

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Obor: 31 – 26 – 8

Technologie textilu a oděvnictví

Katedra mechanických technologií

Vliv tření na posuv útku na čele tkaniny při přírazu

Influence of friction on weft slip in to the cloth fell during the beat-up process

Jana Chmelařová

KME – 044

Vedoucí práce: Ing. Monika Dřínovská (TUL)

Konzultant: Ing. Duong Tu Binh (TUL)

Rozsah práce a příloh: 72

Počet stran: 55

Počet tabulek: 6

Počet obrázků: 24

Počet grafů: 13

Počet příloh: 4

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra mechanických technologií

Školní rok 1999/2000

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro **Janu CHMELAŘOVOU**
obor **31- 26 - 8 technologie textilu a oděvnictví**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. O vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Vliv tření na posuv útků na čele tkaniny při přírazu**

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte teoreticky problematiku posuvu útků na čele tkaniny během přírazu (přírazného pulsu), uvažujte vliv koeficientu tření a velikost přírazné síly na posuv útků a hloubku jejich vtlačení do tkaniny.
2. Ověřte experimentálně vliv koeficientu tření na posuv útku (na stavu), použijte standardní materiál ba/PES, upravte koeficient tření namaštěním nebo nakalafunováním atd.
3. Použijte eventuálně Speedcam pro nasnímání hloubky vtlačení útku a sledování posuvů útku ve formovací zóně tkaniny.
4. Vyhodnoťte experiment s ohledem na vliv koeficientu tření.

KME/TK
56 s. 6 s. příl. 1 vol. příl.

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy:

cca 50 stran

Seznam odborné literatury:

[1] NOSEK, S.: Teorie tkacího procesu a formování tkaniny, II. a III., VÚB Ústí n.O.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Monika Dřínovská - KME

Konzultant

Ing. Binh - KME

Zadání diplomové práce:

29.10.1999

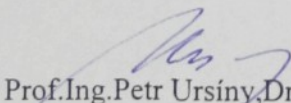
Termín odevzdání diplomové práce:

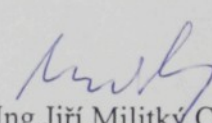
31.05. 2000



Vedoucí katedry:

Děkan:


Prof. Ing. Petr Ursiny, DrSc


Prof. Ing. Jiří Militký, CSc

V Liberci dne 29. 10. 1999.

Anotace

Tato práce se zabývá vlivem tření nití na posuv útků na čele tkaniny při přírazu. Problematika týkající se přírazného procesu, formování tkaniny i tření materiálů je zpracována v teoretické části. Koeficient tření nitě je stanoven pomocí Eulerova zákona o vlákenném tření.

Při praktickém měření byl koeficient tření bavlněné nitě upraven parafinem a kalafunou. Jeho velikost byla zjišťována z měření přírůstku tahových sil při tření nití pomocí dynamického analyzátoru. Tato metoda využívá vlastností odporových tenzometrů, jejichž pomocí lze mechanickou deformaci převést na elektrický signál. Hodnoty rozestupů útků jsou vypočteny jednak teoreticky a jednak zjištěny experimentálně pomocí rychlostní videokamery SPEEDCAM +500. Na závěr je vyhodnocen tkací proces s ohledem na vliv koeficientu tření.

Annotation

This diploma work deals with influence of friction action between yarns on weft slip into the cloth fell during the beat-up. Problem considering the beat-up process, fabric forming and friction between two textile materials is introduced in the theoretical part of the work. The Euler's law of fibre friction determines friction coefficient of yarn.

Friction coefficient of cotton yarn was adjusted for experimental part of the work by paraffin and rosin solution. Then the increment of tension forces was measured during the friction between yarns using dynamic analyzer and subsequently used for investigation of own friction coefficient. This method uses characteristics of rheostatic tensiometr, by means of which it is possible to transfer the mechanical deformation into electrical signal. Weft pickspacings were calculated theoretically as well as experimentally investigated by means of high-speed videocamera SPEEDCAM +500. Weaving process is evaluated regarding to friction coefficient in the end of the work.

Prohlášení: „Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala
samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci, dne 18. 5. 2000

Podpis: *Jana Chmelařová*
Jana Chmelařová

Poděkování:

Děkuji Ing. Monice Dřínovské za metodické vedení i za mnoho cenných rad při tvorbě diplomové práce. Dále děkuji Ing. Ingolfu Brotzovi, Ing. Duong Tu Binhovi a Ing. Aleši Cvrkalovi za jejich pomoc i věnovaný čas při realizaci experimentální části diplomové práce. Děkuji také podniku Texlen Trutnov a.s. za poskytnutý materiál a pracovníkům Katedry zušlechťování za pomoc při úpravě materiálů. Zvláštní poděkování patří mé rodině, současné i budoucí, za plnou podporu po celou dobu studia.

Obsah

1. ÚVOD.....	1
2. STRUKTURA TKANINY	2
2.1 ZÁKLADNÍ MODEL VAZNÉHO PRVKU V PLÁTNĚ	2
2.2 PEIRCEŮV MODEL PROVÁZÁNÍ	4
3. PŘÍRAZNÝ PROCES A FORMOVÁNÍ TKANINY.....	5
3.1 ZÁKLADNÍ FORMOVACÍ PROCES	5
3.2 ROVNOVÁHA PŘÍRAZNÉ SÍLY A TKACÍHO ODPORU	6
3.2.1 Idealizovaný tvar přírazného pulsu	8
3.3 TKACÍ ODPOR	8
3.3.1 Silové poměry na přiřáženém útku.....	9
3.3.2 Odvození tkacího odporu pro případ bez „bubnování“	10
4. POHYB ÚTKŮ VE FORMOVACÍ ZÓNĚ.....	13
4.1 ROZLOŽENÍ ROZESTUPŮ ÚTKŮ A ÚHLŮ PROVÁZÁNÍ OSNOVY	13
4.2 ZJIŠŤOVÁNÍ POČTU HRAJÍCÍCH ÚTKŮ VE FORMOVACÍ ZÓNĚ	15
5. DYNAMIKA PŘÍRAZNÉHO PROCESU	17
5.1 VLIV TŘENÍ V PŘÍRAZNÉM PROCESU	17
5.1.1 Modely rychlostně závislého součinitele tření.....	18
5.2 DYNAMIKA PŘÍRAZU S RYCHLOSTNĚ ZÁVISLÝM TŘENÍM.....	20
5.3 IMPULS PŘÍRAZNÉ SÍLY	22
6. ZADÁNÍ EXPERIMENTU	23
6.1 POPIS MĚŘENÉHO MATERIÁLU	23
6.2 TEORETICKÝ VÝPOČET ROZESTUPŮ ÚTKŮ	23
6.2.1 Zjednodušená forma Peirceova modelu provázání	23
6.2.2 Výpočet rozestupů útků A_n	24
6.2.3 Výpočet rozložení úhlů provázání ϕ_n	26
6.2.4 Výpočet tkacího odporu R	27
7. VLASTNÍ EXPERIMENT	28
7.1 TECHNICKÉ PROSTŘEDKY PRO MĚŘENÍ KOEFICIENTU TŘENÍ.....	28
7.1.1 Sondy VÚTS.....	28
7.1.2 Dynamický signální analyzátor HP 35670A	29
7.1.3 Popis zařízení pro měření koeficientu tření příze	30
7.2 APRETACE ÚTKOVÝCH NITÍ.....	31

7.2.1 Zkoušené typy úprav koeficientu tření rezné bavlněné příze	32
7.2.2 Nanášení jednotlivých druhů apretu.....	35
7.3 MĚŘENÍ KOEFICIENTU TŘENÍ	36
7.4 ZJIŠŤOVÁNÍ VTLAČENÍ ÚTKU DO TKANINY	42
7.4.1 Popis vysokorychlostního videosystému SPEEDCAM +500	42
7.4.2 Popis tryskového tkacího stroje PN 170 FB M2.....	45
7.4.3 Rozestupy nultého a prvního útku – výstupy experimentu.....	46
7.5 MĚŘENÍ NAPĚTÍ OSNOVNÍ NITI	52
7.6 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ EXPERIMENTU.....	53
8. ZÁVĚR	55
POUŽITÁ LITERATURA	56

Seznam použitých symbolů a zkratek

A	rozestup útkových nití
a	délka přímkového provázání příze v Peirceově modelu
A_U	ukládací rozestup útku
A_{lim}	limitní hodnota vtlačení útku do tkaniny
B	rozestup osnovních nití
ba	bavlněná příze
c_1, c_2	konstanty pružnosti
ČT	čelo tkaniny
$d_1, (d_2)$	průměr osnovní niti (útku)
d_s	substanční průměr
D_2	dostava útku
dL	práce tření
e_1, e_2	relativní zvlnění osnovy resp. útku
f	koeficient tření
f_{dyn}	součinitel dynamického tření
f_k	kinematické tření
f_s	statické počáteční tření
F_1, F_2	tahové síly v niti naměřené tenzometrickou sondou
F_p	přírazná síla
FZ	formovací zóna
H_1, H_2	výška zvlnění osnovy resp. útku
HP	firma Hewlett Packard
I_ξ	impuls přírazné síly
KMT	Katedra mechanických technologií
M_O	ohybový moment nitě
N	normálová síla
O	ohybová síla
PES	polyesterová příze
PZ	pružící zóna
Q_1	napětí osnovy
Q_2	napětí v rovině tkaniny
R	tkací odpor

S_{10}, S_{11}	síly v osnovní niti
T	tečná síla
T_L, T_O	lpění a počáteční tření
UP	ukládací poloha útku
$VÚTS$	Výzkumný ústav textilních strojů Liberec
X	oblast pružení osnovy – protažení tkaniny a zkrácení osnovy
Y	zdvih paprsku

α	úhel opásání nitě
α, β	materiálové konstanty
ϕ	úhel provázání osnovy
ϕ_b	úhel otevření prošlupu
ϕ_d	úhel provázání osnovy ve tkanině daný nastavenou dostavou
ϕ_p	přírazný úhel
γ	měrná hmotnost příze
v_A, v_B	relativní lineární zaplnění rozestupu A, resp. B
v_ξ	rychlost skluzu útku do tkaniny
ω_p	kruhová frekvence přírazného pulsu
ξ	skluz útku do tkaniny

1. ÚVOD

Za posledních několik let došlo v oblasti textilní výroby a zejména v tkání k obrovskému pokroku ve vývoji. Tento pokrok je ovlivňován především ekonomikou společnosti, požadavky trhu na pokrytí celosvětové spotřeby textilních produktů a také celkovou technickou vyspělostí světa. V oblasti tkací techniky se pozornost výrobců obrací hlavně k výkonu tkacích strojů. Vyšší výkon je nutný jednak k výrobě většího množství zboží, ale hlavně ke zvýšení produktivity práce a snížení jednotkových nákladů. Často se však stává, že je v rozporu s požadavky na zboží, jako je kvalita, užítkovost, sortiment.

S nárůstem výkonu strojů se objevila řada problémů, které se musí složitě řešit instalací řady kontrolních a regulačních zařízení, zářezkovými systémy, monitoringem atd. Mezi nejběžnější překážky růstu výkonu patří např. zhoršování setkatelnosti hustších tkanin, periodické vady ve zboží, namáhání stroje či pokles užitého výkonu stavu.

Jestliže se chceme zaměřit na setkatelnost tkaniny, musíme si uvědomit, že prvním úkolem je vpravit útek do tkaniny v předepsané rozteči (dostavě). Již tento první krok může být mnohdy velmi obtížný, protože zde působí třecí síly mezi osnovou a útkem, které musí útek překonávat, aby se dostal do požadované polohy. Odpor tření může ovlivňovat dosaženou strukturu a hustotu tkaniny. Celá tato problematika je značně složitá a souvisí s řadou dalších faktorů.

Otázky, na které se snaží odpovědět tato práce, zní: Do jaké míry mohou tkací proces ovlivnit parametry samotného materiálu, konkrétně koeficient tření mezi osnovou a útkem? Můžeme vůbec změnou třecích vlastností příze zlepšit setkatelnost tkaniny a snížit tkací odpor? Pokud ano, tak jaké úpravy přízí používat pro změnu koeficientu tření? Jaké problémy s sebou přináší snížení nebo naopak zvýšení tření příze při tkání?

Odpovědi se dají najít v řadě experimentálních měření, která jsou provedena špičkovou technikou, která umožňuje proniknout do samotného procesu vytváření tkaniny.

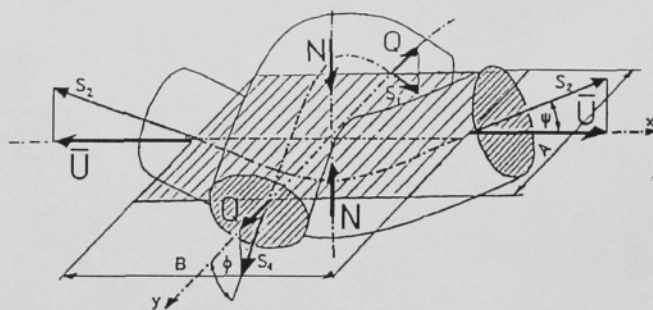
2. STRUKTURA TKANINY

Mezi základní parametry, které definují tkaninu, patří především materiál, jemnost, vazba a dostava použité příze. Tyto údaje určují plošnou geometrii tkaniny. Mohli bychom mezi ně zařadit i koeficient tření dané příze, který souvisí jak s materiálem, tak i s dostavou, kterou je stroj schopen utkat. Dále existují parametry, které popisují tkaninu z hlediska její prostorové geometrie, tj. popisují celkovou strukturu tkaniny. Do této skupiny patří především zvlnění osnovy a útku ve vazné buňce.

Struktura tkaniny značně ovlivňuje některé její vlastnosti jako např. podélnou pružnost, omak, vzhled výrobku (zrnitost), setkání, zaplnění, hmotnost. Technologické problémy související s těmito parametry jsou pak následující: setkatelnost vyšších dostav, mezní dostavy, tkací odpor a tedy průběh tkacího procesu.

2.1 ZÁKLADNÍ MODEL VAZNÉHO PRVKU V PLÁTNĚ

Základním prvkem tkaniny je vazní bod, což je oblast v okolí jednoho zakřížení útku a osnovy, které můžeme vidět na obr. 1.



Obr. 1: Základní model vazného prvku v plátně

Celý proces tkaní je vlastně procesem vytváření vazných bodů, jejichž rozměry i napjatost se mění směrem do tkaniny. Potřebné zákonitosti o rovnováze proměnlivých sil, o přetváření vazného prvku, stabilitě tkaní, dosažitelných dostavách atd. lze odvodit právě z popisu vzájemných vazeb mezi napjatostmi a geometrickými změnami vazného prvku.

Struktura provázání se dá vyjádřit tzv. vektorem parametrů, který se sestává ze tří podvektorů [1]:

- a) vektor geometrické struktury
- b) vektor sil
- c) vektor deformací

Všechny základní změřitelné geometrické charakteristiky a síly ve vazném prvku můžeme shrnout do tzv. vektoru parametrů.

Geometrická a deformační složka vektoru parametrů:

d_1	průměr osnovních nití
d_2	průměr útkových nití
$A = 1/D_1$	rozestup útkových nití, kde D_1 je dostava osnovy
$B = 1/D_2$	rozestup osnovních nití, kde D_2 je dostava útku
$H_1 = e_1 * d_s$	výška zvlnění osnovy
$H_2 = e_2 * d_s$	výška zvlnění útku
ϕ	úhel provázání osnovy
ψ	úhel provázání útku
L_1, L_2	délka vlny osnovy resp. útku
l_1, l_2	délka niti nenapjaté (osnovy resp. útku)
$\Delta l_1, \epsilon_{\Delta 1} = \Delta l_1 / l_1$	naddodávka osnovní niti a relativní naddodávka
$\Delta l_2, \epsilon_{\Delta 2} = \Delta l_2 / l_2$	naddodávka útkové niti a relativní naddodávka
$\epsilon_1 = \Delta l_1 / l_1$	pružné protažení v důsledku zvlnění osnovy
$\epsilon_2 = \Delta l_2 / l_2$	pružné protažení v důsledku zvlnění útku

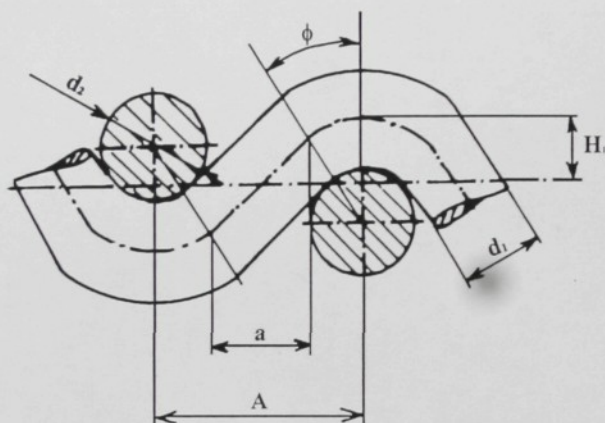
Silová složka vektoru parametrů

S_1	tah ve střednici osnovy
S_2	tah ve střednici útku
Q	tah ve tkací rovině ve směru osnovy
U	tah ve tkací rovině ve směru útku
M_1	ohybový moment osnovy
M_2	ohybový moment útku
$N_1 = N_2$	normálová síla mezi osnovou a útkem

Pro výpočet těchto parametrů byla vytvořena řada modelů pokoušejících se popsat provázání osnovy a útku. V této práci bude použit Peirceův model.

2.2 PEIRCEŮV MODEL PROVÁZÁNÍ

Je jedním z nejznámějších modelů. Sestává se z přímých a kruhových úseků nití s kruhovým průřezem. Přesnost této geometrie je poměrně nízká, zejména při zjišťování úhlů provázání. Důvodem je fakt, že příze ve tkanině nemá nikde přímý úsek, ale má esovitý tvar [3]. Peirceova geometrie je přesto používána pro svoji jednoduchost.



Obr. 2: Peirceův model provázání osnovy a útku v plátně

$$\text{Platí:} \quad 2 \cdot d_s \cdot \sin \phi + a \cdot \cos \phi = A \quad (1)$$

$$d_s \cdot (1 - \cos \phi) + a \cdot \sin \phi = 2 \cdot H_1 \quad (2)$$

Zavedeme pojmy:

$$\text{Relativní lineární zaplnění rozestupu } A: \quad v_A = d_s/A$$

$$\text{Relativní lineární zaplnění rozestupu } B: \quad v_B = d_s/B$$

$$\text{Relativní zvlnění osnovy resp. útku:} \quad e_1 = H_1/d_s$$

$$e_2 = H_2/d_s, \text{ kde}$$

$$e_1 + e_2 = 1, \quad H_1 + H_2 = d_s$$

S Peirceovým modelem provázání bude dále počítáno při zjišťování rozestupů útků na čele tkaniny během formovacího procesu tkaniny, tedy při popisu přírazného procesu.

3. PŘÍRAZNÝ PROCES A FORMOVÁNÍ TKANINY

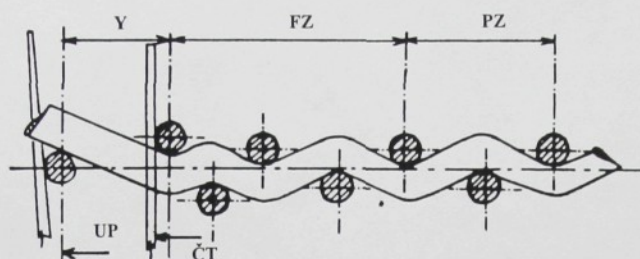
3.1 ZÁKLADNÍ FORMOVACÍ PROCES

Příraz je hlavním momentem tkacího procesu. Při něm i po něm dochází k vlastnímu formování tkaniny až do dosažení konečné struktury provázání.

K formování tkaniny dochází v oblasti tzv. přírazné proužky. Formováním tkaniny rozumíme zatlačení nového útku do tkaniny a jeho provázání osnovními nitmi. Patří sem i tzv. vrat útků (klouzání zatkaných útků zpět) a změny ve zvlnění nití. Při zatlačování útku do tkaniny se musí překonat tkací odpor R . V tkacím odporu je zahrnut odpor osnovních nití proti zvlnění a třecí odpory mezi nitmi. Tento odpor se při tkaní překonává příraznou silou F_p , která je dána vzájemným působením mezi paprskem a čelem tkaniny.

Jak je uvedeno v literatuře [1], probíhá formování tkaniny od místa setkání nově zaneseného útku s paprskem ve třech deformačních oblastech (viz. obr. 3):

1. v oblasti pružení osnovy – oblast, kde se čelo tkaniny při setkání s paprskem pohybuje vpřed a vzad. V důsledku přírazu se osnova protáhne a tkanina zkrátí o hodnotu X .
2. ve formovací zóně ve tkanině těsně za čelem tkaniny (oblast vratu útků) – formovací zóna je oblast několika útků na čele tkaniny, které se v důsledku přírazu zatlačují směrem do tkaniny a po zániku přírazného tlaku jsou osnovními nitmi vytlačovány zpět. Formovací zóna se u většiny tkanin omezuje na jeden až dva útky.
3. v pružicí zóně tkaniny – oblast směrem do hloubky tkaniny, ve které zvlněné osnovní a útkové nitě pruží kolmo ke tkací rovině, čímž dochází ke změně poměru zvlnění obou soustav nití při přírazu a po něm. K posuvu útku již nedochází. Kolmé pružení zaniká asymptoticky směrem do hloubky tkaniny.



Obr. 3: Deformační oblasti při přírazu

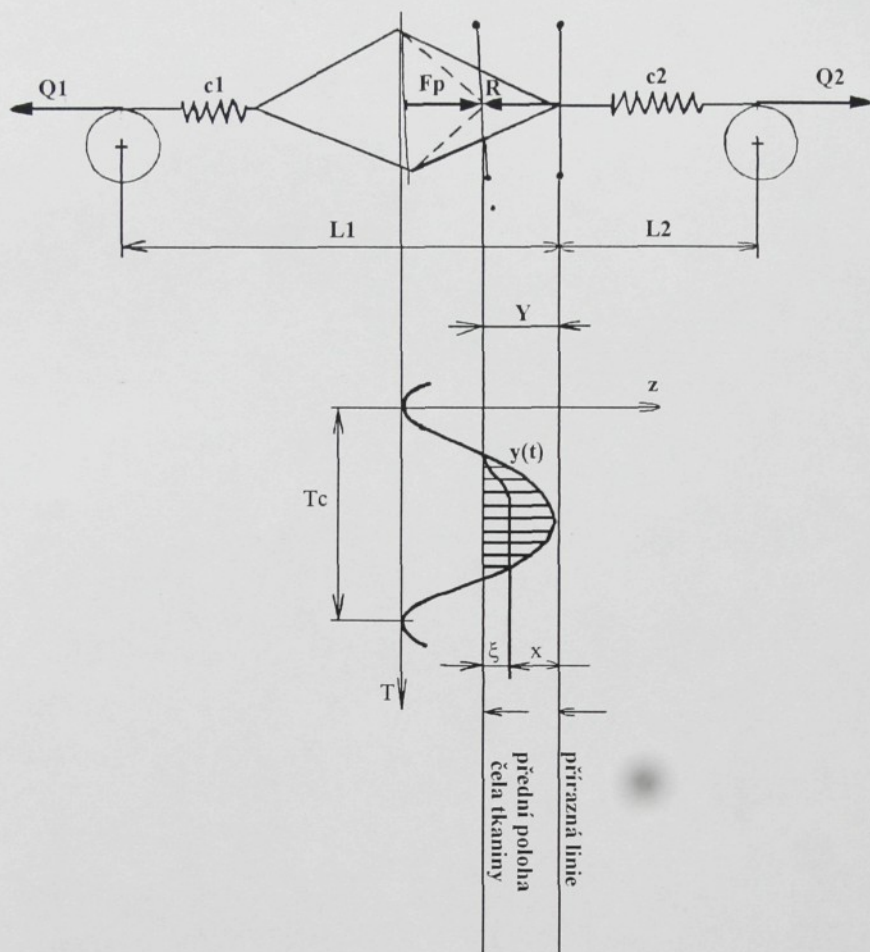
$Y = X + \xi$	oblast pružení osnovy X a skluzu útků do tkaniny ξ
FZ	formovací zóna
PZ	pružící zóna
ČT	čelo tkaniny
UP	ukládací poloha útku

3.2 ROVNOVÁHA PŘÍRAZNÉ SÍLY A TKACÍHO ODPORU

Při zhušťování útků na čele tkaniny při přírazu vykonává paprsek ve styku s posledně zaneseným útkem zdvih Y (viz. obr. 4). Část tohoto zdvihu připadá na skluz útku do tkaniny ξ a tím na zhuštění útků na rozteč A . Zbytek X je pružný zdvih čela tkaniny, kterým se napíná osnova proti tlaku paprsku. Tlak paprsku na čelo tkaniny určuje příraznou sílu F_p . Tato přírazná síla musí překonat tkací odpor R , který vytváří zhuštění útků na rozteč A a tomu příslušející skluz útku do tkaniny ξ .

Platí rovnováha sil:
$$F_p - R = 0 \quad (3)$$

Síla F_p je funkcí přírazného zdvihu X a tkací odpor funkcí dosaženého rozestupu útkových nití A . Tkací odpor můžeme také vyjádřit jako funkci skluzu ξ útku do tkaniny. [1]



Obr. 4: Silové poměry na čele tkaniny

Celou situaci můžeme vyjádřit pomocí tzv. přírazných rovnic:

$$F_p - R = 0$$

$$F_p = (c_1 + c_2) \cdot X \quad (4)$$

$$R = \alpha \cdot \xi + \beta \cdot f \quad (5)$$

$$Y = X + \xi \quad (6)$$

Skluz ξ pak můžeme vyjádřit rovnicí:

$$\xi = \frac{c_1 + c_2}{c_1 + c_2 + \alpha} \cdot Y - \frac{\beta}{c_1 + c_2 + \alpha} \cdot f \quad (7)$$

$$\xi = A_U - A = A_U - 1/D_2 \quad (8)$$

Za ustáleného stavu je dostava D_2 dána krokem zbožového regulátoru a ukládací poloha A_U je dána vlastnostmi stroje. Tkací stroj automaticky vyredukuje všechny veličiny tak, že platí rovnice (7). Autoregulací v rámci tkacího procesu se pro dané hodnoty $c_1, c_2, \alpha, \beta, f, \xi \sim D_2$ ustaví velikost přírazného pulsu Y .

3.2.1 Idealizovaný tvar přírazného pulsu

Přírazný puls $Y(t)$ je částí pohybu bidla s paprskem. V tomto případě je nahrazen tvar přírazného pulsu polovinou sinusovky:

$$Y(t) = |Y| \cdot \sin \omega_p \cdot t. \quad (9)$$

Náhradní kruhová frekvence přírazného pulsu (odpovídá tkací rychlosti):

$$\omega_p = 2 \cdot \pi / T_p = 2 \cdot \pi / (T_c \cdot \psi), \quad (10)$$

T_ptrvání přírazu

T_ctrvání celého tkacího cyklu, $T_c = 60/n$

ψrelativní délka trvání přírazu

Pokud je pohyb paprsku z přední do zadní úvratí harmonický platí vztahy:

$$Z(t) \cong |Z| \cdot \sin (2\pi n/60) \cdot t \quad (11)$$

$$\psi = \frac{T_p}{T_c} = \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \cdot \arcsin \frac{|Z| - |Y|}{|Z|} \quad (12)$$

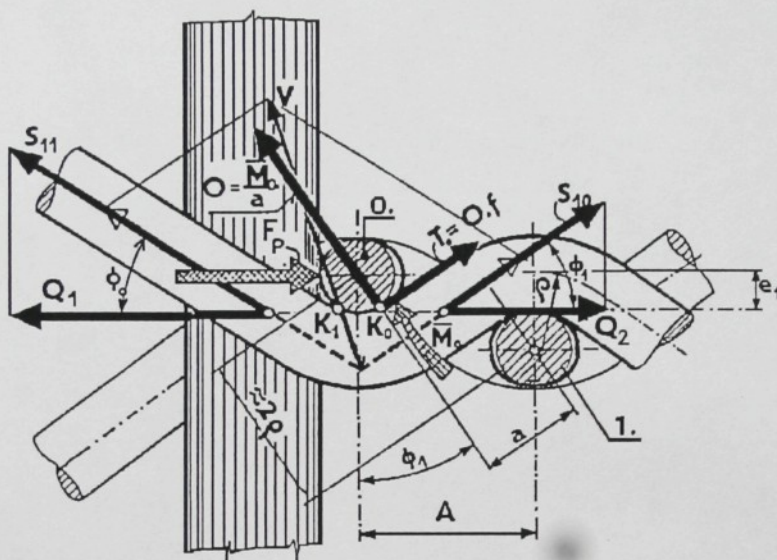
Pozn.: Prozatím je zde naznačena situace při zatkávání útku, kdy počítáme s konstantními hodnotami tření a pružnosti osnovy. Přírazná síla i tkací odpor jsou brány jako veličiny nezávislé na rychlosti přírazu a na době jeho působení, což ve skutečném tkacím procesu neplatí. Tato problematika bude dále objasněna v kapitole o dynamice přírazu.

3.3 TKACÍ ODPOR

Je třeba se soustředit na tkací odpor, jelikož právě na něj má velký vliv tření útku, které souvisí se skluzem útku do tkaniny. Tkací odpor R je vyvolán zatlačováním útku mezi rozevřené nebo překřížené osnovní niti. Při tkacím procesu je tkací odpor v rovnováze s příraznou silou F_p . Tkací odpor je složen z vlivu střídavého účinku překřizujících se osnovních nití, které vytlačují útek směrem z tkaniny, a z vlivu tření útku po osnově při klouzání do tkaniny. Závislost tření na rychlosti pohybu a na čase od

počátku klouzání a reologická závislost pružnosti nití bude zatím zanedbána. Na úvod bude tedy součinitel tření považován za jakousi konstantu.

3.3.1 Silové poměry na přiráženém útku



Obr. 5: Silové poměry na přiráženém útku

Mezi body kontaktů K_0 , K_1 osnovní nití s posledními útky je volná délka osnovní nití a . Protože je osnovní nit tuhá, působí v ní ohybový moment, který volný úsek nití přitlačuje v bodě K_0 na útek a vytváří tak počáteční tření $T_0 = O \cdot f$.

V bodě K_0 působí také lpění T_L , což je síla, která vzniká i bez normálového přitlaku a je způsobena např. přilepením šlichtou, aviváží, silicí,...

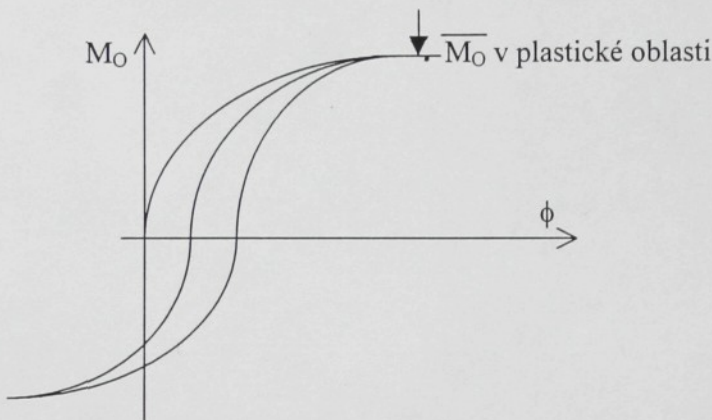
Od vnějšího napětí osnovy a tkaniny vznikají v osnovní nití síly S_{10} (před vtlačováním útkem) a S_{11} (směrem do prošlupu).

Pro sílu S_{11} platí dle Eulerova vztahu:

$$S_{11} = (T_L + T_0 + S_{10}) \cdot e^{f(\phi_1 + \phi_0)} \quad (13)$$

Za normálních okolností je síla S_{10} v osnově na straně tkaniny o řád až dva větší než síly T_L a T_0 . Tření v útku je pak dáno silou S_{10} a ostatní vlivy lze zanedbat. Při tkaní s tzv. bubnováním se tkanina uvolní a síla S_{10} tedy vymizí. Tření tedy způsobuje především ohybová síla O . Ta je způsobena působením ohybového momentu M_0 v osnovní nití.

Ohybový moment lze určit z ohybových charakteristik měření materiálu (obr. 6).



Obr. 6: Ohybová zatěžovací charakteristika materiálu

Ohybovou sílu můžeme vyjádřit jako: $O = M_O / a$, kde rameno a můžeme určit pomocí Peirceovy geometrie z okamžitého úhlu ϕ_1 a z okamžitého rozestupu útku A . Rameno a se bude zřejmě zmenšovat s pokračujícím přírazem. Z toho plyne, že s pokračujícím přírazem tření na posledním útku narůstá a tím roste i tkací odpor [4].

3.3.2 Odvození tkacího odporu pro případ bez „bubnování“

Předpoklady: a) $S_{10} \gg T_O, T_L$

b) provázání lze popsat Peirceovou geometrií

Platí:

$$R - F_p = 0$$

$$R = F_p = Q_1 - Q_2 = S_{10} \cdot \cos \phi_0 - S_{11} \cdot \cos \phi_1 \tag{14}$$

$$S_{10} = S_{11} \cdot e^{f \cdot (\phi_0 + \phi_1)} \tag{15}$$

pak :

$$R = Q_1 \left[1 - \frac{\cos \phi_1}{\cos \phi_0} \cdot e^{-f \cdot (\phi_0 + \phi_1)} \right] \tag{16}$$

Tkací odpor narůstá s okamžitým napětím osnovy, se součinitelem tření a mění se s úhly provázání. Tyto úhly provázání můžeme zjistit z rozestupu a zvlnění pomocí Peirceových vztahů:

$$2 \cdot d_s \cdot \sin \phi_1 + a \cdot \cos \phi_1 = A$$

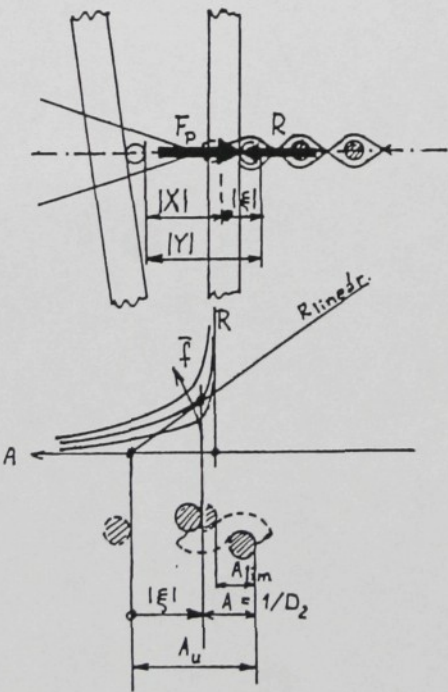
$$d_s \cdot (1 - \cos \phi_1) + a \cdot \sin \phi_1 = 2 \cdot H_1$$

$$v_A = d_2/A, v_B = d_1/B, e_1 = H_1/d_s, e_2 = H_2/d_s, d_s^* = (d_1 + d_2)/2$$

potom:

$$\cos \phi_1 = \frac{4 \cdot g_A^2 \cdot (1 - e_1) + \sqrt{1 - 4 \cdot g_A^2 \cdot (1 - e_1)^2}}{1 + 4 \cdot g_A^2 \cdot (1 - e_1)^2} \tag{17}$$

Dosazením do vztahu pro tkací odpor R dostaneme závislost tkacího odporu na zaplnění v_A , zvlnění e_1 , součiniteli tření f a na okamžitém napětí osnovy Q_1 . $\cos \phi_0$ ($\phi_0 \sim \phi_b$) je v době přírazu roven přibližně 1 (uvažujeme, že listy jsou v okamžiku přírazu v zástupu a úhel $\phi_0 = 0$), takže tkací odpor (resp. příraznou sílu) neovlivní.



Obr. 7: Průběh celkového tkacího odporu R při zhušťování útků $A \rightarrow A_{lim}$ resp. při zhušťování dostavy na čele tkaniny $D_2 \rightarrow D_{2lim}$ ($D_2 \sim$ dostava útku)

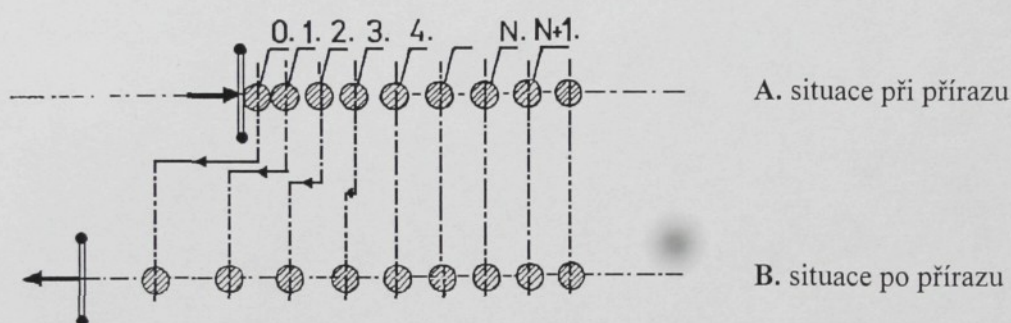
Pro rovnováhu sil v přírazu platí v každém okamžiku rovnice (3). Síla F_p je lineární, tkací odpor R je nelineární. Můžeme ho linearizovat v okolí pracovního bodu odpovídajícího požadovanému rozestupu, resp. požadované dostavě (viz. obr. 7). Pata tečny v pracovním bodě vytíná na ose x vzdálenost A_U , což je ukládací rozestup. V tomto místě začíná „lineární“ tkací odpor nulovou hodnotou a roste dál s vtlačením útku ξ a konstantou nárůstu α . Při změně součinitele tření se zvýší křivka i náhradní lineární závislost o další hodnotu βf [4].

Konstanty α , β jsou dány materiálem a strukturou tkaniny (dostava, zvlnění,...).

4. POHYB ÚTKŮ VE FORMOVACÍ ZÓNĚ

4.1 ROZLOŽENÍ ROZESTUPŮ ÚTKŮ A ÚHLŮ PROVÁZÁNÍ OSNOVY

Jak již bylo popsáno v kapitole 3.1, dochází při přírazu i po něm k pohybu několika nití na čele tkaniny. Mění se rozestupy mezi útky (obr. 8) a také úhly provázání osnovy. Cílem této práce bude dokázat, že tento formovací proces je do jisté míry závislý i na velikosti tření mezi útkem a osnovními nitmi.

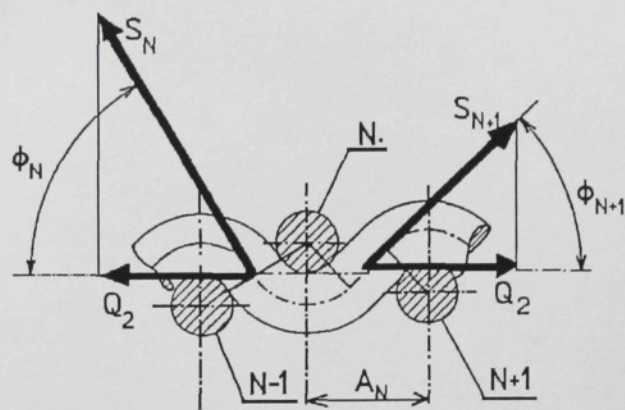


Obr. 8: Rozložení útků ve formovací zóně

V případě **A** je zakreslena situace na čele tkaniny při přírazu. Paprsek před sebou tlačí právě zanesený 0. útek a ten před sebou „hrne“ překříženou osnovu. Osnovní nitě zase vytlačují předchozí 1. útek atd. Počet útků, které se takto pohybují se prakticky omezuje na nejvýše čtyři, většinou se však útky neposouvají vůbec [1].

V případě **B** je naznačena situace po přírazu, kdy jsou posledně zanesené útky částečně vytlačeny působením překřížených osnovních nití ven z tkaniny.

Při přírazu se útky posouvají směrem doprava, proto v osnově působí vlevo větší síla S_N (o tření) než na druhé straně. Průměty obou sil S_N a S_{N+1} do tkací roviny představují napětí Q_2 v rovině tkaniny (obr. 9).



Obr. 9: Rovnováha na n-tém útku uvnitř zóny vratu (na n-tém hrajícím útku)

Pro tuto situaci platí rovnice:

$$S_N \cdot \cos \phi_N = Q_2$$

$$S_{N+1} \cdot \cos \phi_{N+1} = Q_2$$

Síly $S_{0..N}$ a úhly provázání $\phi_{0..N}$ se rozloží podle posloupnosti, která plyne z Eulerova zákona o vlákenném tření:

$$S_N = S_{N+1} \cdot e^{f \cdot (\phi_N + \phi_{N+1})} \dots\dots\dots \text{Eulerův vztah o vlákenném tření}$$

platí tedy:

$$\frac{Q_2}{\cos \phi_N} = \frac{Q_2}{\cos \phi_{N+1}} \cdot e^{f \cdot (\phi_N + \phi_{N+1})} \tag{18}$$

Úpravou rovnice (18) dostaneme rekurentní vztah pro ϕ_{N+1} na základě znalosti předchozího ϕ_N (19). Na základě toho pak můžeme zjistit posloupnost úhlů při přírazu a po přírazu, například pomocí programovacího jazyka Famulus.

4.2 ZJIŠŤOVÁNÍ POČTU HRAJÍCÍCH ÚTKŮ VE FORMOVACÍ ZÓŇĚ

Pokud známe úhel rozevření prošlupu ϕ_b v okamžiku po přírazu, úhel provázání osnovy uvnitř tkaniny ϕ_d (dán nastavenou dostavou) a součinitel tření f , můžeme zjistit počet nití ve formovací zóně z grafu rozložení úhlů po resp. při přírazu.

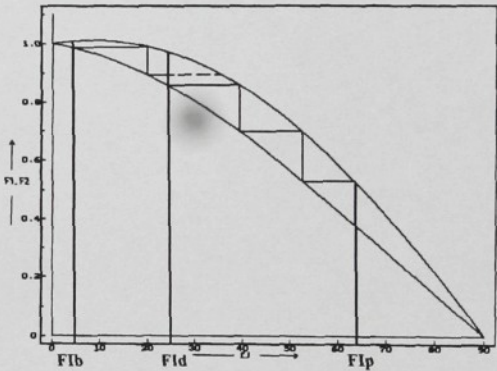
Vycházíme z rekurentního vztahu:

$\cos \phi_{N+1} \cdot e^{-f \cdot \phi_{N+1}} = \cos \phi_N \cdot e^{+f \cdot \phi_N}$vztah pro situaci při přírazu (19)

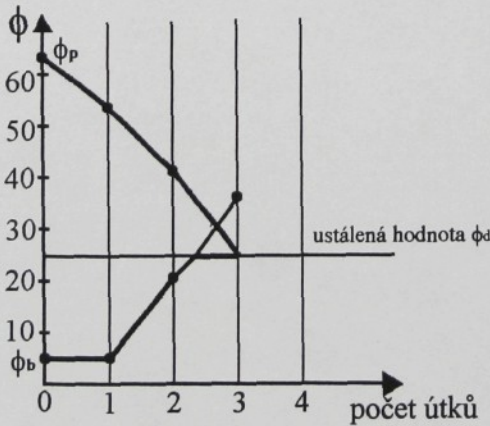
Obdobný vztah, ale s opačnými znaménky u koeficientů tření, platí pro situaci po přírazu. Posloupnosti úhlů při přírazu a po přírazu lze spojit do jednoho grafu. K jeho vytvoření je třeba použít pomocné nomogramy dvou funkcí:

$F_1 = \cos \phi \cdot e^{+f \cdot \phi}$ a $F_2 = \cos \phi \cdot e^{-f \cdot \phi}$ (20,21)

Na obrázku 10 je příklad grafu pro dané $f = 0,15$; $\phi_b = 5^\circ$; $\phi_d = 25^\circ$. Na základě daných úhlů ϕ_b a ϕ_d můžeme z grafu pomocných křivek odečíst rozložení úhlů provázání, což je vidět na obrázku 11.



Obr. 10: Zjišťování přírazného úhlu ϕ_p



Obr. 11: Rozložení úhlů provázání ve formovací zóně

Graf rozložení úhlů provázání po přírazu začíná úhlem rozevření prošlupu na prvním útku. Následující úhel je o něco větší, jak odpovídá rovnováze sil a úhlů (viz. předchozí odvození). Úhly stoupají až do ustálené hodnoty úhlu ϕ odpovídající nastavené dostavě. Při přírazu se všechny útky, počínaje nejbližším ustáleným úhlem ve tkanině, ve formovací zóně stlačí. Na nultém útku se dosáhne hodnoty rovné příraznému úhlu ϕ_p .

Rozložení úhlů lze přepočítat na rozestupy útků např. podle Peirceovy geometrie.

5. DYNAMIKA PŘÍRAZNÉHO PROCESU

S nárůstem tkacích frekvencí u moderních tkacích strojů přestává v některých ohledech platit tzv. statický pohled na formování tkaniny a příraz útku tak, jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách. Se zvyšováním frekvence tkaní nastává od 500 ot/min problém s dosažením dané dostavy útku a tím i požadované jakosti tkaniny.

U pomaloběžných stavů platilo, že potřebná přírazná síla je úměrná dostavě nebo hmotnosti tkaniny [2]. Úroveň sledovaných veličin zůstávala prakticky konstantní. Dnes se všechny veličiny s rychlostí mění. V procesu formování tkaniny má podstatný vliv časový průběh děje a jeho rychlost. Závislost na přírazné frekvenci se projevuje u těchto veličin:

1. u skluzu útku ξ do tkaniny při přírazu
2. u potřebného zdvihu paprsku $|Y|$ pro dosažení dané dostavy útku (resp. skluzu ξ)
3. u přírazné síly $|F_p|$, která překonává tkací odpor R
4. u potřebného impulsu přírazné síly I

K vysvětlení závislosti tkacího odporu nebo přírazné síly na časovém průběhu přírazu je třeba především popsat vliv proměnlivosti tření s průběhem třecího pohybu.

5.1 VLV TŘENÍ V PŘÍRAZNÉM PROCESU

Tření je podstatnou složkou tkacího odporu (druhou – menší složkou je vliv přetvárné práce při ohýbání osnovní niti). Pro vysvětlení tření existuje několik teoretických výkladů. Zřejmě nejznámější je tzv. Amontonsův zákon: $T = f \cdot N$, kde T je tečná síla vznikající při posuvu tělesa po podložce, N normálová síla vznikající přitlakem tělesa k podložce a f tzv. konstanta úměrnosti zvaná součinitel tření. Tento zákon však není příliš použitelný pro textilní materiály, u kterých dochází k tření na malých plochách a i při nízkých silách vznikají plíživé pohyby – je zde tedy nějaká relace mezi rychlostí pohybu a třecím odporem, což Amontons neuvažuje [4].

Existující hypotézy o tření pro textil a plastické hmoty:[4]

Předpoklad: Textil sám nebo aviváž je termoplastická hmota. Do jisté míry teče.

1. Při posuvu dvou textilních těles se povrchy do sebe vtlačují nebo vytlačují podle lokální vyšší či nižší tuhosti. Vzhledem k plasticitě není stlačování okamžité. Stlačováním se spotřebuje práce, která se dá přepočítat na práci tření.

2. V důsledku práce spotřebované na vtlačování vzniká v kontaktní ploše teplo, roste teplota, povrch se natavuje a natavený materiál musí „protéci“ mezi nerovnostmi povrchu. Vzniká odpor proudění, který se dá přepočítat rovněž na tření.

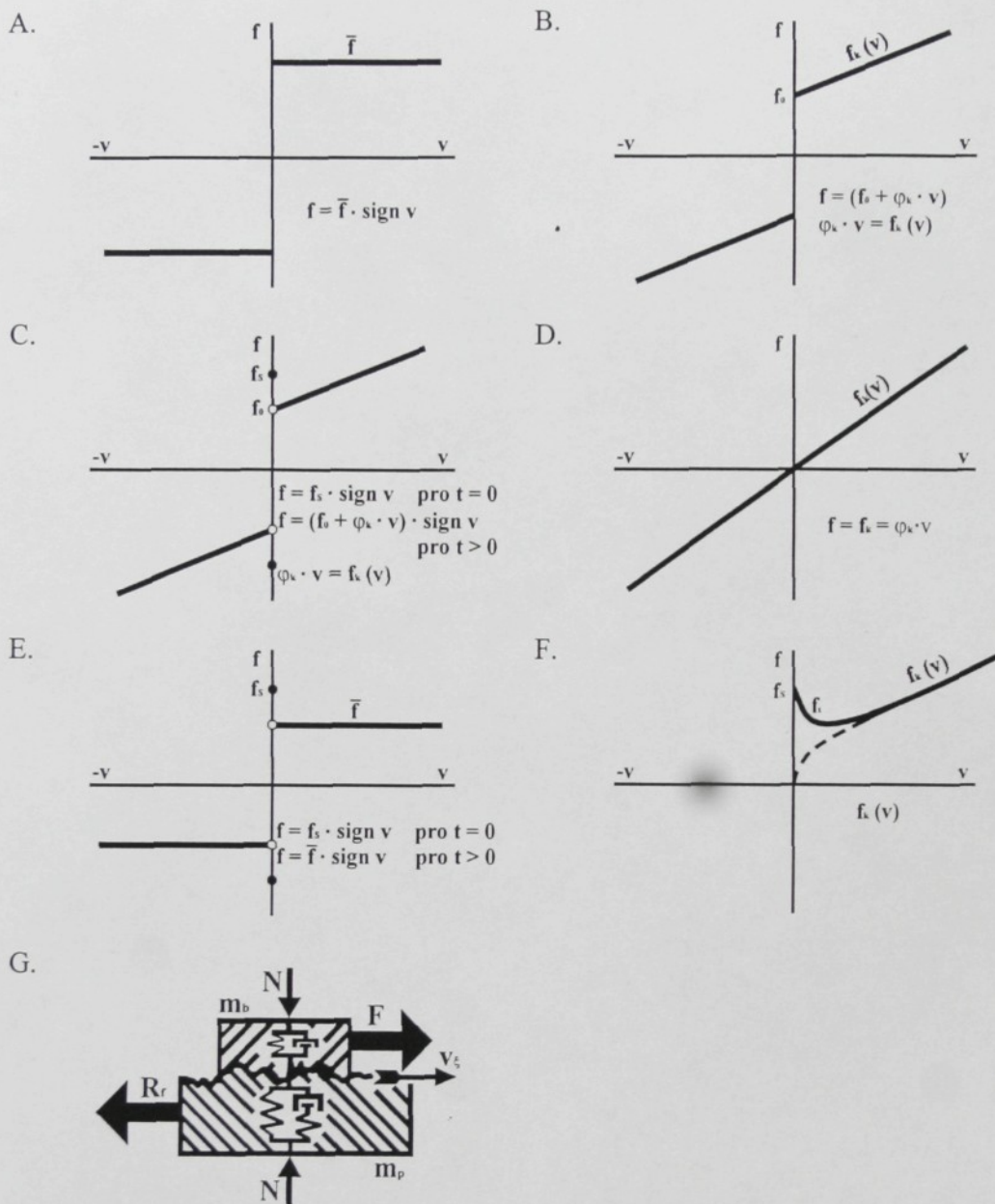
Spotřebovaná deformační práce je závislá na čase a na rychlosti posuvu. Porovnáním s prací tření $dL = N \cdot f \cdot dx$ vznikne součinitel tření jako funkce posouvací rychlosti, přítlaku a časové odlehlosti od počátku posuvu.

U druhého mechanismu tření – proudění natavené hmoty, aviváže atd. mezi nerovnostmi povrchu, je tečný odpor funkcí rychlosti. Existují tedy dva druhy tření: přechodové při rozběhu (týká se přírazu) a rychlostně závislé při ustáleném pohybu (při soukání,...)

5.1.1 Modely rychlostně závislého součinitele tření

Pro vyjádření průběhu součinitele tření se v technice používají různé modely, které jsou většinou závislé na rychlosti smýkání [2]. U některých se objevuje i tzv. třecí odpor při rozběhu z klidu f_s , který se rychle přemění na ustálené tření $\bar{f}$ nebo na kinematické tření $f_k(v)$. Tato představa se může využít u strojních součástí nikoliv však u textilních materiálů, kde je počátek klouzání měkčí než u tvrdých těles. Obecně u tření dvou textilních materiálů platí, že vazební vzpruhy jsou měkké, zatěžování probíhá pomalu a materiály se od sebe mohou včas oddělit. Tyto situace popisují speciální reologické modely tření.

Na následujícím obrázku je zakresleno několik možností modelů závislosti koeficientu tření na rychlosti. Jak je vidět, tato závislost může mít různý charakter. Představě o tření při přírazu asi nejvíce odpovídá průběh lineární (obr. 12 D).



Obr. 12: Modely třecího koeficientu závislé na rychlosti smýkání

Přeskoky koeficientu tření f na opačnou polaritu při změně směru pohybu (model A, B) i přeskoky ze statického počátečního tření f_s na kinematické tření f_k za běhu (model C, E) jsou považovány za okamžité. U průběhu F je vloženo tzv. přechodové tření f_t mezi statickou a kinematickou hodnotu. Je kresleno jako funkce rychlosti, ve skutečnosti je však funkcí času.

Model G naznačuje možnou situaci při rozběhu klouzání pro poddajné textilní materiály.

5.2 DYNAMIKA PŘÍRAZU S RYCHLOSTNĚ ZÁVISLÝM TŘENÍM

V souvislosti s dynamikou přírazu je třeba zavést pojem *setkatelnost tkaniny*. Ta představuje zajištění požadované dostavy (a tedy rozestupů útků) při zvyšujících se tkacích frekvencích. Tkací odpor $R(A, f)$ lze pak řešit na základě třecích podmínek mezi osnovou a útkem na čele tkaniny. Toto tření ovlivní zejména hloubku vtlačení útku do tkaniny. Platí, že čím je větší součinitel tření f , tím je menší dráha vniknutí útku mezi osnovní niti a tím je pochopitelně menší i setkatelnost tkaniny [2].

Závislost tkacího odporu R na rozestupu útků A , proměnném koeficientu tření f a tkané vazbě můžeme řešit dle rovnic (16) a (17). Výhodnější je ale popisovat tkací odpor v linearizované formě, tj. využívat tečny přímky ke tkacímu odporu R v pracovním bodě:

$$R(A, f) = R_O + \frac{\partial R}{\partial A} \cdot (A_U - A) + \frac{\partial R}{\partial f} \cdot f_{dyn} = \alpha \cdot (A_U - A) + \beta \cdot f_{dyn} \quad (22)$$

$$(A_U - A) = \xi$$

Součinitel dynamického tření f_{dyn} roste se zvyšující se rychlostí v_ξ skluzu útku po osnovních nitech do tkaniny. Platí:

$$f = f_O + f_{dyn} = f_O + \varphi_k \cdot v_\xi(t) \quad (23)$$

Pro dynamický příraz potom platí tento soubor rovnic pro rovnováhu sil při přírazu (jsou uvedeny v operátorovém tvaru):

$$F_p(p) - R(p) = 0 \quad (24)$$

$$F_p(p) = (c_1 + c_2) \cdot x(p) \quad (25)$$

$$R(p) = \alpha \cdot \xi(p) + \beta \cdot f(p) = \alpha \cdot \xi(p) + \beta \cdot \varphi_k \cdot v_\xi(p) = \alpha \cdot \xi(p) + \beta \cdot \varphi_k \cdot p \cdot \xi(p) \quad (26)$$

$$y(p) = x(p) + \xi(p) \quad (27)$$

$$y(p) = |Y| \cdot \frac{\omega_p}{p^2 + \omega_p^2} \sim y(t) = |Y| \cdot \sin \omega_p \cdot t \quad (28)$$

$\omega_p = \pi/T_p$ přírazná kruhová frekvence

Pokud je tvar přírazného pulsu $y(t)$ dán konstrukcí, typem a rychlostí přírazného mechanismu, lze potom stanovit skluz útku $\xi(t)$ do tkaniny a průběh tkacího odporu $R(t)$ či přírazné síly $F_p(t)$. Naopak jestliže známe potřebné maximální vtlačení útku do tkaniny ξ_l , můžeme určit potřebnou velikost přírazného pulsu pro dosažení žádané dostavy útku D_2 a odpovídající maximální tkací odpor R_l .

Určení vtlačení ξ útku do tkaniny

Z rovnic (24) až (28) vyloučíme F_p a R a dostaneme vtlačení útku $\xi(p)$ v operátorovém tvaru:

$$\begin{aligned}\xi(p) &= \frac{c_1 + c_2}{(c_1 + c_2 + \alpha) + \beta \cdot \varphi_k \cdot p} \cdot y(p) = \frac{c_1 + c_2}{c_1 + c_2 + \alpha} \cdot \frac{1}{1 + p \cdot \frac{\beta \cdot \varphi_k}{c_1 + c_2 + \alpha}} \cdot Y \cdot \frac{\omega_p}{p^2 + \omega_p^2} = \\ &= K_\xi \cdot Y \cdot \frac{\omega_p}{(1 + p \cdot T_1) \cdot (p^2 + \omega_p^2)}\end{aligned}\quad (29)$$

$$T_1 = \frac{\beta \cdot \varphi_k}{c_1 + c_2 + \alpha}$$

$$K_\xi = \frac{c_1 + c_2}{c_1 + c_2 + \alpha}$$

Toto je operátorový tvar vtlačení útku do tkaniny při přírazu s danou výškou přírazného pulsu Y a konstantou T_1 , resp. s danou kruhovou frekvencí ω_p přírazného pulsu. Pomocí slovníku Laplaceových transformací můžeme najít časový průběh vtlačení útku do tkaniny:

$$\xi(t) = K_\xi \cdot Y \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \omega_p^2 \cdot T_1^2}} \cdot \sin(\omega_p \cdot T_1 - \psi_\xi) + \frac{\omega_p \cdot T_1}{1 + \omega_p^2 \cdot T_1^2} \cdot e^{\frac{-t}{T_1}} \right] \quad (30)$$

$$\psi_\xi = \arctg \omega_p \cdot T_1$$

Hloubka vtlačení je vyjádřena prvními třemi členy rovnice. Platí, že pokud se zvýší otáčky stavu, úměrně tomu naroste i kruhová frekvence ω_p a tím se změní i člen

$\frac{1}{\sqrt{1 + \omega_p^2 \cdot T_1^2}}$. Při nižších otáčkách do 400 ot/min je vtlačení útku do tkaniny přibližně konstantní, s vyššími otáčkami začíná prudce klesat [4].

5.3 IMPULS PŘÍRAZNÉ SÍLY

Na závěr této teoretické části je potřeba se ještě několika slovy zmínit o impulsu přírazné síly neboli o intenzitě přírazu. Při vysokých tkacích frekvencích je tření mezi nitmi výrazně závislé na rychlosti přirážení útku do tkaniny. Na vtlačení útku o dráhu ξ na požadovaný rozestup A od předcházejícího útku je nutné přiráženému útku udělit jistý impuls. Impuls přírazné síly je v podstatě veličina, která nám určuje dostavu vyráběné tkaniny bez ohledu na tkací frekvenci. Je to veličina spotřebovaná útkem při přírazu.

Impuls přírazné síly je roven součinu síly a trvání přírazu. K jeho získání je nutno provést integraci tohoto součinu:

$$I_{\xi} = \int_0^{T_p} F_p(t) \cdot dt = \int_0^{T_p} R(t) \cdot dt \quad (31)$$

Při malých otáčkách je spotřeba přírazného impulsu veliká, ale stav ji snadno zajistí dlouhým trváním přírazu a velkou příraznou silou od masivního bidla. V oblasti nižších otáček spotřeba impulsu s rostoucí rychlostí klesá. U vysokých tkacích rychlostí se spotřeba impulsu danou tkaninou ustálí na konstantní hodnotě odpovídající druhu tkaniny a materiálu.

6. ZADÁNÍ EXPERIMENTU

Cílem této práce bylo zjistit vliv velikosti tření mezi nitmi na stavu na posuv přiráženého útku do tkaniny a tedy i vliv na výslednou dostavu útku. Pro změnu koeficientu tření jednoho materiálu (útková nít) se volily různé úpravy. Jako základní materiál byla brána rezná příze, jejíž koeficient tření se měl pomocí různých povrchových úprav snížit anebo zvýšit. Po zatčení takto upravených útkových nití do tkaniny se měly pomocí rychlostní videokamery vyhodnotit rozdíly v hloubce vtlačení útku v závislosti na velikosti koeficientu tření. Celá situace je rovněž vypočtena teoreticky. Experiment je podrobně popsán a vyhodnocen v následujících kapitolách.

6.1 POPIS MĚŘENÉHO MATERIÁLU

Jako základní materiál, který byl upraven, proměřován a následně zanášen do prošlupu, byla zvolena:

1. 100 % rezná bavlněná příze, 25×2 tex, mykaná
2. směšová příze ba/PES (50/50), 25×2 tex, mykaná

V osnově byla navedena směšová příze ba/PES (35/65), 25 tex, mykaná, šlichtovaná. Tato příze byla také použita pro měření koeficientu tření, aby byla zajištěna stejná situace tření mezi nitmi jako při tkaní.

6.2 TEORETICKÝ VÝPOČET ROZESTUPŮ ÚTKŮ

6.2.1 Zjednodušená forma Peirceova modelu provázání

Pro výpočet rozestupů útků na čele tkaniny a výpočet rozložení úhlů provázání je použit Peirceův model provázání osnovy a útku. Tento model je zjednodušen do podoby umožňující jednoduchý výpočet.

Předpoklady: všechny útky leží v jedné rovině $\Rightarrow$ výška zvlnění útku $H_2 = 0$, $e_2 = 0$

$S_0 = Q_1$, známe průměrnou hodnotu napětí osnovní niti z měření na stavu (viz. tabulka 5)

$$\phi_0 = 0$$

$$d_s = (d_o + d_u)/2$$

koeficient tření $f = \text{konst.}$

Pro tuto situaci platí tyto vztahy:

1. Rovnice popisující zjednodušený Peirceův model provázání

$$d_s \cdot \sin \phi_1 + \frac{a}{2} \cdot \cos \phi_1 = \frac{A_1}{2}$$

$$d_s \cdot (1 - \cos \phi_1) = \frac{a}{2} \cdot \sin \phi_1 \Rightarrow a = \frac{2 \cdot d_s \cdot (1 - \cos \phi_1)}{\sin \phi_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_1 = 2 \cdot d_s \cdot \sin \phi_1 + \frac{2 \cdot d_s \cdot (1 - \cos \phi_1)}{\sin \phi_1} \cdot \cos \phi_1$$

2. Rovnice plynoucí z Eulerova zákona o vlákněném tření

$$S_0 = S_1 \cdot \cos \phi_1$$

$$S_0 = S_1 \cdot e^{f \cdot \phi_1} \Rightarrow S_1, \phi_1$$

$$S_1 \cdot \cos \phi_1 = S_2 \cdot \cos \phi_2$$

$$S_2 = S_1 \cdot e^{-f \cdot (\phi_1 + \phi_2)} \Rightarrow S_2, \phi_2$$

$$S_2 \cdot \cos \phi_2 = S_3 \cdot \cos \phi_3$$

$$S_3 = S_2 \cdot e^{-f \cdot (\phi_2 + \phi_3)} \Rightarrow S_3, \phi_3$$

Z těchto rovnic dostaneme úhly provázání osnovy ϕ a síly v osnovní niti pro jednotlivé útky. Pokud získáme jednotlivé úhly provázání, můžeme následně vypočítat i rozestupy útku A .

6.2.2 Výpočet rozestupů útků A_n

Výpočet rozestupu útků A_n pro různě upravené příze byl řešen v programovacím jazyce Famulus na základě výše uvedených vztahů. Program je uveden v příloze I. Za koeficient tření byly dosazovány hodnoty zjištěné v praktickém měření (viz. tabulka 6). Celkový průměr d_s nitě byl vypočten ze známé jemnosti jednotlivých přízí a měrné hmotnosti pro daný materiál γ :

$$\gamma_{1(ba/PES)} = \frac{1}{100} \cdot (1380 \cdot 65 + 1550 \cdot 35) = 1439,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \dots \text{osnova}$$

$$\gamma_{2(ba)} = 1550 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \dots \dots \dots \text{útek} \cdot 100\% \text{ba}$$

$$\gamma_{2a(ba/PES)} = \frac{1}{100} \cdot (1380 \cdot 50 + 1550 \cdot 50) = 1465 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \dots \dots \dots \text{útek} \cdot \text{ba} / \text{PES}$$

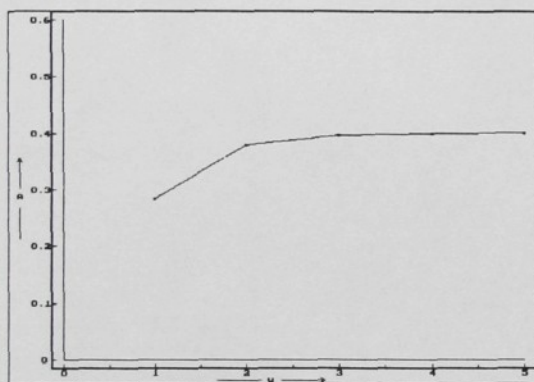
$$T = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \gamma \cdot 10^6 [\text{tex}] \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot T}{\pi \cdot \gamma \cdot 10^6}} \quad [\text{m}]$$

$$d_{1(ba/PES)} = 0,1487 \text{ mm}$$

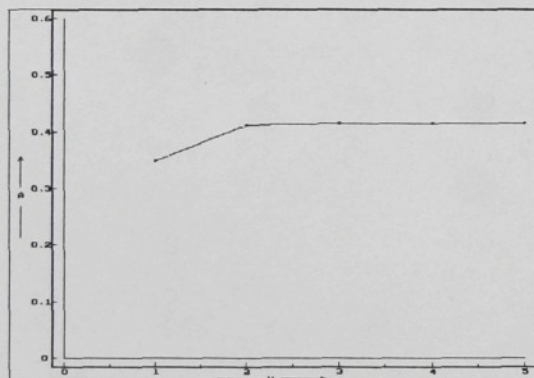
$$d_{2(ba)} = 0,2026 \text{ mm} \Rightarrow d_{s2} = \frac{d_1 + d_2}{2} = 0,1756 \text{ mm}$$

$$d_{2a(ba/PES)} = 0,2084 \text{ mm} \Rightarrow d_{s2a} = 0,1785 \text{ mm}$$

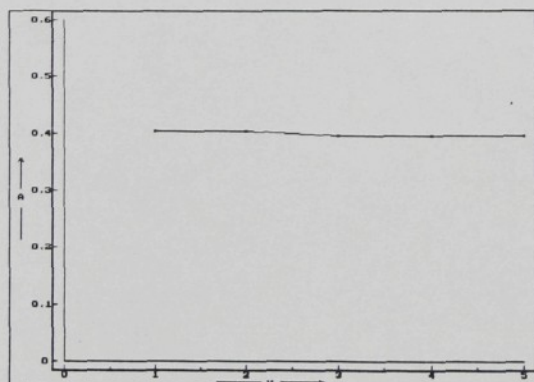
Z následujících grafů je zřejmý formovací proces (na posledních čtyřech zanesených útcích) pro různě upravené příze.



Graf 1: Změna rozestupu A jednotlivých útků na čele tkaniny pro reznou bavlněnou přízi ($f = 0,306$)



Graf 2: Změna rozestupu A jednotlivých útků na čele tkaniny pro bavlněnou přízi apretovanou 1 % roztokem kalafuny ($f = 0,434$)



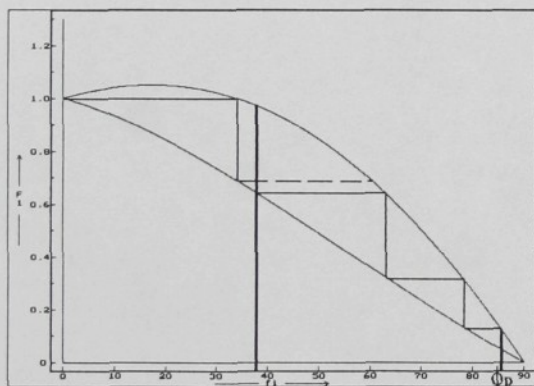
Graf 3: Změna rozestupu A jednotlivých útků na čele tkaniny pro bavlněnou přízi apretovanou 3 % roztokem kalafuny ($f = 0,648$)

Z grafů 1 až 3 je vidět, že čím má příze vyšší koeficient tření, tím dochází k menšímu pohybu útků na čele tkaniny. Útková nit s vysokým koeficientem tření (nad 0,6) se pak prakticky vůbec nezatlačí do tkaniny. Tyto teoretické předpoklady budou následně ověřeny při praktickém měření.

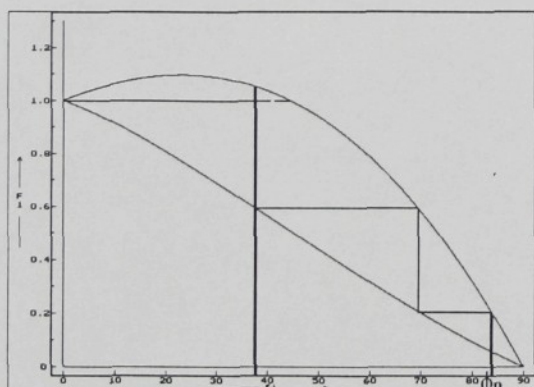
6.2.3 Výpočet rozložení úhlů provázání ϕ_n

Při výpočtu rozložení úhlu provázání při přírazu a po přírazu se postupovalo podle kapitoly 4.2. Za součinitel tření f byla opět dosazována průměrná naměřená hodnota pro příslušnou přízi (tabulka 6). Úhel rozevření prošlupu na prvním útku při přírazu $\phi_b = 0$ (listy jsou v zástupu), úhel odpovídající nastavené dostavě $\phi_d \cong 38^\circ$ byl vypočten z rovnice (17) pokud předpokládáme, že $e_l = 0$ a $v_A = d_S/A_{ust}$, kde A_{ust} odpovídá natavené dostavě útku $D_2 = 144$ nití/100 mm.

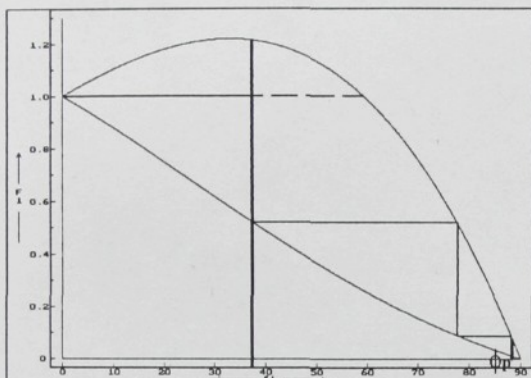
Pro toto početně-grafické řešení byl opět použit programovací jazyk Famulus. Z grafů můžeme odečíst jednak počet hrajících útků na čele tkaniny a jednak velikost přírazného úhlu ϕ_p .



Graf 4: Rozložení úhlů provázání osnovy a útku po a při přírazu pro reznou bavlněnou přízi



Graf 5: Rozložení úhlů provázání osnovy a útku po a při přírazu pro bavlněnou přízi apretovanou 1 % roztokem kalafuny



Graf 6: Rozložení úhlů provázání osnovy a útku po a při přírazu pro bavlněnou přízi
• apretovanou 3 % roztokem kalafuny

Z grafů vyplývá, že na čele tkaniny se úhly provázání ve formovací zóně ustálí na úhlu daném nastavenou dostavou na třetím (graf 4) nebo hned na druhém útku (grafy 5, 6).

6.2.4 Výpočet tkacího odporu R

Z teoreticky zjištěného přírazného úhlu ϕ_p a ze zjištěného rozestupu (z obrazové analýzy) mezi nultým a prvním útkem A_{lim} by se dal eventuelně vyjádřit i tkací odpor R – pomocí rovnic (16) a (17). Tento výpočet je podmíněn znalostí napětí v osnovní niti Q_I .

7. VLASTNÍ EXPERIMENT

Experimentální měření bylo rozděleno do několika fází: úprava režných útkových přízí, měření koeficientu tření a vlastní zjišťování vtlačení útku do tkaniny při přírazu pomocí rychlostní videokamery SPEEDCAM +500 (snímání na stavu a následná analýza záznamu na PC).

7.1 TECHNICKÉ PROSTŘEDKY PRO MĚŘENÍ KOEFICIENTU TŘENÍ

7.1.1 Sondy VÚTS

Tahové síly v niti byly měřeny pomocí dvou tří-kolíkových sond firmy VÚTS Liberec, Co. typu TFS 3-0-L9H No. 19 a No. 20. napájených stejnosměrným napětím 8V.

Princip sondy

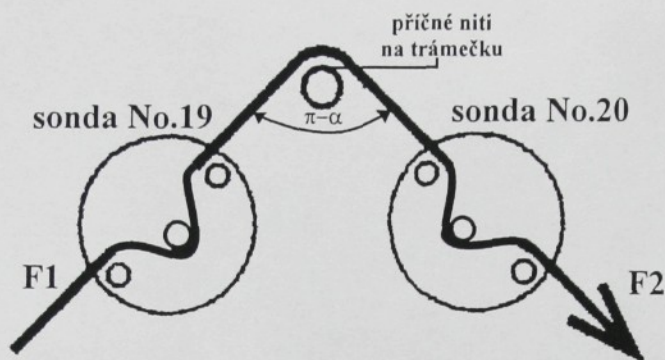
Měřená nit prochází sondou mezi třemi safírovými kolíky. Prostřední kolík je dutý a je upevněn na nosníku. Dutý nosník zvýší vlastní frekvenci a zlepší odvod tepla vzniklého třením. Měřená nit působí na prostřední kolík silou a tím dochází k deformaci povrchových vláken nosníku. Tato deformace je měřena pomocí čtyř tenzometrů zapojených do můstku. Můstky v sondách jsou připojeny k tenzometrické aparatuře AE 101 firmy HBM napájené stejnosměrným napětím 5 V. Z ní je přenášeno výstupní napětí do analyzátoru a dále zpracováváno.

Vlastní frekvence sond je 7 Hz.

Cejchování sond

Platí, že stejnosměrné napětí naměřené analyzátozem je přímo úměrné tahu nitě. Z tohoto důvodu se provádí cejchování sond, abychom každé naměřené úrovni mohli přiřadit daný tah v niti. Pro každou měřenou nit musely být ocejchovány obě sondy, tj. musely být zjištěny cejchovní konstanty (zjištění měřítka). Cejchování probíhalo tak, že měřená nit byla protahována rovnoměrnou rychlostí sondou ve směru, jakým se pohybuje při měření. Na niti bylo upevněno závaží (10 g), čímž se přesně definovala síla v niti ($m \cdot g = 10 \cdot 9,81 = 9,81 \text{ mN}$). Z analyzátoru se pak odečetlo vyvolané napětí a následně se vypočetla příslušná konstanta v [V/EU].

Cejchovní křivka pro jednu ze sond je zobrazena v příloze II.



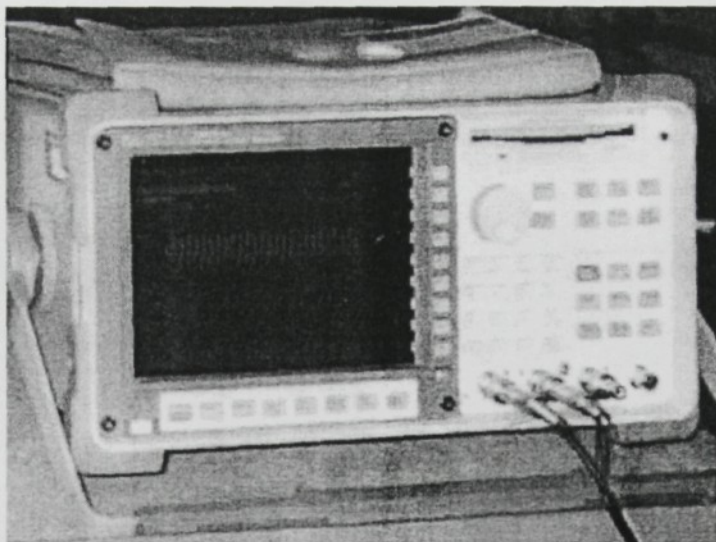
Obr. 13: Vedení příze tenzometrickými sondami

Nastavování nuly

Před každým měřením se pro zvýšení přesnosti naměřených hodnot mechanicky nastavila pomocí jednoduchého přípravku nulová hladina (příze se sejmula u obou sond asi na 3 sekundy z dutého kolíku). Přesná nula se pak zadala do analyzátoru pomocí konstant K_1 , K_2 .

7.1.2 Dynamický signální analyzátor HP 35670A

Tento analyzátor byl použit pro měření a vyhodnocení tahových sil v niti při zjišťování koeficientů tření jednotlivých materiálů a dále pak pro měření napětí v osnovní niti při tkaní. Jedná se o přenosný čtyřkanálový přístroj, který díky své koncepci dokáže nahradit několik různých přístrojů. Měření může probíhat současně na všech čtyřech kanálech s rozlišením na 16 bitů. Naměřená data je možné graficky zpracovat, vytisknout či uložit ve formátech SDF, ASCII atd. a dále s nimi pracovat buď v analyzátoru nebo na PC.



Obr. 14: Dynamický analyzátor HP

Základní technické parametry:

napájecí napětí:	220 nebo 12 až 28 V
kmítotový rozsah:	102,4 kHz 1 kanál
	51,2 kHz 2 kanály
	25,6 kHz 4 kanály
rozsahy vstupů:	max. 31,7 V
ukládání dat:	zabudovaná 3,5" – 1,44 Mbytová disketová jednotka
	– 64 Kbyte NVRAM disk
matematické funkce:	výkonné matematické funkce a editační funkce pro rychlou modifikaci naměřených výsledků (derivace, integrál, FFT, filtry)

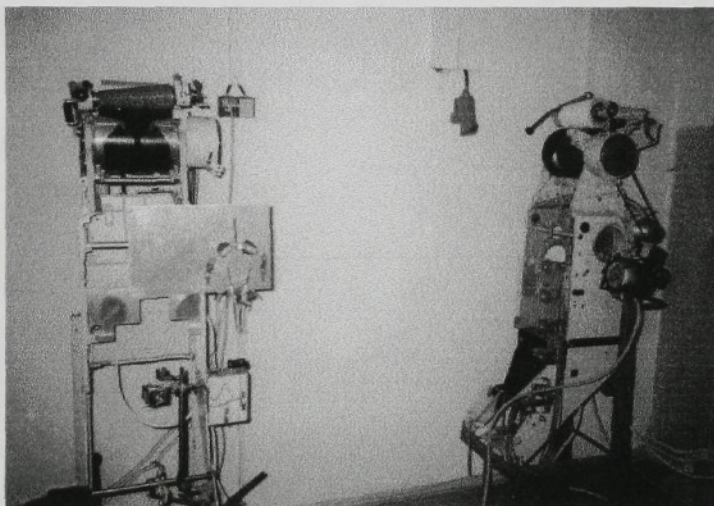
7.1.3 Popis zařízení pro měření koeficientu tření příze

Na úvod je třeba podotknout, že koeficient tření se neměřil přímo. Tenzometrické sondy snímaly tahové síly F_1 a F_2 , z nichž se dle Eulerova zákona vypočítal koeficient tření příze. Pro toto měření tření byla sestavena speciální aparatura, která byla nainstalována na dvě soukací jednotky (obr. 15). Měřená příze se odvíjela z křížem soukané cívky a byla vedena přes brzdičku, vodící očka a sondy (viz. kapitola 7.1.1). Mezi tenzometrické sondy, které mezi sebou svíraly úhel 45° , byla umístěna na krátkém úseku příčná nit (osnovní), se kterou se měřená nit (pohyblivá = útková příze) třela.

Celá situace byla následně vyhodnocena pomocí dynamického analyzátoru. Na něm byly zapojeny dva kanály – pro naměřené síly F_1 a F_2 . Platí, že síla F_1 je dána nastavením brzdičky, zatímco síla F_2 je navíc závislá na tření pohybující se nitě a statické příčné nitě.

K zajištění správného napětí nitě byla použita jehličková – magnetická brzdička (Svatý), u které se přitlačná síla vytvářela působením jehliček. Ke snížení či zvýšení tahové síly bylo možné jednotlivé jehličky vyřadit z činnosti nebo regulovat přitlak pomocí pohyblivého magnetu. Přiblížením magnetu k jehličkám se tlak zvýšil a naopak. Velikost tahové síly je pro měření tření důležitá, a proto bude tomuto tématu ještě věnována pozornost.

Nit se odtahovala různými rychlostmi v rozsahu $0,01 - 0,77 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Odtah byl zajišťován odtahovými válečky poháněnými asynchronním motorem a připevněnými na druhé soukací jednotce. Rychlosti byly měněny přes frekvenční měnič K1-201-M firmy Taian Electric Co. Ltd. Princip měniče spočívá v přeměně jednofázového vstupu na třífázové napětí $3 \times 220 \text{ V}$. Frekvence měniče se dá nastavit digitálně.



Obr. 15: Aparatura pro měření koeficientu tření

7.2 APRETACE ÚTKOVÝCH NITÍ

První fáze experimentu byla věnována výběru vhodné úpravy materiálu. Cílem bylo najít takové prostředky, které by zvýšily či snížily koeficient tření rezné přize. Základním problémem bylo nanášení příslušného apretu na delší úsek (asi 500 m) a zachování stejnoměrnosti nánosu tak, aby bylo možno změřit koeficient tření s malou

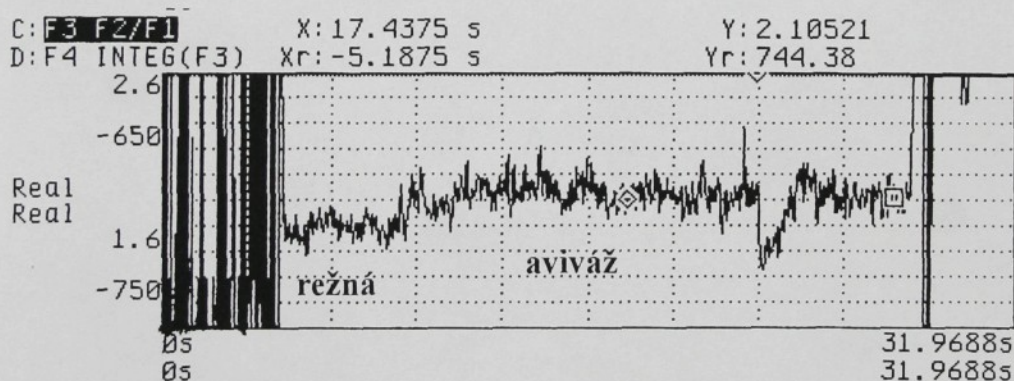
chybou. Také pro snímání zatlačovaného útku do tkaniny bylo třeba stejnoměrně naneseného apretu. Rychlostní kamera snímá totiž pouze malý úsek tkaniny a bylo třeba mít jistotu, že právě ve snímaném místě má příze daný koeficient tření.

Pro upravení třecích vlastností příze bylo vyzkoušeno několik prostředků s různými výsledky. Pokaždé bylo provedeno na kratším úseku příze (asi 5 m) srovnání koeficientu tření s reznou nití, což je vidět na obrázcích. Hodnoty $F2/F1$ nejsou přesné, protože příze nebyly cejchovány. Šlo zde pouze o zjištění procentuální změny.

7.2.1 Zkoušené typy úprav koeficientu tření rezné bavlněné příze

A. snižování tření

A1. Avivážní prostředek – byla použita koncentrovaná komerční aviváž ředěná v poměru 1:1 vodou. Oproti původnímu předpokladu zvedla aviváž koeficient tření asi o 5 %. To bylo zřejmě způsobeno nedostatečným usušením příze. Od těchto apretů ředěných vodou bylo nakonec upuštěno právě pro komplikované sušení větších návínů.



Obr. 16: Změna f pomocí aviváže

A2. Silikonový olej – jednalo se o přípravek ve spreji na povrchovou ochranu součástí aut od výrobce Palma Bratislava. Silikonový olej vytváří na povrchu ochranný film a zlepšuje vlastnosti třecích ploch. Jak je vidět z obrázku 17, výrazného snížení koeficientu tření se dosáhlo i u textilního materiálu. Silikony se ukázaly být dobrou cestou ke snížení tření. Pro konečné měření však nebyly využity pro obtíže při nanášení. Místo spreje by bylo vhodnější využít jinou formu aplikace, např. roztok.



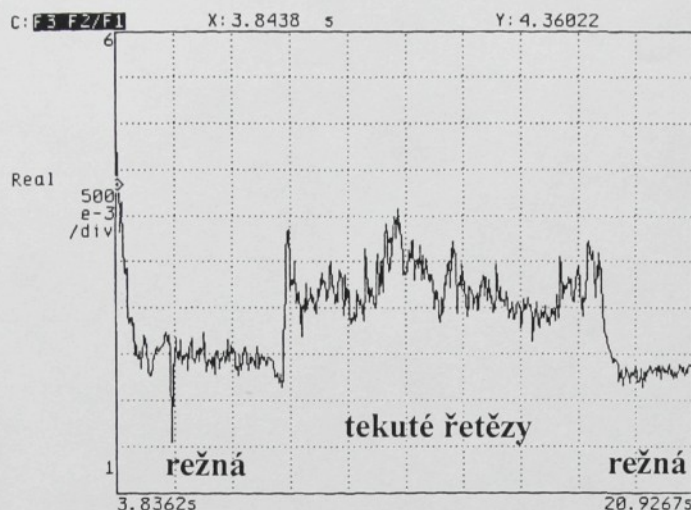
Obr. 17: Změna f silikonovým olejem

A3. Parafin – parafinovaná příze byla získána přímo z textilního závodu. Při měření koeficientu tření se však tato úprava téměř neprojevila. Ukázalo se, že parafin nanesený pouze pomocí jednoho parafinovací válečku nezajistí stejnoměrné nanesení po celém obvodu příze a tím způsobí, že je povrch příze nehomogenní a tedy obtížně použitelný pro jakákoliv měření.

Ve školní laboratoři byla tato nehomogenita zlepšena tím, že se příze několikrát přesoukala přes dva válečky parafinu (parafin byl nanesen po celém obvodu příze).

A. zvyšování tření

B1. Tekuté řetězy – tento přípravek na bázi pryskyřice byl ředěn toluenem v poměru 1:20, 1:50 a 1:100 (viz. obr. 18). Koeficient tření se výrazně zvýšil (přibližně o $1/3$). Výhodou tekutých řetězů bylo, že rychle na přízi zasychaly. Od této úpravy bylo i přes jeho dobré výsledky nakonec upuštěno pro nesnadné nanášení na delší úseky, obtížné ředění řetězů ve spreji a pro nepříjemný zápach toluenu.



Obr. 18: Změna f tekutými řetězy 1:100

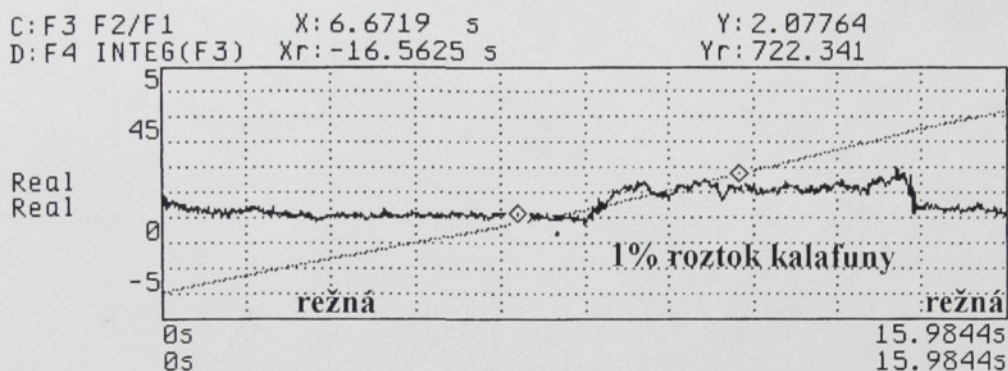
B2. Vodoodpudivá ochrana na kůži s přídavkem včelího vosku – tato úprava rovněž znatelně zvýšila tření přize. I po důkladném usušení ale úplně nezaschla a povrch přize mírně lepil. To se projevilo ulpíváním vosku na příčné niti při měření f , což zcela znemožnilo objektivitu měření.

B3. Impregnace na textil a stany – tato úprava neměla na tření žádný vliv.

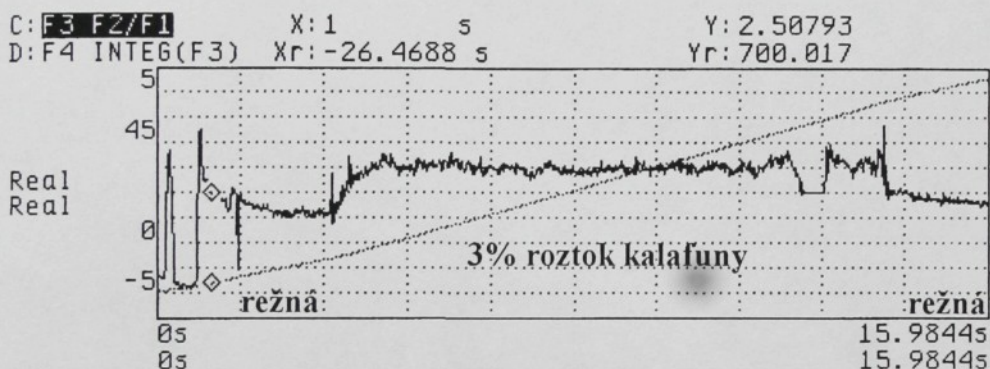
B4. Kalafuna – kalafuna je tuhý zbytek po oddestilování terpentýnové silice vodní párou z pryskyřice jehličnatých stromů. Používá se např. pro výrobu laků, tmelů, k natírání smyčců a řemenů, k vysmolování sudů atd. V tomto případě byla použita kalafuna zakoupená v hudebninách, která byla roztlučena na prášek a naředěna technickým lihem v různých koncentracích:

10 % a 5 % roztok - takto vysoké koncentrace kalafuny způsobily, že přize zcela ztvrdla a při měření f se pak „zasekávala“ v brzdičce i při jejím minimálním přítlaku. Z toho důvodu nemohl být koeficient tření změřen.

1 % a 3 % roztok – tyto koncentrace se ukázaly být optimální a byly proto použity pro konečnou apretaci přize. Technický líh se rychle vypařoval a přize se proto mohla bez problému nasoukat i do většího návinu, aniž by se jednotlivé vrstvy příliš slepovaly. Pro jistotu byla však před zatkáváním znovu přesoukána.



Obr. 19: Změna f_1 % roztokem kalafuny

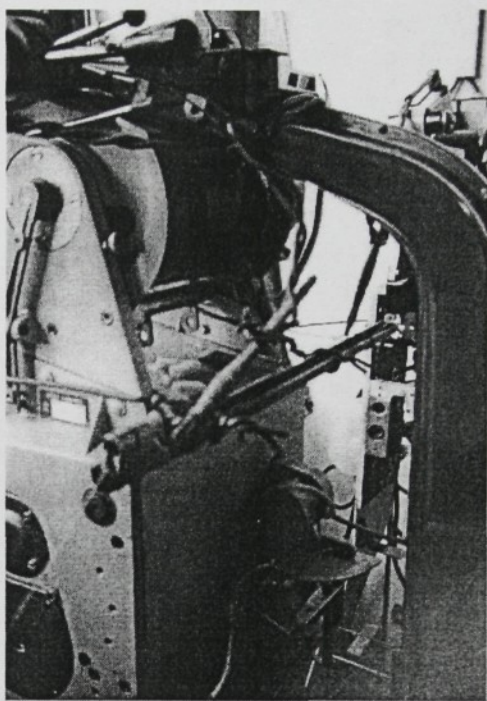
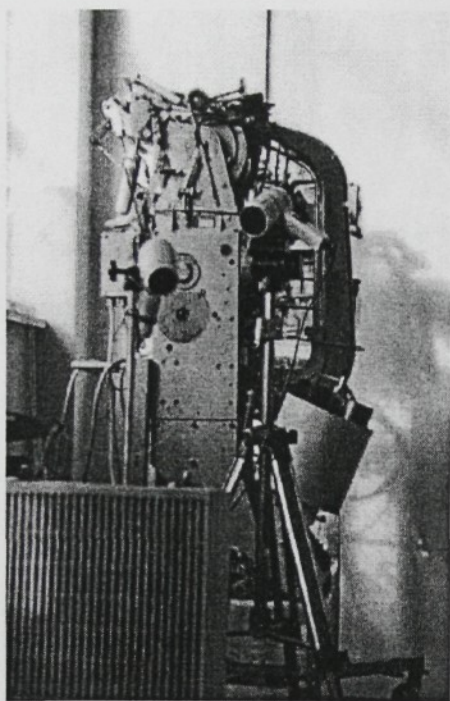


Obr. 20: Změna f_3 % roztokem kalafuny

7.2.2 Nanášení jednotlivých druhů apretu

Jak již bylo zmíněno, parafin byl nanášen pomocí dvou válečků tuhého parafinu připevněných na soukací jednotce.

Pro nanášení roztoků kalafuny na přízi bylo z dostupných prostředků v laboratoři sestaveno speciální nanášecí zařízení (obr. 21).



Obr. 21: Zařízení na nanášení roztoku kalafuny, detail apretačního korytka

Příze se odvíjela ze soukací jednotky a přes brzdičku a vodící očka byla navedena do dlouhého korytka s roztokem. Dráha příze v korytku a její dostatečné ponoření zajišťovala opět vodící očka připevněná ke dnu korytka. Odmačkávání přebytečné tekutiny zajišťovaly štětečky a filc. Dále byla příze vedena 3 m dlouhým sušícím polem, kde byla ofukována horkým vzduchem z fénů a topení. Sušící pole bylo zakončeno další soukací jednotkou, na které se již navíjela apretovaná příze. Pohon této jednotky byl připojena k digitálnímu frekvenčnímu měniči, díky kterému byla zajištěna velmi pomalá soukací rychlost.

7.3 MĚŘENÍ KOEFICIENTU TŘENÍ

Další fáze experimentu spočívala ve vlastním měření přírůstku tahových sil, ze kterých byl odvozen koeficient tření. Všechny apretty na přízi se nechaly před tímto měřením řádně zaschnout. Každý vzorek bylo třeba proměřit pro různé rychlosti, protože i při zatlačování útku do tkaniny se rychlost mění. Na začátku každého měření byla příslušná měřená příze ocejchována a cejchovní konstanty byly uloženy do paměti analyzátoru.

Při vlastním měření se vyskytlo několik problémů, které měly vliv na přesnost výsledků. První pokusy byly prováděny tak, že se pohybující příze třela o jednu nit

příčnou, jejíž stabilita byla zajištěna závažíčky. Ukázalo se ale, že při větších rychlostech se tato příčná nit značně chvěje a průběh tahových sil je tak velmi nestabilní.

Z tohoto důvodu byla příčná nit nahrazena kulatým „trámečkem“ o průměru 1 cm, na jehož povrch byly pomocí oboustranně lepicí pásky nalepeny těsně vedle sebe úseky osnovní příze. Tímto způsobem, který se velice osvědčil, se celý proces zrovnoměnil. Trámeček se dal při každém novém měření posunout, aby se příze třela vždy o čistý úsek osnovy bez jakýchkoli starých nánosů apretů, které by mohly ovlivnit výsledky.

Dalším problémem, který se vyskytl, bylo seřízení brzdíčky příze. Řada pokusných měření ukázala, že při nižších tazích je měření nestabilní. Proto byla nalezena optimální síla na vstupu (v brzdíčce), při které by se zrušil vliv lámání nitě a naměřily se objektivní výsledky. V tabulce 1 jsou uvedeny zkoušené tahy a jim odpovídající poměr tahových sil. Všechna tato měření byla provedena pro reznou bavlněnou přízi při rychlosti posuvu $0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Měření proběhlo bez ocejšování příze.

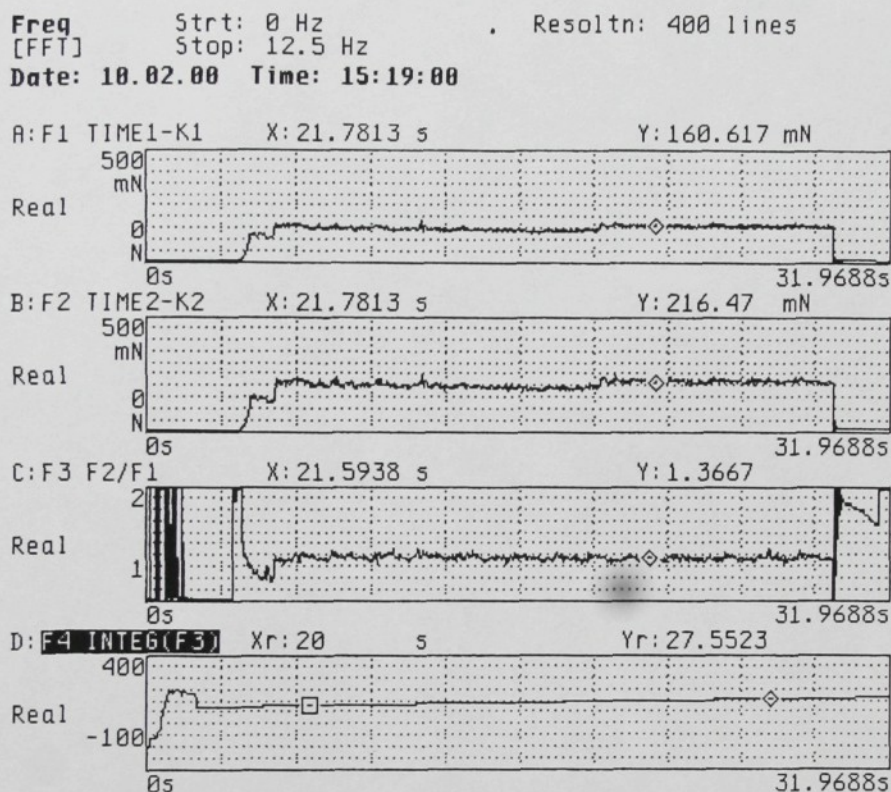
Tabulka 1: Závislost přírůstku tahových sil na nastavení brzdíčky

Tahová síla F_1 (nastavená brzdíčkou) [mN]	Poměr sil F_2/F_1 [1]
19,85	2,23
30.63	2,21
69.23	1,93
90.81	1.855
102.43	1.882
154.62	1.877
156.27	1.849

Pro všechna následující měření byla snaha nastavit vstupní tah na hodnotu větší než 100 mN. Jak je vidět v tabulce, při těchto vyšších tazích se poměr sil ustálil na poměrně stálé hodnotě. Pro malé tahy naopak síly velmi kolísají.

V grafu 7 jsou zobrazeny průběhy tahových sil F_1 , F_2 , jejich poměr a integrál z poměru sil pro reznou ba přízi při rychlosti posuvu $0,77 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Průměrná hodnota poměru sil byla určena z křivky integrálu (z 20 sekundového úseku). Takto se postupovalo i u ostatních přízí, jejichž grafy jsou v příloze III. Všechny hodnoty poměru

sil i vypočteného koeficientu tření při daných rychlostech posuvu příze shrnují tabulky 2 a 3. Grafická závislost koeficientu tření na rychlosti posuvu pro různě apretované příze je v grafech 8 a 9.



Graf 7: Průběhy tahových sil pro reznou bavlněnou přízi

Z naměřených průběhů tahových sil byly vypořizovány některé faktory ovlivňující koeficient tření příze:

- povrchové tření popsané Eulerovým zákonem – záleží na úhlu opásání a na velikosti tahových sil
- rychlost posuvu příze – s růstem rychlosti má koeficient tření stoupající tendenci
- skoková změna rychlosti – povrchy se od sebe musí jakoby odtrhnout, což způsobuje nárůst tření
- odstávající vlákna – čím je příze uhlazenější, tím je menší její tření
- nestejnornost geometrie nitě – slabší a silnější místa, nopky a uzlíky způsobují rázový přírůstek tahové síly.

Tabulka 2:

Poměr F_2/F_1 v závislosti na rychlosti posuvu nitě					
rychlost [m·s ⁻¹]	100 % ba režná	100 % ba parafinovaná	100 % ba 1 % roztok kalafuny	100 % ba 3 % roztok kalafuny	ba/PES (50/50)
0,01	1,224	1,222	-	-	1,251
0,02	1,23	1,224	1,285	1,568	1,276
0,05	1,241	1,23	-	-	1,297
0,1	1,254	1,277	1,378	1,662	1,307
0,2	1,295	1,28	-	-	1,322
0,4	1,315	1,298	1,395	1,699	1,353
0,77	1,353	1,322	1,58	1,73	1,387

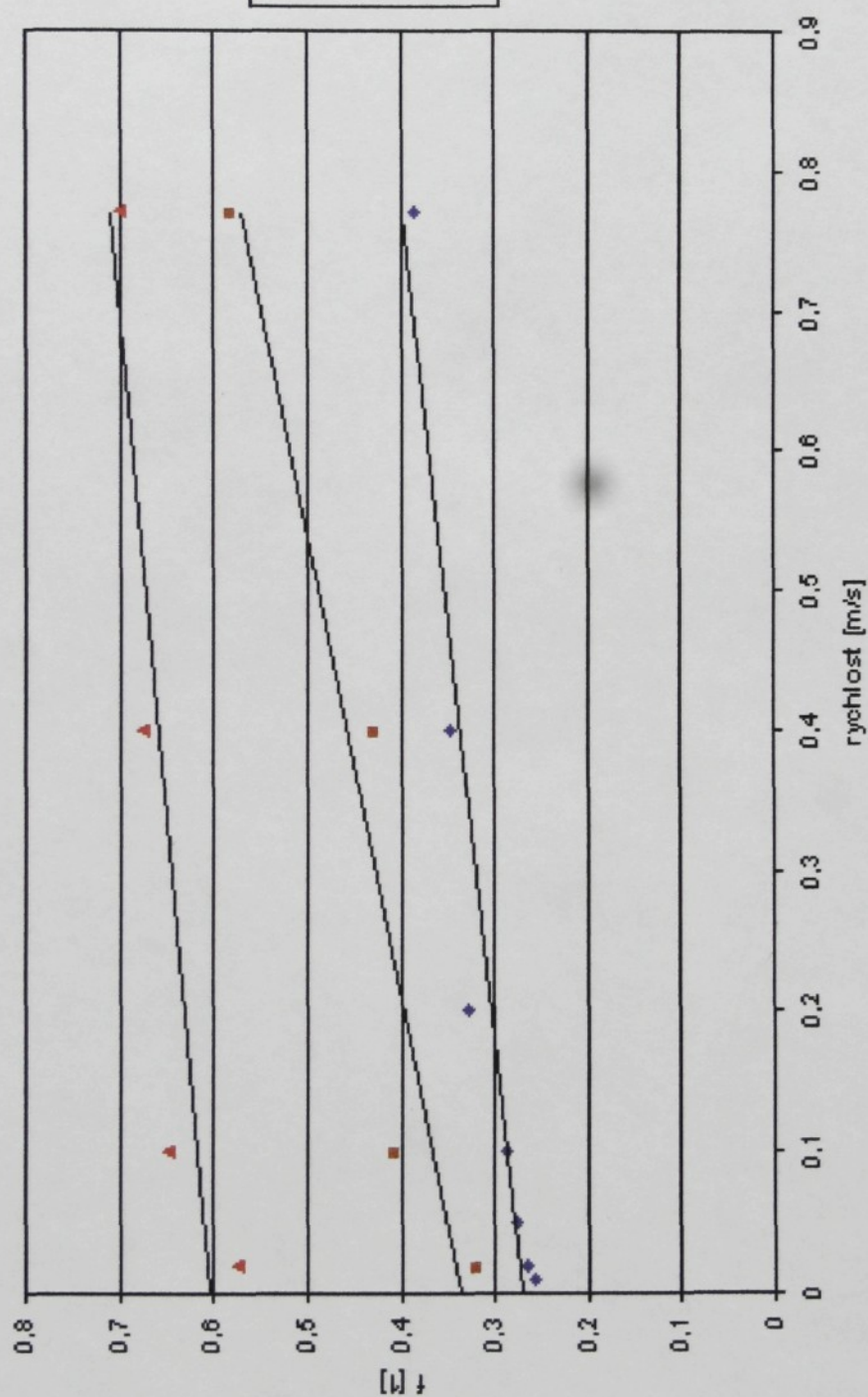
Ze známého poměru tahových sil F_2/F_1 byl pomocí Eulerova vztahu vypočten koeficient tření příze f .

$$f = \frac{1}{\alpha[\text{rad}]} \cdot \ln \frac{F_2}{F_1}$$

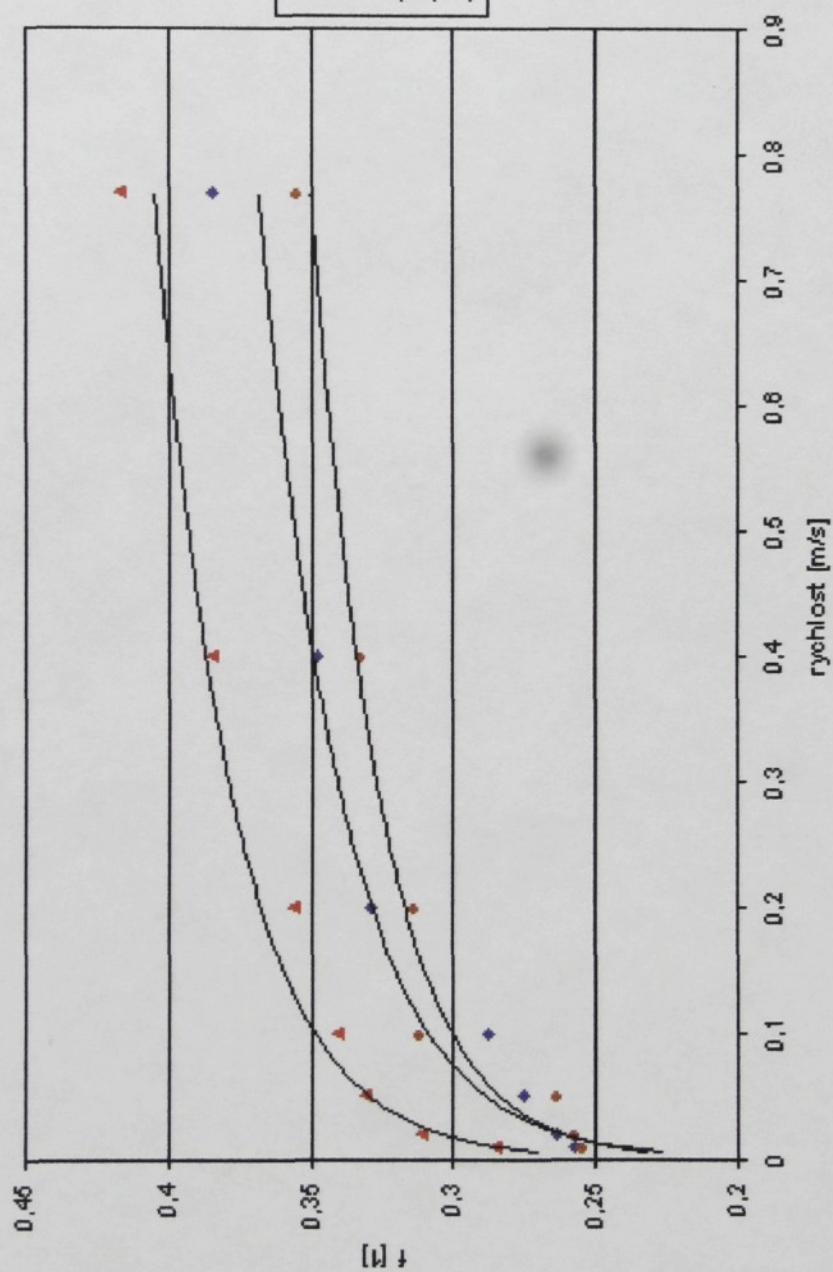
Tabulka 3:

Koeficient tření f v závislosti na rychlosti posuvu nitě, $\alpha = 45^\circ$					
rychlost [m·s ⁻¹]	100 % ba režná	100 % ba parafinovaná	100 % ba 1 % roztok kalafuny	100 % ba 3 % roztok kalafuny	ba/PES (50/50)
0,01	0,257	0,255	-	-	0,285
0,02	0,264	0,257	0,319	0,573	0,311
0,05	0,275	0,264	-	-	0,331
0,1	0,288	0,312	0,408	0,647	0,341
0,2	0,329	0,314	-	-	0,356
0,4	0,348	0,333	0,428	0,675	0,385
0,77	0,385	0,355	0,582	0,698	0,417

Graf 8: Koefficient tření v závislosti na rychlosti posuvu nití
úhel opásání = 45°



Graf 9: Koeficient tření v závislosti na rychlosti posuvu nití
úhel opásání = 45°



7.4 ZJIŠŤOVÁNÍ VTLAČENÍ ÚTKU DO TKANINY

7.4.1 Popis vysokorychlostního videosystému SPEEDCAM +500

Řešením jak snímat a vyhodnocovat složité děje mohou být bezkontaktní metody měření založené na analýze digitálního záznamu obrazu. Mezi takovéto bezkontaktní metody patří i snímání dějů pomocí rychlokamery. Rychlostní videokamera umožňuje práci s digitalizovanou videosekvencí zaznamenaného pohybu s využitím speciálního softwarového vybavení pro pohybovou analýzu objektu.

Tento vysokorychlostní videosystém umožňuje zaznamenávat pohyby rychlých mechanismů a procesů. Umožňuje následně okamžité přehrání zpomaleného pohybu. Pomocí SPEEDCAMU +500 můžeme zjistit okamžitě příčinu poruchy či selhání a tím přispět k zvýšení produktivity a kvality. Se systémem se dá snadno manipulovat a provoz stroje či linky nemusí být omezován. Tento systém využívá pro uložení záznamu standardní videokazety.

Digitální videosystém SPEEDCAM +500 snímá a zaznamenává rychle se měnící obrazy a ukládá je v digitální formě do kruhové paměti. Základem celého rychlostního videa je kompaktní celek, který řídí CCD kameru, digitalizuje videosignál a digitalizované obrazy ukládá do paměti. Paměť má kapacitu 256 MB (odpovídá 8 s záznamu) a je stále cyklicky přepisována. Činnost CCD kamery a doba otevření LCD závěrky je řízena řídicí sběrnici. Výstupní signál CCD kamery je digitalizován s rozlišením 8 bitů pomocí A/D převodníku. Uplatňuje se zde tzv. pixelová synchronizace: každému obrazovému prvku CCD zobrazovače – pixelu odpovídá jeden Kb kruhové paměti kamery a tedy i jeden bit v obrazové paměti počítače. Tento systém tedy umožní přesné odečtení x a y souřadnic sledovaného objektu.

Snímač CCD (4×4 mm) snímá světlo odražené od pozorovaného předmětu. Skládá se z 256×256 rozlišovacích bodů. Tato plná rozlišovací schopnost odpovídá snímací frekvenci kamery 500Hz. Pokud nastavíme vyšší snímací frekvenci (až do 3300 Hz), dosáhne se zvýšení rychlosti snímání tím, že řídicí signál přečte pouze každý druhý, každý čtvrtý nebo každý osmý řádek. Nevýhoda je v tom, že rychlost je zde vykoupena nižší rozlišovací schopností ve vertikálním směru.

Pokud potřebujeme snímát děje v méně přístupných místech, můžeme kameru doplnit o endoskop, který nám toto umožní, a speciální osvětlovací zařízení. Při snímání obrazů je snímací prvek CCD kamery vystaven světlu po celou dobu přenosu obrazu.

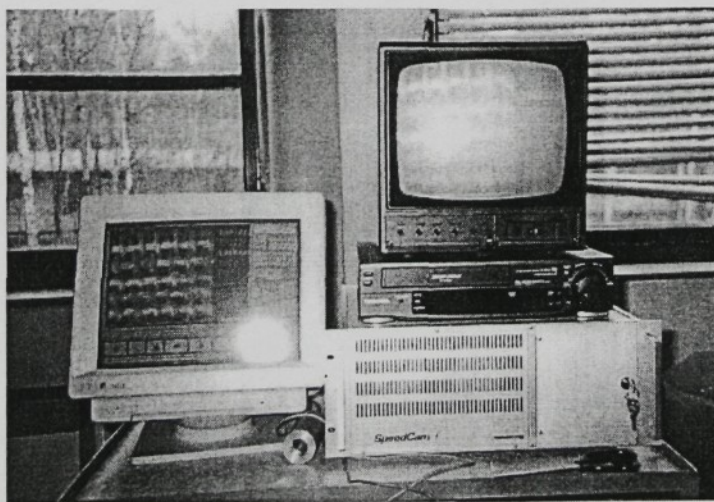
Při 500 obr/s je to 2 ms. Jelikož by byl obraz při snímání rychlých pohybů rozmazaný, používají se na odstranění tohoto problému různá přídavná zařízení:

LCD závěrka – přidává se k při k objektivu kamery, přivedené napětí nepropustí světlo a tím působí jako závora pro světelný tok. Doba osvitu je 200 μ s a výsledný obraz není příliš ostrý.

Stroboskopické světlo – světlo synchronizované s rychlostí snímáných obrazů. Doba osvitu je 10 μ s. Kamera se může přizpůsobit frekvenci stroboskopu nebo naopak.

Obraz z kamery i uložený obraz můžeme sledovat na CCIR monitoru, jehož jedna část je vyhrazena pro zobrazení informace o stavu kamerového systému a nastavených parametrech. Na monitoru je zobrazena snímaná frekvence, rozlišení obrazu, nastavení spuštění T, módy snímání,... Pokud je nainstalovaná do počítače videokarta, odpadne použití CCIR a videosignál je zobrazen na monitoru počítače.

Další výbava SPEEDCAMU +500: ruční ovladač, softwarový řídicí a obslužný program, ovladače pro přenos dat mezi kamerou a hard diskem PC. Program umožňuje snadné označení těch sekvencí z celého záznamu, které jsou pro nás důležité. Tyto sekvence můžeme potom uložit na hard disk, zpětně načíst do kruhové paměti kamery či opakovaně přehrát na displeji.



Obr. 22: Sledování pohybu útku na monitoru

Program pro analýzu pohybu

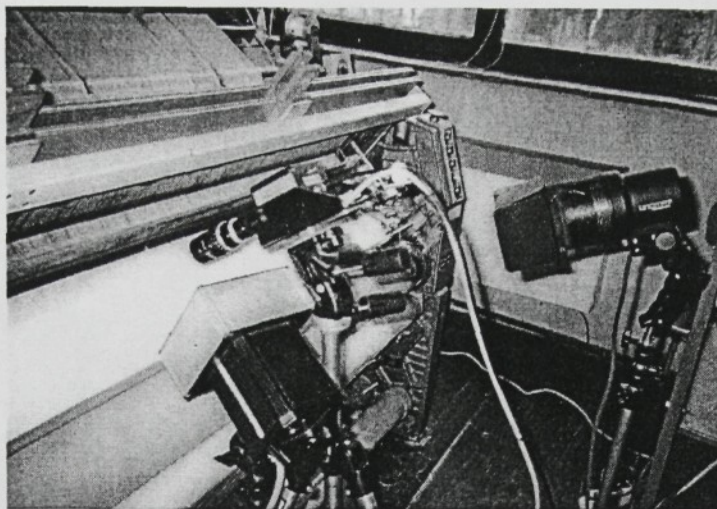
Volitelným přídatkem pro zpracování obrazů sejmutých systémem SPEEDCAM +500 je program ANALYZE. Tento program, který je určen k analýze pohybů, můžeme nainstalovat do libovolného počítače s procesorem 386 nebo vyšším. V rámci jednoho obrazu můžeme vybrat až 10 objektů (významných bodů). Tyto objekty jsou sledovány složitými metodami rozpoznávání obrazu a umělou inteligencí. Rychlost sejmutí obrazů má být v souladu s frekvencí chodu sledovaného mechanismu, aby vzdálenosti mezi sledovanými body na jednotlivých obrazech umožňovaly propojení plynulou křivkou.

Výsledkem pro všechny vybrané objekty jsou přesně určené souřadnice x , y v časových krocích Δt o velikosti dané převrácenou hodnotou frekvence vzorkování. Pokud zadáme správné přepočtové konstanty měřených veličin, fyzikální veličinu (jednotky délky m , cm , mm), potom můžeme pro všechny objekty určit průběh dráhy $x(t)$, $y(t)$, průběhy první derivace (rychlosti) a druhé derivace (zrychlení). Dále ještě můžeme určit průběh úhlu, úhlové rychlosti a úhlového zrychlení.

Nadstavbou k analýze pohybu je instrukce IMAGE PROCESS, která pomocí filtrů provádí analýzu obrazu. Při filtraci obrazů můžeme použít různé druhy filtrů jako například: nízkofrekvenční filtr, vysokofrekvenční filtr, kontrast, eroze, mediány, dilatace, obrysy, Sobelův filtr, jedno či dvojdimenzionální filtr.

Použití rychlostní kamery pro záznam a analýzu skluzu útků do tkaniny

Provedení digitálního záznamu sklouzávajícího útku v dostatečném zvětšení umožňuje proniknout do celého děje. Ze záznamu můžeme zkoumat fáze skluzu útku do tkaniny, jeho interakci s osnovními nitmi a paprskem. Při použití zvláštní výbavy pro makrosnímání můžeme sledovat i následné posuvy útku ve formovací zóně při přirazu. Při různých polohách kamery můžeme dostat celou dráhu posuvu útku (ve více sekvencích). Pokud použijeme následně program ANALYZE, můžeme tyto sekvence graficky vyjádřit v základních kinematických veličinách dráha, rychlost, zrychlení.



Obr. 23: Snímání skluzů útku do tkaniny digitální rychlokamerou

7.4.2 Popis tryskového tkacího stroje PN 170 FB M2

Tryskové pneumatické stroje PN jsou určeny k výrobě lehkých a středně těžkých tkanin. Zanášení útku do prošlupu je provedeno proudem stlačeného vzduchu usměrněného hlavní tryskou a přidavnými tryskami rozmístěnými v celé šíři stroje. Útek je odebírán přímo z křížové cívky a jeho příslušná délka pro jeden prohoz je odměřována rotačním odměřovacím zařízením.

Tkací stroj PN v laboratoři KMT je řešen tak, že osnova postupuje z osnovního válu nahoru přes svůrku a šikmo dolů přes osnovní zarážku, brdové listy, paprsek a dále již jako tkanina přes prsník a odtahové ústrojí spodem do zadní části stroje, kde se navíjí na zbožový vál.

Základní technické údaje:

celková šířka stroje:	2860 mm
hloubka stroje:	1810 mm
výška stroje:	1640 mm
provozní napětí:	380 V/220 V/50 Hz
příkon elektromotorů:	2,2 kW
spotřeba vzduchu při nejvyšších otáčkách:	$17 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \pm 10 \%$
rozsah pracovní šíře:	110 – 170 cm
osnovní svůrka:	pohyblivá – odpružená
osnovní regulátor:	pozitivní s negativní doregulací

zbožový regulátor:	pozitivní, přerušovaně pracující s výměnným ozubeným kolem
prošlupní ústrojí:	listové bezjezdcové, zahrnuje náhon prošlupního zařízení a náhon vačkové hřídele
počet listů:	4 (možno použít až 10)
šířka tkaniny:	154 cm
nastavená dostava útku:	144 nití/100 mm
dostava osnovy:	282 nití/100 mm
nastavená přírazná rychlost:	400 ot·min ⁻¹
přírazná frekvence:	6,66 s ⁻¹

7.4.3 Rozestupy nultého a prvního útku – výstupy experimentu

Průběh zatkávání jednotlivých materiálů byl sledován po dobu 8 s rychlostní videokamerou SPEEDCAM. Ze záznamu byly posléze odečteny hodnoty rozestupů mezi posledně zatkaným (nultým) a předcházejícím (prvým) útkem A_{lim} ve vrcholu přírazu. Hodnota A_{lim} představuje hloubku vtlačení útku do tkaniny.

V tabulce 4 jsou uvedeny hodnoty rozestupů útků pro režnou bavlněnou přízi, bavlněnou přízi apretovanou 3 % roztokem kalafuny a parafinem. Pro zajímavost byla zatkána i bavlněná příze s 50 % podílem polyesteru. Naopak se z důvodu nevýrazných změn rozestupů upustilo od vyhodnocení příze apretované 1 % roztokem kalafuny.

Pro režnou a kalafunovanou bavlněnou přízi bylo vyhodnoceno 49 přírazných pulsů. U zbývajících dvou materiálů se z důvodu veliké pracnosti odečetl rozestup útků pouze pro 10 přírazů.

Na grafickém znázornění (graf 10, 11, 12) je provedeno srovnání A_{lim} režné bavlněné příze s ostatními materiály. Aby byly patrné rozdíly v hloubce vtlačení, jsou jednotlivé průběhy proloženy lineární spojnici trendu.

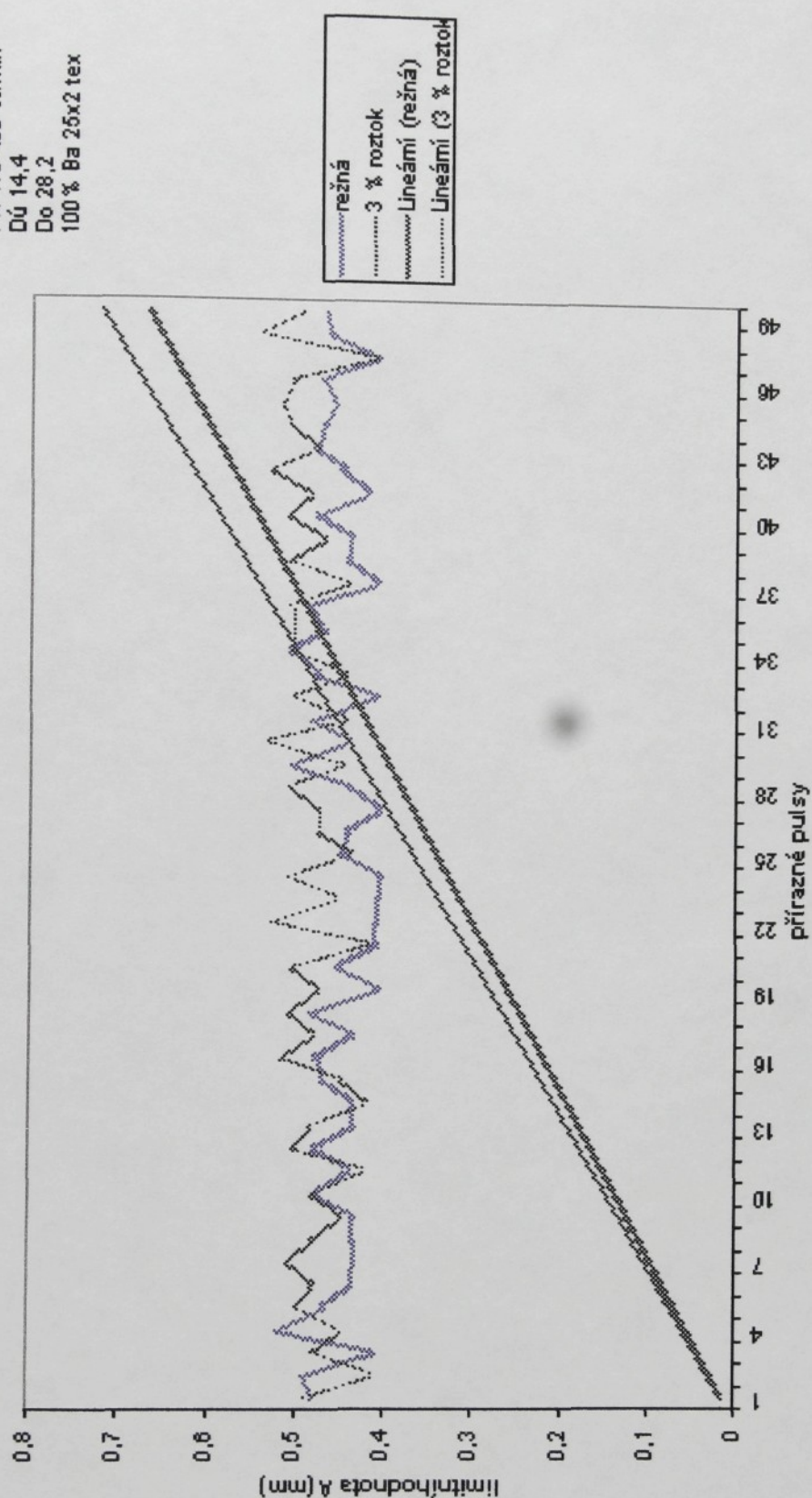
Tabulka 4: Rozestupy útků

přírazný puls	rozestup nultého a prvního útku A_{lim} [mm]			
	100 % ba režná	100 % ba 3 % roztok kalafuny	100 % ba parafinovaná	ba/PES (50 /50)
1	0,479	0,485	0,453	0,478
2	0,489	0,409	0,453	0,478
3	0,409	0,478	0,377	0,418
4	0,519	0,448	0,428	0,418
5	0,464	0,5	0,377	0,418
6	0,438	0,478	0,403	0,478
7	0,432	0,507	0,377	0,418
8	0,435	0,481	0,428	0,478
9	0,435	0,448	0,403	0,418
10	0,474	0,481	0,428	0,418
11	0,441	0,418		
12	0,474	0,504		
13	0,435	0,481		
14	0,438	0,418		
15	0,467	0,448		
16	0,474	0,515		
17	0,438	0,481		
18	0,481	0,507		
19	0,409	0,474		
20	0,451	0,504		
21	0,412	0,415		
22	0,412	0,526		
23	0,409	0,451		
24	0,406	0,507		
25	0,448	0,438		
26	0,441	0,474		
27	0,409	0,474		
28	0,438	0,507		

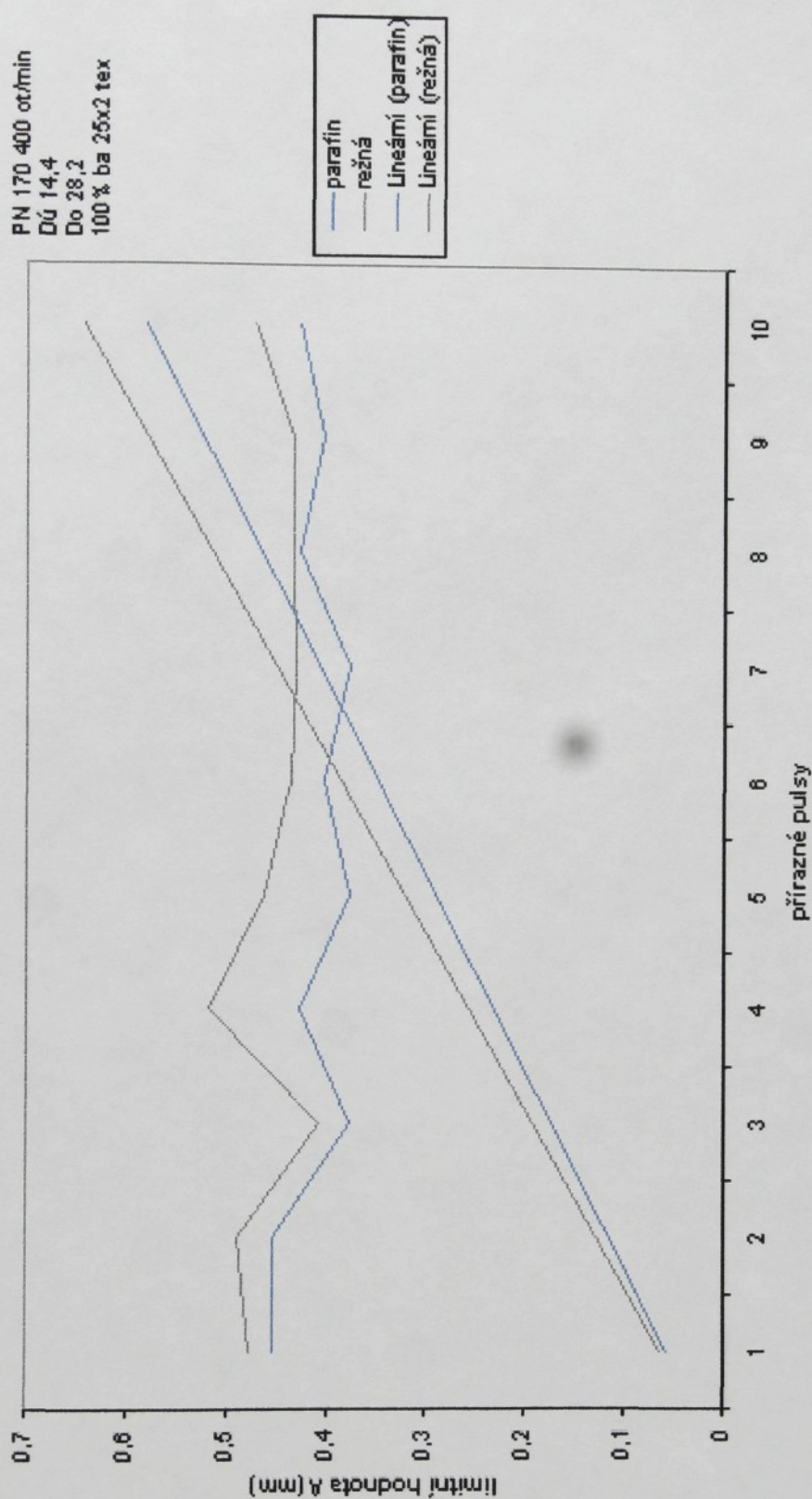
29	0,504	0,448		
30	0,444	0,533		
31	0,481	0,444		
32	0,409	0,504		
33	0,478	0,441		
34	0,504	0,507		
35	0,471	0,504		
36	0,485	0,507		
37	0,412	0,444		
38	0,441	0,507		
39	0,441	0,471		
40	0,474	0,511		
41	0,421	0,485		
42	0,448	0,529		
43	0,478	0,478		
44	0,471	0,507		
45	0,456	0,522		
46	0,472	0,504		
47	0,41	0,411		
48	0,463	0,541		
49	0,471	0,496		
50	0,479	0,485		
<i>průměr [mm]</i>	<i>0,451</i>	<i>0,481</i>	<i>0,413</i>	<i>0,442</i>
<i>min. hodnota rozestupu [mm]</i>	<i>0,406</i>	<i>0,409</i>	<i>0,377</i>	<i>0,418</i>
<i>max. hodnota rozestupu [mm]</i>	<i>0,519</i>	<i>0,541</i>	<i>0,453</i>	<i>0,478</i>
<i>směrodatná odchylka s [mm]</i>	<i>0,029</i>	<i>0,034</i>	<i>0,030</i>	<i>0,031</i>
<i>variační koeficient v [%]</i>	<i>5,59</i>	<i>6,28</i>	<i>6,62</i>	<i>6,49</i>

Graf 10: Tendence rozestupu útku na čele tkaniny

PN 170 400 ot/min
Dů 14,4
Do 28,2
100 % Ba 25x2 tex

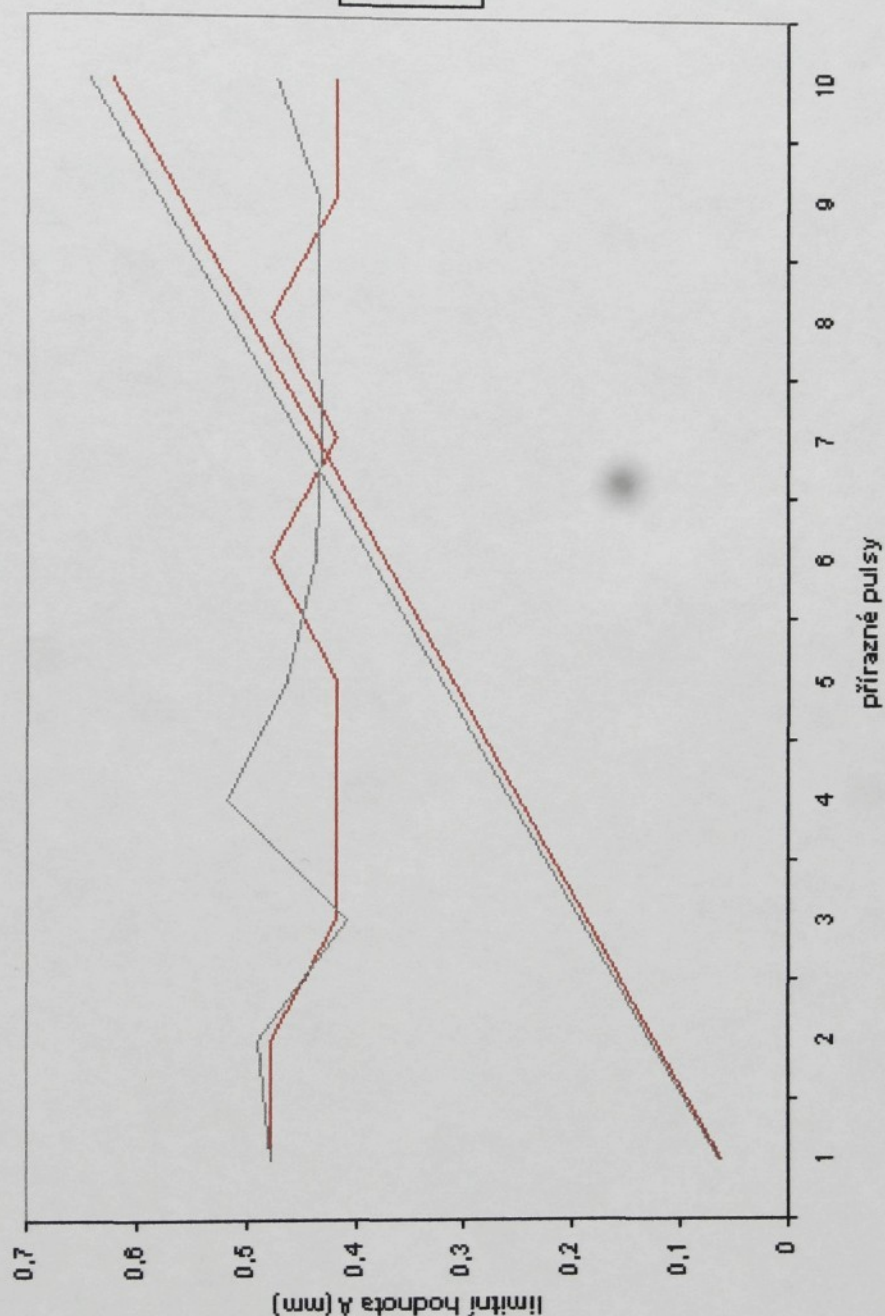


Graf 11: Tendence rozestupů útku na čele tkaniny



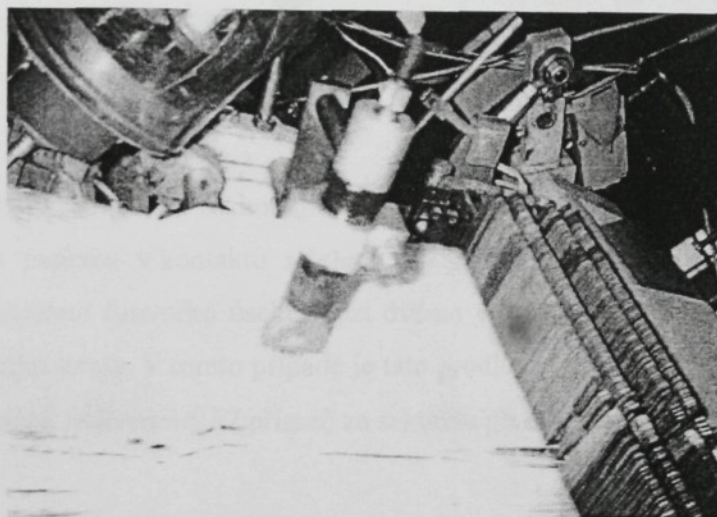
Graf 12: Tendence rozestupů útku na čele tkaniny

PN 170 400 ot./min
Dů 14,4
Do 28,2
100 % ba 25x2 tex
ba/PES 50/50 25x2 tex



7.5 MĚŘENÍ NAPĚTÍ OSNOVNÍ NITI

Při zatkávání útků do tkaniny bylo u některých apretací změřeno napětí osnovní niti. Napětí bylo měřeno sondou VÚTS (obr. 24) a signál byl následně zpracován dynamickým analyzátozem HP (viz. kapitola 7.1.2). Sonda byla umístěna mezi lamely osnovní zarážky a listové brdo, asi 15 cm od kraje tkaniny. Z naměřených hodnot, které byly použity pro teoretický výpočet, je patrný jistý vzestupný trend napětí v osnově při zvýšení tření útku. Velkou roli tu zřejmě hraje seřízení osnovního regulátoru, který má tendenci udržovat napětí nití konstantní.



Obr. 24: Měření napětí osnovní niti pomocí tenzometrické sondy VÚTS

Tabulka 5: Hodnoty napětí osnovní nitě při tkaní

zatkávaná útková příze	max. hodnota napětí [mN] (ve vrcholu přírazu)	průměrná hodnota napětí [mN]
100 % bavlna rezná	415,75	226,95
100 % ba – 1 % roztok kalafuny	454,41	245,77
100 % ba – 3 % roztok kalafuny	504,51	263

Na následujícím grafu je zobrazen průběh napětí osnovní niti při zatkávání útku z rezné bavlněné příze. Průběhy napětí pro kalafunované příze jsou uvedeny v příloze IV. Nestejnoměrnost vrcholů přírazných pulsů je způsobena činností valchovacího zařízení.

se snaží o co nejmenší odchylku od nastavené hodnoty dostavy, protože jinak by tkanina před prsníkem mohla jakoby „narůstat“, což by způsobovalo obtíže při tkaní. To je vidět na tom, že i při změně koeficientu tření o několik desítek procent, dojde pouze k minimální změně v hodnotě rozestupu. „Cik cak“ průběh křivek rozestupu útku v grafech 10 až 12 je dán činností křížové valchy. Valchováním se rozumí vytváření rozdílného napětí v horní a dolní části prošlupu. Útek je střídavě vytlačován do jiné části prošlupu a tím se dosáhne zvýšení hustoty tkaniny.

Hodnoty napětí osnovní niti jsou pouze orientační a jsou naměřeny pouze pro některé úpravy. Toto měření by zřejmě vyžadovalo zatčení většího úseku příze (v našem případě probíhalo měření pouze po dobu 6 s z důvodu omezené délky úseku apretace). Naměřené výsledky mohou být se značnou chybou, jelikož osnovní regulátor zareaguje na změnu materiálu v útku až po nějaké době.

Tabulka 6: Shrnutí výsledků měření

Druh příze	průměrná hodnota f [1]	průměrná hodnota A_{lim} [mm]
100 % bavlna – 3 % roztok kalafuny	0,648	0,481
ba/PES (50/50) režná	0,346	0,442
100 % bavlna režná	0,306	0,451
100 % bavlna – parafin	0,298	0,377

Z tabulky 6 a z grafů 10, 11, 12 jsou patrné některé zajímavé skutečnosti. Je například vidět, že stav připouští spíše zmenšení rozestupu útků než jeho nárůst, což je jistě příznivý výsledek. Ačkoliv rozdíl mezi koeficientem tření příze režné a parafinované činil necelá tři procenta, rozdíl v rozestupech útku je nezanedbatelný – křivky pro A_{lim} těchto přízí se u žádného přírazného pulsu nepřekrývají. U ostatních dvou materiálů, které měly zvýšenou třecí schopnost, se hodnoty rozestupů překrývají s materiálem základním, rozdíl zde není již tak patrný.

8. ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo ověření vlivu koeficientu tření na posuv útku do tkaniny a pohyb útků ve formovací zóně. Koeficient tření rezné příze byl měněn pomocí nanášení různých apretů. Hloubka vřlačení jednotlivých materiálů do tkaniny byla sledována a posléze odečítána pomocí rychlostního videosystému SPEEDCAM +500 a jeho přídavných programů.

Z vyhodnocení rozestupu nultého a prvního útku programem ANALYZE je zřejmé, že každá z apretací příze se projevila také ve tkanině. Pro všechny materiály byla přitom nastavena stejná tkací rychlost i dostava po útku. Experiment potvrdil, že koeficient tření zanášené příze má vliv na posuv (hloubku vtlačení) útku. Ze získaných výsledků vyplývá, že hloubka vtlačení útku (v práci označená jako limitní hodnota A) se dá přímo úměrně měnit s koeficientem tření útku. Tohoto jevu by se dalo využít k zatkávání útku se sníženým koeficientem tření do hustých dostav. Tyto úpravy neovlivňují výrazně ani zpracovatelské vlastnosti příze narozdíl od apretací zvyšujících f , kde jsme podstatně omezeni např. změnou tuhosti nitě.

Ve zjednodušeném teoretickém výpočtu rozložení útků ve formovací zóně se oproti výsledku experimentu projevíly jisté nepřesnosti. To je zřejmě dáno tím, že se ve výpočtu nepočítalo se zvlněním nití.

Hlavním úspěchem této práce bylo zřejmě zdokonalení procesu měření koeficientu tření pomocí tenzometrických sond a dynamického signálního analyzátoru. V této oblasti již byla vypracována metodika, která se bude moci využít v dalších pracích zaměřených na tuto problematiku. Nedostatky byly pouze v systému nanášení apretů, který je třeba technicky vylepšit.

Pro další výzkum v této oblasti by bylo jistě zajímavé vyzkoušet i jiné materiály a typy apretů. Zejména doporučuji zaměřit se na snižování koeficientu tření silikonovými preparáty. V tomto směru by mohlo být dosaženo zajímavých výsledků. Také je třeba důkladněji vyšetřit reakci napětí v osnově při změně koeficientu tření příze. Další poznatky o procesu pohybu útků ve formovací zóně by pak mohlo přinést analyzování získaných obrazů z rychlokamery či přímo tkaniny v systému pro zpracování a analýzu obrazu LUCIA M.

Výsledky této práce by měly napomoci k dalšímu studiu procesu formování tkaniny, setkatelnosti tkanin či vlivu vlastností příze na tkací proces.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Nosek, S.: Teorie tkacího procesu I., Dům techniky Pardubice, 1988
- [2] Nosek, S.: Teorie tkacího procesu II., Dům techniky Pardubice, 1988
- [3] Nosek, S.: Přednášky z předmětu SVT 1, TU Liberec, 1997
- [4] Nosek, S.: Přednášky z předmětů TCB, TTK, TU Liberec, 1998/99
- [5] Nosek, S.: Zpráva o teoretickém a experimentálním výzkumu vysokorychlostního tkacího procesu, VŠST v Liberci, 1990
- [6] Talavášek, O.: Tkalcovská příručka, SNTL Praha, 1980
- [7] Cvrkal, A.: Přednáška z konference Quo Vadis Textrium, 1998
- [8] Jaksch, I.: Přednáška z konference Quo Vadis Textrium, 1996
- [9] Vzduchový tkací stroj PN-F, návod k obsluze, ZVS Zbrojovka Vsetín, 1988

Přílohy

Příloha I.

Programy pro teoretické výpočty v jazyce Famulus

A. Výpočet rozestupů útků na čele tkaniny

```
- - - - - proměnné, konstanty, procedury a funkce - - - - -
d=0.1756
dfi=0.0001
- - - - - počáteční hodnoty - - - - -
fi=0
fim=0
u=0
- - - - - model - - - - -
fi=fi+dfi
y=cos (fi)
x=exp(-0.306*(fi+fim))
IF y<x THEN
    fim=fi
    fi=0
    u=u+1
    A=2*d*sin (fim)+(2*d*(1-cos (fim))*cos (fim))/sin (fim)
    fir=fim*180/pi
    END
IF u>5 THEN STOP END
```

B. Výpočet rozložení úhlů na čele tkaniny – pomocné nomogramy

```
- - - - - proměnné, konstanty, procedury a funkce - - - - -
f:=0.306;
- - - - - počáteční hodnoty - - - - -
fi:=0;
dfi:=0.01;
- - - - - model - - - - -
fir:=pi*fi/180;
F1:=cos(fir)*exp(f*fir);
F2:=cos(fir)*exp(-f*fir);
fi:=fi+dfi;
IF fi>90 THEN STOP END;
```

Příloha II.

Specifikace tenzometrické sondy VÚTS

VÚTS Liberec, Co.
Specifications for TENSILE FORCE SENSORS, Series TFS3-0-L9H, No.19

Semiconductor Strain Gages A4P035AB1000, 4mm x 0.255 mm, 1 000 Ohm, Gage Factor 104
Material: Aluminium WL 3.1354T351 (2024-T351)

Force Limit: Nom.: 200 cN
 Max.: 300 cN
Static Sensitivity: 5.20 mV/1V/ 235.4 cN

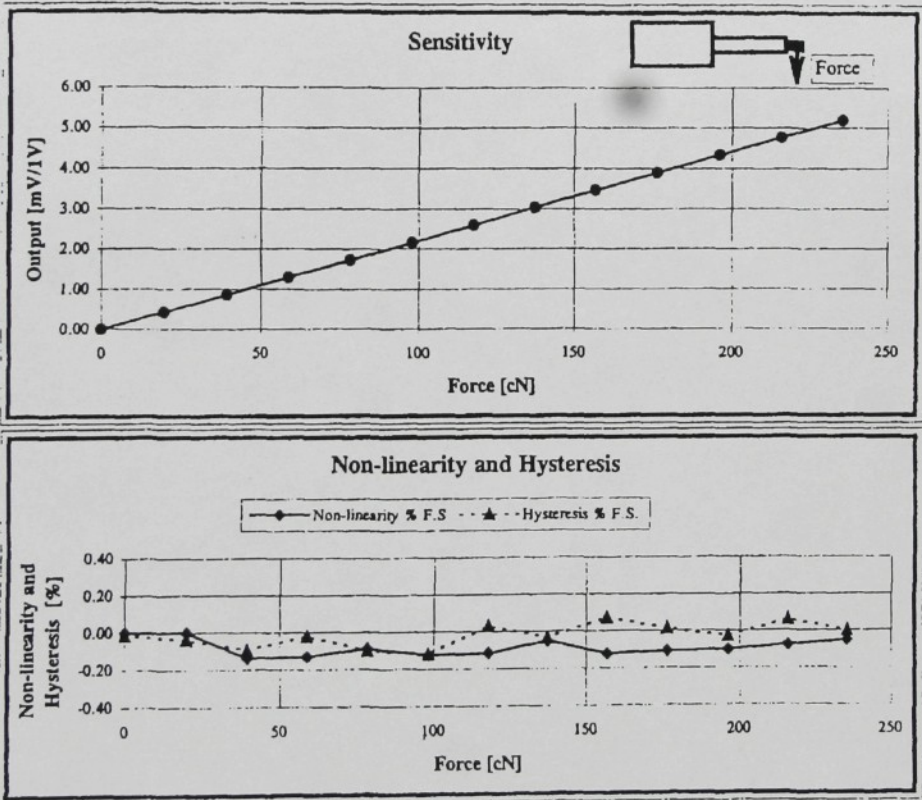
Amplitude Non-linearity (F.S.): ± 0.14 %
Hysteresis (F.S.): ± 0.12 %

Resonant Frequency: 7 106 Hz
Input Resistance: 863 Ohm
Output Resistance: 863 Ohm

Input (source):	+ 1, - 2
Output:	+ 5, - 4, GND 3

Supply Voltage: 2 to 8.5 V (12 V DC Max.), optimum constant current 5 mA!

Operating Environment: Temperature 0 - 60°C, Relative Humidity up to 88% noncondensing



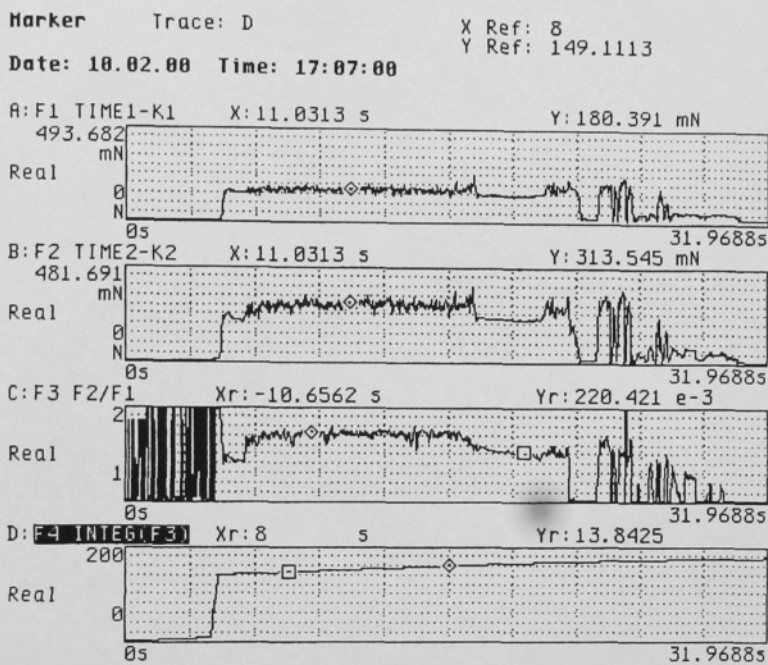
Date: 1998-01-30

Signature: _____

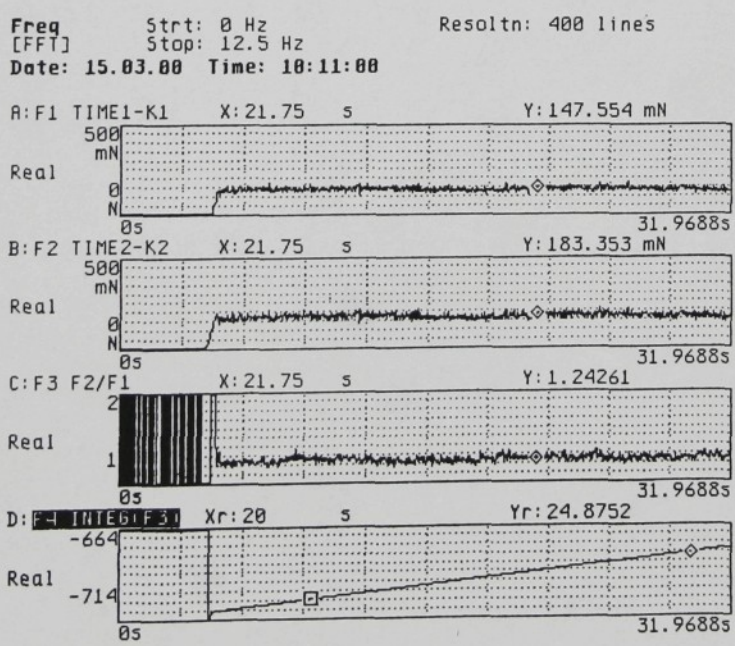
Příloha III.

Měření koeficientu tření – grafy

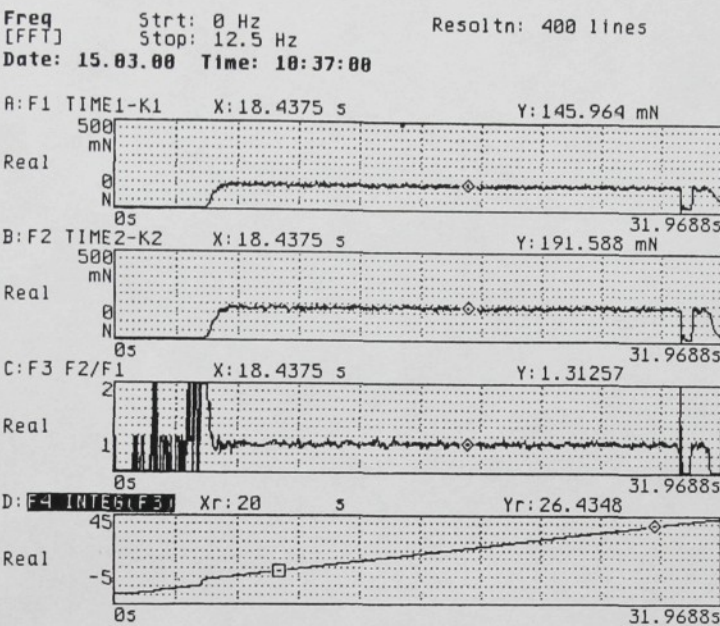
A. 100 % bavlněná příze apretovaná 3% roztokem kalafuny, rychlost posuvu 0,77 m·s⁻¹.



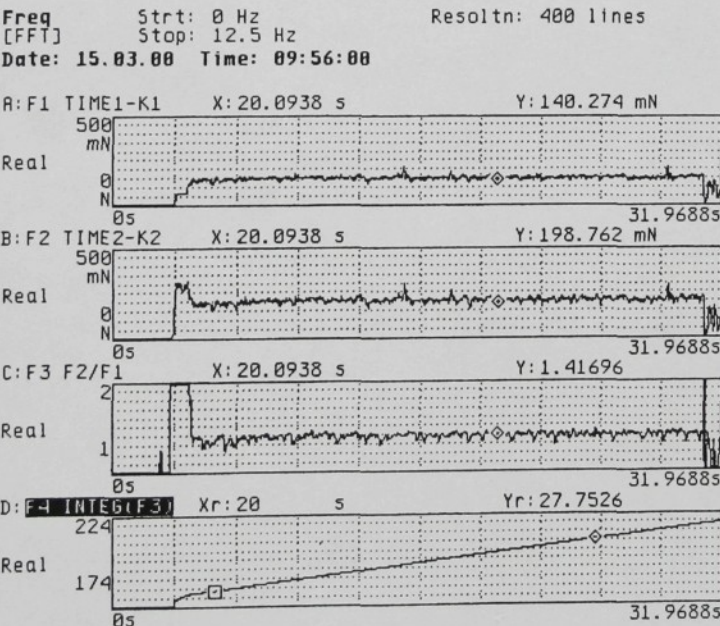
B. 100 % bavlněná příze parafinovaná, rychlost posuvu 0,2 m·s⁻¹.



100 % bavlněná příze parafinovaná, posuvná rychlost 0,77 m·s⁻¹.



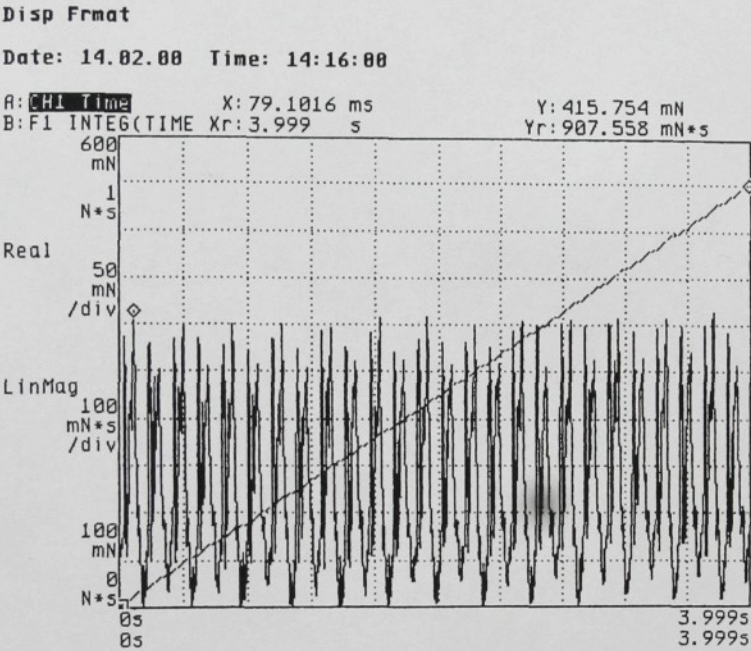
C. Příze ba/PES, posuvná rychlost 0,77 m·s⁻¹.



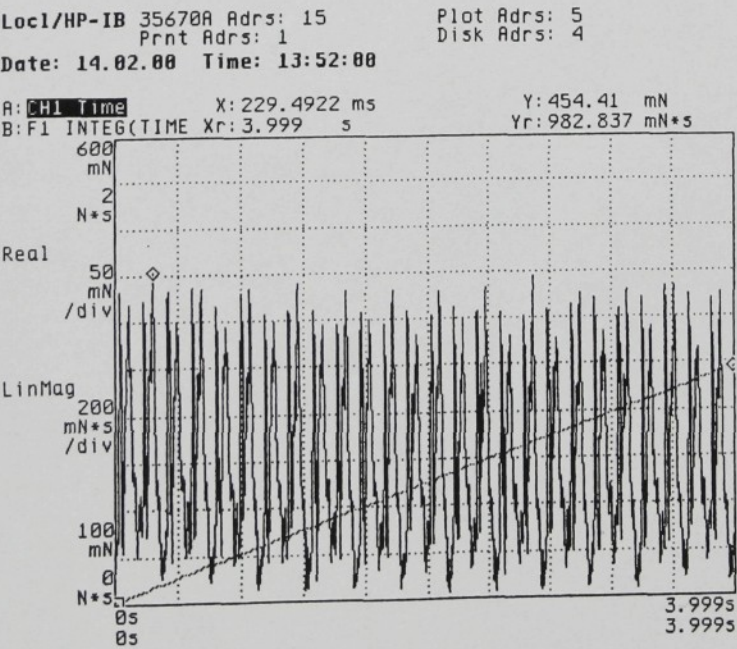
Příloha IV.

Měření napětí osnovní niti při tkání

A. Zatkávání bavlněné příze rezné



B. Zatkávání bavlněné příze apretované 1 % roztokem kalafuny



C. Zatkávání bavlněné příze apretované 3 % roztokem kalafuny

Disp Fomat

Date: 14.02.00 Time: 14:08:00

A: CH1 Time X: 3.4336 s Y: 504.506 mN
B: F1 INTEG(TIME Xr: 3.999 s Yr: 1.05171 N*s

