4	55	17,3	49	15,5	51	16,1	56	17,7	57	18,-	317	100
4	PN-H-4	76	17,-	64	14,3	65	14,5	74	16,5	91	20,3	78	17,4	448	100
5	PN-H-5	72	17,5	54	13,1	62	15,-	61	14,8	84	20,4	79	19,2	412	100
6	PN-H-6	84	19,5	75	17,4	44	10,2	66	15,5	81	18,8	80	18,6	430	100
7	PN-H-7	80	21,5	79	21,3	43	11,6	59	15,9	50	13,5	60	16,2	371	100
8	PN-H-8	92	19,4	74	15,6	70	14,8	78	16,5	94	19,8	66	13,9	474	100
9	PN-H-9	59	13,7	81	18,8	63	14,6	65	15,1	92	21,3	71	16,5	431	100
10	PN-H-10	82	18,5	80	18,1	62	14	75	17,-	90	20,4	53	12,-	442	100
11	Celkem úseků /1/	720	-	651	-	533	-	595	-	746	-	638	-	3883	-
12	Průměr /%/	-	18,5	-	16,8	-	13,7	-	15,4	-	19,2	-	16,4	-	100

Chyba měření

Výsledky měření orientace jsou zatíženy chybou, jejíž velikost lze odhadnout jen částečně. V další části práce je učiněn pokus o zjištění

- chyby vznikající pootočením hlavního směru vrstvy vůči hlavnímu směru určenému delší hranou preparátu,
- chyby vzniklé statistickým charakterem měřené veličiny.

Chyby v určení hlavního směru

Přibližnou velikost této chyby lze stanovit na modelovém materiálu tím, že jsou zjišťovány odchylky mezi skutečným směrem S vyznačeným na preparátu a směrem S', který by mu měl při vyhodnocování odpovídat.

Jako modelový materiál byl použit plénkový mul. Na pracovní stůl byl položen podložný tyl, který byl překryt mulem. Kuličkovou propisovací tužkou byly na mulu nakresleny (ve směru útku) 2 rovnoběžky vzdálené 0,08 m, které představují směr S.
Na šabloně byly nakresleny 2 rovnoběžky vzájemně vzdálené 0,07 m.
Podložený tyl s mulem byl přenesen na stůl se šablonou tak, aby jedna z rovnoběžek vyznačených na mulu splývala s rovnoběžkou šablony. Dále bylo postupováno podobně jako při přípravě skutečného preparátu, jenže s tím rozdílem, že sklíčka byla kladena tak, aby jejich hrana splývala s druhou rovnoběžkou šablony, a aby místem určeným pro zhotovení preparátu procházela přímka vyznačená na mulu. Pro každý z 10 zhotovených preparátů byl tento postup opakován. Vyhodnocování bylo provedeno na zvětšovacím fotografickém přístroji. Preparát byl přisazen (na doraz) ke hraně pro vedení filmu a promítnut na maskovací zařízení

zení. Poloha maskovacího zařízení byla seřízena (projekcí 0,01 m širokého plechového pásku) tak, aby podélná hrana maskovacího přístroje byla rovnoběžná s hranou vedení filmu.
Projekcí preparátu (při cca 8,67násobném lineárním zvětšení) byl zjišťován skutečný směr vyznačený na mulu přímkou. Tento směr byl určen dvěma body na mulu vyznačené přímky, které ležely v okrajových částech promítnutého obrazu. Tyto body spolu s obrysem podélné hrany maskovacího zařízení byly značeny na vloženém papíře a z jejich polohy byla vypočtena odchylka obou směrů.
Statistickým vyhodnocením vyšel rozdíl skutečného a měřeného hlavního směru $-0,04^{0}$ s chybou $\pm 1,71^{0}$.

Popisované kontrolní měření je orientační a částečně vystihuje jen fázi přípravy preparátu. Rovněž i práce s modelovým materiálem není přímo srovnatelná se skutečnými pracovními podmínkami.
Z těchto důvodů nutno předpokládat, že velikost skutečně vznikající chyby bude jiná než zjištěná hodnota.

Pro zvětšení jistoty výsledku bylo při vyhodnocení počítáno s chybou přibližně dvojnásobnou ($\pm 3^{0}$) a střední hodnota ($-0,04^{0}$) byla zanedbána.

Chyba četností zatříděných směrů

Z tabulky IX je patrno, že jednotlivé hodnoty zatřídění mají poměrně velký rozptyl. Pro posouzení kolísání naměřených hodnot kol střední hodnoty byly výsledky jednotlivých měření vyjádřeny v procentech příslušného aritmetického průměru.

Tab. X. Kolísání četností zatříděných úseků vláken vzhledem k průměrné hodnotě (PN - HS)

Pol.	Měření vzorku PN-H/6	Označení úhlového intervalu					
		-60°	-30°	0°	30°	60°	90°
		%					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	9,5	4,1	4,5	7,6	8,6	10,-
2	II	6,1	9,3	18,2	4,5	7,4	12,5
3	III	11,9	9,3	6,8	3	9,9	6,2
4	IV	13,1	8,-	9,1	10,6	6,2	7,5
5	V	7,1	2,7	11,4	12,1	6,2	10,-
6	VI	11,9	14,7	2,3	6,2	16,-	15,-
7	VII	7,1	10,6	18,2	12,1	12,3	11,2
8	VIII	14,3	16,-	6,8	10,6	19,8	10,-
9	IX	11,9	12,-	9,1	18,2	6,2	8,8
10	X	7,1	13,3	13,6	15,1	7,4	8,8
11	Součet	100,-	100,-	100,-	100,-	100,-	100,-

Obdobně jako v předchozím případě bylo provedeno vyhodnocení všech 10 vzorků. Výsledky byly zatříděny do tříd s intervalem 0,1, takže nebylo nutno pro další výpočty používat Sheppardovy korekce.

Hlavní statistické charakteristiky jsou uvedeny v tab.č. XI. Údaje ve sloupci 4 této tabulky charakterizují kolísání četností úseků vláken zatříděných do jednotlivých úhlových intervalů. Toto kolísání je ovlivněno i nerovnoměrností místní plošné hmotnosti vláknitého útvaru. Místní nerovnoměrnost plošné hmotnosti se zřejmě projevuje v kolísání celkového počtu úseků vláken zatříděných při každém měření do všech šesti úhlových intervalů. Vyhodnocení je provedeno ve sloupci 5 téže tabulky.

Tab. č. XI. Hlavní statistické charakteristiky četnosti úseků vláken (PN - HS)

Pol.	Název	Označení	Četnost úseků vláken	
			zatřídění do úhlových intervalů	celkový počet zatříděných úseků
1	2	3	4	5
1	Aritmetický průměr	$\bar{x}$	10,-	10,-
2	Směrodatná odchylka	s	4,1	1,71
3	Chyba jednoho měření při pravděpodobnosti 95,45 %	δ_{rel}	88 %	34,2 %

Chyba ve stanovení hodnoty orientace β musí tedy zahrnovat jak chybu charakterizovanou ve sloupci 4, tak i ve sloupci 5, což vyplývá i z definičního vztahu.

Pro relativní chybu výsledku pak platí

$$\delta_{rel\beta} = \sqrt{\delta^2_{rel\alpha} + \delta^2_{rel\bar{\alpha}}}$$

Dosazením z předchozí tabulky plyne

$$\delta_{rel\beta} = \sqrt{88^2 + 34,2^2}$$

$$\delta_{rel\beta} = 94,4\ \%.$$

Chyba aritmetického průměru $\vartheta_{rel\alpha}$ pro n měření vypočtená dle vztahu

$$\vartheta_{rel\alpha} = \frac{\delta_{rel\alpha}}{\sqrt{n}}$$

je $\vartheta_{rel\alpha} = 29,8\ \%$

Celkem je proměřováno ve 100 měřeních 3883 úseků vláken, takže na 10 měření připadá v průměru přibližně 390 úseků vláken.

5.13 Vyhodnocení struktury rouna

Výsledky vyhodnocení plošné orientace uvedené v tab. VIII předchozího textu se vztahují k plochám, jejichž sklon k určovací rovině je dán úhlem α' příslušným sklonu povrchu odpovídající části tvořícího se rouna. Proto je nutno k těmto výsledkům přiřadit příslušný sklon vrstvy.
Při dřívějším zjišťování charakteristického profilu byl stanoven sklon vrstev rouna v místech, která odpovídají těžištím pruhů. Těmto místům příslušné zetové souřadnice však neodpovídají zetovým souřadnicím míst M_k. Proto je nutno provést zpětnou grafickou konstrukci, která je vyznačena na dříve uvedeném obr. 49.
Z tohoto grafického znázornění byly rovněž vzaty hodnoty pro výpočet sklonu vrstev v místech M_k, čímž je lépe charakterizován průměrný sklon příslušný tomuto místu.

Sklon vrstvy v oblasti tloušťky $\frac{H}{n}$, která přísluší místu M_k je proměnný. Proto je definován sklon příslušející střední oblasti skutečného vzorku jako průměrná hodnota sklonů vrstev ležících podél celé tloušťky vzorku. Pro jednoduchost je za tento (průměrný sklon) považován úhel, jehož tangenta je dána poměrem tloušťky vzorku ($\frac{H}{n}$) k délce usazovací podložky (Δl_{uk}) příslušné této tloušťce.
Hodnoty pro výpočet takto definovaného sklonu příslušejícího daným místům M_k jsou uvedeny v následující tabulce a byly získány odečtem z obr. 49.

Tab. č. XII. Výpočet sklonu vrstvy v místech M_k

Pol.	Označení místa M_k	$\frac{H}{n}$	Δl_{uk}	$tg\,\alpha$	α
		10^{-3} m	10^{-3} m	1	stupeň
1	M_1		2,5	1,6600	58,9
2	M_2		4,25	1,0240	45,7
3	M_3		7,55	0,5407	28,8
4	M_4		10,75	0,3860	25,1
5	M_5	4,15	12,25	0,3388	18,7
6	M_6		9,75	0,4256	23,1
7	M_7		10,2	0,4069	22,1
8	M_8		12,55	0,3307	18,3
9	M_9		51,3	0,0809	4,6
10	M_{10}		44,4	0,0935	5,3
11	Součet	41,5	165,-	-	-

Velikost chyby ϑ_α je vypočtena na základě výsledků uvedených v kapitole 5.112,5 s tím, že ve výpočtu chyby určení sklonu vrstvy v místech M_k je obsažena jak chyba odečtu tloušťek H/n, tak i délek Δl_{uk}.

V následující tabulce č. XIII je provedeno konečné vyhodnocení struktury rouna. Jednotlivým vzorkům, pro něž byla Hearle-Stevensonovou metodou zjišťována plošná orientace (úseků osy) vláken, jsou přiřazeny místní sklony vrstev.

Tab. č. XIII.

Struktura rouna

Pol.	Vzdálenost těžiště místa od určovací roviny		Místní sklon vrstvy		Relativní plošná orientace úseků vláken zatížená chybou 29,8 %					
	hodnota	chyba	hodnota	chyba	$(-60 \pm 3)^0$	$(-30 \pm 3)^0$	$(0 \pm 3)^0$	$(30 \pm 3)^0$	$(60 \pm 3)^0$	$(90 \pm 3)^0$
	10^{-3} m	%	stupeň		%	%	%	%	%	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2,08	3	58,9	9,3	24,4	14,7	13,7	14,3	17,7	15,2
2	6,23	3	45,7	9,4	20,5	17,4	13,2	18,9	21,4	18,6
3	10,38	3	28,8	10,3	15,4	17,3	15,5	16,1	17,7	18,0
4	14,53	3	21,1	11,5	17,0	14,3	14,5	16,5	20,3	17,4
5	18,68	3	18,7	12,-	17,5	13,1	15,-	14,8	20,4	19,2
6	22,84	3	23,1	11,-	19,5	17,4	10,2	15,5	18,8	18,6
7	26,98	3	22,1	11,5	21,5	21,3	11,6	15,9	13,5	16,2
8	31,12	3	18,3	12	19,4	15,6	14,8	16,5	19,8	13,9
9	35,27	3	4,6	17	13,7	18,8	14,6	15,1	21,3	16,5
10	39,42	3	5,3	16,7	18,5	18,1	14,0	17,-	20,4	12,0
11	P r ů m ě r y (%)				18,5	16,8	13,7	15,4	19,2	16,4

Z poslední tabulky plyne, že

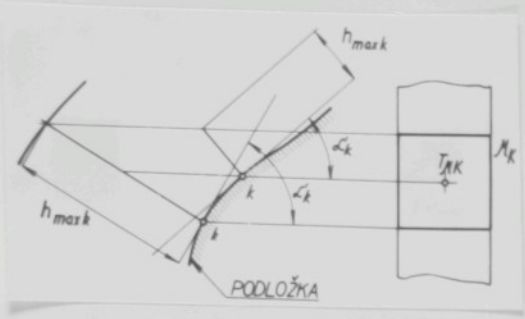
- plošná orientace vláken v jednotlivých místech je proměnná. Maximální a minimální hodnoty nepřísluší ve všech vyšetřovaných místech týmž úhlovým intervalům.
- Ze středních hodnot vyplývá, že nejmenší počet vláken je orientován ve směru 0° a největší počet vláken pak do směru $+60^{o}$. Orientace vláken není symetrická podle hlavního směru.
- Mezi maximem a mininem není trvale klesající trend orientace.

5.14 Kritika

Metoda se hodí pouze k laboratornímu vyšetření struktury rouna v těch případech, kdy je výrobní stroj dostupný a kdy možno výrobu rouna reprodukovat.

Vyšetření je poměrně pracné, neboť pro získání jednoho distribučního diagramu orientace je třeba provést asi 300 až 500 měření směrů vláken, takže pro vyšetření souboru (míst) o n místech je počet měření n krát větší.

Při větším počtu míst, resp. při malé tloušťce rouna, musí být malá tloušťka separované vrstvy proto, aby výsledek nebyl zkreslen. V ideálním případě by měla tloušťka H vyšetřovaného místa daného souboru odpovídat tloušťce separované vrstvy.



Obr. 53 Souvislost mezi tloušťkou separované vrstvy a tloušťkou příslušnou místu

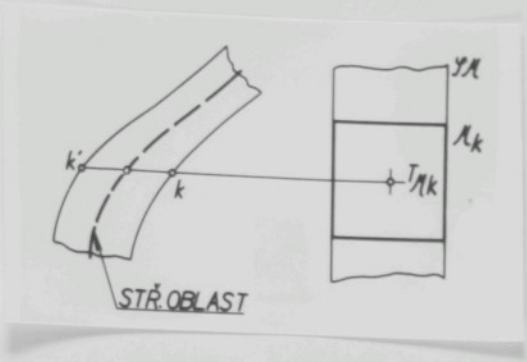
Z názoru je patrno, že tloušťce ΔH vyšetřovaného místa odpovídá tloušťka separované vrstvy $h_{max\,k}$, pro niž platí

$$h_{max\,k} = \frac{H}{n \cos \alpha'_k} .$$

Tuto podmínku však není možno dodržet, takže je voleno kompromisní řešení, popsané v předchozí části. V tomto případě těžištím míst M_k odpovídají body k separované vrstvy, takže není možno vyšetřit strukturu v celém rozsahu tloušťky odpovídajícího místa. Aby údaje o struktuře nebyly zkresleny přílišnou místní tloušťkou separované vrstvy, je nutno, aby v tomto praktickém případě odpovídala místní tloušťka separované vrstvy $h_{max\,k}$ vztahu

$$h_{max\,k} = \frac{H}{2\ n \cos \alpha'_k}$$

Určení odpovídajících míst dle dříve uváděného postupu není tedy zcela správné a místa by měla být volena buď tak, aby byla dodržena podmínka $h_{max\,k} = H/n \cos \alpha_k$, nebo aby alespoň těžištím míst M_k odpovídala střední oblast vyšetřované separované vrstvy.



Obr. 54 Souvislost mezi polohou těžiště vyšetřovaného místa a střední oblastí separované vrstvy

Vzhledem k různé tloušťce separované vrstvy je však i tento druhý požadavek těžce splnitelný.
Přesto, že nebylo pozorováno, že by měla vazba podložné textilie vliv na orientaci vláken, nutno s tímto faktorem počítat (zvláště při vyšetřování roun s vlákny o vyšší jemnosti). Nepřesnosti mohou být ovlivněny i změnou podmínek zkoušky vůči podmínkám výrobním. Tyto změny mohou být zapříčiněny tím, že

- odpor proudění byl zvětšen vložením podložky,
- přiváděcí a odváděcí rychlosti nelze přesně dodržet,
- v jednotce nosného media není na počátku a konci usazování separované vrstvy obsaženo konstantní množství vlákenného materiálu,
- poloha vláken, ležících na povrchu separované vrstvy, není fixována dalšími usazujícími se vlákny, takže je možnost eventuálního přeskupování vláken, zvláště při doběhu stroje,
- provoz stroje není kontinuální.

Není známo, jak dalece mohou tyto faktory ovlivnit výsledek měření. Nutno však konstatovat, že aplikovaná metoda dává možnost vyšetření struktury těch oblastí rouna, které nelze přímo pozorovat, a pro něž jsou nepoužitelné

známé metody zjišťování polohy vláken.

5.2 Vyšetření plošné orientace

Z předchozí části experimentální práce vyplývá, že modifikovaná Hearle-Stevensonova metoda pro vyšetřování plošné orientace je pracná, a mimoto zatížená i poměrně velkou chybou.
Další práci bylo tedy nutno zaměřit nejen na nalezení jednodušší, ale i přesnější metody, se současným srovnáním dosažených výsledků měření.

Základ k další práci tvoří dříve popisované měření orientace modifikovanou Hearle-Stevensonovou metodou. Tato měření byla doplněna a pro další práci zvoleny metody, které jsou nenáročné na přístrojové vybavení a u nichž lze předpokládat možnost mechanizace nebo automatizace. Jsou to :

- Metoda založená na mikroskopickém zjišťování počtu průsečíků vláken pozorovaného útvaru se svazkem paprsků. Tato metoda bude dále nazývána metodou průsečíkovou.
- Metoda využívající k vyhodnocení hmotnost třásně zbylé v přístroji po vyčesání vláken, která nejsou přidržována kleštinami. Tato metoda bude dále nazývána metodou gravimetrickou.

V těch případech, kdy vlastnosti zkoušeného materiálu připouštějí pozorování všech vláken preparátu, je použito k vyšetření modifikované Hearle-Stevensonovy metody a metody průsečíkové. Jak je patrno z tab. č. XIV a z tab. č. XV, jedná se zde o separované vrstvy pneumatickým způsobem vyráběného rouna (PN) a o pavučinu mykacího stroje (MYP). Pro vyšetření těchto materiálů je gravimetrická metoda nevhodná.

Naopak materiál (MYR), jehož velká plošná hmotnost nedovolila přímé mikroskopické pozorování všech vláken, byl vyšetřován pomocí gravimetrické metody a srovnání s výsledky měření Hearle-Stevensonovou a průsečíkovou metodou bylo provedeno přepočtem hodnot zjištěných u materiálů MYP, z nichž bylo navrstveno rouno MYR.

Tab. č. XIV. Přehled použitých druhů materiálů

Pol.	Druh	Způsob výroby	Označení
1	2	3	4
1	Separovaná vrstva rouna	Vyrobeno na pneumatickém rounotvořícím stroji z visk. příze (Bližší popis v textu 5.112.1)	PN
2	Pavučina myk. stroje	Vyrobeno na myk. stroji Atlas-Mak typ 1609. Směs 70 % PVA a 30 % PoPs vláken (Bližší popis v textu 5.21.1)	MYP
3	Rouno z horizontálního vrstvícího zařízení	Vyrobeno z pavučin MYP na horizontálním vrstvícím zařízení Autefa (Bližší popis v textu 5.23.1)	MYR

Tab. č. XV. Program měření

Pol.	Zkušební metoda		Druh zkoušeného materiálu
	t e x t	označení	
1	2	3	4
1	Modifikovaná Hearle-Stevensonova	HS	PN, MYP
2	Průsečíková	PA	PN, MYP
3	Gravimetrická	GA	MYR

5.21 Modifikovaná Hearle-Stevensonova metoda

Popis modifikované Hearle-Stevensonovy metody je uveden v odstavci 5.121 této práce.

5.21.1 Podmínky zkoušky

Pro vyšetření orientace úseků vláken touto metodou byly použity vzorky vrstvy pneumaticky vyráběného rouna označené PN, a vzorky pavučiny myk.stroje označené MYP.

Vzorky ze serií označených PN jsou popsány - co do materiálového složení, způsobu odběru a podmínek výroby - v odstavci 5.112.1 a 5.121.2.

Vzorky ze serií označených MYP

Tyto vzorky jsou vytvořeny z pavučiny myk. stroje, vyrobené za těchto podmínek :

- Druh vlák. směsi : 70 % polyvinylalkoholové vlákno Curalon (PVA), 1,4 den, 0,041 m,
  30 % polypropylenové vlákno sráživé (PoPs) 1,2 den, 0,038 m.
  Směs připravena čechráním na myk. čechradle MORGNER a lůžkováním.
- Výrobní zařízení (hlavní údaje) : Válcový mykací stroj jednobubnový s předmykadlem, výrobce Atlas-Mak, Werk Spinnbau, typ stroje 1609, pracovní šíře 2000 mm, stroj opatřen zařízením pro potlačení výrazně jednosměrné orientace vláken.
- Hlavní technolog. parametry : Výroba pavučiny byla provedena při seřízení stroje dle technolog. předpisu výzk.úkolu PKM ze září 1970.

- Plošná hmotnost pavučiny	10,2 g/m^2
- odváděcí rychlost	29,5 m/min
Teplota v provozovně	21,5^{0}C
Rel. vlhkost vzduchu φ	59 %.

5.21.2 Odběr a úprava vzorků

Pro vzorky materiálu PN je uveden popis a úprava v textu 5.121.2.

Pro vzorky materiálu MYP byla pavučina odebírána na laťovém dopravním pásu přivádějícím ji do vlastního vrstvícího zařízení. Odběr byl proveden po zastavení stroje. Vzorky byly vzaty mezi dvě skla formátu A4. Hlavní směr určen dle latěk dopravního pásu. Odběr byl opakován 10x, takže bylo pořízeno celkem 10 vzorků, z nichž bylo připraveno po jednom mikroskopickém preparátu. Při přípravě preparátu bylo sklo formátu A4 podloženo čtverečkovaným papírem, rozříznuta lepící páska na okrajích a sejmuto horní krycí sklo. Podložné sklíčko pro mikroskopování bylo položeno rovnoběžně s hranou skla pův. vzorku. K zajištění polohy sloužila podložka ze čtverečkovaného papíru. Krycí sklíčko bylo přelepeno samolepící páskou tak, aby byla současně přelepena i část pavučiny v těsné blízkosti jeho okraje. Ve vzdálenosti cca 5 mm od okrajů byl vzorek odstřižen, pak doplněn dalším podložným sklíčkem a upraven jako preparát k mikroskopování.

5.21.3 Vyhodnocení

Vyhodnocení všech vzorků (PN a MYP) bylo prováděnou stejnou metodikou popsanou v textu odstavce 5.121.3.

Výsledky měření vzorků PN jsou uvedeny v předchozím textu (5.121.3).

Výsledky měření vzorků MYP jsou zachyceny v následujících tabulkách.

Tab. č. XVI. Souhrn měření plošné orientace (MYP - HS)

Pol.	Vzorek	-60		-30		0		+30		+60		+90		Celkem	
		φ	α	φ	α	φ	α	φ	α	φ	α	φ	α	Σφ	Σα
		1	%	1	%	1	%	1	%	1	%	1	%	1	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	MYP I	20	3,7	74	13,9	143	26,8	174	32,6	108	20,2	15	2,8	534	100
2	MYP II	89	15,7	96	16,9	137	24,1	137	24,1	82	14,5	27	4,7	568	100
3	MYP III	96	18,6	112	21,6	112	21,6	97	18,7	68	13,1	33	6,4	518	100
4	MYP IV	68	13,3	118	23	115	22,4	109	21,2	58	11,3	45	8,8	513	100
5	MYP V	83	15,9	94	18	103	19,7	111	21,2	96	18,3	36	6,9	523	100
6	MYP VI	64	12,4	99	19,3	118	22,8	127	24,6	79	15,3	29	5,6	516	100
7	MYP VII	64	12,5	89	17,3	103	20,2	146	28,5	75	14,7	35	6,8	512	100
8	MYP VIII	78	17,-	80	17,4	86	18,8	103	22,4	83	18,1	29	6,1	459	100
9	MYP IX	75	15,3	87	17,7	117	23,8	108	22	56	11,4	48	9,8	491	100
10	MYP X	38	6,8	73	17	101	23,5	117	27,2	68	15,8	33	7,7	430	100
11	Celkem úseků /1/	675	-	922	-	1135	-	1229	-	773	-	330	-	5064	-
12	Průměr /%/	-	13,33	-	18,21	-	22,41	-	24,27	-	15,26	-	6,52	-	100

Vyhodnocení hlavních stat. charakteristik bylo provedeno obdobně jako v předchozím případě.

Tab. č. XVII. Hlavní statistické charakteristiky četnosti úseků vláken (MYP - HS)

Pol.	N á z e v	Označení	Četnost úseků vláken	
			zatřídění do úhlových intervalů	celkový počet zatříděných úseků
1	2	3	4	5
1	Aritmetický průměr	$\bar{x}$	10,-	10,-
2	Směrodatná odchylka	s	4,59	1,53
3	Chyba jednoho měření při pravděpodobnosti 95,45 %	δ_{rel}	91,8	30,6

Výpočtem plyne chyba jednoho měření orientace u tohoto materiálu

$$\delta_{rel\alpha} = 96,5\ \%$$

Při 100 měřeních je chyba aritmet. průměru $\delta_{rel\alpha} \doteq 9,7\ \%$. Celkový počet zatříděných úseků vláken byl 5060.

5.22 Průsečíková metoda (PA)

V kapitole "Soustava vlákenných sítí" bylo ukázáno, že mezi měrným počtem průsečíků soustavy vlákenných sítí (v základní poloze) se svazkem orientovaných paprsků a orientací vláken existuje funkční zivislost.

Soustava vlákenných sítí je však jen velmi vzdáleně příbuzná se sledovanými vlákennými útvary. Naskytá se tedy otázka, zda pro skutečné vláknité útvary předpokládaná závislost existuje a jaký je její charakter.

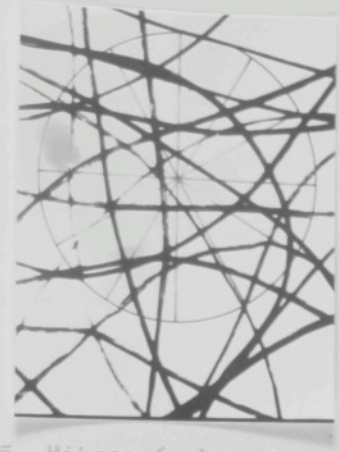
Metoda je použitelná v těch případech, kdy lze vlákna pozorovat. Pro vyšetření orientace podél celého průřezu je nutné, aby útvar byl buď průhledný, nebo aby (v neprůhledném útvaru) byla stopová vlákna zviditelněna. V tomto případě bylo použito k vyšetřování průhledných pavučin, resp. vrstev rouna.

5.22.1 Podmínky zkoušky

Ke zkoušce bylo použito stejných vzorků jako v případě 5.21.1. Rovněž i pro vyhodnocení bylo použito týchž mikrosnímků. Zkušební materiál pro obě, souběžně prováděná, vyšetření (metodou Hearle-Stevensonovou a metodou průsečíkovou) byl tedy shodný.

5.22.2 Vyhodnocení

Na mikrosnímcích byla nakreslena kružnice o Ø 0,1 m a jejím středem byly vedeny paprsky ve směrech os úhlových intervalů o velikosti 30°. Směr $\pm 90^{\circ}$ souhlasí na mikrosnímku se směrem X, který je označen černým pruhem. Jako příklad je zde uveden mikrosnímek ze serie PN6



Obr. 55 Mikrosnímek upravený k vyhodnocení počtu průsečíků

Zjištěné počty průsečíků P s jednotlivými úsečkami svazku byly vyjádřeny v procentech celkového počtu průsečíků ΣP zjištěných pro všech 6 úseček daného svazku. Tato poměrná četnost průsečíků $_{PA}\rho$ je dána vztahem

$$_{PA}\rho = \frac{P}{\Sigma P} \cdot 100$$

Příkladné vyhodnocení je provedeno pro vzorek č. PN6.

Chyba měření

Obdobně jako při zjišťování orientace Hearle-Stevensonovou metodou, vzniká i zde chyba v určení hlavního směru a chyba zapříčiněná statistickým charakterem měřené veličiny.

Chyba v určení hlavního směru má v podstatě stejné příčiny jako u modifikované Hearle-Stevensonovy metody. Je tedy možno převzít její velikost i pro sledovaný případ. Chyba střední hodnoty odchylky od hlavního směru je $\pm$ 3 stupně.

Chyba četnosti zatříděných průsečíků byla posuzována tak.

že pro jednotlivá měření byl vyjádřen počet zatříděných průsečíků (příslušných jednomu směru) v procentech střední hodnoty. Jako příklad je proveden přepočet pro vzorek PN6.

Tab. č. XVIII. Zatřídění průsečíků vláken se svazkem paprsků (PN - PA)

Pol.	Měření vzorku PN6	Označení směru paprsků						Celkem
		-60^0	-30^0	0^0	$+30^0$	$+60^0$	$+90^0$	
		počet průsečíků P /1/						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I	10	12	13	11	8	12	66
2	II	13	13	14	12	15	14	81
3	III	9	11	16	13	11	10	70
4	IV	14	10	15	17	14	16	86
5	V	13	13	12	13	11	10	72
6	VI	15	15	19	17	13	10	89
7	VII	16	19	16	11	13	15	90
8	VIII	14	17	17	18	14	16	96
9	IX	15	18	15	17	15	17	97
10	X	17	19	16	18	20	21	111
11	Celkem	136	147	153	147	194	141	858
12	PA σ /%/	15,9	17,1	17,9	17,1	15,6	16,4	100

Výsledky všech 10 vzorků jsou uvedeny v tab. č. XIX. Pro přehlednost jsou uváděny jen poměrné četnosti průsečíků.

Tab. č. XIX. Poměrný počet průsečíků pro vzorky 1 až 10 (PN - PA)

Pol.	Označení vzorku	-60^0	-30^0	0^0	$+30^0$	$+60^0$	$+90^0$
		PA [%]					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	PN 1	15,1	17,2	18,3	17,2	16,9	15,3
2	PN 2	15,7	15,3	16,6	18,1	17,8	16,5
3	PN 3	17,3	16,1	16,4	16,9	16,4	16,9
4	PN 4	16,6	17,4	17,6	16,2	15,8	16,4
5	PN 5	17,2	16,9	17,2	16,8	15,8	16,1
6	PN 6	15,9	17,1	17,9	17,1	13,6	16,4
7	PN 7	15,3	14,5	16,3	18,1	17,9	17,9
8	PN 8	15,8	17,4	17,7	16,6	16,7	15,8
9	PN 9	16,5	17,4	17,2	17,2	16,4	15,3
10	PN 10	17,5	16,8	18,-	15,6	15,4	16,7
11	Průměry	16,29	16,61	17,32	16,98	16,47	16,33

Obdobně byly zpracovány i výsledky měření vzorků označených MYP.

Tab. č. XX. Poměrný počet průsečíků pro vzorky 1 až 10 (materiál MYP)

Pol.	Označení vzorku	-60°	-30°	0°	+30°	+60°	+90°
		PA [%]					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	MYP I	19	16,1	13,9	14,5	17,4	19,1
2	2	17,2	15,4	14,8	15,5	17,5	19,6
3	3	17,4	14,7	14,8	16,2	18,3	18,6
4	4	17,7	14,3	13,3	15,3	19,-	20,4
5	5	18,7	16,4	14,-	15,3	17,2	18,4
6	6	18,3	16,6	14,-	14,8	17,3	19,-
7	7	18,-	16,7	14,4	14,3	16,9	19,7
8	8	19,-	15,5	14,5	15,7	16,7	18,6
9	9	18,6	15,5	14,3	15,1	17,6	18,9
10	10	19,8	16,-	13,4	14,-	17,1	19,7
11	Průměry	18,37	15,72	14,14	15,07	17,50	19,20

Tab. č. XXI. Kolísání četností zatříděných průsečíků vzhledem k průměrné hodnotě (PN - PA)

Pol.	Měření vzorku PN-PA6	Označení směru paprsku						Celkem
		-60°	-30°	0°	30°	60°	90°	
		/%/						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I	7,3	8,2	8,5	7,5	6,-	8,5	7,7
2	II	9,6	8,8	9,1	8,2	11,2	9,9	9,4
3	III	6,6	7,5	10,5	8,7	8,2	7,1	8,2
4	IV	10,3	6,8	9,8	11,6	10,4	11,3	10,-
5	V	9,6	8,8	7,8	8,7	8,2	7,1	8,4
6	VI	11,-	10,2	12,4	11,6	9,7	7,1	10,4
7	VII	11,8	12,9	10,5	7,5	9,7	10,7	10,5
8	VIII	10,3	11,6	11,1	12,3	10,3	11,3	11,2
9	IX	11,-	12,3	9,8	11,6	11,2	12,1	11,3
10	X	12,5	12,9	10,5	12,3	14,9	14,9	12,9
11	Součet	100	100	100	100	100	100	100

V následující tabulce jsou uvedeny hlavní statistické charakteristiky pro oba druhy materiálů vypočtené stejnou metodikou jako v kapitole 5.121.3.

Tab. č. XXII. Hlavní statistické charakteristiky četností průsečíků
(PN - PA ; MYP - PA)

Pol.	Název	Označení	Četnost průsečíků			
			vzorky PN-PA		Vzorky MYP-PA	
			s úsečkou	se svazkem	s úsečkou	se svazkem
1	2	3	4	5	6	7
1	Aritmetický průměr	$\bar{x}$	10	10	10	10
2	Směrodatná odchylka	s	2,16	1,75	1,76	1,43
3	Chyba jednoho měření při pravděpodobnosti 95,45 %	δ_{rel}	43,2%	35%	35,2%	28,60%

Na jedno měření připadalo průměrně :

- pro vzorky PN ..... 80,62 ≙ 81 průsečíků
- pro vzorky MYP ..... 149,3 ≙ 149 "

Příslušné relativní chyby aritmetického průměru δ_{rel} provedeného souboru měření jsou :

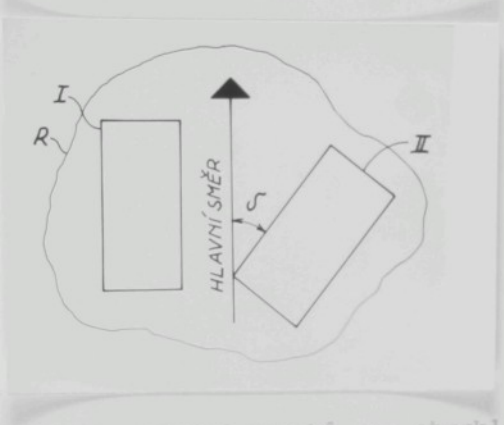
pro materiál PN : 17,6 % (při 10 měřeních)
-"- MYP : 4,5 % (při 100 měřeních)

5.23 Gravimetrická metoda (GA)

Gravimetrických metod se běžně používá ke zjišťování míry napřímení vláken v pramenech, česancích a podobných textilních útvarech. Na velikosti sledovaného ukazatele je usuzováno z hmotnosti třásně zbylé po vyčesání vláken.

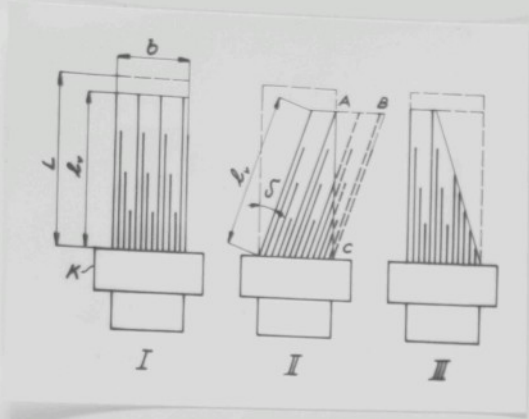
která nebyla zachycena kleštinami, přidržujícími textilní útvar. Známé metody sledují hmotnost třásně tvořené všemi vlákny procházejícími průřezem určeným okrajem kleštin. Je tedy nutné, aby zkoušený textilní útvar neměl plošný charakter.

V případě, že k takovým zkouškám má být použito rouno, je nutno vysekat vzorky (I, II), jejichž podélná osa svírá s hlavním směrem známý úhel δ.



Obr. 56 Vysekávání vzorků pro obvyklá měření gravimetrickými metodami

Výsledky měření jsou však zatíženy poměrně velkou a prakticky neodhadnutelnou chybou metody. Při vysekávání je totiž nutně narušen systém vláken, takže jsou vyčesávána i vlákna, která by do měření měla být pojata.
Bližší vysvětlení je patrno z následujícího schematického obrázku, na němž je znázorněna třásně vyčesaná z (hypotetického) rouna sestávajícího z přímých, vzájemně rovnoběžných a rovnoměrně rozložených vláken. V pozici I je směr vláken souhlasný se směrem delší strany vzorku, takže po vyčesání vláken, která nejsou svírána kleštinami K, dosáhne délka třásně (prakticky) délky vláken ℓ_v ve všech



Obr. 57 Zmenšení třásně vysekáváním vzorků

případech, kdy délka vyčesávané části vzorku L je větší než l_v .

V případě, že směr delší strany vzorku (pozice II) se odchyluje od směru vláken o úhel δ , je při vysekávání vzorku současně odseknuta část vláken svíraných kleštinami, která leží v ploše trojúhelníka A, B, C.

V pozici III je znázorněna třáseň po vyčesání a napřímení vláken do polohy kolmé ke hraně kleštin.

Toto zkreslení výsledků je závislé nejenom na délce vláken (l_v), šířce vzorku (b), ale i na velikosti úhlu (δ). Při vyšetřování skutečného rouna se zakřivenými, různě položenými a různě dlouhými vlákny pak vzájemně nesouhlasí výsledky měření roun, i když lokální orientace vláken je stejná.

Navržená modifikace gravimetrické metody

K vyloučení tohoto nežádoucího zjevu byla navržena a odzkoušena modifikace gravimetrické metody, při níž se používá k přípravě třásně přístroje zkonstruovaného autorem (Typové označení přístroje je OR).

Princip metody

Zkoušený vzorek rouna je uchycen tak, že je možno vyčesávat třásně ve všech sledovaných plošných směrech rouna, přičemž vlákna tvořící třásně nejsou při přípravě vzorku krácena. Z hmotnosti třásní je usuzováno na orientaci vláken ve vytčeném směru.

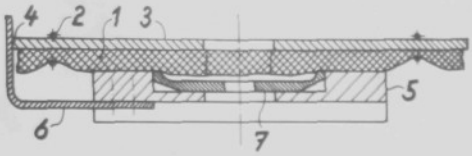
Popis metody

Na pracovní stůl 1 je položena dolní talířová kleština 3. Její poloha vůči stolu je orientována tak, že spojnice středů plošek značených 0 a 180° splývá s ryskou, která na stole vyznačuje hlavní směr.
Vzorek rouna 2, jehož hlavní směr je znám, je upraven tak, že v jeho středu je vystřižen nebo vyseknut otvor o průměru cca 0,03 m. Minimální plošné rozměry vzorku musí být takové, aby vzorku bylo možno vepsat kružnicí o průměru D, který je dán vztahem

$$D = \emptyset + 2r + 2\ell_v$$

kde $\emptyset$ = průměr kružnice opsané přístroji OR 0,212 m
r = nutná provozní rezerva 0,015 m
ℓ_v = maximální délka vláken vyskytujících se v rouně [m]

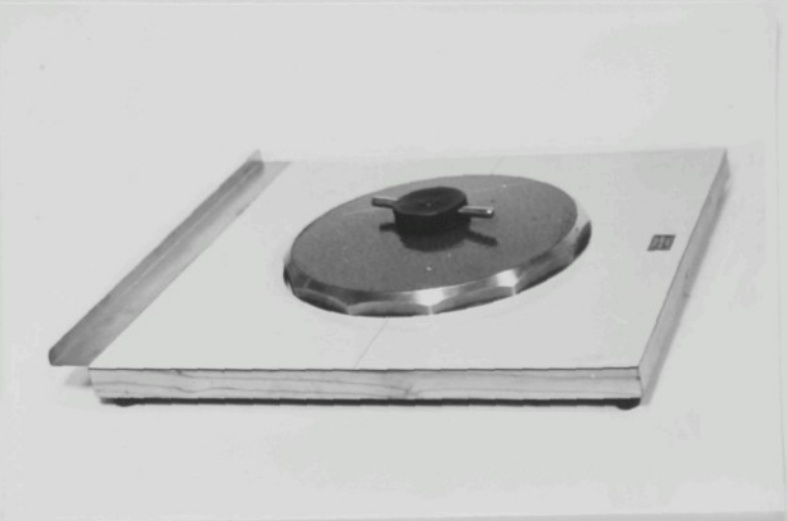
Po přiložení horní talířové kleštiny 3 se zasune ruční šroub 5 a dotažením matice 4 se zafixuje poloha rouna v kleštinách.



Obr. 58 Schema přístroje OR

Přístroj i s upnutým vzorkem rouna se sejme se stolu a pomocí ocelového kartáčku se vyčesávají vlákna, která nejsou kleštinami zachycena. Práce se dokončuje prepační jehlou. Poté se vlákna v místech rysek rozhrnou a z třásní na každé hraně talíře se odřízne délka 0,05 m.

Odříznuté třásně se váží s přesností na 10^{-7} kg a jejich hmotností Q' se použije k vyhodnocení.
Skutečné provedení přístroje OR je patrno z obrázku 59.



Obr. 59 Přístroj OR

5.23.1 Podmínky zkoušky

K vyhodnocení orientace bylo použito rouno MYR vyrobené vrstvením pavučin MYP na horizontálním vrstvícím zařízení AUTEFA.

Parametry charakterizující vrstvení :

plošná hmotnost pavučiny	0,0102 kg/m^2
šíře pavučiny	1,950 m
plošná hmotnost rouna	0,329 kg/m^2
šíře rouna	1,900 m
druh vrstvení	zkřížené

Výpočtem plyne, že počet vrstev pavučiny n_p v rouně je

$$n_p = \frac{329}{10,2} \doteq 32$$

Pro úhel překřížení hlavních směrů pavučin χ_p platí

$$\frac{\chi_p}{2} = \operatorname{arctg} \frac{b_p}{n_p \, b_r}$$

kde b_p šíře pavučiny
n_p počet vrstev pavučiny v rouně
b_r šíře rouna.

Dosazením a výpočtem plyne, že

$\frac{\chi_p}{2} \doteq 1{,}85^\circ$, takže úhel překřížení $\chi_p \doteq 3{,}70^\circ$.

5.23.2 Odběr a úprava vzorků

Odběr vzorků byl prováděn na sběrném laťovém dopravním pásu. Vzhledem k malým odváděcím rychlostem byla práce provedena za chodu stroje. Ve vstupní větvi transportního pásu byly postupně kladeny na pás lepenkové desky o velikosti 0,4 x 0,4 m, na nichž byl vyznačen hlavní směr rouna. Poloha desky vůči skutečnému směru odvádění rouna byla stanovena dle latěk sběrného dopravníku. Rouno navrstveno na podložné lepenkové desky a překryto další lepenkovou deskou i shora, mírně stlačeno a jeho přečnívající okraje byly pak odstřiženy. Vzorek byl v mírně stlačeném stavu přelepen lepící páskou a popsán.

V laboratoři byly vzorky rozlepeny a odstraněna dolní lepenková deska. K usnadnění další manipulace byl vzorek přepásán několika oviny hladké niti. Směr tohoto přepásání byl přibližně kolmý k hlavnímu směru.

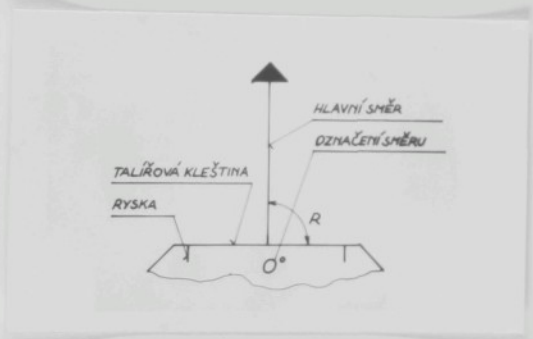
Takto upravený vzorek byl překlopen na pracovní stůl přístroje OR, na němž je uložena dolní talířová kleština tak, aby spojnice ploše značených 0° a 180° byla kolmá k narážce patrné na obr. 59. Dorazem překlopeného vzorku na tuto narážku byla zajištěna rovnoběžnost hlavního směru pří-

stroje a vzorku rouna. Nitě byly po přestřižení vytaženy a sbrnutí rouna bylo zabráněno mírným přitlačením vzorku k pracovnímu stolu přístroje. Po sejmutí lepenkové desky byl vystřižen otvor pro šroub, vzorek překryt horní talířovou kleštinou a dotažením vloženého šroubu byla poloha rouna v talířových kleštinách fixována.

Další postup byl popsán v předchozím textu.

5.23.3 Vyhodnocení

Hmotnosti (G) odříznuté třásně (příslušející její šíři 0,05 m) byly přiřazeny rovinným směrům kolmým na hranu kleštin.



Obr. 60 Označení směru

Po předchozím klimatizování byly třásně váženy s přesností 10^{-7} kg. Výsledky jsou uvedeny v tab. XXIII na následující straně.

Při vyšetřování směrů úseků vláken v ploše dostačuje pro určení lokální orientace vyšetření v rozmezí 180°, takže výsledky měření hodnot přímo charakterizujících orientaci vláken by si měly pro směry β a $\beta \pm 180^{\circ}$ odpovídat. Z tabulky XXIII je patrno, že tomu tak není. Příčina netkví

Tab. č. XXIII. Hmotnosti třásní (MYR - CA)

Pol.	Označení vzorku	Hmotnosti třásní $G^{\circ}/10^{-6}$ kg/ pro směry β												Celková hmotnost $\sum G^{\circ}/10^{-6}$ kg/
		-180°	-150°	-120°	-90°	-60°	-30°	0°	30°	60°	90°	120°	150°	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	MYR-C/1	20,6	17,7	41,8	43,4	56,7	36	18	21,9	34,8	38,1	50,7	37,9	417,6
2	/2	23,2	44,9	66,1	70,6	57,-	33,8	21,8	40,-	58,6	68,4	61,8	32,2	578,4
3	/3	15,8	34,2	50,3	49,8	55,9	37,1	22,1	32,3	54,3	67,7	64,-	31,3	514,8
4	/4	28,-	32,9	58,6	64,3	66,7	41,2	22,7	25,2	51,7	72,3	68,3	46,5	578,4
5	/5	16,7	31,6	56,9	52,8	53,3	24,3	14,1	30,3	53,4	66,8	40,7	24,-	464,9
6	/6	24,2	20,5	40,6	61,9	50,8	45,8	26,8	23,4	48,4	67,5	55,5	40,9	522,4
7	/7	25,3	21,8	35,9	58,-	39,1	24,5	11,6	11,8	38,6	45,4	32,2	27,4	371,6
8	/8	16,5	20,6	32,-	33,3	38,9	42,3	15,4	28,3	38,5	42,2	37,5	35,4	389,9
9	/9	18,-	20,5	48,5	69,2	45,5	30,6	20,4	28,5	40,6	60,-	47,2	35,5	478,9
10	/10	23,-	24,2	46,3	59,7	50,2	32,3	17,5	25,4	49,2	54,2	57,-	32,2	471,2
11	Součet	211,3	268,9	477,-	563,-	522,-	353,3	194,-	267,1	473,5	582,6	514,9	351,5	4779,1
12	Průměr $\bar{G}$	21,13	26,89	47,70	56,30	52,20	35,33	19,40	26,71	47,35	58,26	51,49	35,15	477,91

jen v nepřesnosti měření a kolísání místní plošné hmotnosti rouna, ale i ve vztahu tvaru vlákna ke směru a smyslu technologického toku materiálu výrobním strojem.

Jak dalece ovlivňuje tento (známý) zjev výsledky měření hmotností třásní, je patrno z následující tab. č. XXIV, kde jsou srovnány průměrné hodnoty hmotností třásní příslušejících směrům β ($\bar{G}^{\circ}_{\beta}$) s průměrnými hmotnostmi třásní vypočtenými ze součtu hmotností pro směry β a $\beta \pm 180^{\circ}$ ($\bar{G}^{\circ}_{\beta} + \bar{G}^{\circ}_{(\beta \pm 180)}$).

Tab. č. XXIV. Srovnání průměrných hmotností třásní (MYR - CA)

Pol.	Směr β	Průměrné hmotnosti třásní		Rozdíl bazis $\bar{G}'_{b}$
		$\bar{G}^{\circ}_{\beta}$	$(\bar{G}^{\circ}_{\beta} + \bar{G}^{\circ}_{\beta \pm 180})$ /2	
		10^{-6} kg	10^{-6} kg	%
1	2	3	4	5
1	-60	52,2	51,9	-0,58
2	-30	35,3	35,2	-0,28
3	0	19,4	20,3	+4,65
4	30	26,7	26,8	+0,38
5	60	47,4	47,5	+0,21
6	90	58,3	57,3	-1,72

Je patrno, že rozdíly jsou malé.

Pro jednoznačnost jsou v dalším zaváděny hodnoty G_{β} a $\bar{G}_{\beta}$ definované pro směry β vztahem

$$G_{\beta} = \left[G^{\circ}_{\beta} + G^{\circ}_{(\beta \pm 180)}\right] /2$$

$$\bar{G}_{\beta} = \left[\bar{G}^{\circ}_{\beta} + \bar{G}^{\circ}_{(\beta \pm 180)}\right] /2$$

Poměrná hmotnost třásně $_{CA}\gamma_{\beta}$ vyjádřená v % je dána vztahem

$$_{CA}\gamma_{\beta} = \frac{\bar{\bar{q}}_{\beta}}{\sum \bar{\bar{q}}} \cdot 100$$

Vyhodnocení poměrných hmotností třásně je provedeno v násl. tabulce č. XXV. vypočtené z údajů v tab. č. XXIII.

Tab. č. XX V. Poměrné hmotnosti třásní
(MYR - CA)

Pol.	Směr β	Průměrná hmotnost třásně $\bar{\bar{q}}_{\beta}$	Poměrná hmotnost třásně $_{CA}\gamma_{\beta}$
	stupeň	10^{-6} kg	%
1	2	3	4
1	-60	51,9	21,7
2	-30	35,2	14,8
3	0	20,3	8,5
4	30	26,8	11,2
5	60	47,5	19,9
6	90	57,3	23,9
7	Součty	239,0	100,0

Chyba měření

Chyba výsledku měření sestává z
- chyby v určení hlavního směru
- chyby vyhodnocení orientace.

Chyba určení hlavního směru

Přibližnou velikost této chyby lze stanovit z odchylky

skutečného hlavního směru S a hlavního směru S_0^*

Deset podložných desek s vyznačením směru S_0^* který je kolmý na stranu desky a, bylo položeno na odváděcí transportér vrstvícího zařízení tak, že strana a byla rovnoběžná s hranou lačky. Rovnoběžnost byla zajištěna dorazem na šablonu.

Značkovací šňůra představující směr S byla položena ve směru osy odváděcího transportéru. Statisticky bylo vyhodnoceno 10 výsledků tohoto srovnávacího měření, a vyplynulo, že

- průměrné odchýlení směrů S a S^* $\approx 0,14^0$
- chyba jednoho měření při 95,45 % pravděpodobnosti $\approx 1,13^0$

Vzhledem k tomu, že popisované srovnávací měření nezachycuje fázi vložení vzorku do přístroje OR, byla chyba zvětšena cca 2,2kráte na hodnotu $\pm$ 2,5 s tím, že průměrná odchylka směrů S a S^* ($\pm 0,14^0$) byla zanedbána.

Chyba vyhodnocení poměrné hmotnosti třásně

Vyhodnocení poměrné hmotnosti třásně je zatíženo chybou vznikající především

- vyčesáváním třásní a jejich odřezáváním
- vážením
- statistickým charakterem hmotnosti vyčesané třásně.

Velikost celého komplexu těchto chyb je patrna ze statistického vyhodnocení hmotností třásní příslušných jednotlivým směrům a hmotností součtu všech třásní příslušejících jednotlivým vzorkům.

Hlavní statistické charakteristiky hmotností třásní

jsou uvedeny v následující tabulce č. XXVI spolu s charakteristikami součtu hmotností (ΣG) všech vzorků téhož měření.

Tab. č. XXVI. Hlavní statistické charakteristiky hmotností třásní (MYR - G%)

Pol.	Název	Označení	Hmotnosti třásní	
			příslušných měrné hodnotě směrů β a $\beta \pm 180°$	příslušných všem sledovaným směrům
			G	ΣG
1	2	3	4	5
1	Aritmetický průměr	$\bar{x}$	10	10
2	Směrodatná odchylka	s	2,17	1,53
3	Chyba jednoho měření při pravděpodobnosti 95,45 %	δ_{rel}	43,4	34,4

Plošná hmotnost rouna byla 0,329 kg/m^2. Takže pro 10 vzorků proměřovaných ve 20 měřeních připadá na jedno měření v průměru plošná hmotnost 0,1645 kg/m^2.

Vyhodnocením údajů ze sloupců 4 a 5 předchozí tabulky vyplývá chyba aritmetického průměru při 20 měřeních

$$\vartheta_{rel} = 12,4 \%.$$

5.24 Srovnání výsledků měření

5.24.1 Modifikovaná Hearle-Stevensonova metoda a metoda průsečíková

Výchozí data pro srovnání jsou uvedena v předchozích tabulkách IX, XVI, XIX, XX. Výsledky měření materiálů PN a MYP jsou srovnány pomocí korelačního počtu. Vzájemně si odpovídající páry jsou sestaveny do korelačních tabulek, kde jsou poměrnému počtu průsečíků (x_i) přiřazeny hodnoty orientace (y_i) zjištěné dle modifikované Hearle-Stevensonovy metody. Obě hodnoty charakterizují totéž místo. V korelačních tabulkách obr. 58, 59 značí n_i počet zatříděných měření a $n_i x_i$; $n_i x_i^2$; $n_i y_i$; $n_i y_i^2$; $n_i x_i y_i$ příslušné momenty.

Zde nedokládaným výpočtem plynou vztahy uvedené v tab. č. XVII.

Tab. č. XXVII. Korelační vztahy mezi hodnotami orientace a poměrným počtem průsečíků

Pol.	Text	Druh materiálu	
		PN	MYP
1	2	3	4
1	Koeficient korelace	-0,473	-0,862
2	Regresní přímky	$y_i' = -1,528\ x_i + 42,14$ $x_i' = -0,146\ y_i + 19,1$	$y_i' = -2,947\ x_i + 65,79$ $x_i' = -0,252\ y_i + 20,87$

Přesto, že je vzájemná souvislost srovnávaných údajů patrná z korelačních tabulek, je závislost zjednodušeně zobrazena v následujících grafech, kde jsou zatříděná měření

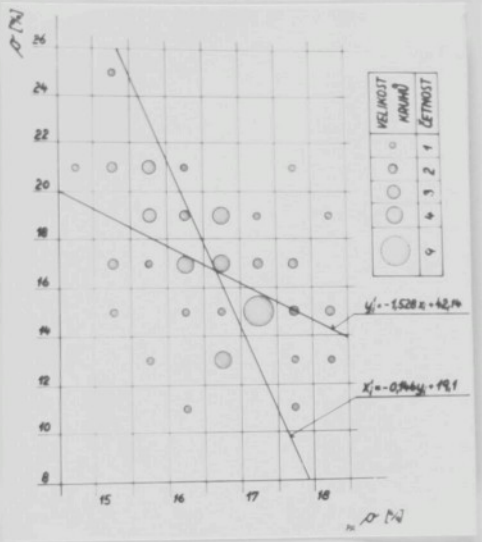
Pol.	y_i \ x_i	14,5 až 14,99	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18 až 18,99	n_i	y_i	$n_i y_i$	$n_i y_i^2$	$n_i x_i$	$n_i x_i y_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	10 – 11,99	–	–	–	1	–	–	1	–	2	-3	-6	18	1	-3
2	12	–	–	1	–	4	–	1	1	7	-2	-14	28	3	-6
3	14	–	1	–	1	1	9	2	2	16	-1	-16	16	15	-15
4	16	–	2	1	4	4	2	2	–	15	0	0	0	-6	0
5	18	–	–	3	2	4	1	–	1	11	1	11	11	-4	-4
6	20	1	2	3	1	–	–	1	–	8	2	16	32	-15	-30
7	22	–	–	–	–	–	–	–	–	0	3	0	0	0	0
8	24 – 25,99	–	1	–	–	–	–	–	–	1	4	4	16	-3	-12
9	n_i	1	6	8	9	13	12	7	4	60	–	-5	121	-9	-70
10	x_i	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	–	×	×	×	×	×
11	$n_i x_i$	-4	-18	-16	-9	0	12	14	12	9	×	×	×	×	×
12	$n_i x_i^2$	16	54	32	9	0	12	28	36	187	×	×	×	×	×

Obr. 61 Korelační tabulka pro materiál PN

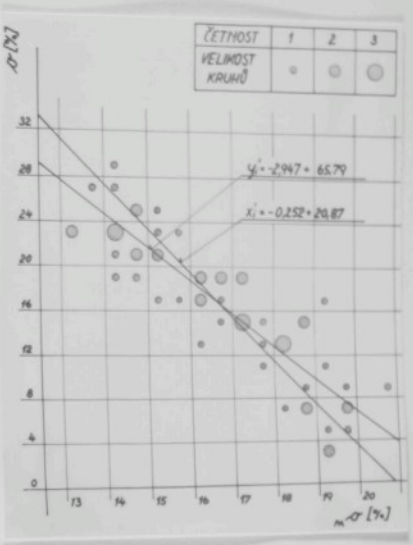
Pol.	x_i / y_i	12,5 až 12,99	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20	20,5 až 20,99	n_i	y_i	$n_i y_i$	$n_i y_i^2$	$n_i x_i$	$n_i x_i y_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0 – 1,99	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	-8	0	0	0	0
2	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	2	-7	14	98	10	-70
3	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	2	-6	-12	72	11	-66
4	6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	2	–	2	–	–	5	-5	-25	125	23	-115
5	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1	–	1	3	-4	-12	48	18	-72
6	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	–	–	–	2	-3	-6	18	7	-21
7	12	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	3	–	–	–	–	–	5	-2	-10	20	10	-20
8	14	–	–	–	–	–	–	–	–	1	3	1	–	2	–	–	–	–	7	-1	-7	7	13	-13
9	16	–	–	–	–	–	1	1	2	1	–	–	–	–	1	–	–	–	6	0	0	0	-2	0
10	18	–	–	–	1	1	–	–	2	2	2	–	–	–	–	–	–	–	8	1	8	8	-9	-9
11	20	–	–	–	1	2	2	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	6	2	12	24	-18	-36
12	22	–	2	–	3	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7	3	21	63	-34	-102
13	24	–	–	–	–	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	4	12	48	-11	-44
14	26	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	5	10	50	-11	-55
15	28	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	6	6	36	-5	-30
16	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	7	0	0	0	0
17	32 – 33,99	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	8	8	64	-4	-32
18	n_i	0	2	1	7	6	5	2	5	4	6	3	4	5	5	4	0	1	60	–	-9	681	-2	-685
19	x_i	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	–	x	x	x	x	x
20	$n_i x_i$	0	-14	-6	-35	-24	-15	-4	-5	0	6	6	12	20	25	24	0	8	-2	x	x	x	x	x
21	$n_i x_i^2$	0	98	36	175	96	45	8	5	0	6	12	36	80	125	144	0	64	930	x	x	x	x	x

Obr. 62 Korelační tabulka pro materiál MYP

vynášena do středů příslušných intervalů a četnost je znázorněna velikostí kruhu. Současně jsou vyneseny v grafech i regresní přímky.



A



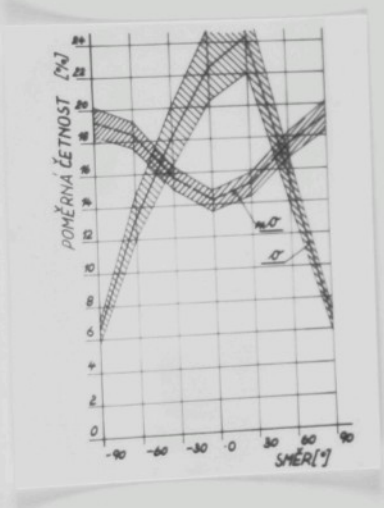
B

Obr. 63A, 63B : Zjednodušené znázornění vztahu mezi poměrným počtem průsečíků a orientací
A - materiál PN
B - " MYP

Z výsledků je patrno, že v obou případech existuje závislost srovnávaných hodnot, kterou pro materiál PN možno charakterizovat jako "velmi mírnou" a pro materiál MYP jako "těsnou".
Lze se domnívat, že příčina značné rozdílnosti obou koeficientů korelace tkví v tom, že vlákna v pavučině mykacího stroje (MYP) jsou více napřímená, takže se méně uplatňuje rušivý vliv několikerého přetnutí vlákna týmž paprskem. Ověření této domněnky nebylo však provedeno.

koeficient korelace u měření materiálů PN ukazuje, že by grafické srovnání výsledků bylo jen formální. Rovněž 10 měření, která byla provedena v každém z deseti vzájemně srovnávaných souborů, nedovoluje zvětšit přesnost výsledků natolik, aby bylo možno vyvozovat další závěry o vzájemné závislosti.

U materiálu MYP, který má příznivější koeficient korelace, a kde bylo v každé sérii provedeno 100 měření, je možno provést bližší srovnání. Výsledky jsou zakresleny v obr. 64, kde je vynešena i příslušná chyba měření.



Obr. 64 Orientace a poměrný počet průsečíků pro materiál MYP

Z názoru je patrno, že klesající hodnoty β odpovídají vzrůstajícím hodnotám $_{PA}\beta$ a mimo oblast 0 až 30° rostoucí hodnoty β odpovídají klesajícím hodnotám $_{PA}\beta$.

Příčiny nesouhlasu nejsou známé. Vysvětlení možno hledat i ve velikosti chyby měření.

5.24.2 Metoda gravimetrická

Pro srovnání výsledků měření poměrné hmotnosti třásní a měřeními orientace vláken v pavučině metodou Hearle-Stevensonovou a poměrným počtem průsečíků je nutné převést výsledky měření pavučiny (MYP) na soustavu rouna (MYR). K provedení této transformace je nutno znát

- podmínky vrstvení
- orientaci vláken ve vrstvených pavučinách.

Podmínky vrstvení jsou uvedeny v předchozím textu. Orientace vláken v pavučině i poměrný počet průsečíků byly zjištěny pro směry od -60° do 90° v intervalech po 30° a výsledky byly rovněž uvedeny už dříve. Hodnoty uvnitř těchto 30° intervalů nebyly zjišťovány a proto je nutno provést interpolaci. Pro daný případ je použito lineární interpolace, poněvadž se nejedná o velké odchylky od směrů, pro něž byla hodnota orientace zjišťována. Hodnoty těchto úhlových odchylek jsou dány dříve vypočítaným úhlem $\frac{\chi}{2} \doteq 1{,}85^{\circ}$. Mimo jednoduchost výpočtů je dalším důvodem pro lineární interpolaci i skutečnost, že soubor lineární interpolací vypočtených hodnot splňuje podmínku

$$100 = \sum_{n=1}^{n=6} \sigma_{(\frac{\chi_p}{2} + n.30)},$$

kde n je pořadové číslo intervalu.

Pro daný způsob vrstvení plynou na základě úvah z teoretické části tyto ukazatele :

Tab. č. XXVIII. Ukazatelé vrstvení

Pol.	Text	Označení	Jednotka	Vrstva pavučiny	
				lichá	sudá
1	2	3	4	5	6
1	Způsob vrstvení	μ	-	2	1
2	Úhel překřížení hlavních směrů	χ	stupeň	-91,85	+91,85
3	Úhel v soustavě pavučiny odpovídající úhlu β v soustavě roun	β^x	stupeň	$360-(\beta-\chi)=$ $=-91,85-\beta$	$\beta-\chi=$ $=\beta-91,85$

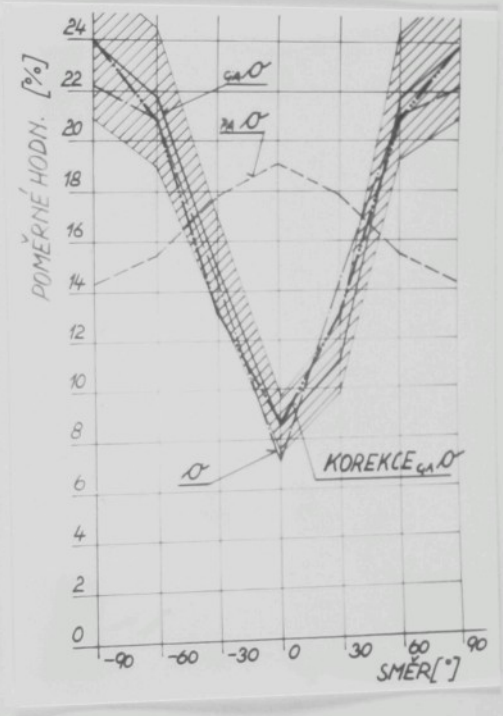
Vzájemně si odpovídající hodnoty úhlů β a β^x vypočtené dle pol. č. 3 (předchozí tabulky) jsou upraveny tak, že úhly jsou vyjádřeny v intervalu úhlů od -90° do $+90^o$.

Tab. č. XXIX. Hodnoty odpovídajících úhlů

Pol.	Soustava rouna	Soustava pavučiny	
		liché vrstvy β_2^x	sudé vrstvy β_1^x
	stupeň	stupeň	stupeň
1	-60	-31,85	+28,15
2	-30	-61,85	+58,15
3	0	+88,15	+88,15
4	30	+58,15	-61,85
5	60	+28,15	-51,85
6	90	- 1,85	- 1,85

V následující tabulce (na straně 193) je proveden výpočet orientace a poměrného počtu průsečíků pro materiál MYR. Jako vstupních hodnot je použito výsledků předchozích měření materiálu MYR.

Vypočtené hodnoty orientace (Ω'), poměrného počtu průsečíků (p_A, Ω') a poměrné hmotnosti třásně (G_A, Ω') jsou vyneseny v následujícím obrázku.



Obr. 65 Orientace, poměrný počet průsečíků a poměrná hmotnost třásně pro materiál MYR

Z předchozího grafu je patrno, že srovnávané hodnoty se vzájemně liší. Pro malý počet měření nemohla být pro vyšetření vzájemného vztahu zjištěných veličin použito korelačního počtu. Souvislost hodnot je však patrná

Tab. č. XXX.

Výpočet orientace a poměrného počtu průsečíků
(MYR)

Pol.	Text	Jednotka	Orientace ρ'						Poměrný počet průsečíků $P_A D'$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Úhel v soustavě rouna	stupeň	-60	-30	0	30	60	90	-60	-30	0	30	60	90
2	Liché vrstvy	%	17,91	12,90	7,06	15,82	24,16	22,15	15,89	18,42	19,09	17,35	15,01	14,24
3	Sudé vrstvy	%	24,16	15,82	7,06	12,90	17,91	22,15	15,01	17,35	19,09	18,42	15,89	14,24
4	Průměrná hodnota	%	21,03	14,36	7,06	14,36	21,04	22,15	15,45	17,89	19,09	17,88	15,45	14,24

- maxima ρ a $_{GA}\rho$ souhlasí s minimem $_{PA}\rho$ a naopak,
- diference sousedních, v grafu vynášených, hodnot $_{GA}\rho$ mají
  - stejná znaménka s příslušnými diferencemi ρ
  - opačná znaménka s diferencemi $_{PA}\rho$.

Při zkříženém vrstvení téže pavučiny, která má vůči svému hlavnímu směru asymetrickou orientaci vláken, dostáváme symetrickou orientaci vláken v rouně tehdy, jestliže

- vrstvy jsou kladeny střídavě způsobem 1 a 2
- vzájemná poloha (os) přiváděcího a odváděcího zařízení je 90°,
- navrstvené rouno obsahuje sudý počet pavučin.

Toto konstatování vyplývá jak z dříve uváděné teorie, tak i z praktického ověření na modelovém příkladě.
Navrstvené rouno (MYP), které v tomto případě odpovídá všem uvedeným podmínkám, musí tedy vykazovat orientaci souměrnou dle hlavního směru. Rozložení poměrných hmotností třásní je však asymetrické vůči hlavnímu směru rouna. Jestliže přisuzujeme všem měřením poměrné hmotnosti třásně stejnou váhu, pak pro srovnání lze provést zprůměrování hodnot příslušejících směrům souměrně položeným dle hl. směru.
Graficky je to provedeno na předchozím obrázku, kde je současně vynešena i velikost chyby měření hodnot $_{GA}\rho$. Je patrno, že tato korekce je prakticky v mezích chyb.

5.24.3 Chyby naměřených hodnot

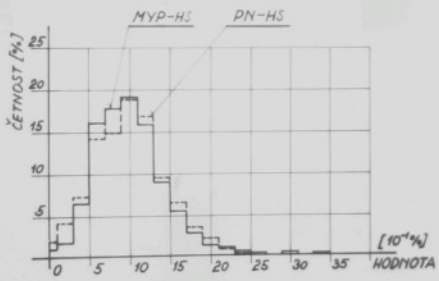
V předloženém textu byly vyhodnoceny chyby měření. Pro ucelení názoru je však nutno znát :

- charakteristiky souboru vyhodnocovaných prvků
- počet měření nutný k dosažení požadované přesnosti výsledku.

5.24.31 Charakteristiky souboru vyhodnocovaných prvků

Výsledky měření všech vyhodnocovaných prvků byly vyjádřeny v % příslušných středních hodnot. Přiřazení četností výskytu k velikosti měřené hodnoty je provedeno v tabulce XXXI, kde je současně vyjádřeno i kolísání celkového počtu zatříděných prvků (tab. XXXI - sloupce 4, 6, 8, 10, 12).

Pro lepší názornost jsou hodnoty vyneseny graficky (obr. 66, 67, 68).

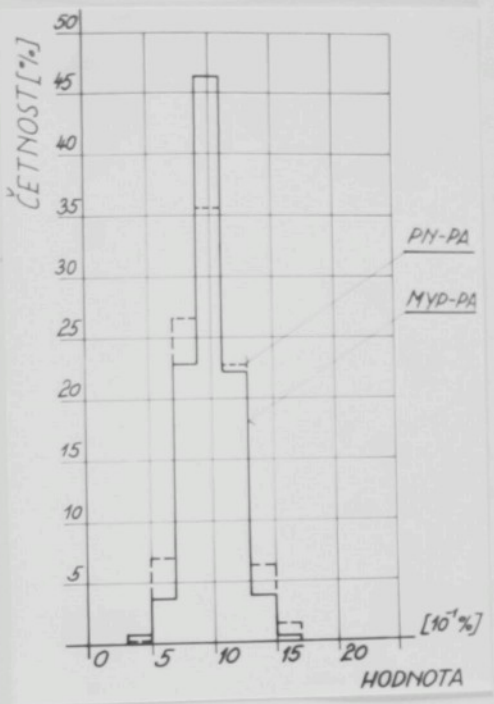


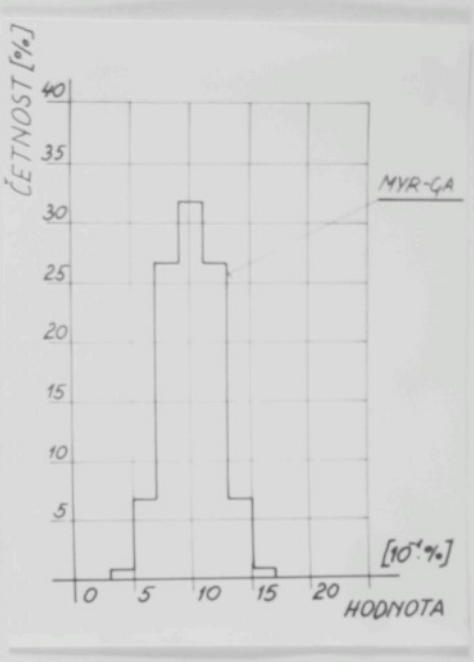
Obr. 66 Četnost měření a velikosti naměřené hodnoty - úseky vláken

Tab. č. XXXI.

Zatřídění četnosti vyhodnocovaných prvků

Pol.	Naměřené hodnoty	Četnost měření									
		Úseky vláken (metoda Hearle-Stevensonova)				Průsečíky (metoda průsečíková)				Hmotnost třásně (metoda gravimetrická)	
		Materiál PN		Materiál MYP		Materiál PN		Materiál MYP		Materiál MYR	
	%	1	%	1	%	1	%	1	%	1	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0-9,99	6	1	11	1,8	-	-	-	-	-	-
2	10-29,99	25	4,2	11	1,8	-	-	-	-	-	-
3	30-	44	7,3	39	6,5	1	0,2	4	0,7	1	0,8
4	50-	85	14,2	96	16,1	42	7	22	3,7	8	6,7
5	70-	89	14,9	107	17,8	159	26,6	137	22,9	32	26,6
6	90-	113	18,9	114	19,1	214	35,6	278	46,3	38	31,8
7	110-	101	16,9	95	15,9	137	22,8	133	22,1	32	26,6
8	130-	57	9,5	54	9,-	38	6,3	23	3,8	8	6,7
9	150-	40	6,5	33	5,5	9	1,5	3	0,5	1	0,8
10	170-	21	3,5	17	2,8	-	-	-	-	-	-
11	190-	13	2,1	8	1,3	-	-	-	-	-	-
12	210-	5	0,8	7	1,2	-	-	-	-	-	-
13	230-	1	0,2	3	0,5	-	-	-	-	-	-
14	250-	-	-	2	0,3	-	-	-	-	-	-
15	270-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-
16	290-	-	-	2	0,3	-	-	-	-	-	-
17	310-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-
18	330-	-	-	1	0,2	-	-	-	-	-	-
19	Součty	600	100	600	100	600	100	600	100	120	100





Obr. 67 Obr. 68

Četnost měření a velikost naměřené hodnoty

obr. 67 průsečíky

obr. 68 hmotnost třásně

K předchozímu statistickému vyhodnocení všech měření bylo voleno přesnější zatřídění do intervalů o šíři 1 ‰, takže použití Sheppardovy korekce není nutné. Pro všechny posledně uváděné případy bylo provedeno srovnání s Laplace-Gaussovým rozložením. Bylo použito výpočetní metody a kontrolováno 8 hodnot daných násobky směrodatné odchylky. Jako ukazatel byl použit poměr

$$\frac{\text{četnost výběru} - \text{normální četnost}}{\text{směrodatná odchylka rozdílu}} ,$$

jehož absolutní hodnota ≤ 2.

Tab. č. XXXII. Kontrola normálního rozložení

Pol.	Omezení kontrolní části Laplace-Gaussovy křivky	Absolutní hodnota ukazatele normálního rozložení				
		PN-HS	MYP-HS	PN-PA	MYP-PA	MYR-GA
1	2	3	4	5	6	7
1	-∞ až -2 s	1,86	0,77	1,04	0,77	1,07
2	-∞ až -1,28 s	0,27	2,04	0,27	1,25	0
3	-∞ až -1 s	0,11	1,34	0,45	0,89	1,5
4	-∞ až -0,675s	1,13	0,47	0,57	0,19	0,42
5	0,675 s až ∞	1,23	2,64	0,66	0,19	0,42
6	1 s až ∞	0,34	1,01	0,79	0,34	0,25
7	1,28 s až ∞	0,14	1,09	1,36	0	0,30
8	2 s až ∞	1,42	1,96	0,60	1,68	0,47

Zkouška ukázala, že z rámce přípustné odchylky vybočují pouze 2 hodnoty souboru měření MYP-HS. Dle Pearsona vzrůstá závažnost odchylky zjištěné v okrajových oblastech Laplace-Gaussova rozložení, které jsou od symetrály vzdáleny ± 2 s. Tyto oblasti však i pro rozložení souboru MYP-HS vyhovují, takže lze podmíněně považovat i toto rozložení za normální.

V následující tabulce XXXIII jsou pro přehled znovu uvedeny statistické charakteristiky všech vyšetřovaných souborů.

Z tabulky je patrno, že směrodatné odchylky (a v tomto případě i variační koeficient) měření vyhodnocovacích prvk (pol. 5 - sloupce 3, 5, 7, 9, 11) jsou přibližně ve dvou úrovních : modifikovaná Hearle-Stevensonova metoda vykazuje přibližně dvojnásobnou odchylku než zbývající metody.

Poněvadž kolísání sumarizovaných hodnot (pol. 5 - sloupce

Tab. č. XXXIII Statistické charakteristiky vyšetřovaných souborů

Pol.	Text	Modifikovaná Hearle-Stevensonova metoda				Průsečíková metoda				Gravimetrická metoda	
		PN		MYP		PN		MYP		MYR	
		n	≤ n	n	≤ n	P	≤ P	P	≤ P	G	≤ G
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Celk. počet zatříděných prvků /1/	3883	3883	5060	5060	8062	8062	14930	14930	(3,29 kg/m2)	(3,29 kg/m2)
2	Celk. počet měření /1/	600	100	600	100	600	100	600	100	120	20
3	Prům. počet prvků na jedno měření	6,47	38,83	8,44	50,6	13,44	80,62	24,90	149,3	(0,0274 kg/m2)	(0,1645 kg/m2)
4	Arit. průměr měř. veličiny vyjádřeny v %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	Směrodatná odchylka (dle pol. 4)	44,0	17,1	45,9	15,3	21,6	17,5	17,6	14,3	21,7	17,2
6	Chyba jednoho měření při jistotě 95,45 % (dle pol. 4)	88	34,2	91,8	30,6	43,2	35,0	35,2	28,6	43,4	34,4
7	Vyhodnocovaný ukazatel: Chyba jednoho měření při jistotě 95,45 %:	α		α		PA α		PA α		GA α	
8	-v určení velikosti (%)	94,4		96,5		55,6		45,4		55,4	

4, 6, 8, 10, 12) je ve všech případech přibližně na stejné úrovni, je i chyba jednoho měření (pol. 8 - sloupec 3/4, 5/6), prováděného modifikovanou Hearle-Stevensonovou metodou, přibližně dvojnásobná než u ostatních metod.

5.24.32 Počet měření nutný k dosažení požadované přesnosti

Závislost velikosti chyby ϑ aritmetického průměru na počtu měření n a chybě jednoho měření δ je dána známým vztahem

$$\vartheta = \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

Pro určení nutného počtu měření (n) potřebných k dosažení požadované přesnosti (ϑ) je předchozí vztah použitelný jen při vyšetřování téhož materiálu.

Částečného zobecnění lze dosáhnout, jestliže počtem měření je současně charakterizována i jejich závažnost.

Pro modifikovanou Hearle-Stevensonovou metodu je počet měření i jejich závažnost charakterizován počtem zatříděných úseků vláken. Pro jeden druh materiálu zřejmě platí

$$n = \frac{\Sigma\Sigma\sigma}{\Sigma\sigma}$$

kde $\Sigma\sigma$ je celkový počet průsečíků zatříděných při jednom měření a $\Sigma\Sigma\sigma$ je celkový počet průsečíků zatříděných při všech (opakovaných) měřeních.

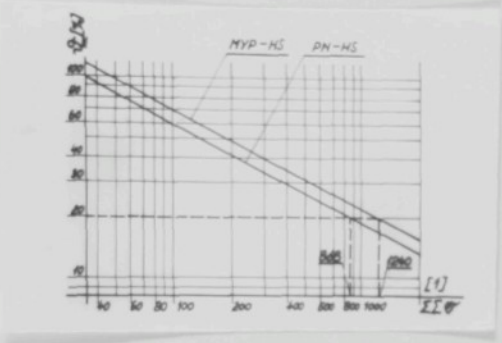
Při provedených měřeních byly průměrné hodnoty $\Sigma\sigma$

- pro materiál PN 39
- -"- MYP 51

Závislost

$$\vartheta = \frac{S}{\sqrt{\frac{\sum\sum \vartheta}{\sum \vartheta}}}$$

je vynešena na obr. 69.



Obr. 69 Závislost velikosti chyby orientace na celkovém počtu zatříděných vláken

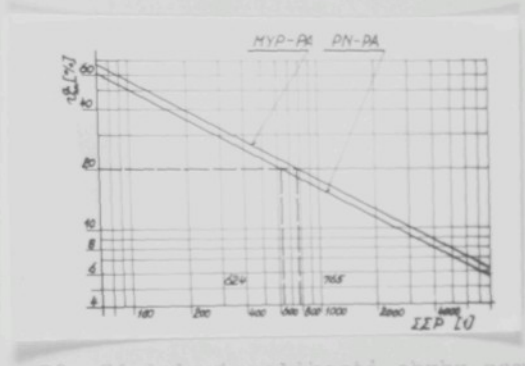
Různé materiály vykazují obecně různé statistické charakteristiky, takže nemohou být na základě tohoto ukazatele přímo srovnávány. Jejich příbuznost však dovoluje aspoň orientační srovnání použitelné pro předběžné stanovení hodnoty celkového součtu zatříděných úseků.

Při porovnávání průsečíkové metody se dojde k podobným závěrům.
Při 100 měřeních materiálu PN bylo zatříděno celkem cca 8100 průsečíků a při zkouškách MYP 14 900 průsečíků.
Počtu měření n tedy odpovídá

- pro materiál PN ..... $\frac{\sum\sum P}{81}$

- -"- MYP ..... $\frac{\sum\sum P}{149}$.

kde $\sum P$ značí celkový součet zatříděných průsečíků při všech měřeních. Příslušné grafické zobrazení závislosti je na dalším obrázku.



Obr. 70 Závislost velikosti chyby poměrné četnosti průsečíků na celkovém počtu průsečíků

Gravimetrická metoda využívá k vyhodnocení orientace hmotnosti třásně. Je patrno, že pro týž materiál je celková hmotnost třásní ΣG přímo úměrná počtu měření.
Pro srovnatelnost výsledků měření různých materiálů nelze však vzít hodnotu ΣG za kriterium, protože úroveň přesnosti měření je dána počtem jedinců, v našem případě vláken, která tvoří třáseň. Lze tedy říci, že pro týž materiál je počet měření úměrný celkovému počtu vláken ve všech třásních souboru. Pro různé materiály nutno opět předpokládat příbuznost statistických charakteristik a z toho vyplývající i přibližnou srovnatelnost výsledků.

Jestliže si pro daný případ zvolíme modelové rouno, charakterizované - plošnou hmotností ρ_{S0}

- jemností vláken $(Td)_0$
- délkou vláken ℓ_{V0} ,

pak počet vláken N_0 připadající na 1 m^2 rouna je

$$N_o = k_v \frac{\varrho_{so}}{Td_o \, \ell_{vo}} \, .$$

kde k_v je konstanta úměrnosti.

Pro stejná množství vláken N ve skutečném rouně (s charakteristickými parametry ϱ_s, Td, ℓ_v a rouně modelovém platí

$$N_o = N$$

$$\frac{\varrho_{so}}{\varrho_s} = \frac{Td_o \, \ell_{vo}}{Td \, . \, \ell_v}$$

Zvolíme-li pro modelové rouno Td_o = 1 den; ℓ_{vo} = 100 mm, pak

$$\frac{\varrho_{so}}{\varrho_s} = \frac{100}{Td \, . \, \ell_v}$$

kde $[Td]$ = den
$[\ell_v] = 10^{-3}$ m

Plošná hmotnost ϱ_s skutečného rouna byla 0,328 kg/m^2. Z každého vzorku bylo vyčesáno 12 třásní, z nichž pro vyhodnocení orientace v 6 vytčených směrech bylo použito vždy dvou (vzájemně si polohou odpovídajících) třásní. Pro počet měření n a celkovou plošnou hmotnost $\Sigma \varrho_s$ platí tedy vztah

$$\frac{\varrho_s}{2} \, . \, n = \Sigma \varrho_s$$

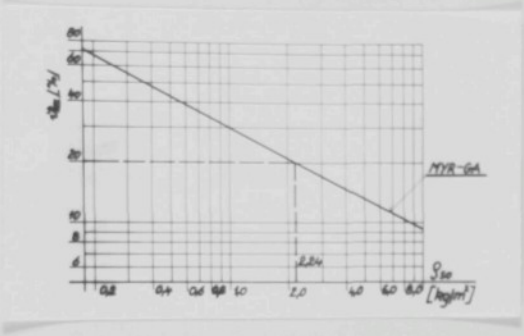
V daném případě

$$n = \frac{2 \, \Sigma \varrho_s}{0,328}$$

Po dosazení za ϱ_s platí pro tento případ

$$n = \frac{\Sigma \varrho_{50} \cdot Td \cdot l_v}{100 \cdot 0{,}164}$$

Závislost velikosti chyby na ϱ_5 a ϱ_{50} je znázorněna na následujícím obrázku.



Obr. 71 Závislost velikosti chyby poměrné hmotnosti těsně na plošné hmotnosti modelového a měřeného rouna

5.25 Kritika

Všechny zde uváděné metody určují ukazatele orientace, které jsou vztahovány k určovací rovině vlákenného útvaru. Jako srovnávací metoda je používána dříve popsaná Hearle-Stevensonova metoda přesto, že jsou známy její závady. Důvody pro tuto volbu byly uvedeny již v odstavci 5.12.

5.25.1 Modifikovaná Hearle-Stevensonova metoda

Z dřívějšího popisu je patrná pracnost této metody. Tuto pracnost zvyšuje ještě poměrně velká chyba příslušející

jednomu měření, takže k dosažení předepsané úrovně přesnosti výsledku je nutno provést poměrně velký počet měření. Pro přímé pozorování musí být zkoušený materiál průhledný a hustota vrstvy musí dovolovat sledování jednotlivých vláken. Při použití značkovaných (stopových) vláken je sice možno vyšetřovat i neprůhledné vláknité útvary, avšak zkušební metoda se tím komplikuje.
Při vlastním prokládání osy úsekem vlákna mohou vznikat systematické nepřesnosti zapříčiněné

- malým stupněm ojednocení vláken vedoucím ke špatné rozlišitelnosti jednotlivých vláken,
- velkým průměrem vláken a z toho vyplývající nejistotou při prokládání směru úseků vláken,
- místní orientací vláken, která není charakteristická pro daný útvar a je důsledkem nestálosti výrobního procesu.

Metoda skýtá velmi malé možnosti mechanizace a zjednodušení : použití mikroskopu s natáčivým stolkem neb okulárem a přímý odečet směrů (bez pořizování dokumentačních mikrosnímků) je sice značně rychlejší než popisovaná modifikace, avšak přesto lze počítat s aplikací této metody jen pro laboratorní měření.

5.25.2 Průsečíková metoda

Ke stanovení ukazatele orientace je využíván poměrný počet průsečíků vláken se svazkem paprsků. Jedná se tedy o vyhodnocení nepřímého ukazatele směru úseků vláken. Přesto, že pro vlákennou síť existuje funkční závislost mezi měrným počtem průsečíků vláken (sítě) a orientací, lze u skutečné pavučiny mluvit jen o korelační závislosti.

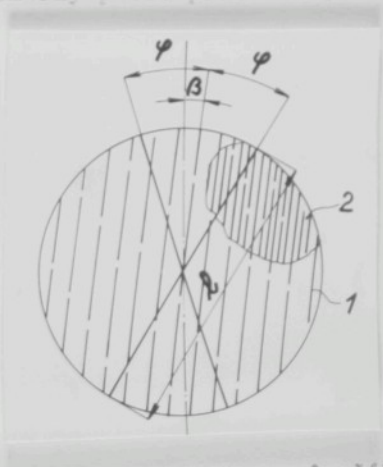
Z hlediska vhodnosti zkušebního materiálu, odběru vzorků a přípravy preparátu je tato metoda srovnatelná s dříve

popsanou (modifikovanou) Hearle-Stevensonovou metodou.

Mimo již dříve uváděný nesoulad výsledků teoretických závěrů pro soustavu vlák. sítí a praktických měření skutečných pavučin vznikají i nepřesnosti proto, že

- vlákna tvoří skrumáže a jejich průsečíky splývají,
- vyšetřovaný materiál vykazuje lokální nerovnoměrnost plošné hmotnosti.

Schematický příklad, jak tato lokální nerovnoměrnost plošné hmotnosti může ovlivnit výsledek, je patrný z obr. 72. Pavučina, tvořená jednosměrně orientovanými vlákny 1, vykazuje v místě 2 lokální zvýšení plošné hmotnosti. Poněvadž se jedná o jednosměrně orientovaný vláknitý útvar, při dostatečně velké délce úsečky ℓ by měl být stejný počet průsečíků pro směry $\beta \pm \varphi$. Vlivem zmíněné lokální nerovnoměrnosti plošné hmotnosti jsou však počty průsečíků pro tyto směry různé, a tím se různí i další výpočtová hodnota - poměrný počet průsečíků.

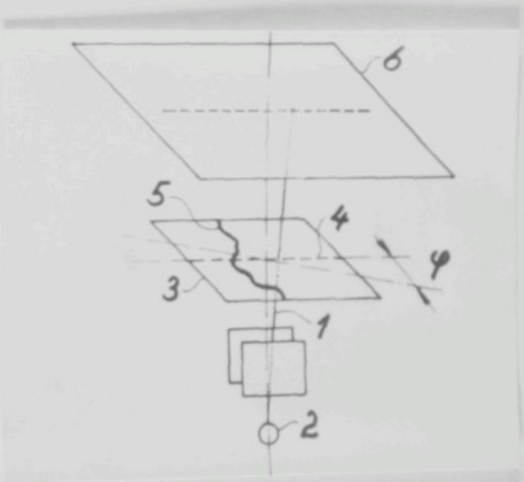


Obr. 72 Ovlivnění počtu průsečíků lokální nerovnoměrností plošné hmotnosti

Částečně lze tento nepříznivý vliv vyloučit tím, že se pro pozorování vybere místo s rovnoměrnou plošnou hmotností vyšetřovaného útvaru.

Metoda může být zjednodušena a jsou reálné předpoklady i pro její automatizaci.

- Zjednodušení možno dosáhnout tím, že se použije mikroskopu s natáčivým stolem a odečet průsečíků se provádí přímým pozorováním (bez pořizování mikrosnímků).
- Princip možné automatizace spočívá v tom, že paprsek 1 vysílaný zdrojem 2 postupně prosvěcuje všechna místa preparátu 3 podél úsečky 4. Při zacloněni paprsku vláknem 5 nastane přerušení ozáření stínítka 6, které může být zaznamenáno nakresleným počítačem impulsů. Po proběhnutí celé dráhy dané úsečkou 4 se pootočí preparátem o úhlový interval φ a cyklus se opakuje. Počet impulsů v jednotlivých cyklech lze vyhodnocovat automaticky.



Obr. 73 Princip automatizace průsečíkové metody

5.25.3 Gravimetrická metoda

Při měřeních používajících této metody je naopak nutné, aby plošná hmotnost zkoušeného vláknitého útvaru byla nad úrovní plošných hmotností průhledných útvarů. Tím se dosáhne poměrně velkých hmotností třásní. Pokud je zajištěno dobré sevření všech vláken třásně a kvalitní vyčesání, lze pro srovnatelné materiály říci, že se vzrůstající plošnou hmotností klesá i velikost relativní chyby jednoho měření.

Vzhledem k větší plošné hmotnosti zkoušeného materiálu je i menší pravděpodobnost jeho poškození při odběru vzorků a při přípravě k měření. Poměrně obtížné je nastavení hlavního směru. Měření ztrácí charakter lokálního vyšetření plošného útvaru.

Velikost chyby značně závisí na

- rovnoměrnosti plošné hmotnosti rouna,
- stupni napřímení vláken.

Výsledky měření poměrné hmotnosti třásně jsou v úzké korelaci s měřeními orientace modifikovanou Hearle-Stevensonovou metodou, avšak přímé srovnání není možné.

Vztah mezi gravimetrickou a průsečíkovou metodou je patrný ze skutečnosti, že obě metody vycházejí ze stejné podstaty, a to

- z počtu průsečíků vláken s paprskem (metoda průsečíková),
- z počtu průsečíků vláken s hranou kleštiny, kde jednotlivým průsečíkům přísluší určitá délka, a tedy i část hmotnosti vlákna (metoda gravimetrická).

Pro bližší prošetření vzájemné souvislosti obou metod jsou použity výsledky měření ${}_{PA}\beta$ a ${}_{GA}\beta$. Z podmínek měření ${}_{PA}\beta$ a ${}_{GA}\beta$ je patrno, že směru paprsku β odpovídá směr

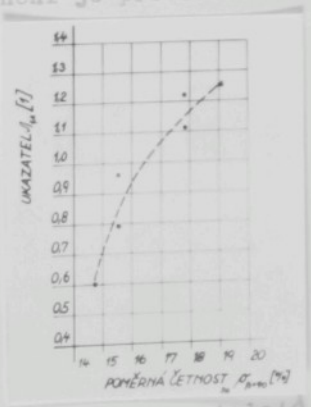
aktivní hrany kleštiny $\beta \pm 90^{\circ}$.
Ukazatelé, charakterizující hmotnost třásně připadající na jednotkovou poměrnou četnost průsečíků

$$\lambda_{GA} = \frac{{}_{GA}\rho_{\beta}}{{}_{PA}\rho_{\beta}}$$

Tab. č. XXXIV. Ukazatel λ_{GA}

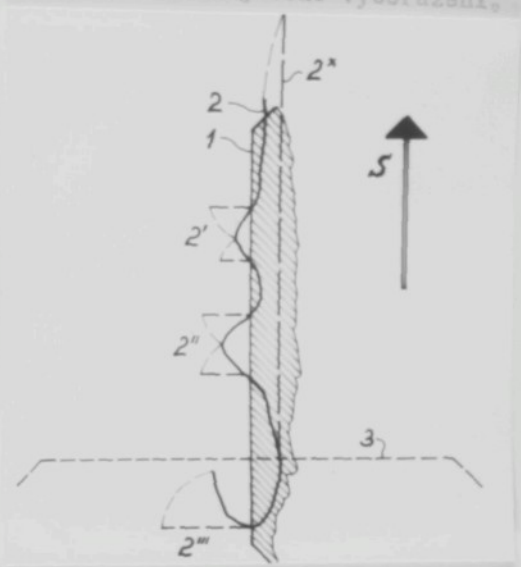
Pol.	Směr v soustavě rouna	Poměrný počet průsečíků ${}_{PA}\rho_{(\beta+90)}$	Ukazatel λ_{GA} pro měřené hodnoty
	stupeň	%	1
1	2	3	4
1	-60	17,8	1,32
2	-30	15,5	0,96
3	0	14,7	0,6
4	30	15,5	0,79
5	60	17,9	1,11
6	90	19,1	1,25

Grafické znázornění je provedeno na následujícím obrázku.



Obr. 74 Závislost ukazatele λ_{GA} na poměrném počtu průsečíků

Z vyhodnocení vyplývá, že ukazatel λ_{GA} je závislý na poměrném počtu průsečíků tak, že s klesajícím počtem průsečíků klesá i velikost tohoto ukazatele. Vysvětlení tohoto jevu je patrné z následujícího vyobrazení.



Obr. 75 Zachycení vlákna kleštinou

Jestliže vykazuje rouno převážně jednosměrnou orientaci vláken danou směrem S, pak je velká pravděpodobnost, že kleština 1, přibližně rovnoběžná se směrem S, sevře vlákno 2 tak, že obrys aktivní hrany kleštiny protíná vlákno ve více bodech. Při vyčesání třásně je velká pravděpodobnost, že se části vlákna 2', 2'', 2''' přetrhnou. Jednomu průsečíku přísluší poměrně malá délka vlákna a tedy i malý podíl jeho hmotnosti.

V opačném případě, když směr aktivní hrany kleštiny 3 je přibližně kolmý ke směru S, klesá pravděpodobnost vícenásobného svěru vlákna kleštinou, takže na jedno místo

svěru (nebo na jeden průsečík) připadá větší podíl hmotnosti vlákna. Rušivě na tyto závislosti působí ta okolnost, že části vlákna 2′, 2″, 2‴ jsou při vyčesávání mechanicky velmi namáhané a jejich sevření kleštinou je problematické. Je tudíž velká pravděpodobnost, že jsou vyčesány, takže skutečně zjištěná hmotnost třásně je o tuto hodnotu menší než hmotnost všech, kleštinou zachycených vláken.

Gravimetrická metoda může být částečně zmechanizována tím, že

- vyčesávání třásně se provádí na zvláštním vyčesávacím zařízení,
- vážení je automatizováno.

6 Z Á V Ě R

6.1 KRITIKA

Struktura rouna může být chápána ze širšího hlediska jako způsob rozložení vláken v rouně se zpětným odrazem na jejich kvantitativní, resp. (pro vícekomponentní rouno) i kvalitativní zastoupení ve vzájemně srovnatelných místech rouna.
Tato práce je pojata z užšího hlediska, kdy struktura je definována pouze způsobem uložení vláken a rouno je uvažováno jako jednokomponentní. Další zjednodušení pak spočívá v tom, že pro vyhodnocení uložení vláken je jako charakteristický ukazatel vzata orientace jejich úseků, která nemůže charakterizovat ani tvar skutečného vlákna, ani jeho polohu vůči ostatním vláknům.

Zjednodušení rouna na plošnou soustavu vlákenných sítí nutno považovat za extrémní teoretický případ, který ukazuje pouze přímou souvislost mezi měrným počtem průsečíků a orientací vláken. Pro skutečné rouno, byť i plošně orientované, se uložení vláken neřídí tak jednoduchými zákony, jako pro soustavu vlákenných sítí. Výchozí podmínky pro výpočet orientace vláken tohoto skutečného rouna jsou tedy odlišné od podmínek, na nichž je založen výpočet orientace vlákenných sítí, který proto nelze aplikovat na skutečné, převážně plošně orientované rouno.

Vrstevnatá struktura rouna, vyráběného pneumatickým způsobem, byla vyšetřována za předpokladu platnosti zjednodušujících podmínek, které jsou současně i ukazatelem stálosti technologického procesu. Nejsou-li tyto výchozí podmínky dodrženy, vrstevnatá struktura rouna se sice vytváří, avšak podélný profil vrstvy je proměnný. Rušivým

vlivem působícím proti vytváření vrstevnaté struktury, je míra ojednocení usazujících se vláken a jejich tuhost. Přepočty pro různě zakřivená usazovací zařízení jsou založeny na předpokladu, že hmotnost vláken, usazených v prostoru, omezeném vytčenou částí usazovací podložky a plochami, kolmými na obrys této části, je úměrná době usazovacího procesu. Toto zjednodušení je přijatelné pro malé tloušťky usazené vrstvy a pro velké poloměry křivosti. Obecně však tento požadavek není přijatelný.
Plocha vrstvy je určena těžišti usazených vláken, zatímco skutečná vlákna touto plochou prostupují. Jedná se tedy o fiktivní plochu, charakterizující způsob vrstvení pneumaticky vytvářeného rouna.
Při rozvinutí vytvořené části rouna na rovinnou podložku nelze použít transformačních vztahů, neboť tyto byly vypočítány za předpokladu konstantní měrné hmotnosti tvořící se části vrstvy. Při mechanickém přetváření však tyto předpoklady neplatí, neboť protahování textilních útvarů je děj nevratný. Přísně vzato by tedy bylo nutno měřit tloušťky a plošné hmotnosti přímo na usazovacím zařízení a tyto hodnoty pak transformovat na podmínky, určující profil charakteristické vrstvy.

<u>Navrstvené rouno</u> je vytvořeno za předpokladu, že sklon určovacích rovin navrstveného rouna a vrstveného útvaru je zanedbatelný. V převážné většině případů odpovídá tento požadavek skutečnosti.

<u>Vyhodnocení orientace (úseků osy) vláken</u> je provedeno podle modifikované Hearle-Stevensonovy metody. Modifikace této metody umožňuje srovnatelnost výsledků s měřeními poměrných četností průsečíků, dokumentování výsledků a současně dává předpoklady k nestrannému výběru vyhodnocovaných prvků statisticky charakterizujících vyšetřovaný

vzorek. Vzhledem k délce úseku vlákna (0,2 10^{-3} m) je zanedbávána křivost úseku vlákna. Jak je patrno z mikrosnímků zkoušených preparátů, nemůže toto zjednodušení znatelně ovlivnit výsledky měření orientace.

Plošná orientace je zřejmě extrémní zjednodušení vyjádření struktury rouna. Výsledky se přibližují skutečným charakteristikám silně stlačeného rouna, resp. rouna, jehož vrstvy jsou přibližně rovnoběžné s určovací rovinou.

Srovnání výsledků měření orientace (úseků vláken) s poměrnými četnostmi a nepřímo i s poměrnými hmotnostmi třásní je provedeno v relativně malém rozsahu kvalit materiálů i počtu měření. Výsledky však ukazují zásadní charakteristické souvislosti všech srovnávaných ukazatelů.

6.2 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

V předkládané práci je dosaženo těchto výsledků :

- je doplněno a upřesněno názvosloví a vymezeny základní pojmy.
- jsou odvozeny vztahy charakterizující pseudoorientaci rouna.
- jsou odvozeny vztahy pro výpočet orientace vlákenných sítí v základní poloze z měrného počtu průsečíků.
- pro navrstvené rouno jsou (za zjednodušujících podmínek vyhovujících praxi) odvozeny vztahy dovolující výpočet plošné orientace navrstveného rouna a/ vyhovující obecnému průběhu plošné orientace navrstveného útvaru i obecnému způsobu vrstvení. Tyto vztahy vycházejí z technologických podmínek poslední fáze výroby.
- ze zjednodušených podmínek jsou pro rouna vyráběná

pneumatickým způsobem odvozeny vztahy, určující tloušťku, plošnou hmotnost a sklon vrstev. Tyto vztahy jsou zobecněny pro charakteristickou vrstvu a do výsledků lze zavést intenzitu usazování, která kvantitativně charakterizuje usazovací proces.

- je navržena a realizována modifikace Hearle-Stevensonovy metody, jsou provedena srovnávací měření a zjištěny statistické charakteristiky.
- je vyšetřen charakteristický profil pneumaticky vyráběného rouna a pro zvolený soubor míst je zjištěna plošná orientace (úseků vláken) a sklon vrstev, k nimž byla (v jednotlivých místech souboru) vztažena plošná orientace.
- je navrženo a realizováno měření pomocí průsečíkové metody, provedena srovnávací měření a zjištěny statistické charakteristiky.
- je navrženo a realizováno měření poměrné hmotnosti třásně, zkonstruováno a vyrobeno příslušné zařízení a zjištěny statistické charakteristiky.
- jsou přímo srovnány výsledky měření orientace modifikovanou Hearle-Stevensonovou metodou s poměrným počtem průsečíků.
- jsou nepřímo srovnány výsledky měření poměrné hmotnosti třásně metodou gravimetrickou s výsledky měření metodou průsečíkovou a modifikovanou Hearle-Stevensonovou.
- jsou stanoveny ukazatele, které orientačně charakterizují počet měření nutný k dosažení požadované relativní chyby výsledku.
- jsou ideově navrženy možnosti snížení pracnosti měření pro každou z popisovaných metod.

6.3 ZÁVĚRY

a) Struktura rouna je i za ideálních výrobních podmínek obecně proměnná ve směru jeho tloušťky.

b) Struktura rouna je i za ideálních výrobních podmínek srovnatelná pouze v místech, která si navzájem odpovídají.
Pro ideální rouno, vyráběné pneumatickým způsobem, vyplňují odpovídající si místa plochu, ekvidistantní k určovací rovině.
V navrstveném rouně leží odpovídající si místa v ekvidistantních rovinách k určovací rovině a jsou navzájem vzdálená (v hlavním směru) o délku l_{st}.

c) Pro obecně položené vlákno vzniká při plošném vyšetřování orientace metodou Hearle-Stevensonovou zkreslení velikosti i směru úseků osy vláken.

d) Jestliže vlákno leží v obecné rovině, která je vůči průmětně skloněná, pak při vyšetření plošné orientace metodou Hearle-Stevensonovou vzrůstají radiusvektory poměrné orientace, položené ve směrech blízkých průsečnici této roviny s průmětnou, zatímco ve směrech blízkých kolmici na tuto stopu vektory poměrné orientace se zmenšují.

e) Obvykle používaný výběr úseků vláken podél přímky nemůže nestranně charakterizovat četnost výskytu směrů úseků vláken v rouně. Navržená modifikace zaručuje (pro obecný případ plošné orientace) podstatně nestrannější výběr.

f) Statistický charakter zatříděných četností úseků vláken je pro vyhodnocení méně příznivý než statistický charakter zatříděných četností průsečíků neb hmotností třásní.

g) Měrný počet průsečíků vláken se svazkem rovin, kolmých k určovací rovině rouna, nemůže zastupovat orientaci, zjištěnou použitím metody Hearle-Stevensonovy, ani při plošně orieontovaném rouně.

h) Pro jednoduchý případ soustavy vlákenných sítí v základní poloze je známá funkční závislost mezi měrným počtem průsečíků a orientací vláken dle Hearle-Stevensona. Výpočet je možný pro libovolný počet úhlových intervalů. Při výpočtu nutno řešit soustavu n rovnic o n neznámých, kde n je počet úhlových intervalů připadajících na 180^{0}.

i) Plošné vyšetření orientace nemůže plně vystihnout strukturu rouna.

j) Přiřazením plošné orientace k příslušnému sklonu vrstv se přibližuje výsledek více skutečnosti než při pouhém plošném vyšetření vztaženém k určovací rovině.

k) Pneumaticky vyráběné rouno může mít při dokonale o jedn cených vláknech sklon vrstev proměnný pouze v mezích o 0 do $+90^{0}$.

l) Funkci pneumatických rounotvořících strojů z hlediska vlastního vytváření rouna lze srovnat na základě znalosti charakteristického profilu vrstvy.

m) Pro navrstvené rouno lze vypočítat výslednou plošnou orientaci na základě známých podmínek při vrstvení a známých distribučních diagramů orientace vrstvených útvarů.

n) Dosud užívaná metoda pro výpočet výsledné orientace n vrstveného rouna je použitelná pouze pro zvláštní případy. Obecně nutno užít pro výpočet vztahů odvozených v této práci.

o) Mezi orientací určenou dle Hearle-Stevensonovy metody

a poměrným počtem průsečíků je vzájemná souvislost. Korelační koeficient, který ji charakterizuje, není stálý. Jeho mezní hodnota nebyla zjištěna, avšak dosahuje velikosti alespoň -0,06.

p) Výsledky měření poměrné hmotnosti třísně gravimetrickou metodou se úzce přibližují výsledkům měření orientace modifikovanou Hearle-Stevensonovou metodou, avšak nejsou vzájemně přímo přepočitatelné.
Gravimetrickou metodou lze proměřovat neprůhledné vláknité útvary bez separace vrstev nebo bez zviditelňování stopových vláken.

r) Jako orientační ukazatel nutného počtu měření k dosažení požadované velikosti relativní chyby průměrné hodnoty lze použít

- pro Hearle-Stevensonovu metodu - celkový počet zatříděných úseků vláken
- pro průsečíkovou metodu - celkový počet zatříděných průsečíků,
- pro gravimetrickou metodu - plošnou hmotnost modelového rouna.

6.4 NÁVAZNÁ PROBLEMATIKA

V dalších pracech, zabývajících se touto problematikou, lze navázat na předkládanou práci a možno se zaměřit na

- rozpracování metod pro zjištění základních rozměrů rouna a měrné hmotnosti v jeho libovolném místě,
- zobecnění vztahů, charakterizujících vrstevnatou strukturu pneumaticky vyráběného rouna zavedením závislostí mezi objemovou hmotností rouna a jeho přetvořením,

- zjištění transformačních vztahů mezi strukturou rouna a jeho deformací při stlačení a protahování,
- prošetření závislosti profilu charakteristické vrstvy na různých typech usazovacího zařízení pneumatických rounotvořících strojů při použití různých druhů kanálů, materiálů a při různých plošných hmotnostech vyráběného rouna. Vyhledáním optimálního profilu charakteristické vrstvy lze zlepšit využití aktivní části usazovací podložky, zlepšit podmínky pro transport materiálu mezi ojednocovacím a usazovacím zařízením a druhotně zvýšit i produkci stroje,
- srovnání většího počtu výsledků měření orientace (úseků vláken) poměrných četností průsečíků a poměrných hmotností třásní s cílem nalezení empirických vztahů pro vzájemnou souvislost výsledků,
- vývoj přístrojového vybavení umožňujícího automatizaci měření průsečíkovou metodou,
- konstrukci přístroje k vyčesávání třásní pro práci s přístrojem OR,
- prošetření závislosti fyzikálních vlastností rouna na jeho struktuře a zjištění vlivu struktury rouna na návazný technologický proces a vlastnosti dalších polotovarů nebo výrobků.