

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI
nositelka Řádu práce
FAKULTA TEXTILNÍ
KATEDRA PŘÁDELNICTVÍ A EKONOMIKY

VYBRANÉ PROBLÉMY VNITŘNÍ STRUKTURY
JEDNODUCHÝCH BEZVŘETENOVÝCH PŘÍZÍ

Kandidátská disertační práce

Vědní obor: 39-13-9 Nauka o nekovových materiálech
a stavebních hmotách -
úsek textilní materiály

AUTOR: Ing. Saiyed Muzaffar Ishtiaque

ŠKOLITEL: Doc.Ing. Petr Ursíny, CSc.

Liberec (ČSSR), 1983

Resumé

Práce se zabývá stanovením metodiky zjišťování a vyhodnocování radiálního průběhu zaplnění bezvřetenové příze. Měření a výpočty byly provedeny pro pět přízí s různým zákrutem, jemností a různého materiálového složení. Princip metody je založen na rozdělení průřezu příze do 20ti třídních intervalů s konstantním přírůstkem hodnoty poloměru mezikruží. Plocha průřezu vláken je v jednotlivých třídních intervalech vypočítána až po naděrování x a y souřadnic na pásku pomocí DIGIMETU, aby získali těžiště příze a pozice vláken v průřezu.

Studium radiálního zaplnění umožňuje pozorovat orientaci vláken v průřezu příze, přičemž je uvažován také vliv jemnosti a zákrutu na zaplnění příze. V závěru je uveden výpočet počtu vláken v průřezu příze a tyto hodnoty jsou srovnány s hodnotami prstencové příze. Důležitost lepší orientace vláken v přízi a její vliv na vlastnosti příze je prodiskutována také v souvislosti s technickými a ekonomickými faktory. Dále je neznačena perspektiva aplikace pro studium fyzikálních a mechanických vlastností klasické a bezvřetenové příze a pro vývoj bezvřetenových doprácích strojů.

PŘEDMLUVA

Zkoumání způsobu výroby, zpracování a jednotlivých vlastností vláken, příze a plošných textilií tvoří předmět nazývaný textilní technologie. V posledních čtyřiceti letech zaujímá v oblasti textilní literatury významnou roli problematika strukturální mechaniky. Abychom mohli vytvořit teoretické vztahy mezi vlastnostmi vláken, strukturálními faktory textilií a chováním textilních materiálů, bylo nutné přistupovat k problematice analyticky. Se zavedením těchto vztahů vzniká předpoklad pro realizaci nových druhů vláken, která budou vhodná pro běžné užívání.

Zavedení bezvřetenového způsobu předení zapříčinilo odlišný přístup v činnosti výzkumných pracovníků v textilním průmyslu. Vzhledem k rozdílu ve způsobu zpracování výchozího materiálu má tato technologie své vlastní charakteristické rysy. Abychom jim plně porozuměli nebo mohli předvídat vlastnosti vytváření příze je nutné podrobně zkoumat strukturu příze. Z tohoto důvodu se autor v této práci zabývá studiem vnitřní struktury příze vytvářené na bezvřetenových strojích.

Disertační práce byla zpracována a vytvořena pod odborným vedením Ing. Bohuslava Neckáře, CSc., za což mu je autor velice zavázán a děkuje mu za dobré rady a připomínky, které přispěly ke zvýšení odborné úrovně práce.

Dále autor velice děkuje Ing. L. Švehlové z SVÚT Liberec, která pomáhala při realizaci experimentální části této práce.

Autor také děkuje Doc. Ing. Petru Ursínymu, CSc. za jeho rady a připomínky k jednotlivým problémům, které byly v práci řešeny.

Autor dále děkuje tech. asistentkám V. Vrbatové a V. Markové a ostatním pracovníkům katedry přádelnictví a ekonomiky za pomoc při zpracování práce a dále děkuje

Ing. Karlu Švehlovi z SVÚT a paní Musilové z SPŠT za
pomoc při překladu části textu.

Závěrem autor nejvíce děkuje SVÚT Liberec, který
umožnil zpracování práce na jeho půdě a VŠST Liberec
za pomoc poskytovanou během studia.

Ing. Saiyed Muzaffar Ishtiaque

Obsah

	str.
Předmluva	3
Seznam použitých zkratk a symbolů	8
1. Úvod k problému struktury příze	13
2. Dosavadní představy a poznatky o struktuře příze	17
2.1 N ástin historického vývoje problematiky struktury příze	17
2.1.1 Struktura směšové příze	21
2.1.2 Struktura bezvřetenové příze	22
2.2 Modelové představy o struktuře příze ...	24
2.2.1 Šroubovicový model	24
2.2.2 Model ideální migrace	27
2.2.3 Ekvidistantní migrace	30
2.2.4 Názory na ideální migrační strukturu ...	32
2.3 Charakteristika hlavních soudobých poznatků o struktuře příze a metod jejich zjišťování	36
2.3.1 Mortonova teorie migrace	36
2.3.2 Analýza s korelogramem	37
2.3.3 Migrace podle Hearle a jeho spolupracovníků	39
2.3.4 Experimentální výsledky z pohledu migrace vláken	41
2.3.5 Metoda VSOP při zkoumání vnitřní struktury příze	44
2.4 Speciální problém zaplnění v průřezu příze	47
2.4.1 Základní strukturální faktory přízí	47
2.4.2 Zaplnění příze	49
2.4.3 Zaplnění vláken v přízi	50
2.4.4 Konfigurace příze	54
2.4.5 Určení konfigurace pro hedvábí	57
2.4.6 Faktor zaplnění	58
2.4.7 Geometrie vlákenného zaplnění v průřezu příze	59

	str.
2.4.8	Nerovnoměrnost zaplnění v přízi 61
2.4.9	Vztah mezi počtem vláken, zaplněním příze a migrací vláken 63
2.4.10	Vztah mezi zaplněním a rychlostí migrace vláken 66
2.4.11	Teoretická derivace příčného tlaku ve skané přízi (nekonečná příze) 70
2.4.11.1	Aplikace 71
3.	Cíl práce 73
4.	Metoda měření a vyhodnocování 75
4.1	Úvodní charakteristika metody SECANT-1 75
4.2	Teorie vyhodnocování 75
4.2.1	Nalezení těžiště jednotlivých řezů přízí 75
4.2.2	Rozdělení plochy kruhového řezu do třídních intervalů 77
4.2.3	Radiální průběh zaplnění 83
4.2.4	Tvarová korekce vláknenných řezů 84
5.	Experimentální část 88
5.1	Použitý experimentální materiál 88
5.2	Příprava laboratorních vzorků a získání obrazů příčných řezů 89
5.2.1	Úvodní charakteristika 89
5.2.2	Metodiky používající pro zjišťování vnitřní struktury příze příčných řezů . 90
5.2.3	Experimentální vyhotovení příčných řezů a jejich měření 91
5.2.3.1	Postup přípravy vzorků 92
5.2.4	Digitalizace 94
5.2.5	Stanovení programu pro počítač 96
5.2.5.1	Práce s programem 96
5.3	Vyhodnocování příčných řezů 99
5.3.1	Zaplnění příze 99
5.3.2	Faktor K_s 101
5.3.3	Faktor K_n 106
5.4	Přehled výsledků 113

	str.
6. Diskuse	116
6.1 Souhrnná charakteristika průběhu jednotlivých strukturálních funkcí	116
6.2 Interpretace nalezených zákonitostí	130
6.3 Shrnutí výsledků	137
7. Závěr	139
7.1 Hlavní rysy metody SECANT	139
7.2 Další postup pokračování této práce	140
Literatura	141

Příloha č. 1	Program SECANT
Příloha č. 2	Příze A
Příloha č. 3	Příze B
Příloha č. 4	Příze C
Příloha č. 5	Příze D
Příloha č. 6	Příze E

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

- A - konstanta, označení plochy, druh příze, vnější vrstva
- a /m/ - délka příze po seskání, mezera mezi vlákny, osa elipsy vlákna, délka elementu
- a_0 /m/ - výchozí délka před zakrucováním příze,
- B - konstanta
- B - označení plochy, druh příze, počet vláken
- B_1 - bod označující 1. průmět příze
- B_2 - bod označující 2. průmět příze
- B_i - střed vlákna
- b /m/ - mezera mezi vlákny, šířka elementu
- C /m/ - mezera mezi vlákny, druh příze, počet vláken, výška elementu
- C_j - faktor zkrácení příze
- D - směrodatná odchylka migrace, druh příze, průměr příze
- d /m/ - průměr příze
- d_v /m/ - průměr vlákna
- E_1, E_2, E_3 - druh příze
- F /m²/ - plocha příčného řezu
- F_i - střední poloměr i -tého intervalu
- f /m/ - poloměr vlákna
- h /m/ - šířka třídního intervalu, vzdálenost souřadnic průmětu
- H - perioda migrace
- I, I_L - střední intenzita migrace, index nestejnoměrnosti
- K_n - konstanta počtu vláken

- K_S - konstanta plochy vláken
 K - konstanta úměrnosti
 k_1, k_2 - faktor zaplnění
 L [m] - celková délka vláken v jednotkové délce příze
 L_L - celková délka vláken v elementu příze
 L_E [m] - součet délek všech elementů vláken v přízi
 l [m] - délka vlákna
 dl - diferenciál délky vlákna
 l_p [m] - délka příze
 m [kg] - hmotnost příze jednotkové délky
 m - migrační rychlost
 N - celkový počet vláken, počet vzduchových prost.
 n - celkový počet vláken v příčném řezu
 dn - "počet" vláken v příčném řezu diferenciální vrstvou
 n_s - střední počet vláken v příčném řezu příze
 n_T - teoretický počet vláken v průřezu příze
 n_e - skutečný počet vláken v průřezu příze
 P [m²] - plocha části kružnice mezi dvěma mezikružními, konstanta
 P_1 [m²] - plocha kruhové úseče
 P_2 [m²] - plocha kruhové úseče
 P^* [m²] - plocha části kružnice ležící mezi rovnoběžnými přímkami
 q [m] - délka vlákna v přízi
 R [m] - poloměr příze
 r [m] - poloměr vláken, polární souřadnice
 r_v [m] - poloměr vlákna

- r_a - poloměr polární souřadnice
- r_e - poloměr polární
- r_a^* - korigovaný poloměr polární souřadnice
- r_e^* - korigovaný poloměr polární souřadnice
- r_i - poloměr polární souřadnice středu vlákna
- dr - diferenciál poloměru příze
- $S \text{ [m}^2\text{]}$ - střed kružnice, plocha příze, celková řezná plocha vláken
- $S \text{ [m]}$ - seskání příze, délka vlákna
- $S \text{ [m}^2\text{]}$ - plocha kolmá k vláknu
- $T \text{ [tex]}$ - jemnost příze, jednotkový tangentsí vektor
- T - těžiště
- $t_v, t \text{ [tex]}$ - jemnost vláken
- t - označení substituce
- u_0 - bod na kružnici
- u_e - bod na kružnici
- $du \text{ [m}^3\text{]}$ - element objemu
- ν_{s_2} - viskózní stříž
- $v_0, v_e \text{ [m}^3\text{]}$ - bod na kružnici. objem vzduch.
- v_v - objem vláken ve vrstvě
- $v_v \text{ [m}^3\text{]}$ - objem vláken
- $V \text{ [m}^3\text{]}$ - objem tělesa
- $v_e \text{ [m}^3\text{]}$ - objem elementů
- $v_p \text{ [m}^3\text{]}$ - objem příze
- x - osa souřadného systému
- α - souřadnice bodů
- y - osa souřadného systému
- $\bar{y}, y_e$ - střední poloha vlákna
- y - souřadnice bodů, souřadnice kružnice

τ	-
Z / m^{-1} /	- zákrut
Z_1	- výška souřadnice
Z / m /	- délka příze
de	- elementární axiální posunutí
Z_c / m /	- osová délka
Z	- souřadnice bodů
α / $^\circ$ /	- úhel
β / $^\circ$ /	- úhel vlákna k ose příze
β_a / $^\circ$ /	- úhel povrchového vlákna vůči ose příze
ξ	- osová souřadnice elementu příze
$d\xi$	- délka hrany diferenciálního tělesa
η	- redukovaná souřadnice
φ / $^\circ$ /	- úhel elementu vlákna, úhel polární souřadnice
$d\varphi$	- diferenciál úhlu
γ / $^\circ$ /	- úhel diferenciálního tělesa
ξ	- redukovaná souřadnice
μ	- zaplnění prostoru na poloměr r diferenciální vrstvy
μ	- faktor zaplnění
μ_p	- celkové zaplnění příze
μ_{em}	- limitní zaplnění příze
μ_i	- zaplnění i -té třídy
$\bar{\mu}$ / m^2 /	- střední plocha řezu vlákna
$\bar{\mu}_n$ / m^2 /	- plocha vláken ve tvaru šroubovice
P	- perioda migrace

π	- Ludolfovo číslo
ψ_0	- úhel určující poloměr polární souřadnice
ψ_t	- úhel určující poloměr polární souřadnice
ψ	- bezrozměrný parametr
ζ / kg m^{-3} /	- měrná hmotnost vláken
ϑ_r / $^\circ$ /	- úhel sklonu vlákna v elementu příze
ϑ_t / $^\circ$ /	- úhel sklonu vlákna v elementu příze
ϑ_0 / $^\circ$ /	- úhel sklonu vlákna v elementu příze
δ / mm /	- poloměr vlákna
θ / $^\circ$ /	- úhel mezi osou příze a vlákny
θ_0 / $^\circ$ /	- úhel mezi osou příze a vlákny
ϕ_0	- stupeň vytvořeného prostoru
ϕ	- zaplnění příze
Δl / m /	- úsek vlákna délky
$6(r)$	- radiální zaplnění
ϱ	- radiální poloha

1. ÚVOD K PROBLÉMU STRUKTURY PŘÍZE

Rozvoj vědy a techniky může být vyjádřen pomocí této věty "Nutnost je matkou vynálezů". To dokázala historie každého odvětví vědy. Kdykoliv člověk něco potřeboval, přemýšlel o tom, a prostřednictvím svého myšlení objevil potřebné. Zjednodušeně můžeme říci, že to je základní pojetí výzkumu.

Požadavky lidské společnosti jsou však neomezené, mají velmi rozsáhlé pole zkoumání a to je důvod, proč vývoj vědy v každé oblasti neustále roste. Budeme hovořit o textilním průmyslu. Rychlost a rozsah technického progressu ve světě ukazuje, že naše doba umožnila rozvoj nových směrů, které postupně mění tradiční strukturu výrobních sil společnosti. Proud vědeckých poznatků se očividně urychluje, frekvence vynálezů se již počítá na vteřiny a technické novinky, které ještě na začátku století přinášely zpravidla přírůstky v rozsahu 5 až 20 % dnes často znamenají růst 50 až 100 % i více. Současná vědecko-technická revoluce se zrychluje syntézou rozvoje technických procesů a kontrolována člověkem, vede k automatizaci.

Současný pokrok textilní technologie vznikl následkem velkého rozvoje čisté a aplikované vědy v posledních 15-ti letech. Vývoj v textilním průmyslu byl zvláště patrný po zavedení strojů s vysokou výrobní kapacitou a zavedení nových zušlechťovacích technik. Tento rozvoj sebou přinesl nové problémy ve vztahu mezi vlákny a přízemi. V této oblasti je nejdůležitějším záměrem výroba čistých, hladkých a homogenních přízí a dosažení nové ekonomické rovnováhy, která spočívá hlavně na využití vlastností surovin v reálných podmínkách závodů.

Klíčem k vyřešení této otázky je projektování kvality příze před vlastním předením na základě znalostí vlákna a za předpokladu, že předení je standardní a stroje podávají

správný výkon.

Fyzikální vlastnosti pevných hmot jsou dány jejich chemickým složením a vnitřním uspořádáním. Jinými slovy, vlastnosti jsou funkcí struktury hmoty. Toto obecné tvrzení může být aplikováno i na textilní výrobky a poloprodukty. V současné době již známe vztah pevnosti příze k její struktuře vnitřní. V druhé polovině 60tých let se objevila nová příze - bezvřetenová příze - vedle prstencových přízí mykaných a česaných. Tato nová příze se lišila od příze klasické ve svých charakteristických vlastnostech a bylo třeba, aby její vlastnosti byly definovány a vysvětleny.

Abychom mohli studovat chování příze z různých hledisek technologie výroby, a abychom vytvořili nové technologické postupy pro výrobu příze dobré kvality, musíme nejdříve studovat vnitřní strukturu příze, protože vzhledem k existujícím zkušenostem z dosavadního způsobu předení se chování příze značně liší od chování příze klasické. Vysvětlení těchto anomálií ve vlastnostech a nalezení jejich příčin mohlo dát jedině studium vnitřního uspořádání jednotlivých vláken uvnitř jádra příze.

Strukturální vlastnosti příze plynou ze sumy geometrických, fyzikálních a mechanických vlastností vláken a výrobních charakteristik příze. Faktory, které ovlivňují vlastnosti přízí mohou být rozděleny do tří kategorií :

1. faktory vlákna,
2. faktory struktury příze,
3. faktory spřádacího způsobu.

1. Jako faktory vlákna můžeme uvažovat molekulární konfigurace; přítomnost krystalické oblasti a amorfní oblasti; přítomnost micelární struktury, fibril a buněk v moderním pojetí, přítomnost pravidelných krystalických oblastí krystalových trhlin nebo dislokací. Dále můžeme

uvažovat systémy pouzdra a jádra nebo dokonce bikomponentní a symetrické struktury. Vlákna mohou být definována jako částice hmoty charakterizované ohebností, jemností a vysokým poměrem délky k tloušťce. Nejdůležitější a nejvíce požadované vlastnosti vláken, které musí být uvažovány jsou : a) fyzikální charakteristiky : délka, jemnost, tvar průřezu, zkadeření a hustota; b) mechanické vlastnosti : pevnost, pružnost, tažnost a tuhost; obecné vlastnosti : povrchové vlastnosti, chování při tření, hebkost, tepelná stálost, ohebnost, trvanlivost, odolnost v oděru, rozměrová stálost, absorpce, tvar, barva a smáčivost.

2. Mimo strukturu a vlastnosti vlákna je chování textilních materiálů značně ovlivněno úlohou, kterou hraje struktura příze ve vlastnostech příze. Vlastnosti příze mohou být klasifikovány takto : a) geometrické vlastnosti, b) mechanické vlastnosti příze. Mezi složky geometrie příze patří některé makroskopické topologické rysy, které vytváří charakter příze. Příkladem jsou orientace vláken, zaplnění příze, zákrut příze, stejnoměrnost, vady příze, chlupatost příze, směšové účinky vlákna, plochost příze atd. Tyto rysy příze ve své kombinaci obvykle vytváří určitý stupeň textury, hebkosti, lesku, hladkosti a objemnosti plošných textilií. Mechanické vlastnosti příze mohou být studovány podle následujících úvah : pevnost, pružnost, tažnost a tuhost. Strukturální charakteristiky příze, které mohou vést dále ke stanovení mechanických vlastností příze. Např. rozdělení napětí, ohybové a torzní vlastnosti, srážlivost a povrchové vlastnosti (chlupatost) atd. Tyto parametry jsou závislé na druhu příze, na spřádacím postupu (např. jednoduchá, zobjemněná, sdružená (skaná) příze atp.).

3. Bezvřetenové předené příze mají vysoký počet vlákných smyček, které se šíří z jádra příze, ale nepřispí-

vají k pevnosti příze. Následující fáze v každém systému bezvřetenového předení jsou odpovědné za její strukturu a kvalitu (konfigurace vláken a rozdělení vláken podél osy příze) :

- a) Ojednocování a průtažné operace,
- b) transport vláken v průtažném poli,
- c) sběr a nové uspořádání vláken v rotoru,
- d) působení směru háčků v podávaném pramenu,
- e) působení nepravého zákrutu,
- f) vztah mezi třením vlákna a jeho rychlostí.

Abychom vyrobili kvalitní příze a získali požadované vlastnosti příze, musíme uvažovat všechny uvedené požadavky.

V závěru můžeme konstatovat, že struktura jako součást nauky o přízi je velmi rozsáhlá vědecká disciplína. Na mapě poznání o procesu předení a přízi je ještě velmi mnoho bílých míst. Tuto skutečnost je nanejvýš nutně si uvědomit nyní, v období nastupující vědecko-technické revoluce.

2. DOSAVADNÍ PŘEDSTAVY A POZNATKY O STRUKTUŘE PŘÍZE

2.1 NÁSTIN HISTORICKÉHO VÝVOJE PROBLEMATIKY STRUKTURY PŘÍZE

Tvorba příze je poslední a nejdůležitější etapou v celém procesu výroby příze. Kromě toho s rostoucí náročností na kvalitu v textilním průmyslu vznikla nutnost, aby vědci a technologové se zabývali otázkou "Co je příze?" Jak jsou vlákna orientována v přízi a jak můžeme zjistit vlastnosti a chování příze analýzou vnitřní struktury příze, která má být tvořena z různých materiálů i různou technologií.

Na poli strukturálních vlastností začaly být v II. polovině 19. století objevovány nové metody. Pro studium strukturálních vlastností přízí byly využívány cesty klasické mechaniky a matematiky a formulovány modely příze, popisující uspořádání vláken v tělese příze. První výzkumy na bázi této koncepce provedli Müller 1880 /1/, Marschik 1904 /2/ a Gegouff 1904 /3/.

Poněkud hlubší studie tohoto problému se objevily v 1. polovině 20. století např. u Johanesena /4/ a Brashlera /5/, kteří navrhli matematický model příze, zvažující její geometrické a mechanické vlastnosti. Dalším parametrem struktury příze, který byl popsán v jednoduché i idealizované formě, je zaplnění vláken v přízi. Schwarz /6, 7/ předpokládá teorii, že zaplnění vláken kruhového průřezu může být popsáno dvěma základními způsoby :

- a) válcová struktura,
- b) plástová struktura.

V roce 1955 Budnikov, Kanarskij a Rakov /8/ řešili tentýž problém s koncepcí klasického modelu šroubovice. Myšlenku čistě geometrického modelu mechanických vlastností

spojenou s koncepcí šroubovitého uspořádání vláken předkládali Treloar /9/ a Hearle/10/. Naproti tomu teorie nití z nekonečných vláken, kterou předložili Treloar a Riding /11/ využívá obvyklého koaxiálního šroubovicového modelu, podle něhož jednotlivé filameny leží v prostoru omezeném válcem, jehož poloměr se nemění v průběhu délky nitě. Ve skutečné niti tento předpoklad však není splněn, což ukázali také Pavlov a Pejsachov /12/ a Bělicin /13/.

Peirce /14/ zvažoval soudržnost nitě jako projev toho, že vlákno, které se objevuje na povrchu, má svoje konce ukryty uvnitř nitě. Tvrdil, že efektivní geometrie nitě se řídí "teorií náhodného zachycení".

Dva parametry jsou nezbytné pro vytvoření pevnosti a koheze předené příze. Prvním z nich je zákrut, který způsobuje vznik příčných sil stlačujících vlákna. Druhým je variabilita pozice vlákna v přízi, která způsobuje, že jen některá vlákna jsou stlačována. Peirce /14/ hodnotí potřebu popisu změny pozice, zatímco Morton /15/ zavádí model, který vede k více či méně pravidelné "migraci" vlákna podél osy zakroucené příze. Vlákna uvnitř příze sledují kratší trajektorii a proto jsou podrobena nižším napětím než ta, která leží poblíž povrchu. Vlákna s vysokým napětím se budou snažit vytlačit vlákna s menším napětím, což vede k cyklickým změnám polohy. Chování tohoto druhu bylo prakticky pozorováno a uvádí jej Morton a Yen /16/, kteří používali metodu sledování značených vláken. Tato chování jsou popisována pojmem "migrace vláken". Trajektorie vlákna v přízi je ve skutečnosti šroubovicí, jejíž poloměr průběžně klesá a vzrůstá po délce příze. V jednom kompletním migračním cyklu jsou velice řídké případy, kdy vlákno projde všemi zónami od povrchu k jádru a naopak.

Mortonova koncepce vláknenné migrace představuje nový směr přístupu řešení ideálního migračního modelu. Ten byl dobře popsán v práci Treloara /17/. Migrace zde není náhodná, ale vychází z požadavku, že každé vlákno musí mít stejnou střední délku v jednotkové délce osy příze. Studie značených vláken, kterou prováděl Riding /18/ při sledování různých způsobů migrace, v různých přízových strukturách ukázaly, že způsoby migrace mají jak nahodilé tak i periodické (pravidelné) rysy a stupeň pravidelnosti závisí na typu zakrucovacího procesu a zřejmě též na materiálu.

Hlavním důvodem pro zanedbání zřejmého odklonu od ideálního šroubovicového modelu v běžných výpočtech vlastností vláken je obava před nadměrnou matematickou složitostí. Může být také připouštěno, že není-li migrace příliš velká, neliší se struktura skutečné příze příliš od idealizovaného modelu, uvažují-li se relativně krátké délky příze. To samozřejmě nechává otevřenou otázku - Co může být považováno za "malé" či "velké". Obvykle je nutno mít určitou kvalitativní bázi pro odhad působení stupně migrace na vlastnosti příze. S touto myšlenkou Treloar /17/ vyvinul novou teorii a vychází z energetických metod, které již byly aplikovány v koaxiálním šroubovicovitém modelu, a které vedou k značnému zjednodušení matematické analýzy. Byla aplikována pro výpočty jak geometrických, tak i mechanických vlastností přízí. Treloar také uvádí názory, které vedou k jinému způsobu řešení problému ideální migrace v přízi. Ze šroubovicovitého modelu vycházejí pak další autoři, např. Korickej /19/, Kolundžič /20/, Wegener a Křknel /21/, Gusev a Usenko /22/, Usenko /23/, Neckář /24/ a Marko /25/.

Hearle a Merchant /26/ zkoumali povahu změn v modelové 7mi vrstvé struktuře. Hearle a Bose /27/ objevili jinou geometrickou příčinu migrace. Ukázali, že stužkové zakru-

cování příze může vést k migraci vzhledem k tomu, že jedna strana stužky se pohybuje k venkovní straně příze a druhá k jejímu centru.

Hearle, Gupta a Merchant /28/ předložili ideální migrační model příze. Jeho ideální šroubovicová geometrie může být modifikována vzhledem k migraci. Při charakterizování šroubovicovitého obalu je užitečné aplikovat analogie z oblasti metod popisujících elektrický proud. Jedná se o tři hlavní veličiny, které musíme popsat. První je střední poloha vlákna (odpovídá signálu stejnoměrného proudu). Druhou veličinou je amplituda migrace (odpovídající amplitudě střídavého proudu) a třetí je rychlost změny radiální pozice, vyjádřená střední migrační intenzitou (odpovídá frekvenci střídavého proudu).

V Československu se problematika stavby příze začala intenzivněji rozpracovávat v posledních cca 25ti letech. Pravděpodobně první českou publikací byla práce Simona /29/, která shrnula poznatky z oblasti šroubovicové koncepce od řady autorů. Kašpárek /30/ studoval problematiku migrace vláken, prokázal význam zapředené délky vlákna a společně se Stejskalem /31/ vyvinuli ojedinělý přístroj OMEST pro experimentální studium této migrace. Marko a Neckář /32/ rozpracovali šroubovicový model pro zakroucený svazek nekonečných vláken a poukázali na význam koeficientu zaplnění po průměru příze pro analýzu její stavby. Marko /25/ dále rozšířil koncepci šroubovicového modelu o mechanické poměry uvnitř zakrouceného tělesa a prokázal souhlas mezi tímto modelem a skutečností u krouceného vlákna PAD hedvábí.

2.1.1 Struktura směsové příze

Postupný vzrůst výroby tkanin ze směsových materiálů obsahujících směsi přírodních a syntetických vláken prožívá v současné době rychlé revoluční změny ve všech odvětvích textilního průmyslu. Hlavní výhody směšování spočívají jednak v možnosti ovlivňování ceny výrobků, jednak v možnosti získání určitých žádaných vlastností výrobků. Z těchto důvodů bylo nutné studovat strukturu směsové příze. Takto vznikl v této oblasti termín migrace, který ukazuje, že distribuce vláken ve směsové přízi je ovlivňována rozdílnou délkou a jemností vlákna, druhem používaného vlákna a mnoha dalšími faktory. Bylo také zjištěno (a to je důležité pozorování), že jsou-li použita při směšování vlákna lišící se v charakteristikách, mohou vlákna jedné komponenty mít sklon k zaujímání postavení poblíž osy příze a vlákna druhé komponenty poblíž povrchu příze. Coplan a Bloh /33/ našli ve zkoumaných přízích vlnářského typu převahu vlny ve vnějších vrstvách ve směsích vlna/polyamid a méně markantních tendencí pro vlnu ve směsích vlna/viskóza. Hamilton /34/, Ford /35/ použili různých materiálů. Townend a Dewhrist /36/ zkoumali směsi z viskóзовých vláken ve formě česaných vlnářských přízí. Bala Subramanian /37/ zpracoval směsi viskózových vláken bavlnářskou technologií a používal systém dvojitého družení při předení. Onion, Toshniwal a Townend /38/ zpracovávali směsi polyamidu a vlny. Byla nalezena proměnlivá distribuce vláken v případě, že se buď lišily délky nebo jemnost nebo oba uvedené parametry komponent a všichni dospěli k závěru, že dlouhá a jemná vlákna se převážně ukládají v jádru příze, zatímco krátká a hrubá vlákna migrují směrem k povrchu. Hamilton uvádí, že relativně malé rozdíly v délce a jemnosti jsou schopny vyvolat znatelnou podvojnou distribuci obou komponent a přitom vliv ostatních rozdílností vláknenné substance je malý vzhledem k těmto dvěma faktorům.

Migrační chování vláken v přízi vychází z rozdílů napětí vznikajících během procesu tvorby příze a proto je možno očekávat, že u směsových přízí, složených z dvou typů vláken lišících se v jejich počátečních Youngových modulech bude komponenta s vyšším modulem mít tendenci zaujímat přednostně vnitřní oblasti struktury příze a komponenta s nižším modulem její vnější oblast. Bylo to potvrzeno Fordem /35/, Mortonem /15/, Hamiltonem /34/, Beherym a Dharmendraou /39/.

2.1.2 Struktura bezvřetenové příze

Bezvřetenové předení je nyní čím dál tím více rozšířené a proto je důležité rozumět přízi vyrobené tímto procesem. Dřívější zkušenosti ukázaly, že tato příze má strukturu, která se liší od struktury příze prstencové. Plošná textilie vyrobená z těchto přízí proto vykazuje rozdíly a je velmi důležité rozumět povaze těchto přízí, aby se jejich zvláštní vlastnosti mohly dobře využít.

Obvykle příze vyrobená bezvřetenovým předením je rovnější (stejnoměrnější), méně pevná, má vyšší zákrutový koeficient a přesto je objemnější. Navzdory vyššímu objemu příze nedosáváme vždy dobré zakrytí v tkanině, jak bychom očekávali. Vhodnou konstrukcí určité plošné textilie je možné získat část ztracené pevnosti. Pomocí úprav příze je možné změnit její charakter.

Předkládá se studium výsledků o migraci vláken při bezvřetenovém předení. Hearle, Lord a Sentruk /40/ prokázali, že příze vyrobená bezvřetenovým předením se poněkud liší od příze vyrobené prstencovým předením. Nejzákladnější strukturální rozdíly nacházíme v zpředené délce vlákna, v migraci vlákna a v zaplnění příze. Migrace vlákna (amplituda migrace) v přízi předené bezvřetenovým způsobem je asi jedna šestina hodnoty příze předené prstencovým způsobem a rozdíl v struktuře je důležitý v tom, že může ov-

livnit vlastnosti příze. Z toho můžeme vyvodit závěr, že pozorovaná nižší pevnost bezvřetenově předené příze může být přisouzena menší zpředené délce vlákna a nižší migraci vlákna uvnitř příze a jejich relativně vyšší prodloužení může být vysvětleno tím, že vlákna jsou zkroucena a zapletena. To je potvrzeno i prací Kašpárka /41/, který navrhl pojem "koeficient zapředení vlákna" a ukázal, že bezvřetenové příze mají menší zapředené délky vlákna než prstencové příze. Průřez příze ukazuje, že bezvřetenové příze mají menší zaplnění vlákna než prstencové příze, proto bezvřetenové příze jsou objemnější.

Někteří autoři studovali vlastnosti bezvřetenových přízí. Např. Pillay, Vishwanathan a Parthasarthy /42/ pozorovali srážení ve vodě a alkáliích, které je menší než u prstencových přízí. Bezvřetenová příze absorbuje více vlhkosti než prstencové příze, chlupatost bezvřetenových přízí je menší než u prstencových přízí, jak bylo potvrzeno Barellou /43/. Bylo pozorováno, že bezvřetenové příze mají více odolnosti v oděru /44/. Když bezvřetenová příze byla použita jako osnova, pak bylo pozorováno, že bezvřetenová příze potřebuje o 10 % více šlichty než prstencová příze za stejných podmínek /45/.

Další práce Lorda a Gradya /46/ podpořily myšlenku prokluzu vláken, když zkroucení měřené různými metodami u příze bezvřetenové bylo vždy menší než nastavované na stroji. Oni také zjistili, že hrubá vlákna jsou více citlivá na prokluz nežli jemná vlákna. Také vlákna s malým koeficientem tření, např. polyester, a vlákna s rozdílnou délkou ukazují podobný jev prokluzu u bezvřetenově předené příze. Větší zkroucení může také zvětšit stupeň prokluzu vláken a tak způsobit menší migraci vláken. Lord /47/ analyzoval chování struktury příze a ukázal, že bezvřetenové příze mají tři různé soustředné oblasti struktury, tj. nej-

vnitřnější oblast, kde migrace vláken je zcela obdobná, jako u prstencově spřádané příze, poněvadž středová vlákna tolik neproklouzávají a proto je zde malá nebo žádná ztráta zákrutu. Mezilehlá oblast má relativně menší migraci znovu v důsledku prokluzu vláken, zatímco vnější oblast je hlavně tvořena divokými vlákny a chlupatostí.

2.2 MODELOVÉ PŘEDSTAVY O STRUKTUŘE PŘÍZE

Problematika tvorby, struktury a vlastností příze, spadající dle Čirličovy /48/ definice do oboru "Nauka o textilních materiálech" byla řešena autory zahraničními i autory československými.

Příze je útvar poměrně složitý, skládající se jednotlivých vláken, která jsou spojena zakroucením. "Zákrutem" rozumíme zakroucení vláken ve směru šroubovice kolem osy příze, vyjádřené počtem celých otoček na délku jednoho metru, jak uvádějí Ursíny /49/.

Snahy o vysvětlení zákonitostí tvorby příze vedly ke vzniku modelů napodobujících tvar vláken v přízi. Mezi ně patří model šroubovicový a model ideální migrace.

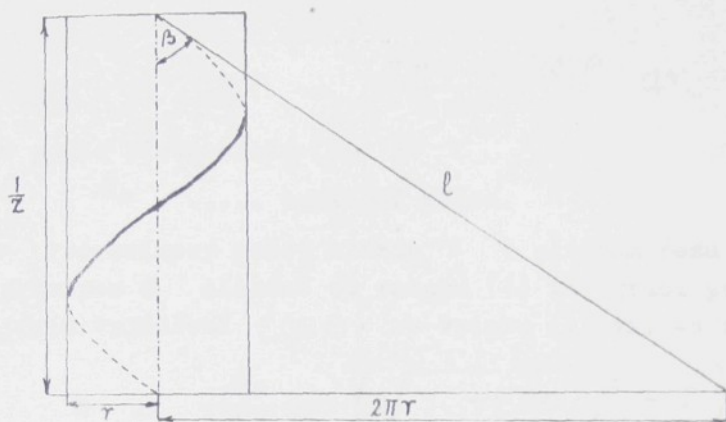
2.2.1 Šroubovicový model

Šroubovicový model vychází ze zakrucování, které probíhá při konečném formování příze, kdy ideálně uložená vlákna mají tvar šroubovice /50/, znázorněná na obrázku 1.

Pro zadané vlákno platí :

$$t_{g\beta} = 2\pi r z \quad (1)$$

$$l = \frac{1}{z} \cdot \sqrt{1 + (2\pi r z)^2} = \frac{1}{z \cdot \cos \beta} \quad (2)$$



Obr. 1 Šroubovicový model příze

- r poloměr vlákna v přízi
 Z zákrut
 β úhel osy vlákna k ose příze
 l délka vlákna v jednom ovinu

Představa o struktuře příze ze šroubovicových vláken bývá řešena zavedením následujících skutečností a zjednodušujících předpokladů :

1. osy šroubovic všech vláken leží v ose příze,
2. zákrut Z šroubovic všech vláken je stejný,
3. zaplnění μ je pro všechny poloměry konstantní.

Uvažujeme diferenciální vrstvu (prostor mezi dvěma válci výšky $1/2$ s poloměry r , $r+dr$). Má-li zaplnění μ , potom objem vláken ve vrstvě

$$dv = (2\pi r dr \cdot \mu \cdot \frac{1}{2}) \quad (3)$$

Má-li jedno vlákno plochu příčného řezu F , pak na jednom ovinu bude objem $F \cdot l$.

Pro "počet" vláken dn v příčném řezu dif. vrstvou platí :

$$dn = \frac{dv}{F \cdot l} = \frac{2\pi r \cdot \mu \cos \beta}{F} \cdot dr \quad (4)$$

kde podle předpokladu (3.) je

$\mu = \mu_p$ zaplnění příze.

Pro celkový počet vláken n v příčném řezu přízí s průměrem d získáme ze vztahu (4) integrací po předcházejícím vyjádření $\cos \beta$ ze vztahu (1) vzorec :

$$n = \frac{\mu_p}{2\pi F \cdot Z^2} \cdot \left(\sqrt{1 + (\pi d Z)^2} - 1 \right) \quad (5)$$

μ_p celkové zaplnění příze

Musí platit, že F není funkcí r a dále, že $\mu_p = \mu$.

V jednotkové délce příze se nachází celková délka vláken L . Objem vláken v přízi jednotkové délky s průměrem d je $\frac{\pi d^2}{4} \cdot \mu_p$, nebo též plocha příčného řezu F vynásobená sumární délkou L , tedy $F \cdot L$. Z ekvivalence obou výrazů plyne :

$$L = \frac{\pi d^2 \mu_p}{4F} \quad (6)$$

Úsek myšleného nekonečného vlákna v přízi jednotkové délky je v průměru dlouhý $L/n = a_0$. Uvažujeme, že tato délka byla výchozí délkou před zakrucováním. Potom seskání s vychází ze zkrácení výchozí délky a_0 do příze délky a .

$$s = 1 - \frac{a}{a_0} \quad (7)$$

$$a = 1$$

$$a_0 = \frac{(\pi d Z)^2}{2 \cdot (\sqrt{1 + (\pi d Z)^2} - 1)} \quad (8)$$

Seskání je potom :

$$\begin{aligned} \beta_d &= \frac{(\pi d z)^2 - 2(\sqrt{1 + (\pi d z)^2} - 1)}{(\pi d z)^2} = \\ &= \frac{\sqrt{1 + (\pi d z)^2} - 1}{\sqrt{1 + (\pi d z)^2} + 1} = \operatorname{tg}^2\left(\frac{\beta_d}{2}\right) \quad (9) \end{aligned}$$

β_d úhel β povrchového vlákna, tj. vlákna s poloměrem $r = \frac{d}{2}$

Uvedené vztahy prakticky objasňují základ šroubovicového modelu.

Je zřejmé, že model má některé nedostatky, které jsou dány zjednodušeními stanovenými pro výpočet. I přes nedostatky, které model obsahuje, je v praxi používán. Nejčastější použití je pro hladké zakroucené hedvábí. Tato vlákna migrují velmi pomalu. Jejich základní tvar je šroubovicí dobře vystižen. U staplových vláken bylo experimentálně prokázáno, že seskání příze je nižší než odpovídá (9). Příčinou je nejen nekonstantní průběh zaplnění, ale především ne-relevantnost celého šroubovicového modelu z hlediska křivek vláken v reálné přízi. Změna poloměru jednotlivých vláken je u staplové příze tak výrazná, že šroubovicový model je spíše teoretickým příkladem, než modelem prakticky reálné struktury.

2.2.2 Model ideální migrace

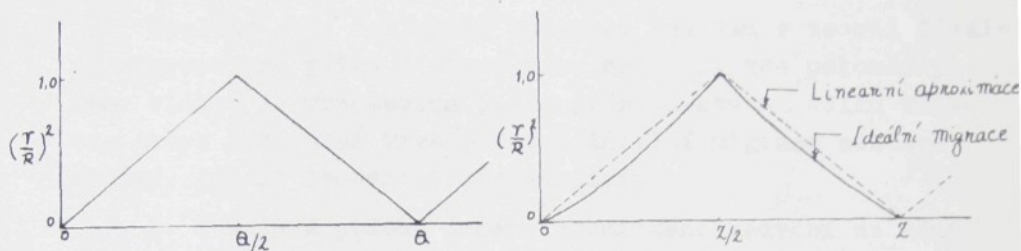
Dokonalejší způsoby výzkumu příze prokázaly odchylky od šroubovicového modelu. Proto se začínal používat tzv. model migrační.

Vlastnosti migrace byly spojeny s ideálně migračním modelem příze a nový koncept vyhodnocení byl představen pracemi Hearle, Merchant, Gupta /28/.

Ideální migrace byla definována tak, že vlákno migruje pravidelně z povrchu do středu příze a znovu zpět na povrch

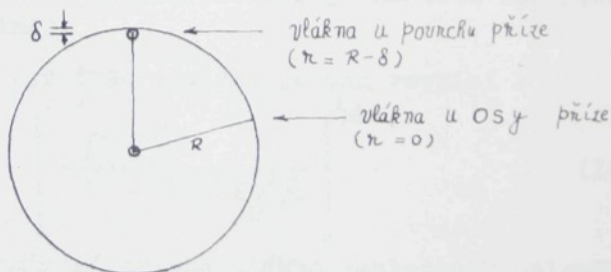
atd. tak, že zaplnění vláken v přízi zůstává konstantní v místě průřezu celého tělesa příze.

Dále bylo v modelu odvozeno, že čtverce ploch relativních poloměrů $(\gamma/R)^2$ vlákna se mění lineárně s délkou vlákna γ a přibližně lineárně s délkou příze l (obr. 2).



Obr. 2 Ideální migrace vlákna

Ovšem tato analýza se ukázala být neodpovídající v oblasti blízko osy příze, v tzv. "kritické oblasti". Pro úplnou půlperiodu migrace migrující profil nepřejde od nuly u osy příze do 1.0 u povrchu příze, poněvadž osa vlákna nemůže ležet až na povrchu příze vzhledem k poloměru vlákna δ . (obr. 3). Ale to nebylo uvažováno v práci /28/. Mělo by být bráno $(\frac{\gamma}{R-\delta})^2$ místo $(\frac{\gamma}{R})^2$.



Obr. 3

Jestli tuto korekci neuvažujeme, můžeme způsobit pokles v počítaných hodnotách tří (ekvivalentní migrující

frekvence není ovlivňována) z počtu čtyř migrujících parametrů. Důsledek této chyby, která je úplně závislá na počtu vláken v průřezu příze bude pro chování vláken v přízi vážný, když se udělá studie vlivu jemnosti příze (když jemnost vlákna je konstantní) nebo studie o vlivu počtu vláken (když jemnost příze je konstantní).

Treloar /17/ zveřejnil podobnou analýzu v teorii ideální migrace pro přízi z chemického hedvábí, kde poloměr polohy vlákna je vztažen na délku příze místo na délku vlákna. Avšak fyzikální význam pojmu ideální migrace zůstává stejný, jak je uvedeno v následujícím :

1. Středová poloha daného chemického hedvábí se mění plynule periodickým způsobem podél osy příze (periody migrace se považuje za stálou - konstantní).
2. Úhel sklonu křivky chemického hedvábí vzhledem k ose příze je konstantní (tj. zákrut Z je konstantní).
3. Průběhy křivek všech nekonečných vláken jsou identické, kromě podélného rozmístění a rotace kolem osy příze.
4. Hustota (stlačení) zaplnění nekonečných vláken je stejná ve všech bodech příze (tj. hustota zaplnění je konstantní).

Vztah užívaný pro tuto analýzu je dán rovnicí :

$$\frac{d\xi}{d\vartheta} = \left[\frac{P^2(\vartheta)^2 - 1}{1 + (\vartheta)^2 \lg^2 \beta} \right]^{1/2} \quad (10)$$

$\vartheta = \frac{r}{R}$ radiální poloha vlákna vzhledem k poloměru příze

P je parametr, který určuje poměr migrace přibližně rovný $\frac{\xi}{R}$ nebo periodu migrace $P = 2 \frac{\xi}{R}$

β úhel sklonu vlákna na povrchu příze je osová (axiální) délka na ose příze

Uvedená rovnice (10) má určité nedostatky jako :

1. Kvadratická rovnice (druhého stupně) může být vyřešena pouze numerickou integrací, a proto je obtížnější s ní pracovat.
2. Řešení nemá reálné kořeny, resp. má řešení imaginární, pokud $\rho < \frac{1}{\xi}$, tj. v blízkosti osy příze.

Při $\rho = \frac{1}{\xi}$ a za předpokladu konstantního zaplnění (hustoty zaplnění) se ukazuje, že je dosaženo maximálního přiblížení nekonečného vlákna vzhledem k radiální poloze, tj. vlákna jsou vedena radiálně dovnitř (ke středu) a další usměrnění za podmínek konstantního zaplnění (hustoty) je nemožné.

Dále zanedbáním předpokladu dle bodu (3) je navrženo, že pouze několik vláken migrujících dovnitř dosáhne osy příze. Zbytek mění svůj směr a začíná migraci směrem ven někde v kritické zóně blízko osy příze. Toto přispívá k závěru, že v praxi stpy nekonečných vláken mají obě vlastnosti jak pravidelné (periodické), tak i nahodilé, v závislosti na typu kroucení a jiných faktorech. Ale k definování pojmu migrace je základním parametrem střední poloha vlákna a ne perioda migrace. Ačkoliv pro pravidelnou migraci perioda migrace dovoluje určení uvedeného parametru

2.2.3 Ekvidistantní migrace

Neckář ve svých pracech /52/ zkoumal otázku struktury příze vzhledem ke geometrii vnitřního uspořádání vláken v přízi s použitím klasických přádních přízí.

Způsob měření je založen na hodnocení stopového vlákna ve dvou vzájemně kolmých průmětech s použitím přístroje OMEST. Zde teorie vychází z představy, že příze je sledována jako soustava v souřadnicovém systému (γ, φ, ξ) , γ je poloměr příze, φ označuje úhel otočení a ξ označuje souřadnici na ose příze.

Průběh vlákna je rozdělen na diferenciální elementy pomocí soustavy koncentrických válců přes průřez příze. Každý element vlákna je zachycen v prostoru cylindrického souřadnicového systému pomocí jeho úhlů orientace, tj.

a β . γ

Teoretický model je vypracován numerickým způsobem na počítači a byly řešeny různé parametry, jako zaplnění, zákrutová charakteristika vlákna v přízi, perioda migrace atd. Některé důležité výsledky této práce jsou :

1. Ekvidistantní migrace $\frac{dl}{dr} \doteq \text{konst}$ (přesněji $\neq f(r)$)
2. Symetrický tvar struktury příze.
3. Neplatnost podmínky platné pro ideální migraci.
4. Typický tvar průběhu zákrutu v přízi.

Tvar průběhu zaplnění dle poloměru, získaný pro příze různých jemností a zákrutů byl hlavně diskutován pro centrální oblasti, kde se zjišťuje dutinový tvar nebo menší hustota zaplnění v této oblasti. To je ovlivněno vzpěrem vláken a stužkovým mechanismem, který byl vysvětlen v předchozí práci.

Autor však soudí, že toto vysvětlení není zatím dokonalé, a že je třeba tvar křivky zaplnění dále podrobně zkoumat.

Studie této práce je založena na pojmu symetrické migrace a platnost tohoto pojmu je ověřena pro oba typy vláken, probíhající od osy k povrchu (označeno jako kladná část příze) a vlákna, která probíhají od povrchu k ose (označeno jako záporná část příze).

Průběh derivace $\frac{dl}{dr}$ byl zjištěn přibližně konstantní. Z tohoto poznatku plyne, že migrace vlákna má "ekvidistantní" charakter. Pro to zatím neexistuje žádné vysvětlení. Je třeba hledat nějaký mechanismus nebo model, který umožňuje vysvětlení tohoto jevu.

Proměnlivý tvar průběhu zákrutu Z' dle poloměru je označen jako zákrutová migrace. I zde je třeba zjistit mechanismus k vysvětlení hodnoty maxima zákrutu a jeho klesajícího průběhu poloměru. Nekonstantní průběh periody migrace (P) znamená zamítnutí podmínky ideální migrace. Dále průběh křivky $r \lg r$ a $r' \lg r$ také podporuje domněnku, že příze nevyhovuje modelu ideální migrace, která byla navržena Treloarem (17/).

Všeobecně tato praxe tvoří nový přístup ve studiu struktury příze. Protože tato analýza je řešena ve třech rozměrech (prostorově), u každého elementu vlákna lze očekávat, že výsledky jsou bližší skutečnosti. Nepochybně tato práce vytváří základ a nabízí příležitost k pokračování studia v tomto směru.

2.2.4 Názory na ideální migrační strukturu

Treloar, který vytvořil první model migrace struktury příze, stejně jako Hearle, který jeho teorii rozvinul, poukázali na určitou nedokonalost související se situací v blízkosti osy příze. Je to důsledek fyzikálních vlastností struktury příze ve středu přízového tělesa. Tuto skutečnost je nezbytné zdůraznit v souvislosti s analýzou migračních parametrů.

Mezi hlavní parametry migrační struktury příze patří : úhel vlákna α (úhel mezi osou příze a vlákny) a migrační rychlost, která je definována jako poměr mezi elementárním radiálním posunutím (dr) a mezi elementárním axiálním posunutím (dz) , tzn.

$$m = \frac{dr}{dz}$$

Vztah mezi těmito dvěma parametry tvoří základní rovnici struktury příze, jak ukazoval Zeidman /51/.

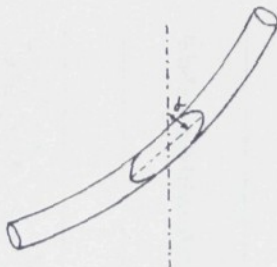
$$\lg \theta = (m^2 + r'^2 z^2)^{1/2} \quad (11)$$

kde Z je zákrut příze.

Uvedený vztah ukazuje úplné posunutí vláken rovnoběžně s osou příze. Tento vztah má dvě složky, které jsou uvedeny jako vektory na průřezu příze : první složka je radiální a souvisí s migrací vláken, druhá složka je obvodová a souvisí se zákrutem příze.

Jestliže provádíme podélný řez přízí, jsou vlákna řezána šikmo a tvar jejich řezu bude přibližně elipsovitý (obr. 4) se dvěma charakteristikami, které závisí na úhlu vláken θ .

1. úhel odklonu osy hlavní elipsy od osy příze,
2. délka hlavní osy elipsy (která závisí na zakřivení vlákna, které odchýlí vlákno z podélného řezu)



Obr. 4 Řez vláknem v podélném řezu příze

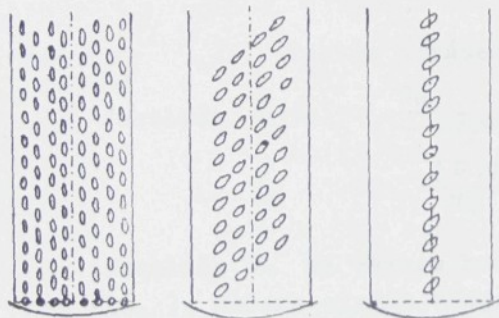
Ve válcovém modelu příze nedochází k migraci a podélný řez bude vypadat tak, jak je uvedeno na obr. 5. To znamená, že rychlost migrace, která vytváří rozdíly mezi skutečnou a ideální válcovou přízí, má významné hodnoty ve středu příze. Tento jev je velmi zřetelný v podélném axiálním řezu reálnou přízí, kde úhly odklonu hedvábí jsou dány pouze rychlostí migrace. Z toho můžeme usoudit, že rychlost migrace má maximální hodnotu ve středu přízového tělesa a klesá s poloměrem dosažené úhlové hodnoty na povrchu příze :

$$m_0 = m_{\max} ; m_R = 0$$

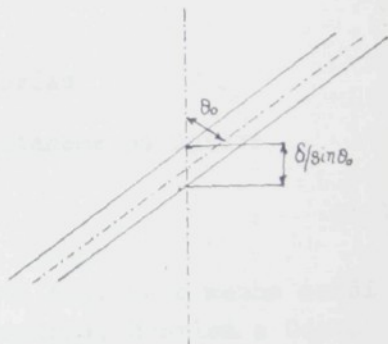
Tato poslední hodnota může být vypuštěna, protože poloměr šroubovice má geometrické maximum $r_{\max} = R$ a m (jeho derivace) je v tomto bodě roven nule. V souladu s touto extrémní hodnotou odpovídající hodnoty $\lg \theta$ jsou následující :

$$\lg \theta_0 = m_0 \quad ; \quad \lg \theta_k = RZ \quad (12)$$

Dříve než vyslovíme jakoukoliv domněnku o zákonitostech $\lg \theta$, budeme hovořit o problému migrační kompaktnosti. Migrační kompaktností rozumíme, že všech N vláken (hedvábí), obsažených v přízi, prochází všemi vrstvami příze, tzn. od $\gamma = 0$ do $\gamma = R$, ($\gamma \equiv \langle 0, R \rangle$). V každé periodě migrace nachází se v délce Z_c příze jedno vlákno (hedvábí) o průměru δ a zaujímá segment $\delta/\sin \theta_0$ k ose příze, kterou protíná pod úhlem θ_0 (obr. 6)



Obr. 5 Podélný řez válcové struktury v přízi



Obr. 6

Aby platilo pro všech N vláken, že protnou osu příze na délce Z_c , musíme vytvořit následující rovnici

$$Z_c > \frac{N \delta}{\sin \theta_0} \quad (13)$$

Protože se vlákna přibližují k ose příze z různých směrů, takže dvě sousední vlákna nejsou docela rovnoběžná a nut-

ně dochází k vytvoření prostoru v oblasti osy příze. Nechť Φ_0 určuje stupeň tohoto vytvořeného prostoru a je definováno

$$\Phi_0 = \frac{\text{délka vzhledem k ose příze obsazená vlákny}}{\text{celkem délka osy příze}}$$

Tedy nestejnost (13) vyjádříme

$$Z_c = \frac{N \cdot \delta}{\Phi_0 \cdot \sin \theta_0} \quad (14)$$

Můžeme dále vytvořit následující aproximace

$$\Phi_0 \simeq \phi^{1/2}$$

kde ϕ zaplnění příze

$$C_y \simeq 1 + m_0^2$$

kde C_y faktor zkrácení příze

Jestliže $\sin \theta_0 = \frac{m_0}{(1 + m_0^2)^{1/2}}$, dostaneme po úpravě

$$Z_c \simeq \frac{2RN^{1/2}}{m_0} \quad (15)$$

Jestliže m_0 má velkou hodnotu (tj. ne o mnoho menší než $\tan \theta_R$), můžeme získat údaje Ridinga, Hearlea a Gupta.

Vracíme se k parametru migrace m a $\tan \theta$. Lze přijmout předpoklad společného monotoního klesání m od m_0 do nuly a monotoního nárůstu θ od θ_0 do θ_R . Každý tvar migrační struktury příze, který akceptuje oba dva předpoklady, musí zajistit migrační kompaktnost při počtu vláken N , podle rovnice (15). Naopak, jestli připustíme migrační kompaktnost, úhel nemůže být dále konstantní. Počínaje od osy příze θ klesá, dosahuje minimální hodnoty a potom roste až do θ_R .

Takováto zákonitost variací musí být prokázána pomocí experimentálních metod. Jednou z nich jsou podélné řezy prováděné speciálně pro tento účel. V souvislosti s uvedenými předpoklady mohou napomoci k lepšímu poznání struktury příze.

2.3 CHARAKTERISTIKA HLAVNÍCH SOUDOBYCH POZNATKŮ O STRUKTUŘE PŘÍZE A METOD JEJICH ZJIŠŤOVÁNÍ

Geometrie příze a tkanin byla dlouhou dobu předmětem studia. Chování tkaniny závisí na její konstrukci, struktuře přízových komponent a základních vlákenných vlastnostech. Různí autoři uvažovali o vlivu zákrutu na fyzikální vlastnosti jednoduché příze. Schwarz /7, 8/ studoval zaplnění příze, Woods /53/ studoval pojem variací přízového průměru se zákrutem. Hamburger, Platt a Morgon /54/ uvažovali o zaplnění vlákna v přízi. Treloar /9/ a Morton a Hearle /55/ počítali zakroucení příze kvůli zákrutu. Tattersal /56/, Riding /57/, /58/ a Kilby /59/ studovali zakroucení nekonečné hedvábné příze, Iyer /60/ oznámil vliv zákrutu u viskóзовého hedvábí na zmenšení průměru a variace hustoty a Gracie /61/ dal matematické vyjádření zákrutové geometrie a zákrutového rozsahu v přízích.

2.3.1 Mortonova teorie migrace

Morton a Yen /16/ první používali metodu sledování značených vláken, aby zjistili migraci vlákna v přízi a zjistili, že migrace se nachází v poměrně velké rychlosti, ale se značnou nepravidelností v migračním vzorku. Žádné vlákno neprochází všemi zónami od povrchu k jádru bez obráceného směru a perioda mezi obraty byla nepravidelná. Vzhledem k nepravidelnosti je obtížné přímo měřit migrační periody. Hlavní obtíž je v tom, zda drobné smyčky v šroubovicovém obalu lze počítat jako obracení nebo ne. Další problém je v tom, že nesorovnováha v průřezu příze může způsobit objevení dalšího obratu s určitějším charakterem.

V rozboru se rozděluje příze až do pěti soustředných zón, s konstantním přírůstkem poloměru mezikruží. Průměrný počet vláken, která projdou hranice zón na jednotkové délce příze dávají intenzitu migrace, spojující vlivy frekvence a amplitudy. Je známo, že zákrut a jemnost příze ovlivňuje migrační chování. Zvětšení intenzity migrace, když se zákrut zvětšuje ukazuje, že migrace je způsobena zakrucováním a nevzniká kvůli náhodnému uspořádání vláken. Jestli zónová distribuce mnohých značených vláken je zprůměrována, pak střední zónová distribuce bude závislá na zaplnění.

2.3.2 Analýza s korelogramem

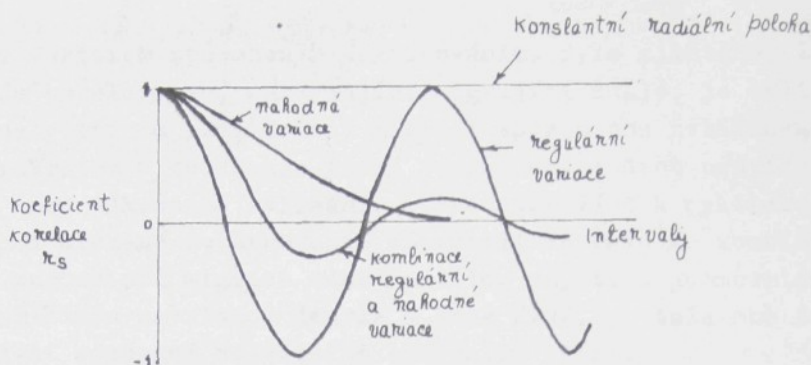
Riding /62/, /63/ použil jinou metodu na počítání migrace. Měřil radiální polohu v pravidelných intervalech přes příze. Jestli w_n je n -tou hodnotou z N postupných hodnot r/R ($i = 1, 2, \dots, N$), koeficient korelace může být počítán ze vztahu

$$\gamma_s = \frac{m \sum_{i=1}^m w_n w_{n+s} - \sum_{i=1}^m w_n \sum_{i=1}^m w_{n+s}}{\left[\left\{ m \sum_{i=1}^m w_n^2 - \left(\sum_{i=1}^m w_n \right)^2 \right\} \left\{ m \sum_{i=1}^m w_{n+s}^2 - \left(\sum_{i=1}^m w_{n+s} \right)^2 \right\} \right]^{1/2}} \quad (16)$$

kde $m = N - s$

To je koeficient korelace páru hodnot u radiální polohy oddělení s intervaly. Hodnoty, které jsou skutečně rozdíly $w_n - \bar{w}_n$ a $w_{n+s} - \bar{w}_n$ ze střední hodnoty $\bar{w}_n$. Korelogram je získán grafickým znázorněním γ_s proti s .

Některé možné korelogramy jsou ukázány na obr. 7 a následující poznámky mohou být dány :



Obr. 7 Speciální korelogramy

1. Jestli radiální poloha byla nezměněna, r_s by bylo 1 pro všechny hodnoty S .
2. Ve všech případech $r_s = 1$, když $S = 0$.
3. V úplně pravidelné migraci, r_s by se měnilo pravidelně a cyklicky mezi +1 a -1.
4. Jestli migrace byla náhodná, r_s by klesalo stále od 1 a pak kolísalo poblíž nuly. Obr. 7 ukazuje křivku asymptoticky blížící se k ose. Jedná se o omezující případ, který by se aplikoval, když vybrané intervaly jsou velmi malé, takže kolísání je velmi malé a pravidelná křivka by se mohla kreslit.
5. Zejména pravidelná migrace by ukázala tlumenou cyklickou variaci s výškou vrcholů postupně klesající.

Perioda migrace může být uvažována jako dvakrát střední vzdálenost mezi body, kde korelogram projde osou nebo jako čtyřnásobná vzdálenost mezi počátkem a prvním bodem, u kterého korelogram projde osou.

Ale žádný počáteční zákrut, např. zákrut chemického hedvábí, příze nebo zákrut přástu v staplové přízi přítomný ve svazku vláken zakrucovaný by nevedl k pozorování více nebo méně pravidelné cyklické migrace, perioda se přibližně rovná periodě zvláknovacího zákrutu potom, co je rozděleno zkrá-

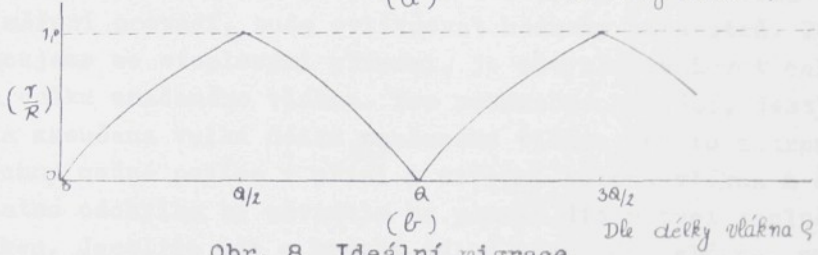
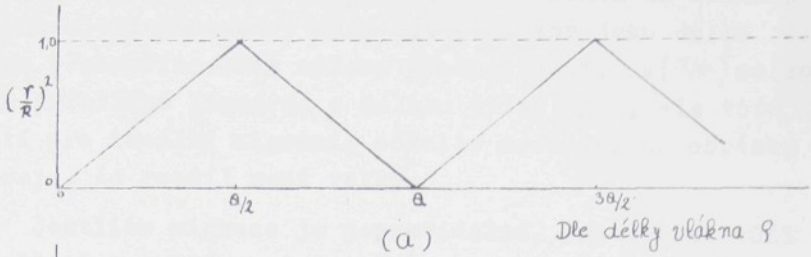
ceným faktorem způsobeným zakrucováním. Bylo zjištěno, že metoda korelogramu, analyzující migrující údaje, je ovlivňována většinou pravidelnou migrací způsobenou zvlákňovacím zákrutem a neukazuje žádný jednoduchý způsob pravidelného nebo náhodného kolísání, které může vést k cyklické migraci získané zvlákňovacím zákrutem. To vede ke kombinaci dvou mechanismů migrace dané rozdílem napětí a geometrickou příčinou navrženou Hearle a Bose /27/, protože obě lze očekávat současně ve většině komerčních přízí.

2.3.3 Migrace podle Hearle a jeho spolupracovníků

Morton /15/ uvedl různé parametry, které mají dát numerický odhad migrace. Jenomže tyto parametry, jak se ukazuje, mají určité chyby. Ale další parametry, které byly navrženy Hearlem, Guptaem a Merchantem /28/ byly přijatelnější pro popis chování migrace vláken uvnitř příze.

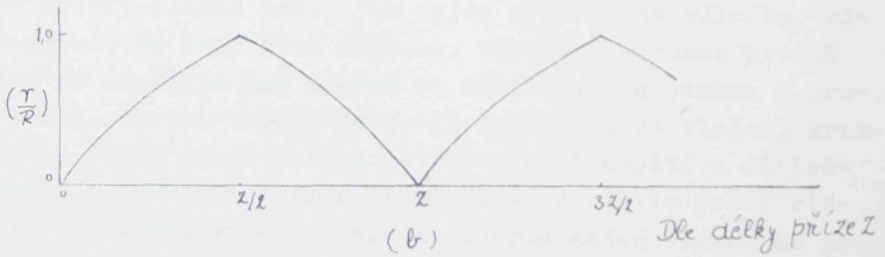
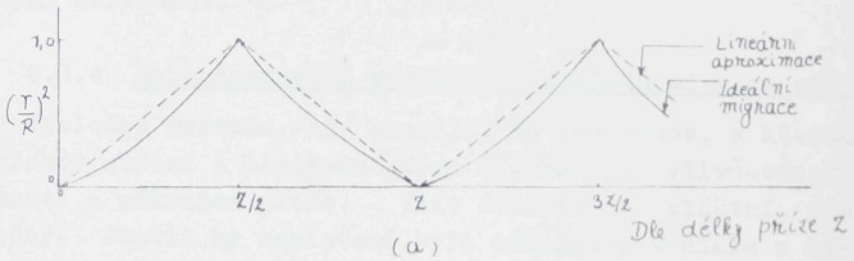
Tito autoři navrhli, že při charakterizování je užitečné aplikovat analogie z oblasti metod popisujících elektrický proud. Jedná se o tři hlavní veličiny, které musíme popsat. První je střední poloha vlákna (odpovídá signálu elektrického proudu). Druhou veličinou je amplituda migrace (odpovídající amplitudě střídavého proudu) a třetí je rychlost změny radiální pozice, vyjádřená střední migrační intenzitou (odpovídá frekvenci střídavého proudu).

Vyjádření radiální polohy v γ/R zahrnuje dělení na zóny o stejném přírůstku poloměru tak, jak se plocha zvětšuje s přírůstkem poloměru. Závislost γ/R na Z při úplné ideální migraci bude mít tvar ukázaný na obr. 8b a 9b, s vláknem přítomným po delší dobu ve vnější zóně. Autoři dávají přednost rozdělení na zóny se stejnými plochami, takže vlákna jsou rovnoměrně distribuována ve všech zónách. Radiální poloha musí být vyjádřena jako $(\frac{\gamma}{R})^2$. Potom ideální migrační tvar bude, jak ukázáno na obrázku 8a a 9a a to je jednodušší k analytickému manipulování.



Obr. 8 Ideální migrace

a) variace r^2 za q b) variace r za q



Obr. 9 a) variace r^2 za z b) variace r za z

Prakticky nemůžeme měřit ψ vztáženou na délku přes vlákna a tak parametry musí být počítány jako délka Z příze přes příze. Pak můžeme předpokládat, že $(\psi/R)^2$ se zmenšuje přibližně lineárně s délkou příze Z , ale toto neplatí pro ideální migraci, ačkoliv srovnání na obrázku 9a ukazuje, že rozdíl není velký.

Jestliže migrace je nepravidelná, pak délka, vůči které se měření provádí, bude ovlivňovat hodnoty parametrů. Když pracujeme se staplovými přízemí, je obvyklé uvažovat celkovou délku značeného vlákna. Pro nekonečné hedvábí, jestliže byla zkoušena velká délka značeného vlákna, by to zahrnulo všechny možné pozice v přízi a střední poloha vlákna a směrodatná odchylka by závisela na pomalé distribuci zaplnění vláken. Jestliže jde o kratší délku značeného vlákna, pak počítáme místní hodnoty střední polohy vlákna a směrodatné odchylky. Vypočítáním hodnot parametrů pro různou délku by umožnilo rozdělit vlivy u navrstvených migrujících vzorků různými periodami.

2.3.4 Experimentální výsledky z pohledu migrace vláken

Výsledky Mortona /15/ ukazují, že frekvence, s kterou se vlákno obrací z hlediska směru migrace je ovlivňována jemností a zákrutem příze. Vliv zákrutu je zvláštní, není náhodný. Jestli by zapletení byla náhodná a vznikla z náhodné křivky vláken tak, jak vyjde z předního válečku, můžeme uvést, že celý tvar migrace, včetně frekvence zvrátů zřejmě se zmenšuje jak zákrut se zvětšuje pro jemnou i hrubou přízi. Morton tvrdí, že je-li vyšší zákrut vložen, kratší délka příze musí vyvinout nutný rozdíl napětí a důsledkem toho jsou vyšší frekvence migrace. Jestliže počet vláken v průřezu je vyšší, překážka kterou každé vlákno má překonat v migrující skrze daný zlomek přízového poloměru bude vyšší. Pak můžeme říci, že vyšší rozdíly napětí musí vzniknout mezi vlákny v hrubé přízi, aby byl vyvolán stejný důsledek.

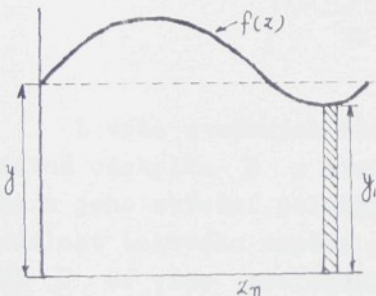
Ale později parametry, které byly navrženy Hearlem, Guptem a Merchantem /28/ byly přijatelnější pro popis chování migrace vláken uvnitř příze :

Tři statické parametry, které popisují obal šroubovice, jsou následující :

- a) střední poloha vlákna,
- b) amplituda migrace,
- c) intenzita či poměr migrace.

ad a) Střední poloha vlákna

Jestliže ponecháme $y = \left(\frac{r}{R}\right)^2$, pak střední poloha vlákna

$$\bar{y} = \frac{1}{Z_n} \int_0^{Z_n} y \cdot dz \quad (17)$$


kde n je počet pozorovaných výchylek na délce Z_n . Tento parametr udává průměrnou polohu vlákna v průřezu příze. Reprezentuje celkovou tendenci pozice vlákna, je-li blíže povrchu nebo blíže středu příze.

Obr. 10

ad b) Amplituda migrace

Amplituda migrace (A) je rozložení jednotlivých středových poloh vláken vzhledem k průměrné hodnotě. Někdy je větší a někdy menší nežli průměrná poloha. Proto možné měřítko je, vezmeme-li průměr těchto výchylek a vyjádříme je pomocí směrodatné odchylky.

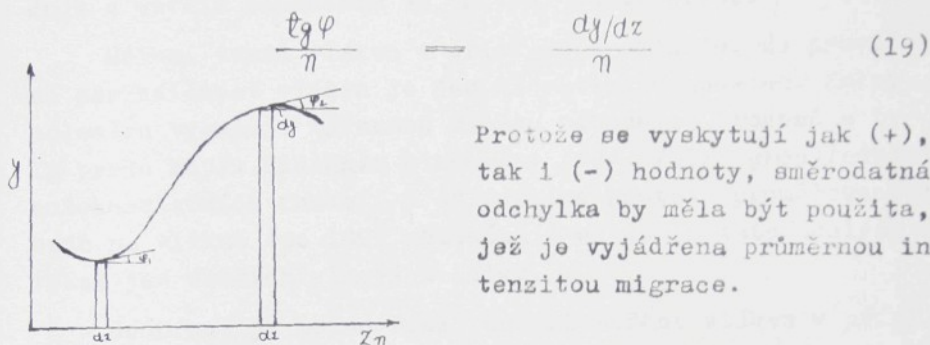
Je nutno brát v úvahu odchylky kladné i záporné.

Směrodatná odchylka :

$$D = \left[\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n} \right]^{1/2} \quad (18)$$

ad c) Poměr či intenzita migrace

Průměrný poměr migrace je dán sklonem obalu šroubovic a je vyjádřen jako průměr $\lg$ úhlu sklonu na n měřených bodech, tj. podle obr. 11.



Protože se vyskytují jak (+), tak i (-) hodnoty, směrodatná odchylka by měla být použita, jež je vyjádřena průměrnou intenzitou migrace.

Obr. 11

$$I = \left[\sum \left(\frac{dy}{dz} \right)^2 / n \right]^{1/2} \quad (20)$$

Z výše uvedených tří parametrů je nejužívanější směrodatná odchylka D , která je přesným měřítkem migrace vláken z jeho střední polohy. Také si můžeme představit souvislost takového napětí příze a hodnoty D , poněvadž větší D má více proloženou strukturu vedoucí k většímu tření a má větší tahové napětí příze ve srovnání s přízí s menší hodnotou D nebo menší migrací.

Pro ideální migraci průměrná hodnota dává $\bar{y} = 0,5$ a směrodatná odchylka je $D = 0,29$ s nepatrným zkroucením. Střední poloha $\bar{y}$ je vesměs menší než 0,5. To ukazuje, že ve vnitřní polovině objemu příze je soustředěno větší množství vláken - je zde vyšší zaplnění. Intenzita migrace v $/m^{-1}/$ se v Hearlové práci pohybuje u klasicky předené staplové příze pod hodnotou 1, u hedvábí se pak pohybuje v jednotkách a dosahuje až hodnoty 890 $/m^{-1}/$. To se zdá být v rozporu s pozorováním, neboť vizuálně je zřejmé, že inten-

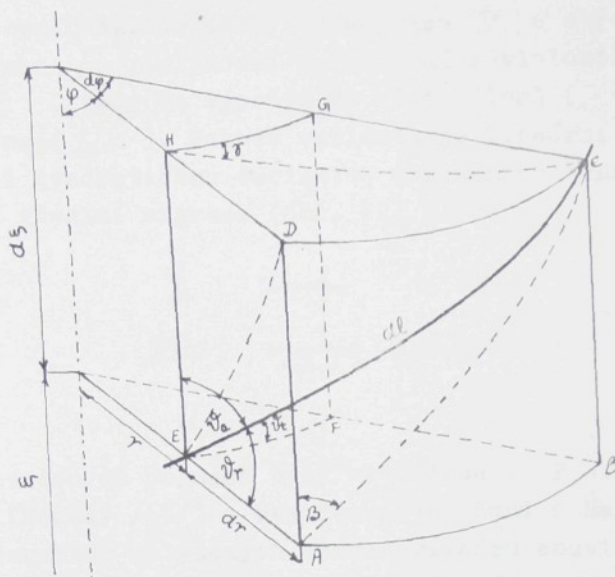
zita migrace u hedvábí je podstatně nižší než u příze staplové. Gupta /64/ však již uvádí zjištěné hodnoty intenzity migrace řádově v jednotkách. Naproti tomu však zde střední poloha v některých případech překračuje 0,5, což nekoresponduje s větším zaplněním ve vnitřní části příze.

Měření tvarů vláken v přízi dále ukázalo, že pravidelná periodičnost vláken je jen teoretickým modelem. Změny poloměru vykazují výraznou složku náhodných procesů a byly proto kupř. Ridingem studovány /62/, /63/ prostřednictvím autokorelačních funkcí. S ohledem na hustotu proměřovaných bodů na vlákne (po 180° pootočení) se mohla tato analýza dotýkat jen větších vlnových délek.

Souhrnně je možno říci, že při měření vláken v přízi se ukázalo, že pravidelná periodičnost vláken je jen teoretickým modelem. Výsledky závisí na použité technologii i surovině.

2.3.5 Metoda VSOP při zkoumání vnitřní struktury příze

Pro studium přízi metodou značených (barvených) vláken bylo ve VÚB v Ústí nad Orlicí vyvinuto speciální optické zařízení nazvané OMEST. Pomocí tohoto přístroje je možno zkoumat průběh značeného vlákna ve dvou vzájemně kolmých průmětech a tak vyhodnocovat prostorovou křivku vlákna. Metoda VSOP (vnitřní struktura Omestem hodnocené příze) se po zvážení všech souvislostí orientovala na princip v Mortonově variantě "značená vlákna" (tracer fiber). Princip je následující. Vyrobí se příze z opticky homogenních vláken, s malou příměsí těchže vláken, předem černě obarvených. Příze se vloží do imerzní kapaliny s indexem lomu, který je totožný se (středním) indexem lomu vláken. Potom se těleso příze stane sklovitě průhledným a černá vlákna je možno dobře pozorovat nebo fotografovat.



Obr. 12

Při každém průchodu vlákna poloměrem (prakticky pak malým třídním intervalem poloměru) se počítají úhly α , β , γ , ϑ_r , ϑ_t , a ϑ_a - viz obr. 12 a délka průchodu třídním intervalem. Takovým postupem získáváme na jednom poloměru (v jednom třídním intervalu) z proměřeného souboru cca 60ti vláken mnoho průchodů - úseků vláken, z nichž lze stanovit vlastnosti průměrného průchodu. Stanovují se tak průměrné úhly α , β , γ , ϑ_r , ϑ_t a ϑ_a a průměrná délka úseku při průchodu vlákna třídou. Metoda VSOP převádí křivky obou průmětů všech vláken ve formě mnoha bodů na počítačové médium (děrnou pásku) a odtud do počítače, který provádí vlastní zhodnocení.

Z těchto primárních strukturálních charakteristik jsou vyhodnocovány některé další (sekundární) charakteristiky, jako např.: zaplnění μ , zákrut λ , perioda P atd. Mimoto lze doplňkovým programem stanovit střední polohu vlá-

ken $\bar{y}$, směrodatnou odchylku migrace D a střední intenzitu migrace I , plynoucí z lineární závislosti poloměru r na ε , tedy ve výpočtu se místo členů $(2r/d)^2$ používá pouze $(2r/d)$. Taková varianta je lineární variantou; nazveme ji kvadratickou variantou migračních charakteristik. Pro model ideální migrace (obr. 12) plyne

$$\bar{y}_L = \frac{2}{3}$$

$$D_L = \frac{1}{3\sqrt{2}} = 0,236$$

$$I_L = \infty$$

V zavedených pojmech byly metodikou VSOP studovány klasické (Neckář /65/) a bezvřetenové (Soni a Neckář /66/) příze. Charakter nalezených strukturálních souvislostí byl u obou technologií podobný (nikoliv totožný).

Byly zjištěny následující typy průběhů :

1. Bylo zjištěno, že strukturální chování mezi klasickou a bezvřetenovou přízí je podobné a existují analogické charakteristiky, jako :

- a) Délky úseků vláken mezi válcovými třídními intervaly jsou konstantní (ekvidistantní migrace).
- b) Nekonstantní průběh zákrutu v řezu příze, tj. zákrutová migrace.
- c) Větší hodnota zaplnění ve střední zóně řezu příze; klesající trend ve směru k povrchu příze a dutinová struktura v centrální oblasti příze.
- d) Nesouhlas s některými klasickými představami, jako je šroubovicová teorie a teorie ideální migrace.

2. Bylo zjištěno, že strojový zákrut zůstává pouze na povrchu příze a směrem dovnitř roste; na $1/3$ poloměru je hodnota zákrutu přibližně 30 - 40 % větší než činí strojový zákrut.

3. Tendence ke vzniku volné struktury vláken v centrální oblasti příze vytváří náhodné smyčky.

4. Byla vyvinuta hypotéza mechanismu tvorby se současným použitím modelu pro stužkové kroucení a válcové kroucení.

Metoda zjišťování vnitřní struktury příze VSOP má též svá omezení. Pomocí této metody nelze zpracovat všechny druhy materiálu. Mezi nezpracovatelné patří např. polyester, protože má příliš velký rozdíl dvojlomu. Dále nelze zpracovat vlnu, která obsahuje dřev, jež působí při zprůhlednění rušivě. Určitá omezení existují i pro jiná vlákna. Po vypředení příze má být v průměru příze pouze jedno značené vlákno, tzn. nesmí se na délce jednoho značeného vlákna vyskytovat více vláken a příze tedy nesmí obsahovat shluky černých vláken a vlákna též nesmí mít zahnuté konce - háčky, příze nesmí obsahovat uzlíky, smyčky atd. Dalším z omezení metody VSOP je, že nemůže poskytnout vzájemné odlišení vláken.

Takže při volbě metody je nutno přihlížet k tomu, jaké faktory jsou pro měření důležité, čeho se mají týkat získané výsledky (zda zaplnění příze nebo úhlového uspořádání vláken atd.) a jaké vybavení může být pro zjišťování použito.

2.4 SPECIÁLNÍ PROBLÉM ZAPLNĚNÍ V PRŮŘEZU PŘÍZE

2.4.1 Základní strukturální faktory přízí

Strukturální faktory, které jsou uvažovány, mají hlavní vliv na fyzikální vlastnosti a provozní charakteristiky. Jedná se o následující faktory :

1. Volumetrická hustota (objemová hustota),
2. délka vlákenného segmentu mezi body zachycení,
3. pohyblivost vlákenných segmentů mezi body zachycení,

Tyto tři strukturální faktory není lehké měřit a pozorovat. Proto je velmi nutné definovat tyto strukturální

faktory a porovnat je podle druhu přízí, aby se pochopila podstata rozdílů v provedení příze.

Objemová hustota v přízi je závislá na kompaktnosti příze. Zaplnění příze nebo hedvábí v příčném řezu příze v nenapnutém stavu. Všechny příze obsahují určité množství vzduchu, resp. prázdný prostor, ale staplová a tvarovaná příze ho obsahuje více. Příze uvažovaná za rozměrově stabilní, je v nenapnutém stavu, pod nízkým napětím a zaplnění příze je přibližně stejné. Variace zaplnění je také důležitá s ohledem na vzhled a kvalitu příze.

Průměrná délka ve vlákenném segmentu mezi body zachycení v struktuře příze je někdy uváděna jako modulová délka vlákna v případech, kdy ve struktuře přízí je zákrut základním mechanismem zachycení. Průměrná délka vlákna mezi body zachycení, vztahená ke geometrii zákrutu, orientace vlákného segmentu, délka mezi body zachycení vzhledem k ose příze je rovněž důležitá, ale počítá se s ní méně.

Pohyblivost a nezávislost pohybu, směr pohybu vlákenných segmentů vzhledem k ostatním vláknům a vlákenným segmentům mají ve struktuře hlavní roli a závisí na přízi. Pro oděr, žmolkování, omak atd je zvláště důležitý příčný pohyb vlákenných segmentů blízko povrchu příze. Ve struktuře příze je pohyblivost vlákna délkově (ve směru osy příze) a příčně (kolmo k ose příze) velmi malá, proto ji můžeme považovat za rozměrově stabilní.

Když při malém zvětšení prozkoumáme jehlou různé druhy přízí, můžeme dostat pro některé uvedené strukturální faktory příze kvalitativní ohodnocení, jako je délka úseků vlákna a pohyblivost. Mikroskopicky bychom nutně měli pozorovat orientaci vlákenných segmentů a zaplnění příze. Odpovídající technologie není objevena, až dosud je vnitřní kontinuita vlákna v přízi charakterizovaná pomocí optické metody, rovněž i speciální vnitřní zachycení vlákna.

Strukturální faktory příze závisí hlavně na vlastnosti vlákna nebo hedvábí a vlastních charakteristikách výrobního systému. Mimo druhové příbuzné parametry (jako vlákenné tření, modul, odolnost, roztažnost a pružnost). Nejdůležitější vlastnosti vláken jsou délka, jemnost, zkadeření a tvar průřezu. Vlastní charakteristiky výrobních systémů ovlivňují vlákennou orientaci a zachycení. Vlákenná orientace se posuzuje vzhledem k ose příze a obvykle se určuje ještě stupeň napřímenosti vláken v přízi.

2.4.2 Zaplnění příze

Obecně můžeme zaplnění definovat jako poměr objemu elementů obsažených v tělese k objemu tohoto tělesa. Jestliže V_e je objem elementů obsažených v tělese a V je objem tělesa, které obsahuje tyto elementy, pak objemovou hustotu vyjádříme vztahem

$$\mu = \frac{V_e}{V}$$

Hodnota μ bude vždy větší než V_e , protože těleso obsahuje vzduch. Objemovou hustotu můžeme definovat jako poměr objemu elementů obsažených v tělese k objemu elementů obsažených v tělese a objemu vzduchových prostorů v tomto tělese. Jestliže objem vzduchových prostor nazveme V_a , pak objemovou hustotu vyjádříme vztahem

$$\mu = \frac{V_e}{V_e + V_a}$$

Objemová hustota nebo měrný objem příze je přímým vyjádřením způsobu zaplnění vláken v průřezu příze. Faktory, které obvykle ovlivňují zaplnění příze, jsou: druh vlákna, hustota vlákna, zákrut příze a další vnější faktory, jako napětí a stočení niti během navíjení, snování, tkaní nebo zakrucování. Měrný objem příze je dán následujícími vztahy:

Objem ideální příze na jednotku délky $= \pi R^2$, kde R je poloměr příze. Jestliže V_p je měrný objem příze v m^3/kg , tedy hmotnost příze je $\frac{\pi R^2}{V_p}$.

Z toho vyplývá, že

$$\text{jemnost příze} = T = \frac{\text{hmotnost}}{\text{délka}} \frac{\text{g}}{\text{km}} = \left(\frac{\pi R^2}{V_p} \right)$$

Po úpravě rovnice

$$V_p = \left(\frac{\pi R^2}{T} \right)$$

$$\text{Jestliže } \tau_g / \beta = 2\pi R Z$$

kde Z je zákrut příze

β je úhel zákrutu

Můžeme dále napsat

$$V_p = \frac{\tau_g^2 / \beta}{4\pi T Z^2} \quad (21)$$

Kromě monofilových vláken, která mají měrný objem rovný měrnému objemu vlákenného materiálu, je měrný objem všech ostatních druhů přízí určen objemem, který zaujímají vlákna a vzduchové prostory vytvořené uvnitř tělesa a příze. Měrný objem příze je tedy vždy větší než objem vláken. Tento vztah může být analyticky vyjádřen pomocí parametrů zaplnění příze U_p , tedy

$$U_p = \frac{V_v}{V_p} = \frac{\text{objem vláken}}{\text{objem příze}}$$

V souvislosti s vlivem zákrutu na zaplnění příze je nutné dodat, že zaplnění příze je ovlivňováno i jinými faktory, jako je jemnost vlákna, technologie výroby příze a dále napětí a stlačení, jimž příze podléhá v různých zpracovatelských procesech.

2.4.3 Zaplnění vláken v přízi

Další vlastnost struktury příze, která může být popsána ve zjednodušeném tvaru je zaplnění vláken v přízi. Podle Schwarze (6/, /7/ může být zaplnění kruhových vlá-

ken v přízi popsáno dvěma základními způsoby.

1. válcová struktura,
2. plástová struktura.

Vytvoření popsaných ideálních struktur ve skutečných přízích je velmi vzácné, neboť zde působí početné faktory : vlivy jako je mimo jiné geometrie vláken a zákrut, což ovlivňuje konfiguraci příze v skutečných přízích. Hearle /67/ rozděluje faktory, které působí při určení skutečných struktur příze, na dvě skupiny :

1. koncentrující faktory,
2. rušivé faktory.

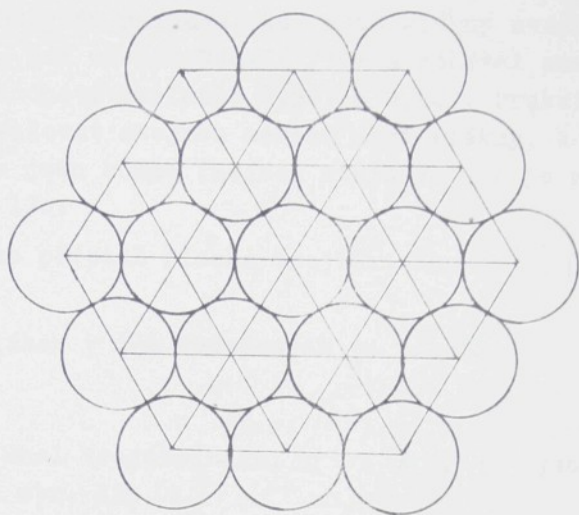
Vláknenný materiál není v řezu příze rozložen stejně hustě. Zaplnění příze μ_p je průměrná hodnota ze všech míst řezu příze. Protože příze je útvar v podstatě osově symetrický, můžeme předpokládat, že zaplnění (podíl prostoru vyplněný vlákny) závisí na poloměru sledovaného místa. Zaplnění na obecném poloměru r označíme $\{\mu = \mu(r)\}$. Mezi zaplněním μ_p příze jako celku a radiální funkcí zaplnění μ platí vztah

$$\mu_p = \frac{8}{d^2} \int_0^{d/2} \mu \cdot r \cdot dr \quad (22)$$

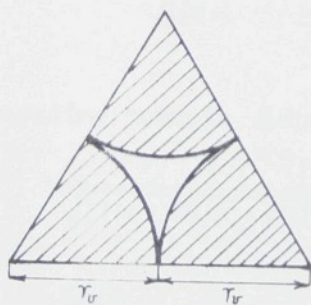
kde d je průměr příze.

Vyvstává otázka, jaká může být maximální hodnota zaplnění pro vlákna kruhového průřezu. Jejich nejtěsnějším uspořádáním je tzv. plástová struktura /67/ (hexagonální struktura), naznačená na obr. 13a. Řez takovou strukturou se skládá z trojúhelníků, z nichž jeden je zvětšen na obr. 13b. Pak plocha trojúhelníku o hraně 2 poloměry r_v vlákna je $r_v \cdot 2r_v \cos \theta = r_v^2 \sqrt{3}$. Plocha vláken v něm obsažených je $\frac{\pi r_v^2}{2}$. Tedy limitou zaplnění je hodnota

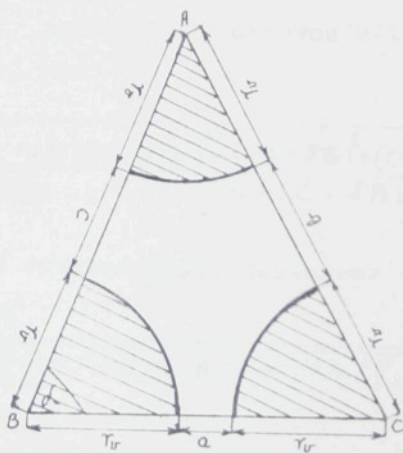
$$\mu_{l.m.} = \frac{\pi r_v^2 / 2}{r_v^2 \sqrt{3}} = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \approx 0,907$$



(a)



(b)



(c)

Obr. 13

V obecnějším případě, kdy mezi vlákny uvažujeme stejnou mezeru, jak ukázal Neckář /50/ a počítal maximální a minimální hodnoty zaplnění 0,907 a 0,227. Prakticky však nemůžeme uvažovat stejnou mezeru mezi vlákny, když mezery mezi vlákny jsou různé (nejdou stejné), jak je znázorněno na obrázku 13c.

V tomto případě plocha trojúhelníku je $\frac{1}{2} (C + 2r_v)(a + 2r_v) \cdot \sin \alpha$
a plocha vláken v něm obsažených je $\frac{\pi r_v^2}{2}$

kde α je úhel trojúhelníku, a , b , c jsou různé mezery označené na obr. 13c.

Tedy limitou zaplnění je hodnota

$$\mu_{\text{lim}} = \frac{\pi r_v^2}{(C + 2r_v)(a + 2r_v) \cdot \sin \alpha} \quad (23)$$

Pro výpočet hodnoty α použijeme kosinovou větu a po úpravě získáme vztah :

Pro hodnotu α

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{\{2(a + 2r_v)(C + 2r_v)\}^2 - \{(a + 2r_v)^2 + (C + 2r_v)^2 - (b + 2r_v)^2\}^2}}{2(a + 2r_v)(C + 2r_v)}$$

dosadíme hodnotu $\sin \alpha$ do rovnice (23), dostaneme

$$\mu_{\text{lim}} = \frac{2\pi r_v^2}{\sqrt{\{2(a + 2r_v)(C + 2r_v)\}^2 - \{(a + 2r_v)^2 + (C + 2r_v)^2 - (b + 2r_v)^2\}^2}} \quad (24)$$

Když

Tab.1

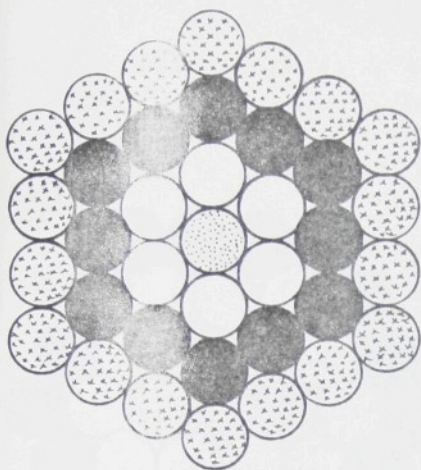
mezery mezi vlákny	μ
$a = 0$, $b = 0$, $c = 0$	0,907
$a \leq r_v/3$, $b \leq r_v/2$, $c \leq r_v$	0,8792

$a \leq \gamma/2$	$b \leq \gamma$	$c \leq \gamma/2$	0,5308
$a \leq \gamma$	$b \leq \gamma$	$c \leq \gamma$	0,403
$a \leq 3\gamma/2$	$b \leq 3\gamma/2$	$c \leq \gamma$	0,3308
$a \leq 2\gamma$	$b \leq 3\gamma/2$	$c \leq \gamma$	0,3091
$a \leq 2\gamma$	$b \leq 2\gamma$	$c \leq 2\gamma$	0,227

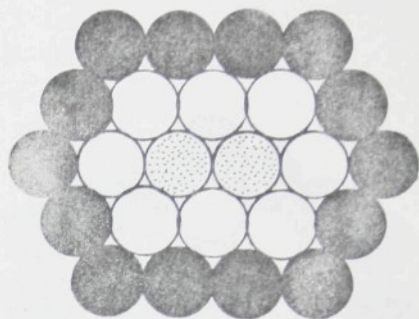
2.4.4 Konfigurace příze

Struktura příze závisí na způsobu, jak jsou vlákna uspořádána v přízi. Když svazek vláken je zakrucován do příze, potom tangenciální a radiální síly působí na hustotu zaplnění příze. Výsledná konfigurace by měla být taková, že příze by měla mít splněnou podmínku minimální deformační práci, to znamená, pro stabilní konfiguraci je potenciální energie minimální. Kruh přízové konfigurace je minimální pro daný počet vláken a daný zákrut. Po dostatečném zákrutu je konfigurace taková, že obvodový kruh je minimální obalovou křivkou pro daný počet vláken, a to můžeme jednoduše určit.

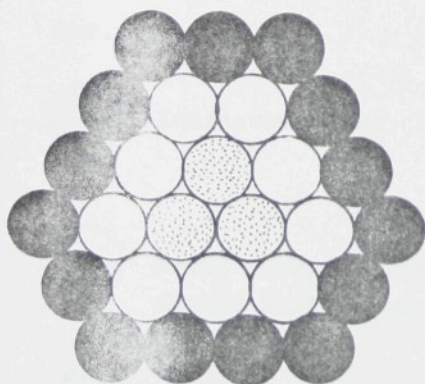
U nízkých zákrutů jsou vlákna volně zakroucena s mnohými vzduchovými prostory. Když se zákrut zvětší, vzduchové prostory se zmenšují, protože hustší zaplnění vláken způsobuje zmenšení průměru příze a vysokou hustotu. Na druhé straně v zakroucené přízi každé vlákno opíše šroubovici okolo osy příze a proto protíná přízový průřez v určitém úhlu. Řez vlákna v průřezu je elipsa (stupeň eliptičnosti se zvětšuje od nuly u osy do maxima u vnějšího povrchu). To vede k zvětšování průměru příze. Proto je zřejmé, že u určitého zákrutu, který budeme označovat "kritický zákrut" průměrem je minimální hodnota. Kromě toho hodnoty zákrutu kolem kritického zákrutu, pro které průměr příze zůstává přibližně pevný budeme označovat jako oblast "kritického zákrutu".



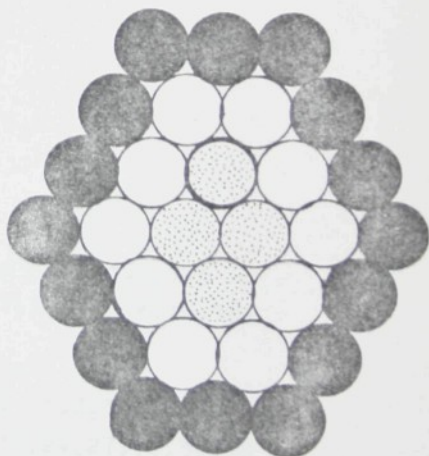
(a)



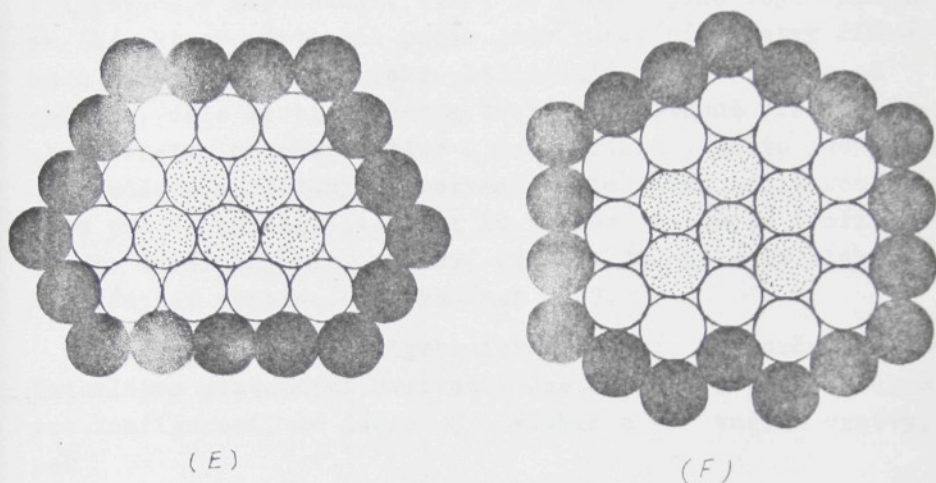
(b)



(c)



(d)



Obr. 14



Konfigurace pro 2, 3, 4, 5, 6



První vnější kroužek pro 1, 2, 3, 4, 5, 6
dávají konfigurace pro 7, 10, 12, 14, 16, 18,



Druhé vnější kroužky pro 1, 2, 3, 4, 5, 6
dávají konfigurace pro 19, 24, 27, 30, 33, 36



Třetí vnější kroužek pro 1
dává konfigurace pro 37

2.4.5 Určení konfigurace pro hedvábí

Při určení konfigurace vláken hedvábí uvažujeme počet seřazených vláken od jedné do 37. Počet 37 byl vybrán proto, že dává přesné hexagonální uspořádání. Nad 37 vláken teorie přízové geometrie, založená na kruhovém průřezu, může být aplikována v uspořádání, které je stejné jako objev Schwarze /6/, který předložil pojem jádr. hedvábí. Vrstvy řídkého a hustého zaplnění (obr. 14) dávají průřezy příze od jednoho, dále šesti vláken a tvoří se postupně vrstvy. Výchozí vrstva obsahuje jedno a šest vláken jakožto jádro a dále můžeme s přidávanými vrstvami okolo jádra určit konfigurace pro 7, 10, 12, 14, 16 a 18 vláken. Potom se tvoří jádro pro další skupiny, tj. 19, 24, 27, 30, 33 a 36 vláken. Následující skupina bude začínat u 37.

To je jednoduché algebraické tvoření, kdy určujeme počet vláken postupnými vrstvami. Jestli η je počet vláken pro konfiguraci, má jádro C vláken a A vnější vrstvy, pak

$$\eta = 1 + 3A(A+1) \quad (25)$$

(pro $C = 1$)

$$\eta = (A+1)(3A+C) \quad (26)$$

(pro $C = 2, 3, 4, 5, 6$)

a počet vláken B poslední vnější vrstvy je dán

$$B = 6A \quad (27)$$

(pro $C = 1$)

$$B = 6A + C \quad (28)$$

(pro $C = 2, 3, 4, 5, 6$)

To může být zapsáno tak, že konfigurace se šesti vlákny v jádře a A vnějšími kroužky může být uvažována jako konfigurace, obsahující jádro $A+1$ vnějších vrstev.

2.4.6 Faktor zaplnění

Když počet vláken v přízi je velký, můžeme definovat faktor zaplnění poměrně jednoduše. Obvykle byl definován jako poměr objemu obsahujících vláken k objemu příze. Pro ideálně hustou strukturu kruhových vláken Gracie /61/ definoval faktor zaplnění jako poměr plochy kruhových průřezů vláken k plochám ohraničeného kruhového průřezu příze. Tato definice je platná jen tehdy, když počet vláken je větší. Skutečně to nereprezentuje zaplnění vlákna pro menší počet vláken.

Podle Iyera /73/ můžeme definovat faktor zaplnění dvěma různými způsoby :

1. jako poměr součtu ploch kruhů k plochám kruhů plus plocha vzduchových prostor;
2. jako poměr součtu ploch kruhů k plochám kruhů vypočítaného průměru příze.

Pro definici 1. potřebujeme znát plochu vzduchového prostoru S , která je mezi třemi stejnými kruhy. To lze jednoduše uvést následujícím způsobem

$$S = (\sqrt{3} - \frac{\pi}{2}) \cdot r^2 \quad (29)$$

kde r je poloměr kruhu.

Pak faktor zaplnění k_1

$$k_1 = \frac{n \pi r^2}{n \pi r^2 + NS} \quad (30)$$

kde n a N je počet vláken a počet vzduchových prostor

Z definice 2. plyne faktor zaplnění k_2

$$k_2 = \frac{\pi \pi d^2 / 4}{\pi D^2 / 4} \quad (31)$$

kde D je střední průměr příze a d je průměr vlákna. Rovnici (31) můžeme napsat jako $\frac{\pi}{(D \cdot F)^2}$, kde $D \cdot F$ je faktor průměru.

Je zajímavé pozorovat, že když počet vláken se zvětšuje neomezeně, výsledná konfigurace má omezený faktor zaplnění, rovnající se $\frac{\pi}{2\sqrt{3}} = 0,9069$.

Můžeme to dokázat pro určitý počet vláken v rovnicích (25) a (26).

můžeme počítat

$$N = 6A^2, \quad (\text{pro } C = 1) \quad (32)$$

$$N = 6A^2 + 2AC + C - 2, \quad (\text{pro } C = 2, 3, 4, 5, 6) \quad (33)$$

Dosadíme hodnoty N a π dané rovnicemi (25, 26) a (32, 33) do rovnice (30) a pak bereme hranici A blížíící se nekonečnu a získáme $\lim_{A \rightarrow \infty} = \pi / 2\sqrt{3} = 0,9069$.

Stejně výsledky získali Gracie /61/ a Neckář /50/.

2.4.7 Geometrie vláknenného zaplnění v průřezu příze

Poloha vláken v přízi vzhledem k ose příze má velký vliv na strukturu a vlastnosti příze. Tak například vlastnosti, jako je objemnost, tažnost a odolnost v oděru jsou převážně ovlivňovány tím, jak jsou vlákna uložena na průřezu příze. Relativní rozmístování vláken v přízovém tělese je určeno hlavně charakteristikou tvořené příze. Chování při migraci vlákna při ukládání zákrutu ovlivní hustotu vláken v průřezu příze. Pro daný zákrutový koeficient je pří-

ze s relativně vysokou vláknennou migrací více kompaktní než příze s relativně nízkou vláknennou migrací. Migrací vlákna tak vznikne samovolně uzavřená struktura příze, ve které je relativně pohyb vláken omezen tak, že systém zachová vzniklé příčné síly vytvořené pomocí zákrutu a stává se kompaktním. V přízi vypředené na prstencových strojích může být očekáván takový způsob zaplnění příze.

U rotorové příze může mít snížená migrace dva důsledky na zaplnění v průřezu příze. Jeden z nich je, že celková hustota zaplnění vláken bude relativně nízká, druhým, že hustota vláken při zaplnění příze nebude stejnoměrná. Pokud vlákna neutvoří dostatečné uzavřené struktury, můžeme očekávat, že relativním pohybem systému sníží se příčné síly zvláště u vnější vláknenné vrstvy, kde velikost vnitřního tlaku je menší než u vnitřní vrstvy. Vnější vlákna se budou relativně více pohybovat, což bude působit na strukturu tak, že je více otevřená vrstva vnější než vnitřní.

Tyto i jiné faktory zaplnění příze v průřezu příze můžeme nejlépe studovat na získaném průřezu příze, ve kterém budou malé nebo žádné odchylky od původního postavení vláken v přízovém tělese.

Rozdělení zaplnění příze a jeho rovnoměrnost v průřezu rotorových přízí můžeme studovat z hlediska zaplnění.

1. Hustota zaplnění vláken je obvykle menší směrem k povrchu příze,
2. rovnoměrnost zaplnění vláken se mění v závislosti na příčné vzdálenosti v průřezu,
3. šikmé uložení vlákna se mění po celém průřezu příze.

První z uvedených pozorování můžeme vysvětlit v souvislosti s migrací vláken. Vlákna, která jsou volně uložena a mají z toho důvodu horší migraci, mohou uvolnit své vnitřní síly a naopak mohou být relativně bez příčných sil, zvláště u vnějších vrstev příze. V jádru příze je velikost tlaku

nejvyšší vzhledem k vlivu počtu vrstev tvořících strukturu příze a zaplnění příze bude vyšší (jak můžeme pozorovat na průřezu).

Odchylka v hustotě zaplnění příze nemá vždycky pravidelný charakter. Vlákna vytvářejí hustou oblast v jakékoli oblasti v průřezu příze. To může mít vliv na nedostatky při protahování, což vede k tomu, že vlákna se pohybují ve formě chomáček nebo vloček. To může být dáno také tím, že chomáčky se vytvořily ve fázi dopravy vláken roto-ru změnou ve směru pohybu, nebo když vlákna dosáhnou sběrného povrchu v podobě chomáček. Tak se mohou vždy objevit náhodně oblasti s vysokou hustotou vláken.

Šikmé uložení vláken v průřezu vytváří nízkou indikaci místního zákrutu. To se projeví tak, že vzniknou změny v úhlu stoupání šroubovice a budou se měnit s poloměrem šroubovice. Z hlediska chování příze je toto důležitým faktorem a může to přispívat k obtížnosti v průběhu celkového zákrutu příze.

2.4.8 Nerovnoměrnost zaplnění v přízi

Nerovnoměrnost struktury příze může značnou měrou ovlivnit vlastnosti a tak i kvalitu příze. Ačkoliv podélná nerovnoměrnost je zřejmě důležitější z tohoto hlediska, mohou rovněž nerovnoměrnosti v distribuci vláken v průřezu značně ovlivnit její vlastnosti. To se týká zejména přízí vyrobených ze směsí různých typů vláken, kde vzhled, povrch a dokonce i mechanické vlastnosti mohou být ovlivněny distribucí směsových komponent v průřezu.

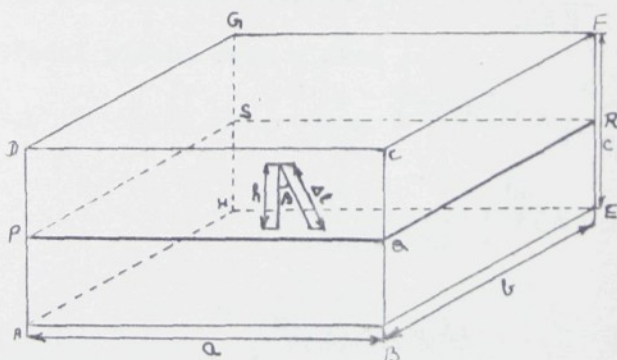
V případech vlny, v důsledku variability vlastností vláken, je možno uvažovat i distribuci dimenzionálně rozličných vláken v průřezu příze. Bylo dokázáno /38/, /68/, /69/, že jemnější a delší vlákna mají tendenci se soustřeďovat poblíže jádra příze, zatímco kratší a hrubší vlákna

na její periférii. Ačkoliv někteří autoři uvádějí, že zaplnění příze vláknou by mělo být nerovnoměrné, navrhuji např. Hickie a Chaikin /69/ mechanismus zakrucování stužky pro vlnářské česané příze bradfordského systému, který nabízí možnost existence nezaplňného prostoru v středu příze. Hearle a Bose /27/ rozšířili koncepci zakrucování stužky tak, že obsahuje i mechanismus migrace vláken a tak na konci také připouštějí, že příze může mít menší zaplnění v jejím středu. Morton /15/ tento fakt též naznačuje. Uvádí, že u viskóзовých a acétatových staplových přízí různých jemností a zákrutů není hustota zaplnění v průřezu příze stejnoměrná. Riding a Treloar /70/ a Riding /57/ za použití Montorovy techniky pro zkoumání struktury nití z nekonečných vláken opět ukazují na skutečnost, že zaplnění není rovnoměrné, v průřezu ale klesá od bodu vzdáleného cca $2/3$ poloměru příze od její osy. Titiž autoři /57/ předpokládají, že tento pokles zaplnění u povrchu nití pro nitě z nekonečných vláken vychází spíše z nekruhového průřezu periférie nitě, než ze skutečného snížení zaplnění. Všichni tyto autoři staví své závěry na rozdělení průřezu nitě na zóny s stejným přírůstkem poloměru. Naproti tomu Hearle a spolupracovníci /28/ dávají přednost rozdělení na zóny se stejnými plochami, takže vlákna jsou rovnoměrně distribuována ve všech zónách. Zotikov a Trykov /71/ jsou toho názoru, že výsledky získané oběma metodami by měly být identické pro tentýž průřez příze, jsou-li počítány na jednotku plochy. Domnívají se, že zaplnění vláknou na jednotku plochy průřezu v přízích ba/VSS, měřené v pěti zónách stejné plochy, je maximální v jádru příze a snižuje se přibližně lineárně směrem k jejímu povrchu. Tito autoři založili své výpočty na zaplnění počtem vláken v jednotce plochy, kdy změny v průřezu vláken jsou považovány za zanedbatelné a tuto metodu za ekvivalentní sledování poměru plochy průřezů vláken na jednotku plochy průřezu příze.

Pro bavlněná a vlnařská vlákna jakéhokoliv průměru je variabilita jejich průřezu velmi značná, z tohoto důvodu metoda založená na výpočtu zaplnění počtem vláken na jednotku plochy průřezu příze není vhodná. Má se za to, že pro bavlněné příze by mělo být měření jejich zaplnění prováděno na základě poměrů průřezu vláken v dané zóně průřezu příze k ploše této zóny.

2.4.9 Vztah mezi počtem vláken, zaplněním příze a migrací vláken

Neckář ve svých nepublikovaných pracích /72/ počítá vztah mezi počtem vláken, zaplněním příze a migrací vláken. Uvažujeme-li element ABCDEFG v přízi s rozměry $AB = a$, $BE = b$, $EF = c$, který obsahuje rovinu PQRS. Dále uvažujeme, že vlákno protíná rovina PQRS, a že úsek vlákna délky Δl leží nad rovinou a zbylá část zůstává pod rovinou PQRS. Úsek vlákna délky Δl má kolmou vzdálenost h od roviny a úhel mezi úsekem vlákna a kolmou osou je β .



Obr. 15

Uvažujeme distribuční funkci $f(\beta)$ a úsek vlákna délky Δl je j , potom

$$h = \Delta l \cdot \cos \beta$$

Počet úseků délky Δl , které protínají roviny $PQRS$ je

$$\begin{aligned} &= \left\{ j \cdot f(\beta) d\beta \right\} \cdot \left(\frac{a \cdot b \cdot h}{a \cdot b \cdot c} \right) \\ &= j \cdot f(\beta) d\beta \cdot \frac{\Delta l \cos \beta}{c} \end{aligned} \quad (34)$$

Celkový počet vláken protínajících rovinu, je roven

$$= \int_0^{\pi/2} j \cdot f(\beta) d\beta \cdot \frac{\Delta l \cdot \cos \beta}{c} \quad (35)$$

Frekvenční funkce $f^*(\beta)$ vláken, které protínají rovinu, je vztah

$$f^*(\beta) = \frac{j \cdot f(\beta) \cdot \frac{\Delta l \cos \beta}{c} \cdot d\beta}{\int_0^{\pi/2} j \cdot f(\beta) \cdot \frac{\Delta l \cos \beta}{c} \cdot d\beta} \quad (36)$$

Dále uvažujeme, že ω je plocha kolmá k vláknům.

Tedy plocha řezu vláknem je $= \frac{\omega}{\cos \beta}$

Střední plocha řezu vlákna :

$$\begin{aligned} \bar{u} &= \int_0^{\pi/2} \frac{\omega}{\cos \beta} \cdot f^*(\beta) d\beta = \int_0^{\pi/2} \frac{\omega}{\cos \beta} \cdot \frac{f(\beta) \cos \beta d\beta}{\int_0^{\pi/2} f(\beta) \cos \beta d\beta} \\ &= \frac{\omega}{\int_0^{\pi/2} f(\beta) \cos \beta d\beta} \cdot \int_0^{\pi/2} f(\beta) d\beta \\ &= \frac{\omega}{\int_0^{\pi/2} f(\beta) \cos \beta d\beta} \end{aligned} \quad (37)$$

Jestliže n_e je počet vláken v průřezu příze, potom zaplnění příze bude rovno

$$\mu_p = \frac{n_e \bar{u}}{\pi \cdot R^2}$$

kde R je poloměr příze

$$\mu_p = \frac{n_e \cdot S}{\pi R^2 \int_0^{\pi/2} f(\beta) \cos \beta d\beta}$$

$$n_e = \frac{\mu_p \cdot \pi R^2}{S} \cdot \int_0^{\pi/2} f(\beta) \cos \beta d\beta \quad (38)$$

Jestliže S je plocha příze, platí

$$S = \pi R^2 \cdot \mu_p$$

$$\frac{S}{s} = \frac{T_{tex}}{t_{tex}} = n_T$$

kde T je jemnost příze v tex

t je jemnost vlákna v tex

n_T je teoretický počet vláken v průřezu příze

$$n_e = n_T \int_0^{\pi/2} f(\beta) \cos \beta d\beta$$

$$\frac{n_e}{n_T} = K_n = \int_0^{\pi/2} f(\beta) \cos \beta d\beta \quad (39)$$

Jestliže příze má strukturu ve tvaru šroubovice, potom frekvenční funkce je $f_H(\beta)$.

Potom celá plocha vláken v řezu =

$$n_e \cdot \bar{\mu}_H = \frac{n_e \cdot S}{\int_0^{\pi/2} f_H(\beta) \cos \beta d\beta}$$

Skutečná plocha je

$$n_e \cdot \bar{\mu} = \frac{n_e \cdot S}{\int_0^{\pi/2} f(\beta) \cos \beta d\beta}$$

$$\beta_s = \frac{n_e \cdot \bar{\mu}_H}{n_e \cdot \bar{\mu}} = \frac{\int_0^{\pi/2} f_H(\beta) \cos \beta d\beta}{\int_0^{\pi/2} f_H(\beta) \cos \beta d\beta} \quad (40)$$

Z rovnice (39) a (40) můžeme počítat

$$\frac{\beta_n}{\beta_s} = \int_0^{\pi/2} f_H(\beta) \cos \beta d\beta \quad (41)$$

Rovnice /38/ ukazuje vztah mezi zaplněním, migrací vláken a počtem vláken. Rovnice /39/ a /40/ ukazuje, že faktor K_η (poměr experimentálního počtu vláken k teoretickému počtu vláken v průřezu příze) a faktor K_S (poměr plochy vláken experimentálních k plochám vláken teoretickým v průřezu příze) závisí na úhlu β .

2.4.10 Vztah mezi zaplněním a rychlostí migrace vláken

Jelikož se struktura nekonečné příze dá matematicky snáze řešit než struktura staplové příze, může se nejdříve stanovit teorie migrace hedvábí a pak lze předpokládat, že migrace staplového vlákna je podobná.

Za tím účelem můžeme uvažovat teoretický model struktury příze navržený Treloarem /17/ za týchž předpokladů až na to, že zaplnění je definováno jako počet vláken na jednotku plochy kolmé k ose vlákna a je tudíž proměnné a funkcí radiální vzdálenosti. Třetí předpoklad využití Treloara /17/ vyžaduje, aby počet výchozích bodů vláken na jednotku délky podél osy příze byl konstantní, ale tento předpoklad nevyžaduje, aby zaplnění bylo též konstantní. Rovnice dráhy vlákna ve válcové polární souřadnici může být napsána jako

$$x = r \cos \phi, \quad y = r \sin \phi, \quad z = B \phi = f(r) \quad (42)$$

kde B je konstantní a rovná se $1/2\pi Z = R/\psi$ a Z, R a ψ jsou zákruty, poloměr příze a bezrozměrový parametr. Nechť počet výchozích bodů na jednotku délky podél osy příze je η a počet vláken procházejících elementem mezi poloměry r a $r + dr$ v průřezu příze je

$$2\delta n = 2\eta \frac{dz}{dr} dr \quad (43)$$

Tato hodnota je dvojnásobek hodnoty, kterou uvádí Treloar /17/ vzhledem k tomu, že jsou do ní zahrnuta vlákna migrující dovnitř a procházející tímto elementem. Proto zaplnění je

$$\begin{aligned} G(r) &= \frac{2\pi \cdot \frac{dz}{dr} \cdot dr}{2\pi r \cos\theta} \\ &= \frac{\eta \cdot \frac{dz}{dr}}{\pi r \cos\theta} \end{aligned} \quad (44)$$

kde θ je úhel mezi osou příze a vláknem při radiální vzdálenosti r od osy. Hodnota $\cos\theta$ se dá snadno vypočítat pomocí vektorové metody. Polohový vektor jednoho bodu na vlákně je $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$, který se dá vyjádřit rovnicí (42), jako byl vysvětlen Ismailem /86/.

$$\mathbf{r} = r \cos\left[\frac{f(r)}{B}\right]\mathbf{i} + r \sin\left[\frac{f(r)}{B}\right]\mathbf{j} + f(r)\mathbf{k} \quad (45)$$

Jednotkový tangentský vektor

$$\mathbf{T} = \frac{d\mathbf{r}}{dr} / \left| \frac{d\mathbf{r}}{dr} \right|$$

u bodu může být počítán z rovnice (45) a bodový součin jednotkového tangentského vektoru a jednotkový tangentský vektor $\mathbf{k}$ získáme $\cos\theta$ jako

$$\cos\theta = \frac{dz/dr}{\left[1 + \left(\frac{dz}{dr}\right)^2 \left(1 + \frac{r^2}{B^2}\right)\right]^{1/2}} \quad (46)$$

dosazením hodnoty $\cos\theta$ z rovnice (46) do rovnice (44) získáme

$$G(r) = \frac{\eta}{\pi r} \left[1 + \left(1 + \frac{r^2}{B^2}\right) \left(\frac{dz}{dr}\right)^2\right]^{1/2} \quad (47)$$

To je úplná shoda s Treloarem /17/, který definoval zaplnění jako celkovou délku vláken na jednotku objemu. Ačkoliv tyto dvě definice jsou různé, výsledek ukazuje, že jsou podobné, jak je patrné z rovnice /47/. Zaplnění je funkcí poměru r od osy příze a není konstantní.

Jestli dosadíme symboly

$$\rho = \frac{r}{R}, \quad B = \frac{R}{\psi}, \quad P = \pi G_1(\rho) \frac{R}{\eta} \quad (48)$$

do rovnice /47/ a umocníme na druhou obě strany a upravíme, získáme

$$\frac{\rho^2 \rho'^2 - 1}{1 + \psi^2 \rho^2} = \frac{1}{R^2} \left(\frac{dz}{d\rho} \right)^2 \quad (49)$$

Zde

$$G_1(\rho) = G(r)_{r=R\rho} = G(R\rho) \quad (\text{z rovnice 47}),$$

což je podobné Treloarovu výsledku jen s odlišnou hodnotou ρ . V naší definici ρ je proměnná kvůli proměnlivosti zaplnění a není součinem ostatních parametrů λ .

Celkový počet vláken v průřezu příže je

$$N = \int_0^R G(r) 2\pi r dr \cos\theta \quad (50)$$

Dosadíme-li $G(r)$ z rovnice (44) do rovnice (50) a vyměníme také integrální meze, protože r je také nahrazeno jako λ , získáme

$$N = 2\pi \int_0^{H/2} dz = \pi H \quad (51)$$

Zde H je perioda migrace, což představuje periodický pohyb vlákna od středu příže k povrchu a potom zpět zase ke středu. Ve skutečnosti stejné výsledky můžeme získat integrováním $d\eta = \eta dz$ mezi meze 0 a H .

$$N = \int_0^H d\eta = \int_0^H \eta dz = \eta H \quad (52)$$

Diferenciální element délky vlákna je

$$ds = \left[1 + \left(\frac{dz}{dr} \right)^2 \left(1 + \frac{r^2}{B^2} \right) \right]^{1/2} dr \quad (53)$$

Z rovnice (46) a (53) získáme

$$dz = ds \cos\theta \quad (54)$$

Z rovnice (47), (48) a (53) získáme

$$\frac{1}{R} \cdot \frac{ds}{d\rho} = \rho_\rho = \pi G_1(\rho) \frac{r}{R} \quad (55)$$

Předpokládáme-li, že zaplnění příze je konstantní, tj.

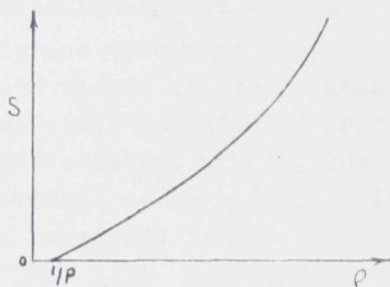
$G(\rho) = G_0$ a tedy

$$\rho_0 = \pi G_0 \frac{R^2}{n}$$

Z rovnice (48) po integraci (55) obdržíme

$$S = \frac{\rho_0 R^2}{2} \quad (56)$$

což je parabolický vztah mezi S a ρ a ve shodě s Morto-
nem /15/, Hearlem /28/ a Treloarem /17/, obr. 16, ukazuje
variace vláknenné délky s ρ za předpokladu, že zaplnění
je konstantní.



Obr. 16 Variace vláknenné délky s ρ
pro $G_0(\rho) = G_0$.

Je zajímavé srovnat hodnotu zákrutového úhlu daného
rovnici (46) s výsledkem Hearla /28/. Výsledek Hearla pro
zákrutový úhel při použití našich symbolů je

$$\sec \theta = \left(1 + \frac{\gamma^2}{B^2} \right)^{1/2} \quad (57)$$

Naše výsledky z rovnice (46) jsou

$$\sec \theta = \left[\left(\frac{d\gamma}{dz} \right)^2 + \left(1 + \frac{\gamma^2}{B^2} \right) \right]^{1/2} \quad (58)$$

Tam je rozdíl další hodnoty $(d\gamma/dz)^2$ v našem výsledku
a Hearle zanedbává změnu na γ podél nekonečné délky vlákna.
Ve skutečnosti rovnice (57) vyjadřuje zákrutový úhel, před-
pokládající šroubovici konstantního poloměru a rozteč pro
dráhu vlákna. Rozdíl, kterým se naše rovnice (49) a také

Treloarova /17/ rovnice liší od Hearlovy rovnice /28/ charakterizující dráhu vlákna na střední oblasti příze, tj. známý koaxiální šroubovicový model. Rovnice (49) ukazuje, že vlákno se nemůže dostat do středu minimální radiální vzdáleností $\rho = \frac{1}{p}$ (obr. 16), zatímco Hearlova /28/ rovnice neukazuje žádný znak takové vlastnosti vláknenného pohybu. Avšak Hearle a Bose /27/ docházejí při studiu migrace pomocí geometrického mechanismu k stejnému závěru.

2.4.11 Teoretická derivace příčného tlaku ve skané přízi (nekonečná příze)

Jelikož migrace vyrovnává napětí v hedvábí, předpokládáme, že každé vlákno má stejné konstantní napětí po celé své délce nezávisle na radiální poloze. Jestli zakřivenou dráhu hedvábí označíme $\rho(r)$, kde r je radiální vzdálenost bodu na vlákně od osy příze, síla na jednotku délky vlákna působící ke středu je

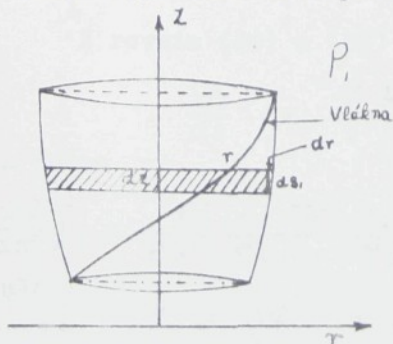
$$P' = \frac{T}{\rho(r)} \quad (59)$$

Pro axiální délku dz příze vláknenná délka je $dz \sec \theta$. Celková dovnitř působící síla na této délce je

$$P' dz \sec \theta = \frac{T}{\rho(r)} dz \sec \theta \quad (60)$$

Tato síla působí na poloze $2\pi r ds$, kde $ds = (dr^2 + dz^2)^{1/2}$ (obr. 17). Střední napětí v tlaku je pak dáno výrazem

$$P_i = \frac{T \cdot dz \sec \theta}{\rho(r) 2\pi r (dr^2 + dz^2)^{1/2}} \quad (61)$$



Plocha elementu v průřezu mezi poloměry r a $r+dr$ bude $2\pi r \cos \theta dr$ vláken. Kontribuce těchto vláken k celkovému tlaku je

Obr. 17 Plocha elementu na povrchu otočení, na které vlákna leží

$$dP(r) = \frac{\sigma(r)}{\rho(r)} T \cdot \frac{dr}{[1 + (dr/dz)^2]^{1/2}} \quad (62)$$

Jestliže dosadíme symboly použité předtím z rovnice (48) do rovnice (62) a integrujeme mezi ρ a 1, získáme výraz pro příčný tlak v radiální vzdálenosti ρ

$$P(\rho) = \frac{T\pi}{\pi} \int_{\rho}^1 \frac{\rho}{\rho(r)\rho} \left[\frac{\rho^2 \rho^2 - 1}{\rho^2 + \psi^2} \right]^{1/2} d\rho \quad (63)$$

Hodnota $\rho(r)$ je dána vztahem

$$\rho(r) = \left[\left(\frac{d^2x}{ds^2} \right)^2 + \left(\frac{d^2y}{ds^2} \right)^2 + \left(\frac{d^2z}{ds^2} \right)^2 \right]^{-1/2} \quad (64)$$

2.4.11.1 Aplikace

Jestli hodnotu $\rho = r/R$ dosadíme do rovnice (42) a zavedeme derivaci druhého stupně x a y podle S , potom součet jejich druhých mocnin bude roven :

$$\begin{aligned} \left(\frac{d^2x}{ds^2} \right)^2 + \left(\frac{d^2y}{ds^2} \right)^2 &= R^2 \left[\left(\frac{d^4\rho}{ds^4} \right)^2 + 4 \left(\frac{d\rho}{ds} \right)^2 \left(\frac{d\phi}{ds} \right)^2 + \rho^2 \left(\frac{d\phi}{ds} \right)^4 \right. \\ &\quad \left. + \rho^2 \left(\frac{d^4\phi}{ds^4} \right)^2 - 2\rho \left(\frac{d^3\rho}{ds^3} \right) \left(\frac{d\phi}{ds} \right)^2 + 4\rho \frac{d\phi}{ds} \cdot \frac{d\rho}{ds} \cdot \frac{d^3\phi}{ds^3} \right] \end{aligned} \quad (65)$$

Z rovnic (49) a (55) můžeme získat

$$\frac{dz}{ds} = \left(\frac{\rho^2 \rho^2 - 1}{1 + \psi^2 \rho^2} \right)^{1/2} \cdot \frac{1}{\rho \rho}$$

a potom

$$\left(\frac{d^2z}{ds^2} \right)^2 = \frac{1}{\rho^4 R^2} \cdot \frac{1}{\rho^2} \left(\frac{\rho^2 \rho^2 - 1}{1 + \psi^2 \rho^2} \right) \cdot \left[\frac{\rho^2 + \psi^2}{(1 + \psi^2 \rho^2)(\rho^2 \rho^2 - 1)} - \frac{1}{\rho^2} \right]^2 \quad (66)$$

ale

$$Z = B\phi = \frac{R}{\psi} \phi$$

Z rovnice (42) a (48)

$$\frac{dz}{ds} = \frac{R}{\psi} \cdot \frac{d\phi}{ds}$$

potom

$$\frac{d\phi}{ds} = \frac{\psi}{R} \frac{dz}{ds} = \frac{\psi}{R} \left(\frac{\rho^2 \rho^2 - 1}{1 + \psi^2 \rho^2} \right)^{1/2} \frac{1}{\rho \ell} \quad (67a)$$

$$\text{a} \quad \frac{d^2 \phi}{ds^2} = \frac{\psi}{R} \frac{d^2 z}{ds^2} = \frac{\psi}{\rho^2 R^2} \cdot \frac{1}{\rho} \left(\frac{\rho^2 \rho^2 - 1}{1 + \psi^2 \rho^2} \right)^{1/2} \left[\frac{\rho^2 + \psi^2}{(1 + \psi^2 \rho^2)(\rho^2 \rho^2 - 1)} - \frac{1}{\rho^3} \right] \quad (67b)$$

ale

$$\frac{d\rho}{ds} = \frac{1}{\rho R \ell}$$

Z rovnice (55)

$$\frac{d^2 \rho}{ds^2} = - \frac{1}{\rho^2 R^2} \frac{1}{\ell^3} \quad (67c)$$

Dosazením různých hodnot z rovnice (67) do rovnice (65) dostaneme výsledky vyjádřené relativní radiální vzdáleností ρ . Sečtením rovnic (65) a (66) a použitím rovnice (64) získáme hodnotu $\rho(r)$, vyjádřenou ρ a přízovými parametry. Jak je vidět, jsou tyto výpočty pracné a bylo by výhodné použít pro výpočet těchto různých hodnot ρ počítače.

3. CÍL PRÁCE

Věda začíná dnes působit univerzálně jako bezprostřední výrobní síla a průmysl naopak se převrací v celém rozsahu v technickou aplikaci vědy. Tuto novost dává však bezvřetenový dopřádací stroj nejen jedinému výrobnímu stupni, ale myšlenka by měla, ne-li jinak, sloužit alespoň v modelové podobě i v jiných místech textilní technologie. Zdá se, že by pro tuto věc měl učinit více především základní výzkum. Teoretický výzkum má nejen hájit a vysměřovat území již dobytá experimentálním výzkumem a s pečlivostí vlastní vědě ověřovat to, co dává empirie. I teorie má pomáhat praxi při objevování nových území. Máme tím na mysli nejen věci, které se ve vývoji bezvřetenového systému sprádkání pokládají za samozřejmé, jako je rozvíjení vlastní technologie v různých směrech a oblastech sprádkání. Systém nelze vyčerpat rozšiřováním sortimentu zpracovávaných vlákených typů a číselného rozsahu vypřádaného čísla. Také ne tím, což je jistě velmi důležité, ale podle nás jen o otázkou času - svyšování rychlosti sprádkacích prvků.

Možnosti použití nových bezvřetenových přízí jsou podmíněny takovými charakteristikami této příze, které umožňují úspěšné technologické zpracování v textilních závodech a dávají uspokojivé spotřebitelské vlastnosti výrobku. Bezvřetenové příze se vlivem zásadně jiného procesu výroby a tím i struktury příze liší v mnohých směrech od přízí pratecnových.

V oblasti zkoumání struktury příze bylo již napsáno ve světě mnoho prací, které se zabývaly různými strukturálními vlastnostmi přízí. Prací, které se týkájí otázek zaplnění příze je však možno nalézt ve světové literatuře velice málo. Uvedenou problematiku, týkající se zaplnění příze, je však nutno zkoumat hlouběji a do důsledku. Abychom mohli studovat orientaci vláken

uvnitř v průřezu příze, musíme nalézt vhodný způsob, jak lépe získat představu v strukturálních vlastnostech příze.

Z těchto důvodů se autor rozhodl studovat průběh radiálního zaplnění bezvřetenové příze. Práce směřuje především k těmto dvěma hlavním hlediskům :

1. Nový pohled na řešení problematiky struktury příze,
2. Výzkum bezvřetenové příze.

V práci bylo zkoumáno z hlediska zaplnění pěti druhů příze vyráběných na bezvřetenových dopřádacích strojích a uvedené druhy příze se lišily v jemnosti, zákrutu a základním materiálu.

V Indii, stejně jako v ostatních státech s rozvinutým textilním průmyslem, se bezvřetenová technologie stává progresivním směrem.

Volba tohoto tématu mé disertační práce je, jak doufám, aktuální jak pro československý, tak i pro indický textilní průmysl.

4. METODA MĚŘENÍ A VYHODNOCOVÁNÍ

4.1 ÚVODNÍ CHARAKTERISTIKA METODY SECANT - 1

Metoda SECANT - 1 je v této práci použita k řešení radiálního průběhu zaplnění jednoduché příze. Název SECANT je dán proto, aby se odlišil od ostatních metod studia struktury příze. Vlastní význam SECANTu - 1 je systém experimentální a početní analýzy textilní (System of experimental and computing analysis of textiles). Metoda je založena na teoretických vztazích, které budou popsány v další kapitole. Vyhodnocení se provádělo pomocí stolního kalkulátoru Helwett Packard 9810. Plocha řezu příze při vyhodnocování je rozdělena do několika mezikružích s konstantním přírůstkem hodnoty poloměru mezikružích. Plochy vlákenných řezů jsou počítány v jednotlivých třídních intervalech. Při digitalizaci se vychází ze středu vláken, okolo každého středu je opisována plocha, která přísluší jednotlivým vláknům. K tomuto účelu byl použit přístroj DIGIMET, vyvinutý v SVÚT Liberec. Bylo vyhodnocováno zaplnění v každém řezu příze a graficky zaznamenáno. Závěrečné výsledky byly vytištěny ve formě tabulky.

4.2 TEORIE VYHODNOCOVÁNÍ

4.2.1 Nalezení těžiště jednotlivých řezů přízí

Pro tuto práci byl zvolen postup radiální analýzy s konstantním přírůstkem hodnoty poloměru mezikružích. Jelikož pomocí DIGIMETu známe vzdálenosti středů vláken od jednotlivých os X a Y (zaznamenáno na děrné pásce), můžeme pomocí těchto středů vláken nalézt těžiště řezu příze. Uvažujme řez příze obsahující n vláken. Střed B_i plochy řezu obecným i -tým vláknem ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) má souřadnice:

$$B_i \equiv (X_i ; Y_i)$$

Těžiště středů všech řezů vláken je bod se souřadnicemi

$$T \equiv (x_T, y_T)$$

Výpočet těžiště a polárních souřadnic

Máme dány momentové podmínky

$$\sum_{i=1}^n (x_i - x_T) = 0 \quad (68)$$

$$\sum_{i=1}^n (y_i - y_T) = 0 \quad (69)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\sum_{i=1}^n 1} = n x_T$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n 1} = n y_T$$

Potom má x -ová souřadnice těžiště hodnotu danou vztahem :

$$x_T = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (70)$$

Pro y -ovou souřadnici těžiště platí vztah

$$y_T = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (71)$$

Takto definované těžiště je možno přibližně považovat za bod osy příze.

Též je nutné provést transformaci daných souřadnic na souřadnice polární :

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad \xi &= x - x_T \\ \eta &= y - y_T \end{aligned}$$

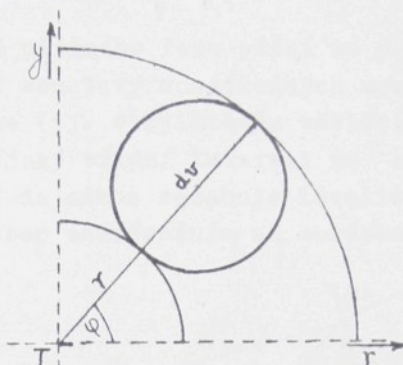
$$\text{b)} \quad r = \sqrt{\xi^2 + \eta^2} \quad (72)$$

$$\sin \varphi = \frac{\eta}{r} \quad ; \quad \cos \varphi = \frac{\xi}{r}$$

Odtud vyplývají nové souřadnice $(r ; \varphi)$ - znázorněno na obrázku 18.

Střed vlákna : $(r_i ; \varphi_i)$

Průměr vlákna : d_v



Obr. 18 Polární souřadnice těžiště příze (r, φ)

Plocha vlákna zasahující do jednotlivých mezikruží

Jsou zadány podmínky, které musí být splněny pro každý řez příze :

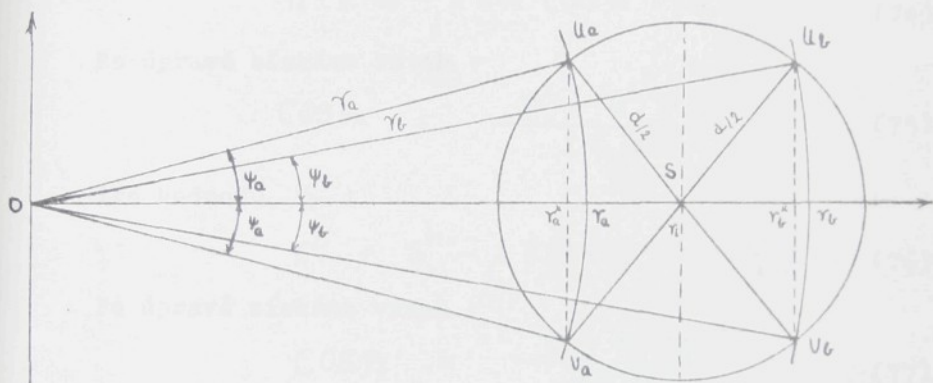
- plocha mezikruží bude rozdělena do 20ti mezikruží - tříd, které budou mít konstantní přírůstek šířky (poloměru) třídy. Do 20. třídy jako do poslední třídy spadají i středy vláken, které leží i za hranicí této dvacáté třídy,
- šířka třídy nesmí být menší než je poloměr řezu největšího vlákna.

4.2.2 Rozdělení plochy kruhového řezu do třídních intervalů

Řez vláknem tvoří ve skutečnosti obvykle jistou, tvarově složitou plošku. V této části teoretických úvah předpokládejme, že tato ploška má tvar kruhu s průměrem d shodným s "průměrem vlákna". Prakticky je pak třeba použít ekvivalentní průměr vlákna, což je průměr kruhu, jehož plocha je shodná s plochou příčného řezu skutečným vláknem. Ze znalosti jemnosti t vlákna a měrné hmotnosti ρ lze ekvivalentní průměr d vlákna snadno vyjádřit vztahem.

$$d = \sqrt{\frac{4t}{\pi \rho}}$$

V rovině příčného řezu přízi se uvažují třídní intervaly ve formě soustavy soustředných mezikruží se společným středem v ose (tj. v zjištěném těžišti řezu) příze. Uvažujme nyní nějaký třídní interval se spodní mezí γ_a a horní mezí γ_b , do něhož zasahuje idealizovaný kruh vláknenného řezu způsobem znázorněným na obrázku 19.



Obr. 19 Plocha vlákna ležícího v jednotlivých mezikruzích

Bod S zobrazuje střed i -tého vlákna ležícího ve vzdálenosti γ_i od osy příze. Ve znázorněném případě je

$$\gamma_a \geq \left(\gamma_i - \frac{d}{2} \right)$$

$$\gamma_b \leq \left(\gamma_i + \frac{d}{2} \right)$$

a zároveň

$$\gamma_a < \gamma_b$$

Tato plocha je označena symbolem P .

Platí:

$$P = P^* - P_1 + P_2 \quad (73)$$

kde P^* je plocha části kruhu ležící mezi rovnoběžnými přímkami $U_a V_a$ a $U_b V_b$

- P_1 ... je plocha kruhové úseče, která je vyseknuta přímkou $U_a V_a$ z kruhu o poloměru r_a
 P_2 ... plocha kruhové úseče, která je vyseknuta přímkou $U_b V_b$ z kruhu o poloměru r_b

Výpočet hodnot r_a^* , r_b^*

Pro výpočet hodnot r_a^* , r_b^* použijeme kosínovou větu.

Pro hodnotu r_a :

$$r_i^2 + r_a^2 - 2 r_i r_a \cos \psi_a = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (74)$$

Po úpravě získáme vztah :

$$\cos \psi_a = \frac{r_i^2 + r_a^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}{2 r_i r_a} \quad (75)$$

Pro hodnotu r_b :

$$r_i^2 + r_b^2 - 2 r_i r_b \cos \psi_b = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (76)$$

Po úpravě získáme vztah :

$$\cos \psi_b = \frac{r_i^2 + r_b^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}{2 r_i r_b} \quad (77)$$

Z toho vyplývá, že

$$r_a^* = r_a \cos \psi_a \quad (78)$$

$$r_b^* = r_b \cos \psi_b \quad (79)$$

Výpočet plochy P^*

Plochu P^* je možno odvodit přímo, pomocí vztahu eukleidovské geometrie. Je však efektivnější odvodit ji integrálně. Kružnice vlákna má rovnici :

$$(r - r_i)^2 + y^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (80)$$

Pro polorovinu kladných y potom platí :

$$y = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - (r - r_i)^2} \quad (81)$$

Pro plochu ρ^* plyne

$$\rho^* = 2 \int_{r_a^*}^{r_b^*} y dr \quad (82)$$

Dosazením do vztahu (82) ze vztahu (81) získáme :

$$\rho^* = 2 \int_{r_a^*}^{r_b^*} \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - (r - r_i)^2} dr$$

použijeme substituci :

$$t = r - r_i$$

$$dt = dr$$

Úpravami a výpočtem získáváme :

$$\begin{aligned} \rho^* &= 2 \cdot \int_{r_a^* - r_i}^{r_b^* - r_i} \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - (r - r_i)^2} dt = \\ &= 2 \left\{ \frac{1}{2} \cdot \left[t \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - t^2} + \left(\frac{d}{2}\right)^2 \arcsin \frac{t}{d/2} \right] \right\}_{r_a^* - r_i}^{r_b^* - r_i} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho^* &= (r_b^* - r_i) \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - (r_b^* - r_i)^2} + \left(\frac{d}{2}\right)^2 \arcsin \frac{r_b^* - r_i}{d/2} - \\ &- (r_a^* - r_i) \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - (r_a^* - r_i)^2} - \left(\frac{d}{2}\right)^2 \arcsin \frac{r_a^* - r_i}{d/2} \quad (83) \end{aligned}$$

Výpočet ploch P_1 a P_2

Pro plochu P_1 kruhové úseče evidentně platí při použití relace

$$r_a^* = r_a \cdot \cos \psi_a$$

Vztah :

$$P_1 = \pi r_a^2 \frac{2\psi_0}{2\pi} - r_a^* (r_a \cdot \sin \psi_a) =$$

$$\text{Po úpravě získáme} = r_a^2 \psi_a - r_a^2 \sin \psi_a \cdot \cos \psi_a$$

$$P_1 = r_a^2 \cdot (\psi_a - \sin \psi_a \cdot \cos \psi_a) \quad (84)$$

Pro výpočet plochy P_2 analogicky platí

$$P_2 = r_b^2 \cdot (\psi_b - \sin \psi_b \cdot \cos \psi_b) \quad (85)$$

Výpočet plochy P

Z rovnice (73) za použití rovnice (83), (84), (85) a relace (78) a (79) plyne :

$$P = B - A \quad (86)$$

přičemž

$$B = (\gamma_b \cos \psi_b - \gamma_i) \cdot \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - (\gamma_b \cos \psi_b - \gamma_i)^2} + \left(\frac{d}{2}\right)^2 \arcsin \frac{\gamma_b \cos \psi_b - \gamma_i}{\frac{d}{2}} + \gamma_b^2 (\psi_b - \sin \psi_b \cos \psi_b)$$

$$A = (\gamma_a \cos \psi_a - \gamma_i) \cdot \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - (\gamma_a \cos \psi_a - \gamma_i)^2} + \left(\frac{d}{2}\right)^2 \arcsin \frac{\gamma_a \cos \psi_a - \gamma_i}{\frac{d}{2}} + \gamma_a^2 (\psi_a - \sin \psi_a \cos \psi_a)$$

Speciální případy

Mohou nastat i zvláštní případy

1. Nechť

$$\gamma_b = \gamma_i + \frac{d}{2}$$

Potom podle rovnice (77) platí :

$$\cos \psi_b = \frac{\gamma_i^2 + \gamma_i^2 + \gamma_i d + \left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}{2 \gamma_i^2 + \gamma_i d} = 1$$

Takže $\psi_b = 0$

Potom tedy platí :

$$\begin{aligned} B &= \frac{d}{2} \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} + \left(\frac{d}{2}\right)^2 \arcsin 1 + 0 = \\ &= \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{\pi d^2}{8} \end{aligned}$$

2. Nechť

$$\gamma_a = \gamma_i - \frac{d}{2}$$

Analogicky podle rovnice (75) platí :

$$\begin{aligned} \cos \psi_a &= \frac{\gamma_i^2 + \gamma_i^2 - \gamma_i d + \left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}{2 \gamma_i^2 - \gamma_i d} = 1 \\ \psi_a &= 0 \end{aligned}$$

Proto tedy platí:

$$A = - \frac{a}{2} \sqrt{(d/2)^2 - (-d/2)^2} + (d/2)^2 \arcsin(-1) + 0 =$$

$$= - (d/2)^2 \cdot \frac{\pi}{2} = - \frac{\pi d^2}{8}$$

3. Nechť

$$\gamma_b = \gamma_i + d/2$$

$$\gamma_a = \gamma_i - d/2$$

tj. vláknenný kruh právě vyplňuje mezikruží, potom dle závěrů ad 1) a ad 2) je

$$B = \frac{\pi d^2}{8}$$

$$A = - \frac{\pi d^2}{8}$$

a celková plocha celého vláknenného kruhu. To je zcela v souladu s geometrickou představou. ($\rho = B - A = \frac{\pi d^2}{4}$)

Odvozené výrazy dovolují rozdělit plochu kruhu vláknenného řezu do jednotlivých třídních intervalů - mezikruží. Uvažujme například, že třídní intervaly jsou mezikružími konstantní šířky h . Označíme-li pořadové číslo třídního intervalu symbolem j ($j = 1, 2, 3, \dots$), pak horní poloměr j -tého intervalu je roven $j \cdot h$, dolní poloměr je $(j-1) \cdot h$. Má-li střed vláknenného kruhu i -tého vlákna poloměr γ_i , vyskytuje se jeho plocha na poloměrech od $\gamma_i - d/2$ do $\gamma_i + d/2$. Odtud lze snadno zjistit pořadové číslo j_d třídního intervalu, v němž leží poloměr $\gamma_i - d/2$ a pořadové číslo j_h třídního intervalu, v němž leží poloměr $\gamma_i + d/2$; plocha vlákna se vyskytuje ve všech třídních intervalech s pořadovými čísly od j_d do j_h . j_d -tou třídu nazveme dolní třída, j_h -tou třídu nazveme horní třída a třídní intervaly mezi nimi nazveme mezitřídami. Je-li $j_d = j_h$, leží celé vlákno v jediné třídě, celá jeho plocha $\pi d^2/4$ přísluší do tohoto třídního intervalu. Jestliže je $j_h = j_d + 1$, potom neexistují žádné mezitřídy a je třeba rozdělit plochu pouze do těchto dvou tříd. Z geometrického názoru je zřejmé, že část

plochy kruhu, příslušející dolní třídě lze stanovit tak, že budeme považovat horní mez této dolní třídy za hodnotu γ_a , poloměr $\gamma_i - d/2$ za hodnotu γ_b a použijeme dříve odvozených vztahů k výpočtu plochy P (popsaný druhý speciální případ). Analogicky plochu části kruhu, příslušející do horní třídy, lze počítat tak, že se položí γ_a = dolní mezí horní třídy a $\gamma_b = \gamma_i + d/2$ (pak se jedná o popsany první speciální případ. Prakticky postačí vypočítat jen plochu příslušející jedné z těchto tříd, neboť ve druhé z nich je doplněk do $\frac{\pi d^2}{4}$.

V obecném případě existuje též jedna nebo více mezitříd. Část plochy, vyskytující se v nějaké mezitřídě je pak možno vypočítat tak, že se použije odvozených obecných výrazů, kde γ_a je dolní a γ_b je horní poloměr dané mezitřídy. Pro dolní a horní třídu se postupuje stejně jako v předchozím případě.

Odvozená pravidla rozdělení plochy vlákného řezu do třídních intervalů by neplatila beze zbytku pro první nebo několik prvních třídních intervalů, pokud by byla šířka třídy $h < d/2$. Prakticky však tato extrémní jemnost rozdělení do tříd by nepřinesla žádné podstatné zpřesnění. Ve všech případech bylo prakticky užíváno $h > d/2$ (obvykle $h \approx d$) a potom platila popsaná pravidla beze zbytku pro všechny třídy.

4.2.3 Radiální průběh zaplnění

Rozdělíme-li plochy všech vláken v příčném řezu přízí do třídních intervalů, získáme celkovou plochu vlákných řezů v jednotlivých třídních intervalech.

Plocha celého j -tého třídního intervalu se šířkou h , složená jak z vlákných plošek tak i z plošek vyplněných vzduchem je $2\pi h^2(j-1/2)$. Plocha vláken v třídním intervalu dělená celkovou plochou třídního intervalu pak vyjadřuje za-

plnění tohoto intervalu. Tak je možno stanovit zaplnění ve všech třídních intervalech a získat potřebný obraz o radiálním průběhu zaplnění.

Lze též stanovit celkovou plochu S vláken v příčném řezu přízi a to buď součtem těchto ploch přes všechny třídní intervaly, či jednodušeji výrazem $\pi c \frac{\pi d^2}{4}$, kde πc je zjištěný počet všech vláken v příčném řezu přízi. Tato plocha S souvisí s jemností T příze, neboť platí

$$S = \frac{T}{\rho} \quad (87)$$

Tím je dána jistá možnost kontroly správnosti a použitelnosti naznačeného modelu. Experimentálně stanovená plocha musí být totožná s plochou stanovenou z jemnosti příze posledním výrazem. Prakticky může docházet díky idealizaci skutečného řezu vlákna na kruh k určitým diferencím, které je však možno připustit jen v omezené míře.

4.2.4 Tvarová korekce vláknenných řezů

Vlákno válcového tvaru by protnulo rovinu příčného řezu přízi v kruhové ploše pouze v případě, kdyby jeho osa byla rovnoběžná s osou příze. Pokud tato podmínka rovnoběžnosti splněna není, nevznikne řezem kruh, nýbrž elipsa, jejíž plocha je větší než doposud uvažovaná plocha kruhu. Ve skutečné přízi nejsou osy vláken rovnoběžné s osou příze. Sklon vláken k ose celé příze je dán v podstatě (obr. 20) :

- a) zákrutem - stočením vlákna do přibližně šroubovicového tvaru,
- b) souhrnem migračních efektů - to je řadou obvykle náhodných odchylek od ideálního šroubovicového průběhu.

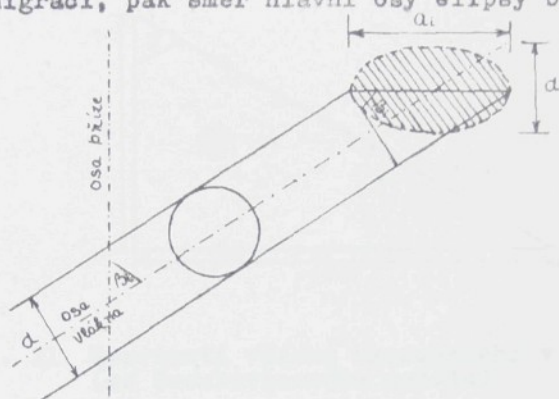
V této práci byl prozatím zvažován jen sklon ad a) důsledky mechanismů migrace jsou zanedbávány. V tomto zjednodušení je možno vycházet ze zákonitostí šroubovicového modelu příze. Úhel β_i , který svírá i -té vlákno (přesněji

tečna k ose vlákna v místě řezu) s osou příze je pak dán známým vztahem

$$\tan \beta_i = 2\pi r_i Z$$

kde Z je zákrut příze zjistitelný obvyklým laboratorním postupem.

Teoretický tvar řezu vlákna nebude kruh, ale elipsa. Pomineme-li migraci, pak směr hlavní osy elipsy bude kolmý



Obr. 20 Uložení vlákna v přízi vlivem zákrutu

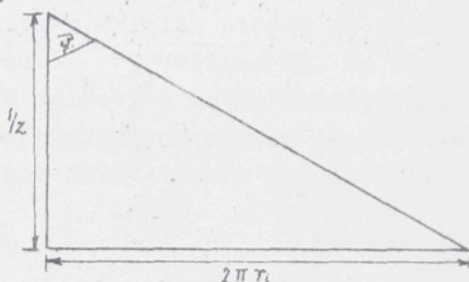
na průvodič středů. Teoreticky čisté řešení takového geometrického případu proto vyžaduje nalézt příslušné vztahy plynoucí z "proseknutí" elipsy vlákna soustavou kruhů třídních intervalů.

Řešení této geometrické úlohy by však bylo neúměrně složité a vyžadovalo by užití některých numerických metod. Bylo proto žádoucí problematiku poněkud zjednodušit. Zjednodušení vychází z následujících faktů. Kolem osy příze je sklon vláken způsobený zákrutem nepatrný, řezy mají přibližně kruhový tvar. V okrajích příze již převažuje tvar spíše eliptický, avšak poměr hlavní a vedlejší osy takové elipsy není příliš velký. Pripustíme-li například, že sklon vláken v okraji je 25° , činí poměr hlavní a vedlejší osy elipsy asi 1,1 ($1/\cos 25$). Na okraji příze však mají kruhy ohraničující třídy již velký poloměr r_i a tak jejich úsek

protínající řez vlákná se tvarem přibližuje přímce. Proto je možné s minimální chybou nahradit složité geometrické řešení korekcí, v níž plochy vypočtené dle předchozí kruhové teorie pouze vynásobíme poměrem os elipsy.

$$a_i = d \cdot \frac{1}{\cos \beta_i} \quad (88)$$

Zákrut vláken



Obr. 21 Rozvinutí vlákná zkrouceného v přízi (ze šroubovicového modelu)

Vztah, který zde platí :

$$\tan \beta_i = 2\pi r Z = \pi a Z$$

Z ... zákrut

β_i ... úhel sklonu tečny křivky vlákná k ose příze

r ... poloměr příze

Tak je možno ke každému vláknu stanovit při znalosti poloměru r a zákrutu příze Z jemu odpovídající úhel β_i . Eliptický řez vláken je zřejmý z obrázku 20. Vedlejší osa příze elipsy je v tomto případě rovna průměru d vlákná. Hlavní osa a_i elipsy je závislá na sklonu vlákná vztahem

$$a_i = \frac{d}{\cos \beta_i} = d \sqrt{1 + (2\pi r Z)^2} \quad (89)$$

Plocha této elipsy je určena výrazem $\frac{\pi a d}{4}$ a je větší než plocha kruhu $\frac{\pi d^2}{4}$. Součinitel ω_i plošného zvětšení je pak dán výrazem

$$\omega_i = \frac{\frac{\pi a_i d^2}{4}}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{a_i}{d} = \frac{1}{\cos \beta_i}$$

$$\omega_i = \sqrt{1 + (2\pi r Z)^2} \quad (90)$$

V tomto zjednodušení se vychází nejprve z dříve uvedené představy kruhu, jehož plocha se rozdělí do třídních intervalů. Každá z těchto dílčích plošek se však nyní zvětší vynásobením hodnotou ω_i . Uvážíme-li, že skutečný tvar vlákna není obvykle válcový a že se zanedbávají migrační jevy, pak uvedený zjednodušený postup je v mezích přesnosti této vyhodnocovací metody dobře použitelný.

5. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5.1 POUŽITÝ EXPERIMENTÁLNÍ MATERIÁL

Popsaná metoda byla ověřena na 5ti typech přízí.

- A - Příze z PES 100 % Diolen 12, jemnost vlákna -
0,170 tex, délka vlákna - 32 mm, rotorová BD 200 M
(výroba n.p. Perla), jemnost příze - 20 tex, 812
zákrutů, 3,2ktex pramene, 36 000 otáček rotoru min^{-1}
- B - Příze z PES 100 % Tesil - 12, jemnost vlákna -
0,170 tex, délka vlákna - 38 mm, rotorová BD 200 S,
označ. rotoru Standard ϕ 54, jemnost příze 20 tex,
747 zákrutů, 3,75ktex pramene, 60 000 otáček rotoru
 min^{-1} .
- C - Příze z PES 100 Tesil 12, jemnost vlákna -
0,170 tex, délka vlákna - 32 mm, rotorová BD 200 S,
označ. rotoru - Standard ϕ 54, jemnost příze 20 tex,
1150 zákrutů, 3,75ktex pramene, 60 000 otáček rotoru
 min^{-1} .
- D - Příze z PES 100 % Diolen 12, jemnost vlákna -
0,170 tex, délka vlákna - 32 mm, rotorová BD 200 S,
označ. rotoru Standard ϕ 54, jemnost příze 35,5 tex,
784 zákrutů, 3,2ktex pramene, 60 000 otáček rotoru
 min^{-1} .
- E - Příze Diolen/ba 65/35
PES - 0,170 tex, délka vlákna - 32 mm
ba - RI - 50 %, jemnost 0,1869 tex
RII - 35 %, jemnost 0,1764 tex
Syria - 15 %, jemnost 0,1614 tex
průměrná délka - 30 mm
Rotorová BD 200 M (výroba n.p. Perla), jemnost příze -
20 tex, 1187 zákrutů, 3,2ktex pramene, 31 000 otáčky
rotoru.

U všech přízí bylo proměřeno 60 příčných řezů. Pro polyesterové příze a směšové příze byla použita technika obkreslování matnice.

Při konkrétním provádění laboratorních prací a vyhodnocování se potvrdilo, že metoda je prakticky reálná a v daném rozsahu měření reprezentativní.

5.2 PŘÍPRAVA LABORATORNÍCH VZORKŮ A ZÍSKÁNÍ OBRAZŮ PŘÍČNÝCH ŘEZŮ

5.2.1 Úvodní charakteristika

V této práci je řešena otázka radiálního průběhu zaplnění příze. Jedná se tedy o radiální analýzu, tzn. že plocha řezu příze při vyhodnocování je rozdělena do několika mezikruží s konstantním přírůstkem hodnoty poloměru mezikruží.

Jako způsob získávání řezu byla zvolena metoda používající "měkkých" řezů.

Pro zvětšování získaných preparátů byl použit mikroskop VISOPAN. Z fólie s překreslenými řezy byly snímány souřadnice středů jednotlivých řezů. Pozorování a zvětšování bylo prováděno v procházejícím světle. Při snímání bodů se vychází ze středů vláken; okolo každého středu je opisována plocha, která přísluší jednotlivým vláknům. K tomuto účelu byl použit přístroj DIGIMET, vyvinutý v SVÚT Liberec.

Po záznamu do děrné pásky následuje vyhodnocování. Na základě teoretických vztahů byl sestaven program nazvaný SECANT - 1. Vyhodnocování se provádělo pomocí stolního kalkulátoru. Bylo vyhodnocováno zaplnění v každém řezu příze a graficky zaznamenáno. Závěrečné výsledky byly vytištěny ve formě tabulky.

5.2.2 Metodiky, používající pro zjišťování vnitřní struktury příze příčných řezů

Příčných řezů se využívá již delší dobu. Řezy se však nepoužívaly v systematickém pozorování, ale spíše jednotlivě pro vizuální hodnocení struktury příze. Příčné řezy lze pořizovat různým způsobem. Základní rozdělení příčných řezů z metody I.W. Lodž dle Malinowske /82/.

1. tvrdé řezy,
2. měkké řezy.

Při využití metody "tvrdých" řezů dochází k zalévání vzorků materiálu do vhodného média. Jedná se o běžnou zalévací metodu. Pro zalévání jsou používány obvykle polyestrové, epoxidové nebo polyalkylakrylátové pryskyřice (např. ChS Polyester 104, Epoxy 1200, Dentakryl apod.). Úpravy zalitého materiálu jsou podobné úpravám materiálů kovových. Dochází k řezání, broušení a leštění zalitého materiálu. Broušení a leštění se provádí ručně nebo na elektrických bruskách a leštičkách s případným pokovením plochy řezu. Též v SVÚT Liberec byly studovány techniky zhotovení příčných řezů, které se skládaly ze zalití do pryskyřice, z výbrusu a případného použití takového řezu. Již z tohoto základního popisu je zřejmé, že se jedná o postup velice zdlouhavý, sloužící spíše pro ukázkou rozložení vláken v řezu příze než pro systematický výzkum používající velké množství řezů.

Metody, které používají "měkkých" řezů nejsou tak náročné na přípravu vzorků. Principu, na kterém jsou založeny, se využívá v lékařství pro zalévání organických tkání. Pro textilní materiál musela být ještě tato metodika poněkud upravena.

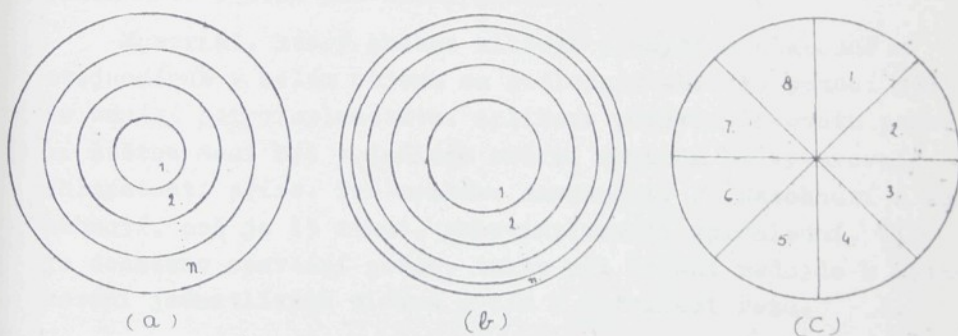
Shrnutím dosavadních údajů tedy zjistíme, že volba metody pro výzkum vnitřního uspořádání příze závisí :

- na vhodnosti řezů,
- na časové náročnosti zhotovování řezů,
- na počtu řezů, který bude použit.

Po získání příčných řezů je dále nutné rozhodnout se pro určitou formu vyhodnocení výsledků získaných měření.

Zaplnění příze lze vyhodnocovat pomocí několika postupů:

- zaplnění zjišťované pomocí radiální analýzy, kdy je plocha příze rozdělena do mezikruží s konstantním přírůstkem poloměru mezikruží (obr. 22a),
- zaplnění zjišťované pomocí radiální analýzy, kdy je plocha příze rozdělena do mezikruží se stejnou plochou mezikruží, přírůstek poloměru mezikruží není konstantní (obr. 22b),
- zaplnění zjišťované pomocí axiální analýzy, kdy plocha příze je rozdělena do několika výsečí - sektorů (obr. 22c)



Obr. 22 Rozdělení řezů příze podle různých analýz zjišťování průběhu zaplnění

5.2.3 Experimentální vyhotovení příčných řezů a jejich měření

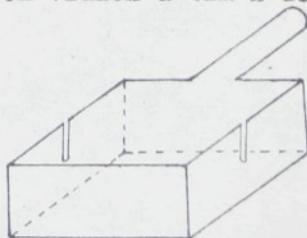
Při tomto zjišťování radiálního průběhu zaplnění příze se vychází z metody používající "měkkých" řezů dle Malí-

nowske /82/. Je to poměrně jednoduchá a časově (vzhledem k ostatním metodám) málo náročná metoda získávání mikrometrických řezů textilních materiálů. Je založena na zpevnění textilních vzorků výhodným médiem, které se chová k vláknům neutrálně, vlákna nebotnají, ani se zalévacím médiem jinak nereagují. Tato metody se též používá v lékařství pro zalévání organických tkání. Ale pro textilní materiály je nutno vzorek ještě upravit.

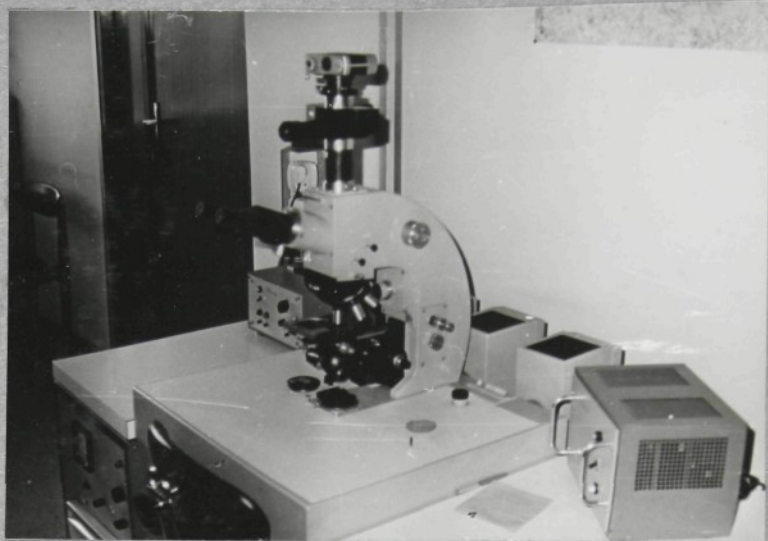
5.2.3.1 Postup přípravy vzorků

Materiál, který chceme řezat, v našem případě příze, musíme znát její jemnost. Alespoň pět přadének příze musíme zvážit a jednu z nich, která je výhodnější, vybereme pro řezání. Pro správné výsledky musíme znát jemnost úseku, který byl řezán. Ale je těžké poznat jemnost tohoto úseku. Proto uvažujeme průměrnou jemnost těchto úseků, které byly řezány, jako průměrnou jemnost přadénka. Potom musíme vybrat jeden metr z toho pro každý průřez.

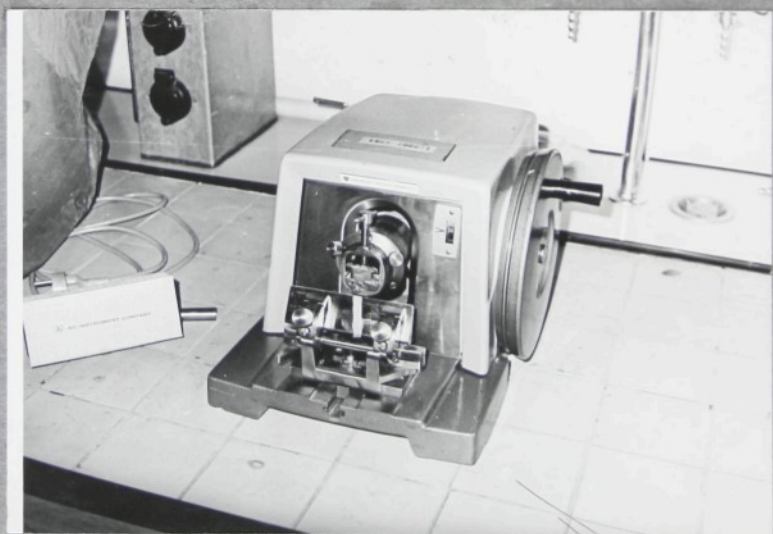
Materiál, který chceme zalévat prosytíme důkladně a stejnoměrně v celém objemu na podložním skličku pomocí štětce emulzí polyvinylacetátu. Aplikace polyvinylacetátu pomocí štětce musí být v jediném směru, abychom se vyvarovali chlupatosti příze. Ten necháme zaschnout. Po zaschnutí a zatumnutí, což je 15 minut, polyvinylacetát zprůhlední. Tím je dosaženo zpevnění příze, takže při řezání nedojde k vytahování jednotlivých vláken a tím k deformaci řezu.



Obr. 23 Zalévací miska

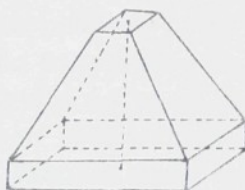


Mikroskop NU2



Mikrotom

Zpevněnou přízi vložíme do zářezů zalévací misky (obr. 23), která má rozměry $20 \times 20 \times 12$ mm. Přízi po stranách misky upevníme, aby nedošlo k prohnutí příze vlastní vahou, čímž by nebylo dosaženo kvalitních řezů. Takto připravenou přízi zalejeme rozehřátou směsí včelího vosku a parafínu v poměru 2:3 (parafín je použit, abychom dosáhli měkkých vzorků). Směs necháme ztuhnout a potom vyjme vzorek opatrně z misky. Nožem odstraníme po stranách přečnívající zbytky příze, které nejsou zality. Kostku, kterou jsme získali, seřízneme nožem do tvaru jehlanu obr. 24 (jehlanový tvar je jednodušší řezat na mikrotomu).



Obr. 24 Jehlan parafínu obsahující zkoumanou přízi

Tímto je vzorek upraven k řezání. Před řezáním se odlietek asi dvě hodiny nechá zmrazit v chladničce (nechlazený vzorek se při řezání deformuje a řez je přetírán parafínem, přechlazený se láme). Vzorek se upevní do posuvné části mikrotomu, která se pohybuje proti stabilnímu, velmi ostrému noži. Upevněný vzorek se pohybuje vertikálním směrem. Je možné si zvolit šířku řezu libovolně. Po odzkoušení několika různých šířek řezů byla pro nás jako nejvhodnější zvolena hodnota 25 μ m.

Při řezání se jednotlivé řезы na sebe napojují, takže je možno přenést je v celku jako pás na podložní sklíčko. Přenáší se a sleduje se více řezů najednou, protože je nutné vybrat si co nejlépe zřetelný řez. Na podložní sklíčko

musí být řezy pevně přitisknuty. Na jediné podložní skličko položíme čtyři pásy. Teď je preparát připraven k mikroskopování. Poprvé se musíme podívat na průřez příze pod mikroskopem NU2. Zkušenost ukazuje, že jestliže aplikace polyvinylacetátu není dobře aplikovaná a polyvinylacetát nejde dovnitř k jádru příze, můžeme dostat malou díru v průřezu a takové průřezy nesmíme uvažovat. Pro rozpuštění parafínu se řezy lehce zakápnou xylénem. Krycí skličko se přiloží opatrně z důvodu místního posunutí vláken. Preparát je připraven k překreslení.

Pro překreslení byl použit k dalšímu zpracování projekční mikroskop VISOPAN - optické zařízení, které zvětšuje až do 500x a obraz průřezu promítá na matnici. Z matnice tohoto projekčního mikroskopu byly pak snímány jednotlivé obrazy řezu překreslením na psací fólii tak, že byly obkresleny kontury všech příčných řezů vláken. Předností projekčního mikroskopu VISOPAN byla možnost místního doostření řezu a lepší rozlišení jednotlivých vláken.

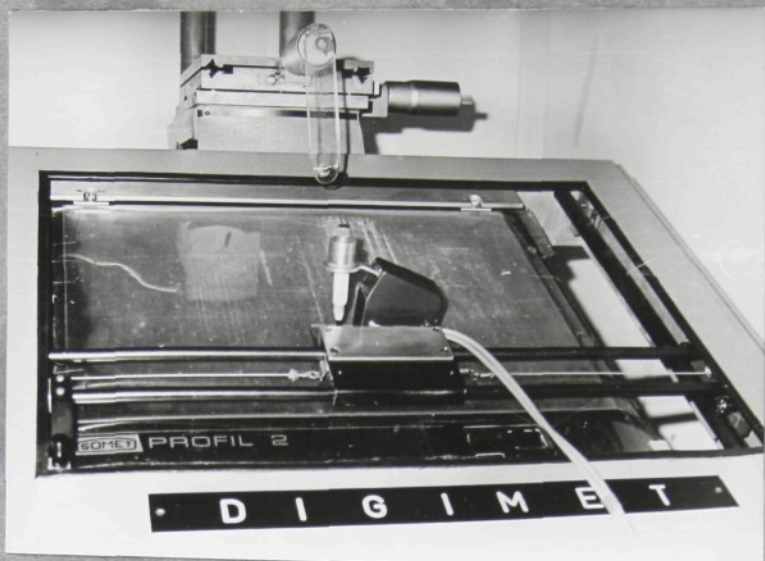
Tento jev je častější u špatně smáčivých přízí (např. ba/PES a 100 % bavlněných). Situace se zlepší, je-li příze před vlastní preparací upravena v 5 % roztoku syntaponu CP asi 5 minut. Potom se vypere v destilované vodě a je sušena.

Aby se dostaly dobré řezy z mikrotomu, je třeba nůž ostřit dvakrát pro jednu přízi.

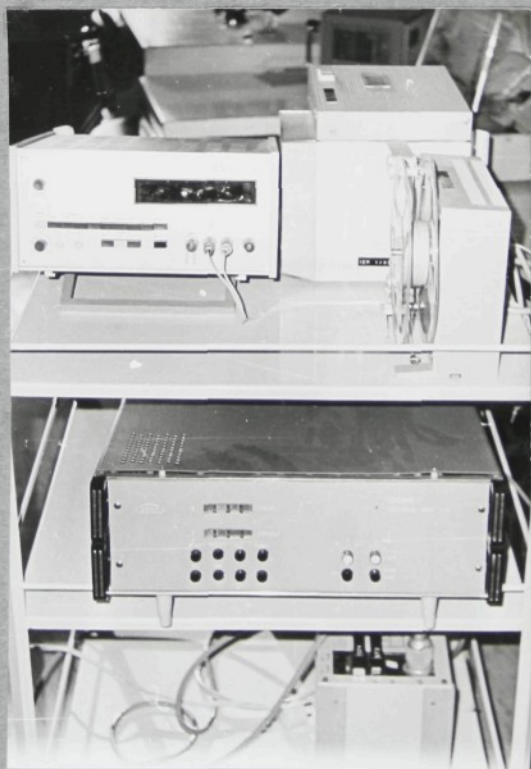
5.2.4 Digitalizace

Fólie s překresleným řezem je nutno dále zpracovávat. Zpracování bylo provedeno pomocí digitalizace (je možno použít planimetru, ale zjišťování všech ploch by bylo velmi zdlouhavé). Pro tuto činnost tedy bylo použito systému zařízení DIGIMET, které se pro náš případ skládá :

- z digitalizačního rámu,



Digimet



Centrální jednotka s děrovačem

- z centrální jednotky,
- z děrovače.

Na upínací stolek projekčního mikroskopu se položí fólie s překresleným řezem, Deska stolku je skleněná, průhledná a nad stolkem je zdroj světla. V mém případě byl bílý papír položen na desce stolku, aby bylo dobře vidět obraz na fólii. Měření provádí digitalizační rám, který je vybaven optickým křížem. Ramena rámu se pohybují ve směru svislém i vodorovném. Pohyb digitalizačního rámu je zprostředkován pomocí lanového převodu a je zaregistrován pomocí čidel, která impulzivně zaznamenávají souřadnice pomocí fotonky. Je možné provádět posuv tam a zpět.

Pomocí vnějšího tlačítkového impulsu jsou jednotlivé záznamy převáděny do centrální jednotky, která řídí děrovač. Původně bylo tlačítko na kraji digitalizačního rámu. Při záznamu, který je potřeba u této práce, bylo nutno tlačítko přenést přímo na digitalizační rám. Pro tento účel bylo zkonstruováno speciální tlačítko s písátkem. Bylo nutné zaznamenat středy každého vlákna a aby nedošlo k zaznamenání každého vlákna dvakrát, bylo třeba již zaznamenaná vlákna označit přímo na fólii s překresleným řezem. K tomuto účelu sloužilo písátko upevněné na optickém kříži digitalizačního rámu. Po stisknutí písátko vytvořilo na matnici projekčního mikroskopu značku a zároveň byl spínačem umístěným pod písátkem dán impuls do centrální jednotky k zaznamenání hodnot souřadnice x a y . Každá zaznamenaná hodnota se objevila na obrazovce centrální jednotky a zároveň byla vyděrována děrovačem do pásky. Na děrné pásce jsou u každého vlákna v řezu zaznamenány hodnoty x a y . Takto je zaznamenaný celý řez příze. Po zaznamenání poloh středů vláken jednoho řezu bylo nutné zajistit oddělení od dalšího řezu. Proto byla matnice profilprojektoru brána jako I. kvadrant a v něm byla umístěna všechna vlákna. Osa x byla umístěna kousek nad spodním okrajem matnice a osa y kousek vpravo od levého svislého okraje matnice. Hodnota

počátku těchto os byla zaznamenána v centrální jednotce. Jestliže se na děrné pásce vyskytl bod se souřadnicemi x a y spadajícími do III. kvadrantu (záporné hodnoty), byl to vlastně kódový signál konce řezu. Po zpracování jednoho řezu byly body označující středy vláken odstraněny z matnice projekčního mikroskopu pomocí lihu.

5.2.5 Stanovení programu pro počítač

Na základě teoretických vztahů, uvedených v předcházející kapitole 4.2.2, byl sestaven program nazvaný SECANT-1. Byl sestaven pro stolní kalkulátor Hewlett Packard 9810A. Při vyhodnocování bylo nutno použít i tyto periferie počítače :

- mechanický snímač děrné pásky,
- magnetopásková jednotka,
- souřadný zapisovač,
- úzká tiskárna (zabudovaná jako součást kalkulátoru).

Do počítače vstupuje děrná páska souřadnic vlákených středů. Ručním vstupem je zadáváno :

- zvolená hodnota přírůstku poloměru v jednotlivých mezikružích,
- počet zákrutů příze (aby bylo možno zjistit zkosení vláken vlivem zákrutu v řezu) ,
- zvětšení; je dáno zvětšením mikroskopu na fólii (500x) a zvětšením elektronikou při děrování (10x),
- jemnost vláken,
- střední měrná hmotnost vláken,
- průměr vláken.

5.2.5.1 Práce s programem

Při použití programu SECANT - 1 dochází k vyhodnocování průběhu zaplnění příze v každém řezu (pro statistické vy-

hodnocování je třeba proměřit nejméně 60 řezů od jedné příze). U každého řezu je graficky vynesena pozice každého středu vlákna a zakreslen radiální průběh zaplnění příze každého řezu.

Při práci s programem dochází po "přečtení" jednoho řezu příze mechanickým snímačem děrné pásky, po vyhodnocení radiálního průběhu zaplnění příze a po zakreslení této závislosti, k zastavení programu. Zde se můžeme rozhodnout, zda tuto závislost zahrneme do celkového hodnocení, či nikoliv.

Přípravné operace :

1. vloží se rozmítnutá magnetická páska, zavede se program,
2. nastaví se souřadnicový zapisovač. Formát grafu musí být v poměru 100 : 60 na šířku,
- 3, založení děrné pásky a příprava snímače.

Toto rozhodnutí je možné provést tlačítkem CONTINUE. Jestliže zmáčkne toto tlačítko, je řez příze zahrnut do celkového hodnocení a zároveň je dán impuls pro "přečtení" hodnot dalšího řezu příze. Nejprve se ukládají ruční vstupy dle tiskárny. Hodnoty jsou tištěny včetně vypočteného ekvivalentního průměru vlákna. Program analyzuje prostor 19+1 třídní interval. Program vykreslí příčný řez a průběh zaplnění. Poloměr je vynášen od 0 do 20x šířka třídy, zaplnění od 0 do 1.

Jestliže zmáčkne nejdříve tlačítko označené "0", potom není tento řez do celkového hodnocení zahrnut. Toto rozhodování je velmi vhodné, protože může dojít i k technickým chybám při děrování nebo při snímání z děrné pásky (v několika případech vznikl omyl při čtení děrné pásky mechanickým snímačem, tedy řez nebyl do hodnocení zahrnut a po opakovaném čtení se již chyba znovu neobjevila). 3 vý-

jímkou technických chyb nebyl proveden žádný subjektivní výběr a všechny řezy byly zahrnuty do celkového hodnocení. Akceptuje-li se řez, stiskne se pouze CONTINUE a opakuje se po každém řezu.

Po zpracování všech řezů jedné příze přechází program do koncové části, kdy dochází k celkovému hodnocení. Jsou vyhodnocovány :

- střední radiální průběh zaplnění příze jako aritmetický průměr zjištěných hodnot zaplnění příze ve všech řezech a v každé třídě;
- směrodatná odchylka radiálního průběhu zaplnění příze ve všech řezech a v každé třídě.

Na závěr programu jsou celkové výsledky tištěny úzkou tiskárnou ve formě tabulky a též je graficky znázorněn střední radiální průběh zaplnění (provedou se operace GO TO, LABEL, Y, CONTINUE), který je naznačen plnou čarou. Směrodatné odchylky zaplnění v jednotlivých třídách jsou naznačeny křížky.

5.3 VYHODNOCOVÁNÍ PŘÍČNÝCH ŘEZŮ

Pro zkoumání radiálního průběhu zaplnění bylo připraveno 5 bezvřetenových přízí. Čtyři z nich byly připraveny z 100 % PES a jedna ze směsi PES/ba (65/35). Parametry jsou uvedeny v kapitole 5.1. Pro zjednodušení jsou příze značeny symboly A, B, C, D a E. Z každé příze bylo připraveno 60 řezů. Výsledky byly vyhodnocovány pomocí stolního kalkulátoru Hewlett Packard 9810 A na základě teoretických vztahů, které jsou popsány v kapitole 4. Bylo vyhodnocováno zaplnění v každém řezu a graficky zaznamenáno. Závěrečné výsledky byly vytištěny ve formě tabulky. Pro lepší orientaci byly rovněž zhotoveny histogramy rozložení počtu vláken v jednotlivých řezech a vypočítaná hodnota směrodatné odchylky a variačního koeficientu. V tabulce 2 je souhrn výsledků z výpočtu různých hodnot pro všechny příze. Ostatní tabulky a grafy jsou uvedeny v příloze. Na obrázcích 25, 26 vidíme průřezy příze nakreslené podle pozorování v mikroskopu. Pro lepší názornost jsou přiloženy v příloze dvě fotografie průřezů každé ze zkoumaných přízí.

Dále jsou uvedeny výpočty různých přízí podle různých faktorů.

5.3.1 Zaplnění příze

Obvyklými optickými metodami může získat poloměr příze z grafu korigovaných hodnot zaplnění v jednotlivých třídních intervalech. Poloměr příze odpovídá hodnotě $\mu \approx 0,14$. Po nalezení velikosti poloměru jsme počítali zaplnění příze na základě definice zaplnění příze :

$$\mu_p = \frac{T/Q}{\pi r^2} = \frac{S_R}{\pi r^2}$$

kde T - je jemnost příze $/\text{Mtex}/$
 Q - je měrná hmotnost vlákna $/\text{kgm}^{-3}/$

r - je poloměr příze / m /

μ_p - zaplnění příze

Sg - součet ploch vláken / m² /

Příze - A

T = 20,0 tex

q = 1360 kgm⁻³

r = 0,095 mm

$$\mu_p = \frac{\frac{20,0 \cdot 10^6}{1360} \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot (0,095)^2} = \frac{0,0147058}{0,0283642}$$

$$\mu_p = 0,5184634$$

Příze - B

T = 21,46 tex

q = 1360 kgm⁻³

r = 0,100 mm

$$\mu_p = \frac{\frac{21,46 \cdot 10^6}{1360} \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot (0,100)^2} = \frac{0,0157794}{0,0314285}$$

$$\mu_p = 0,5020729$$

Příze - C

T = 20,52 tex

q = 1360 kgm⁻³

r = 0,0955 mm

$$\mu_p = \frac{\frac{20,52 \cdot 10^6}{1360} \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot (0,0955)^2} = \frac{0,0150882}{0,0286636}$$

$$\mu_p = 0,5263888$$

Příze - D

$$\begin{aligned} T &= 35,53 \text{ tex} \\ \varrho &= 1360 \text{ kgm}^{-3} \\ r &= 0,1325 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\mu_p = \frac{\frac{35,53 \cdot 10^6}{1360} \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot (0,1325)^2} = \frac{0,026125}{0,0551767}$$

$$\mu_p = 0,4734788$$

Příze - E

$$\begin{aligned} T &= 22,7 \text{ tex} \\ \text{střední měrná hmotnost vláken} &= 1360 \times 0,68 + 1500 \times 0,32 \\ \varrho &= 1404,8 \text{ kgm}^{-3} \\ r &= 0,1005 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\mu_p = \frac{\frac{22,7 \cdot 10^6}{1404,8} \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot (0,1005)^2} = \frac{0,0161588}{0,0317436}$$

$$\mu_p = 0,5090411$$

5.3.2 Faktor K_s

Výpočet radiálního průběhu zaplnění zde použitou metodou příčných řezů je nutno provádět z hlediska absolutní funkční hodnoty zaplnění. Tuto absolutní velikost je patrně nejvhodnější posuzovat z hlediska celkové řezné plochy S_R vláken v příčném řezu příze. Tuto plochu lze nalézt přímo z definiční rovnice jemnost příze, neboť platí :

$$V = S_R \cdot \ell_p$$

$$T = \frac{m}{\ell_p} = \frac{S_R \cdot \ell_p \cdot \varrho}{\ell_p} = S_R \cdot \varrho \quad (91)$$

kde

- S_R - součet ploch vláken $/m^2/$
 T - jemnost (déłková hmotnost příze) $/Mtex/$
 l_p - déłka příze $/m/$
 m - hmotnost příze $/kg/$
 V - objem vláken v přízi $/m^3/$
 ξ - měrná hmotnost vláken $/kgm^{-3}/$

Odtud plyne

$$S_R = \frac{T}{\xi} \quad (92)$$

K velikosti plochy S_R je možno dospět také ze známých hodnot zaplnění jednotlivých třídních intervalů přízí. Označíme-li střední poloměr i -tého intervalu symbolem r_i , potom příčného řezu intervalem (plocha mezikruží) je $2\pi r_i R$

kde

- R - šířka třídního intervalu
 r_i - střední poloměr intervalu, v našem případě konstantní šířky třídních intervalů jsou vyjádřeny vztahem

$$r_i = (i - 1/2) \cdot R \quad (93)$$

takže plocha zmíněného mezikruží může být vyjádřena též výrazem $2\pi R^2 (i - 1/2)$. Plocha vláken obsažená v tomto mezikruží je $2\pi R^2 (i - 1/2) \cdot \Delta i$, kde

Δi - zaplnění v i -té třídě.

Celková plocha vláken je potom v příčném řezu příze

$$S_e = 2\pi R^2 \sum_{i=1}^{20} (i - 1/2) \cdot \Delta i \quad (94)$$

Z výrazů (92) a (94) plyne

$$\sum_{i=1}^{20} (i - 1/2) \cdot \Delta i = \frac{T}{2\pi R^2 \xi} \quad (95)$$

Tuto plochu (94) lze z výsledných údajů tedy spočítat. Na druhé straně (94) je možné vypočítat plochu příčného řezu ze známé jemnosti příze ($S_R = \frac{T}{\xi}$) a při obou způsobech výpočtu bychom měli získat stejnou hodnotu.

Příze - A

$$\begin{aligned} t &= 0,170 \text{ tex} \\ \xi &= 1360 \text{ kgm}^{-3} \\ T &= 20,0 \text{ tex} \\ h &= 0,008 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_R = \frac{20,0 \cdot 10^6}{1360} \cdot 10^{-6} = 0,0147058 \text{ mm}^2$$

$$\sum_{i=1}^{20} (i - 1/2) \cdot \Delta i = 30,07575$$

$$\begin{aligned} S_e &= 2 \pi \cdot (0,008)^2 \cdot 30,07575 \\ &= 0,012099 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Zde činí poměr } \frac{S_R}{S_e} = 1,2154558$$

$$\text{Faktor } K_s = \frac{S_e}{S_R} = 0,8227366$$

Příze - B

$$\begin{aligned} t &= 0,170 \text{ tex} \\ \xi &= 1360 \text{ kgm}^{-3} \\ T &= 21,46 \text{ tex} \\ h &= 0,008 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_R = \frac{21,46 \cdot 10^6}{1360} \cdot 10^{-6} = 0,0157794 \text{ mm}^2$$

$$\sum_{i=1}^{20} (i - 1/2) \cdot \Delta i = 32,2805$$

$$\begin{aligned} S_e &= 2 \pi \cdot (0,008)^2 \cdot 32,2805 \\ &= 0,0129859 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Zde činí poměr } = \frac{S_R}{S_e} = 1,2151179$$

$$\text{Faktor } K_S = \frac{S_e}{S_R} = 0,8229653$$

Příze - C

$$t = 0,170 \text{ tex}$$

$$\varrho = 1360 \text{ kgm}^{-3}$$

$$T = 20,52 \text{ tex}$$

$$S_R = \frac{20,52 \cdot 10^6}{1360} \cdot 10^{-6} = 0,0150882 \text{ mm}^2$$

$$\sum_{i=1}^{20} (i - 1/2) \cdot \Delta i = 32,6769$$

$$S_e = 2 \pi (0,008)^2 \cdot 32,6769$$

$$S_e = 0,0131454 \text{ mm}^2$$

$$\text{Zde činí poměr } \frac{S_R}{S_e} = 1,147 \text{ 7931}$$

$$\text{Faktor } K_S = \frac{S_e}{S_R} = 0,8712371$$

Příze - D

$$t = 0,170 \text{ tex}$$

$$\varrho = 1360 \text{ kgm}^{-3}$$

$$T = 35,53 \text{ tex}$$

$$h = 0,01 \text{ mm}$$

$$S_R = \frac{35,53 \cdot 10^6}{1360} \cdot 10^{-6} = 0,026125 \text{ mm}^2$$

$$\sum_{i=1}^{20} (i - 1/2) \cdot \Delta i = 36,6628$$

$$S_e = 2 \pi (0,01)^2 \cdot 36,6628$$

$$= 0,0230451 \text{ mm}^2$$

$$\text{Zde činí poměr } \frac{S_R}{S_e} = 1,1336466$$

$$\text{Faktor } K_S = \frac{S_e}{S_R} = 0,882109$$

Příze E

Polyester - 68 %

Bavlna - 32 %

$$\text{Střední jemnost vlákn} = 0,68 \times 0,17 + 0,32 \times 0,1794$$

$$t = 0,173 \text{ tex}$$

$$\text{Střední měrná hmotnost vláken} = 1360 \times 0,68 + 1500 \times 0,32$$

$$\varphi = 1404,8 \text{ kgm}^{-3}$$

$$T = 22,7 \text{ tex}$$

$$h = 0,008 \text{ mm}$$

$$S_R = \frac{22,7 \cdot 10^6}{1404,8} \cdot 10^{-6} = 0,0161588 \text{ mm}^2$$

$$\sum_{i=1}^{20} (i - \frac{1}{2}) \cdot (u_i) = 35,4831$$

$$S_e = 2 \pi \cdot (0,008)^2 \cdot 35,4831$$

$$= 0,0142743 \text{ mm}^2$$

$$\text{Zde činí poměr} = \frac{S_R}{S_e} = 1,1320204$$

$$\text{Faktor } K_S = \frac{S_e}{S_R} = 0,8833762$$

Příze - E₁

Polyesterová komponenta - 68 %

$$t = 0,17 \text{ tex}$$

$$\varphi = 1360 \text{ kgm}^{-3}$$

$$T = 22,7 \times 0,68$$

$$= 15,436 \text{ tex}$$

$$h = 0,008 \text{ mm}$$

$$S_R = \frac{15,436 \cdot 10^6}{1360} \cdot 10^{-6}$$

$$= 0,01135 \text{ mm}^2$$

$$\sum_{i=1}^{20} (i - \frac{1}{2}) \cdot (u_i) = 24,9466$$

$$S_e = 2 \pi \cdot (0,008)^2 \cdot 24,9466$$

$$= 0,0100356 \text{ mm}^2$$

$$\text{Zde činí poměr} = \frac{S_R}{S_e} = 1,1309737$$

$$\text{Faktor } K_S = \frac{S_e}{S_R} = 0,8841938$$

Příze - E₂

Bavlněná komponenta - 32 %

$$t = 0,1794 \text{ tex}$$

$$q = 1500 \text{ kgm}^{-3}$$

$$T = 22,7 \times 0,32 = 7,264 \text{ tex}$$

$$h = 0,008 \text{ mm}$$

$$S_R = \frac{7,264 \cdot 10^6}{1500} \cdot 10^{-6} = 0,0048426 \text{ mm}^2$$

$$\sum_{i=1}^{10} (i - 1/2) \cdot \Delta i = 10,5365$$

$$S_e = 2 \pi \cdot (0,008)^2 \cdot 10,5365$$

$$= 0,0042386 \text{ mm}^2$$

$$\text{Zde činí průměr} = \frac{S_R}{S_e} = 1,1424998$$

$$\text{Faktor } K_S = \frac{S_e}{S_R} = 0,8752736$$

5.3.3 Faktor K_η

Příze A

Pro lepší orientaci byl rovněž zhotoven histogram rozložení počtu vláken v jednotlivých řezech.

Pomocí histogramu v příloze č. 2 byly zjištěny pro přízi A tyto hodnoty :

- průměrný počet vláken v řezu (n_g) = 93,3
- výběrová směrodatná odchylka (s_{n_g}) = 15,5
- variační koeficient (v_{n_g} %) = 16,6

$$T = 20,0 \text{ tex}$$

$$t = 0,17 \text{ tex}$$

$$\text{Teoretický počet vláken } (n_T) = \frac{T}{t} = \frac{20,0}{0,17}$$

$$\eta_T = 117,6$$

$$\text{Faktor } K_n = \frac{n_e}{n_r} = \frac{93,3}{117,6}$$

$$K_n = 0,793$$

Chyba průměru

$$\delta_{\text{abs.}} = \pm \frac{s_{n_e}}{\sqrt{n}} \cdot t_{\alpha}(h-1)$$

$$s_{n_e} = \pm \frac{\delta_{\text{abs.}}}{n_e}$$

Pro 58 stupňů volnosti a hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ je kritická hodnota rovna $t_{0,05}(58) = 2,0017$

$$t_{0,05}(58) = 2,0017$$

$$s_{n_e} = 15,5$$

$$n = 59$$

$$n_e = 93,3$$

$$\delta_{\text{abs.}} = \pm \frac{15,5}{\sqrt{59}} \cdot 2,0017$$

$$= \pm 4,04$$

$$s_{n_e} = \pm \frac{4,04}{93,3}$$

$$s_{n_e} = \pm 0,0433$$

Příloha B

Pomocí histogramu v příloze č. 3 byly zjištěny pro přízi B tyto hodnoty :

- průměrný počet vláken v řezu (n_e) = 99,8
- výběrová směrodatná odchylka (s_{n_e}) = 14,7
- variační koeficient ($v_{n_e} \%$) = 14,8

$$T = 21,46 \text{ tex}$$

$$t = 0,17 \text{ tex}$$

$$\text{Teoretický počet vláken } (n_T) = \frac{T}{t} = \frac{21,46}{0,17} = 126,2$$

$$\text{Faktor } K_n = \frac{n_e}{n_T} = \frac{99,8}{126,2}$$

$$K_n = 0,791$$

Chyba průměru

Pro 59 stupňů volnosti a hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ je kritická hodnota rovna $t_{0,05}(59) = 2,0010$

$$t_{0,05}(59) = 2,0010$$

$$s_{n_e} = 14,7$$

$$n = 60$$

$$n_e = 99,8$$

$$S_{\text{abs.}} = \pm \frac{14,7}{\sqrt{60}} \cdot 2,0010$$

$$= \pm 3,80$$

$$S_{n_e} = \pm \frac{3,80}{99,8}$$

$$= \pm 0,0381$$

Příze C

Pomocí histogramu v příloze č. 4 byly zjištěny pro přízi C tyto hodnoty :

- průměrný počet vláken v řezu (n_e) = 96,4
- výběrová směrodatná odchylka (s_{n_e}) = 13,8
- variační koeficient ($v_{n_e} \%$) = 14,3

$$T = 20,52 \text{ tex}$$

$$t = 0,17 \text{ tex}$$

$$\text{Teoretický počet vláken v řezu } (n_r) = \frac{n}{t} = \frac{20,53}{0,17}$$

$$n_r = 120,7$$

$$\text{Faktor } k_n = \frac{n_e}{n_r} = \frac{96,4}{120,7}$$

$$k_n = 0,798$$

Chyba průměru

Pro 59 stupňů volnosti s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$ je kritická hodnota rovna $t_{0,05}(59) = 2,0010$.

$$t_{0,05}(59) = 2,0010$$

$$s_{n_e} = 13,8$$

$$n = 60$$

$$n_e = 96,4$$

$$S_{\text{abs.}} = \pm \frac{13,8}{\sqrt{60}} \cdot 2,0010$$

$$= \pm 3,56$$

$$S_{n_e} = \pm \frac{3,56}{96,4}$$

$$S_{n_e} = \pm 0,0370$$

Příloha D

Pomocí histogramu v příloze č. 5 byly zjištěny pro přílohu D tyto hodnoty :

- průměrný počet vláken v řezu $(n_e) = 170,1$
- výběrová směrodatná odchylka $(s_{n_e}) = 21,9$
- variační koeficient $(v_{n_e} \%) = 12,9$

$$T = 35,53 \text{ tex}$$

$$t = 0,17 \text{ tex}$$

$$\text{Teoretický počet vláken } (n_r) = \frac{T}{t} = \frac{35,53}{0,17}$$

$$n_r = 209,0$$

$$\text{Faktor } K_n = \frac{n_e}{n_r} = \frac{170,1}{209,0}$$

$$K_n = 0,814$$

Gyba průměru

Pro 56 stupňů volnosti a hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ je kritická hodnota rovna $t_{0,05}(56)$

$$t_{0,05}(56) = 2,0026$$

$$s_{n_e} = 21,9$$

$$n = 57$$

$$n_e = 170,1$$

$$s_{\text{abs.}} = \pm \frac{21,9}{\sqrt{57}} \cdot 2,0026$$

$$= \pm 5,81$$

$$s_{n_e} = \pm \frac{5,81}{170,1}$$

$$s_{n_e} = \pm 0,0342$$

Příze B

Pomocí histogramu v příloze č. 6 byly zjištěny pro přízi B tyto hodnoty

- průměrný počet vláken v řezu $(n_e) = 105,45$
- Výběrová směrodatná odchylka $(s_{n_e}) = 14,76$
- variační koeficient $(v_{n_e} \%) = 14,00$

$$T = 22,7 \text{ tex}$$

$$t = 0,173 \text{ tex}$$

$$\text{Teoretický počet vláken v řezu } (n_T) = \frac{T}{t} = \frac{22,7}{0,173}$$

$$n_T = 131,214$$

$$\text{Faktor } K_n = \frac{n_e}{n_T} = \frac{105,45}{131,214}$$

$$K_n = 0,804$$

Chyba průměru

Pro 59 stupňů volnosti a hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ je kritická hodnota $t_{0,05}(59) = 2,0010$

$$t_{0,05}(59) = 2,0010$$

$$s_{n_e} = 14,76$$

$$n = 60$$

$$n_e = 105,45$$

$$s_{\text{abs.}} = \pm \frac{14,76}{\sqrt{60}} \cdot 2,0010$$

$$= \pm 3,81$$

$$s_{n_e} = \pm \frac{3,81}{105,45}$$

$$s_{n_e} = \pm 0,0362$$

Příloha E₁ - Polyesterová komponenta

Pomocí histogramu v příloze č. 6 byly zjištěny pro přízi E₁ tyto hodnoty :

- průměrný počet vláken v řezu (n_e) = 72,95
- výběrová směrodatná odchylka (s_{n_e}) = 11,25
- Variační koeficient ($v_{n_e} \%$) = 15,12

$$T = 15,436 \text{ tex}$$

$$t = 0,17 \text{ tex}$$

Teoretický počet vláken v řezu $(n_T) = \frac{T}{t} = \frac{15,436}{0,17}$

$$n_T = 90,8$$

$$\text{Faktor } K_n = \frac{n_e}{n_T} = \frac{72,95}{90,8}$$

$$K_n = 0,803$$

Chyba průměru

$$t_{0,05} (59) = 2,0010$$

$$s_{n_e} = 11,25$$

$$n = 60$$

$$n_e = 72,95$$

$$J_{\text{abs.}} = \pm \frac{11,25}{\sqrt{60}} \cdot 2,0010$$

$$= \pm 2,91$$

$$s_{n_e} = \pm \frac{2,91}{72,95}$$

$$s_{n_e} = \pm 0,0398$$

Příze E₂ - Bavlněná komponenta

Pomocí histogramu v příloze č. 6 byly zjištěny pro přízi E₂ tyto hodnoty :

- průměrný počet vláken v řezu / n_e) = 32,5
- výběrová směrodatná odchylka (s_{n_e}) = 7,39
- variační koeficient ($v_{n_e} \%$) = 33,98

$$T = 7,264 \text{ tex}$$

$$t = 0,1794 \text{ tex}$$

$$\text{Teoretický počet vláken } (n_T) = \frac{T}{t} = \frac{7,264}{0,1794}$$

$$n_T = 40,49$$

$$\text{Faktor } K_n = \frac{n_e}{n_T} = \frac{32,5}{40,49}$$

$$K_n = 0,803$$

Chyba průměru

$$t_{0,05} (59) = 2,0010$$

$$S_{n_e} = 7,40$$

$$n = 60$$

$$n_e = 32,5$$

$$S_{\text{abs.}} = \pm \frac{7,40}{\sqrt{60}} \cdot 2,0010$$

$$= \pm 1,907$$

$$S_{n_e} = \pm \frac{1,907}{32,5}$$

$$S_{n_e} = \pm 0,0588$$

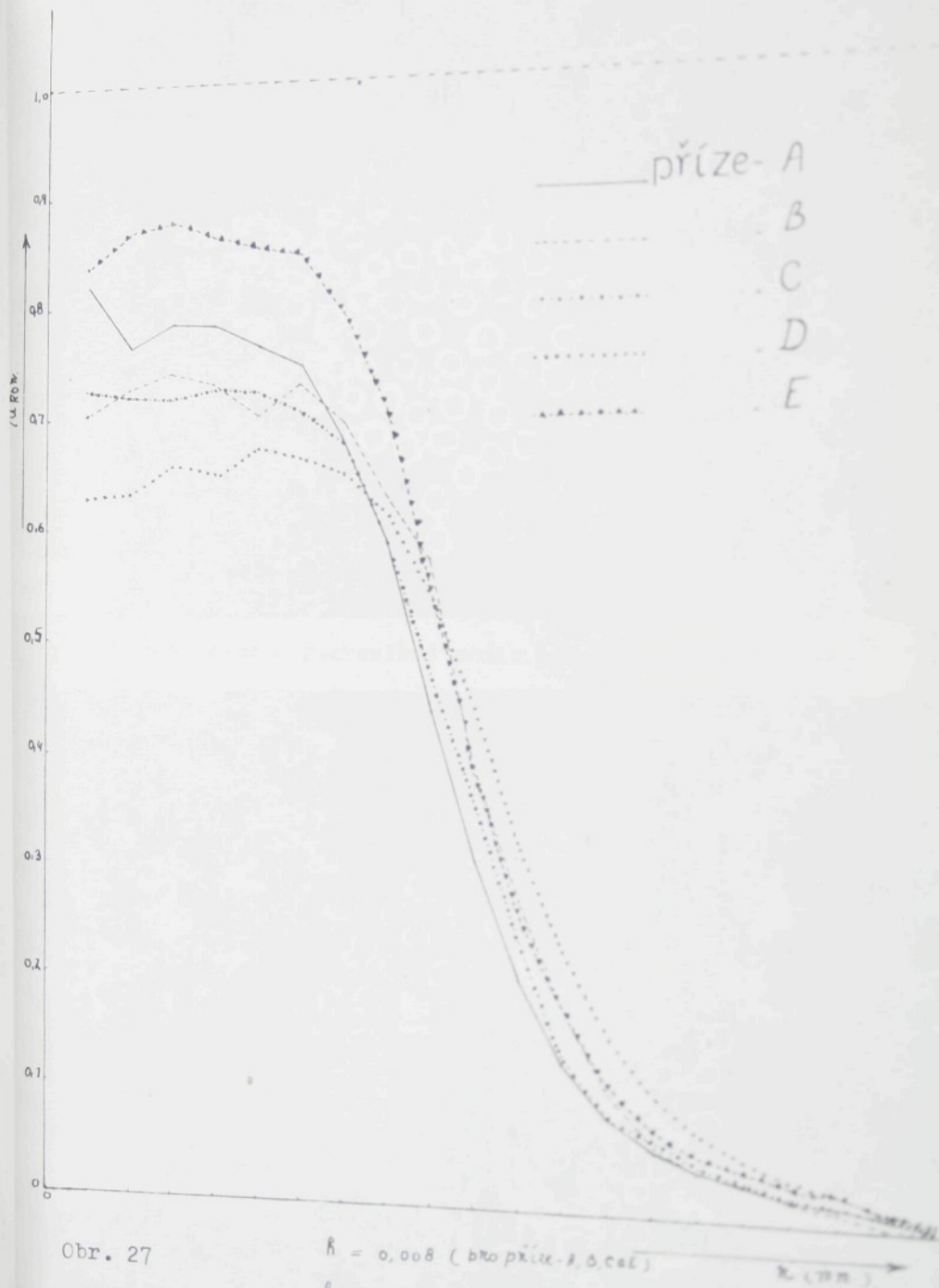
5.4 Přehled výsledků

Tato kapitola se zabývá různými výsledky získání různých výpočtů pěti měření bezvřetenových přízí. Pro zjednodušení a srovnání jsou všechny výsledky přehledně uvedeny v tabulce č. 2 a na obrázku č. 27 je nakreslen průběh zaplnění radiálního zaplnění všech měřených přízí.

Tab. 2

Materiál	VS ⁺	VS ⁺	Diolen-12	Tesil-12	Tesil-12	Diolen-12	PES/ba
t /tex/	0,162	0,162	0,17	0,17	0,17	0,17	PES - 0,17 ba - 0,1794
Příže	klasická	rotorová	rotorová A	rotorová B	rotorová C	rotorová D	rotorová E
T /tex/	19,6	19,2	20,0	21,46	20,52	35,53	22,7
Z m ⁻¹	669	784	812	747	1150	784	1187
Q _m	48,6377	56,2203	59,8346	57,6923	86,2038	84,7418	95,1729
π _r	121,0	118,5	117,6	126,2	120,7	209,0	131,2
σ _{ne}	14,5	12,6	15,5	14,7	13,8	21,9	14,76
U _{ne} %	12,5	13,0	16,6	14,8	14,3	12,9	14,0
δ _{ne} %	±3,24	±3,36	±4,33	±3,81	±3,70	±3,42	±3,62
S _g /mm ² /	0,01307	0,01280	0,01471	0,01578	0,01509	0,02613	0,01619
η _e	115,7	97,0	93,3	99,8	96,4	170,1	105,45
S _e /mm ² /	0,01255	0,01078	0,012099	0,012986	0,013145	0,023045	0,014274
K _η	0,956	0,818	0,793	0,791	0,798	0,814	0,804
K _s	0,9602	0,842	0,823	0,823	0,871	0,882	0,883
T /mm/	0,090	0,087	0,095	0,100	0,0955	0,1325	0,1005
α _p	0,4930	0,4532	0,5184	0,5021	0,5264	0,4734	0,5090

+ výsledky z práce SVÚT Liberec / 82 /

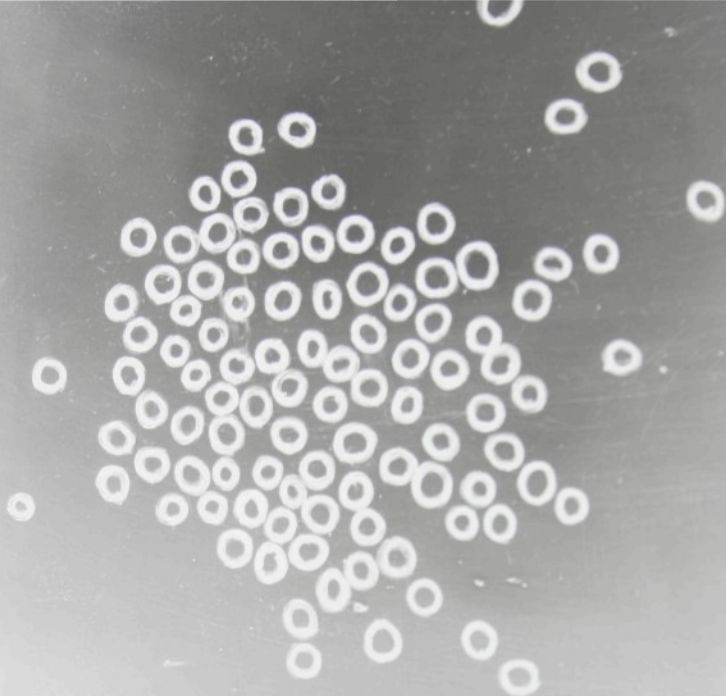


Obr. 27

$h = 0,008$ (pro příze - A, B, C a E)

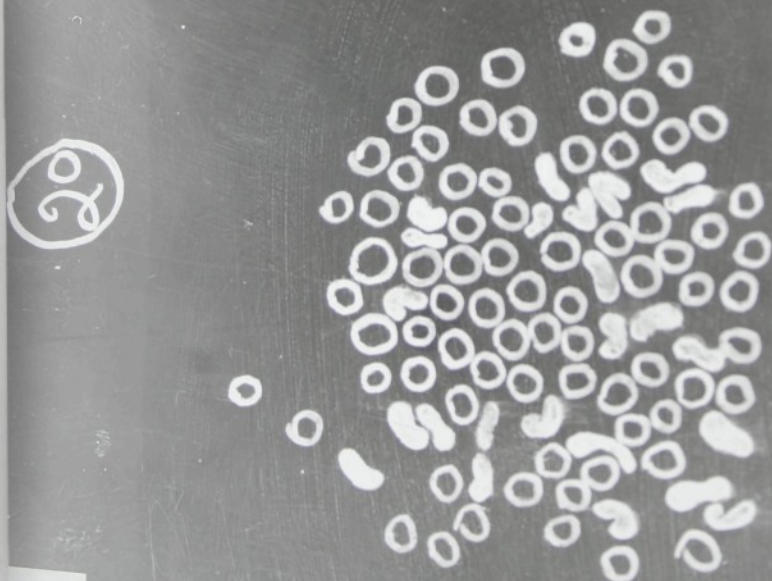
$h = 0,01$ (pro příze - D)

Graf středního korigovaného radiálního průběhu zaplnění příze A, B, C, D a E



br. 25

Průřez příze A nakreslený podle pozorování y mikroskopu



r. 26

6. DISKUSE

Tato kapitola se zabývá různými výsledky získání různých výpočtů 5-ti měření bezvřetenových přízí na základě teorie, která je popsána v kapitole 4. Pro zjednodušení a srovnání jsou všechny výsledky přehledně uvedeny v tabulce č. 2 a na obrázku č. 27 je nakreslen průběh zaplnění radiálního zaplnění všech měřených přízí. Ostatní výsledky jsou ve formě tabulek a grafů uvedeny v přílohách. Uvedené informace jsou zpracovány samostatně pro každou z 5 měřených přízí. V následující části této kapitoly se proto posuzují společné rysy jednotlivých funkcí získaných od všech 5ti přízí. Následující diskuse pak vychází z těchto stanovených obecných trendů. Celá kapitola 6 má proto následující strukturu:

- souhrnná charakteristika průběhu jednotlivých strukturálních funkcí,
- interpretace nalezených zákonitostí,
- shrnutí základních poznatků.

Poznámka : Pro lepší srovnání jsou v tab. 2 použity výsledky z práce SVÚT Liberec /82/ pro dvě příze viskozového materiálu

6.1 Souhrnná charakteristika průběhu jednotlivých strukturálních funkcí

Radiální průběh zaplnění příze

Jak naše výsledky ukazují, není zaplnění příze rovnoměrné přes průřez příze. Pro všechny příze maximální zaplnění nastává asi mezi jednou čtvrtinou a jednou třetinou poloměru příze od osy příze. Jen příze A ukazuje maximální zaplnění u osy příze, potom se snižuje a pak zvětšuje (to může být náhoda). Výsledky ukazují, že příze různé jemnosti s různými zákruty v ose příze nemají maximum ale naopak. V malém prostoru kolem ní je sféra nižších

hodnot zaplnění. Podrobnější analýzou příčných řezů byl tento jev zřetelně dokázán Hickiem a Chaikinem /74/ pro vlnářské česané příze. Ve stejné době byl jev potvrzen výsledky metody VSOP Neckářem /75/ pro mykané bavlněné příze klasického předení.

U prstencového předení vlákna jsou převedena z tenké stužky do přibližně kruhového tvaru. To je důsledek stužkového mechanismu tvorby klasické příze a bylo to potvrzeno Hickiem a Chaikinem a podporováno Hearlem /26/. U prstencového předení jsou vlákna obvykle pod přílišným přízovým napětím, jádro je vystaveno stlačování. V jednom případě namáhání je zeslabeno zkrácením délky vlákna v přízi a v druhém případě jde o prodlužování. Konečný výsledek je, že se vlákna odchýlí od skutečné šroubovicové konfigurace a dávají jakousi propletenou strukturu. Uložení zákrutu způsobí u vláken podélné napětí, takže bude snaha mezi vlákny dosáhnout pozice u středu osy příze. Rozsah tohoto pohybu bude nutně omezen počtem a fyzikálním stavem příslušných vláken. Kvůli "sférické překážce" je možné, že příze by měla částečnou dutinu ve středu.

V rotorovém předení je nejobvykleji používaný "V" tvarový sběrný povrch a proto jsou vlákna obvykle převedena z trojúhelníkového tvaru do tvaru kruhového. Vlákna jsou schopna prokluzu, aby se sama uspořádala po vstupu do zákrutové struktury. Vlákenné napětí a rozdíly jsou menší než u prstencového předení a proto migrační vzorek je odlišný. Pro nedostatek prokluzu mělo by se očekávat, že krouticí moment ze zákrutové struktury bude tvořit vlákenné napětí a změní se od nuly u zákrutové osy do maxima u vnějších vláken. Proto přechod může být uvažován jako pronikání prokluzu mezi vlákny, která sledují přibližně paralelní šroubovicovou dráhu. Vlákna budou nabalena kolem kužele. Tento model musí

být upraven pokud vnější vlákna prokluzují. Prokluz omezí napětí vlákna a tvoří migraci. Jeví se tedy možnost tří soustředěných strukturálních oblastí v přízi. Vnitřní oblast přináší různá vlákenná napětí a bude mít migrující strukturu podobnou jako u prstencové příze. Z tohoto důvodu výsledky všech přízí ukazují dutinu u osy příze. Střední zóna se nemůže rozšířit. S přihlédnutím k prokluzu se jádro bude zakrueovat jinak než střední oblast. Naše výsledky ukazují, že střední oblast začíná od poloměru $r_{0,04}$ mm do $r_{0,09}$ mm, ale pro přízi D u poloměru $r_{0,04}$ mm do $r_{0,130}$ mm a zaplnění této oblasti lineárně klesá (přílohy č. 2, 3, 4, 5, 6). Vnější oblast bude obsahovat chlupatost a obalová vlákna, která jsou zachycena přímo přízí místo uložení na sběrném povrchu. Rotace radiálního přízového konce kolem své osy bude způsobovat, že obaly budou mít větší šroubovicový úhel než vnitřní obaly. Na povrchu zaplnění příze ve vnější oblasti klesá k minimu. Někteří autoři, Nakajima /76/, Sharma /77/ a Desai /78/ tvrdili, že když opouštějí některá vlákna sběrný povrch, také dochází k zákrutové ztrátě (protože prokluz dovolí, aby se radiální spodní konec příze otáčel kolem své osy a tak odlehčil kroutící moment tvořený zákrutem). Přesto jádrová vlákna nebudou prokluzovat a je předpokládáno, že je tam malá nebo žádná zákrutová ztráta. Důsledek je ten, že tam nastává diferenciální struktura, ve které se šroubovicový úhel vnějších vláken liší od tohoto jádra. Cermack, Grossberg a HO /79/ dokázali, že hodnota zákrutu uvnitř rotoru je vždy větší než hodnota počítání z rotorové rychlosti a odváděcí rychlosti příze. Soni /80/ ukázal, že strojový zákrut zůstává pouze na povrchu příze a směrem dovnitř roste: na 1/3 poloměru je hodnota zákrutu přibližně 30-40% větší než činí strojový zákrut. Singh /81/ ukázal, že strojový zákrut a zákrut v jádře příze jsou ve shodě. Nyní můžeme říci, že vývod působí jako orgán nepravého zákrutu a zvětšuje hodnotu zákrutu v přízovém konci. Tato va-

riace zákrutu v přízi také potvrzuje variaci zaplnění příze v různých oblastech, jak bylo popsáno.

Faktor K_g -

Z minulých prací v SVÚT /82/ se ukázalo pro příze VS, že hodnota poměru $\frac{S_r}{S_e}$ se u klasické příze blížila k jedné. Naproti tomu u rotorové příze byl uvažovaný poměr ploch výrazně odlišný od jedné se stejným materiálem.

V rotorové přízi z VS bylo $S_r/S_e = 1,1874$, u klasické příze z VS bylo $S_r/S_e = 1,0414$. Naše výsledky ukazují, že u rotorové příze z PESs bylo pro příze A = 1,2154, pro příze B = 1,2151, pro příze C = 1,1477 a pro příze D = 1,1336. Metodou řezu byla tedy nalezena asi 21% menší plocha pro příze A a B a 14,0 % pro příze C a D než odpovídá předpokladům. Kontrolním ověřením bylo zjištěno, že užitá jemnost příze i jemnost vlákna byly správné. Je nutno konstatovat, že u těchto přízí vedla metoda řezu k menší ploše než odpovídá skutečnosti. To může být způsobeno tím,

- že metoda příčných řezů nebere v úvahu všechna vlákna,
- že metoda přisuzuje vláknům v průměru menší plochu řezu.

První alternativa by mohla nastat při nesprávné přípravě preparátu (astráta částí řezu). Bylo však ověřeno, že takové preparáty se při vyhodnocování nevyskytly. Jinou možností je, že v náhodném výběru řezaných míst příze se objevil neúměrně velký počet slabých míst. Uvážíme-li však, že jev nastal u rotorových přízí z různých materiálů, vyrobených v různých závodech, proměřovaných různými pracovníky a zvážíme-li, že poměr ploch je v případě příze A a B a C a D přibližně stejný, pak je nutno považovat toto vysvětlení za krajně ne-

pravděpodobné. Znamená to tedy, že metoda řezu uvažuje malou plochu elipsy pro jedno vlákno. Protože však průměr vlákna "d" byl určen správně, může být pozorovaný jev pouze důsledkem většího sklonu vláken k ose příze, důsledkem komplexu migračních jevů. Je známo z minulých prací Kašpárka /83/, že klasická mykaná příze má vlákna podstatně uspořádanější než příze rotorová, což je tedy nejpravděpodobnější příčinou rozdílu ploch.

Vliv migrace na hodnoty K_g

Existující literatura uznává, že jemnost příze a její zákrut mají vliv na migrační chování vláken v přízích, jak je popsáno Mortonem /15/, Hearlem a Guptou /84/. Výsledky Mortonovy ukazují, že rychlost migrace roste se zákrutem a menší jemností. Mortonův pokus vysvětluje, že tyto výsledky byly intuitivní. Například vysvětlil, že vysoká rychlost migrace u jemnějších přízí je způsobena relativně menšími úseky vláken na dráze daného migrujícího vlákna. Z toho vyplývají menší třecí kontakty a dochází k vyšší migraci. Ale Gupta /64/ ukázal, že pro daný zákrutový koeficient vlákna umístěná na povrchu jemné příze se vyvine vyšší tendence migrovat než u vláken umístěných na hrubé přízi. Hearle a Gupta /84/ studovali migraci u viskózní příze a shledali, že rychlost migrace roste se zákrutovým koeficientem a migrace klesá s klesající jemností.

To můžeme také vysvětlit našimi výsledky. Jak je uvedeno v tab. 2, hodnota K_g pro příze A a B je stejná. V tomto případě jemnost příze a zákrutový koeficient jsou přibližně stejné a proto migrace nehraje žádnou roli. Ale hodnota K_g pro přízi C je 0,871 ve srovnání s přízí A a B (0,823). Pozorovaný jev může tedy být pouze důsledkem většího sklonu vláken k ose příze a důsledkem nezahrnutého komplexu migračních jevů vyvolaných

zákrutovým koeficientem a dává větší hodnotu K_g .

V případech C a D, které mají přibližně stejný zákrutový koeficient, ale různé jemnosti. Rozdíl mezi hodnotami K_g může být vysvětlen na základě migrace v souvislosti s jemností příze. Protože zde je zákrutový koeficient stejný, znamená to, že zákrut nemá žádný vliv na migraci a pouze jemnost příze hraje roli ve vztahu k migraci. Z tohoto důvodu hodnota K_g je vyšší pro příze D.

Faktor K_n

Jednotlivé výsledky čtyř bezvřetenových přízí z výpočtové analýzy skutečného počtu vláken v průřezu příze jsou dány v tab. 2. Pro všechny příze jsme počítali K_n faktor (K_n faktor je poměr skutečného počtu vláken k teoretickému počtu vláken v průřezu příze. Teoretický počet vláken, který je označený v tabulce 2 symbolem n_T byl vypočítán základním vztahem $\frac{T}{t}$, kde T je jemnost příze a t je jemnost vlákna a hodnota n_e byla získána metodou řezů. Abychom získali přehled o počtu vláken v průřezu příze, připravili jsme si čtyři příze s různým zákrutovým koeficientem a různou jemností. K měření bylo použito dvou druhů polyesterových vláken se stejnou vlákennou jemností, ale různou vlákennou délkou.

Dvě příze A a D byly připraveny z Diolen-12 s vlákennou délkou 32 mm a dvě příze B a C z Tesil-12 s vlákennou délkou 38 mm. Hodnota K_n byla vypočítána pro všechny příze. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2. Z výsledků výpočtu pro všechna měření příze nám vyšla hodnota K_n rovnající se přibližně 0,80. To ukazuje, že v průřezu příze je o 20 % vláken méně než u vypočítaných teoretických hodnot. Hodnoty Vn_e %, jak jsou uvedeny v tabulce 2 také dokazují, že variační koeficient není velký. Hodnoty Vn_e % jsou také souhlasné s vlastními hodnotami

nestejněměrnosti příze a také směrodatnou odchylkou. Pro lepší orientaci byly rovněž zhotoveny histogramy rozložení počtu vláken v jednotlivých řezech, jak jsou znázorněny na přílohách č. 2, 3, 4, 5, 6. Při výpočtu přesnosti průměru s pravděpodobností $(1 - \alpha) = 0,95$ lze očekávat, že průměrný počet vláken v příčném průřezu příze bude za předpokladu možnosti aplikace Gaussova zákona ležet v konfidenčním intervalu

$$(\bar{n}_e - \Delta_{abs.}) \div (\bar{n}_e + \Delta_{abs.})$$

a ve všech případech relativní přesnost průměrného počtu vláken v průřezu příze je přibližně $\Delta_{\bar{n}_e} = \pm 4,0 \%$. To nám dokazuje, že získané hodnoty $\bar{n}_e$ metodou příčných řezů jsou správné.

Na závěr můžeme konstatovat, že hodnota K_n pro všechny měřené příze je přibližně 0,80. Vidíme, že hodnota K_n není podstatně ovlivňována ani zákrutem ani jemností příze, ani vlákennou délkou. Ve všech případech má K_n přibližnou konstantní hodnotu 0,80. Na základě souhrnu všech získaných poznatků můžeme tvrdit, že bezvřetenová příze má asi o 20 % menší počet vláken v průřezu příze než u vypočítaných teoretických hodnot. V SVÚT /82/ byl dělán rozbor klasické viskózní příze, při kterém jsme zjistili, že K_n faktor v tomto případě se rovná 0,954. To je důkazem, že u měřené klasické příze je asi o 5 % menší počet vláken v průřezu proti vypočítané teoretické hodnotě. Po srovnání našich výsledků a výsledků SVÚT vidíme, že bezvřetenová příze má větší rozdíl v počtu vláken proti vypočítané teoretické hodnotě než příze klasická. Tento rozdíl můžeme vysvětlit vlivem různých technologií.

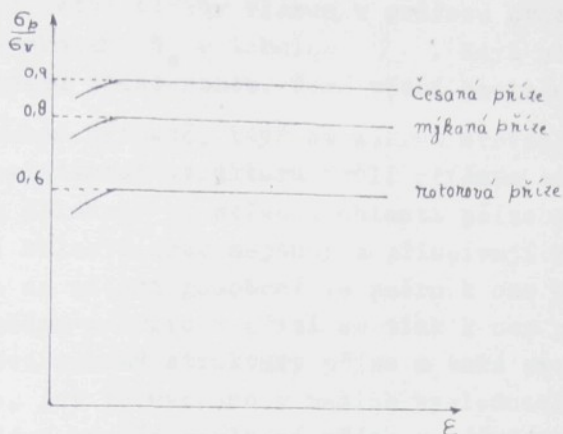
Pevnost příze vlivem počtu vláken

Na základě našich výpočtů jsme dostali rozdíl skutečného počtu vláken v průřezu o 20 % menší proti teoretické hodnotě. Po interpretaci hodnot K_n a pevnosti příze vidíme mezi nimi vzájemnou souvislost. Kašpárek ve své práci dokazuje, že se celková délka vlákna nemůže podílet na pevnosti příze, ale jen část vlákna, která je zapředená a má významný vliv na fyzikální vlastnosti příze. Proto počítal koeficient zapředení vlákna K_F pro česanou, mykanou a rotorovou přízi. Dostal hodnotu K_F pro rotorovou přízi = 0,51 a dokazuje, že vlákna rotorové příze mají ideální náhodnou distribuci v uspořádání a délkovém využití. Mnoho vláken je založených a zaháčkovaných, z čehož vyplývá snížená pevnost. Autoři, kteří počítali pevnost bezvřetenové příze tvrdí, že pevnost je asi o 20 % nižší než u klasické příze /41/. Jestliže uvažujeme souvislost pevnosti příze s počtem vláken v průměru příze je jasné, že při nižším počtu vláken musí být menší i její pevnost. V našem případě jsme dostali hodnotu $K_n = 0,80$, to znamená, že počet vláken je o 15 % menší ve srovnání s prstencovou přízí. Z toho můžeme vyvodit závěr, že vzhledem k menšímu počtu vláken o 20 % má bezvřetenová příze menší pevnost proti přízi klasické.

V SVÚT /85/ byla studována tahová křivka pro rotorovou a klasickou přízi. Ukázalo se, že tahová křivka klasické mykané příze má o 20 % větší hodnoty ve srovnání s rotorovou přízí, jak je znázorněno na obrázku 28.

Vzniká otázka, proč rotorová příze má nižší hodnotu než klasická příze, jaký je důvod. Na základě počtu vláken v průřezu příze můžeme vysvětlit, že rotorová příze má o 20 % méně vláken a klasická česaná příze má o 5 % menší počet vláken v průřezu. Když počet vláken

je menší v případě rotorové příze, ukazuje se nižší hodnota na tahové křivce a jde o nižší pevnost.



Obr. 28 Tahová křivka pro rotorovou a klasickou přízi

Vliv zákrutu na zaplnění příze

Jak by bylo možno očekávat, zaplnění příze s vysokým zákrutem je větší než příze s malým zákrutem. Tři příze 20 tex byly dopřádány s různými zákrutovými koeficienty $a_m = 57, 69, 59, 83$ a $86, 2$. Bylo shledáno, že příze B se zákrutovým koeficientem 57, 69 má zaplnění příze $u_p = 0,5021$, příze A se zákrutovým koeficientem 59, 83 má $u_p = 0,5184$ a příze C se zákrutovým koeficientem 86, 2 má $u_p = 0,5264$. Výsledky ukazují, že jak se zákrut zvětšuje, zaplnění příze se také zvětšuje.

Důvod vzrůstu zaplnění příze se zákrutem příze může být vysvětlen dvěma úvahami :

1. úhlem vláken na ose příze,
2. vlivem příčného tlaku se zákrutem.

V prvním případě může být pozorovaný jev pouze důsledkem většího sklonu vláken k ose příze. Je známo,

že úhel zákrutu roste se zákrutem. Metoda řezu ukazuje v průměru příliš velkou plochu elipsy pro jedno vlákno, proto dává větší plochy vláken v průřezu příze, jak je značeno symbolem S_p v tabulce 2. Když plocha vláken v průřezu příze roste, dává větší zaplnění příze.

V druhém případě, když se zákrut zvětšuje v přízi, dává "propletenou" strukturu kvůli příčným silám a závity jsou stlačeny ve střední oblasti příze a závity ve vnější oblasti jsou napnuty a přispívají k radiální rovnováze se silami působení ve směru k ose příze. Kvůli většímu zákrutu v přízi se tlak k ose příze zvětšuje a dává tuhost struktury příze a také zmenšuje polo-
měr příze, jak je uvedeno v našich výsledcích. Pak příčný tlak dává hustší zaplnění příze s přírůstkem zákrutu. Tento vliv příčného tlaku může být studován, jak je popsáno v kapitole 2.4.11

Vliv jemnosti příze na zaplnění

Pro naše měření jsme si připravili dvě příze různé jemnosti 20, 52 tex a 35, 53 tex s přibližně stejným zákrutovým koeficientem. Na základních hodnotách uvedených v tabulce 2 vidíme, že příze C má $a_m = 86,2$ a příze D má $a_m = 84,7$. Vypočítali jsme zaplnění obou přízí, z výsledků jsme zjistili, že příze D má zaplnění $\mu_p = 0,4734$ a příze C má zaplnění $\mu_p = 0,5264$. Z toho vidíme, že při zvolení stejného materiálu a zákrutového koeficientu je u hrubší příze menší zaplnění než u příze jemnější.

Je zřejmé, že veličina μ_p je poměr objemu (τ/ρ) vláken v úseku příze jednotkové délky k celkovému objemu ($\pi d^2/4$) tohoto úseku :

$$\mu_p = \frac{\tau/\rho}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4\tau}{\pi d^2 \rho} \quad (96)$$

kde T jemnost příze M_{tex}
 d průměr příze m
 ρ měrná hmotnost kg/m^3
 μ_p zaplnění příze
 $H = \pi d Z$ (97)

Veličinu H nazveme intenzitou zákrutu

Z výrazu (96) plyne

$$d = \sqrt{T} \cdot \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\mu_p}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\rho}} \quad (98)$$

Z rovnice průměru příze, jak ukázal Neckář /50/

$$d = K \cdot T^v (\alpha_v)^c \quad (99)$$

kde K, c jsou vhodné konstanty
 v je výhodný charakteristický exponent
 α_v je Phrixův koeficient zákrutu

Z porovnání (98) a (99) plyne, že při stejném zákrutovém koeficientu a materiálu hrubší příze mají nižší hodnotu zaplnění μ_p .

Směšová příze

V této práci jsme dělali jeden pokus se směšovou přízí PES/ba - 65/35. Zjistili jsme, že je možná aplikace námi použité metody i pro směšovou přízi.

Po speciální úpravě vzorku jsme dokázali, že s touto metodou je možné vypočítat také zaplnění směšové příze. V této práci jsme předpokládali, že bavlněné vlákno má kruhový tvar průřezu. Na základě tohoto předpokladu byl vypočítán poloměr vlákna. K výpočtu zaplnění příze jsme si rozdělili směšovou přízi na dvě samostatné komponenty (polyesterová komponenta a bavlněná komponenta). Střední jemnost vlákna bavlněné komponenty byla vypočítána jako průměrná hodnota ze tří použitých druhů bavln. Na konci jsme provedli všechny potřebné výpočty pro ce-

lou směsovou přízi.

Laboratorní metodou jsme stanovili skutečný poměr polyesteru a bavlny. Zjistili jsme, že použitá příze pro naše experimenty obsahuje 68 % PES a 32 % bavlny. Z toho jsme počítali střední měrnou hmotnost pro směsovou přízi. V závěrečném shrnutí vidíme, že výsledky výpočtu pro směsovou přízi jsou souhlasné s výsledky výpočtu ostatních polyesterových přízí.

Směšování vláken v rotorovém předení

Průřezy směsové příze ukazují, že příze vyrobená rotorovým způsobem vykazala extrémní rovnoměrný směsový efekt. Důvod rovnoměrného směšování v případě rotorové příze je možné vysvětlit na základě vlastního družení, které je způsobeno uvnitř rotoru.

Družení v rotoru je velmi účinné pro dosažení rovnoměrné příze, protože počet vrstev, uložených na vnitřní straně rotoru, má stejný význam, jako počet pramenů při posukování. Jsou-li směšována různá vlákna, je rovnoměrnost směsi v přízi tím větší, čím větší je počet vrstev nebo pramenů. Teoreticky lze říci, že počet potřebných vrstev při družení má být větší než průměrný počet vláken v průřezu příze; pak družení zajišťuje, aby jen mále vláken stejného druhu zůstalo pospolu. V klasickém předení je nezbytné provádění několika separátních procesů družení, ale v rotorovém předení tomu tak není.

Migrace vlákna v směsové přízi

Bylo také zjištěno a je důležité pozorování, že jsou-li použita při směšování vlákna lišící se v charakteristikách, mohou vlákna jedné komponenty mít sklon k zaujímání postavení poblíž osy příze a vlákna druhé

komponenty poblíž povrchu příze. V našem případě směšová příze obsahuje tři druhy bavlny s rozdílnou jemností a délkou vláken. Proto není možné zjistit, který druh bavlny je při migraci dominující. Ale z průřezu a grafu vidíme, že bavlna migruje dovnitř k jádru příze. To může být způsobeno větší jemností a délkou ve směsi použité sýrské bavlny, protože jemnější a delší vlákna mají tendenci migrovat dovnitř k jádru příze a hrubší a kratší vlákna migrují k povrchu. Na grafu (příloha č. 6) vidíme, že největší zaplnění bavlněné komponenty je ve střední části příze.

Zaplnění příze

Při výpočtu zaplnění směšové příze E jsme dostali větší maximální hodnoty zaplnění ve střední zóně než u ostatních zkoušených přízí, jak je uvedeno v grafu. Maximální zaplnění ve střední zóně směšové příze je možné vysvětlit různým migračním chováním jednotlivých komponent, které je ovlivněno různou jemností, délkou vláken a Youngovým modulem, neboť každé vlákno má tendenci mít minimální napětí - tedy dostat se do středu příze. Proto směšová příze E má maximální zaplnění ve střední zóně.

Radiální průběh křivky zaplnění má u směšové příze stejný tvar jako u ostatních přízí. Na něm také vidíme, že u směsí, jako i u ostatních přízí je menší zaplnění u osy příze, jak je uvedeno v grafu.

Celkové zaplnění směšové příze má hodnotu $d_p = 0,509$. To znamená, že směšová příze má menší zaplnění než příze A, B, C. Důvod menšího zaplnění směšové příze můžeme vysvětlit následovně: Příze E je hrubší (má jemnost 22,7 tex) než ostatní, tedy má větší poloměr a proto menší zaplnění příze. Dále příze E je

směs polyesterových a bavlněných vláken se střední měrnou hmotností $1404,8 \text{ kgm}^{-3}$, která byla vypočítána na základě skutečného směšového poměru. Z hlediska větší měrné hmotnosti dostáváme na základě našeho výpočtu menší zaplnění příze.

Faktor K_s

Faktor K_s jsme vypočítali nejdříve pro jednotlivé komponenty a pak pro celou směšovou přízi. Hodnota K_s směšové příze je 0,8834 a hodnota zákrutového koeficientu $a_m = 95,17$. Pokud porovnáváme hodnoty K_s příze A, B, C, E. Vidíme, že příze E má větší zákrutový koeficient a_m než ostatní. Pozorovaný jev může tedy být pouze důsledkem většího sklonu vláken k ose příze a důsledkem nezahrnutého komplexu migračních jevů vyvolaných zákrutovým koeficientem a dává větší hodnotu K_s .

Faktor K_n

Po výpočtu jsme dospěli ke stejnému výsledku faktoru K_n pro směšovou přízi E jako u předchozích přízí, tedy K_n má přibližně hodnotu 0,80. Z toho vidíme, že i u směšové bezvřetenové příze je o 20 % menší počet vláken v průřezu příze než u teoretických hodnot. Po výpočtu přesnosti průměru u směšové příze zjišťujeme, že relativní přesnost průměrného počtu vláken v průřezu příze je přibližně $\delta_{n_e} = 3,62 \%$. To nám dokazuje, že získaná hodnota n_e metodou příčných řezů je správná.

6.2 INTERPRETACE NALEZENÝCH ZÁKONITOSTÍ

Po prozkoumání 5 přízí v této práci přicházíme k závěru, že vlákna nejsou v rotorové přízi paralelní. V přísové tělese se nacházejí háčky a smyčky, v průřezu je menší počet vláken a také menší zaplnění. Ve střední části příze je větší zákrut než na povrchu. Migrace je menší v srovnání s prstencovou přízí a nedává propletenou strukturu, proto je příze objemnější. Všechny tyto faktory jsou důvodem horší orientace vláken v přízi a z tohoto důvodu je její pevnost menší. Po srovnání uvedených faktorů v prstencové přízi přicházíme k závěru, že prstencová příze je kvalitnější než rotorová příze vzhledem k lepší orientaci vláken. To je důvod, že rotorová příze není na trhu v některých případech tak žádaná a není schopna vždy konkurovat prstencové přízi. Proto musíme uvažovat, jak je možné dostat lepší kvalitu rotorové příze, aby byly splněny požadavky odběratele. Cestou k zlepšení kvality příze je zlepšení orientace vláken v bezvřetenovém stroji.

Už dlouhou řadu let se projevuje snaha nahradit současný výrobní proces předení na prstencovém stroji lepším, výhodnějším způsobem výroby příze. Tyto myšlenky získaly na důležitosti především zásluhou prudkého vzrůstu ceny pracovní síly a v druhé řadě pro nemožnost dalšího zvýšení produktivity dosavadního prstencového doprřádacího stroje. Výsledky systematických výzkumných prací vedly nakonec k závěru, že otáčky spřádacího rotoru bezvřetenového doprřádacího stroje jsou prakticky omezeny na oblast nejvýše do 100 000 ot/min. Přesto však ještě dnes existuje určitá nejistota v tomto směru, kde leží horní hranice možného praktického využití bezvřetenového spřádacího způsobu.

V posledních 16. letech směřuje trend výzkumu tex-

tilního průmyslu k automatizaci různých procesů, použití speciálních elektr. motorů a vzduchových ložisek, aby se docílila maximální rotorové rychlost. Víme, že se zvětšením rotorové rychlosti nabývá napětí příze také větších hodnot. Víme, že osové napětí příze při bezvřetenovém spřádacím procesu roste s rotorovou rychlostí a mezi variačním koeficientem napětí příze a variačním koeficientem její nestejnoměrností podle Ustera existuje souvislost. Stejnoměrnost příze se zhoršuje se vzrůstajícími otáčkami spřádacího rotoru. Zvýšené napětí při spřádacím procesu má za následek zmenšení hodnoty tažnosti příze. Negativní vliv vysokých rychlostí spřádacího rotoru na protažení příze je skutečnost, která se u bezvřetenového předení dá těžko odstranit. Tato vlastnost však na druhé straně má velkou důležitost, neboť vyšší hodnoty prodloužení jsou jednou z významných příčin dobrého chování bezvřetenových přízí v následujících výrobních procesech. Teď se naskytuje otázka, proč se prodloužení a stejnoměrnost rotorové příze zmenšuje s rotorovou rychlostí. Odpovědí je mimo jiné vliv orientace. Víme, že zvětšující rotorovou rychlost omezují ekonomické a technologické faktory. Teď musíme zaměřit oblast zkoumání na orientaci vláken v přízi. Orientaci vláken musíme zajišťovat během celého technologického procesu. V první řadě musíme připravit dobře orientovaný pramen.

Většina vláken mykaného pramene má háčky buď na jednom nebo na obou koncích. U mykaného pramene jsou háčky vzadu mnohem početnější než háčky vpředu. Posukovací procesy zmenšují počet háčků. Wakankar /87/, Simpson a kol /88/ a Wagle a Govindrajulu /89/ pozorovali během posukování vláken u posukovacího stroje, že háčky vzadu jdou lépe odstranit než háčky vpředu. Wakankar /87/ pozoroval, že směr podávání pramene k prstencovému stroji s většinou zadních háčků má velký vliv na pevnost a stejnoměrnost příze. To je důkazem lepší orientace vláken v pramenu a

přízi. Také je velmi důležité zlepšovat u posukovacího stroje orientaci vláken. Jak Wakankar uvádí, není zlepšování pevnosti a stejnoměrnosti u prstencového stroje jen věcí technologie, ale souvisí zejména s orientací. Podávání pramene a většinou zadních háčků k bezvřetenovému stroji může také zlepšovat orientaci vláken a s tím i pevnost a stejnoměrnost příze.

Dalším faktorem, kterým je možné zlepšit orientaci, jsou povrchové vlastnosti vláken. Autoři Roder /90/, Lyne /91/, Wood /92/, Cox a Ingham /93/. Gibson, Ingham a Postle /94/ zkoumali vlivy různých druhů mastičích olejů na různé druhy vláken (vlna a nylon) a dokazují, že se zvětšující rychlostí se zvětšuje i třecí síla mezi vlákny. Další prací zaměřenou na maštná vlákna byla studie Townenda a Magersona /95/, zabývající se různým procentem mastičního oleje na vlastnosti příze. Z jejich výsledků vidíme, že stejnoměrnost příze se zvětšuje se zvětšujícím se množstvím oleje až do 4 %. Dále se naskytuje otázka vlivu tření na orientaci. Víme, že se zvětšujícím se třením mezi vlákny se zhoršuje orientace. To znamená, že stroje dosahující vysoké produkce vyžadují lepší maštění chemických vláken, aby se získala lepší kvalita a lepší orientací vláken v přízi.

Abychom dostali co nejlépe orientovanou přízi, musíme kontrolovat postup zpracování vláknenného útvaru při různých technologických procesech bezvřetenového stroje. Ve fázi zhušťování dochází k problému zpoždování vláken, který vede ke smyčkování a zháčkování vláken. Větší počet vláknenných háčků v přízi snižuje její pevnost. Pro zlepšení rovnoměrnosti a struktury je velmi důležité udržovat vlákna ve vyrovnané a paralelní poloze a nenarušovat rovnoměrnost vláknenného toku v oblasti transportu. Musíme se vyhnout zhoršení orientace vláken v roto-ru, které také narušuje orientaci vláken

Obečně závisí na rychlosti rotoru také jakost příze - zvyšování pracovní rychlosti má tendenci k zhoršování jakostních parametrů příze. Zhoršování jakostních ukazatelů s rychlostí rotoru je zejména výrazně patrné v případě hodnoty "počet noplek". Zabýváme se nyní otázkou, jak toto chování vysvětlit. Je kupříkladu zřejmé, že zvýšený počet noplek není pravděpodobně vyvolán zvýšeným spřádacím napětím. Existují zřejmě ještě další faktory, které tento jakostní ukazatel v závislosti na rychlosti rotoru ovlivňují. S rostoucí produkcí stroje se spolu s napětím příze mění ještě dva velmi důležité faktory : stupeň rozvolňování na vyčesávacím válečku a počet vláken v průřezu stužky ve spřádacím rotoru. Zvýšení produkce stroje vyžaduje také zvýšení vstupní rychlosti předkládaného pramene do spřádací jednotky. S ohledem na možné nebezpečí poškození vláken však obvodová rychlost vyčesávacího válečku musí zůstat prakticky stejná. Logickým důsledkem je potom to, že na jednotku délky vstupujícího pramene případně při vyšší podávací rychlosti menší počet aktivně zúčastněných pracovních prvků vyčesávacího válečku. Tím je zhoršena účinnost ojednocovacího procesu, což jinými slovy znamená, že vzroste počet nedokonale rozčesaných chomáček vláken.

Tok vláken spřádací jednotkou je charakterizován známou rovnicí kontinuity :

$$n \cdot v = \text{konst.}$$

kde n počet vláken v průměru

v rychlost pohybu vláken

Zvýšení produkce stroje představuje zároveň úměrné zvýšení podávací rychlosti předkládaného pramene a odtahové rychlosti hotové příze. Naproti tomu rychlost pohybu vláken uvnitř spřádací jednotky (v přiváděném kanálu) je

závislá pouze na aerodynamických poměrech, tj. na rychlosti proudícího vzduchu. Je tedy na produkci stroje nebo na rychlosti sprádacího rotoru prakticky zcela nezávislá a při změně těchto parametrů zůstává beze změny. Podle Staldera /96/ každé zvýšení produkce stroje vede v oblasti mezi ojednosovací zónou a sprádacím rotorem ke zvýšení počtu vláken v průřezu. Úměrně k tomu se také zvýší počet vláknenných chomáček. Tak můžeme konstatovat, že každé zvýšení produkce stroje vede ke snížení stupně rozvolnění vláken uvnitř sprádací jednotky. Tím je ztíženo dokonale ojednocení vláken na jejich cestě do sprádacího rotoru. Rovněž počet nedostatečně rozvolněných vláknenných chomáček se zvýší. Větší počet nebo zvětšená velikost vláknenných shluků má kupříkladu za následek zhoršenou orientaci vláken a z té potom vyplývá zvětšená tuhost příze a snížená schopnost vytvářet správný zákrut. Tyto jevy se pak nepříznivě projevují ve výsledné pevnosti příze.

Různí autoři dokazují, že orientace vláken u bezvřetenových přízí je složitější než u prstencových přízí. U bezvřetenových přízí má jádro příze větší počet zákrutů než na povrchu. Výskyt chomáček vláken u bezvřetenové příze souvisí s menším stupněm orientace vláken a kvůli její velké tuhosti se redukuje zákrutová schopnost. Tyto vlastnosti mají negativní vliv na pevnost příze. Přítomnost chomáček vznikající při špatném ojednocení vláken a horší orientace vláken vyžadují u rotorového předení více zákrutů. Víme, že bezvřetenová příze potřebuje o 20 % více zákrutů /41/ než klasická příze, pokud chceme dosáhnout přijatelné pevnosti. U rotorových přízí je počet zákrutů vyjádřen poměrem otáček rotoru a podávací rychlosti. To znamená, že produkce při určité jemnosti příze závisí na hodnotě zákrutu. Když je zákrut větší, potom dostáváme menší produkci - tedy když máme o 20 %

větší počet zákrutů, budeme mít o 20 % menší produkci, což přímo ovlivňuje cenu příze. Náhradu můžeme získat lepší orientací v přízi. Když je lepší orientace vláken v přízi, pak příze vyžaduje menší počet zákrutů pro dosažení větší produkce. Tímto způsobem je možné zlepšovat kvalitu a snižovat cenu příze.

Dalším faktorem zmenšujícím zákrut v rotorovém předení je použití delších vláken pro určitou jemnost příze, protože u delších vláken může být menší zákrut a delší vlákna mají tendenci migrovat k jádru příze a dodávají přízi větší pevnost. Cepple a Challonen /97/ tvrdí, že hrubší příze je možné vyrábět z delších vláken bez velkých ekonomických ztrát.

Variace zákrutu může být zlepšována velbou lepšího schématu odváděcí nálevky. Protože odváděcí nálevka působí jako krutná trubka pro nepravý zákrut a její schopnost měnit minimální hodnotu zákrutu, kterého je možno dosáhnout u rotorového předení za působení krutné trubky pro nepravý zákrut. Z toho se dá předpokládat, že různé tvary odváděcí nálevky budou mít různý vliv na nepravý zákrut, výsledkem čehož by měly být různé hodnoty zákrutu a pak lepší strukturální vlastnosti příze.

Už od dávných dob se člověk snažil vyrobit co nejjemnější materiály kvůli výhodnějšímu standardu dekorace. Tento trend je upevněn současnou lidskou schopností provádět v daném okamžiku kontrolu svého prostředí. Adoptace ústředního topení a klimatizace směřovala ke snížení významu tepelné izolace řady oděvů. Člověk dnes upřednostňuje menší hmotnost a také vzhled látek. Předpokladem lehčích látek je výroba jemnější příze. Jemnější příze však vyžadují vyšší náklady než příze hrubší.

Jemnost příze je velmi důležitým faktorem pro stro-

jeovou produkcí a ekonomickou výkonnost. Při konstantní rotorové rychlosti se podávací rychlost snižuje s jemností příze, čímž se snižuje produktivita jedné přádní jednotky. Snižování produktivity s jemností příze ovlivňuje ekonomické ukazatele. Úspory spojené s jemností příze jsou ovlivňovány rozdělením a nárůstem dvou základních cenových faktorů, kterými jsou mzdy a strojové odpisy. Pokud chceme šetřit surovinami, protože se jejich cena stále zvětšuje, musíme sledovat trend spřádání jemných přízí. Když spřádáme jemné příze, šetříme surovinou, protože jemné textilie mají menší hmotnost.

Kromě ekonomických faktorů při výrobě jemné příze na bezvřetenových strojích působí také technické faktory, které v procesu výroby způsobují značné problémy. Víme, že nejjemnější příze, kterou můžeme na bezvřetenových strojích zpracovávat, má jemnost 14 tex. Při nižší jemnosti bychom nedostali pro spřádání potřebný počet vláken v průřezu příze. Artzt a Schenck /98/ uvádí pro nejčastěji používanou rychlost rotoru 60 000 Ot/min, počet potřebných vláken pro bavlnu 100 až 140 vláken a pro směs PES/ba 80 až 120 vláken. Problém spřádání jemných přízí vaníkl z důvodu menšího počtu vláken v průřezu a jejich horší orientace. Pokud budeme chtít šetřit surovinou, snažit se splnit požadavky odběratele a soutěžit v prodeji s prstencovými přízemi, potom musíme zlepšovat orientaci a zvětšovat počet vláken v průřezu během výrobního procesu, abychom dostali na bezvřetenových strojích jemné příze potřebné kvality.

Rotorová příze použita v osnově se chová jinak než příze prstencová. Toto vlastní chování bezvřetenové příze je dané strukturou. Schutz. Exbrayt a Carriere /45/ uvádí, že bezvřetenová příze potřebuje o 10 % více šlihty než prstencová příze za stejných podmínek. Důvod této

větší spotřeby můžeme vysvětlit na základě jiné struktury a orientace vláken. Při šetření nesmíme zapomenout ani na tento ekonomický faktor.

Jak vidíme z našich výsledků, směšová příze vyráběná na bezvřetenovém stroji má rovnoměrné promísení vláken v přízi. To způsobuje velký počet družení v rotoru. To je hlavní výhoda bezvřetenového dopřádacího stroje, dávající lepší směšování. Víme, že lepší směšování dává lepší výsledky při barvení a tisku. Tuto schopnost bezvřetenového dopřádacího stroje je třeba co nejlíp využít, proto je výhodnější vyrábět směšové příze na těchto strojích než na strojích prstencových.

6.3 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

Výsledky této práce lze souhrnně charakterizovat následujícími body :

1. Bylo zjištěno, že příze různé jemností s různými zákruty v ose příze nemají z hlediska zaplnění maximum, ale naopak, v malém prostoru kolem ní je sféra nižších hodnot zaplnění.
2. Zaplnění v přízi není rovnoměrné.
3. Zaplnění příze s vysokým zákrutem je větší než příze s malým zákrutem.
4. Při zvolení stejného materiálu a zákrutového koeficientu je u hrubší příze menší zaplnění než u příze jemnější.
5. Maximální zaplnění nastává asi mezi jednou čtvrtinou a jednou třetinou poloměru příze od osy příze.
6. Bezvřetenová příze má menší počet vláken v průřezu příze než u prstencové příze stejné jemnosti, což může být důvodem menší pevnosti proti přízi prstencové.

7. Bezvrětenová příze má horší orientaci vláken než příze prstencová.
8. Bezvrětenová směšová příze ukazuje extrémně rovnoměrný směšový efekt.

7. ZÁVĚR

7.1 HLAVNÍ RYSY METODY SECANT

1. Metoda SECANT je vhodná pro všechny druhy vlákných materiálů a také pro směsové a skané příze
2. Průřez příze může být zvětšen až 500x, což je výhodné pro pozorování jednotlivých vláken v průřezu příze.
3. Plocha vláken v průřezu lze vypočítat po naděrování x a y souřadnic vláken pomocí DIGIMETu na pásku, což je důležité pro získání těžiště průřezu příze.
4. Touto metodou je vhodné studovat tendenci vnější a vnitřní migrace různých druhů vláken v směsové přízi.
5. Průřez příze je rozdělen až do 20ti třídních intervalů s konstantním přírůstkem hodnoty poloměru mezikruží, což dává přesnou koncepci radiálního průběh zaplnění příze.
6. Děrná páska po úpravě je uložena do počítače H.P. 9810 A, kde program SECANT byl již dříve sestaven.
7. Zaplnění každého řezu příze bylo vyhodnocováno a graficky zaznamenáno. Závěrečné výsledky byly vytisknuty ve formě tabulky a grafu pomocí H.P. 9810 A kalkulátoru a H.P.- Plotter.

Pro další práce v tomto směru lze doporučit analýzu zaplnění příze programem SECANT s použitím uvedeného měřicího postupu.

7.2 DALŠÍ POSTUP POKRAČOVÁNÍ TÉTO PRÁCE

1. Výsledky této práce lze aplikovat na studium fyzikálních i mechanických vlastností bezvřetenové příze.
2. V podobné studii zaplnění příze lze pokračovat s větším rozsahem parametrů a s použitím přízí různých jemností, zákrutů, vlákenných materiálů a směsí různých druhů vláken z prstencového a bezvřetenového spřádacího systému.
3. Studium vlivu zaplnění příze z hlediska háčků při podávání do bezvřetenového i prstencového doprřádacího stroje.
4. Studium potřebného počtu vláken v průřezu příze určité jemnosti, zákrutu a vlákenného materiálu pro lepší vlastnosti příze.
5. Výsledky strukturální analýzy mohou být aplikovány ve vývoj strojů a systémů předení.

LITERATURA

- 1 Informace z práce V.E. Gusev a V.A. Usenko
- 2 Marschik : Untersuchungen von Gespinnsten und Geweben. Wien, 1904
- 3 Information from the text. book of J.W.S. Hearle, P. Grossberg and S. Backer
- 4 Johanesen, O. : Handbuch der Baum woolspinnerei. Leipzig
- 5 Brashler : Die Festigkeit von Baumwollens pinnsten
6. Schwartz, E.R. : Text. Res. J. 1950, 20, 175
- 7 Schwartz, E.R. : Text. Res. J. 1951, 21, 125
- 8 Budnikov, Kanaskij, Rakov : Grundlagen des spinners. Berlin 1955
- 9 Treloar, L.R.G. : Geometry of multi-ply yarn. J. Text Inst. 1956, 6
- 10 Hearle, J.W.S : The mechanics of twisted yarns. J. Text. Inst. 1958, P 398-408
- 11 Treloar, L.R.G. a Riding, G. : Migration of filament theory. J. Text. Inst. 1965, July.
- 12 Pavlov, N.T., Pejsachev, V.K. : Rozložení vláken při zakrucování produktu. Text. prom., č. 9, 1946
- 13 Informace z práce Sokolev, G.V. : Voprosy teorii krujniha voloknistych materialov. Moskva 1957
- 14 Peirce, F.T. : Text. Res. J. 1947, 17, 123
- 15 Morton, W.E. : The arrangement of fibers in single Text. Res. J. 1956, 26, 325

- 16 Morton, W.E. a Yen, K.C. : J. Text. Inst. 1952, 43,
- 17 Trelear, L.R.G. : Migration filament theory of yarn properties. J.Text. Inst. 1965, 359-3
- 18 Riding, G. : Effect of yarn twisting on filament properties. J. Text. Inst. 1965, March
- 19 Korickij, K.I. : Osnovy projektirovanija svojstv paj Moskva 1963
- 20 Kolundžič : Souber článků. Text. ind. č. 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11 - 1965
- 21 Wegener, W.A Kühnel, A.: Ein Modell für Anordnung der elementar fäden in einen gedrehten f. Forschungsbericht. 1067
- 22 Gusev, V.E. a Usenko, V.A. : Prjadenije chimičeskovo štapelnovo volokna. Moskva 1964
- 23 Usenko, V.A. : Šelkokrčeniye. Moskva 1969
- 24 Neckář, B. : VSOP - I, SVÚT Liberec
- 25 Marko, J. : Výzkumné zprávy úkolu Metvar, VŠST
- 26 Hearle, J.W.S. a Merchant, V.B. : J. Text. Inst. 196
- 27 Hearle, J.W.S. a Bose, O.W. : Migration of fiber in y
II. Geometrical explanation of migrat
Text. Res. J. Aug. 1965
- 28 Hearle, J.W.S., Gupta, B.S. and Merchant, V.B. :
Migration of fiber in yarn. Text. Res
No 4, 8, 9, 10, 11, 1965
- 29 Simon, J. : Teorie předení, Díl III. Praha 1956
- 30 Kašpárek, J. : Prostranstvenoje raspoloženije voloko v chlopčatobumažnoj prjaže. Techn. te
prom. 1965
- 31 Stejskal, A. : Návod k obsluze přístroje OMBEST, VÚB

- 32 Marke, J.; Neckář, B. : Sur la Theorie du Tordage d
fibers artificiels et syntetiques .
Věda a výzkum, č. XI, 1970
- 33 Coplon, M.J. a Bloch, M.G. : Text. Res. J. 1955, 25
- 34 Hamilton, J.B. : J. Text. Inst. 1956, 49, T 687
- 35 Ford, J.E. : J. Text. Inst. 1958, 49, 608
- 36 Townend, P.P. a Derwhirst : J. Text. Inst. 1964, 55,
- 37 Balasubramanian, N. : Text. Res. J. 1970, 40, 129
- 38 Onion, W.J., Toshniwal, R.L. a Townend, P.P. : Text
Inst. 1960, 51, 73
- 39 Hasan, M.El-Behery a Dharmendra : Text. Res. J. 197
Oct., 812-820
- 40 Hearle, J.W.S, Lord, P.R., Sentruk, N. : Fiber migr
in open-end spun yarn. J. Text. Inst.
Nov.
- 41 Kašpárek, J. : Open-end spinning
Václav Rohlena et al. 1975
- 42 Pillay, K.P.R, Vishwanthan, N. a Parthasarthy, M.S.
Text. Res. J. 1975, May
- 43 Barell, A. : Text. Res. J. 1950, 20, 249
- 44 Rohlena, V. : Text Book of open-end spinning. 1975
- 45 Schutz, R.A., Exbrayt, P.E. a Carriere : New experi
in sizing OE rotor yarn. Textil Praxi
international. March 1980.
- 46 Lord, P.R a Grady : Text. Res. J. 1976.Feb., 46, 12
- 47 Lord, P.R. : Text. Res. J. 1971, Sept.
- 48 Čirliš, J. a kol. : Nauka o textilních materiálech,
Učební text VŠST Liberec 1979

- 49 Ursíny, P : Teorie předení, díl I, Učební text VŠST
Liberec 1980
- 50 Neckář, B a Kovářová, A : Structura Příze, Fyzikální m
vnitřní struktury, 1980
- 51 Zeidman, M.I. : Text. Res. J. 1979, Feb.
- 52 Neckář, B. : VSOP-II SVŮT , Liberec
- 53 Woods, H.J. : J. Text. Inst. 1933, 24, 317
- 54 Hamburger, W.J., Platt, M.M., a Morgon, H.M. : Text. Res. J.
1952, 22, 695
- 55 Morton, W.E. a Hearle, J.W.S. : J. Text. Inst. 1957, 48,
- 56 Tattersal, G.H. : J. Text. Inst. 1958, 49, 295
- 57 Riding, G. : J. Text. Inst. 1959, 50, 425
- 58 Riding, G. : J. Text. Inst. 1961, 52, 366
- 59 Kilby, W.F. : J. Text. Inst. 1959, 50, 673
- 60 Balakrishna, Iyer : Text. Res. J. 1963, 33, 68
- 61 Gracie, P.S. : J. Text. Inst. 1960. 51, 271
- 62 Riding, G. : Migration in single yarn, Shirley Inst
Manchester 1963
- 63 Riding, G. : J. Text. Inst. 1964, 55, 9
- 64 Gupta, B.S. : Fibre migration in staple yarn, Part I
An analysis of migration force and the
influnce of the variables in yarn struc
Text. Res. J. 1972, 42, 181- 196
- 65 Neckář, B. : Fyzikální model vnitřní struktury příze
Měření a vyhodnocování struktury příze
SVŮT Liberec, Výzkumna Zpráva, K 07 X/77

- 66 Soni, M.K. a Neckář, B. : Fyzikální model vnitřní struktury příze část VI : Bezvrétnové příze BD 200 viskozových vláken, SVUT Liberec, Interní zpráva PT2-XI/ 1979
- 67 Hearle, J.W.S. , Grossberg, P. a Backer, S. : Structural Mechanics of Fibre, Yarn and fabrics, Vol.I, 1968
- 68 Kemp, A. a Owen, J.D. : J. Text. Inst. 1955, 45, 684
- 69 Hickie, I.S. a Chaikin, M. : J. Text. Inst. 1960, 51, 1
- 70 Riding, G. a Treloar, L.R.G. : Text Res. J. 1959, July, 60
- 71 Zotikov, V.E. a Trykov : Faserforschung u Textilech 1966, 17, 366
- 72 Neckář, B. : Dosud nepublikované práce
- 73 Balakrishna Iyer a Phatarfod : Some aspects of yarn structure, J. Text. Inst. 1965, 56, 225-2
- 74 Hickie, T.S. a Chaikin, M. : Some aspects of worsted yarn structure, Part III : The fibre packing density in the cross-section of some worsted yarns, J. Text. Inst. 1974, 65, 433-437
- 75 Neckář, B. : Internal mechanics of twisted yarns Text. Res. J. 1976, 46, 545-562
- 76 Nakajima, N. : TX 591 Project, School of Textiles, N.C. State University at Raleigh, 1970
- 77 Sharma, M.A. : TX 591 Project, School of Textiles, N.C. State University at Raleigh, 1970
- 78 Desai, N.N. : TX 591 Project, School of Textiles, N.C. State University at Raleigh, 1970

- 79 Cormack, D., Grossberg, P., a K.H. Ho : The yarn twist inside the rotor in OE spinning, J. Text. Inst. 1979 sept.
- 80 Soni, M.K. : Kandidátská disertační práce 1979, VSST Liberec,
- 81 Singh, A. : Informace z práce Cormack, Grossberg, a Ho, J. Text. Inst. 1979 Sept.
- 82 Neckář, B. a Švehlová, L. : Optické možnosti diagnostiky textilních struktur, Část II Vyhodnocení struktury metodou mikroskopických řezů SV 4-IX/81 SVÚT Liberec 1981
- 83 Kašpárek, J. : Measurement of internal yarn structure from the book of "open-end spinning" Václav Rohlena et al
- 84 Hearle, J.W.S. a Gupta, B.S. : Migration of fibres in yarn Part III, Text. Res. J. 1965, 35, 70
- 85 Neckář, B. : Příčné rozměry a tahová křivka příze správa SV 10-XII/81, SVÚT Liberec, I
- 86 Ismail Dogu : Text. Res. J. 1972, 42, 726-733
- 87 Wakankar, V.A., Bhaduri, S.N., Ramaswamy, B.R. a Ghosh, G.C. : Some studies on the formation of hooks during carding, Text. Res. J. 1961, 31, 931
- 88 Simpson, J.B., Deluca, L.B. a Fiori, L.A. : Fibres hooks, their effect on yarn properties and end breakage Text. Ind. 128, 78-86, March 1964

- 89 Wagle, M.P. a Govindrajulu, R : Some studies on the format
and removal of fibre hooks, Text. Res. J.
1971, 41, 397-404
- 90 Roder, H.L. : J. Text. Inst. 1953, 44, 247
- 91 Lyne, D.G. : J. Text. Inst. 1955, 46, 118
- 92 Wood, C : J. Text. Inst. 1952, 43, 338
- 93 Cox, D.R. a Ingham, J. : J. Text. Inst. 1950, 41, 376
- 94 Gibson, R., Ingham, J. a Postle, L.J. : Wool Res. 1955, 2, 1
- 95 Townend, P.P. a Mayerson, R. : J. Text. Inst. 1965, 56, 58
595
- 96 Stalder, H. : L Industrie Textile 1054, March 1976,
161-167
- 97 Copple, C.J. a Challoner, P.H. : Break spinning of long stap
fibres- Spinning in the 70's, P.R. Lord
- 98 Artzt, P. a Schenck, A. : Textil Praxis, 1976, June, 626-62

Příloha č. 1

Program SECANT -1

STÁTNÍ VÝZKUMNÝ ÚSTAV TEXTILNÍ, LIBEREC

Odbor textilní technologie

Pokyny pro práci s programem S E C A N T - 1

Zpracoval : Ing. B. Neckář CSc.

Obsluha programu

A. Přípravné operace

1. Vloží se rozmítnutá magnetická páska, zavede se program
2. Nastaví se souřadnicový zapisovač. Formát grafu musí být v poměru 100 : 60 na šířku.
3. Založení děrné pásky a příprava snímače.

B. Obsluha při výpočtech

1. Program se spouští na počátku i po každém zastavení instrukcí CONTINUE
2. Nejprve se vkládají ruční vstupy dle tiskárny. Hodnoty jsou tištěny včetně vypočteného ekvivalentního průměru vlákna. Program analyzuje prostor 19+1 třídní interval
3. Program vykreslí příčný řez a průběh zaplnění. Poloměr je vynášen od 0 do 20x šířka třídy, zaplnění od 0 do 1. Po skončení se zastaví s displejem Z : 0, Y : 0, X : 1.
4. Akceptuje-li se řez stisknout pouze CONTINUE. Při vyřazení řez stisknout 0, CONTINUE
5. Situace dle bodu B4 se opakuje po každém řezu. Při zastaveních je dle potřeby třeba vyměnit papír na souřadnicovém zapisovači.

C. Závěrečné vyhodnocení

1. Souřadnicový zapisovač se ustaví do vhodného formátu pro finální graf zaplnění -poloměr.
2. Provedou se operace GO TO, LABEL, Y, CONTINUE. Graficky a tiskem se získají finální výsledky. Závěrečnou část lze opakovat kopie(finálních výsledků)

D. Přerušení program

Program v části B4 lze přerušit. Postupuje se dle bodu B4, avšak přidá se instrukce SET FLAG. Potom je program

přerušen standardním způsobem, mezivýsledky jsou uloženy do mg. pásky.

Rozběh po přerušení se provede místo bodu B1, B2, stisknutím následujících instrukcí: GO TO, LABEL, CONTINUE, CONTINUE. Přirozeně musí být použita minulé mg. páska.

0000-- K ---55	0050--SFL---54	0100--X Y---52
0001--CLX---37	0051--SFL---54	0101-- K ---55
0002-- 3 ---03	0052--SFL---54	0102-- G ---15
0003--FMT---42	0053--SFL---54	0103--DIV---35
0004-- 5 ---05	0054--SFL---54	0104-- 5 ---70
0005--CLX---37	0055--SFL---54	0105-- 3 ---03
0006-- 2 ---02	0056--SFL---54	0106--PSE---57
0007-- 0 ---00	0057--CLR---20	0107--FMT---42
0008--UP---27	0058--INT---64	0108--CLR---20
0009-- 1 ---01	0059-- 1 ---72	0109--FMT---42
0010-- 1 ---01	0060-- 0 ---62	0110-- 1 ---01
0011--FMT---42	0061-- K ---55	0111-- 3 ---10
0012-- 5 ---05	0062-- H ---73	0112-- 0 ---00
0013--XTO---23	0063-- 0 ---71	0113--STP---41
0014-- 2 ---02	0064--CLR---20	0114--PMT---45
0015-- 0 ---00	0065--CNT---47	0115--XTO---23
0016--UP---27	0066-- - ---34	0116-- 1 ---01
0017-- 1 ---01	0067-- J ---75	0117--UP---27
0018-- 1 ---01	0068-- E ---60	0118-- 1 ---56
0019--FMT---42	0069-- H ---70	0119-- 2 ---36
0020-- 5 ---05	0070-- H ---73	0120-- 3 ---04
0021--XTO---23	0071-- 0 ---71	0121--XFR---67
0022--FMT---42	0072--YTO---40	0122-- 3 ---36
0023--FMT---42	0073--XTO---23	0123-- 0 ---00
0024--CNT---47	0074--X Y---52	0124--KEY---30
0025--YTO---40	0075--XTO---23	0125--DIV---35
0026--CNT---47	0076-- E ---60	0126-- 00 ---25
0027-- E ---60	0077-- YE---24	0127-- 2 ---76
0028--CNT---47	0078--PSE---57	0128--XTO---23
0029-- C ---61	0079--FMT---42	0129-- 2 ---02
0030--CNT---47	0080--CLR---20	0130--FMT---42
0031-- 0 ---62	0081--FMT---42	0131-- 1 ---01
0032--CNT---47	0082-- 1 ---01	0132-- 3 ---10
0033-- H ---73	0083-- 3 ---10	0133-- 3 ---05
0034--CNT---47	0084-- 4 ---04	0134--FMT---42
0035--XTO---23	0085--STP---41	0135--FMT---42
0036--CNT---47	0086--PMT---45	0136--CNT---47
0037-- - ---34	0087--XTO---23	0137-- - ---34
0038--CNT---47	0088-- 0 ---00	0138-- 1 ---60
0039-- 1 ---01	0089--FMT---42	0139-- 1 ---55
0040--CLR---20	0090--FMT---42	0140--INT---64
0041--SFL---54	0091--CNT---47	0141-- - ---21
0042--SFL---54	0092-- - ---34	0142-- - ---56
0043--SFL---54	0093-- H ---70	0143-- 1 ---13
0044--SFL---54	0094-- - ---21	0144-- 1 ---17
0045--SFL---54	0095-- H ---74	0145-- H ---70
0046--SFL---54	0096-- H ---70	0146-- - ---21
0047--SFL---54	0097-- 0 ---71	0147--X Y---52
0048--SFL---54	0098--XTO---23	0148-- H ---70
0049--SFL---54	0099-- - ---21	0149-- 0 ---70

0150--PSE---57
 0151--FMT---42
 0152--PNT---45
 0153--PNT---45
 0154-- ---21
 0155-- 5 ---05
 0156--XFR---67
 0157-- X ---36
 0158-- 3 ---02
 0159--XTO---23
 0160-- 0 ---00
 0161--FMT---42
 0162--FMT---42
 0163-- a ---13
 0164-- E ---60
 0165--XSO---12
 0166--CNT---47
 0167-- 4 ---56
 0168-- 3 ---13
 0169-- 1 ---65
 0170--XSO---12
 0171-- E ---60
 0172--CLR---20
 0173--CNT---47
 0174-- ---34
 0175--XSO---12
 0176--INT---64
 0177-- E ---60
 0178--XTO---23
 0179--YTO---40
 0180-- E ---60
 0181-- H ---73
 0182-- 1 ---65
 0183--XCY---52
 0184-- ---34
 0185--PSE---57
 0186--FMT---42
 0187--FMT---42
 0188-- 1 ---01
 0189-- 3 ---10
 0190-- 0 ---00
 0191--CLR---20
 0192--STP---41
 0193--PNT---45
 0194--XTO---23
 0195-- 1 ---01
 0196--FMT---42
 0197--FMT---42
 0198--CNT---47
 0199-- ---34

0200--XTO---12
 0201-- H ---62
 0202-- K ---55
 0203-- 6 ---13
 0204-- 1 ---17
 0205--XTO---23
 0206--XCY---52
 0207-- 1 ---01
 0208--DIV---35
 0209-- H ---70
 0210--PSE---57
 0211--FMT---42
 0212--CLR---20
 0213--STP---41
 0214--PNT---45
 0215--XTO---23
 0216-- 3 ---02
 0217--CNT---47
 0218--EEX---26
 0219-- 3 ---03
 0220--XTO---23
 0221--DIV---35
 0222-- 3 ---02
 0223--FMT---42
 0224--FMT---42
 0225--CNT---47
 0226-- ---34
 0227--XTO---23
 0228-- 6 ---13
 0229-- 1 ---65
 0230-- 3 ---63
 0231-- ---21
 0232-- 1 ---60
 0233-- H ---73
 0234--XTO---23
 0235-- ---21
 0236--XCY---52
 0237-- H ---70
 0238-- H ---70
 0239--PSE---57
 0240--FMT---42
 0241--FMT---42
 0242-- 1 ---01
 0243-- 3 ---10
 0244-- 5 ---05
 0245--CLR---20
 0246--STP---41
 0247--PNT---45
 0248--PNT---45
 0249--PNT---45

0250--XTO---23
 0251-- 3 ---03
 0252--CNT---47
 0253--CNT---47
 0254--CNT---47
 0255--CNT---47
 0256--CNT---47
 0257--CNT---47
 0258--CNT---47
 0259--LBL---51
 0260-- E ---60
 0261--IFG---40
 0262--GTO---44
 0263--LBL---51
 0264--TP---41
 0265--CNT---47
 0266-- 5 ---05
 0267--FMT---42
 0268-- 5 ---05
 0269--CLX---37
 0270--CLR---20
 0271--XTO---23
 0272-- 4 ---04
 0273--CNT---47
 0274--LBL---51
 0275-- H ---70
 0276-- 3 ---03
 0277-- 0 ---00
 0278--XTO---23
 0279-- 4 ---11
 0280--TP---41
 0281-- 3 ---03
 0282-- 1 ---01
 0283--XTO---23
 0284-- 3 ---03
 0285--CNT---47
 0286--CNT---47
 0287--GTO---44
 0288-- 3 ---03
 0289--LBL---51
 0290-- 3 ---03
 0291-- 0 ---00
 0292-- 0 ---00
 0293-- 0 ---00
 0294-- 3 ---03
 0295-- 1 ---01
 0296--FMT---42
 0297-- 3 ---03
 0298--XTO---23
 0299-- 3 ---03

0300--GTO---44
 0301--LBL---51
 0302-- B ---66
 0303--CNT---47
 0304--GTO---44
 0305--LBL---51
 0306-- B ---62
 0307--LBL---51
 0308-- B ---66
 0309--XFR---67
 0310-- 4 ---04
 0311--XTO---23
 0312--DIV---35
 0313-- a ---13
 0314--XTQ---23
 0315--DIV---35
 0316-- b ---14
 0317-- C ---61
 0318--XTO---23
 0319-- 5 ---05
 0320--YTO---40
 0321-- c ---06
 0322-- K ---55
 0323-- 2 ---02
 0324--CNT---47
 0325-- 2 ---02
 0326-- 0 ---00
 0327--XTO---23
 0328-- 9 ---11
 0329--CNT---47
 0330-- 2 ---02
 0331-- 1 ---01
 0332--XTO---23
 0333-- a ---13
 0334--CNT---47
 0335--CNT---47
 0336--GTO---44
 0337--S-R---77
 0338--LPL---51
 0339--X-Y---52
 0340-- 5 ---05
 0341--FHT---42
 0342-- 5 ---05
 0343--CLK---37
 0344--CNT---47
 0345-- 4 ---04
 0346-- 1 ---01
 0347--XTO---23
 0348-- 1 ---01
 0349-- 0 ---00

0350--FHT---42
 0351-- 5 ---05
 0352--XFR---67
 0353--XFR---67
 0354-- 4 ---04
 0355--XTO---23
 0356-- 9 ---14
 0357--CNT---47
 0358-- . ---21
 0359-- 1 ---01
 0360-- 2 ---02
 0361-- 5 ---05
 0362-- UP---27
 0363-- . ---21
 0364-- 3 ---03
 0365-- 7 ---07
 0366-- 5 ---05
 0367--CHS---32
 0368--FHT---42
 0369-- 1 ---01
 0370-- 2 ---02
 0371--CNT---47
 0372-- . ---21
 0373-- 1 ---01
 0374-- 5 ---05
 0375-- UP---27
 0376--CHS---32
 0377--FHT---42
 0378-- 1 ---01
 0379-- 3 ---03
 0380--CLK---37
 0381-- UP---27
 0382--FHT---42
 0383-- 1 ---01
 0384-- UP---27
 0385--CNT---47
 0386--CNT---47
 0387--GTO---44
 0388--S-R---77
 0389--LPL---51
 0390-- 1 ---01
 0391--CNT---47
 0392-- 3 ---03
 0393-- 0 ---00
 0394--XFR---67
 0395-- X ---36
 0396-- 3 ---03
 0397-- UP---27
 0398-- 0 ---00
 0399--FHT---42

0400-- 1 ---01
 0401-- 2 ---02
 0402--CNT---47
 0403-- 1 ---01
 0404-- UP---27
 0405-- 0 ---00
 0406--FHT---42
 0407-- 1 ---01
 0408-- 3 ---03
 0409--CLK---37
 0410-- UP---27
 0411--FHT---42
 0412-- 1 ---01
 0413-- UP---27
 0414--CLK---37
 0415-- UP---27
 0416-- 2 ---02
 0417-- 0 ---00
 0418--X-R---67
 0419-- 3 ---03
 0420-- 3 ---03
 0421--FHT---42
 0422-- 1 ---01
 0423--X-R---67
 0424--CNT---47
 0425-- 1 ---01
 0426-- UP---27
 0427--CLK---37
 0428--FHT---42
 0429-- 1 ---01
 0430-- UP---27
 0431--CLK---37
 0432-- 0 ---00
 0433-- 1 ---01
 0434-- 0 ---00
 0435--X-R---67
 0436--CLK---37
 0437-- 0 ---00
 0438--FHT---42
 0439-- 0 ---00
 0440-- UP---27
 0441--CNT---47
 0442-- 0 ---00
 0443--CNT---47
 0444--GTO---44
 0445-- 0 ---00
 0446-- 0 ---00
 0447--CNT---47
 0448-- 0 ---00
 0449-- 0 ---00

0450--XTO---23
0451-- a ---13
0452-- . ---21
0453-- 5 ---05
0454--XFR---67
0455-- K ---36
0456-- 3 ---03
0457--XTO---23
0458-- b ---14
0459--CNT---47
0460--CNT---47
0461--GTO---44
0462--S/R---77
0463--LBL---51
0464-- 4' ---04
0465--CNT---47
0466--EEX---26
0467-- 9 ---11
0468--FMT---42
0469-- 1 ---01
0470-- UP---27
0471--CLR---20
0472-- 1 ---01
0473--STP---41
0474--X=Y---50
0475--GTO---44
0476--LBL---51
0477-- E ---60
0478--CNT---47
0479--CNT---47
0480-- 3 ---03
0481--FMT---42
0482-- 5 ---05
0483--CLX---37
0484-- 8 ---10
0485-- 1 ---01
0486--FMT---42
0487-- 5 ---05
0488--XFR---67
0489-- 6 ---06
0490-- 1 ---01
0491--FMT---42
0492-- 5 ---05
0493--XFR---67
0494--CNT---47
0495-- 2 ---02
0496-- 1 ---01
0497--XTO---23
0498-- a ---13
0499-- 6 ---06

0500-- 1 ---01
0501--XTO---23
0502-- b ---14
0503-- 4 ---04
0504-- 0 ---00
0505--XTO---23
0506-- 9 ---11
0507--CNT---47
0508--CNT---47
0509--GTO---44
0510--S/R---77
0511--LBL---51
0512-- 5 ---05
0513--CNT---47
0514-- 3 ---03
0515--FMT---42
0516-- 5 ---05
0517--CLX---37
0518-- 2 ---02
0519-- 0 ---00
0520-- UP---27
0521-- 8 ---10
0522-- 1 ---01
0523--FMT---42
0524-- 5 ---05
0525--XTO---23
0526-- 2 ---02
0527-- 0 ---00
0528-- UP---27
0529-- 6 ---06
0530-- 1 ---01
0531--FMT---42
0532-- 5 ---05
0533--XTO---23
0534--CNT---47
0535-- 1 ---01
0536--XTO---23
0537-- + ---33
0538-- 1 ---01
0539-- 5 ---05
0540--GTO---44
0541--LBL---51
0542-- E ---60
0543--STP---41
0544--CNT---47
0545--CNT---47
0546--CNT---47
0547--CNT---47
0548--CNT---47
0549--CNT---47

0550--CNT---47
0551--CNT---47
0552--CNT---47
0553--CNT---47
0554--CNT---47
0555--LBL---51
0556--X/Y---52
0557--CLX---37
0558--XTO---23
0559--IND---31
0560-- 6 ---10
0561-- 1 ---01
0562--XTO---23
0563-- + ---33
0564-- 6 ---10
0565-- K ---36
0566--S/R---77
0567-- 9 ---11
0568--CNT---47
0569--CNT---47
0570--CNT---47
0571--CNT---47
0572--CNT---47
0573--CNT---47
0574--CNT---47
0575--LBL---51
0576--X/Y---52
0577--CNT---47
0578--CNT---47
0579--UP---27
0580--FMT---42
0581--CNT---47
0582--UP---27
0583-- 5 ---05
0584--EEX---26
0585-- 7 ---07
0586--X/Y---52
0587--GTO---44
0588--LBL---51
0589--IND---31
0590--CNT---47
0591-- 1 ---01
0592--X/Y---52
0593-- 6 ---10
0594--XTO---23
0595--IND---31
0596-- 8 ---10
0597--CNT---47
0598-- 1 ---01
0599--XTO---23

0600-- + ---33
 0601-- 4 ---04
 0602--XTO---23
 0603-- + ---33
 0604-- 8 ---10
 0605--YTO---40
 0606--IND---31
 0607-- 8 ---10
 0608--CNT---47
 0609-- 1 ---01
 0610--XTO---23
 0611-- + ---33
 0612-- 8 ---10
 0613-- K ---55
 0614--S/R---77
 0615-- 9 ---11
 0616--LBL---51
 0617--X=Y---50
 0618--SFL---54
 0619-- 1 ---56
 0620-- UP---27
 0621-- 1 ---01
 0622--YTO---40
 0623--IND---31
 0624-- 8 ---10
 0625--XTO---23
 0626-- + ---33
 0627-- 8 ---10
 0628--YTO---40
 0629--IND---31
 0630-- 8 ---10
 0631--S/R---77
 0632--CNT---47
 0633--CNT---47
 0634--CNT---47
 0635--LBL---51
 0636-- 4 ---04
 0637--CNT---47
 0638-- 2 ---02
 0639-- UP---27
 0640-- 1 ---56
 0641-- K ---36
 0642-- 6 ---14
 0643-- K ---36
 0644--XFR---67
 0645-- 3 ---03
 0646-- K ---36
 0647--XFR---67
 0648--IND---31
 0649-- a ---13

0650--XEY---30
 0651--DIV---35
 0652--YTO---40
 0653--IND---31
 0654-- a ---13
 0655-- DN---25
 0656-- UP---27
 0657--XSO---12
 0658-- UP---27
 0659-- 2 ---02
 0660-- 0 ---00
 0661--XTO---23
 0662-- + ---33
 0663-- a ---13
 0664--YTO---40
 0665--IND---31
 0666-- a ---13
 0667--XTO---23
 0668-- 1 ---34
 0669-- a ---13
 0670-- DN---25
 0671-- 6 ---14
 0672--FMT---42
 0673-- 1 ---01
 0674-- DN---25
 0675--XFR---67
 0676-- 3 ---03
 0677-- UP---27
 0678-- 1 ---01
 0679-- E ---60
 0680-- K ---55
 0681--S/R---77
 0682-- 9 ---11
 0683--CNT---47
 0684--CNT---47
 0685--LBL---51
 0686-- 5 ---05
 0687--XFR---67
 0688--IND---31
 0689-- a ---13
 0690--XTO---23
 0691--IND---31
 0692-- + ---33
 0693-- 6 ---14
 0694-- 1 ---01
 0695-- UP---27
 0696-- E ---60
 0697-- K ---55
 0698--S/R---77
 0699-- 9 ---11

0700--CNT---47
 0701--CNT---47
 0702--CNT---47
 0703--CNT---47
 0704--CNT---47
 0705--LBL---51
 0706-- 1 ---01
 0707--XFR---67
 0708--IND---31
 0709-- 1 ---01
 0710-- 0 ---00
 0711-- UP---27
 0712-- 1 ---01
 0713--XTO---23
 0714-- + ---33
 0715-- 1 ---01
 0716-- 0 ---00
 0717--XFR---67
 0718--IND---31
 0719-- 1 ---01
 0720-- 0 ---00
 0721--CNT---47
 0722--XFR---67
 0723-- 1 ---34
 0724-- 6 ---06
 0725--CNT---47
 0726-- YE---24
 0727-- 1 ---34
 0728-- 5 ---05
 0729--CNT---47
 0730--CNT---47
 0731-- UP---27
 0732-- 1 ---01
 0733--XTO---23
 0734-- + ---33
 0735-- 1 ---01
 0736-- 0 ---00
 0737--XFR---67
 0738-- 1 ---01
 0739--DIV---35
 0740--RUP---22
 0741--XEY---30
 0742--DIV---35
 0743-- DN---25
 0744--XTO---23
 0745-- a ---13
 0746--YTO---40
 0747-- 6 ---14
 0748--FMT---42
 0749-- 1 ---01

0750-- UP---27	0800-- 1 ---01	0850-- + ---56
0751--FMT---42	0801--RUP---22	0851-- X ---36
0752-- 1 ---01	0802--INT---64	0852--XFR---67
0753--FMT---42	0803--XEY---30	0853-- 3 ---10
0754-- . ---21	0804-- + ---33	0854-- X ---36
0755--FMT---42	0805--RUP---22	0855-- 2 ---02
0756-- 0 ---61	0806--INT---64	0856-- 0 ---00
0757-- R ---62	0807-- + ---33	0857--XTO---23
0758--XTO---23	0808-- DN---25	0858-- + ---33
0759-- ? ---07	0809--XTO---23	0859-- 1 ---01
0760-- UP---27	0810-- 1 ---01	0860-- 1 ---01
0761--XFR---67	0811-- 2 ---02	0861--YTO---40
0762-- 0 ---00	0812--YTO---40	0862--IND---31
0763-- UP---27	0813-- 1 ---01	0863-- + ---33
0764--RUP---22	0814-- 1 ---01	0864-- 1 ---01
0765-- + ---33	0815--CNT---47	0865-- 1 ---01
0766--RUP---22	0816-- 2 ---02	0866--GTO---44
0767-- - ---34	0817-- UP---27	0867--LBL---51
0768-- DN---25	0818-- 1 ---56	0868-- . ---21
0769--XTO---23	0819-- X ---36	0869--LBL---51
0770-- a ---13	0820--XFR---67	0870-- 2 ---02
0771--YTO---40	0821-- ? ---07	0871--XFR---67
0772-- b ---14	0822-- X ---36	0872-- 0 ---00
0773--XFR---67	0823--XFR---67	0873--XSO---12
0774--DIV---35	0824-- 2 ---02	0874-- UP---27
0775-- 3 ---03	0825-- X ---36	0875-- + ---56
0776-- YE---24	0826-- 1 ---01	0876-- X ---36
0777--DIV---35	0827--XEY---30	0877-- 2 ---02
0778-- 3 ---03	0828--XSO---12	0878--DIV---35
0779-- UP---27	0829-- + ---33	0879--YTO---40
0780--CLX---37	0830-- DN---25	0880-- 1 ---01
0781--X>Y---53	0831-- 2 ---76	0881-- 3 ---10
0782--XEY---30	0832--XTO---23	0882--XFR---67
0783--CNT---47	0833-- 3 ---10	0883-- 1 ---01
0784--CNT---47	0834--XFR---67	0884-- 1 ---01
0785--CNT---47	0835-- 1 ---01	0885--XFR---67
0786-- 1 ---01	0836-- 2 ---02	0886-- X ---36
0787-- 9 ---11	0837-- UP---27	0887-- 3 ---03
0788--X<Y---52	0838--XFR---67	0888--XTO---23
0789--XEY---30	0839-- 1 ---01	0889-- 1 ---01
0790--CNT---47	0840-- 1 ---01	0890-- 9 ---11
0791--CNT---47	0841--X<Y---52	0891-- F ---16
0792--CNT---47	0842--GTO---44	0892-- DN---25
0793--RUP---22	0843--LBL---51	0893-- UP---27
0794--XEY---30	0844-- 2 ---02	0894-- YE---24
0795--X<Y---52	0845--CNT---47	0895-- 1 ---01
0796--XEY---30	0846--XFR---67	0896-- 0 ---10
0797--CNT---47	0847-- 0 ---00	0897-- + ---33
0798--CNT---47	0848--XSO---12	0898--XFR---67
0799--CNT---47	0849-- UP---27	0899-- 0 ---10

0900--DIV---35
 0901-- 2 ---02
 0902-- 0 ---00
 0903--XFR---67
 0904-- + ---33
 0905-- 1 ---01
 0906-- 1 ---01
 0907--XTO---23
 0908-- 1 ---01
 0909-- 7 ---07
 0910--YTO---40
 0911--IND---31
 0912-- + ---33
 0913-- 1 ---01
 0914-- 7 ---07
 0915--CNT---47
 0916--XFR---67
 0917-- 1 ---01
 0918-- 2 ---02
 0919-- UP---27
 0920--XFR---67
 0921-- 1 ---01
 0922-- 1 ---01
 0923-- - ---34
 0924-- 1 ---01
 0925--XTO---23
 0926-- + ---33
 0927-- 1 ---01
 0928-- 7 ---07
 0929--X=Y---50
 0930--GTO---44
 0931--LBL---51
 0932-- 0 ---00
 0933--CNT---47
 0934--XFR---67
 0935-- 3 ---03
 0936--XTO---23
 0937-- + ---33
 0938-- 1 ---01
 0939-- 9 ---11
 0940-- F ---16
 0941-- DN---25
 0942-- UP---27
 0943-- YE---24
 0944-- 1 ---01
 0945-- 3 ---10
 0946--KEY---30
 0947-- - ---34
 0948--XFR---67
 0949-- 3 ---10

0950-- X ---36
 0951--YTO---40
 0952--IND---31
 0953-- + ---33
 0954-- 1 ---01
 0955-- 7 ---07
 0956--CNT---47
 0957-- 1 ---01
 0958--XTO---23
 0959-- + ---33
 0960-- 1 ---01
 0961-- 7 ---07
 0962--LBL---51
 0963-- 0 ---00
 0964--XFR---67
 0965-- 0 ---00
 0966--XSO---12
 0967-- UP---27
 0968-- 1 ---56
 0969-- X ---36
 0970-- 2 ---02
 0971--DIV---35
 0972--XFR---67
 0973-- 1 ---01
 0974-- 3 ---10
 0975-- - ---34
 0976--XFR---67
 0977-- 3 ---10
 0978-- X ---36
 0979--YTO---40
 0980--IND---31
 0981-- + ---33
 0982-- 1 ---01
 0983-- 7 ---07
 0984--LBL---51
 0985-- - ---21
 0986--XFR---67
 0987-- 1 ---01
 0988-- 0 ---00
 0989-- UP---27
 0990-- 1 ---01
 0991-- 0 ---00
 0992-- 1 ---01
 0993--X=Y---50
 0994--CNT---47
 0995-- 1 ---55
 0996--S/R---77
 0997-- 9 ---11
 0998--CNT---47
 0999-- 4 ---04

1000-- 1 ---01
 1001--XTO---23
 1002-- 1 ---01
 1003-- 0 ---00
 1004--FNT---42
 1005-- 5 ---05
 1006--XFR---67
 1007-- K ---55
 1008--S/R---77
 1009-- 3 ---11
 1010--CNT---47
 1011--CNT---47
 1012--CNT---47
 1013--CNT---47
 1014--CNT---47
 1015--LBL---51
 1016-- F ---16
 1017--XFR---67
 1018-- 7 ---07
 1019--XSO---12
 1020-- UP---27
 1021--XFR---67
 1022-- 1 ---01
 1023-- 9 ---11
 1024--XSO---12
 1025-- - ---33
 1026--XFR---67
 1027-- 0 ---00
 1028--XSO---12
 1029-- - ---34
 1030-- 2 ---02
 1031--XFR---67
 1032-- 3 ---36
 1033-- 7 ---07
 1034--XFR---67
 1035-- X ---36
 1036-- 1 ---01
 1037-- 9 ---11
 1038--DIV---35
 1039-- DN---25
 1040-- UP---27
 1041-- 1 ---72
 1042-- 4 ---73
 1043--XTO---23
 1044-- 2 ---02
 1045-- 0 ---00
 1046--XFR---67
 1047-- 1 ---01
 1048-- 9 ---11
 1049-- X ---36

1050--XFR---67	1100--LBL---51	1150--LBL---51
1051-- ? ---07	1101--STP---41	1151--CHT---47
1052-- ? ---34	1102-- ? ---02	1152-- ? ---02
1053-- DN---25	1103--FMT---42	1153--FMT---42
1054-- UP---27	1104-- ? ---05	1154-- ? ---05
1055--XSQ---12	1105--CLR---37	1155--CLR---37
1056--CHS---32	1106-- ? ---01	1156-- ? ---01
1057-- UP---27	1107-- ? ---00	1157-- ? ---00
1058--XFR---67	1108-- ? ---11	1158-- ? ---11
1059-- ? ---00	1109-- UP---27	1159-- UP---27
1060--XSQ---12	1110-- ? ---00	1160-- ? ---00
1061-- ? ---33	1111--FMT---42	1161--FMT---42
1062-- DN---25	1112-- ? ---05	1162-- ? ---05
1063-- ? ---76	1113--XTO---23	1163--XFR---67
1064-- ? ---36	1114--FMT---42	1164--FMT---42
1065--XFR---67	1115--FMT---42	1165--FMT---42
1066-- ? ---00	1116--YTO---40	1166-- ? ---13
1067--RUP---22	1117--XTO---23	1167-- ? ---71
1068--XEY---30	1118-- ? ---62	1168--XSQ---12
1069--DIV---35	1119-- ? ---73	1169-- ? ---66
1070--XSQ---12	1120-- ? ---63	1170-- ? ---60
1071--XEY---30	1121-- ? ---62	1171-- ? ---74
1072-- ? ---72	1122-- ? ---13	1172--CHT---47
1073-- ? ---70	1123--XTO---23	1173-- ? ---56
1074-- ? ---36	1124-- ? ---73	1174-- ? ---71
1075-- DN---25	1125-- ? ---60	1175--CLR---20
1076-- ? ---33	1126--CLR---20	1176-- ? ---56
1077--XFR---67	1127-- ? ---56	1177-- ? ---13
1078-- ? ---02	1128-- ? ---13	1178-- ? ---60
1079-- ? ---00	1129-- ? ---60	1179-- ? ---13
1080-- UP---27	1130-- ? ---13	1180--1/X---17
1081-- ? ---73	1131--1/X---17	1181--YTO---40
1082--XEY---30	1132--YTO---40	1182-- ? ---60
1083-- ? ---70	1133-- ? ---60	1183-- ? ---73
1084-- ? ---36	1134-- ? ---73	1184-- ? ---65
1085--XFR---67	1135-- ? ---71	1185--CLR---20
1086-- ? ---02	1136--CLR---20	1186--CLR---20
1087-- ? ---00	1137--CLR---20	1187--FMT---42
1088--XEY---30	1138--CLR---20	1188--CLR---20
1089-- ? ---34	1139--CLR---20	1189--GTO---44
1090--XFR---67	1140--CLR---20	1190--LBL---51
1091-- ? ---01	1141--CLR---20	1191-- ? ---60
1092-- ? ---11	1142--CLR---20	1192--STP---41
1093--XSQ---12	1143--CLR---20	1193--CHT---47
1094-- ? ---36	1144--CLR---20	1194--CHT---47
1095-- DN---25	1145--CLR---20	1195--CHT---47
1096-- ? ---33	1146--CLR---20	1196--CHT---47
1097--S/R---77	1147--CLR---20	1197--CHT---47
1098--CHT---47	1148--FMT---42	1198--CHT---47
1099--CHT---47	1149--STP---41	1199--CHT---47

1200--LBL---51
 1201--XFR---67
 1202-- 1 ---01
 1203-- 1 ---21
 1204-- 1 ---01
 1205-- UP---27
 1206-- 0 ---00
 1207--FMT---42
 1208-- 1 ---01
 1209-- 3 ---03
 1210--CNT---47
 1211-- 2 ---02
 1212-- 0 ---00
 1213--XFR---67
 1214-- 3 ---36
 1215-- 3 ---03
 1216-- UP---27
 1217--CLX---37
 1218--FMT---42
 1219-- 1 ---01
 1220-- 2 ---02
 1221--CLR---20
 1222--FMT---42
 1223-- 1 ---01
 1224-- UP---27
 1225--XFR---67
 1226-- 3 ---03
 1227--FMT---42
 1228-- 1 ---01
 1229-- 5 ---05
 1230--CNT---47
 1231-- 1 ---21
 1232-- 1 ---01
 1233--FMT---42
 1234-- 1 ---01
 1235-- 6 ---06
 1236--CNT---47
 1237-- 1 ---01
 1238--XTO---23
 1239-- 6 ---14
 1240--CLX---37
 1241--XTO---23
 1242-- 6 ---13
 1243--XFR---67
 1244-- 3 ---03
 1245-- UP---27
 1246-- 5 ---05
 1247--DIV---05
 1248--YTO---40
 1249-- 0 ---00

1250--CNT---47
 1251-- 9 ---11
 1252-- 9 ---11
 1253--XTO---23
 1254-- 9 ---11
 1255--CNT---47
 1256--CNT---47
 1257--GTO---44
 1258--S/R---77
 1259--LBL---51
 1260-- 9 ---11
 1261--EEX---26
 1262-- 9 ---11
 1263--FMT---42
 1264-- 1 ---01
 1265-- UP---27
 1266--XFR---67
 1267-- 1 ---01
 1268-- 5 ---05
 1269--FMT---42
 1270--FMT---42
 1271-- 1 ---56
 1272-- 0 ---71
 1273-- 0 ---61
 1274-- E ---60
 1275--XTO---23
 1276--CNT---47
 1277-- 6 ---13
 1278-- E ---60
 1279--XSO---12
 1280--1/X---17
 1281--FMT---42
 1282--PNT---45
 1283--XTO---23
 1284-- 1 ---01
 1285--CNT---47
 1286-- 3 ---03
 1287--FMT---42
 1288-- 5 ---05
 1289--CLX---37
 1290-- 4 ---04
 1291-- 1 ---01
 1292--XTO---23
 1293-- 6 ---14
 1294--FMT---42
 1295-- 5 ---05
 1296--XFR---67
 1297-- 2 ---02
 1298-- 1 ---01
 1299--XTO---23

1300-- 6 ---13
 1301--FMT---42
 1302-- 5 ---05
 1303--XFR---67
 1304-- 2 ---02
 1305-- 0 ---00
 1306--XTO---23
 1307-- 9 ---11
 1308--FMT---42
 1309--FMT---42
 1310--XSO---12
 1311-- 6 ---62
 1312-- 1 ---56
 1313-- 1 ---21
 1314--CNT---47
 1315-- 6 ---62
 1316--CNT---47
 1317--YTO---40
 1318-- 1 ---65
 1319-- 6 ---15
 1320-- 1 ---21
 1321--XSO---12
 1322-- 6 ---62
 1323-- 1 ---56
 1324-- 1 ---21
 1325--FMT---42
 1326--FMT---42
 1327-- 1 ---01
 1328-- 6 ---10
 1329-- 1 ---04
 1330--CNT---47
 1331-- 1 ---21
 1332-- 6 ---05
 1333--XFR---67
 1334-- 1 ---06
 1335-- 3 ---03
 1336--XTO---23
 1337-- 6 ---10
 1338--CNT---47
 1339--CNT---47
 1340--GTO---44
 1341--S/R---77
 1342--LBL---51
 1343-- 6 ---10
 1344--CNT---47
 1345-- 1 ---02
 1346-- 1 ---01
 1347--XTO---23
 1348-- 6 ---13
 1349-- 6 ---04

1350-- l ---01
 1351--XTO---23
 1352-- b ---14
 1353-- . ---21
 1354-- 5 ---05
 1355--XFR---67
 1356-- X ---36
 1357-- 3 ---03
 1358--XTO---23
 1359-- 8 ---10
 1360--CNT---47
 1361-- 2 ---02
 1362-- 0 ---00
 1363--XTO---23
 1364-- 9 ---11
 1365--CNT---47
 1366--CNT---47
 1367--GTO---44
 1368--S/R---77
 1369--LBL---51
 1370-- 7 ---07
 1371--STP---41
 1372--GTO---44
 1373--LBL---51
 1374--XFR---67
 1375--STP---41
 1376--CNT---47
 1377--CNT---47
 1378--CNT---47
 1379--CNT---47
 1380--LBL---51
 1381-- 2 ---07
 1382--XFR---67
 1383--IND---31
 1384-- a ---13
 1385-- UP---27
 1386--XFR---67
 1387--IND---31
 1388-- b ---14
 1389-- UP---27
 1390--RUP---22
 1391-- + ---33
 1392--RUP---22
 1393-- - ---34
 1394--XFR---67
 1395-- 8 ---10
 1396--FMT---42
 1397-- l ---01
 1398-- UP---27
 1399--FMT---42

1400-- l ---01
 1401-- 4 ---04
 1402-- DN---25
 1403--XFR---67
 1404-- 8 ---10
 1405--FMT---42
 1406-- l ---01
 1407-- UP---27
 1408--FMT---42
 1409-- l ---01
 1410-- 4 ---04
 1411--CNT---47
 1412--XFR---67
 1413-- 3 ---03
 1414--XTO---23
 1415-- + ---33
 1416-- 8 ---10
 1417--CNT---47
 1418-- l ---01
 1419-- UP---27
 1420-- E ---60
 1421-- K ---55
 1422--S/R---77
 1423-- 9 ---11
 1424--CNT---47
 1425--CNT---47
 1426--CNT---47
 1427--CNT---47
 1428--CNT---47
 1429--CNT---47
 1430--LBL---51
 1431-- 8 ---10
 1432--XFR---67
 1433--IND---31
 1434-- a ---13
 1435--XFR---67
 1436--DIV---35
 1437-- l ---01
 1438-- UP---27
 1439--XSQ---12
 1440-- UP---27
 1441--XFR---67
 1442--IND---31
 1443-- b ---14
 1444--XFR---67
 1445--DIV---35
 1446-- l ---01
 1447--XEY---30
 1448-- - ---34
 1449-- DN---25

1450-- . ---76
 1451--XTO---23
 1452--IND---31
 1453-- b ---14
 1454--YTO---40
 1455--IND---31
 1456-- a ---13
 1457--XEY---30
 1458--PNT---45
 1459--XEY---30
 1460--PNT---45
 1461--PNT---45
 1462--XFR---67
 1463-- 8 ---10
 1464--FMT---42
 1465-- l ---01
 1466-- DN---25
 1467--CNT---47
 1468--XFR---67
 1469-- 3 ---03
 1470--XTO---23
 1471-- + ---33
 1472-- 8 ---10
 1473--CNT---47
 1474-- l ---01
 1475-- UP---27
 1476-- E ---60
 1477-- K ---55
 1478--S/R---77
 1479-- 9 ---11
 1480--LBL---51
 1481-- 9 ---11
 1482--XFR---67
 1483-- b ---00
 1484--XTO---23
 1485-- + ---33
 1486-- a ---13
 1487-- C ---61
 1488--FMT---42
 1489-- l ---01
 1490-- UP---27
 1491--FMT---42
 1492-- l ---01
 1493--FMT---42
 1494-- l ---21
 1495--FMT---42
 1496-- K ---55
 1497--S/R---77
 1498-- 9 ---11
 1499--STP---41
 1500--END---46

Příloha č. 2

Příze A

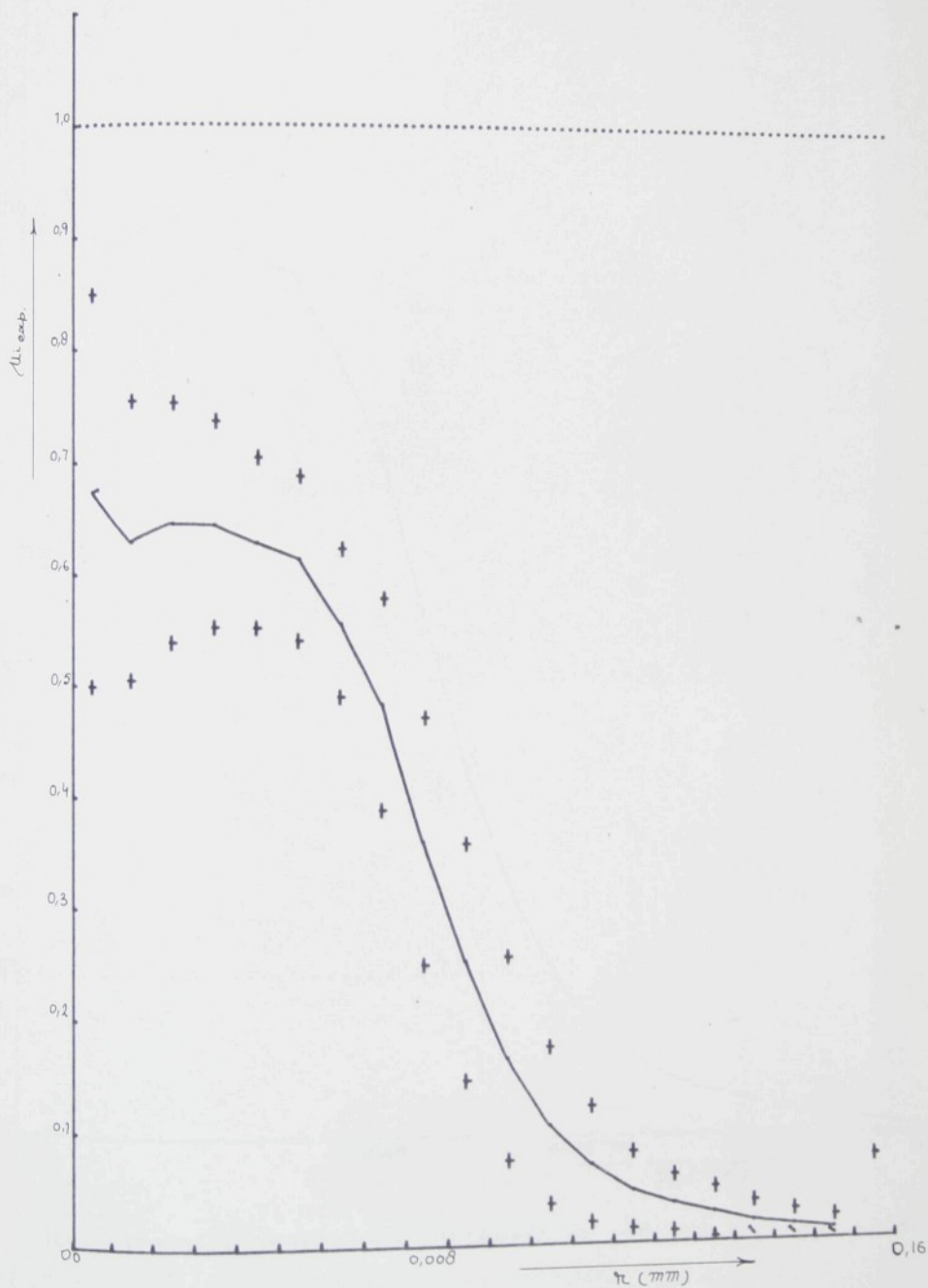
Vlákna : PESs Diolen - 12
 Měr. hmotnost : 1360 kgm^{-3}
 Jemnost : 0,170 tex
 Eky. průměr : 0,01262 mm
 Bezvř. příze : 20 tex
 Zákrut : 812 m^{-1}
 Zvětšení : 5000 $\times$, Třídní interval - 0,008 mm

Příze - A

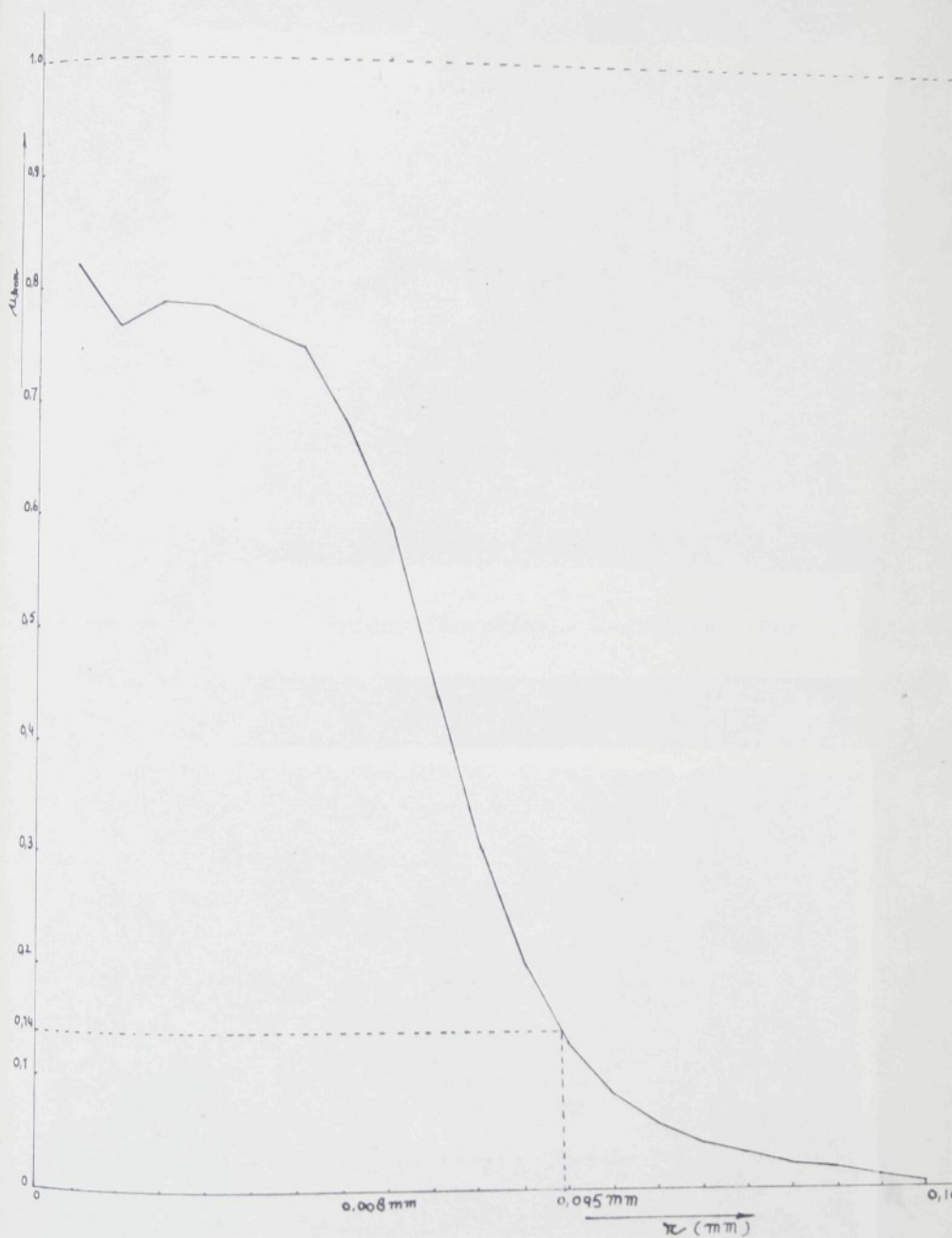
Tab. 3A

Poř. čís.	Třídní interval	Zaplnění		
		SECANT		
		stř. hodnota	směr. odchyl.	$\mu_{\text{kor.}} = \mu_{\text{exp.}}$
	μm	$\mu_{\text{exp.}}$		$\times 1,2167$
1	0 - 8	0,6739	0,1749	0,8199
2	8 - 16	0,6294	0,1246	0,7658
3	16 - 24	0,6458	0,1068	0,7857
4	24 - 32	0,6447	0,0919	0,7844
5	32 - 40	0,6285	0,0763	0,7647
6	40 - 48	0,6144	0,0738	0,7475
7	48 - 56	0,5562	0,0667	0,6767
8	56 - 64	0,4832	0,0953	0,5879
9	64 - 72	0,3593	0,1112	0,4372
10	72 - 80	0,2509	0,1060	0,3053
11	80 - 88	0,1646	0,0903	0,2003
12	88 - 96	0,1047	0,0691	0,1274
13	96 - 104	0,0699	0,0512	0,0850
14	104 - 112	0,0465	0,0339	0,0566
15	112 - 120	0,0346	0,0249	0,0421
16	120 - 128	0,0260	0,0222	0,0316
17	128 - 136	0,0175	0,0177	0,0213
18	136 - 144	0,0134	0,0137	0,0163
19	144 - 152	0,0096	0,0112	0,0117
20	152 - 160 ⁺	-0,0143	0,0882	-0,0174

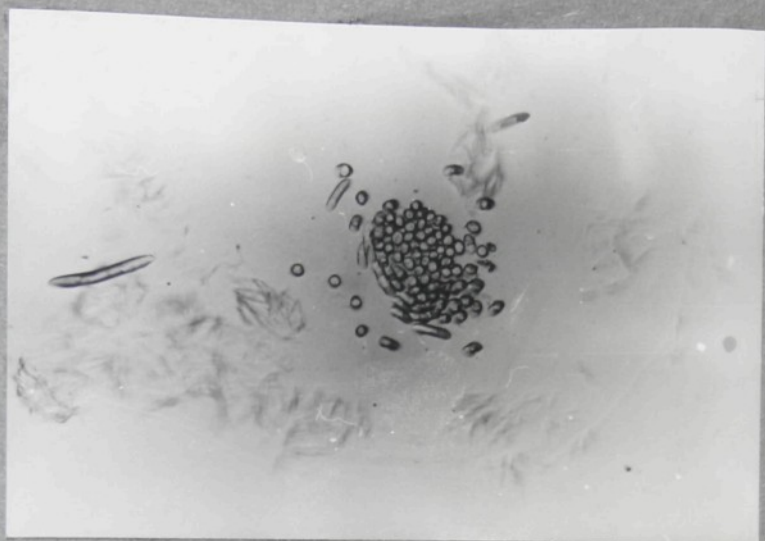
⁺ Vlákna nad 160 μm soustředěna do 20. třídy



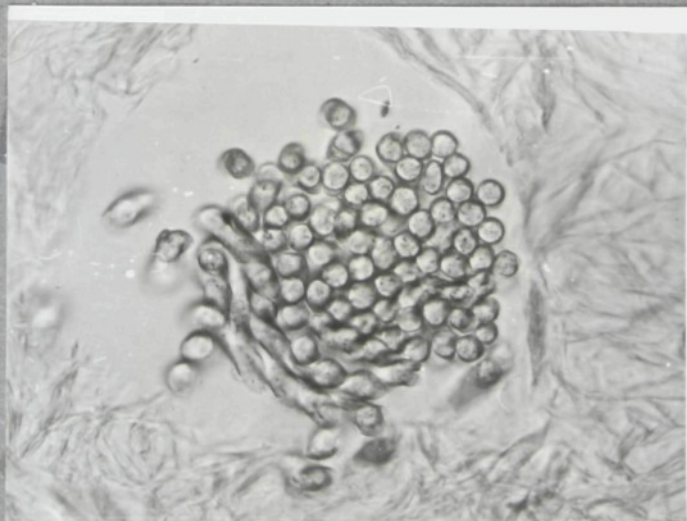
Graf středního radiálního průběhu zapnění a hodnoty
 součinnosti η a $\eta_{\text{exp.}}$ podle níže A



Graf středního radiálního korigovaného průběhu zaplnění příze A



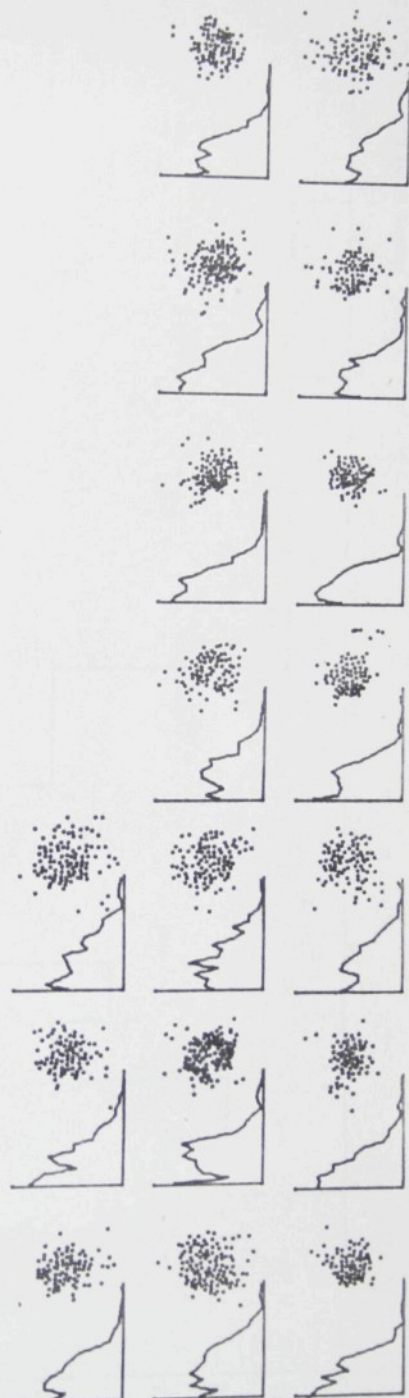
Příčný řez příze A - zvětšení 128x



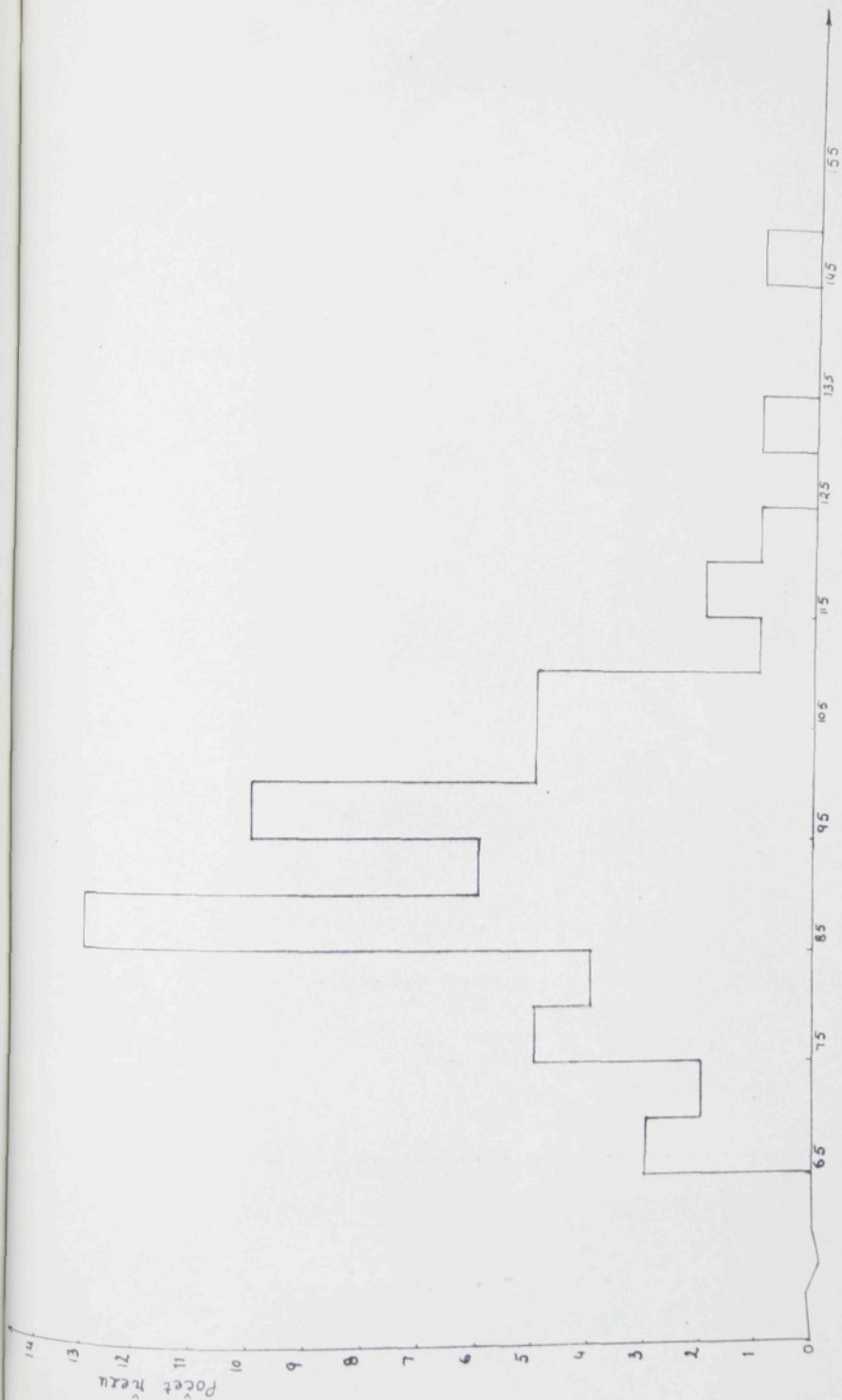
Příčný řez příze A - zvětšení 256x



Průřezy příze A a grafy jejich radiálního zaplnění



Průřezy příze A a grafy jejich radiálního zaplnění



Počet vláken v řezu

Histogram rozložení počtu vláken v jednotlivých řezech příze A

Příloha č. 3

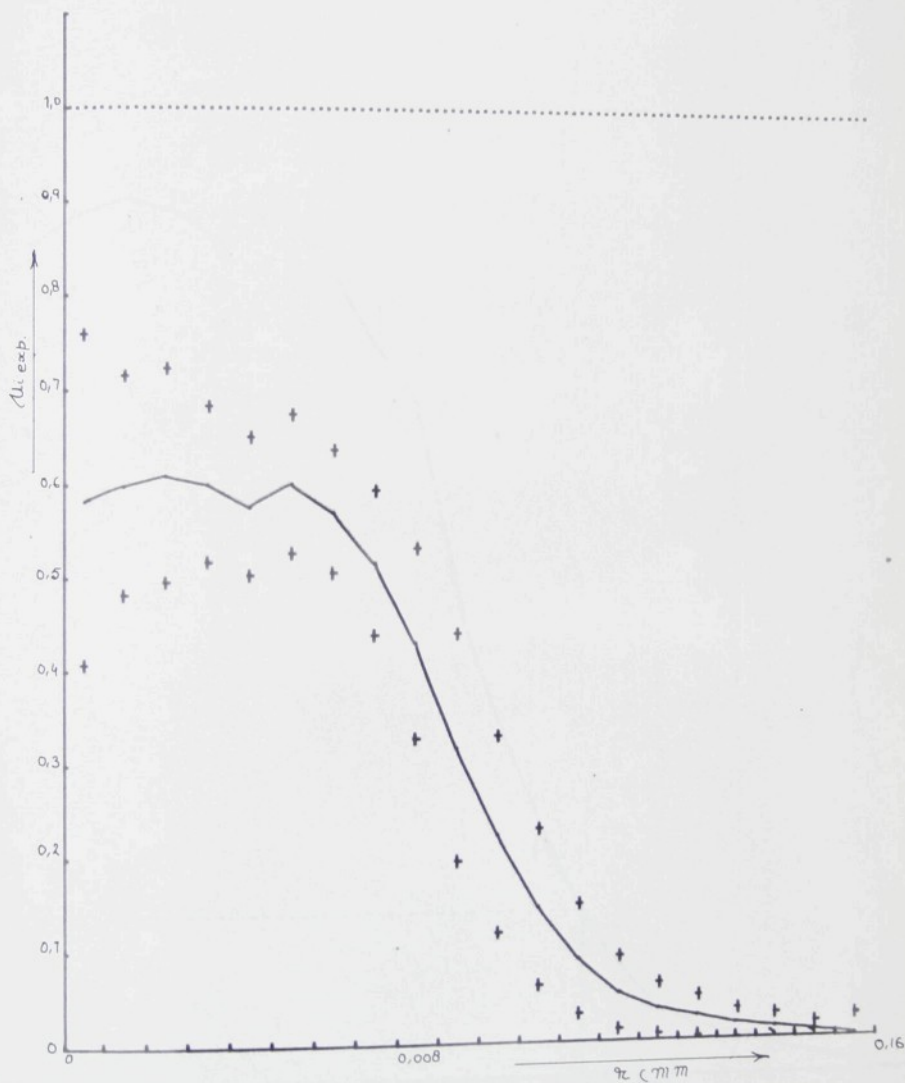
Příze B

Vlákna : PESa Tesil - 12
 Měr. hmotnost : 1360 kgm^{-3}
 Jemnost : 0,170 tex
 Eky. průměr : 0,01262 mm
 Bezvr̃. příze : 21,46 tex
 Zákrut : 747 m^{-1}
 Z většení : 5000 x , Třídni interval - 0,008 m

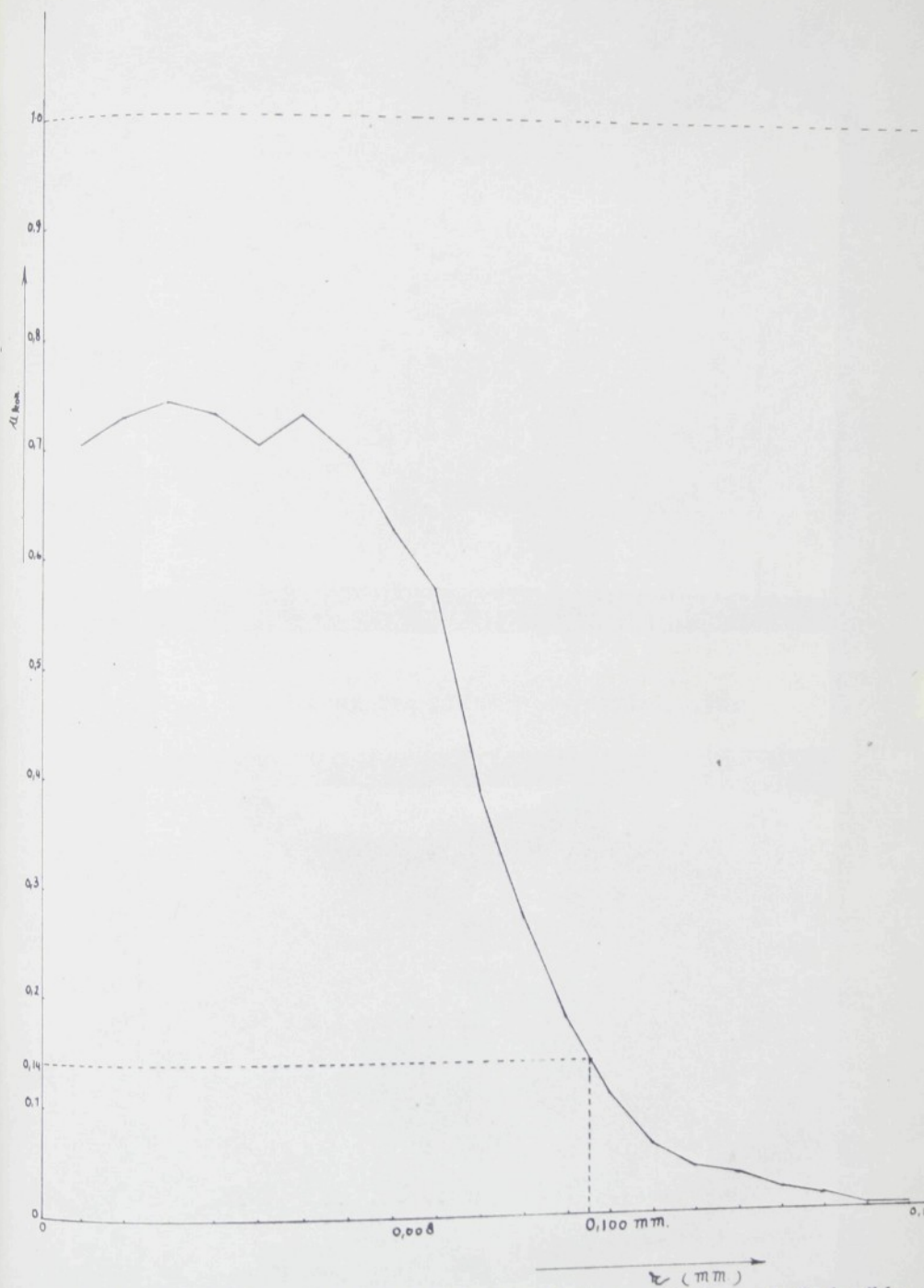
Příze B

Tab. 4B

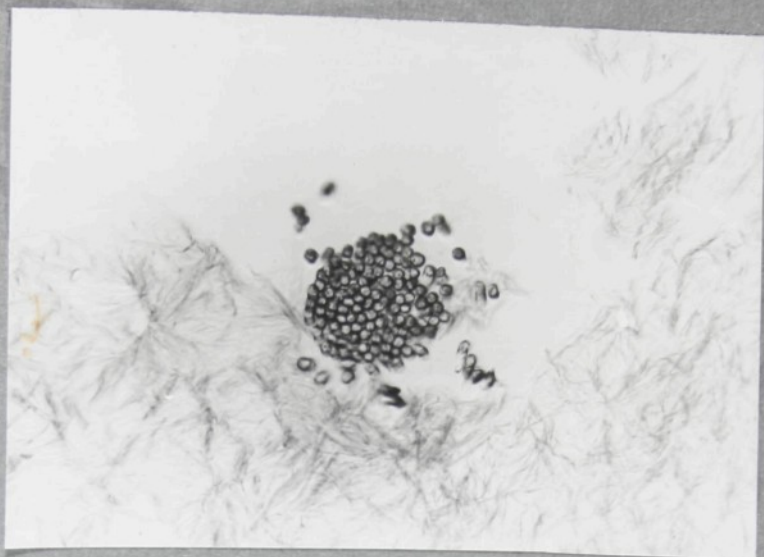
Poř. čís.	Třídni interval	Zaplnění		
		SECANT		
		stř. hodnota	směr. odchyl.	$M_i \text{ kon} = M_i \text{ exp}$
	Δm	$M_i \text{ exp.}$		$\times 1,2157$
1	0 - 8	0,5828	0,1757	0,7085
2	8 - 16	0,5986	0,1168	0,727 7
3	16 - 24	0,6095	0,1138	0,7410
4	24 - 32	0,6007	0,0829	0,7303
5	32 - 40	0,5772	0,0742	0,7017
6	40 - 48	0,6011	0,0738	0,7308
7	48 - 56	0,5716	0,0659	0,6949
8	56 - 64	0,5163	0,0783	0,6277
9	64 - 72	0,4298	0,1027	0,5225
10	72 - 80	0,3176	0,1219	0,3861
11	80 - 88	0,2240	0,1059	0,2723
12	88 - 96	0,1452	0,0844	0,17 65
13	96 -104	0,0888	0,0594	0,1080
14	104 -112	0,0515	0,0393	0,0626
15	112 -120	0,0337	0,0275	0,0410
16	120 -128	0,0250	0,0216	0,0340
17	128 -136	0,0160	0,0156	0,0195
18	136 -144	0,0116	0,0142	0,0141
19	144 -152	0,0072	0,0090	0,0088
20	152 -160	0,0024	0,0214	0,0029



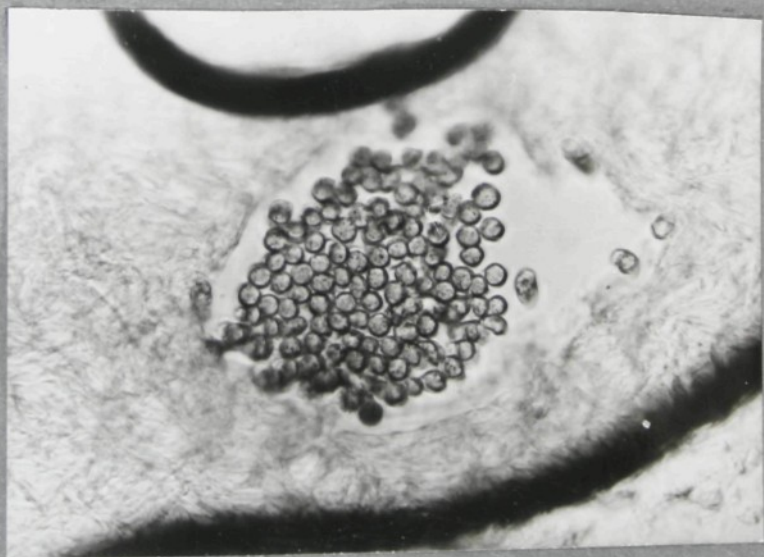
Graf středního radiálního průběhu zaplnění a hodnoty směrodatných odchylek příze B



Graf středního radiálního korigovaného průběhu zaplnění přize



Příčný řez příze B - zvětšení 128x



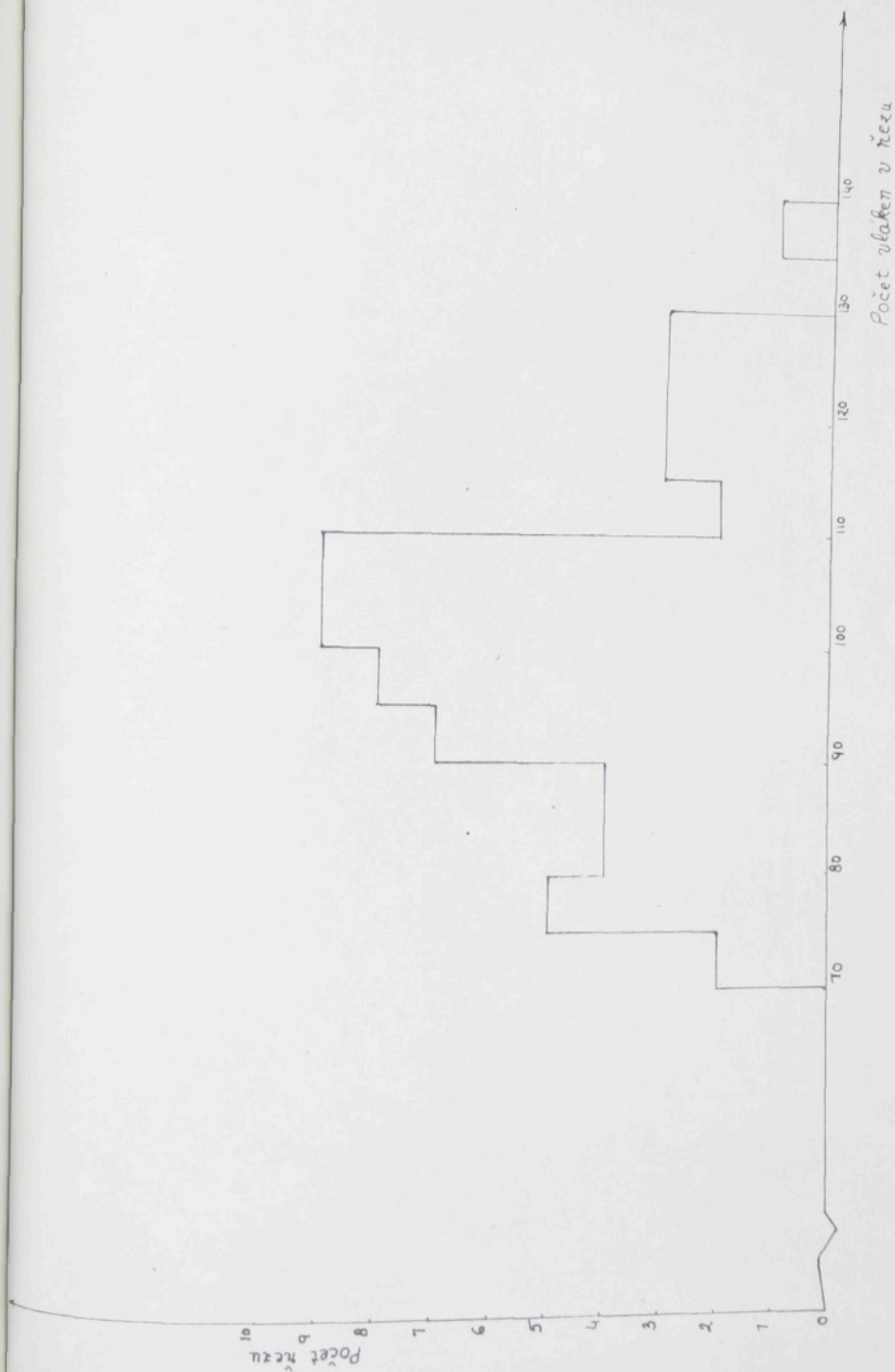
Příčný řez příze B - zvětšení 256x



Průřezy příze B a grafy jejich radiálního zaplnění



Průřezy příze B a grafy jejich radiálního zaplnění



Histogram rozložení počtu vláken v jednotlivých řezech příze B

Příloha č. 4

Příze C

Vlákna :

PESs Tesil - 12

Měr. hmotnost :

1360 kgm⁻³

Jemnost :

0,170 tex

Eky. průměr :

0,01262 mm

Bezvr. příze :

20,52 tex

Zákrut :

1190 m⁻¹

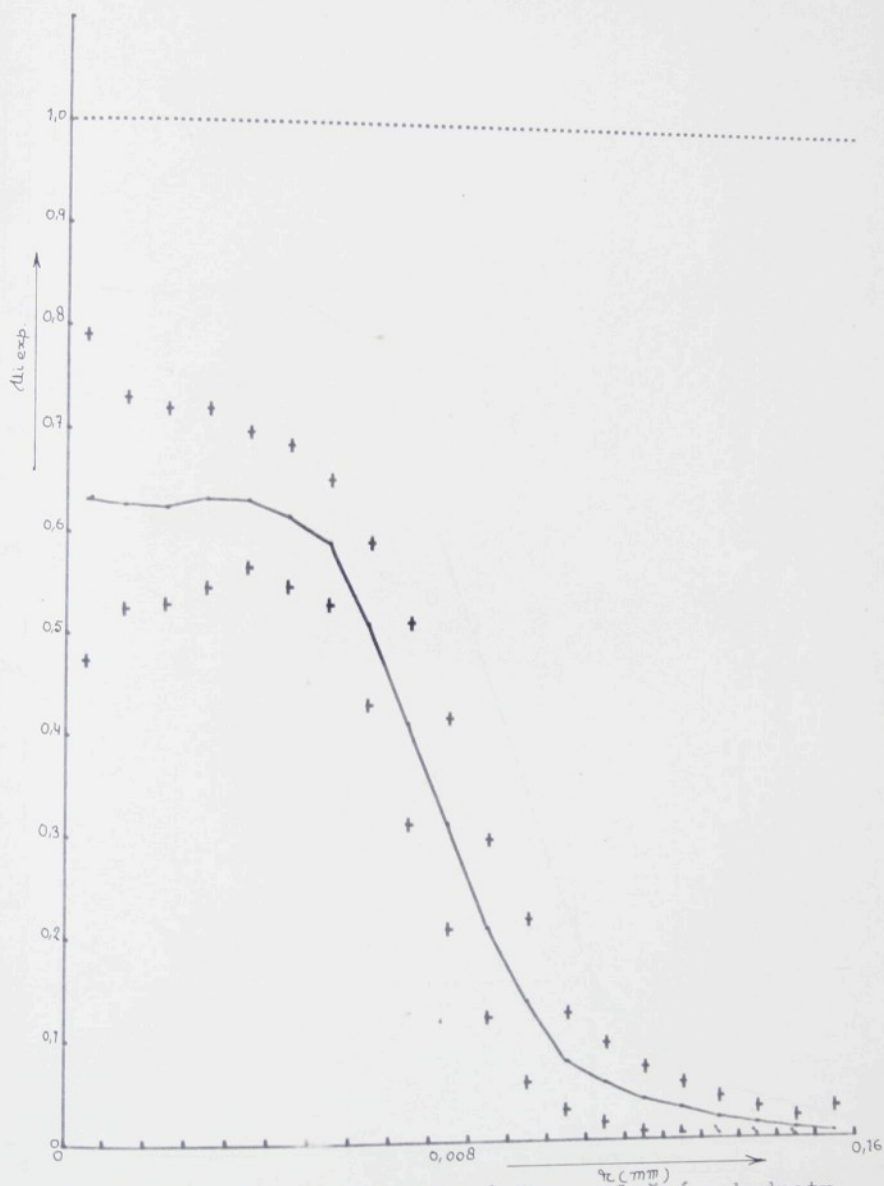
Zvětšení :

5000 x, Třídní interval - 0,008

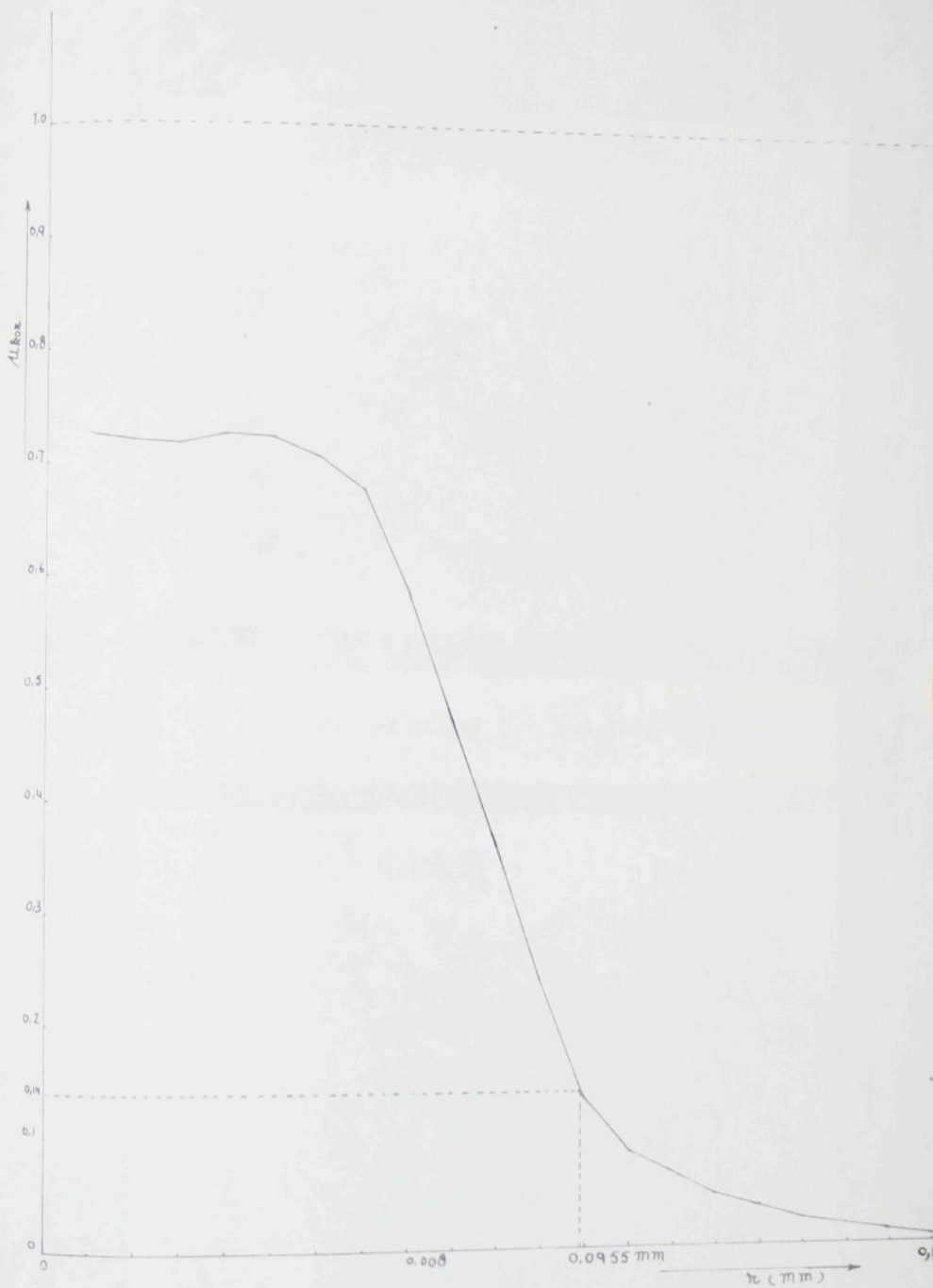
Příze C

Tab. 5C

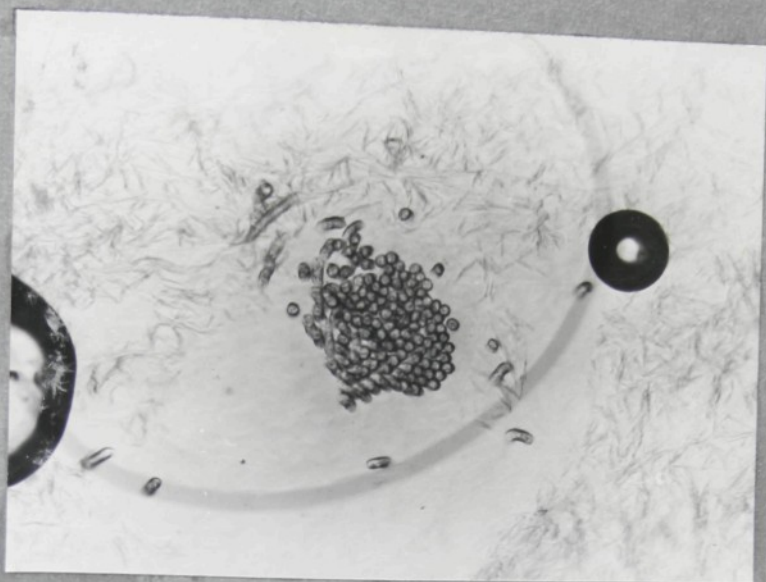
Poř. čís.	Třídní interval	Zaplnění		
		SECANT		
		str. hodnota	směr. odchylka	$\Delta i_{\text{kon}} = \Delta i_{\text{exp}} \times 1,1484$
	Δm	Δi_{exp}		
1	0 - 8	0,6313	0,1581	0,7250
2	8 - 16	0,6265	0,1027	0,7195
3	16 - 24	0,6236	0,0953	0,7161
4	24 - 32	0,6318	0,0874	0,7256
5	32 - 40	0,6308	0,0663	0,7244
6	40 - 48	0,6153	0,0694	0,7066
7	48 - 56	0,5897	0,0615	0,6772
8	56 - 64	0,5096	0,0803	0,5852
9	64 - 72	0,4113	0,0998	0,4723
10	72 - 80	0,3126	0,1041	0,3590
11	80 - 88	0,2091	0,0876	0,2401
12	88 - 96	0,1176	0,0802	0,1351
13	96 - 104	0,0776	0,0477	0,0891
14	104 - 112	0,0563	0,0393	0,0647
15	112 - 120	0,0393	0,0320	0,0451
16	120 - 128	0,0305	0,0250	0,0350
17	128 - 136	0,0203	0,0209	0,0233
18	136 - 144	0,0145	0,0164	0,0167
19	144 - 152	0,0091	0,0123	0,0104
20	152 - 160	0,0052	0,0252	0,0060



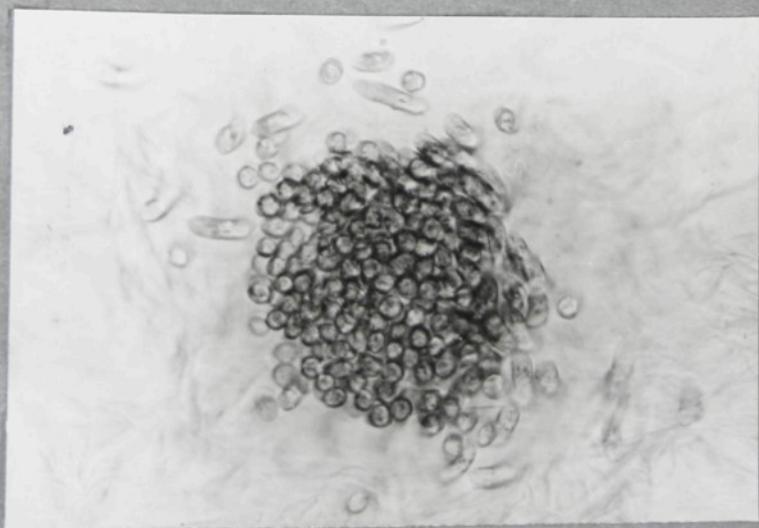
Graf středního radiálního průběhu zaplnění a hodnoty směrodatných odchylek příze C



Graf středního radiálního korigovaného průběhu zaplnění příze 0



Příčný řez příze C - zvětšení 128x

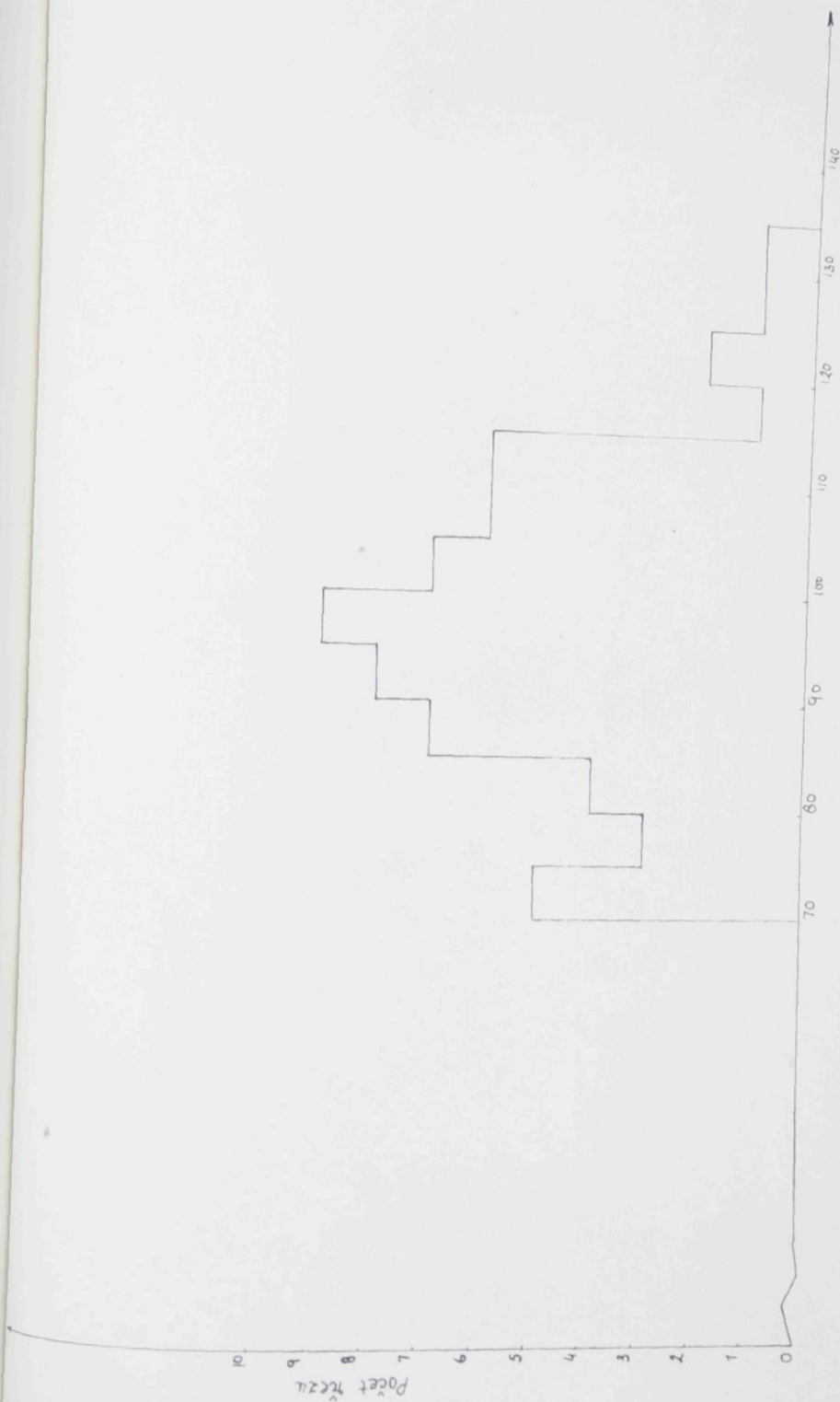


Příčný řez příze C - zvětšení 256x



Průřezy příze C a grafy jejich radiálního zaplnění





Počet vláken v řezu

Histogram rozložení počtu vláken v jednotlivých řezech příze C

Příloha č. 5

Příze D

Vlákna :

Měr. hmotnost :

Jemnost :

Eky. průměr :

Bezvr. příze :

Zákrut :

Zvětšení

PESs Diolen - 12

1360 kg/m³

0,170 tex

0,01262 mm

35,53 tex

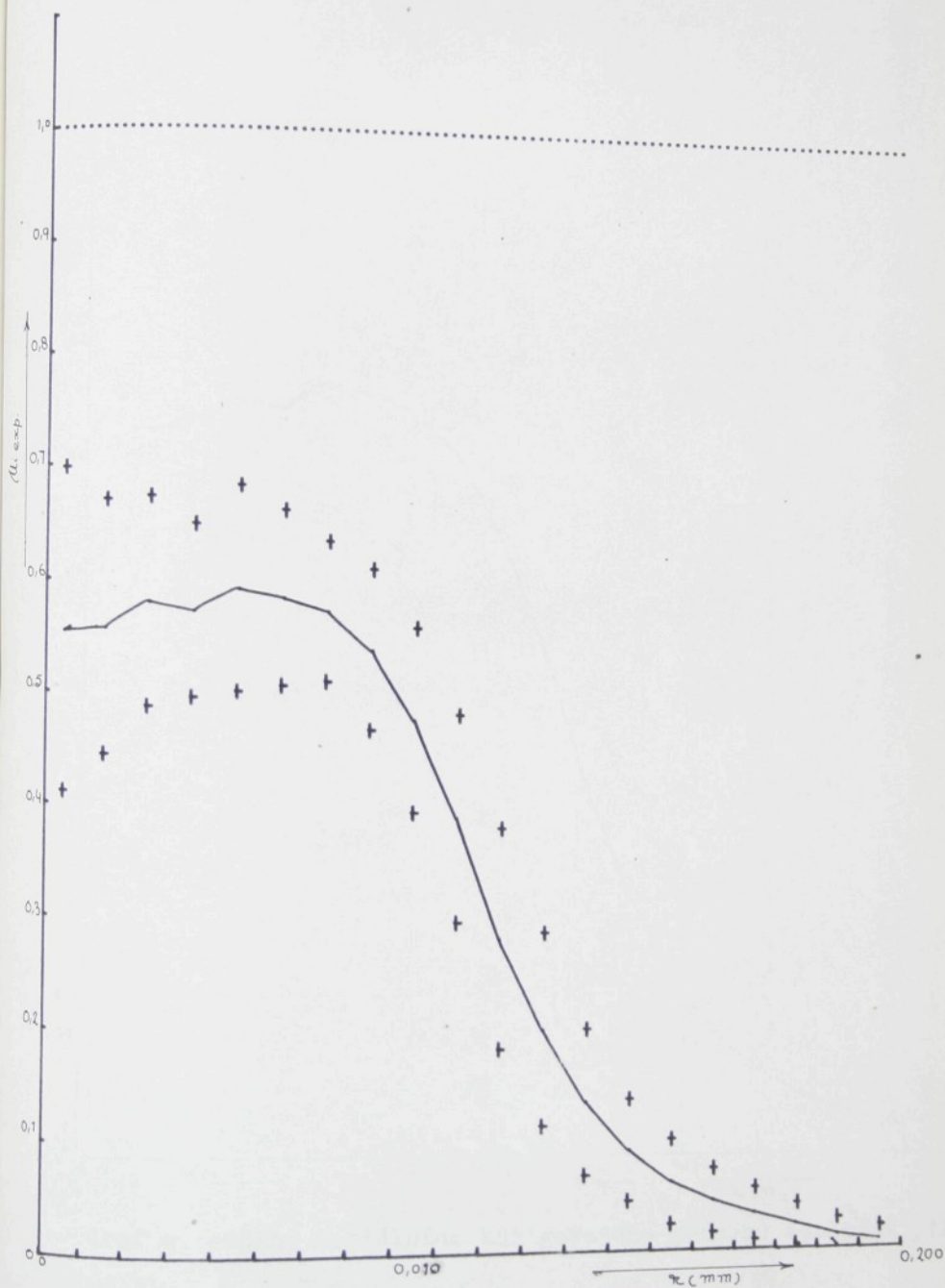
784 m⁻¹

5000 x, Třídni interval - 0,01 mm

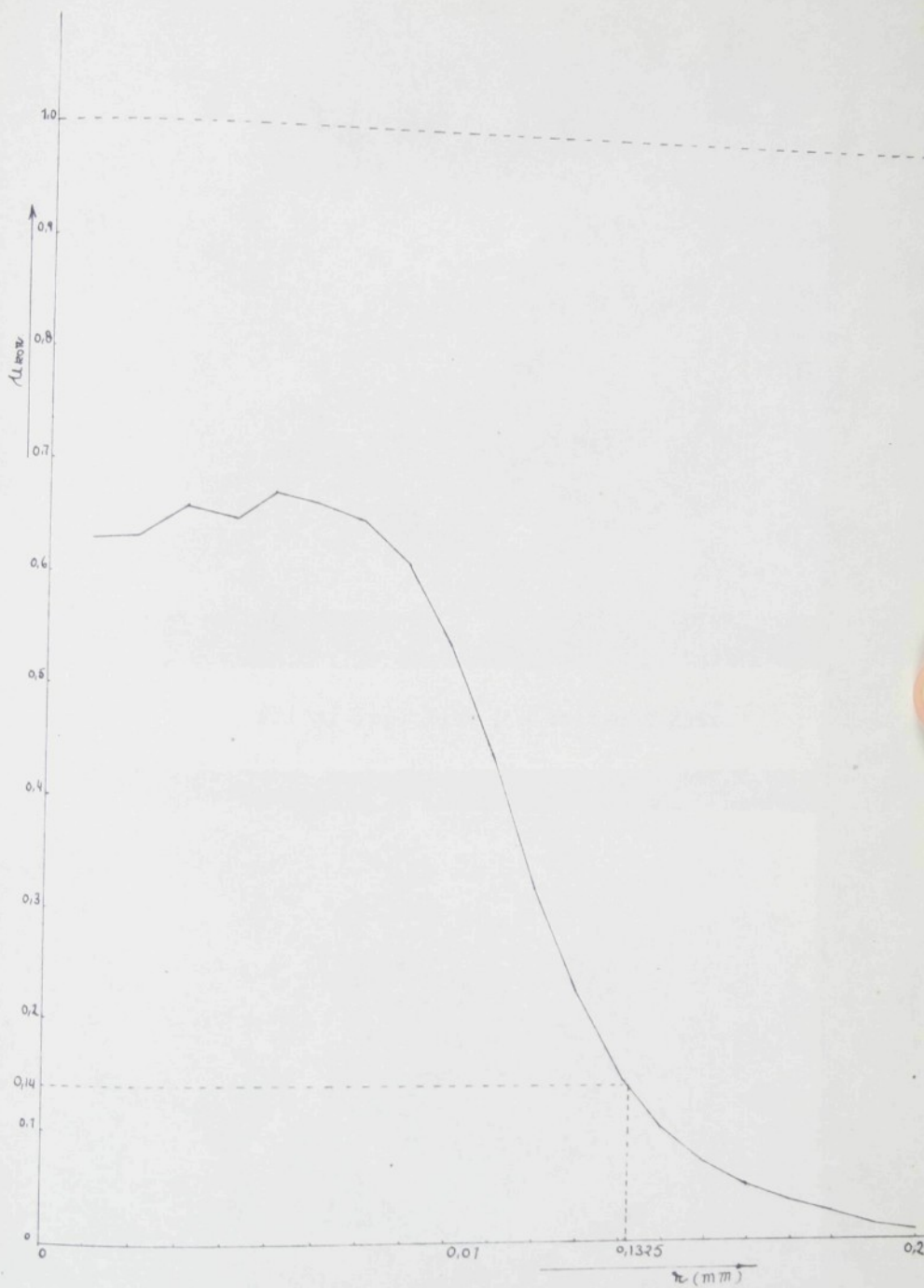
Příze D

Tab. 6D

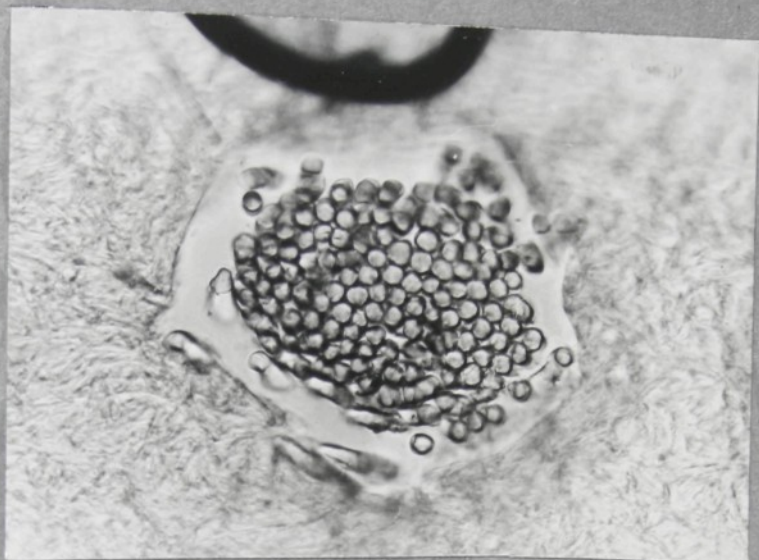
Poř. čís.	Třídni interval	Zaplnění		
		SECANT		
		stř. hodnota	směr. odchyl.	$\mu_i \cdot \text{kon} = \mu_i \cdot \exp \times$
	μm	$\mu_i \exp.$		$\times 1,1341$
1	0 - 10	0,5542	0,1436	0,6285
2	10 - 20	0,5565	0,1128	0,6311
3	20 - 30	0,5796	0,0929	0,6573
4	30 - 40	0,5718	0,0767	0,6485
5	40 - 50	0,5917	0,0910	0,6710
6	50 - 60	0,5838	0,0777	0,6621
7	60 - 70	0,5720	0,0622	0,6487
8	70 - 80	0,5378	0,0720	0,6099
9	80 - 90	0,4749	0,0833	0,5386
10	90 - 100	0,3868	0,0931	0,4387
11	100 - 110	0,2791	0,0984	0,3165
12	110 - 120	0,1981	0,0863	0,2247
13	120 - 130	0,1328	0,0656	0,1506
14	130 - 140	0,0896	0,0453	0,1016
15	140 - 150	0,0610	0,0378	0,0691
16	150 - 160	0,0439	0,0285	0,0498
17	160 - 170	0,0316	0,0233	0,0358
18	170 - 180	0,0219	0,0186	0,0248
19	180 - 190	0,0117	0,0154	0,0133
20	190 - 200	0,0065	0,0130	0,0074



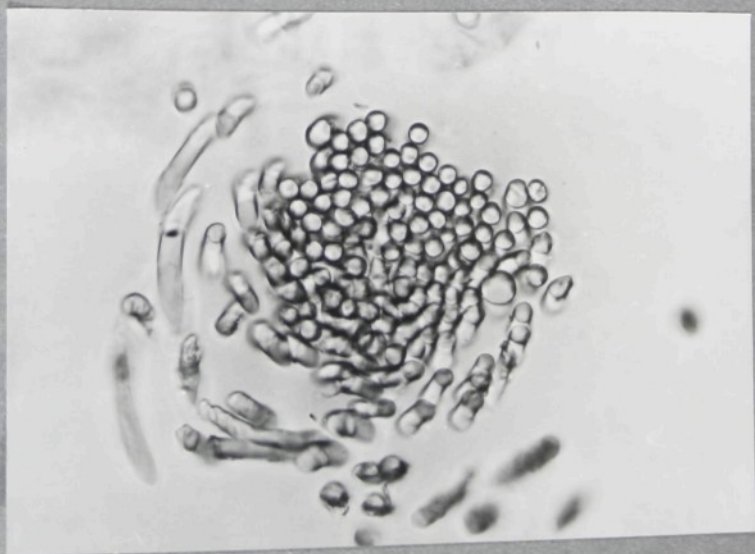
Graf středního radiálního průběhu zaplnění a hodnoty směrodatných odchylek příze D



Graf středního radiálního korigovaného průběhu zaplnění příze:



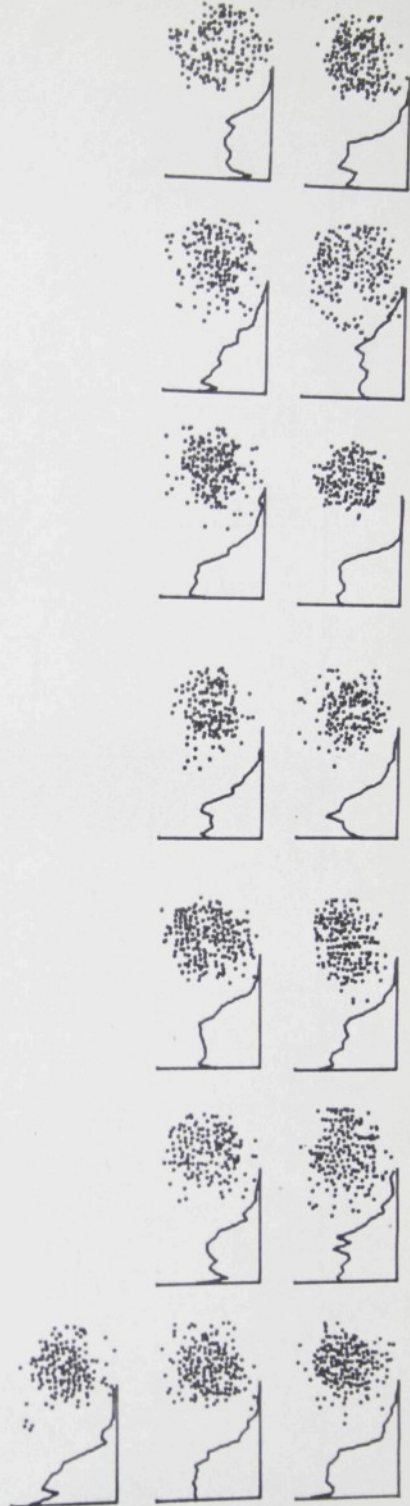
Příčný řez příze D - zvětšení 256x



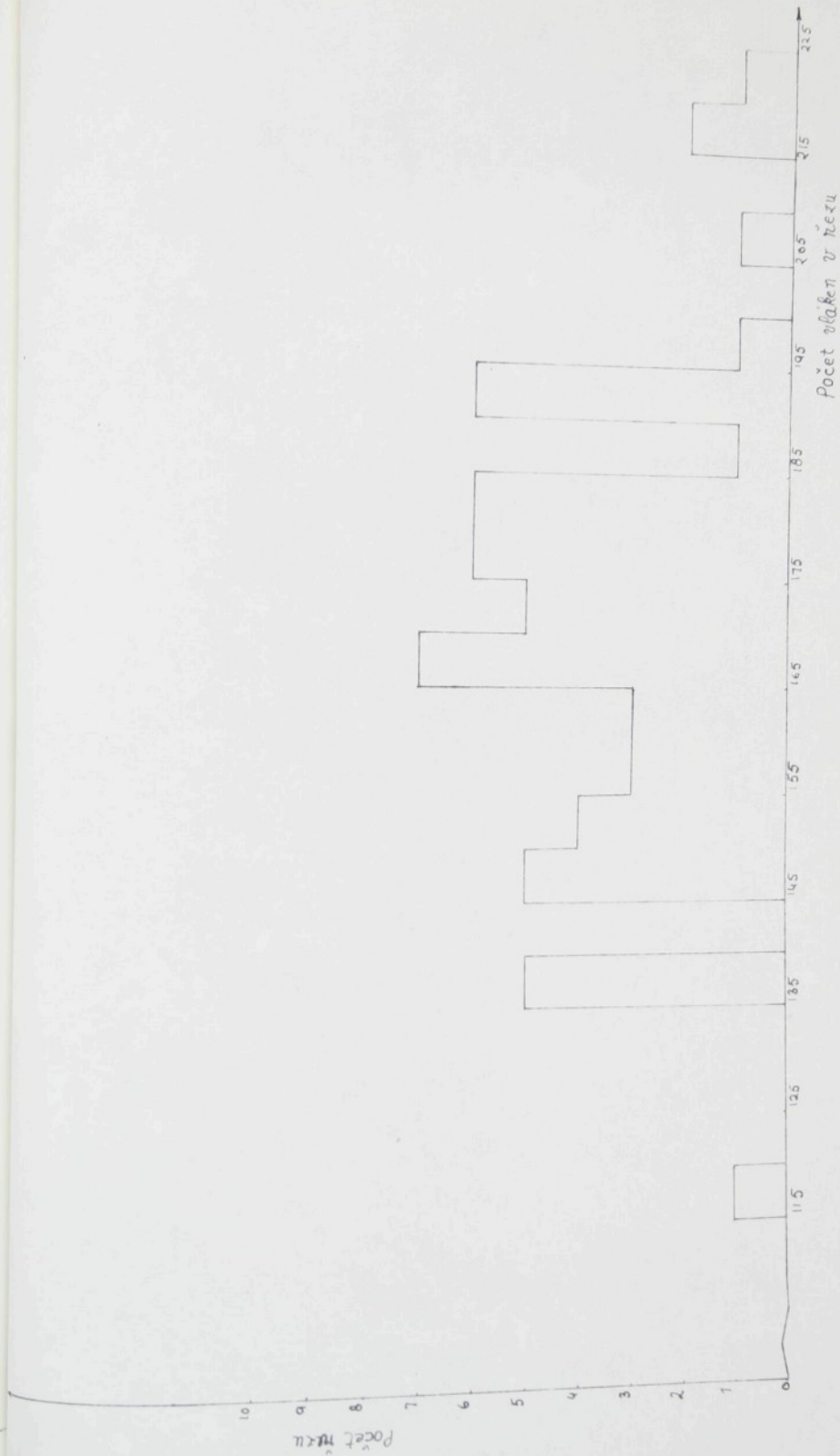
Příčný řez příze D - zvětšení 256x



Průřezy příze D a grafy jejich radiálního zaplnění



Průřezy příze D a grafy jejich radiálního zaplnění



Histogram rozdělení počtu vláken v jednotlivých řezech příze D

Příloha č. 6

Příze E

Vlákna :

Střední měř. hmotnost :

Střední jemnost :

Bezvr. příze

Zákrut :

Zvětšení :

PESs Diolen - 12/Ba

1404,8 kgm^{-3}

0,173 tex

22,7 tex

1187 m^{-1}

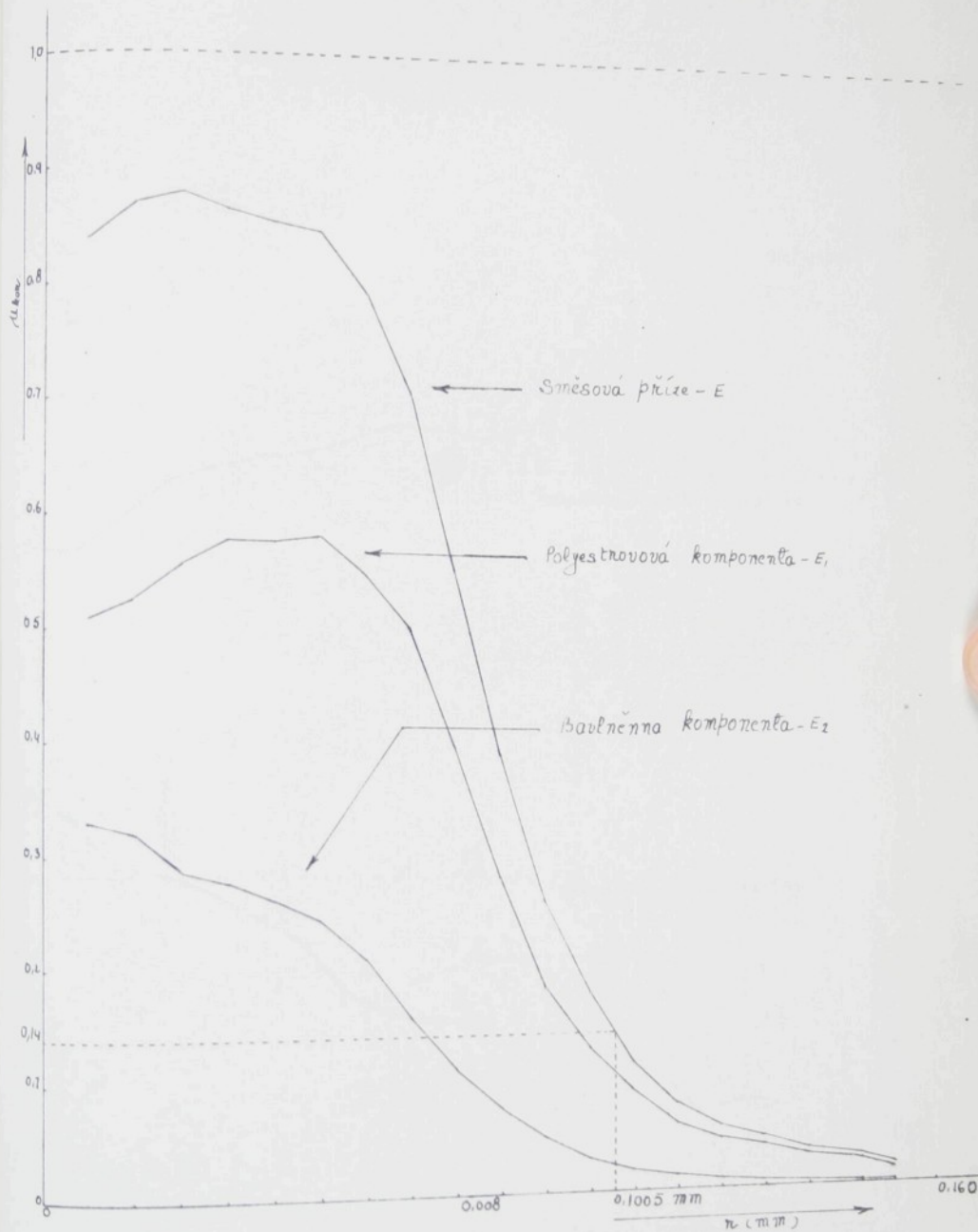
5000x, Třídni interval - 0,008 mm

Příze E

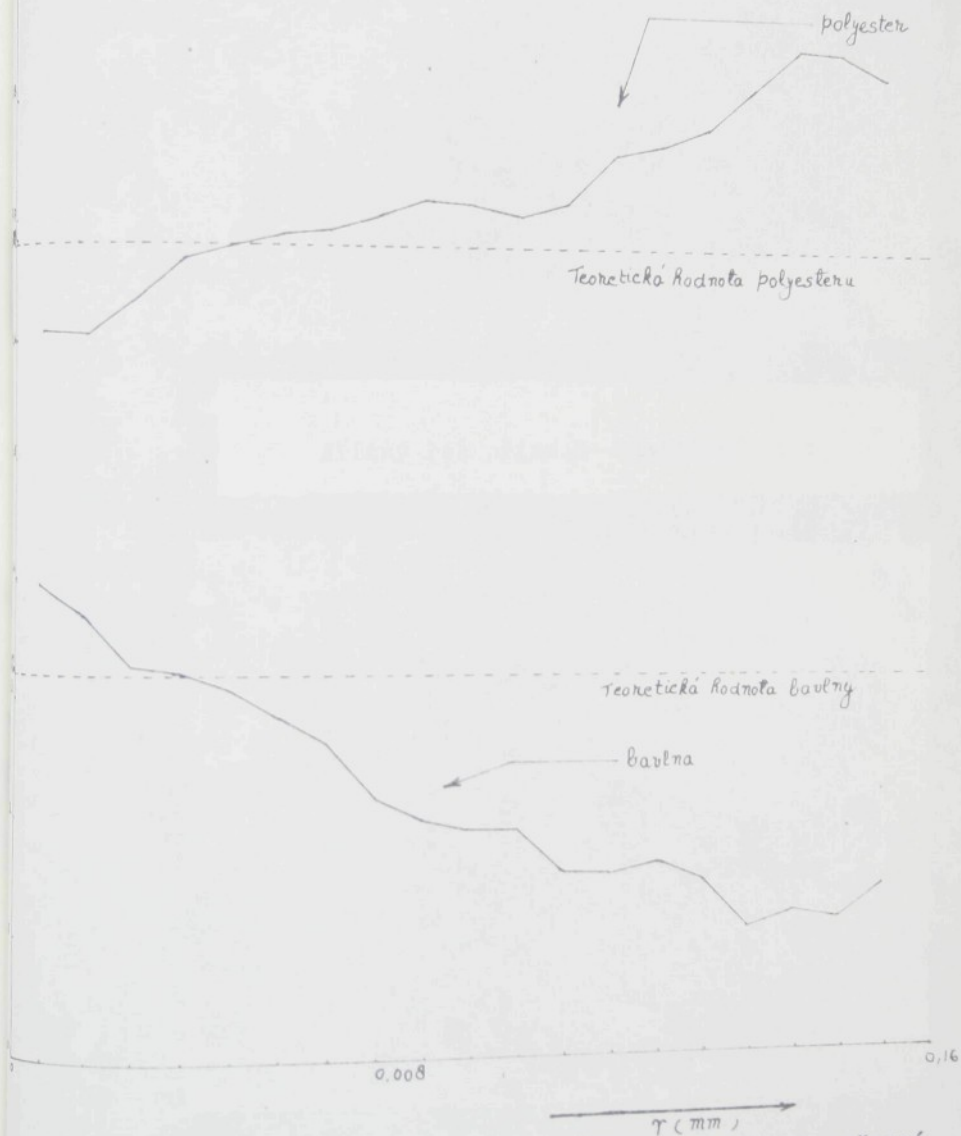
Tab. 7E

Poř. čís.	Třídni interval	Zaplnění	
		SECANT	
		stř. hodnota	$\Delta i_{kor} = \Delta i_{exp} \times$
	μm	Δi_{exp}	$\times 1,2443$
1	0 - 8	0,6748	0,8397
2	8 - 16	0,6984	0,8690
3	16 - 24	0,7053	0,8776
4	24 - 32	0,6941	0,8637
5	32 - 40	0,6857	0,8532
6	40 - 48	0,6793	0,8453
7	48 - 56	0,6358	0,7911
8	56 - 64	0,5664	0,7048
9	64 - 72	0,4409	0,5486
10	72 - 80	0,3124	0,3887
11	80 - 88	0,2063	0,2567
12	88 - 96	0,1405	0,1748
13	96 - 104	0,0912	0,1135
14	104 - 112	0,0603	0,0750
15	112 - 120	0,0449	0,0559
16	120 - 128	0,0361	0,0449
17	128 - 136	0,0260	0,0324
18	136 - 144	0,0207	0,0258
19	144 - 152	0,0135	0,0168
20	152 - 160 ⁺	-0,1539	-0,1915

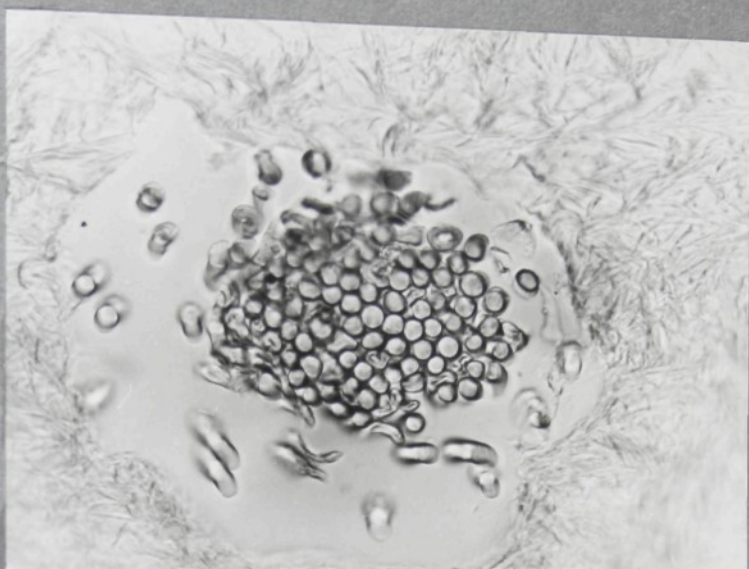
⁺ Vlákna nad 160 μm soustředěna do 20. třídy



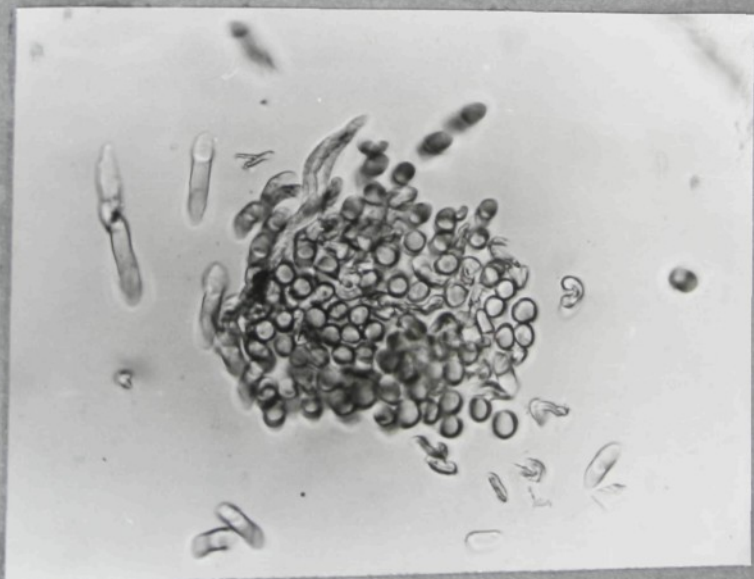
Graf středního radiálního korigovaného průběhu zaplnění příze E



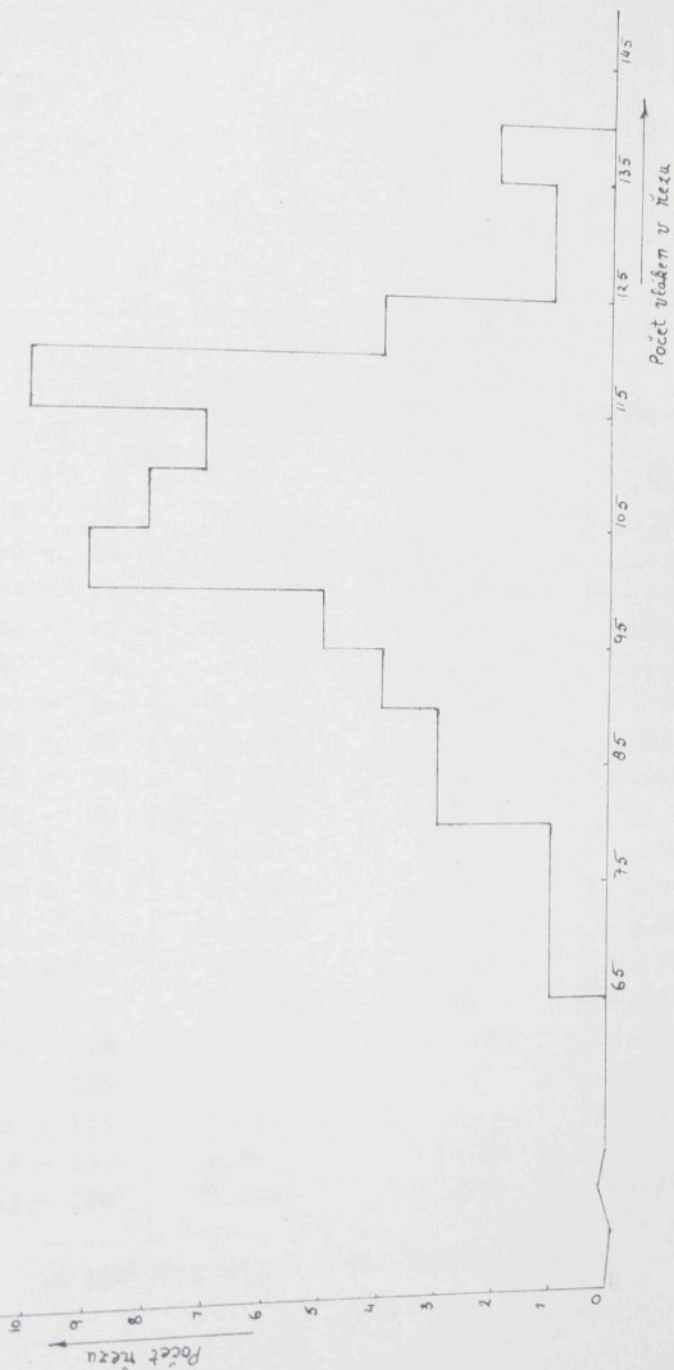
Graf radiálního vlivu migrace u ba a PES komponenty ve směsové přízi



Příčný řez příze E - zvětšení 256x



Příčný řez příze E - zvětšení 256x



Histogram rozdělení počtu vláken v jednotlivých řezech příze E

Polyesterová komponenta

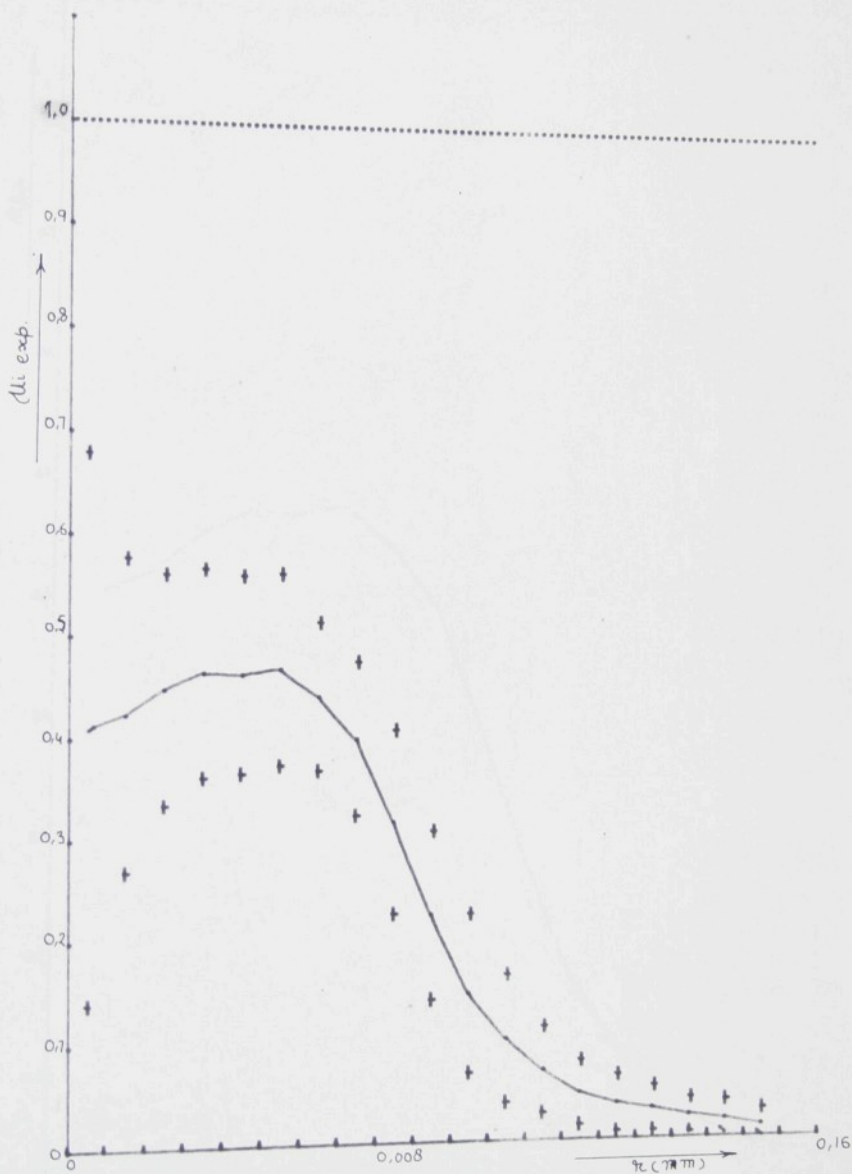
Vlákna : PESs Diolen - 12
Měr. hmotnost : 1360 kgm⁻³
Jemnost : 0,17 tex
Eky. průměr : 0,01262 mm
Bezvr. příze : 20,7 tex
Zákrut : 1187 m⁻¹
Zvětšení : 5000 x, Třídní interval - 0,008

Příze E₁

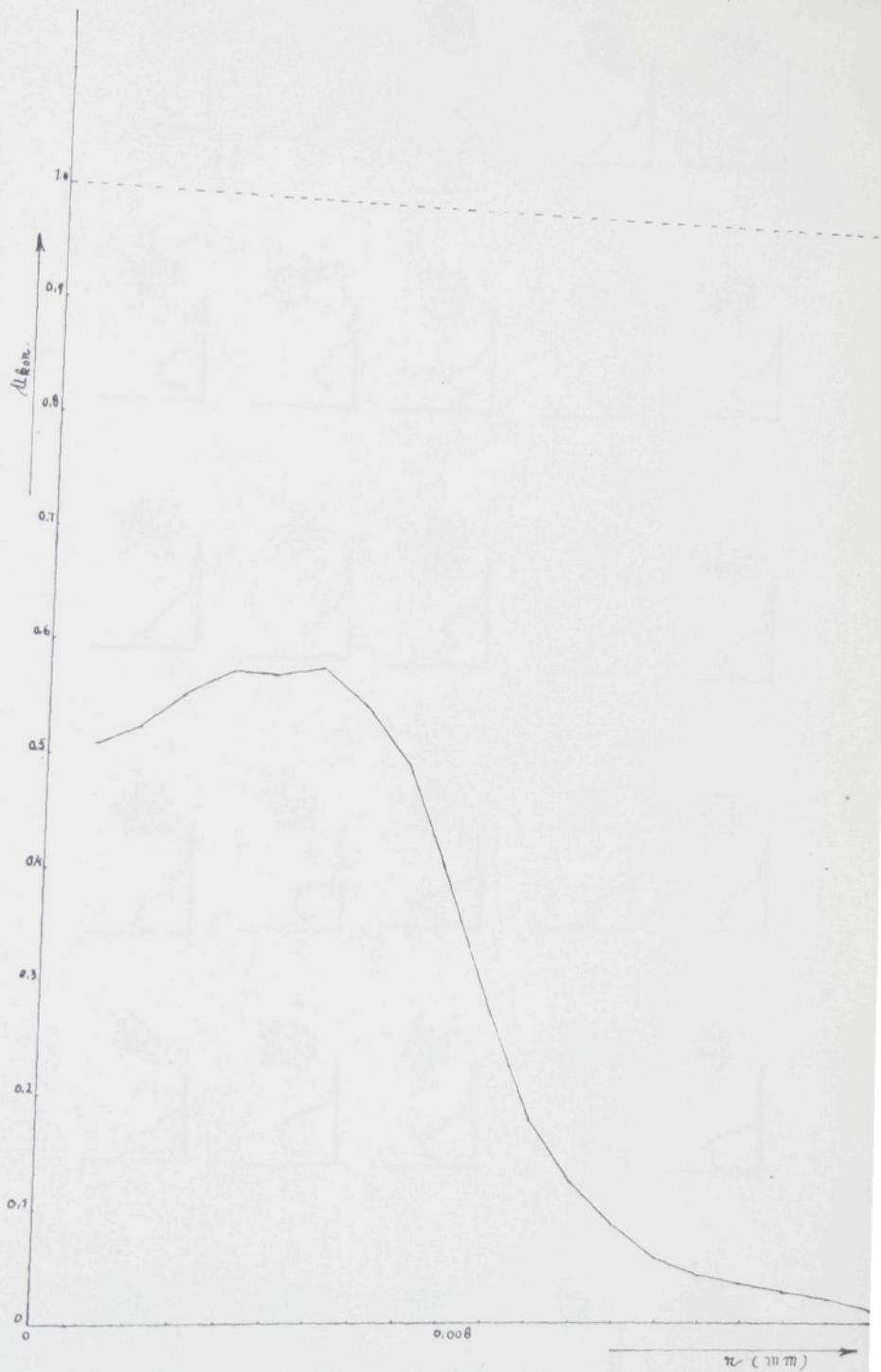
Tab. 8E₁

Poř. číslo	Třídní interval	Zaplnění		
		stř. hodnota	SECANT	
			směr. odchyl.	$\Delta i_{kon} = \Delta i_{exp} \times$
	μm	Δi_{exp}		$\times 1,2447$
1	0 - 8	0,4092	0,2693	0,5093
2	8 - 16	0,4227	0,1538	0,5261
3	16 - 24	0,4474	0,1137	0,5569
4	24 - 32	0,4635	0,1025	0,5769
5	32 - 40	0,4622	0,0973	0,5753
6	40 - 48	0,4675	0,0942	0,5819
7	48 - 56	0,4410	0,0730	0,5489
8	56 - 64	0,3993	0,0760	0,4970
9	64 - 72	0,3168	0,0916	0,3943
10	72 - 80	0,2240	0,0838	0,2788
11	80 - 88	0,1459	0,0784	0,1816
12	88 - 96	0,1009	0,0632	0,1256
13	96 - 104	0,0694	0,0427	0,0864
14	104 - 112	0,0463	0,0321	0,0576
15	112 - 120	0,0352	0,0281	0,0438
16	120 - 128	0,0295	0,0223	0,0367
17	128 - 136	0,0222	0,0171	0,0276
18	136 - 144	0,0176	0,0193	0,0219
19	144 - 152	0,0112	0,0166	0,0139
20	152 - 160 ⁺	-0,1123	0,5974	-0,1398

+ Vlákna nad 160 μm soustředěna do 20. třídy



Graf středního radiálního průběhu zaplnění a hodnoty směrodatných odchylek příze E_1



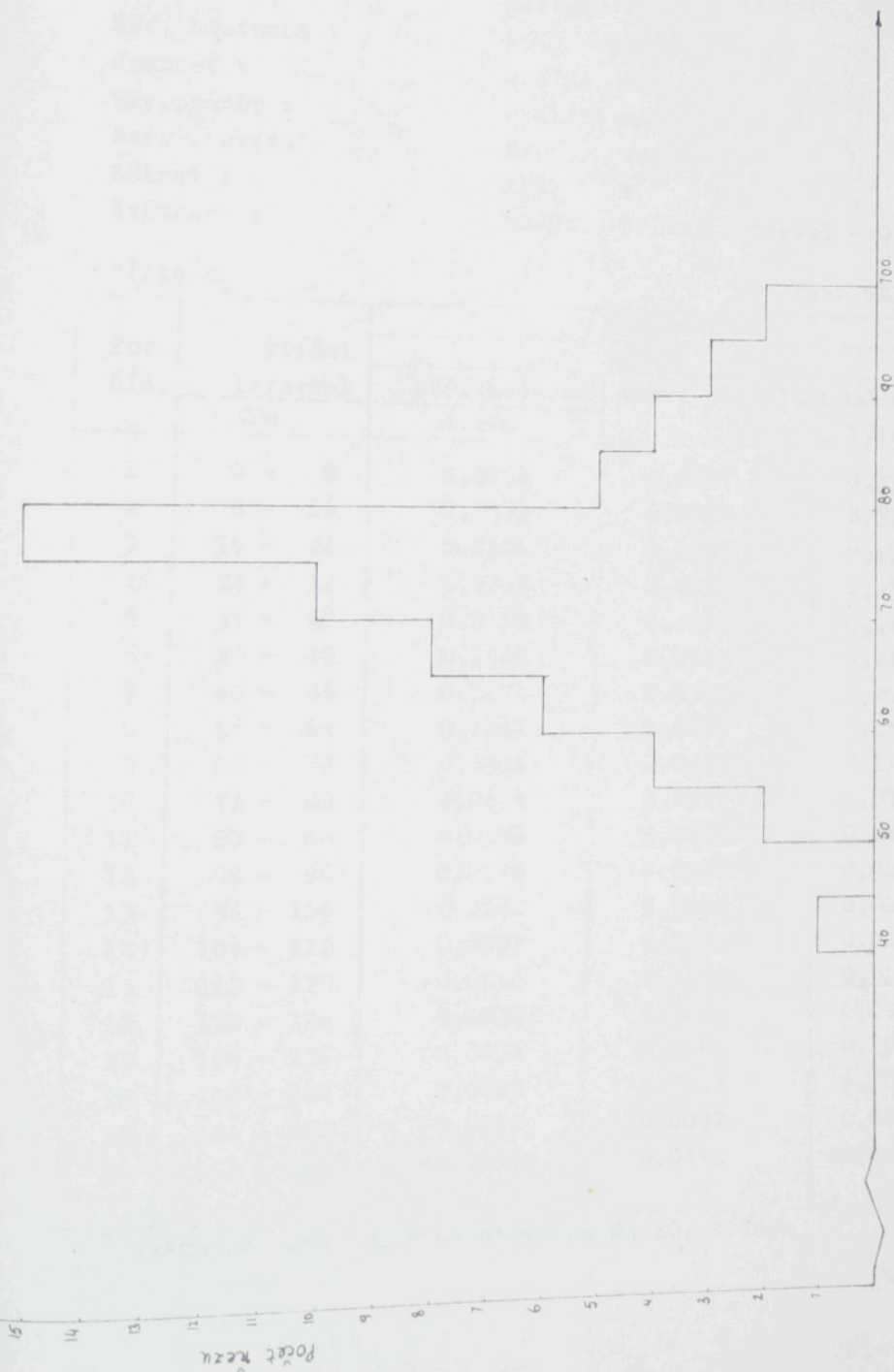
Graf středního radiálního korigovaného průběhu zaplnění
 příze E₁



Průřezy příze E_1 a grafy jejich radiálního zaplnění



Průřezy příze E_1 a grafy jejich radiálního zaplnění



Počet vláken v řezu

Histogram rozdělení počtu vláken v jednotlivých řezech příze E.

Bavlněná komponenta

Vlákna :

Bavlna

Měr. hmotnost :

1500 kgm^{-3}

Jemnost :

0,1794 tex

Eky. průměr :

0,01234 mm

Bezvř. příze :

22,7 tex

Zákrut :

1187 m^{-1}

Zvětšení :

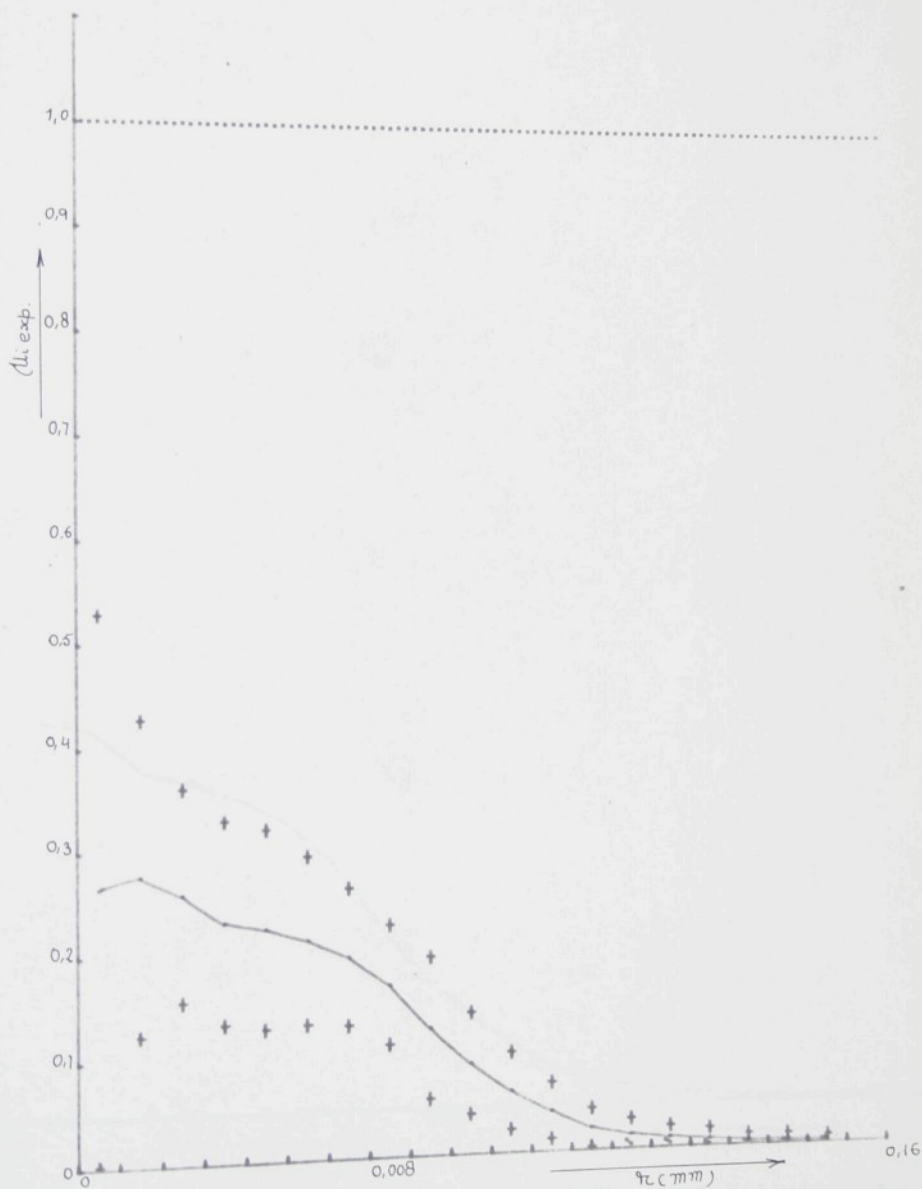
5000x, Třídní interval - 0,008

Příze E₂

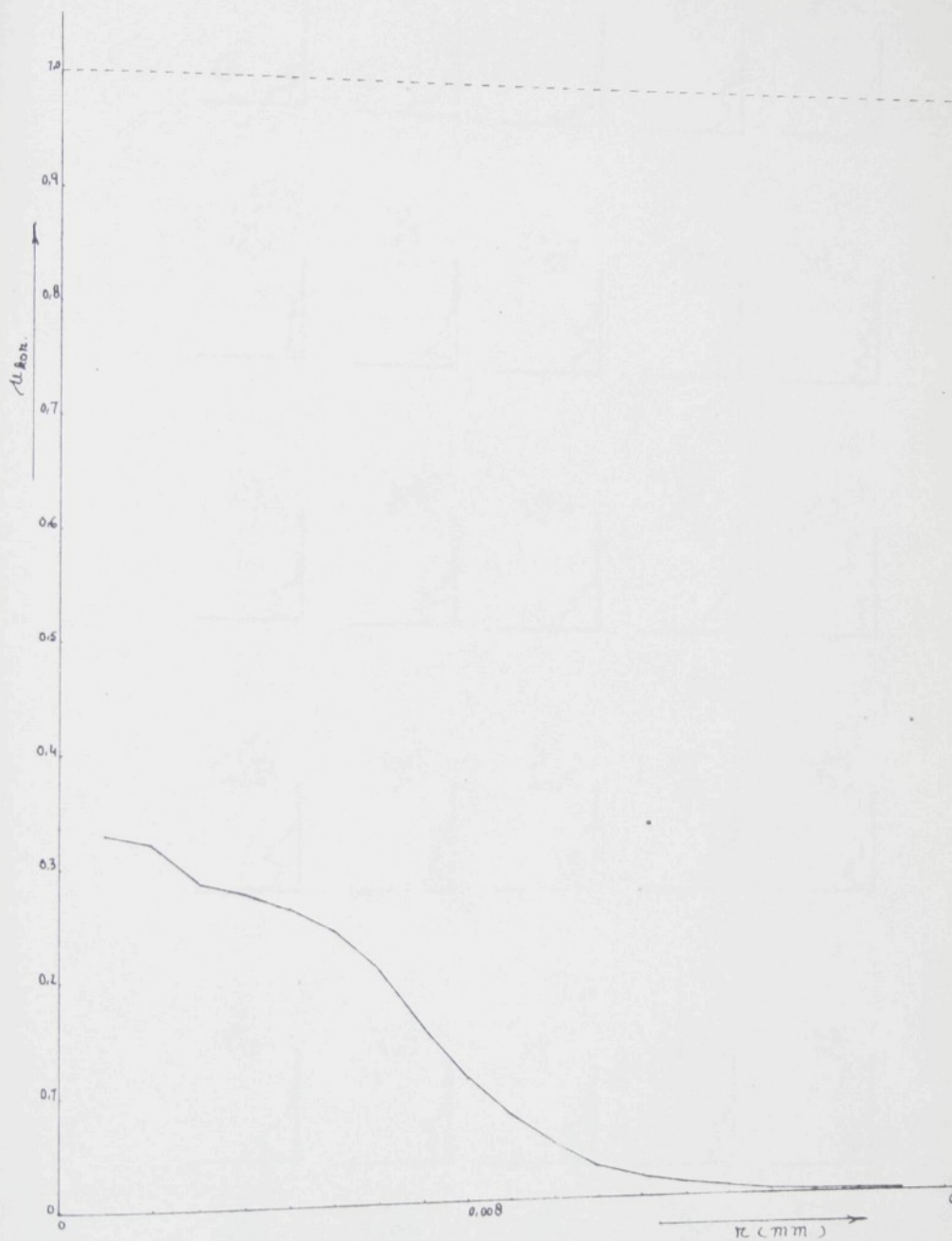
Tab. 9E₂

Poř. čís.	Třídní interval	Zaplnění		
		SECANT		
		str. hodnota	směr. odchyl.	$\mu_{\text{li exp}} = \mu_{\text{li exp}}$
	μm	$\mu_{\text{li exp}}$		x 1,2458
1	0 - 8	0,2656	0,2627	0,3309
2	8 - 16	0,2579	0,1029	0,3213
3	16 - 24	0,2306	0,0980	0,2873
4	24 - 32	0,2235	0,0963	0,2784
5	32 - 40	0,2118	0,0812	0,2639
6	40 - 48	0,1948	0,0664	0,2427
7	48 - 56	0,1671	0,0580	0,2082
8	56 - 64	0,1241	0,0689	0,1546
9	64 - 72	0,0884	0,0494	0,1101
10	72 - 80	0,0604	0,0377	0,0752
11	80 - 88	0,0396	0,0277	0,0493
12	88 - 96	0,0218	0,0192	0,0272
13	96 - 104	0,0140	0,0154	0,0174
14	104 - 112	0,0097	0,0113	0,0121
15	112 - 120	0,0066	0,0108	0,0082
16	120 - 128	0,0038	0,0069	0,0047
17	128 - 136	0,0031	0,0066	0,0039
18	136 - 144	0,0023	0,0048	0,0029
19	144 - 152	0,0019	0,0032	0,0024
20	152 - 160 ⁺	-0,0411	0,0411	-0,0512

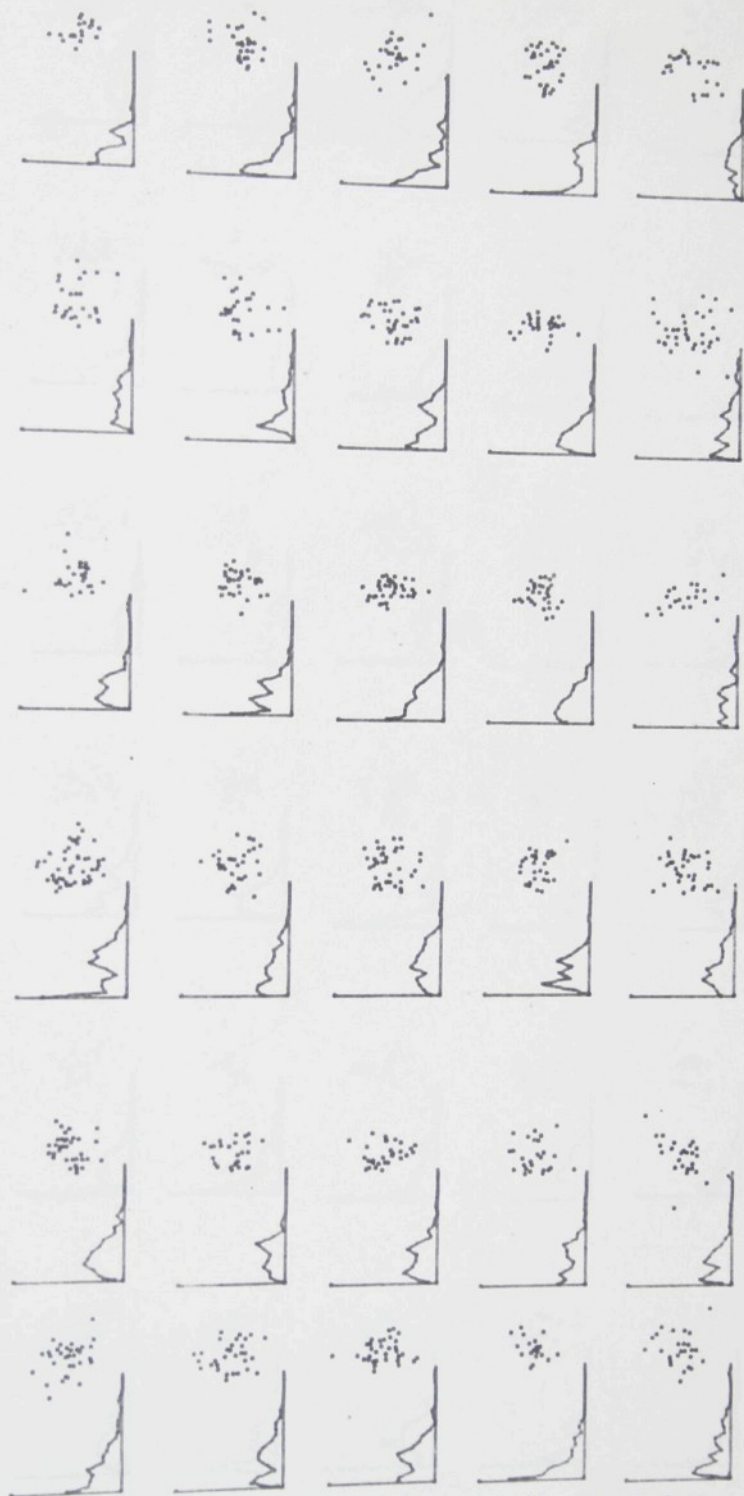
⁺ Vlákna nad 160 μm soustředěna do 20. třídy



Graf středního radiálního průběhu zaplnění a hodnoty směrodatných odchylek příze E_2



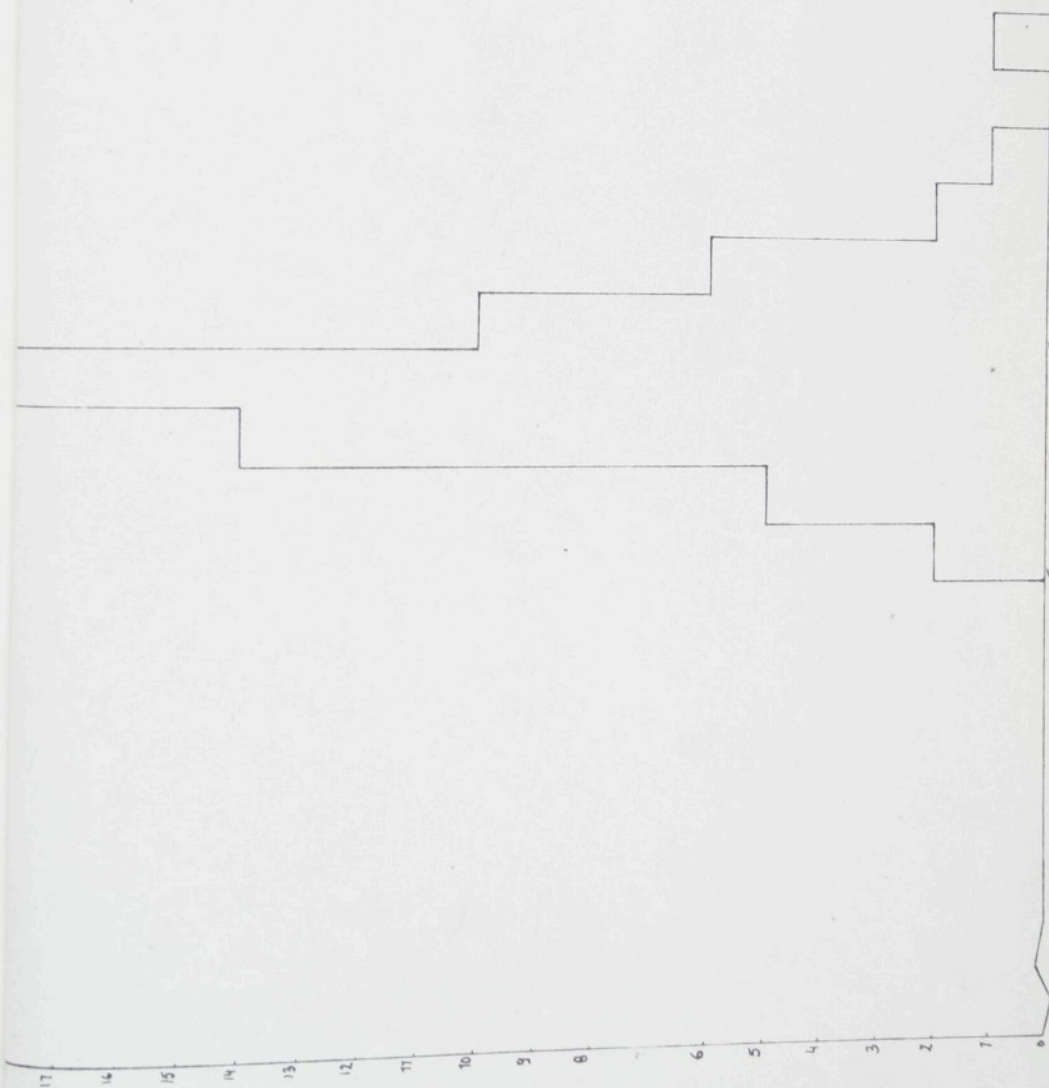
Středního radiálního korigovaného průběhu zaplnění příze E₂



Průřezy příze E_2 a grafy jejich radiálního zaplnění



Průřezy příze E_2 a grafy jejich radiálního zaplnění



Histogram rozdělení počtu vláken v jednotlivých řezech příze B₂