

Setkání nitě ve tkanině

Disertační práce

Studijní program:

P3106 Textilní inženýrství

Studijní obor:

Textilní technika a materiálové inženýrství

Autor práce:

Ing. Iva Mertová

Thesis Supervisor:

prof. Ing. Bohuslav Neckář, DrSc.
Katedra technologií a struktur



Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou disertační práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé disertační práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li disertační práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Disertační práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé disertační práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS/STAG se shodují.

26. července 2019

Ing. Iva Mertová

Anotace

Setkání přízí ve tkanině je důležitým parametrem. Na základě znalosti setkání je možné plánovat spotřebu materiálu na osnovu i potřebnou délku útku pro požadovanou délku tkaniny. Má tedy zásadní vliv na spotřebu materiálu. Hlavní náplní disertační práce je především vývoj metodiky měření setkání přízí ve tkanině. Všechny existující metody měření setkání mají své výhody a nevýhody. Cílem bylo nalézt metodu, která bude přesnější, nebude náročná časově ani nákladná vzhledem k laboratornímu zařízení. Nová metoda je založena na znalosti a porovnání dvou tahových pracovních křivek. A to tahové křivky příze vypárané ze tkaniny a příze volné, ze které byla tkanina vyrobena. Výsledky jsou porovnány s dalšími dvěma metodami.

Přesnějším experimentálním stanovením setkání lze zpětně získat výšky vazných vln a použít je jako vstupy do predikčních vztahů. Výsledky měření setkání jsou dále využity k predikci tloušťky tkaniny na základě předpokladů Peirceova modelu. Byla zjištěna vysoká míra korelace mezi predikovanými a experimentálně zjištěnými hodnotami tloušťky tkanin.

Klíčová slova

Tloušťka tkaniny, Peirceův model, tahová pracovní křivka, setkání příze, tkanina

Annotation

A new method to measure the warp or weft yarn crimp in fabric is proposed. The method is based on the analysis of yarn tensile characteristics. In the proposed method, the yarns with predetermined distance are removed from fabric and clamped between the jaws of tensile-strength machine (Instron) without any pretension in the yarn and accordingly yarn crimp is measured. The results were also compared with other two existing methods. The results of yarn crimp in warp and weft direction of the fabric are found to be sensitive to selection of applied force range. Peirce's model of plain weave was used to predict the fabric thickness from the estimated values of yarn crimp. It is also observed that predicted and measured fabric thickness have statistically significant correlations.

Key words

Fabric thickness, Peirce's model, tensile curve, yarn crimp, woven fabric

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod..... | 7 |
| 1. Předmět a cíle disertační práce..... | 9 |
| 2. Přehled současného stavu problematiky | 11 |
| 2.1. Experimentální stanovení setkání..... | 11 |
| 2.2. Možnosti predikce setkání..... | 13 |
| 2.3. Odhad setkání užitím modelů..... | 15 |
| 2.3.1. Hyperbolický model..... | 15 |
| 2.3.2. Lineární model..... | 16 |
| 2.3.3. Parabolický model..... | 17 |
| 2.3.4. Popis provázání pomocí funkce sinus..... | 19 |
| 3. Peirceův model tkaniny..... | 20 |
| 3.1. Užití Peirceova modelu pro odhad tloušťky tkaniny..... | 22 |
| 4. Nová metoda měření setkání..... | 28 |
| 5. Praktická část..... | 34 |
| 5.1. Definice experimentálních souborů tkanin..... | 34 |
| 5.2. Měření setkání..... | 40 |
| 5.2.1. Metoda zpracování tahových pracovních křivek..... | 40 |
| 5.2.2. Metoda zpracování měkkých řezů tkanin..... | 48 |
| 5.2.3. Metoda palcová..... | 49 |
| 5.3. Porovnání setkání získaných různými metodami..... | 52 |
| 5.4. Porovnání metod, výhody a omezení metod..... | 55 |
| 5.5. Vliv konstrukčních parametrů na setkání..... | 56 |
| 5.6. Predikce tloušťky tkanin v plátnovém provázání..... | 61 |
| 5.7. Predikce tloušťky tkaniny v neplátnovém provázání..... | 64 |
| 5.8. Predikce setkání přízí dle výpočetních modelů..... | 66 |
| Závěr..... | 68 |
| Seznam použité literatury..... | 71 |
| Seznam příloh..... | 74 |

Seznam použitých zkratek, značek a symbolů

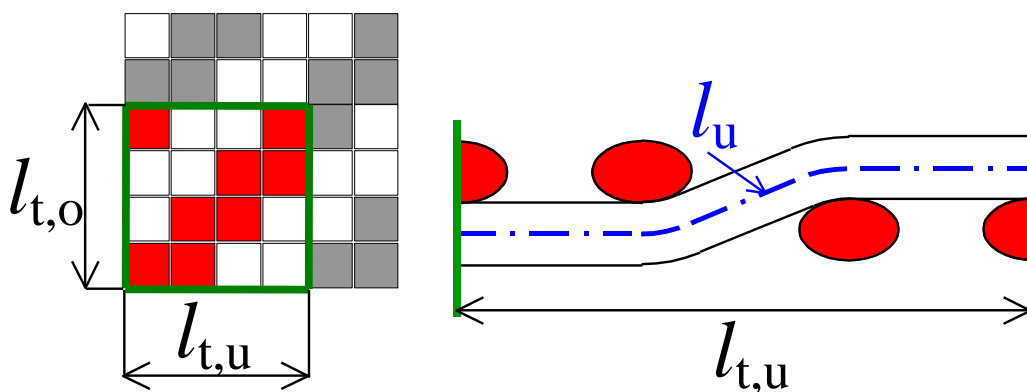
| | | |
|-----------|---------------------|--|
| a_o | [mm] | velikost úsečky DI na osnovní niti |
| a_u | [mm] | velikost úsečky DI na útkové niti |
| A | [mm] | rozestup osnovních nití |
| B | [mm] | rozestup útkových nití |
| B_{tk} | [mm] | šíře tkaniny |
| CFF | [-] | faktor pevnosti překřížení (crossing-over firmness factor) |
| d_o | [mm] | efektivní průměry osnovních nití |
| d_u | [mm] | efektivní průměry útkových nití |
| d_o^* | [mm] | průměr volné (nezatkané) osnovní příze |
| d_u^* | [mm] | průměr volné (nezatkané) útkové příze |
| d_{str} | [mm] | střední průměr příze |
| D_o | [mm ⁻¹] | dostava osnovní soustavy |
| D_u | [mm ⁻¹] | dostava útkové soustavy |
| e_o | [-] | relativní výška vazné vlny osnovy |
| e_u | [-] | relativní výška vazné vlny útku |
| f | [-] | stupeň provázání |
| f^m | [-] | opravný činitel vazby |
| F | [N] | tahová síla |
| FYF | [-] | floating yarn factor |
| FFF | [-] | fabric firmness factor |
| $g_2(x)$ | [-] | špičatost výběrového rozdělení |
| h | [mm] | okamžitá vzdálenost čelistí |
| h_o | [mm] | výšky vazné vlny osnovy |
| h_u | [mm] | výšky vazné vlny útku |
| h_0 | [mm] | počáteční vzdálenost čelistí, upínací délka |
| $l_o,$ | [mm] | délka osnovní nitě ve střídě vazby |
| l_u | [mm] | délka útkové nitě ve střídě vazby |
| $l_{to},$ | [mm] | délka tkaniny po osnově |
| l_{tu} | [mm] | délka tkaniny po útku |
| l_0 | [mm] | délka nitě vypáraná ze tkaniny |
| l | [mm] | délka nitě |
| L_o | [mm] | délka osnovní nitě ve tkanině |
| L_{tk} | [mm] | délka tkaniny |
| L_u | [mm] | délka útkové nitě ve tkanině |
| m | [-] | vazebný exponent |
| no | [-] | počet osnovních nití ve střídě vazby |
| nu | [-] | počet útkových nití ve střídě vazby |

| | | |
|------------------|---------|--|
| n_{min} | [-] | minimální velikost výběru dat |
| OA | | obrazová analýza |
| ppo | [-] | počet přechodů (počet zakřížených úseků) osnovní příze ve střídě vazby |
| ppu | [-] | počet přechodů (počet zakřížených úseků) útkové příze ve střídě vazby |
| $PESs$ | | polyesterová stříž |
| $P1$ | [-] | typ pórů |
| $P2$ | [-] | typ pórů |
| $P3a$ | [-] | typ pórů |
| $P3b$ | [-] | typ pórů |
| $P4$ | [-] | typ pórů |
| s_o | [%] | Setkání osnovních přízí |
| s_u | [%] | Setkání útkových přízí |
| $s_{o,EXP}$ | [%] | experimentální setkání osnovy |
| $s_{u,EXP}$ | [%] | experimentální setkání útku |
| SUD | [rad] | součtový úhel dolní |
| SUH | [rad] | součtový úhel horní |
| t | [mm] | tloušťka tkaniny |
| To | [mm] | velikost střídě vazby v osnovním směru |
| Tu | [mm] | velikost střídě vazby v útkovém směru |
| α_o | [rad] | úhly provázání osnovních nití |
| α_u | [rad] | úhly provázání útkových nití |
| β_o | [rad] | úhel |
| β_u | [rad] | úhel |
| Δh | [mm] | prodloužení v čelistech |
| Δl | [mm] | prodloužení nitě |
| $\delta(s)$ | [-] | relativní chyba směrodatné odchylky |
| ε_h | [-] | relativní prodloužení v čelistech |
| ε_l | [-] | relativní prodloužení nitě |
| ε'_h | [-] | experimentálně získaná hodnota relativního prodloužení |
| λ | [-] | parametr, podíl dvou délek |
| σ | [N/tex] | specifické napětí |
| σ_b | [N/tex] | hraniční hodnota specifického napětí |
| σ_{max} | [N/tex] | horní hranice intervalu specifických napětí |
| σ_{min} | [N/tex] | dolní hranice intervalu specifických napětí |

Úvod

Znalost geometrie příze ve tkanině je nutná pro konstrukci tkanin dané plošné hmotnosti, daných mechanických a užitných vlastností. Studium reálné geometrie příze ve tkanině (setkání přízí ve tkanině) je velmi obtížný úkol vzhledem k variabilitě provázání. Jednotlivé vazné vlny v jedné konkrétní tkanině se mění, liší se jedna od druhé. Jejich shodným popisem se dopouštíme jisté chyby. Dalšími problémy při popisu geometrie provázání je zanedbání nestejnomyšernosti příze a problém detekce osy příze, zejména vzhledem k prostorovému zvlnění přízí ve tkanině.

Vzájemným provázáním nití osnovní a útkové soustavy se jednotlivé nitě zvlňí. Mají tedy větší délku, než je délka tkaniny v daném směru. Tento rozdíl v délce je definován jako setkání, viz obr. 1. Rozdíl v délce je dán zvlněním viditelným v řezu tkaniny, ale také v půdorysu tkaniny, viz obr. 2. Setkání se udává v procentech z rozměru tkaniny. Setkání je definováno zvlášť pro osnovu, zvlášť pro útek. Na základě znalosti setkání je možné plánovat spotřebu materiálu na osnovu i potřebnou délku útku pro požadovanou délku tkaniny určitého typu [14]. Setkání přízí ve tkanině má zásadní vliv na spotřebu materiálu, která je majoritní složkou ceny tkaniny.



Obr. 1 Setkání přízí ve střídě vazby [49]

Setkání nitě vztaženo ke střídě vazby, viz obr. 1 je tedy dáno vztahem:

$$\begin{aligned} s_o &= \frac{(l_o - l_{to})}{l_{to}} \\ s_u &= \frac{(l_u - l_{tu})}{l_{tu}}, \text{ kde} \end{aligned} \quad (1)$$

l_o , l_u je délka nitě ve tkanině, osnovní, útková

l_{to} , l_{tu} je délka tkaniny po osnově, po útku

Setkání vztaženo k délce a šířce tkaniny lze spočítat podle vztahů:

$$s_o = \frac{(L_o - L_{tk})}{L_{tk}}, \text{ kde} \quad (2)$$

$$s_u = \frac{(L_u - B_{tk})}{B_{tk}}$$

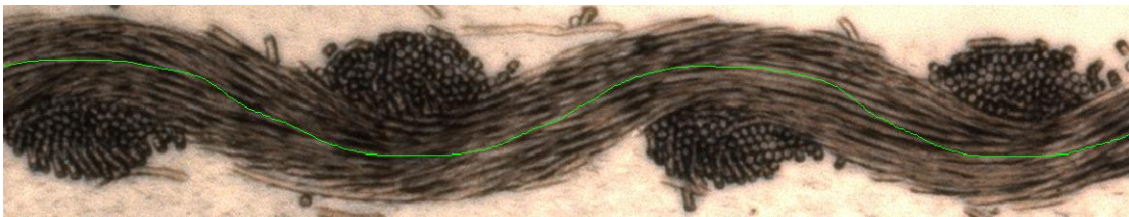
L_o je délka osnovní příze (nitě) ve tkanině

L_{tk} je délka tkaniny

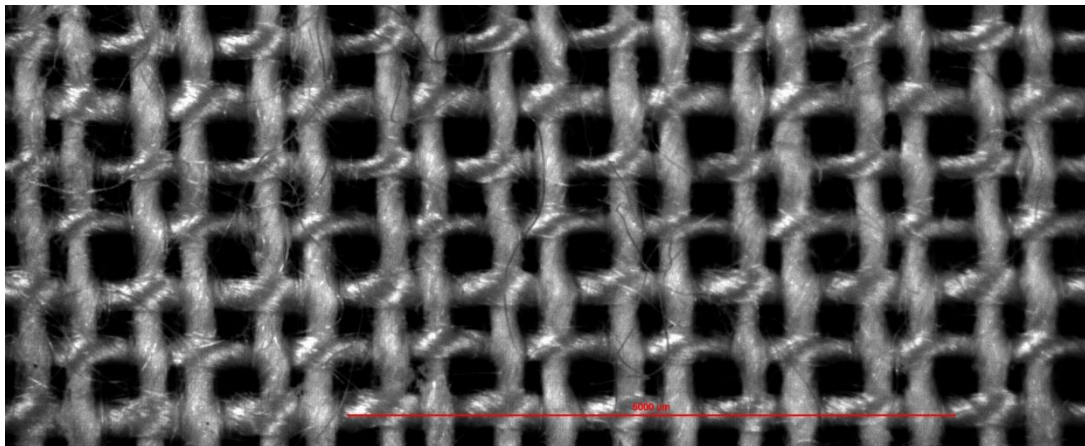
L_u je délka útkové příze (nitě) ve tkanině

B_{tk} je šíře tkaniny

Setkání se zpravidla udává s přesností na 0,1%.



a) V řezu



b) V rovině

Obr. 2 Zvlnění přízí osnovy a útku ve tkanině

Setkání osnovy (útku) je ovlivněno řadou faktorů, jako nastavení stroje, typ tkaniny, konstrukční parametry tkanin (dostavy, vazba tkaniny), průměr příze (jemnost, materiál), tuhost v ohybu osnovní či útkové příze, deformace přízí ve vazných bodech tkaniny.

Setkání přízí ve tkanině se mění během tvorby tkaniny na stavu, relaxací tkaniny a zušlechťováním tkanin po procesu tkaní.

Poloha přízí obou soustav je provázána (Novikov [17], [26]). Zvýšení setkání nití jednoho systému znamená snížení setkání nití druhého systému, a obráceně. Změna setkání souvisí se změnou výšek vazných vln a délkou nitě ve vazné vlně. Ke změně setkání dochází nejen během tkaní, ale také během úpravy tkaniny. Tedy pokud napínáme tkaninu ve směru osnovy, zmenšuje se šíře tkaniny, narůstá setkání ve směru útku. Vztahem mezi setkáním osnovy a útku (crimp interchange phenomena) se zabýval např. Behera [27].

Hodnoty setkání jsou dány konstrukcí tkaniny, mohou se pohybovat v rozmezí od jednotek procent (jednoduché tkaniny) až po desítky procent (3D vícevrstvé tkaniny). Setkání lze určit několika způsoby:

- 1) Experimentem. Změřením délky úseku tkaniny a délky příze vypárané z daného úseku tkaniny, viz vztah (1), (2).
- 2) Výpočtem (odhadem) z geometrických modelů. Model je použit zpravidla k výpočtu délky nitě ve vazné vlně. Setkání je pak vypočteno dle (1).
- 3) Odhadem ze strojových dat. Např. ze znalosti paprskové šíře tkaniny a šíře tkaniny po relaxaci lze získat setkání útku. Setkání osnovy můžeme určit ze znalosti délky spotřebované osnovy a délky utkané tkaniny.

Jak již bylo zmíněno výše, setkání má vliv na plošnou hmotnost tkanin a mechanické vlastnosti tkanin, tedy spotřebu materiálu při daných vlastnostech. Pro optimalizaci vlastností a spotřeby materiálu (pro predikci mechanických a užitných vlastností tkanin) se používají značně problematické vstupy modelů (např. Peirce) – např. výšky vazných vln nebo délka příze ve vazné vlně, velikost kontaktů mezi přízemi, apod. Tyto vstupy jsou obtížně měřitelné.

Přesnějším experimentálním stanovením setkání lze zpětně získat výšky vazných vln a použít je jako vstupy do predikčních vztahů.

1. Předmět a cíle disertační práce

Předmětem disertační práce je především vývoj metodiky měření setkání přízí ve tkanině. Všechny existující metody měření setkání mají své výhody a nevýhody. Jsou pro praxi nepřesné, příliš komplikované nebo drahé. Cílem bylo nalézt metodu, která bude přesnější, nebude náročná časově ani nákladná vzhledem k laboratornímu zařízení.

Metoda nejrozšířenější v praxi, jež je zde často nazývána „palcovou“, je značně subjektivní, není zajištěno shodné napětí příze při odečtu délek na měřidle. Délka vypárané nitě se stanovuje tak, že se nit položí na vodorovnou podložku, jeden její konec se přitiskne k podložce a poté se „palcem“ druhé ruky „přiměřeným“ tlakem za současného posuvu palce po podložce nit narovná tak, aby byla „rovná“, ale současně ne silově prodloužená.

Další známá experimentální metoda, měření setkání prostřednictvím délek příze zatkané a nezatkané z měkkých podélných a příčných řezů, je zatíženo chybou (deformace vzorku při tvorbě řezů, srážením bavlněných vzorků, manipulací s řezy,...) a je náročné na laboratorní zařízení (kamera, mikroskop, PC s obrazovou analýzou, např. NIS Elements, zařízení pro tvorbu měkkých, případně tvrdých řezů), aby mohla být více rozšířena.

Předložená disertační práce je rozdělena do několika kapitol. V první kapitole disertační práce je uveden přehled současného stavu problematiky. Tato kapitola je rozdělena do dvou částí. První část je zaměřena na přehled známých experimentálních metod, druhá pak na současné možnosti predikce setkání.

Ve druhé kapitole je odvozen vztah pro odhad tloušťky tkaniny na základě Peirceova modelu. Tento vztah je založen na znalosti setkání přízí ve tkanině a průměrů nezatkaných osnovních a útkových přízí.

Třetí kapitola je těžištěm této práce. Je zde uvedeno teoretické pozadí nové metody, odvození základních relací pro určení setkání příze ve tkanině.

Další kapitola, čtvrtá, je experimentální. Obsahem této části je experimentální potvrzení teoretických vztahů předchozích kapitol. Tato část je obsáhlá a rozdělena do několika částí. V první části je uveden popis souborů experimentálních tkanin, v další části podrobný postup měření setkání přízí ve tkanině třemi metodami. Jedná se nejprve o metodu novou, tedy stanovení setkání přízí ve tkanině analýzou tahových pracovních křivek. Další vybranou metodou je metoda párání nitě ze tkaniny a následné proměření její délky. Tato metoda je nazývána též metodou „palcovou“. Třetí metoda stanoví setkání zpracováním měkkých řezů tkanin. Výsledky i metody jsou porovnány graficky a pomocí korelačních koeficientů. Experimentem zjištěné hodnoty setkání jsou dále diskutovány vzhledem k vlivným konstrukčním parametrům tkanin. Další část experimentu je zaměřena na predikci tloušťky tkaniny, porovnání odhadu tloušťky s hodnotami experimentálními.

Závěrem je provedeno zhodnocení výsledků práce a doporučení pro další směr výzkumu.

V této disertační práci je řešena problematika setkání z více úhlů, práce je rozdělena na několik dílčích celků. Cílem je:

- navrhnout metodiku měření setkání přízí ve tkanině
- ověřit metodiku měření setkání na sadě jednoduchých experimentálních tkanin
- získané výsledky porovnat s jinými dostupnými metodami měření setkání,
- získané hodnoty setkání použít k predikci tloušťky tkaniny dle vybraného modelu,
- porovnat predikované hodnoty tloušťky tkaniny s hodnotami experimentálně zjištěnými,
- testovat použitelnost metody měření setkání na jiné typy tkanin,
- analyzovat setkání vzhledem k vlivným parametrům tkanin

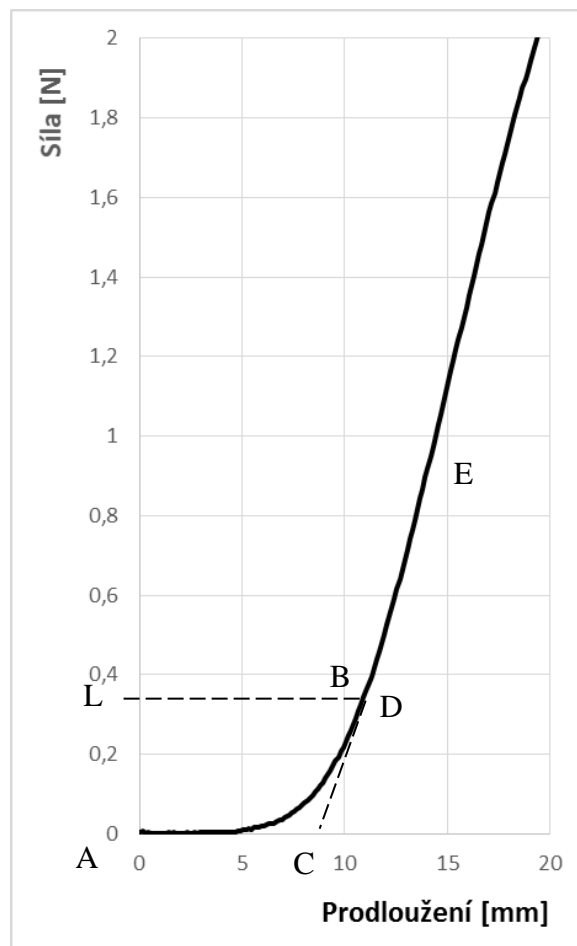
2. Přehled současného stavu problematiky

Tato kapitola je rozčleněna do několika částí. Obsahem první části je přehled dostupných experimentálních metod měření setkání. Druhá část se zabývá predikcí setkání dle geometrických modelů, jako další možností, kterou lze setkání získat.

2.1. Experimentální stanovení setkání

Základní princip všech níže zmíněných metod je shodný, vždy je nutné stanovit sílu potřebnou k narovnání příze. Setkání je pak dáno podílem rozdílu délky narovnané a zatkané příze vzhledem k délce tkaniny, ze které byla příze vypárána, viz vztahy (1) a (2). Metody se liší jiným způsobem stanovení síly k vyrovnaní příze.

Norma ISO 7211-3 Tkaniny. Konstrukce. Rozbory [2], [3], [4] udává tzv. vyrovnávací napětí, tedy sílu v cN potřebnou k vyrovnaní příze vypárané ze tkaniny. Setkání pak stanoví jako rozdíl mezi délkou vyrovnané příze a délkou tkaniny, ze které byla nit vypárána. Vyrovnávací napětí je dáno dle materiálu a délkové hmotnosti příze.

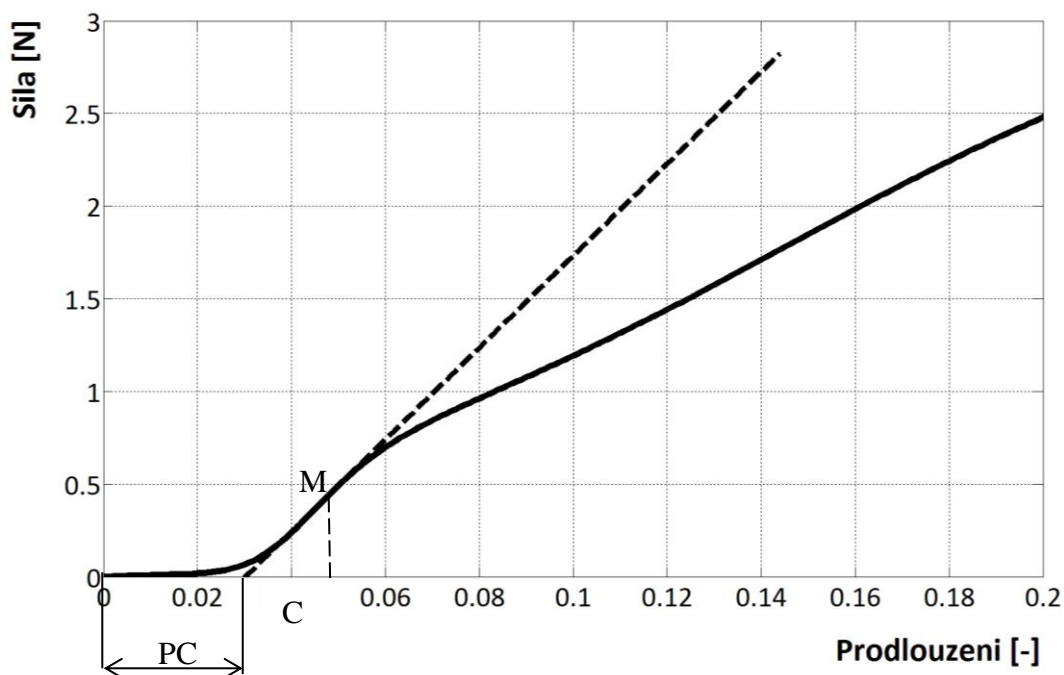


Obr. 3 Detekce tahové síly k narovnání příze dle ASTM D 3883

ASTM D 3883-99 [1] stanoví postup měření setkání na dynamometru. Síla potřebná k narovnání „zvlněné“ (vypárané příze) je dána analýzou tahové pracovní křivky této příze (viz obr. 2), a odpovídá síle v bodě L . Upínací délka je normou stanovena na 250mm.

Bod A na křivce na obr. 3 je stanoven jako bod počátku tahové pracovní křivky, bod kde je nulová tahová síla a protažení. Extrapolací lineární částí tahové křivky k ose x (protažení) je získán bod C . Část křivky AD představuje narovnání příze a počáteční napětí příze. Bod D je v místě, kde se tahová pracovní křivka odklání od přímky CE . Bod B je dán jako průsečík přímky z bodu C rovnoběžné s osou y a křivky AD . Bod L je dán jako průsečík přímky z bodu B rovnoběžné s osou x a osy y . Síla korespondující s bodem L je síla potřebná narovnání příze bez natažení příze.

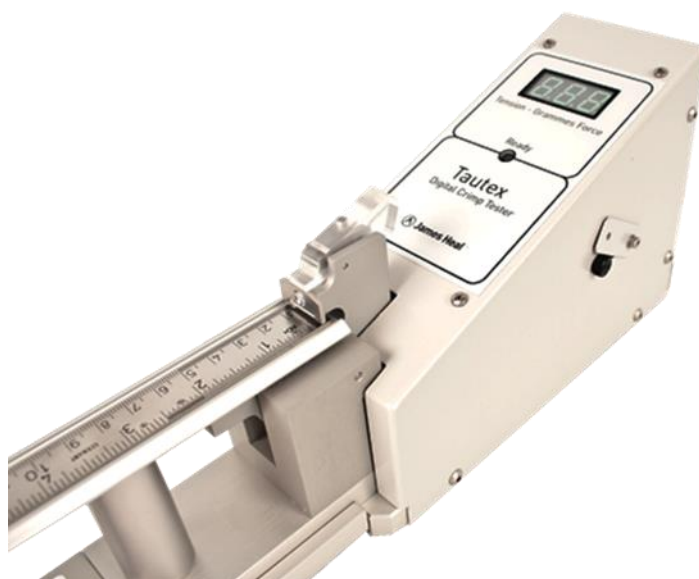
Metodikou měření setkání přízí ve tkanině se zabýval také Kovář [13]. Stejně jako výše zmiňovaná norma stanoví setkání přízí ve tkanině odečtem hodnot z tahové pracovní křivky příze vypárané ze tkaniny o délce 200mm. Na obr. 4 je znázorněna tahová pracovní křivka. Bod C zde představuje místo, ve kterém dochází k narovnání příze, ale příze ještě není deformována prodloužením. Je stanoven jako průsečík osy x a tečny sklonu křivky v bodě M . Setkání je pak definováno jako podíl délky PC a počáteční (upínací) délky.



Obr. 4 Detekce bodu C z tahové křivky dle [10]

Rozdíl mezi dvěma výše zmiňovanými metodami (ASTM [1] a Kovar [13]) je jiný způsob detekce bodu C , tzn. jiný způsob určení síly potřebné k narovnání příze.

K měření setkání lze použít běžný dynamometr. Na měření setkání existují také speciální přístroje např. Crimp tester [11] nebo Tautex Digital Crimp Tester [12], konstruované vždy k příslušným normám např. ISO 7211-3 a ASTM D 3883, viz výše.



Obr. 5 Digitální Crimp tester (James Heal & Company)

Hlavním rozdílem mezi výše uvedenými metodami a metodou novou, je zpracování ne jedné tahové pracovní křivky vypárané nitě, ale dvou. Navrhovaná metoda je založena na zpracování a porovnání dvou tahových křivek; tahové křivky příze původní nezatkané a příze vypárané ze tkaniny definované délky. K získání setkání je tedy zapotřebí „pouze“ dynamometr.

2.2. Možnosti predikce setkání

Řada autorů studovala setkání přízí ve tkanině jakož i modely popisující geometrii provázání přízí ve tkanině a možnosti výpočtu setkání. Téměř základní literaturou v této problematice jsou práce Peirce [15] a Oloffsona [16]. Oba přístupy k modelování geometrie tkaniny budou podrobněji zmíněny dále.

Modelováním struktury tkanin obecně se zabývali např. [17], [25], [26]. V práci [27] je popisována geometrie tkanin na základě Peirceova modelu. Dále je uveden popis užitečných a mechanických vlastností tkanin na základě základních parametrů tkanin a přízí.

Přehled možných přístupů k popisu struktury tkanin (Peirce, Kemp, Hearle) je uveden v [20]. Práce [28] obsahuje přehled teorií týkajících se mezní konstrukce tkaniny, např. Brierleyho, Peirce, Loveho atd.

Pro predikci mechanických vlastností užitím energetické metody používají autoři v [30] a [31] pro popis geometrie Peirceův, případně Kempův model. V [29] je modifikován Peirceův model zavedením efektivních průměrů příze. Modifikovaný model je používají k predikci tloušťky tkaniny a tahových vlastností tkaniny.

Řada prací se zabývá setkáním přízí ve tkanině a jeho predikcí na základě různých modelů geometrie. Kovář [18], [19] se zabýval predikcí setkání přízí ve tkanině v případě znalosti výšek vazné vlny a roztečí přízí ve tkanině. Délku příze ve vazné vlně (setkání)

predikuje užitím funkce sinus, parabolickou funkcí a užitím Peirceova modelu a nosníku. V práci [21] je popisováno provázání nití ve tkanině s využitím Fourierových řad.

Modelováním jednoosých tahově deformačních vlastností tkanin v plátňové vazbě se zabývá [23]. Autor aproximuje neutrální osu příze ve vazné vlně periodickou funkcí lichoběžníkového tvaru. Náhrada vazné vlny úsečkami je např. použita v práci [32] a [22].

Zcela jiný přístup je použit v [24]. Zde je použita tzv. metoda neurálních sítí k nalezení vztahu mezi setkáním přízí a plošným zakrytím tkanin. Autoři vychází z úvahy, že čím je tkanina více kompaktní, tím má větší plošné zakrytí, plošnou hmotnost, a tedy i setkání. Oba zmiňované parametry, setkání a plošné zakrytí, jsou ovlivněny stejnými proměnnými, jemností (průměrem) osnovních a útkových přízí, dostavami a vazbou. Byla použita třívrstvá neurální síť. První vrstva (vstupní) se skládá ze tří uzlů. Těmito uzly jsou zakrytí osnovních a útkových přízí a zakrytí celkové. Střední vrstva obsahuje 16 uzlů, které představují vlivné proměnné, výstupní vrstva má dva uzly – setkání osnovních a útkových přízí. Odvozený model je porovnán s experimentálními daty pomocí koeficientů determinace.

K predikci setkání je v [33] použit statistický model, sestavený na základě experimentálních dat souboru bavlněných tkanin domáckého typu (ložní prádlo,...) s různou konstrukcí. Lineární model je stanoven zvláště pro osnovu a útek. Modely jsou ověřeny porovnáním s experimentálními daty. Vlivné parametry setkání osnovních přízí jsou jemnost útkové příze, dostava útku, šíře tkaniny, délka flotáže, číslo paprsku, dostava osnovy. Vlivné parametry setkání útkové příze jsou jemnost osnovní a útkové příze, velikost flotáže, číslo paprsku, návod do paprsku.

Vztahem mezi setkáním a mechanickými vlastnostmi se zabývali např. [34] až [42]. Vlivem úhlu provázání na pevnost a tuhost ve smyku se zabýval např. Pan [34], [35]. Vztah mezi modulem tuhosti ve smyku a setkáním tkanin v plátňovém i neplátňovém provázání je řešen v [36]. Je zde kombinován strukturní model s modely experimentálními, na základě znalosti chování tkanin namáhaných na smyk. Smykové vlastnosti byly měřeny na KES.

Mechanický model tkaniny je použit v [37]. Výsledný vztah pro výpočet Poissonova poměru je založen na obtížně určitelných vstupních parametrech, jako je poloměr křivosti, úhly provázání, výšky vazné vlny, plocha průřezu příze atd.

Sada prací [38] až [41] používá pro popis geometrie a následně predikci mechanických vlastností tkanin (tahové, ohybové, smykové) jednoduchý model v plátňové vazbě. Nítě v použitém modelu představují přímky, pevně spojené v bodech doteku. Na základě přímkového provázání jsou definovány základní parametry tkaniny v řezu – úhly provázání, výšky vazné vlny. Metodou energetickou jsou definovány tažnost, počáteční modul pevnosti v tahu, Poissonův poměr, modul tuhosti ve smyku, tuhost v ohybu. Model je ale postaven na obtížně určitelném vstupu, délce kontaktu přízí. Tato sada publikací neposkytuje celistvou a jednoznačnou metodu, jak odhadnout mechanické vlastnosti z parametrů přízí, dostav tkanin a setkání přízí ve tkanině. To se snaží doplnit [42]. Práce představuje část vývoje uceleného souboru rovnic pro odhad mechanických vlastností tkanin v plátňové vazbě. Je řešena také problematika délky kontaktů přízí. Použitím Peirceova klasického modelu (1937) je délka

stanovena na základě znalosti dostav tkanin a setkání přízí na tkanině. Významnou roli v souboru rovnic hraje také znalost kontaktního úhlu mezi osnovou a útkem (úhel provázání) a nedostatečný způsob zjištění tohoto parametru, který omezuje praktické použití těchto rovnic.

Vliv napětí osnovy na hodnotu setkání po osnově i útku je sledován v [43]. S rostoucím napětím v osnově klesá setkání v osnově, roste setkání v útku. V [44] je zkoumána změna setkání v osnově a útku vlivem biaxiálního namáhání a vztah mezi oběma setkáními v počátku namáhání. Setkání je měřeno během biaxiálního namáhání pomocí kamery a zpracováním obrazu pomocí CAD systému. Je zde odvozen vztah pro odhad setkání při daném zatížení, z hodnoty setkání v počátečním nezatíženém stavu a hodnoty prodloužení. Výsledkem je velmi silná korelace mezi poměrem setkání v osnově a útku a Poissonovým poměrem.

2.3. Odhad setkání užitím modelů

Kapitola uvádí příklady modelového popisu setkání pomocí vybraných modelů popisujících provázání přízí ve tkanině.

Odhadnout setkání pomocí vybraného modelu znamená určit délku příze ve vazné vlně. Ze znalosti délky úseku tkaniny (střídě vazby tkaniny) je pak možné spočítat setkání dle vztahů (1) nebo (2).

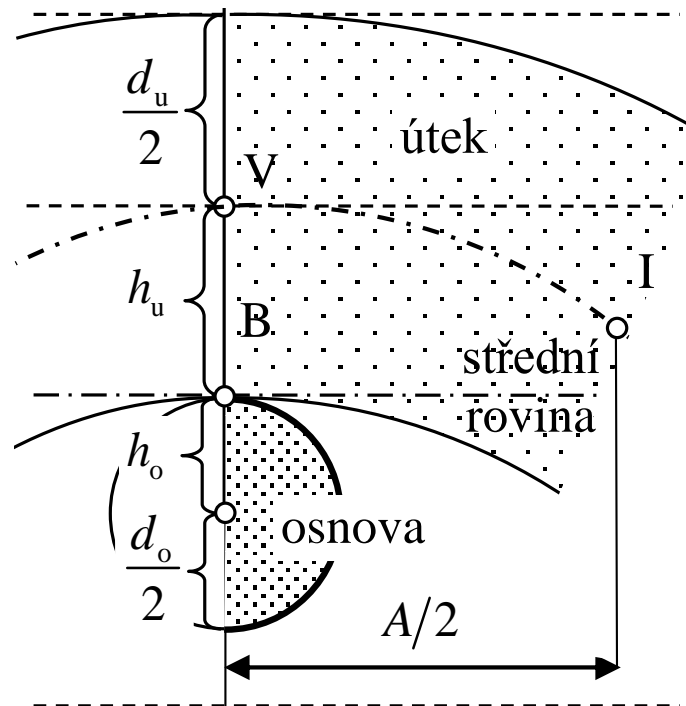
Mezi nejčastěji používané modely patří Peirceův model, známý také jako model „oblouk – úsečka“. Model bývá korigován použitím jiných než kruhových průřezů příze ve tkanině. Je uvažována deformace příze ve vazném bodu do tvaru elipsy, čočky, případně do tvaru Kempovy „atletické dráhy“. Často je vazná vlna nitě ve střídě vazby nahrazována kuželosečkami – parabolou, hyperbolou. Vazná vlna je modelována také užitím funkce sinus [51], [18] nebo Fourierovou řadou. Zpráva [22] pojednává a o možnostech predikce setkání dle různých matematických modelů a jejich porovnání.

Olofsson [16] odvodil vlnu provázání ve tvaru ohybové čáry vetknutého nosníku zatíženého osamělou výslednicí osových a normálových sil na hranici vazného prvku v plátnové vazbě.

Dále je uveden přehled vybraných modelů. Setkání dle níže uvedených modelů je definováno vzhledem ke střídě vazby. U každého modelu je uveden vztah pro výpočet délky nitě ve vazné vlně. Zvláštní kapitola je věnována Peirceovu modelu tkaniny v plátnové vazbě. V této kapitole je uveden také kompletní algoritmus predikce setkání na základě znalosti základních parametrů příze a tkaniny.

2.3.1. *Hyperbolický model*

Tento model popisuje zakřivení jen jednoho vazného bodu v plátnovém provázání. Návaznost s dalšími intervaly provázání nití ve střídě není ale u tohoto modelu reálná. Popis vazné vlny hyperbolickou funkcí je definován na intervalu $(-A/2, A/2)$. Každý vazný bod, každé zakřivení je definováno v jiném definičním oboru. Pro odhad délky příze lze určit délku příze ve vazné půlvlně a dle počtu přechodů a znalosti délky flotáže (14), pak spočítat délku příze ve střídě vazby.



Obr. 6 Schéma provázání přízí ve tkanině dle hyperbolického modelu

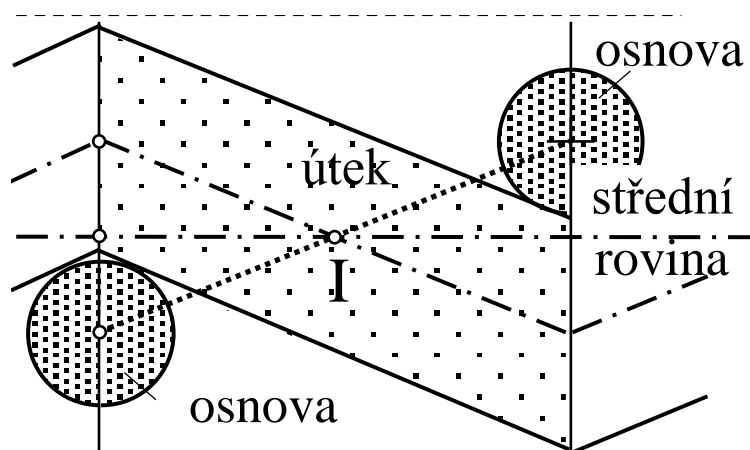
Délka osnovní a útkové nitě ve střídě vazby na základě hyperbolického modelu je dána vztahy:

$$\begin{aligned}
 l_o &= 2 \cdot pp_o \cdot \int_0^{A/2} \sqrt{1 + \left[\frac{d}{dx} \left[\frac{4h_o^3}{A^2 - 8h_o^2} \left(\sqrt{1 + \frac{x^2}{2h_o^2}} - 1 \right) \right] \right]^2} dx + \text{flotáž osnovy} \\
 l_u &= 2 \cdot pp_u \cdot \int_0^{B/2} \sqrt{1 + \left[\frac{d}{dx} \left[\frac{4h_u^3}{B^2 - 8h_u^2} \left(\sqrt{1 + \frac{x^2}{2h_u^2}} - 1 \right) \right] \right]^2} dx + \text{flotáž útku}
 \end{aligned} \tag{3}$$

Jednotlivé proměnné, které vystupují ve výše uvedených vztazích, jsou definovány v kapitole Peirceův model. Setkání osnovní a útkové nitě pak lze vyjádřit vztahem (19).

2.3.2. Lineární model

Nejjednodušší model aproximuje vaznou vlnu pouze pomocí úseček bez ohledu na skutečný tvar vazné vlny. Provázání vazné vlny není reálné. Flotážní část je u tohoto modelu nahrazena úsečkou, stejně jako u všech dalších modelů.



Obr. 7 Provázání přízí ve tkanině dle přímkového modelu

Délka osnovní a útkové nitě ve střídě vazby na základě „přímkového“ modelu je dána vztahy:

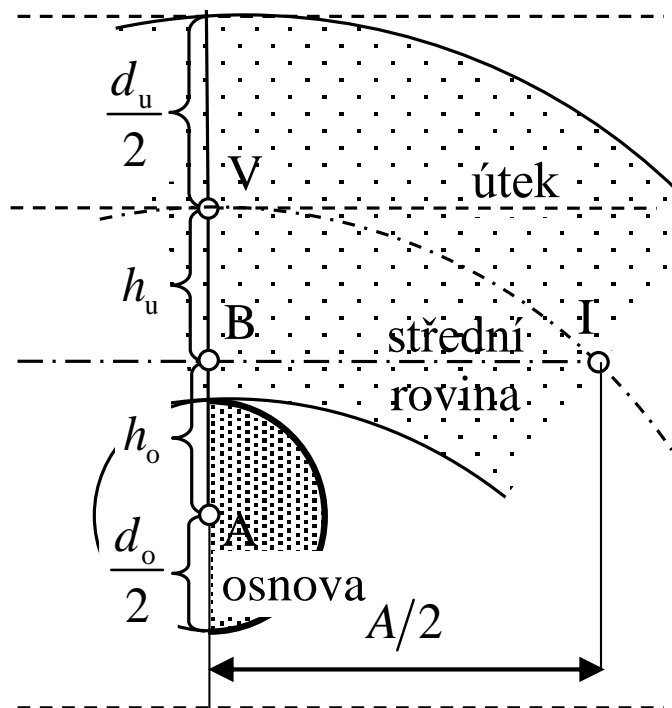
$$l_o = 2 \cdot pp_o \cdot \sqrt{\left[\left(\frac{A}{2}\right)^2 + h_o^2\right]} + \text{flotáž osnovy},$$

$$l_u = 2 \cdot pp_u \cdot \sqrt{\left[\left(\frac{B}{2}\right)^2 + h_u^2\right]} + \text{flotáž útku},$$
(4)

Jednotlivé proměnné, které vystupují ve výše uvedených vztazích, jsou definovány v kapitole Peirceův model. Setkání osnovní a útkové nitě pak lze vyjádřit vztahem (19).

2.3.3. Parabolický model

Popis provázání dle tohoto modelu je možné pouze pro jeden vazný bod. Návaznost s dalšími intervaly provázání nití ve střídě není ale u tohoto modelu reálná. Použití popisu vazné vlny jako paraboly je omezeno pouze pro plátňové provázání. V případě neplátňových vazeb je nutné flotážní část nahradit opět úsečkou. Toto platí také pro hyperbolický model.



Obr. 8 Provázání přízí ve tkanině dle parabolického modelu

Délka osnovní a útkové nitě ve střídě vazby na základě předpokladů „parabolického“ modelu je dána vztahy:

$$l_o = 2 \cdot pp_o \cdot \int_0^{\frac{A}{2}} \left[1 + \frac{d}{dx} \frac{\left(x - \frac{A}{2} \right)^2}{\left(\frac{A}{2} \right)^2 + h_o} \right] dx + \text{flotáž osnovy} \quad (5)$$

$$l_u = 2 \cdot pp_u \cdot \int_0^{\frac{B}{2}} \left[1 + \frac{d}{dx} \frac{\left(x - \frac{B}{2} \right)^2}{\left(\frac{B}{2} \right)^2 + h_u} \right] dx + \text{flotáž útku}$$

Jednotlivé proměnné, které vystupují ve výše uvedených vztazích, jsou definovány v kapitole Peirceův model. Setkání osnovní a útkové nitě pak lze vyjádřit vztahem (19).

2.3.4. Popis provázání pomocí funkce sinus

Jako další možnost popisu tvaru vazné vlny pro plátnové provázání se nabízí periodická funkce sinus, případně kosinus. Délka osnovní a útkové nitě ve střídě vazby na základě tohoto modelu je dána vztahy:

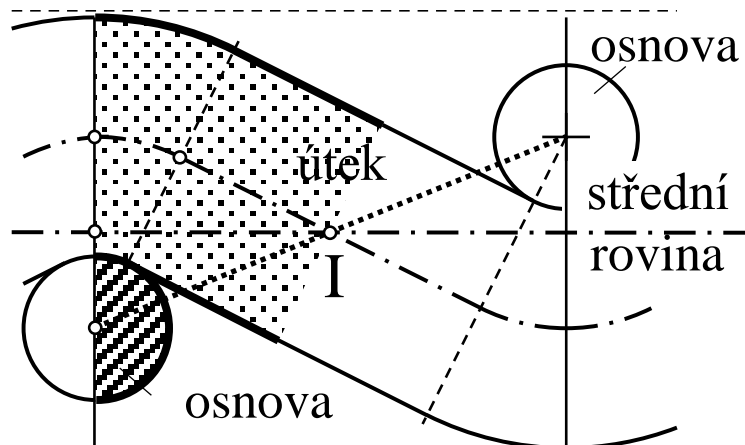
$$l_o = 2 \cdot pp_o \cdot \int_0^{A/2} \sqrt{1 + \left[\frac{d}{dx} \left(h_o \cdot \sin \left(x \cdot \frac{2}{A} \right) \right) \right]^2} dx + \text{flotáž osnovy} \quad (6)$$

$$l_u = 2 \cdot pp_u \cdot \int_0^{B/2} \sqrt{1 + \left[\frac{d}{dx} \left(h_u \cdot \sin \left(x \cdot \frac{2}{B} \right) \right) \right]^2} dx + \text{flotáž útku}$$

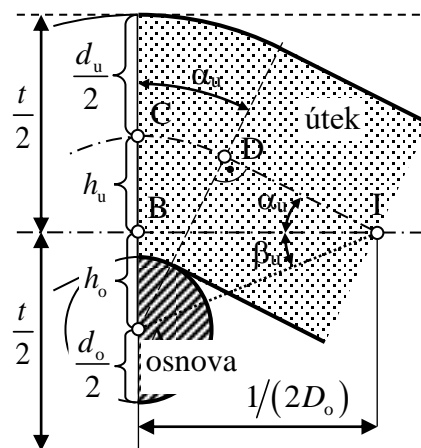
Jednotlivé proměnné, které vystupují ve výše uvedených vztazích, jsou definovány v kapitole Peirceův model. Setkání osnovní a útkové nitě pak lze vyjádřit vztahem (19).

3. Peirceův model tkaniny

Tento model byl vyvinut Peircem [15] a je citován mnoha autory. Klasický geometrický model předpokládá, že průřez nitě je kruhový. Neuvažuje zploštění průřezu ani v jedné soustavě nití ve tkanině. Tvar osy nitě ve vazném prvku je složen z kruhového oblouku CD a úsečky DI, a to pro osnovu i útek. Jedná se o model tkaniny nevyrovnané, viz obr. 9.



Obr. 9a Provázání přízi ve tkanině dle Peirce, příčný řez [49]



Obr. 9b Provázání přízi ve tkanině dle Peirce, vazná půlvlna [49]

Vstupními (známými) parametry Peirceova (a také dalších vybraných modelů) jsou:

| | |
|--------------|--|
| h_o, h_u | výšky vazné vlny osnovy, případně útku |
| D_o, D_u | dostavy osnovní, útkové soustavy |
| d_o, d_u | efektivní průměry osnovních, resp. útkových nití |
| pp_o, pp_u | počet přechodů (počet zakřížených úseků) osnovní, útkové příze ve střídě vazby |
| no, nu | počet osnovních, útkových nití ve střídě vazby |

Vztah odvozený na základě Peirceova modelu pro výpočet délky osnovní a útkové nitě ve střídě vazby:

$$\begin{aligned}
l_o &= pp_o \left[\alpha_o (d_o + d_u) + 2\sqrt{\frac{1}{4}A^2 + h_u^2 - (h_o + h_u)^2} \right] + \text{flotáž osnovy} \\
&= pp_o (d_o + d_u) \left(\alpha_o + \sqrt{\frac{e_u^2}{\sin^2 \beta_o} - 1} \right) + \text{flotáž osnovy}, \\
l_u &= pp_u \left[\alpha_u (d_o + d_u) + 2\sqrt{\frac{1}{4}B^2 + h_o^2 - (h_o + h_u)^2} \right] + \text{flotáž útku} \\
&= pp_u (d_o + d_u) \left(\alpha_u + \sqrt{\frac{e_o^2}{\sin^2 \beta_u} - 1} \right) + \text{flotáž útku}
\end{aligned} \tag{7}$$

Ve výše uvedených vztazích (7) vystupují proměnné:

A, B je rozestup osnovních, resp. útkových nití,
 e_o, e_u jsou relativní výšky vazné vlny osnovy, resp. útku,
 α_o, α_u jsou úhly provázání osnovních, resp. útkových nití.

Rozestup (rozteč) osnovních, případně útkových přízí je dán vztahem:

$$A = \frac{\left(\frac{100}{D_u} \cdot nu\right) \cdot (d_{str}) \sqrt{3}}{pp_o \cdot (d_{str}) \sqrt{3} + d_u \cdot (nu - pp_o)}, \tag{8}$$

$$B = \frac{\left(\frac{100}{D_o} \cdot no\right) \cdot (d_{str}) \sqrt{3}}{pp_u \cdot (d_{str}) \sqrt{3} + d_o \cdot (no - pp_u)}, \tag{9}$$

kde d_{str} je střední průměr příze a je definován vztahem:

$$d_{str} = \frac{d_o + d_u}{2} \tag{10}$$

Relativní výška vazné vlny osnovy e_o , resp. útku e_u . Je mírou zvlnění osnovních, resp. útkových nití ve vazné vlně a je dána vztahy:

$$\begin{aligned}
e_o &= h_o / (h_o + h_u) = 2h_o / (d_o + d_u) \in \langle 0, 1 \rangle, \\
e_u &= h_u / (h_o + h_u) = 2h_u / (d_o + d_u) \in \langle 0, 1 \rangle.
\end{aligned} \tag{11}$$

Dále platí:

$$e_o + e_u = 1 \tag{12}$$

A výšky vazné vlny osnovy, případně útku lze určit dle:

$$\begin{aligned}
h_o &= d_{str} \cdot e_o, \\
h_u &= d_{str} \cdot (1 - e_o).
\end{aligned} \tag{13}$$

Úhel provázání osnovních, případně útkových přízí lze určit vztahem:

$$\operatorname{tg} \alpha_o = \frac{(h_o + h_u) - \left(\frac{1}{A}\right) \cdot 2h_u a_o}{a_o + (h_o + h_u) \cdot \left(\frac{1}{A}\right) \cdot 2h_u} \quad (14)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_u = \frac{(h_o + h_u) - \left(\frac{1}{B}\right) \cdot 2h_o a_u}{a_u + (h_o + h_u) \cdot \left(\frac{1}{A}\right) \cdot 2h_o}$$

Kde a_o a a_u je velikost úsečky DI na osnovní, resp. útkové nitě, a je dána vztahy:

$$a_o = \sqrt{\frac{1}{4} A^2 + h_u^2 - (h_o + h_u)^2} \quad (15)$$

$$a_u = \sqrt{\frac{1}{4} B^2 + h_o^2 - (h_o + h_u)^2}$$

Pro úhly β_o a β_u platí vztah:

$$\operatorname{tg} \beta_o = \frac{1}{A} \cdot (1 - e_o) (d_o + d_u), \quad (16)$$

$$\operatorname{tg} \beta_u = \frac{1}{B} \cdot e_o (d_o + d_u).$$

Velikost střídě vazby v osnovním, útkovém směru je dána vztahem:

$$T_o = 2A + \text{flotáž osnovy}, \quad T_u = 2B + \text{flotáž útku}, \quad (17)$$

Velikost flotážního úseku ve střídě vazby je dána vztahem

$$\text{flotáž osnovy} = \frac{100}{D_u} \cdot nu - pp_o \cdot A; \quad \text{flotáž útku} = \frac{100}{D_o} \cdot no - pp_u \cdot B \quad (18)$$

Setkání přízí ve střídě vazby je pak dáno:

$$s_{o,u} = \frac{l_{o,u} - T_{o,u}}{T_{o,u}} \quad (19)$$

Vztahy (8) až (13) a (17) až (19) platí obecně pro všechny modely uvedené v kapitole 3.3.

3.1. Užití Peirceova modelu pro odhad tloušťky tkaniny

Známé hodnoty setkání nám umožňují použitím vhodného, v tomto případě Peirceova modelu, dopočítat jinak obtížně zjistitelná vstupní data modelu: výšky vazné vlny osnovy a útku. Poté dopočítat další parametry geometrie tkaniny v řezu, tedy délku nitě ve vazném prvku, úhly provázání, tloušťku tkaniny apod.

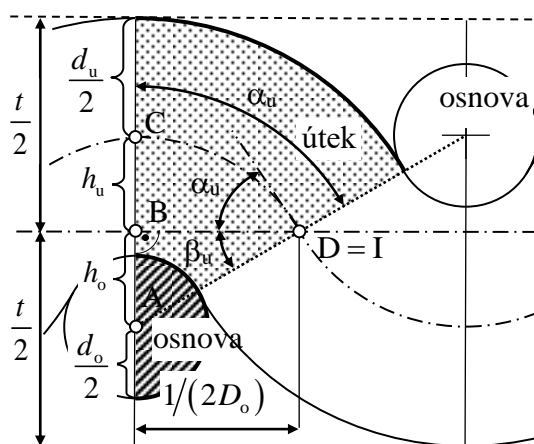
Délky CDI a BI na obr. 9b definují setkání útkové nitě $s_u = \text{CDI}/\text{BI} - 1$. Setkání osnovy s_o definujeme analogicky z podélného řezu tkaniny. Vztahy uvedené v tabulce 1 byly odvozeny

popisem geometrie provázání dle Peirceova modelu, viz obr. 6b. Se záměnou indexů získáme vztahy popisující podélný řez tkaninou (zakřížení osnovní nitě).

Tabulka 1 Popis geometrie Peirceova modelu

| Vztahy dané popisem geometrie na obr. 9b (příčný řez) | Vztahy dané popisem geometrie podélného řezu |
|--|--|
| $\sin \beta_u = \sqrt{e_o^2 \frac{\operatorname{tg}^2(\alpha_u + \beta_u)}{1 + \operatorname{tg}^2(\alpha_u + \beta_u)}}, \quad (20)$ | $\sin \beta_o = \sqrt{\frac{\operatorname{tg}^2 \beta_o}{1 + \operatorname{tg}^2 \beta_o}}, \quad (25)^*)$ |
| $\operatorname{tg} \beta_u = \frac{\sin \beta_u}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta_u}}, \quad (21)^*)$ | $\operatorname{tg} \beta_o = \operatorname{tg} \beta_u \frac{D_u e_u}{D_o e_o}, \quad (26)$ |
| $\operatorname{tg} \alpha_u = \frac{1 - \operatorname{tg} \beta_u \sqrt{\frac{e_o^2}{\sin^2 \beta_u} - 1}}{\sqrt{\frac{e_o^2}{\sin^2 \beta_u} - 1 + \operatorname{tg} \beta_u}}, \quad (22)$ | $\operatorname{tg} \alpha_o = \frac{1 - \operatorname{tg} \beta_o \sqrt{\frac{e_u^2}{\sin^2 \beta_o} - 1}}{\sqrt{\frac{e_u^2}{\sin^2 \beta_o} - 1 + \operatorname{tg} \beta_o}}, \quad (27)$ |
| $\alpha_u = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \alpha_u), \quad (23)^*)$ | $\alpha_o = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \alpha_o), \quad (28)^*)$ |
| $s_u = \frac{\operatorname{tg} \beta_u}{e_o} \left(\alpha_u + \sqrt{\frac{e_o^2}{\sin^2 \beta_u} - 1} \right) - 1, \quad (24)$ | $s_o = \frac{\operatorname{tg} \beta_o}{e_u} \left(\alpha_o + \sqrt{\frac{e_u^2}{\sin^2 \beta_o} - 1} \right) - 1, \quad (29)$ |
| $(d_o + d_u) = \frac{\operatorname{tg} \beta_u}{D_o e_o} = \frac{\operatorname{tg} \beta_o}{D_u e_u}. \quad (30)$ | |
| *) Vztahy obecně platné | |

Uspořádání tkaniny s maximálními možnými dostavami, tedy mezní struktura tkaniny, je uvedena na obr. 10. Při dosažení mezních dostav na sebe navazují obloukové úseky vazné vlny bez rovného úseku DI.



Obr. 10 Geometrie tkaniny s mezní dostavou [49].

Meznímu uspořádání tkaniny odpovídá mezní setkání. Setkání při mezní konstrukci tkaniny je dáno vztahy (31) a (32).

Největší mezní setkání útku s_u vznikne při $e_o \rightarrow 0$ (rovné osnovní příze, útek maximálně zvlněný); pak $s_u \rightarrow (\pi/2 - 1)$ podle rovnice (31). Podobně platí pro mezní setkání osnovy $s_o \rightarrow (\pi/2 - 1)$ při $e_u \rightarrow 0$ (rovné útkové příze, osnova maximálně zvlněná) podle vztahu (32).

$$s_{u,m} = \frac{\arctg\left(\sqrt{1-e_o^2}/e_o\right)}{\sqrt{1-e_o^2}} - 1, \quad (31) \quad s_{o,m} = \frac{\arctg\left(\sqrt{1-e_u^2}/e_u\right)}{\sqrt{1-e_u^2}} - 1. \quad (32)$$

Protože při mezní dostavě osnovy je setkání útku největší, musí být reálné experimentální setkání útku $s_{u,EXP}$ menší než $(\pi/2 - 1)$, jinak by Peirceův model nebyl řešitelný. Obdobné platí i pro reálné experimentální setkání osnovy $s_{o,EXP}$.

Z obrázku 10 vyplývá, že při mezní dostavě $\alpha_u + \beta_u = \pi/2$ a podobně platí pro druhý systém $\alpha_o + \beta_o = \pi/2$. V případě, že struktura tkaniny není mezní, potom součet úhlů provázání musí být menší než je $\pi/2$. Musí tedy platit vztahy:

$$\xi_o = \alpha_o + \beta_o \leq \pi/2, \quad \xi_u = \alpha_u + \beta_u \leq \pi/2 \quad (33)$$

V případě, že by dostava osnovy byla mezní, pak experimentálně stanovené setkání útku $s_{u,EXP} = s_{u,m}$ by bylo dáno vztahem (31). V případě mezní dostavy útku, pro experimentálně stanovené setkání osnovy $s_{o,EXP}$ by platil vztah (32).

Z těchto rovnic nalezneme numericky (např. metodou půlení intervalu) kořen $e_{o,root}$ a $e_{u,root}$

$$s_{u,EXP} = \frac{\arctg\left(\sqrt{1-e_{o,root}^2}/e_{o,root}\right)}{\sqrt{1-e_{o,root}^2}} - 1, \quad s_{o,EXP} = \frac{\arctg\left(\sqrt{1-e_{u,root}^2}/e_{u,root}\right)}{\sqrt{1-e_{u,root}^2}} - 1 \quad (34)$$

Jak je patrné z obrázku, vhodnou relativní výšku vazné vlny (odpovídající naměřenému setkání $s_{u,EXP}$), je nutné hledat v oblasti $e_o \leq e_{o,root}$. Stejně tak relativní výšku vazné vlny odpovídající naměřenému setkání osnovy $s_{o,EXP}$ nalezneme v oblasti: $e_u \leq e_{u,root}$. Dále platí s použitím (12):

$$1 - e_o \leq e_{u,root}, \quad 1 - e_{u,root} \leq e_o, \quad e_o \in \left(1 - e_{u,root}, e_{o,root}\right) \quad (35)$$

Uvažujeme, že známe (správnou) hodnotu relativní výšky vazné vlny osnovy e_o , viz (11), pak:

a) při mezní dostavě je součtový úhel $\alpha_u + \beta_u = \pi/2$ a setkání útku je největší,

b) oddalujeme-li bod I od bodu B, pak součtový úhel se zmenšuje a setkání útku se také zmenšuje. Pro daný součtový úhel platí, viz obr. 9b:

$$\operatorname{tg}(\alpha_u + \beta_u) = (h_o + h_u) / \sqrt{1/(4D_o^2) + h_o^2 - (h_o + h_u)^2} = \frac{d_o + d_u}{2} / \left(\frac{d_o + d_u}{2} \sqrt{\frac{e_o^2}{\sin^2 \beta_u} - 1} \right), \text{ tedy}$$

$$tg(\alpha_u + \beta_u) = 1 / \sqrt{\frac{e_o^2}{\sin^2 \beta_u} - 1}, \text{ odtud vyjádříme } \sin^2 \beta_u:$$

$$\sin^2 \beta_u = e_o^2 \frac{tg^2(\alpha_u + \beta_u)}{1 + tg^2(\alpha_u + \beta_u)}, \text{ viz tabulka 1.}$$

$$\text{Dále obecně platí } tg\beta_u = \frac{\sin \beta_u}{\cos \beta_u} = \frac{\sin \beta_u}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta_u}}.$$

$$\text{Z výrazu } tg\alpha_u = \frac{1 - tg\beta_u \sqrt{\frac{e_o^2}{\sin^2 \beta_u} - 1}}{\sqrt{\frac{e_o^2}{\sin^2 \beta_u} - 1} + tg\beta_u} \text{ a ze vztahu } \alpha_u = arctg(tg\alpha_u) \text{ dále určíme úhel } \alpha_u.$$

Ke každému e_o a $\alpha_u + \beta_u$ určíme výše popsaným způsobem samostatně úhly α_u a β_u , a ze

$$\text{vztahu } s_u = \frac{tg\beta_u}{e_o} \left(\alpha_u + \sqrt{\frac{e_o^2}{\sin^2 \beta_u} - 1} \right) - 1 \text{ spočteme setkání útku.}$$

Numericky vyhledáme při dané hodnotě relativní výšky vazné vlny osnovy e_o , takový součtový úhel $\alpha_u + \beta_u$, který odpovídá experimentálnímu setkání útku $s_u = s_{u,EXP}$.

Dle (12) stanovíme e_u . Dále platí:

$$tg\beta_u = D_o e_o (d_o + d_u)$$

$$tg\beta_o = D_u e_u (d_o + d_u),$$

$$\text{odsud } tg\beta_o = tg\beta_u \frac{D_u e_u}{D_o e_o}.$$

Protože známe dostavy D_o , D_u , hodnoty e_o , e_u a hodnotu $tg\beta_u$, vypočteme hodnotu $tg\beta_o$ a

$$\text{užitím známého goniometrického vztahu pak platí: } \sin^2 \beta_o = \frac{tg^2 \beta_o}{1 + tg^2 \beta_o}. \text{ Dále}$$

$$tg\alpha_o = \frac{1 - tg\beta_o \sqrt{\frac{e_u^2}{\sin^2 \beta_o} - 1}}{\sqrt{\frac{e_u^2}{\sin^2 \beta_o} - 1} + tg\beta_o}, \alpha_o = arctg(tg\alpha_o) \text{ a můžeme spočítat odpovídající si setkání}$$

$$\text{osnovy } s_o = \frac{tg\beta_o}{e_u} \left(\alpha_o + \sqrt{\frac{e_u^2}{\sin^2 \beta_o} - 1} \right) - 1.$$

Jestliže vypočtené setkání osnovy neodpovídá naměřenému, je nutné vyhledat jinou vstupní hodnotu relativní výšky vazné vlny osnovy e_o . Tak, aby vypočtené setkání odpovídalo naměřenému, $s_o = s_{o,EXP}$.

Jestliže naměřené hodnoty setkání osnovy a útku odpovídají vypočteným hodnotám, tedy $s_o = s_{o,EXP}$ a $s_u = s_{u,EXP}$, pak lze určit součet efektivních průměrů nití. Platí tedy vztah (30).

Výpočtem efektivních průměrů osnovní a útkové příze můžeme určit všechny geometrické parametry Peirceova modelu. Výpočtem dle rovnice (30) nalezneme součet průměrů $d_o + d_u$. Neznáme bohužel poměr mezi jednotlivými průměry d_o a d_u . Ale za předpokladu, že poměr mezi efektivními průměry ve tkanině je shodný s poměrem průměrů volné (nezatkané) příze d_o^* a d_u^* , můžeme určit hodnoty efektivních průměrů dle vztahů:

$$d_o = d_o^* \frac{d_o + d_u}{d_o^* + d_u^*}, \quad d_u = d_u^* \frac{d_o + d_u}{d_o^* + d_u^*}. \quad (36)$$

Predikce tloušťky tkaniny

Dle obrázku 6 a použitím rovnice (11) můžeme určit tloušťku tkaniny podle vztahu:

$$t = 2 \frac{t}{2} = 2 \max \left[\frac{d_u}{2} + h_u, \frac{d_o}{2} + h_o \right] = (d_o + d_u) \max \left[\frac{d_u}{d_o + d_u} + e_u, \frac{d_o}{d_o + d_u} + e_o \right]. \quad (37)$$

Shrnutí algoritmu výpočtu:

Vstupy:

Dostava osnovy a útku D_o, D_u

Experimentálně zjištěné setkání osnovy a útku $s_{o,EXP}, s_{u,EXP}$

Přípustné hodnoty:

Peirceův model je řešitelný, jestliže $s_{o,EXP} \leq (\pi/2 - 1), s_{u,EXP} \leq (\pi/2 - 1)$.

Výpočet kořene $e_{o,root}, e_{u,root}$ z rovnice (34).

Přípustný interval volby relativní výšky vazné vlny osnovy $e_o = \langle 1 - e_{u,root}, e_{o,root} \rangle$.

Přípustný interval volby součtového úhlu $(\alpha_u + \beta_u) \in (0, \pi/2)$.

Výpočet

Zvol výchozí $e_{dolní} = 1 - e_{u,root}, e_{horní} = e_{o,root}$ a opakuj 18krát:

Vypočti $e_o = (e_{dolní} + e_{horní}) / 2$

Začátek prvního cyklu:

Zvol výchozí součtový úhel dolní $SUD=0$ a součtový úhel horní $SUH = \pi/2$.

Opakuj 18krát

Začátek druhého cyklu

Vypočti $\alpha_u + \beta_u = (SUD + SUH) / 2$

Použij sled vztahů: (20), (21), (22), (23), (24)

Je-li $s_u > s_{u,EXP}$, pak $SUH = \alpha_u + \beta_u$, jinak vlož $SUD = \alpha_u + \beta_u$

Konec druhého cyklu (po 18 opakováních prakticky platí, že poslední $s_u = s_{u,EXP}$)

Vypočti $e_u = 1 - e_o$

Použij sled vztahů: (25), (26), (27), (28), (29)

Jestli $s_o > s_{o,EXP}$ potom vlož $e_{horní} = e_o$

Jinak vlož $e_{dolní} = e_o$

Konec prvního cyklu (po 18 opakováních prakticky platí, že poslední $s_u = s_{u,EXP}$, $s_o = s_{o,EXP}$).

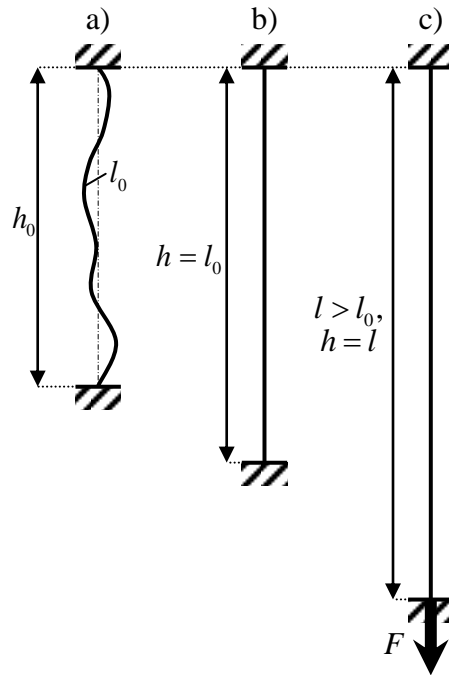
Vypočti součet průměrů dle (30).

Vypočti tloušťku dle vztahu (36).

Výpočet tloušťky byl proveden skriptem v prostředí MatLab, jeho přepis je uveden v příloze 5.

4. Nová metoda měření setkání

V této kapitole jsou odvozeny základní relace nové metody měření setkání příze ve tkanině. Tato metoda je založena na znalosti a porovnání dvou tahových pracovních křivek. A to příze vypárané ze tkaniny a příze volné, ze které byla tkanina vyrobena. Předpokládáme, že příze vypáraná ze tkaniny, má stejné strukturní a mechanické chování jako příze před zatknáním.



Obr. 11 Napínání zvlněné nitě v čelistech trhačického přístroje

Uvažujeme nit délky l_0 vypáranou ze tkaniny o definované délce h_0 upnutou v čelistech dynamometru s upínací délkou h_0 . Upínací délka l_0 je menší než délka nitě vypáraná ze tkaniny. Nit délky l_0 musí být tedy v čelistech zvlněná, jak je vidět z obr. 11. Vzdalováním čelistí se nit postupně narovná, až do úplného vyrovnání nitě (ne prodloužení nitě). V tomto momentu je délka nitě rovna vzdálenosti čelistí, tedy $h = l_0$, situace je znázorněna na obr. 11b.

Až dosud při procesu narovnávání nedocházelo k přenosu síly. Dalším oddalováním čelistí dochází k napínání nitě, jejímu prodloužování. Na přízi tedy působí síla, $F > 0$. Příze je prodloužena na délku l , které odpovídá okamžitá vzdálenost čelistí h , obě délky jsou pochopitelně větší než výchozí délka l_0 . Situaci odpovídá obr 11c.

Výchozí představa je popsána následujícími veličinami:

- Δh prodloužení v čelistech a ε_h relativní (poměrné) prodloužení v čelistech, jsou dány vztahem (38),
- Δl prodloužení nitě a ε_l relativní (poměrné) prodloužení nitě, viz vztah (39).

$$\Delta h = h - h_0, \quad \varepsilon_h = \frac{\Delta h}{h_0}, \quad \frac{h}{h_0} = 1 + \varepsilon_h. \quad (38)$$

$$\Delta l = l - l_0, \quad \varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad \frac{l}{l_0} = 1 + \varepsilon_l. \quad (39)$$

V počátečním stavu, situaci na obr. 11a pak odpovídají hodnoty veličin:

$$h = h_0, \quad \varepsilon_h = 0, \quad l = l_0, \quad \varepsilon_l = 0, \quad F = 0. \quad (40)$$

Při přechodu ze stavu na obr. 11a do stavu na obr. 11b, což je stav narovnávání nitě, platí:

$$h > h_0, \quad \varepsilon_h > 0, \quad l = l_0, \quad \varepsilon_l = 0, \quad F = 0. \quad (41)$$

Protože prodloužení v čelistech je v této oblasti $\Delta h \in (0, l_0 - h_0)$ podle (38) platí:

$$\varepsilon_h \in (0, l_0/h_0 - 1). \quad (42)$$

Situace na obr. 11c odpovídá stavu napínání nitě. Zde platí:

$$h > h_0, \quad \varepsilon_h > 0, \quad l > l_0, \quad \varepsilon_l > 0, \quad F > 0 \quad (43)$$

Protože v tomto stavu napínání nitě $h = l > l_0$, $l/h_0 = 1 + \varepsilon_h$ a okamžitá délka nitě je $l > l_0$, pak je podle (39) také hodnota $\varepsilon_l > 0$. Z uvedených rovnic pak získáme vztah mezi relativním prodloužením nitě a relativním prodloužením v čelistech.

$$\varepsilon_l = \frac{l}{l_0} - 1 = \frac{l}{h_0} \frac{h_0}{l_0} - 1 = (1 + \varepsilon_h) \frac{h_0}{l_0} - 1. \quad (44)$$

V situaci dle obrázku 11b, tedy v okamžiku, kdy je nit právě narovnána, platí $\varepsilon_h = l_0/h_0 - 1$. Dosazením do (44) pak získáme:

$$\varepsilon_l = (1 + \varepsilon_h) \frac{h_0}{l_0} - 1 = \left(1 + \frac{l_0}{h_0} - 1\right) \frac{h_0}{l_0} - 1 = \frac{l_0}{h_0} \frac{h_0}{l_0} - 1 = 1 - 1 = 0$$

Nulové relativní protažení nitě je v tomto stavu očekáváno.

Ve stavu napínání nitě, viz obr. 11c, dochází k přenosu síly v nitě. Pro dosažení poměrného prodloužení ε_l je tedy nutné působit na nit silou F . Uvažujeme, že tato síla je

- a) $F = 0$, jestliže $\varepsilon_l = 0$.
- b) F roste s rostoucím poměrným prodloužením ε_l

Platí tedy funkce:

$$F = F(\varepsilon_l), \quad 0 = F(0) \quad (45)$$

Ve speciálním případě, kdybychom upnuli zcela vyrovnanou nit do čelistí trhačky, by platila rovnost $h_0 = l_0$. Pak ze vztahu (44) vyplývá, že relativní prodloužení nitě je rovno relativnímu prodloužení v čelistech, viz (46) a platil by tedy také následující vztah (47).

$$\varepsilon_l = (1 + \varepsilon_h) \frac{h_0}{l_0} - 1 = (1 + \varepsilon_h) \frac{h_0}{h_0} - 1 = \varepsilon_h \quad (46)$$

$$F = F(\varepsilon_h), \quad 0 = F(0) \quad (47)$$

Je vhodnější používat místo síly F , tzv. specifické napětí σ . Specifické napětí definujeme jako podíl síly a jemnosti přízi. Jestliže jemnost příze je T , pak je specifické napětí dáno vztahem

$$\sigma = F/T \quad (\text{např. v N/tex}) \quad (48)$$

A platí že

$$\sigma = \sigma(\varepsilon_l), \quad 0 = \sigma(0) \quad (49)$$

Funkce (49) je znázorněna na obr. 12 křivkou pod pojmem „nezatkaná“ (volná) příze.

K funkci $\sigma(\varepsilon_l)$ existuje dle (49) inverzní funkce s označením:

$$\varepsilon_l = \varphi(\sigma), \quad 0 = \varphi(0). \quad (50)$$

Tato funkce vyjadřuje poměrné prodloužení nitě ε_l , na niž je působeno relativním napětím σ . Ve speciálním případě, kdy upneme do čelistí volnou, nezatkanou přízi, tedy platí $h_0 = l_0$ a $\varepsilon_l = \varepsilon_h$. Pak pro inverzní funkci k funkci (47) platí:

$$\varepsilon_h = \varphi(\sigma), \quad 0 = \varphi(0). \quad (51)$$

Odvozením z rovnic (50) a (44) získáme vztah:

$$(1 + \varepsilon_h) \frac{h_0}{l_0} - 1 = \varphi(\sigma), \quad \varepsilon_h = [\varphi(\sigma) + 1] \frac{l_0}{h_0} - 1. \quad (52)$$

Zavedeme označení

$$l_0/h_0 = \lambda, \quad \lambda \geq 1. \quad (53)$$

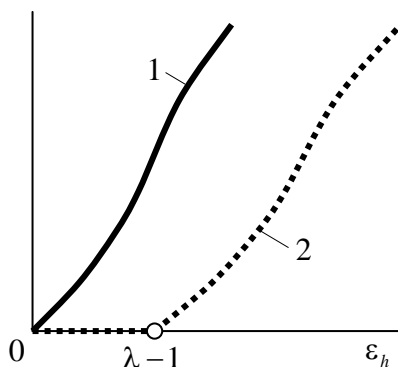
Odsud

$$\varepsilon_h = [\varphi(\sigma) + 1] \lambda - 1. \quad (54)$$

Poslední vztah (54) vyjadřuje funkční závislost mezi aplikovaným napětím σ a poměrným prodloužením ε_h v čelistech při napínání podle obr. 11c. V této situaci platí podle (42)

$$\varepsilon_h > \frac{l_0}{h_0} - 1, \quad \text{tedy dle (53)} \quad \varepsilon_h > (\lambda - 1).$$

Jestliže $F = 0$, pak $\sigma = 0$ a s použitím (50) a (54) platí $\varepsilon_h = [0 + 1] \lambda - 1 = \lambda - 1$. Jestliže by bylo $\varepsilon_h \leq (\lambda - 1)$, pak pro všechna taková ε_h by byla hodnota poměrného napětí $\sigma = 0$. Tato skutečnost vyplývá z rovnic popisujících počáteční stav a stav narovnávání nitě. Průběh funkce (54) včetně části $\varepsilon_h \leq (\lambda - 1)$ a $\sigma = 0$ je znázorněn na obrázku 13, označen jako zvlněná příze – vypočtená.



Obr. 12 Tahová pracovní křivka – závislost specifického napětí σ ve vztahu k relativnímu prodloužení v čelistech ε_h .

1...nezatkaná příze (experimentální - rovná), rovnice (55), ($\lambda = 1$).

2...zvlněná příze (vypočtená), rovnice (54), ($\lambda > 1$)

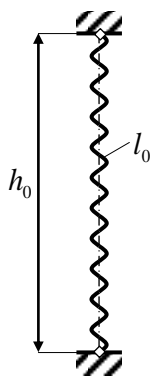
Ve speciálním případě, kdy do čelistí je upnuta příze rovná (nezatkaná, volná z cívky), pak platí $l_0 = h_0$, viz obr. 11a). Jestliže $\lambda = 1$, pak užitím (53) a (54) platí:

$$\varepsilon_h = \varphi(\sigma). \quad (55)$$

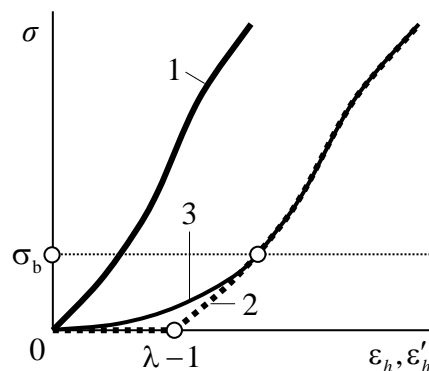
Funkce $\varphi(\sigma)$ je inverzní funkcí k tahové pracovní křivce volné příze získané experimentem.

Uvažujme tkaninu. Ve tkanině označíme značkami vzdálenost odpovídající upínací délce h_0 (např. 500mm) ve směru osnovy i útku. Z tkaniny nit vypáráme tak, aby na ní zůstaly značky udávající vzdálenost upínací délky, a upneme do čelistí trhačky v místě označení. Takto vypáraná upnutá příze je vlivem zatkání deformována zobloučkováním, viz obr. 13.

Výchozí situace je podobná stavu na obr.11a. Jejím napínáním v čelistech trhačky získáme podobný průběh, jako tomu bylo u příze hypotetické. K narovnání obloučků bude ale potřeba jisté malé síly, tedy průběh obou křivek (vypárané a hypotetické) se bude do jisté hraniční hodnoty napětí σ_b lišit. Reálná tahová křivka vypárané příze bude mít průběh schematicky znázorněný na obr. 14 pod číslem 3.



Obr. 13
Příze vypáraná z tkaniny
(zvlněná) upnutá do čelistí
..◇ značky na tkanině



Obr. 14
Pracovní křivka – závislost mezi relativním napětím a
prodloužením ε_h .

- 1...nezatkaná příze, volná (experiment), vztah (55), ($\lambda = 1$).
- 2...zvlněná příze (vypočtená), vztah (54), ($\lambda > 1$)
- 3...zvlněná příze, vypáraná ze tkaniny (experiment), vztah (57).

Průběhy pracovních křivek 2 a 3 by pak měly být prakticky totožné při určité hodnotě síly $\sigma > \sigma_b$ („border“ – hraniční hodnota síly – specifického napětí). Experimentálně stanovenou tahovou pracovní křivku označíme symbolem (56).

$$\sigma = \sigma'(\varepsilon'_h), 0 = \sigma'(0) \quad (56)$$

Experimentálně získaná hodnota relativního prodloužení je označena jako ε'_h . Tedy inverzní funkce k experimentální funkci (56) je dána vztahem (57):

$$\varepsilon'_h = \psi(\sigma). \quad (57)$$

Předpokládáme, že příze namáhána silou $\sigma > \sigma_b$, má stejné strukturní a mechanické chování jako příze před zatkním. Vztah (56) představuje tahovou pracovní křivku příze vypárané ze tkaniny definované délky (upínací délka). Jak je znázorněno na obr. 14, uvažujeme, že křivky s označením 2 a 3 budou mít totožný průběh jestliže:

- a) síly $\sigma > \sigma_b$ a
- b) použijeme vhodnou hodnotu λ ve vztahu (54).

Otázkou je volba dolní hranice intervalu síly σ_b , kde mají tahové křivky podobný průběh. Vhodnou hraniční hodnotu poměrné napětí σ_b je nutno určit na základě zkušenosti. Bude se lišit v závislosti na typu příze (materiál, jemnost, technologie).

Určení vhodné hodnoty parametru λ

K uvažovaným tahovým pracovním křivkám, tedy závislosti napětí na prodloužení, existují inverzní funkce, tedy závislosti prodloužení na napětí.

Předpokládejme, že hodnoty inverzních funkcí $\varepsilon_{h,i} = \varphi(\sigma_i)$ a $\varepsilon'_{h,i} = \psi(\sigma_i)$ známe pro množinu hodnot napětí $\{\sigma_i\}_{i=1}^n$, $i = 1, 2, \dots, n$, kde každé $\sigma_i > \sigma_b$. Ze vztahů (54) a (57) můžeme vyjádřit hodnoty poměrných prodloužení:

$$\varepsilon_{hi} = [\varphi(\sigma_i) + 1]\lambda - 1, \quad \varepsilon'_{hi} = \psi(\sigma_i)$$

Vhodnou hodnotu lambda získáme např. metodou minimalizace součtu čtverců rozdílů poměrných prodloužení nezatkané a vypárané příze (58). Určením hodnoty parametru lambda z inverzních křivek získáme hodnotu setkání. Pro minimalizaci součtu čtverců platí:

$$S = \sum_{i=1}^n (\varepsilon_{h,i} - \varepsilon'_{h,i})^2 = \min \quad (58)$$

Dosazením (54) a (57) do vztahu (58) nalezneme

$$\begin{aligned} S &= \sum_{i=1}^n (\varepsilon_{h,i} - \varepsilon'_{h,i})^2 = \sum_{i=1}^n \{[\varphi(\sigma_i) + 1]\lambda - [\psi(\sigma_i) + 1]\}^2 \\ &= \lambda^2 \sum_{i=1}^n [\varphi(\sigma_i) + 1]^2 - 2\lambda \sum_{i=1}^n \{[\varphi(\sigma_i) + 1][\psi(\sigma_i) + 1]\} + \sum_{i=1}^n [\psi(\sigma_i) + 1]^2, \end{aligned} \quad (59)$$

Pro splnění podmínky minima součtu S musí platit $dS/d\lambda = 0$. Derivací tedy získáme

$$\begin{aligned} \frac{dS}{d\lambda} &= 2\lambda \sum_{i=1}^n [\varphi(\sigma_i) + 1]^2 - 2 \sum_{i=1}^n \{[\varphi(\sigma_i) + 1][\psi(\sigma_i) + 1]\} = 0, \\ \lambda &= \frac{\sum_{i=1}^n \{[\varphi(\sigma_i) + 1][\psi(\sigma_i) + 1]\}}{\sum_{i=1}^n [\varphi(\sigma_i) + 1]^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \{[\varepsilon_{h,i} + 1][\varepsilon'_{h,i} + 1]\}}{\sum_{i=1}^n [\varepsilon_{h,i} + 1]^2}. \end{aligned} \quad (60)$$

Setkání příze ve tkanině

Výpočtem vhodné hodnoty λ jsme získali dle rovnice (60) poměr l_0/h_0 . Setkání příze s (zde uvedeno bezrozměrně) je pak definováno dle (61) s použitím (53), kde h_0 je délka tkaniny (upínací délka) a l_0 je délka nitě zvlněné (vypárané) příze ze tkaniny délky h_0 .

$$s = \frac{(l_0 - h_0)}{h_0} = \frac{l_0}{h_0} - 1 = \lambda - 1. \quad (61)$$

5. Praktická část

Experimentální část je převážně zaměřena na ověření výše odvozeného vztahu (60) pro výpočet parametru λ , následně na výpočet setkání příze ve tkanině s dle vztahu (61).

Byla tedy zjišťována tahová pracovní křivka přízí volných a přízí vypáraných z experimentálních tkanin.

Za účelem ověření metody bylo u experimentálního souboru tkanin zjišťováno setkání také z měkkých řezů obrazovou analýzou a standardně používanou metodou proměření délky vypárané nitě z tkaniny definované délky napnutím na pravítko – metodou „palcovou“.

Pro doplnění budou v experimentální části ověřeny konstrukční parametry tkanin (dostavy), vybrané mechanické vlastnosti tkanin (pevnost a tažnost tkanin), vybrané užitné vlastnosti tkanin (plošná hmotnost tkanin a tloušťka tkanin).

Naměřené hodnoty setkání budou dále diskutovány vzhledem k vlivným parametrům, tedy vzhledem k dostavám osnovní a útkové soustavy, vzhledem k jemnosti použitých přízí a multifilů a vzhledem k provázání (vazbám) příze ve tkanině.

Součástí praktické stránky práce je také odhad tloušťky experimentálních tkanin dle vztahů odvozených z Peirceova modelu na základě znalosti naměřených setkání, viz kapitola 4.1. Vypočtené hodnoty tloušťky jsou zde porovnány v hodnotami experimentálními.

Shrnutí plánovaného experimentu:

- Průměrná tahová pracovní křivka volné příze a příze vypárané z tkaniny
- Měkké řezy vybraných tkanin – zpracování obrazovou analýzou
- Metoda měření setkání páráním příze - palcová metoda
- Kontrola strojových dostav a jmenovité jemnosti přízí
- Plošná hmotnost
- Tloušťka tkanin (tloušťkoměr, případně obrazová analýza)

5.1. Definice experimentálních souborů tkanin

Experiment je proveden na třech různých souborech tkanin. Jako prvotní soubor experimentálních tkanin byl zvolen soubor tkanin v plátňové vazbě, s různou dostavou osnovy (útku), s různou jemností přízí osnovy (útku). Tyto tkaniny byly vyrobeny ze 100% polyesterové střiže ve třech různých jemnostech s různou kombinací dostav na shodném jehlovém tkacím stroji Somet Alpha s listovým prošlupným zařízením. Základní charakteristiky suroviny a přízí jsou uvedeny v tabulce 2. Základní parametry tkanin z experimentálního souboru 1 jsou uvedeny v tabulce 3. Jedná se o tkaniny experimentální, nikoliv průmyslově vyráběné. U takto širokého souboru tkanin bylo pak možné sledovat také vliv struktury tkaniny (dostav a jemností) na setkání přízí ve tkanině.

Tabulka 2 Základní charakteristiky použitých přízí – experimentální soubor 1 a 2

| Jemnost příze | Materiál | Jemnost vláken | Délka vláken (stříže) | Jemnost příze experimentální | Zákrut experimentální | Průměr experimentální | Pevnost příze | Tažnost příze |
|---------------|--------------------|----------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| tex | | dtex | mm | tex | 1/m | mm | N | % |
| 16,5 | 100% PESs standard | 1,7 | 38 | 16,59 | 1522 | 0,161 | 4,67 | 8,95 |
| 25 | | | | 24,50 | 1194 | 0,208 | 7,80 | 10,61 |
| 40 | | | | 39,57 | 879 | 0,272 | 12,66 | 11,33 |

Tabulka 3 Základní parametry tkanin – experimentální soubor 1

| číslo tkaniny | označení tkaniny | Jemnost příze [tex] | | Dostava [1/cm] | |
|---------------|------------------|---------------------|------|----------------|------|
| | | osnova | útek | osnova | útek |
| 1 | 1/16,5/24 | 16,5 | 16,5 | 24 | 24 |
| 2 | 2/16,5/24 | 16,5 | 16,5 | 27,8 | 24 |
| 3 | 2/16,5/27,8 | 16,5 | 16,5 | 27,8 | 27,8 |
| 4 | 3/16,5/24 | 16,5 | 16,5 | 31,8 | 24 |
| 5 | 3/16,5/27,8 | 16,5 | 16,5 | 31,8 | 27,8 |
| 6 | 3/16,5/31,8 | 16,5 | 16,5 | 31,8 | 31,8 |
| 7 | 1/25/19 | 16,5 | 25 | 24 | 19 |
| 8 | 2/25/19 | 16,5 | 25 | 27,8 | 19 |
| 9 | 2/25/22,4 | 16,5 | 25 | 27,8 | 22,4 |
| 10 | 3/25/19 | 16,5 | 25 | 31,8 | 19 |
| 11 | 3/25/22,4 | 16,5 | 25 | 31,8 | 22,4 |
| 12 | 3/25/26 | 16,5 | 25 | 31,8 | 26 |
| 13 | 1/40/15 | 16,5 | 40 | 24 | 15 |
| 14 | 2/40/15 | 16,5 | 40 | 27,8 | 15 |
| 15 | 2/40/18 | 16,5 | 40 | 27,8 | 18 |
| 16 | 3/40/15 | 16,5 | 40 | 31,8 | 15 |
| 17 | 3/40/18 | 16,5 | 40 | 31,8 | 18 |
| 18 | 3/40/21,2 | 16,5 | 40 | 31,8 | 21,2 |
| 19 | 4/25/19 | 25 | 25 | 19 | 19 |
| 20 | 5/25/19 | 25 | 25 | 22,4 | 19 |
| 21 | 5/25/22,4 | 25 | 25 | 22,4 | 22,4 |
| 22 | 6/25/19 | 25 | 25 | 26 | 19 |
| 23 | 6/25/22,4 | 25 | 25 | 26 | 22,4 |
| 24 | 6/25/26 | 25 | 25 | 26 | 26 |
| 25 | 4/40/15 | 25 | 40 | 19 | 15 |
| 26 | 5/40/15 | 25 | 40 | 22,4 | 15 |
| 27 | 5/40/18 | 25 | 40 | 22,4 | 18 |
| 28 | 6/40/15 | 25 | 40 | 26 | 15 |
| 29 | 6/40/18 | 25 | 40 | 26 | 18 |
| 30 | 6/40/21,2 | 25 | 40 | 26 | 21,2 |
| 31 | 7/40/15 | 40 | 40 | 15 | 15 |
| 32 | 8/40/15 | 40 | 40 | 18 | 15 |
| 33 | 8/40/18 | 40 | 40 | 18 | 18 |
| 34 | 9/40/15 | 40 | 40 | 21,2 | 15 |
| 35 | 9/40/18 | 40 | 40 | 21,2 | 18 |
| 36 | 9/40/21,2 | 40 | 40 | 21,2 | 21,2 |

Vliv vazby – provázání – byl sledován u druhého souboru experimentálních tkanin. Tkaniny byly vyrobeny z téže polyesterové stříže o jemnosti 25tex, viz tabulka 2, v neplátnovém provázání. Základní charakteristiky tkanin souboru 2 jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3 Základní parametry tkanin – experimentální soubor 2

| číslo tkaniny | označení tkaniny | Vazba tkaniny | Jemnost příze [tex] | | Dostava [1/cm] | |
|---------------|------------------|----------------|---------------------|------|----------------|------|
| | | | osnova | útek | osnova | útek |
| 8 | 4/1 | kepr 1/5 Z | 25 | 25 | 19 | 19 |
| 9 | 4/2 | kepr 2/1 Z | 25 | 25 | 19 | 19 |
| 10 | 4/3 | kepr 2/1_1/2 Z | 25 | 25 | 19 | 19 |
| 11 | 4/4 | kepr 2/4 Z | 25 | 25 | 19 | 19 |
| 12 | 4/5 | atlas 1/5 | 25 | 25 | 19 | 19 |
| 13 | 4/6 | atlas 2/4 | 25 | 25 | 19 | 19 |
| 14 | 4/7 | atlas 3/3 | 25 | 25 | 19 | 19 |
| 15 | 5/1 | kepr 1/5 Z | 25 | 25 | 22,4 | 22,4 |
| 16 | 5/2 | kepr 2/1 Z | 25 | 25 | 22,4 | 22,4 |
| 17 | 5/3 | kepr 2/1_1/2 Z | 25 | 25 | 22,4 | 22,4 |
| 18 | 5/4 | kepr 2/4 Z | 25 | 25 | 22,4 | 22,4 |
| 19 | 5/5 | atlas 1/5 | 25 | 25 | 22,4 | 22,4 |
| 20 | 5/6 | atlas 2/4 | 25 | 25 | 22,4 | 22,4 |
| 21 | 5/7 | atlas 3/3 | 25 | 25 | 22,4 | 22,4 |
| 23 | 6/2 | kepr 2/1 Z | 25 | 25 | 26 | 26 |
| 24 | 6/3 | kepr 2/1_1/2 Z | 25 | 25 | 26 | 26 |
| 25 | 6/4 | kepr 2/4 Z | 25 | 25 | 26 | 26 |
| 26 | 6/5 | atlas 1/5 | 25 | 25 | 26 | 26 |
| 27 | 6/6 | atlas 2/4 | 25 | 25 | 26 | 26 |
| 28 | 6/7 | atlas 3/3 | 25 | 25 | 26 | 26 |

Tabulka 4 Základní charakteristiky použitých vazeb

| Vazba tkaniny | stupeň provázání f | vazebný exponent m | opravný číselný faktor vazby | typy pórů | | | | | Počet přechodů | |
|----------------|----------------------|----------------------|------------------------------|-----------|----|-----|-----|----|----------------|------------|
| | | | | P1 | P2 | P3a | P3b | P4 | Osnova ppo | Útek ppu |
| Plátno 1/1 | 1 | 0,45 | 1,00 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 |
| Kepr 1/5 Z | 3 | 0,39 | 1,53 | 6 | 12 | 0 | 0 | 18 | 2 | 2 |
| Kepr 2/4 Z | 3 | 0,39 | 1,53 | 0 | 24 | 0 | 0 | 12 | 2 | 2 |
| Kepr 2/1_1/2 Z | 1,5 | 0,42 | 1,19 | 12 | 24 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| Kepr 2/1 Z | 1,5 | 0,39 | 1,17 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| Atlas 1/5 | 3 | 0,42 | 1,59 | 0 | 24 | 0 | 0 | 12 | 2 | 2 |
| Atlas 3/3 | 2,14 | 0,42 | 1,38 | 4 | 16 | 0 | 16 | 0 | 4,67 | 2 |
| Atlas 2/4 | 2,25 | 0,42 | 1,41 | 4 | 16 | 0 | 12 | 4 | 4 | 2 |

V tabulce 4 je uveden přehled všech použitých vazeb včetně jejich základních parametrů.

Opravný číselný faktor vazby f^m je definován jako stupeň provázání tkaniny f umocněný vazebným exponentem m . U základních vazeb tkanin lze stupeň provázání určit jako podíl všech vazných bodů ve střídě vazby k součtu počtu přechodů v útkové mezeře:



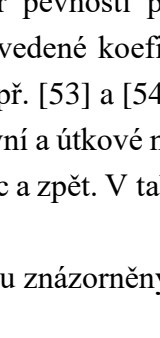
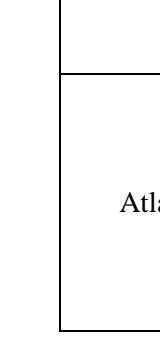
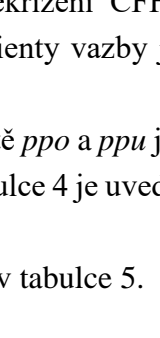
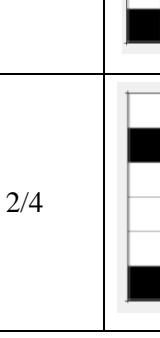
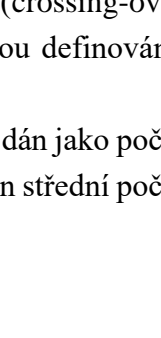
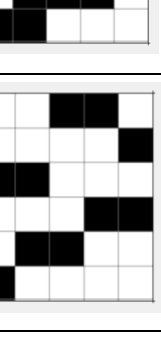
$$f = \frac{n_o \cdot n_u}{\sum_{n_u} \text{počet přechodů v útkové mezeře}} \quad (62)$$

Rozmístění vazných bodů a flotáží (neprovazujících úseků přízí) u neplátnových vazeb umožňuje dosažení větších dostav, než je tomu u tkanin ve vazbě plátnové. Vazební exponent je charakteristika udávající možnost podsouvání nití pod sebe ve volných vazbách. Čím je vazba volnější, tím dosahuje tkanina vyšších dostav tkaniny, tím je vazební exponent vyšší. Vazební exponenty byly stanoveny Brierleym na základě experimentů, viz [17]. K číselnému popisu vazby je možné použít také další koeficienty, jako je například koeficient provázanosti [49], flotážní faktor FYF (floating yarn factor), faktor pevnosti překřížení CFF (crossing-over firmness factor) a FFF (fabric firmness factor). Uvedené koeficienty vazby jsou definovány v pracích [45] až [48]. O typech pórů pojednává např. [53] a [54].

Počet přechodů neboli počet zakřížení osnovní a útkové nitě *ppo* a *ppu* je dán jako počet průchodů osnovní, případně útkové nitě z rubu na líc a zpět. V tabulce 4 je uveden střední počet přechodů v osnovní resp. útkové mezeře.

Střídy vazeb použitých experimentálních tkanin jsou znázorněny v tabulce 5.

Tabulka 5 Přehled použitých vazeb tkanin

| Vazba tkaniny | Střída vazby | Vazba tkaniny | Střída vazby |
|----------------|---|---------------|---|
| Plátno 1/1 |  | Kepr 2/1 Z |  |
| Kepr 1/5 Z |  | Atlas 1/5 |  |
| Kepr 2/4 Z |  | Atlas 3/3 |  |
| Kepr 2/1_1/2 Z |  | Atlas 2/4 |  |

Jako třetí soubor experimentálních tkanin byly zvoleny 100% bavlněné jednoduché žakárské tkaniny damaškového typu. Základní parametry tkanin souboru 3 jsou uvedeny v tabulce 6. Tkaniny byly vyrobeny z přízí bavlněných prstencových česaných o jemnosti 8.4tex (osnova) a 10tex (útek). Tyto tkaniny mají celoplošný vzor, daný kombinací základních vazeb. Jedná se o osmivazné atlasy osnovní a útkové, dále čtyřvazné kepry v osnovním, útkovém i oboustranném efektu. Přehled základních charakteristik desénů jednoduchých žakárských tkanin je v tabulce 7. Desény tkanin z experimentálního souboru 3 jsou uvedeny v příloze 1.

Vzhledem ke skutečnosti, že záleží na místě odběru vzorku k měření setkání (viz příloha 2), ukázala se metoda palcová nevhodnou. Velikost střídy žakárských tkanin se pohybuje okolo 17cm x 30cm, přesněji viz tabulka 6. Také metoda měření setkání zpracováním měkkých řezů není v tomto případě použitelná. K proměření celé střídy by bylo nutné proměřit velké množství řezů, s velmi nejistým výsledkem. Jako použitelná se tedy nabízí metoda zpracování tahových pracovních křivek, u níž je délka potřebná k měření setkání (upínací délka) rovna 500mm, tedy větší než je velikost střídy vazby. Příklad celoplošného dezénu jednoduché žakárské tkaniny je na obr. 15.



Obr. 15 Příklad celoplošného desénu jednoduché žakárské tkaniny, tkanina 14.

Pozn. Desén je otočen o 90°.

Tabulka 6 Základní parametry tkanin – experimentální soubor 3

| Číslo tkaniny | Jemnost příze [tex] | | Dostava [1/cm] | | Velikost střídy [cm] |
|---------------|---------------------|------|----------------|------|----------------------|
| | osnova | útek | osnova | útek | |
| 8 | 8,4 | 10 | 75 | 54 | 17,5 x 30,4 |
| 13 | 8,4 | 10 | 75 | 54 | 17,6 x 18,2 |
| 14 | 8,4 | 10 | 66 | 62 | 18,2 x 34,5 |
| 15 | 8,4 | 10 | 66 | 62 | 19,9 x 49,7 |
| 16 | 8,4 | 10 | 66 | 62 | 18,1 x 51,3 |
| 17 | 8,4 | 10 | 66 | 62 | 19,7 x 37,2 |

Tabulka 7 Základní charakteristiky desénů jednoduchých žakárských tkanin

| Číslo tkaniny | Počet vazných bodů v desénu | | Průměrný počet přechodů v desénu | | Stupeň provázání f | Opravný činitel f^m |
|---------------|-----------------------------|------|----------------------------------|------|----------------------|-----------------------|
| | osnova | útek | osnova | útek | | |
| 8 | 1320 | 1640 | 278 | 450 | 5,9 | 2,1 |
| 13 | 1320 | 1000 | 326 | 436 | 2,3 | 1,4 |
| 14 | 1200 | 2080 | 352 | 408 | 5,9 | 2,1 |
| 15 | 1320 | 3000 | 335 | 444 | 8,9 | 2,5 |
| 16 | 1200 | 3160 | 357 | 407 | 8,9 | 2,5 |
| 17 | 1320 | 2280 | 387 | 446 | 5,9 | 2,1 |

5.2. Měření setkání

5.2.1. Metoda zpracování tahových pracovních křivek

Experimentální část je zaměřena na ověření výše odvozeného vztahu pro výpočet parametru λ , viz vztah (60), následně na výpočet setkání příze ve tkanině s dle vztahu (61).

Bude tedy zjišťována tahová pracovní křivka přízí volných a přízí vypáraných z experimentálních tkanin. K experimentu byl využit dynamometr Instron 4411. Výsledky setkání získané touto metodou jsou v grafech a tabulkách označeny jako „setkání Instron“.

Tahové pracovní křivky získáme namáháním přízí (vypárané, volné) tahem do přetrhu. Dle normy ČSN EN ISO 2062 (80 0700) - Textilie. Nitě na návinech - Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu je nutné provést minimálně 50 trhů u každé nitě zvlášť pro osnovu a útek. Měření musí být provedeno za srovnatelných podmínek (shodná upínací délka 500mm, shodná rychlost posuvu příčnicku). Minimální velikost výběru byla ověřena dle [20]:

$$n_{\min} = \frac{g_2(x) - 1}{4\delta^2(s)} + 1, \quad (63)$$

kde

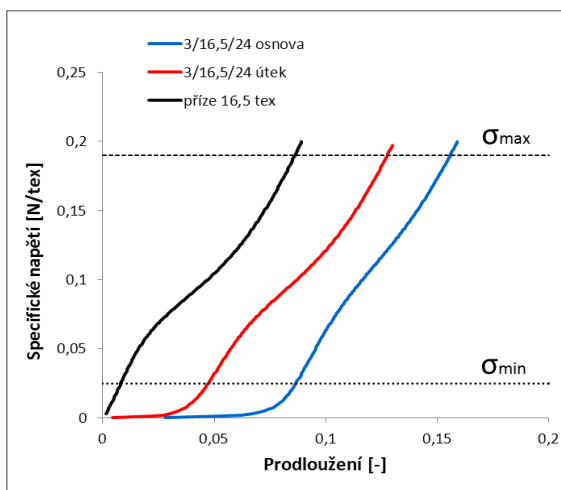
$g_2(x)$ je špičatost výběrového rozdělení

$\delta(s)$ je relativní chyba směrodatné odchylky (volena hodnota 0,1)

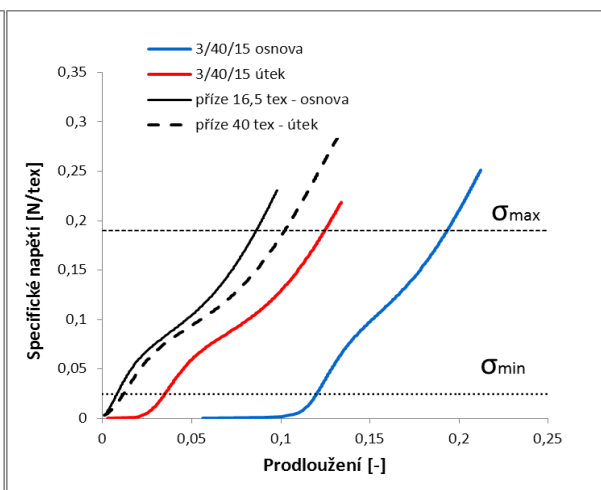
Termínem příze „volná“ je míněna příze (nit) odvíjená z cívky, tedy příze nezatkaná, z níž byla tkanina vyrobena. Příze „vypáraná“, je příze vyjmutá ze tkaniny o délce 500mm (upínací délka). Na experimentální tkanině je zřetelně označena délka 500mm v osnovním (útkovém směru). Na vypárané přízi musí být tyto značky patrné. Přízi upneme tak, aby značky (odpovídající upínací délce 500mm) byly upnuty na hraně čelistí.

Postup měření

1. Experimentálně určíme průměrnou tahovou pracovní křivku volné (nezatkané) nitě osnovní či útkové. Získáme tedy závislost napětí $\sigma[N/tex]$ na poměrném prodloužení $\varepsilon_l = \varepsilon_h$, viz rovnice (55).
2. Experimentálně určíme tahovou pracovní křivku nitě vypárané ve směru osnovy či útku. Pracovní křivku vyjádříme jako funkci napětí $\sigma[N/tex]$ na poměrném prodloužení ε'_h , viz (57).
3. Dalším krokem je stanovení hodnot intervalu specifického napětí v $[N/tex]$ $\sigma \in \langle \sigma_B, \sigma_{\max} \rangle$, tedy hraniční hodnoty σ_B a maximální hodnoty intervalu σ_{\max} . Bylo zjištěno, že volba hranice σ_B má vliv na hodnotu setkání. V intervalu od $\langle \sigma_{\min}, \sigma_{\max} \rangle$ je dále sledován vliv dolní hranice na hodnotu setkání za účelem stanovit optimální dolní hranici intervalu napětí σ_B , ve kterém bude hodnota setkání určena.

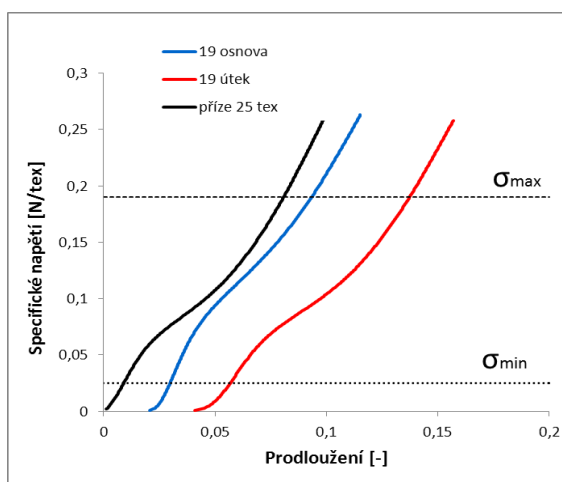


Tkanina s označením 3/16,5/24

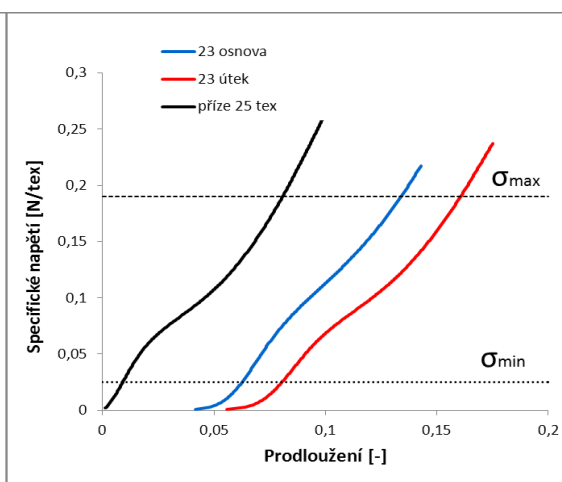


Tkanina s označením 3/40/15

Obr. 16 Příklad tahové pracovní křivky volné a zatkané příže – porovnání

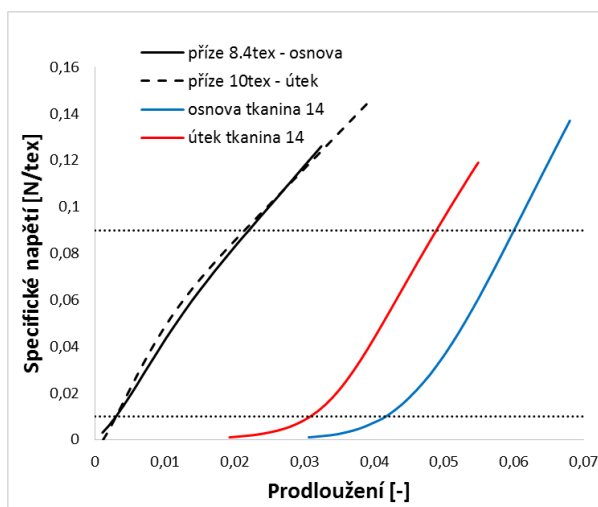


Tkanina s označením 19 – 5/5, atlas 1/5

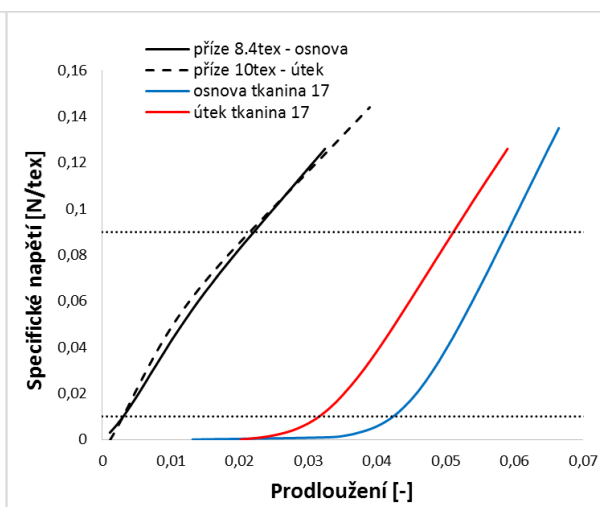


Tkanina s označením 23 – 6/2, kepr 2/1 Z

Obr. 17 Příklad tahové pracovní křivky volné a zatkané příže – porovnání



Tkanina s označením 14



Tkanina s označením 17

Obr. 18 Příklad tahové pracovní křivky volné a zatkané příže – porovnání

Volba horní a dolní meze intervalu specifického napětí σ_{\min} a σ_{\max} je dána rozsahem tahové pracovní křivky osnovních a útkových přízí vypáraných ze tkaniny a přízí volných – interval musí být vyhovující pro všechny příze. Horní hranice σ_{\max} je dána tedy nejméně pevnou přízí (nejnižší hodnotou poměrné pevnosti) z experimentálního souboru přízí.

Na obr. 16, 17 a 18 jsou uvedeny příklady tahové pracovní křivky volných a vypáraných přízí z vybraných tkanin s vyznačeným rozmezím specifického napětí σ_{\min} a σ_{\max} .

U experimentálního souboru tkanin 1 a 2 ze 100% polyesterové stříže byly hodnoty specifického napětí σ_{\min} a σ_{\max} stanoveny takto:

dle Uster statistics je průměrná poměrná pevnost příze 16,5tex (nejnižší jemnost příze u souboru experimentálních tkanin) rovna hodnotě 0.25N/tex. Hodnota σ_{\max} byla stanovena jako přibližně 80% z této hodnoty, tedy 0.19N/tex. Dolní hranice σ_{\min} byla dle zkušenosti stanovena pro tento soubor experimentálních tkanin a přízí 0.025N/tex.

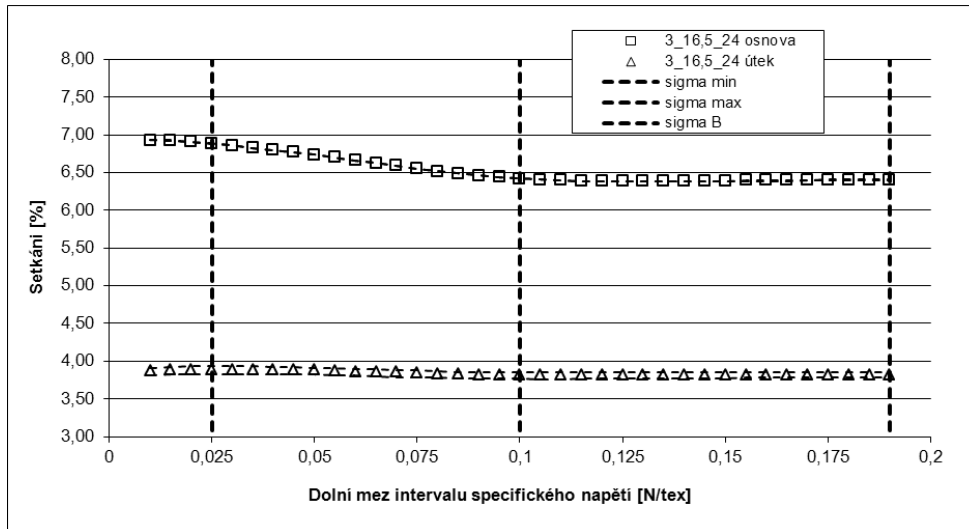
Z tohoto intervalu $\langle 0,025; 0,19 \rangle$ byla postupně volena hodnota σ_B a sledována hodnota parametru λ užitím rovnice (60) a následně hodnota setkání dle (61). Příklad takovéto závislosti volby dolní hranice intervalu specifického napětí σ_{\min} na hodnotu setkání s u vybraných experimentálních tkanin souborů 1 a 2 je uveden na obrázcích 19, 20 a 21.

Ve všech případech jsme obdrželi závislosti s lehce klesajícím trendem. Závislosti lze pro hodnoty $\sigma_B > 0.1\text{N/tex}$ považovat za prakticky konstantní. To znamená, že příze vypáraná ze tkaniny se zde chová prakticky jako jí příslušná příze volná. Na základě této skutečnosti byla hraniční hodnota specifického napětí stanovena na $\sigma_B = 0.1\text{N/tex}$ pro všechny příze z experimentálních souborů tkanin 1 a 2. V tomto intervalu $\langle 0.1; 0.19 \rangle$ je dále vypočtena vlastní hodnota setkání.

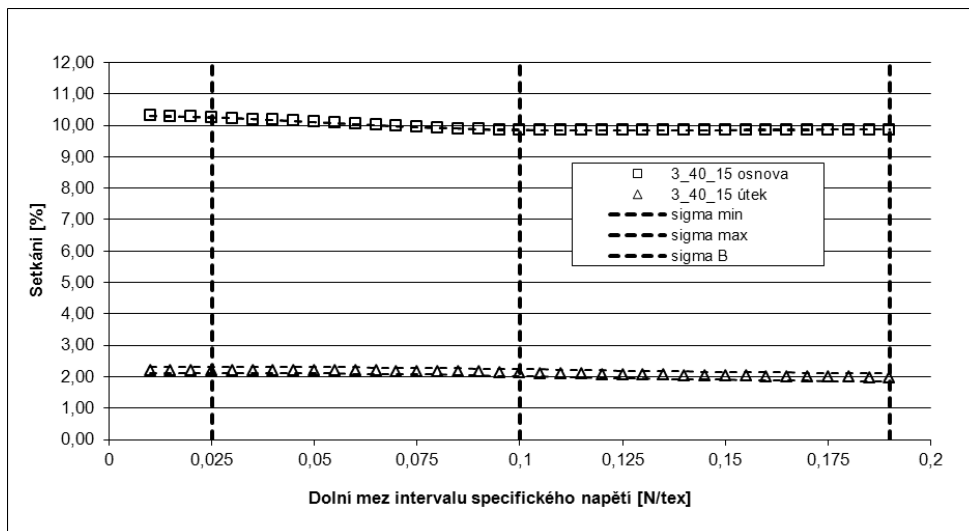
U experimentálního souboru tkanin 3 ze 100% bavlněné příze byly hodnoty horní a dolní meze intervalu specifického napětí stanoveny takto: hodnota σ_{\max} byla stanovena na 0.09N/tex. Dolní hranice σ_{\min} byla stanovena pro tento soubor experimentálních tkanin a přízí na hodnotu 0.01N/tex.

Z intervalu $\langle 0,01; 0,09 \rangle$ byla postupně volena hodnota σ_B a sledována hodnota parametru λ užitím rovnice (60) a následně hodnota setkání dle (61). Příklad takovéto závislosti volby dolní hranice intervalu specifického napětí σ_{\min} na hodnotu setkání s u vybrané jednoduché žakárské tkaniny souboru 3 je uvedena na obrázku 22.

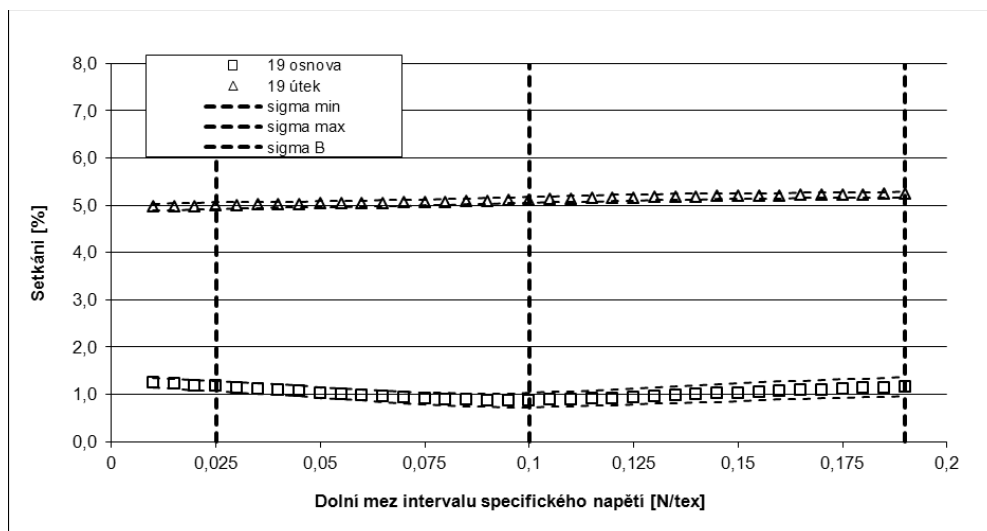
Ve všech případech jsme obdrželi závislosti s téměř konstantním trendem. Na základě této skutečnosti byla hraniční hodnota specifického napětí stanovena na $\sigma_{\min} = \sigma_B = 0.01\text{N/tex}$ pro všechny příze z experimentálního souboru tkanin 3. V tomto intervalu $\langle 0,01; 0,09 \rangle$ je také vypočtena vlastní hodnota setkání.



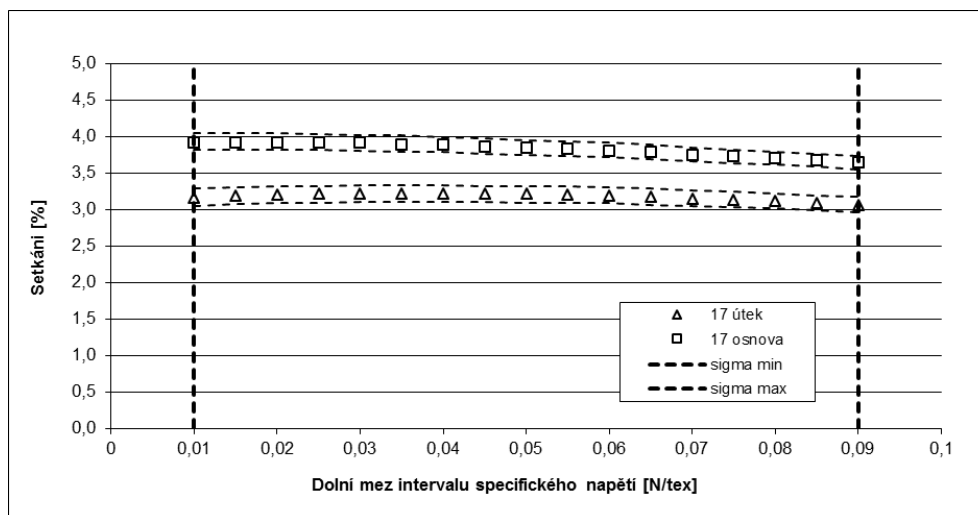
Obr 19 Vliv volby dolní hranice intervalu na hodnotu setkání. Příklad – tkanina 3/16,5/24



Obr 20 Vliv volby dolní hranice intervalu na hodnotu setkání. Příklad – tkanina 3/40/15



Obr 21 Vliv volby dolní hranice intervalu na hodnotu setkání. Příklad – tkanina 19 - 5/5, atlas



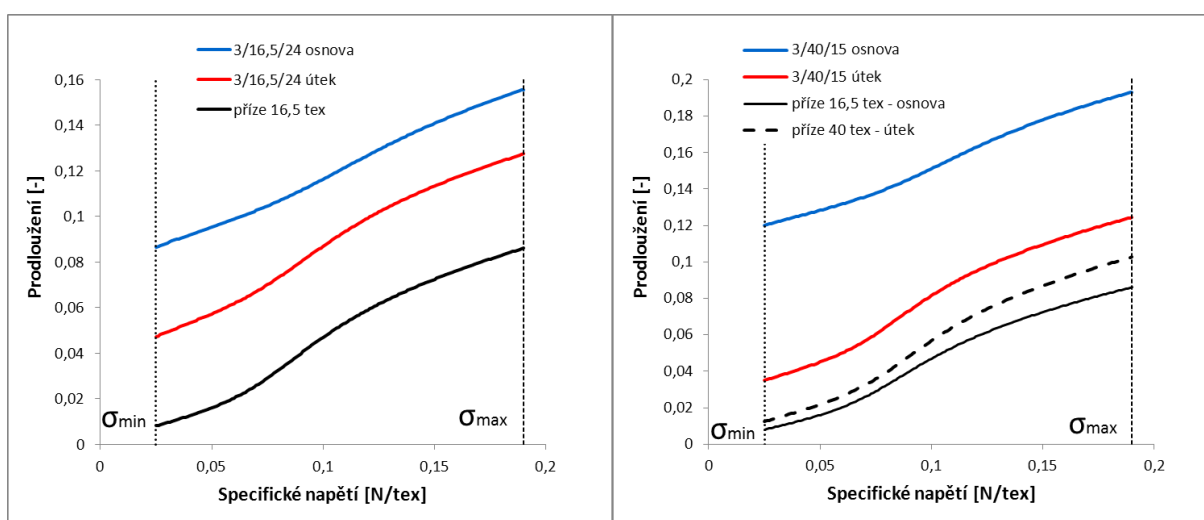
Obr 22 Vliv volby dolní hranice intervalu na hodnotu setkání. Příklad – tkanina 17, soubor 3

4. Ze získaných průměrných tahových křivek v daném rozmezí specifických napětí vypočteme inverzní křivky, tzn. závislosti poměrného prodloužení na specifickém napětí ve zvoleném intervalu od σ_B po σ_{max} . Tedy získáme funkce $\varphi(\sigma)$ a $\psi(\sigma)$, dle rovnic (55) a (57).

Prakticky určujeme z tahových pracovních křivek pouze diskrétní hodnoty inverzních funkcí pro vhodnou množinu rostoucích hodnot poměrného napětí σ_i , kde $i = 1, 2, \dots, n$. Z toho vyplývá, že v obou případech určujeme hodnoty $\varphi(\sigma_i)$ a $\psi(\sigma_i)$,

- pro stejnou množinu hodnot napětí σ_i , kde $i = 1, 2, \dots, n$
- pro každou hodnotu σ_i z této množiny platí $\sigma_i > \sigma_b$.

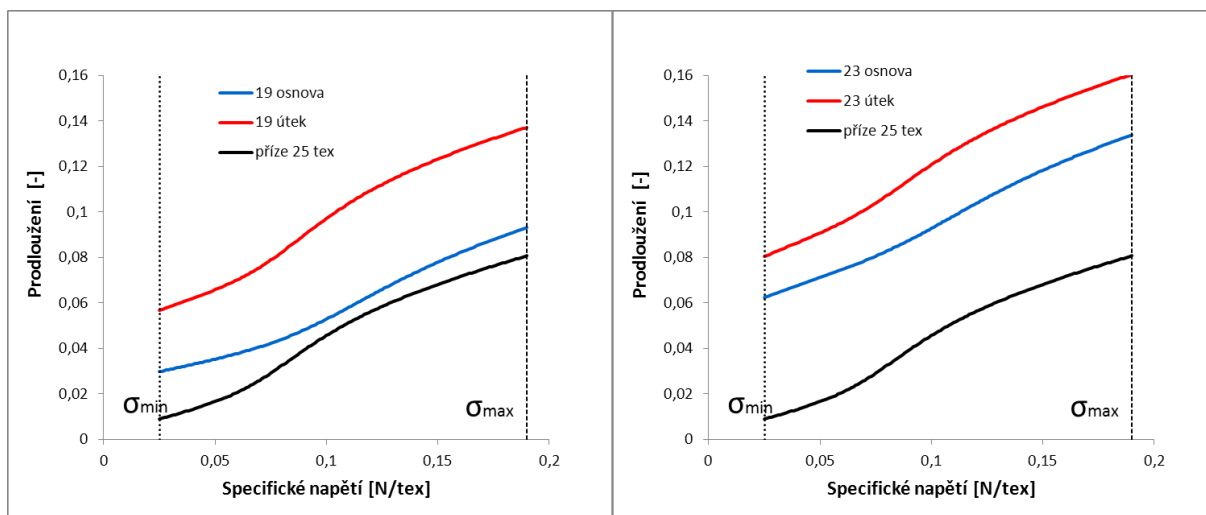
Příklad inverzních funkcí v intervalu specifických napětí $\langle \sigma_{min}, \sigma_{max} \rangle$ je pro vybrané tkaniny zobrazen na obr 23, 24 a 25.



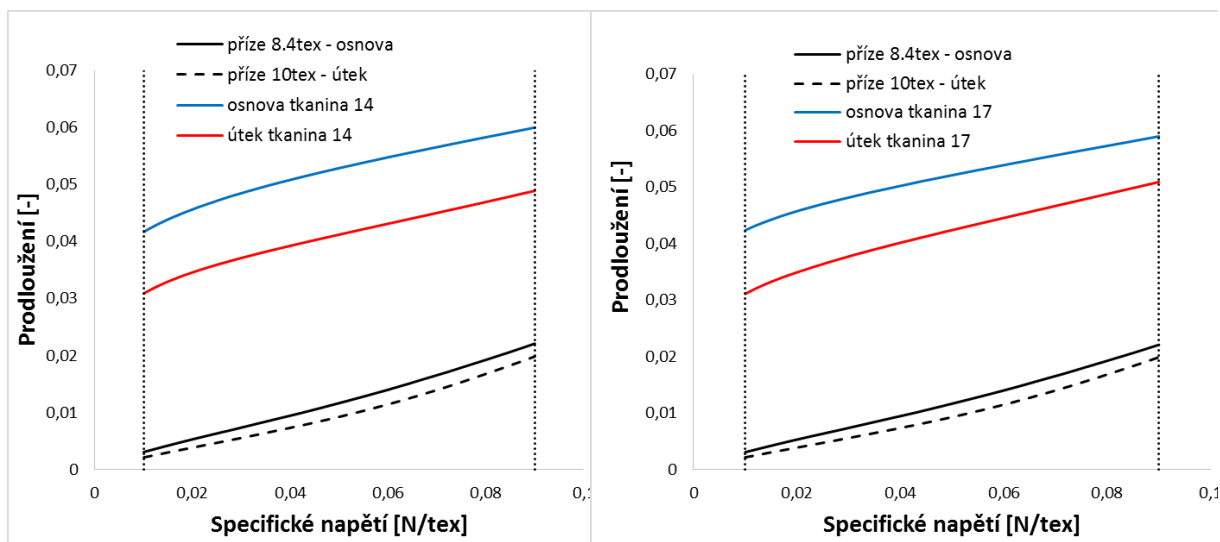
Tkanina s označením 3/16,5/24

Tkanina s označením 3/40/15

Obr 23 Příklad inverzních tahových pracovních křivek ve vybraném intervalu specifických napětí – tkaniny ze souboru 1



Tkanina s označením 19 – 5/5, atlas 1/5 Tkanina s označením 23 – 6/2, kepr 2/1 Z
 Obr 24 Příklad inverzních tahových pracovních křivek ve vybraném intervalu specifických napětí – tkaniny ze souboru 2

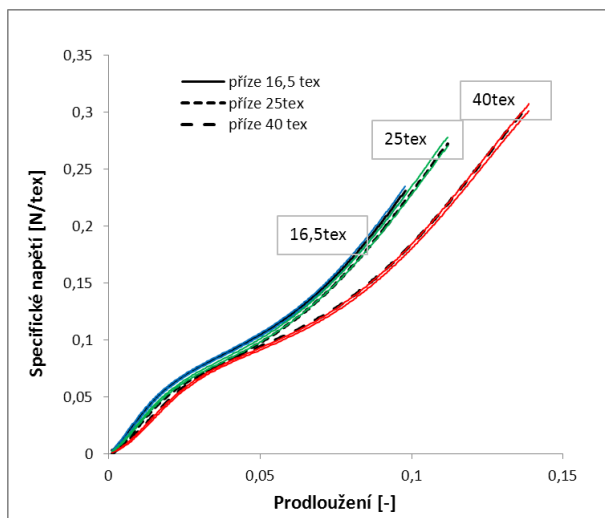


Obr 25 Příklad inverzních tahových pracovních křivek ve vybraném intervalu specifických napětí – tkaniny ze souboru 3

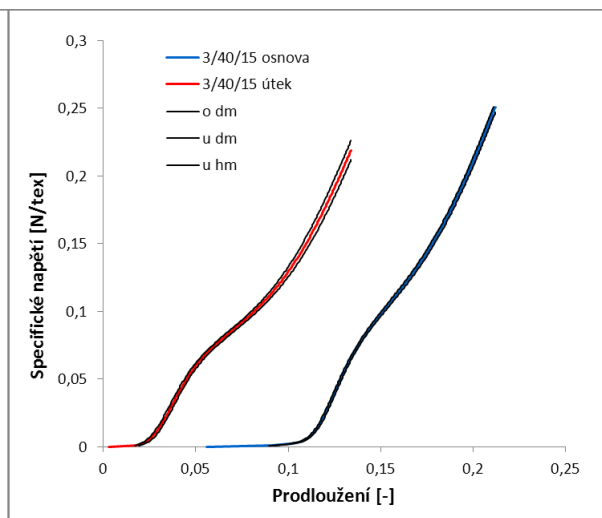
5. Z rovnice (60) pak vypočteme nejvhodnější hodnotu parametru λ .
6. Z rovnice (61) vypočteme hodnotu setkání s [%], postupně v obou směrech (osnova, útek).

Výsledky měření setkání metodou „Instron“ jsou uvedeny pro všechny experimentální tkaniny ze souboru 1 v tabulce 8. Setkání tkanin souboru 2 je uvedeno v tabulce 9a setkání tkanin souboru 3 v tabulce 10. V těchto tabulkách jsou uvedeny pouze průměrné hodnoty – odečet setkání z průměrné tahové křivky. Variabilita získaných hodnot setkání lze odvodit z variability tahových pracovních křivek. Jak je vidět z obr 26 a 27, je tato variabilita velmi nízká. Na obr 26 je uvedena průměrná tahová pracovní křivka s křivkami reprezentujícími dolní a horní mez intervalu spolehlivosti na hladině 0,05 u přízí volných. Na obr 27 je uvedena průměrná tahová

pracovní křivka s křivkami reprezentujícími dolní a horní mez intervalu spolehlivosti na hladině 0,05 v případě osnovní a útkové příže vypárané ze tkaniny s označením 3/40/15. Další tahové pracovní křivky jsou uvedeny v příloze 3.



Obr. 26 Průměrné tahové křivky volných příží



Obr. 27 Průměrné tahové křivky osnovní a útkové příže ze tkaniny s označením 3/40/15

Pokud bychom stanovili setkání zpracováním příslušných tahových křivek dolní (horní) meze intervalu spolehlivosti příží volných a vypáraných, získali bychom ne přímo dolní a horní mez 95%ního intervalu spolehlivosti, ale hodnoty reprezentující variabilitu setkání. Tyto hodnoty se liší od „průměrné“ vypočtené hodnoty setkání od 0,01 do 0,2% setkání.

Tabulka 8 Setkání metodou „Instron“ – soubor tkanin 1

| Číslo tkaniny | Označení tkaniny | Setkání po osnově | Setkání po útku |
|---------------|------------------|-------------------|-----------------|
| | | % | % |
| 1 | 1/16,5/24 | 1,2 | 4,1 |
| 2 | 2/16,5/24 | 3,8 | 4,4 |
| 3 | 2/16,5/27,8 | 3,8 | 5,4 |
| 4 | 3/16,5/24 | 6,4 | 3,8 |
| 5 | 3/16,5/27,8 | 7,7 | 5,5 |
| 6 | 3/16,5/31,8 | 6,7 | 8,1 |
| 7 | 1/25/19 | 5,0 | 5,6 |
| 8 | 2/25/19 | 6,1 | 4,4 |
| 9 | 2/25/22,4 | 7,3 | 4,8 |
| 10 | 3/25/19 | 9,2 | 3,6 |
| 11 | 3/25/22,4 | 11,1 | 4,6 |
| 12 | 3/25/26 | 10,5 | 3,7 |
| 13 | 1/40/15 | 7,0 | 2,4 |
| 14 | 2/40/15 | 9,8 | 1,4 |
| 15 | 2/40/18 | 11,7 | 2,9 |
| 16 | 3/40/15 | 9,9 | 2,1 |
| 17 | 3/40/18 | 12,2 | 2,1 |
| 18 | 3/40/21,2 | 15,9 | 3,6 |

| Číslo tkaniny | Označení tkaniny | Setkání po osnově | Setkání po útku |
|---------------|------------------|-------------------|-----------------|
| | | % | % |
| 19 | 4/25/19 | 4,9 | 6,7 |
| 20 | 5/25/19 | 5,6 | 4,9 |
| 21 | 5/25/22,4 | 5,9 | 7,1 |
| 22 | 6/25/19 | 7,6 | 4,2 |
| 23 | 6/25/22,4 | 7,8 | 5,8 |
| 24 | 6/25/26 | 6,0 | 9,2 |
| 25 | 4/40/15 | 5,6 | 3,2 |
| 26 | 5/40/15 | 6,8 | 2,0 |
| 27 | 5/40/18 | 8,5 | 4,1 |
| 28 | 6/40/15 | 11,0 | 1,3 |
| 29 | 6/40/18 | 11,7 | 3,4 |
| 30 | 6/40/21,2 | 10,7 | 5,5 |
| 31 | 7/40/15 | 7,6 | 4,5 |
| 32 | 8/40/15 | 2,4 | 8,9 |
| 33 | 8/40/18 | 4,8 | 5,4 |
| 34 | 9/40/15 | 4,6 | 7,2 |
| 35 | 9/40/18 | 9,8 | 5,7 |
| 36 | 9/40/21,2 | 9,2 | 5,7 |

Tabulka 9 Setkání metodou „Instron“ – soubor tkanin 2

| číslo tkaniny | označení tkaniny | Setkání po osnově | Setkání po útku |
|---------------|------------------|-------------------|-----------------|
| | | % | % |
| 1 | kepr 1/5 | 0,79 | 3,79 |
| 2 | kepr 2/1 | 3,04 | 5,29 |
| 3 | kepr 2/1_1/2 | 2,89 | 5,98 |
| 4 | kepr 2/4 | 1,18 | 5,24 |
| 5 | atlas 1/5 | 1,16 | 4,30 |
| 6 | atlas 2/4 | 1,27 | 6,08 |
| 7 | atlas 3/3 | 1,40 | 6,77 |
| 8 | kepr 1/5 | 1,84 | 6,75 |
| 9 | kepr 2/1 | 3,23 | 6,84 |
| 10 | kepr 2/1_1/2 | 4,65 | 7,49 |
| 11 | kepr 2/4 | 1,95 | 5,81 |
| 12 | atlas 1/5 | 1,35 | 5,61 |
| 13 | atlas 2/4 | 1,66 | 7,39 |
| 14 | atlas 3/3 | 1,42 | 7,95 |
| 16 | kepr 2/1 | 5,16 | 7,79 |
| 17 | kepr 2/1_1/2 | 6,18 | 7,81 |
| 18 | kepr 2/4 | 2,81 | 5,39 |
| 19 | atlas 1/5 | 1,71 | 5,46 |
| 20 | atlas 2/4 | 1,43 | 7,44 |
| 21 | atlas 3/3 | 0,75 | 9,29 |

Tabulka 10 Setkání metodou „Instron“ – soubor tkanin 3

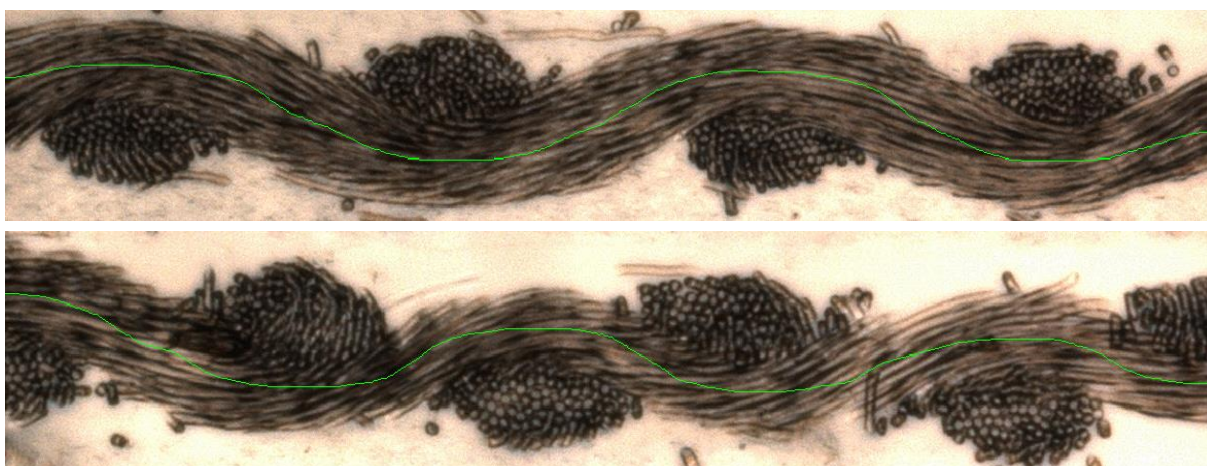
| číslo tkaniny | Setkání po osnově | Setkání po útku |
|---------------|-------------------|-----------------|
| | % | % |
| 8 | 4,88 | 3,48 |
| 13 | 4,78 | 2,81 |
| 14 | 3,97 | 3,05 |
| 15 | 2,68 | 3,36 |
| 16 | 2,78 | 2,77 |
| 17 | 3,92 | 3,16 |

5.2.2. Metoda zpracování měkkých řezů tkanin

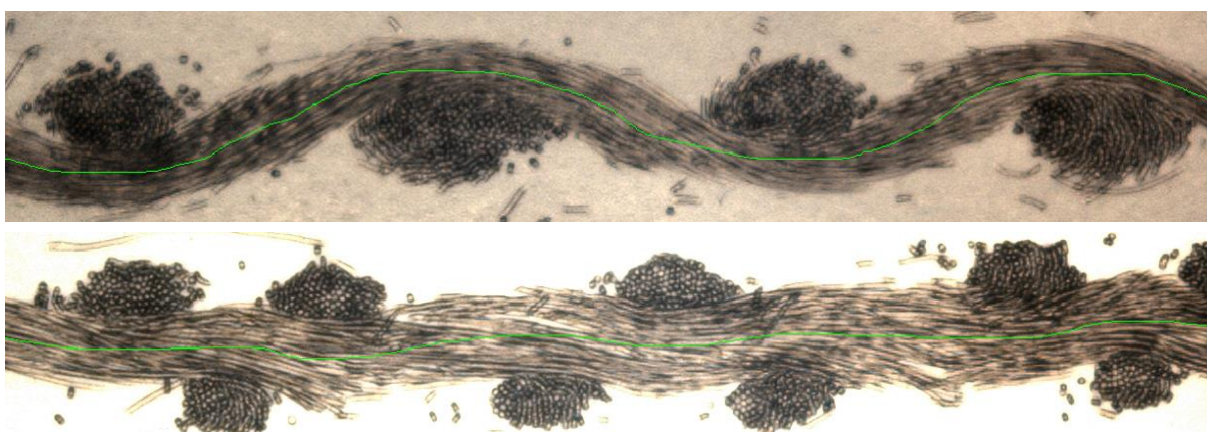
Z vybraných experimentálních tkanin byly vytvořeny dle [5] měkké řezy. Ty byly zpracovány s pomocí obrazové analýzy (OA). Pro získání dat z řezů tkanin podélných i příčných byla použita metoda publikována v [6, 7]. Zpracováním měkkých řezů tkanin lze získat souřadnice střední roviny tkaniny, souřadnice os přízí ve vazné vlně, minimální kolmou vzdálenost dvou tečen k povrchu objektu (tloušťka tkaniny), nejdelší kolmá vzdálenost dvou rovnoběžných tečen k povrchu objektu (délka úseku tkaniny) a parametry průřezů přízí (těžiště, ekvivalentní průměr, obvod). Ze změřených dat lze určit např. setkání přízí ve tkanině, případně tvarový faktor průřezů přízí.

V každém směru, podélném i příčném, bylo vytvořeno a zpracováno dvacet řezů tkanin ze souboru 1, viz tabulka 3. Vybrané příčné a podélné řezy tkanin jsou uvedeny v příloze 4.

Příklad podélného a příčného řezu vybraných tkanin je na obr. 28 a 29. Je zde vyhodnocena i trajektorie osy příze, příslušná ke tkanině, viz tenká čára na obr. 28 a 29.



Obr. 28 Podélný a příčný řez tkaninou – tkanina 3/16,5/24 ze souboru 1



Obr. 29 Podélný a příčný řez tkaninou – tkanina 3/40/15 ze souboru 1

Výsledky měření setkání metodou zpracování měkkých řezů tkanin obrazovou analýzou jsou uvedeny pro všechny experimentální tkaniny ze souboru 1 v tabulce 11.

Tabulka 11 Setkání metodou OA – soubor tkanin 1

| Číslo tkaniny | Označení tkaniny | Setkání po osnově | | Setkání po útku | |
|---------------|------------------|-------------------|---------|-----------------|---------|
| | | % | 95% IS* | % | 95% IS* |
| 1 | 1/16,5/24 | 7,0 | 0,5 | 8,0 | 0,5 |
| 2 | 2/16,5/24 | 8,9 | 0,7 | 7,4 | 0,6 |
| 3 | 2/16,5/27,8 | 8,5 | 0,7 | 7,6 | 0,5 |
| 4 | 3/16,5/24 | 8,4 | 0,2 | 7,0 | 0,9 |
| 5 | 3/16,5/27,8 | 8,7 | 0,5 | 7,4 | 0,6 |
| 6 | 3/16,5/31,8 | 10,8 | 1,0 | 10,0 | 0,7 |
| 7 | 1/25/19 | 8,7 | 0,7 | 7,0 | 0,5 |
| 8 | 2/25/19 | 8,2 | 0,7 | 6,2 | 0,5 |
| 9 | 2/25/22,4 | 10,2 | 0,4 | 7,0 | 0,5 |
| 10 | 3/25/19 | 10,6 | 1,0 | 5,1 | 0,3 |
| 11 | 3/25/22,4 | 12,3 | 0,7 | 6,5 | 0,5 |
| 12 | 3/25/26 | 12,3 | 0,7 | 7,0 | 0,6 |
| 13 | 1/40/15 | 9,8 | 0,5 | 4,7 | 0,3 |
| 14 | 2/40/15 | 9,1 | 0,9 | 3,9 | 0,3 |
| 15 | 2/40/18 | 12,4 | 0,9 | 6,2 | 0,8 |
| 16 | 3/40/15 | 10,6 | 0,7 | 3,7 | 0,3 |
| 17 | 3/40/18 | 11,8 | 1,0 | 4,7 | 0,5 |
| 18 | 3/40/21,2 | 15,7 | 0,8 | 5,9 | 0,7 |
| 19 | 4/25/19 | 7,2 | 0,3 | 7,5 | 0,3 |
| 20 | 5/25/19 | 8,7 | 0,7 | 7,7 | 0,5 |
| 21 | 5/25/22,4 | 9,7 | 0,7 | 9,4 | 0,6 |
| 22 | 6/25/19 | 8,7 | 8,0 | 7,7 | 7,1 |
| 23 | 6/25/22,4 | 10,1 | 0,5 | 8,8 | 0,8 |
| 24 | 6/25/26 | 11,8 | 0,6 | 12,2 | 0,7 |
| 25 | 4/40/15 | 9,2 | 0,3 | 6,8 | 0,7 |
| 26 | 5/40/15 | 9,6 | 0,8 | 6,9 | 0,6 |
| 27 | 5/40/18 | 10,7 | 0,8 | 6,8 | 0,3 |
| 28 | 6/40/15 | 10,9 | 0,6 | 5,6 | 0,6 |
| 29 | 6/40/18 | 13,3 | 0,6 | 7,5 | 0,5 |
| 30 | 6/40/21,2 | 13,1 | 0,5 | 9,2 | 0,9 |
| 31 | 7/40/15 | 6,7 | 0,6 | 7,7 | 0,8 |
| 32 | 8/40/15 | 7,7 | 0,6 | 6,1 | 0,3 |
| 33 | 8/40/18 | 8,4 | 0,4 | 9,0 | 0,6 |
| 34 | 9/40/15 | 9,0 | 0,5 | 8,1 | 0,5 |
| 35 | 9/40/18 | 10,7 | 0,7 | 9,2 | 1,0 |
| 36 | 9/40/21,2 | 11,6 | 0,8 | 10,6 | 1,0 |

*interval spolehlivosti na hladině $\alpha=0,05$.

Setkání tkanin z dalších souborů nebylo touto metodou proměřeno.

5.2.3. Metoda palcová

Další použitou metodou je metoda palcová. Zatkaná příze je vypárána z úseku tkaniny o délce l_i , pomocí dvou prstů je natažena do vyrovnání. Příze je natažena subjektivně, po natažení je pomocí délkového měřidla (pravítka) změřena délka l_o narovnané příze. Setkání je pak vyjádřeno užitím rovnice (1).

Setkání touto metodou bylo měřeno pro každou tkaninu a každý směr desetkrát. Pouze u jednoduchých žakárských tkanin s celoplošným vzorem bylo setkání proměřeno pro každou tkaninu na šestnácti místech po deseti měřeních. A to z důvodu vyloučení vlivu odběrného místa na měřenou hodnotu setkání u takovýchto typů tkanin. Rozmístění odběrných míst a rozbor setkání je uveden v příloze 1.

Průměrné hodnoty setkání jsou uvedeny pro všechny experimentální tkaniny ze souboru 1, 2 a 3 v tabulkách 12, 13 a 14.

Tabulka 12 Setkání metodou palcovou – soubor tkanin 1

| Číslo tkaniny | Označení tkaniny | Setkání po osnově | | Setkání po útku | |
|---------------|------------------|-------------------|---------|-----------------|--------|
| | | % | 95% IS* | % | 95% IS |
| 1 | 1/16,5/24 | 6,5 | 0,5 | 6,5 | 0,5 |
| 2 | 2/16,5/24 | 8,5 | 0,5 | 5,5 | 0,5 |
| 3 | 2/16,5/27,8 | 9,0 | 0,0 | 8,0 | 0,0 |
| 4 | 3/16,5/24 | 10,0 | 0,0 | 6,0 | 0,0 |
| 5 | 3/16,5/27,8 | 9,5 | 0,5 | 7,0 | 0,0 |
| 6 | 3/16,5/31,8 | 9,5 | 0,5 | 9,5 | 0,5 |
| 7 | 1/25/19 | 5,0 | 0,0 | 3,5 | 0,5 |
| 8 | 2/25/19 | 7,5 | 0,5 | 5,0 | 0,0 |
| 9 | 2/25/22,4 | 9,5 | 0,7 | 6,0 | 0,0 |
| 10 | 3/25/19 | 9,5 | 0,5 | 3,5 | 0,5 |
| 11 | 3/25/22,4 | 11,0 | 0,0 | 4,5 | 0,5 |
| 12 | 3/25/26 | 13,5 | 0,5 | 4,5 | 0,5 |
| 13 | 1/40/15 | 11,0 | 0,0 | 3,5 | 0,5 |
| 14 | 2/40/15 | 10,5 | 0,5 | 2,5 | 0,5 |
| 15 | 2/40/18 | 14,5 | 0,5 | 3,0 | 0,0 |
| 16 | 3/40/15 | 12,5 | 0,5 | 3,0 | 0,0 |
| 17 | 3/40/18 | 14,5 | 0,5 | 3,5 | 0,5 |
| 18 | 3/40/21,2 | 18,0 | 1,0 | 4,5 | 0,5 |
| 19 | 4/25/19 | 5,5 | 0,5 | 7,5 | 0,5 |
| 20 | 5/25/19 | 6,5 | 0,5 | 6,5 | 0,5 |
| 21 | 5/25/22,4 | 8,5 | 0,5 | 7,5 | 0,5 |
| 22 | 6/25/19 | 10,0 | 0,0 | 5,0 | 0,0 |
| 23 | 6/25/22,4 | 9,0 | 1,0 | 6,5 | 0,5 |
| 24 | 6/25/26 | 9,5 | 0,5 | 9,5 | 0,5 |
| 25 | 4/40/15 | 8,5 | 0,5 | 5,0 | 0,0 |
| 26 | 5/40/15 | 11,0 | 1,0 | 5,5 | 0,5 |
| 27 | 5/40/18 | 10,0 | 0,0 | 5,5 | 0,5 |
| 28 | 6/40/15 | 12,0 | 0,0 | 3,0 | 0,0 |
| 29 | 6/40/18 | 12,5 | 0,5 | 5,0 | 0,0 |
| 30 | 6/40/21,2 | 14,0 | 0,0 | 5,0 | 0,0 |
| 31 | 7/40/15 | 6,0 | 0,0 | 8,5 | 0,5 |
| 32 | 8/40/15 | 7,5 | 0,5 | 6,0 | 0,0 |
| 33 | 8/40/18 | 9,0 | 0,0 | 8,5 | 0,5 |
| 34 | 9/40/15 | 11,0 | 0,0 | 6,5 | 0,5 |
| 35 | 9/40/18 | 12,0 | 0,0 | 6,0 | 0,0 |
| 36 | 9/40/21,2 | 12,0 | 0,0 | 8,0 | 0,0 |

*interval spolehlivosti na hladině $\alpha=0,05$.

Tabulka 13 Setkání metodou palcovou – soubor tkanin 2

| Číslo tkaniny | Označení tkaniny | Setkání po osnově | | Setkání po útku | |
|---------------|------------------|-------------------|---------|-----------------|--------|
| | | % | 95% IS* | % | 95% IS |
| 1 | kepr 1/5 | 3,5 | 0,5 | 6,0 | 0,9 |
| 2 | kepr 2/1 | 4,0 | 0,0 | 6,0 | 0,9 |
| 3 | kepr 2/1_1/2 | 5,0 | 0,0 | 6,5 | 0,5 |
| 4 | kepr 2/4 | 3,5 | 0,5 | 4,5 | 0,5 |
| 5 | atlas 1/5 | 2,5 | 0,5 | 4,5 | 0,5 |
| 6 | atlas 2/4 | 3,5 | 0,5 | 7,0 | 0,0 |
| 7 | atlas 3/3 | 2,5 | 0,6 | 8,5 | 0,5 |
| 8 | kepr 1/5 | 5,0 | 1,0 | 7,5 | 0,4 |
| 9 | kepr 2/1 | 6,0 | 1,0 | 8,0 | 0,0 |
| 10 | kepr 2/1_1/2 | 6,0 | 0,0 | 8,0 | 0,0 |
| 11 | kepr 2/4 | 4,5 | 0,5 | 7,0 | 0,0 |
| 12 | atlas 1/5 | 4,5 | 0,5 | 6,0 | 0,0 |
| 13 | atlas 2/4 | 3,5 | 1,5 | 8,0 | 0,9 |
| 14 | atlas 3/3 | 3,0 | 0,9 | 8,5 | 0,5 |
| 16 | kepr 2/1 | 7,0 | 0,8 | 8,5 | 0,4 |
| 17 | kepr 2/1_1/2 | 8,0 | 0,8 | 8,5 | 0,4 |
| 18 | kepr 2/4 | 6,0 | 1,0 | 7,5 | 0,5 |
| 19 | atlas 1/5 | 3,0 | 0,5 | 5,5 | 1,0 |
| 20 | atlas 2/4 | 3,5 | 0,7 | 10,0 | 0,0 |
| 21 | atlas 3/3 | 3,5 | 0,4 | 10,0 | 0,0 |

*interval spolehlivosti na hladině $\alpha=0,05$.

Tabulka 14 Setkání metodou palcovou – soubor tkanin 3

| Číslo tkaniny | Setkání po osnově | | Setkání po útku | |
|---------------|-------------------|---------|-----------------|--------|
| | % | 95% IS* | % | 95% IS |
| 8 | 7,4 | 0,2 | 6,6 | 0,3 |
| 13 | 6,6 | 0,2 | 6,2 | 0,3 |
| 14 | 5,1 | 0,2 | 5,7 | 0,1 |
| 15 | 4,8 | 0,2 | 6,2 | 0,1 |
| 16 | 5,4 | 0,1 | 6,1 | 0,1 |
| 17 | 5,7 | 0,1 | 5,9 | 0,1 |

*interval spolehlivosti na hladině $\alpha=0,05$.

5.3. Porovnání setkání získaných různými metodami

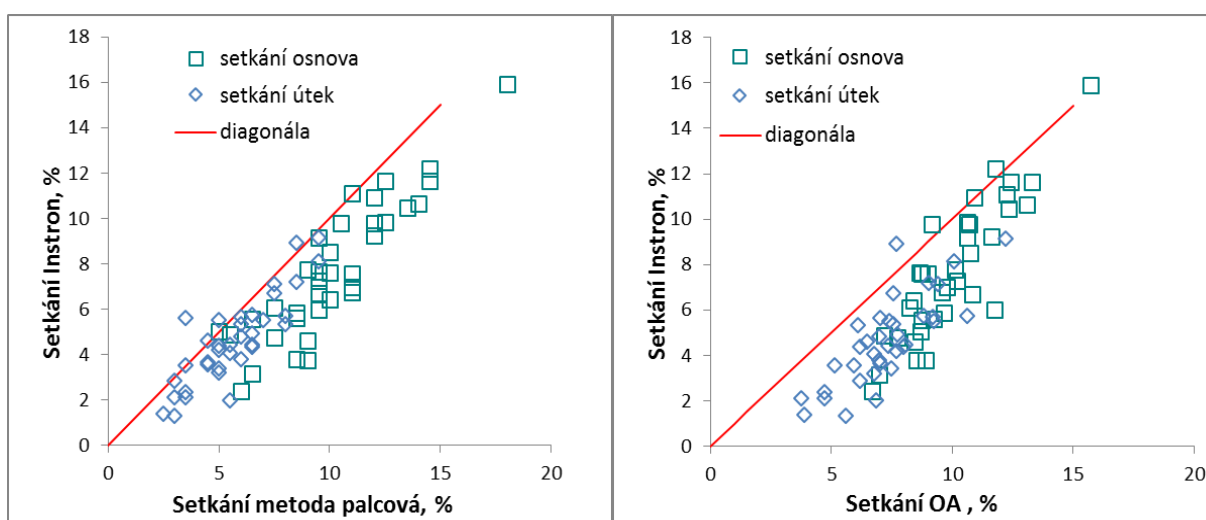
V předchozí kapitole byly popsány tři metody určování setkání nitě ve tkaninách. Porovnání naměřených hodnot setkání je námětem této kapitoly.

Soubor tkanin 1

Získané hodnoty setkání ze všech použitých metod u souboru tkanin 1 jsou porovnány graficky a použitím korelačních koeficientů. Korelační koeficienty mezi jednotlivými metodami pro setkání v obou směrech jsou uvedeny v tabulce 15. Všechny uvedené korelační koeficienty jsou statisticky významné. Grafické porovnání metod je na obr. 30.

Tabulka 15 Korelační koeficienty – soubor tkanin 1

| Korelované metody | Osnova | Útek |
|-----------------------------------|--------------|--------------|
| Obrazová analýza - Instron | 0,880 | 0,769 |
| Obrazová analýza – Palcová metoda | 0,856 | 0,820 |
| Instron – Palcová metoda | 0,891 | 0,820 |



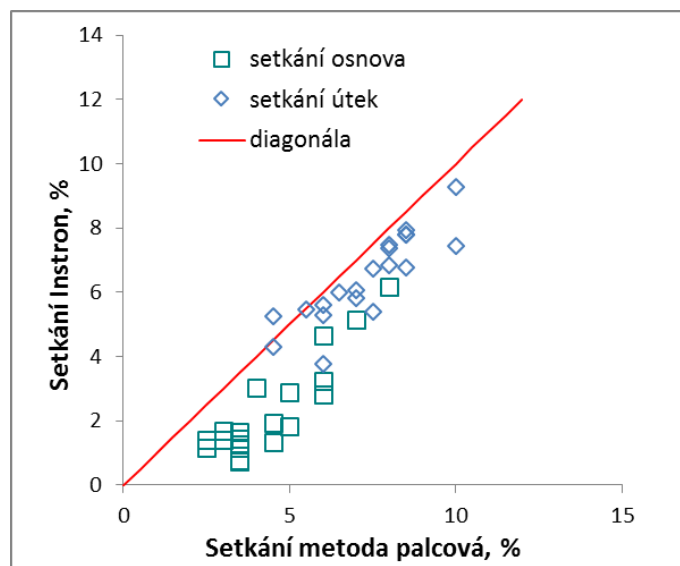
Obr. 30 Porovnání metod měření setkání, tkaniny souboru 1, plátna různé konstrukce

Soubor tkanin 2

U souboru tkanin 2 není proměřeno setkání pomocí obrazové analýzy, pouze metodou páření a zpracování tahových pracovních křivek (označeno jako Instron). Získané hodnoty setkání z obou metod u souboru tkanin 2 jsou uvedeny v tabulkách 9 a 13. Obě metody jsou porovnány graficky a pomocí korelačních koeficientů. Ty jsou uvedeny v tabulce 16. Všechny uvedené korelační koeficienty jsou statisticky významné.

Tabulka 16 Korelační koeficienty – soubor tkanin 2

| Korelované metody | Osnova | Útek |
|--------------------------|--------------|--------------|
| Instron – Palcová metoda | 0,892 | 0,867 |

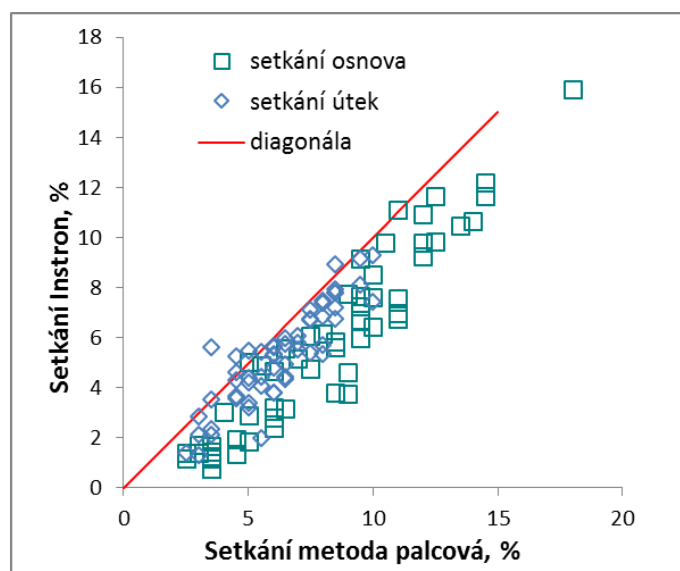


Obr. 31 Porovnání metod měření setkání, tkaniny souboru 2, různé vazby

Vzhledem k tomu, že tkaniny souboru 1 a 2 jsou vyrobeny za stejných podmínek na stejném tkacím stroji ze stejných přízí, bylo provedeno porovnání dvou metod (Instron, palcová metoda - páráni) také pro oba soubory současně. Korelační koeficienty jsou uvedeny v tabulce 17, grafické porovnání je uvedeno v grafu na obr 32. Všechny uvedené korelační koeficienty jsou statisticky významné.

Tabulka 17 Korelační koeficienty – soubor tkanin 1 a 2

| Korelované metody | Osnova | Útek |
|--------------------------|--------------|--------------|
| Instron – Palcová metoda | 0,949 | 0,861 |



Obr. 32 Porovnání metod měření setkání, tkaniny souboru 1 a 2

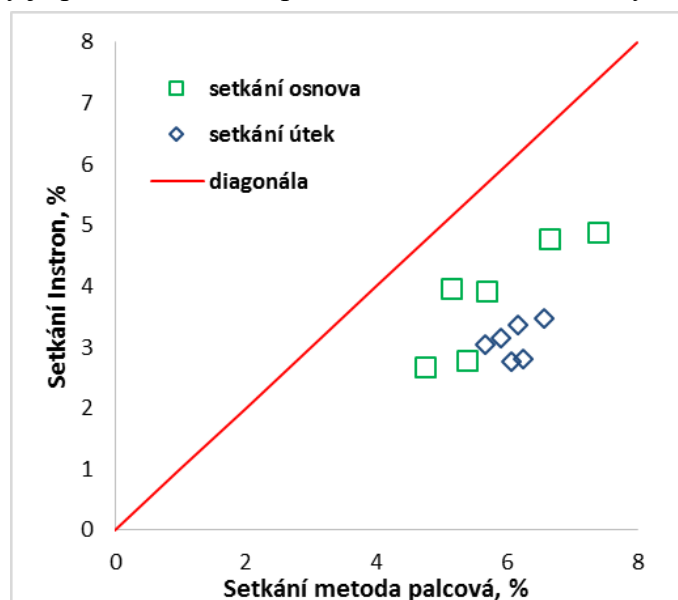
Jak je možné pozorovat, hodnoty setkání „Instron“ jsou systematicky nižší než hodnoty získané pomocí obou dalších metod.

Experimentálně detekovaná trajektorie osy zvlněné přize v příčném a podélném řezu tkaniny není ideálně vyhlazená, jak je vidět z obr. 28 a 29. Je tedy pravděpodobné, že metoda zpracování obrazu řezu tkaniny dává vyšší hodnotu setkání.

Metoda palcová je velmi subjektivní, jak bylo zmíněno výše. Vypáraná přize je napínána nedefinovanou silou mezi dvěma prsty ruky. Nelze tedy vystihnout okamžik, kdy je přize již vyrovnaná, a kdy již napínána a prodlužována. Je možné, že při napínání byla použita síla větší, než je nutné k napnutí přize, to by odpovídalo vyšším hodnotám setkání získaných touto metodou.

Soubor tkanin 3

U souboru tkanin 3 není proměřeno setkání pomocí obrazové analýzy, pouze metodou palcovou a zpracování tahových pracovních křivek (označeno jako Instron). Získané hodnoty setkání z obou metod u souboru tkanin 3 jsou uvedeny v tabulkách 10 a 14. Obě metody jsou porovnány graficky (viz obr 33) a pomocí korelačních koeficientů. Ty jsou uvedeny v tabulce 18. Statisticky významný je pouze koeficient pro setkání ve směru osnova.



Obr. 33 Porovnání metod měření setkání, tkaniny souboru 3

Tabulka 18 Korelační koeficienty – soubor tkanin 3

| Korelované metody | Osnova | Útek |
|--------------------------|--------------|-------|
| Instron – Palcová metoda | 0,853 | 0,382 |

5.4. Porovnání metod, výhody a omezení metod

Obsahem této kapitoly je porovnání nikoliv výsledků získaných výše popsanými třemi metodami, ale porovnání samotných metod. Především z hlediska náročnosti časové, materiálové a z hlediska délky sledovaného úseku tkaniny.

Princip všech použitých metod je obdobný; změřit délku tkaniny a nitě ve sledovaném úseku tkaniny. Ze získaných dat spočítat hodnotu setkání.

Hlavním rozdílem mezi použitými metodami je délka sledovaného úseku tkaniny. U metody měkkých řezů a obrazové analýzy se jedná pouze o milimetry, metoda palcová měří setkání na vzorku o velikosti 100mm a metoda zpracování tahových křivek 500mm. Vzhledem k vysoké variabilitě provázání ve tkanině je vhodnější měřit setkání na delším úseku tkaniny.

Způsob měření délky příze ve tkanině je dalším rozdílem mezi metodami. Teoreticky by mělo být měření délky příze ve vazné vlně nejpřesnější. Je měřeno přímo ve vazné vlně, nikoliv ve stavu vypáraném. Kvůli známým obtížím při vyhodnocování obrazu tkaniny (detekce „těla příze“, osy vazné vlny,...) vyhodnocovací software poskytuje nedokonale vyhlazenou trajektorii, a tím větší délku příze ve vazné vlně. Vzhledem k velikosti sledovaného úseku touto metodou se projeví ve výsledné hodnotě setkání. Proběhly pokusy o vyhlazení křivky pomocí funkce dostupné v používané obrazové analýze, ta ale vyhladí příliš konce trajektorie do nežádoucího tvaru. Tento jev je zdrojem další chyby, vyhlazení křivek tudíž nebylo použito. Obě další metody měří délku příze ve tkanině ve vypáraném stavu. Předpokladem je dokonalé narovnání, nikoliv prodloužení nitě. Dále předpokládáme, že struktura příze a tedy její vlastnosti se vypáraním nemění a korespondují s přízí nezatkanou. U metody palcové (párání) je narovnání nitě velmi subjektivní. Také odečet délky příze na milimetrovém měřítku je zdrojem nepřesnosti.

Metoda zpracování pracovních křivek přízí je více objektivní, příze jsou namáhány shodným způsobem. Empirické je pouze stanovení specifického napětí pro výpočet setkání. Tedy stanovení napětí, při kterém je příze právě narovnána a nedochází ještě k jejímu prodlužování.

Dalším významným rozdílem je náročnost metod na použitá zařízení. Měření délky nitě přímo z vazné vlny tkaniny s použitím obrazové analýzy je metodou velmi náročnou na speciální zařízení, které se vyskytuje zpravidla ve špičkově vybavených laboratořích. Je nutné mít zařízení ke tvorbě měkkých řezů tkanin (např. mikrotom, ocelové nože, bruska, mraznička.), zařízení k přímému měření je nutný systém obrazové analýzy (mikroskop, PC se specializovaným software, kamera), např. NIS-Elements AR 2.30.

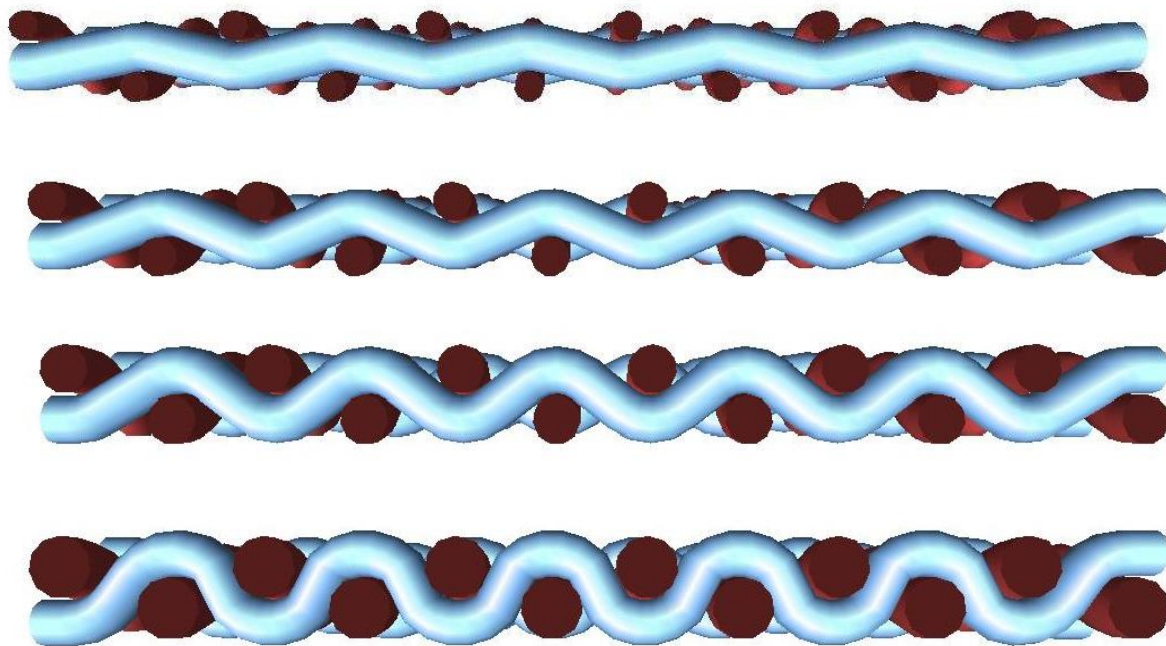
Metoda uvažující zpracování tahových křivek potřebuje přístroj na měření pevnosti a tažnosti délkových textilií se záznamem průběhu zkoušky v tahu, např. Instron. Takovéto přístroje se vyskytují již v řadových průmyslových laboratořích. Metoda palcová (párání) je zcela nenáročná na zařízení. K měření délky příze vypárané ze tkaniny je potřebné pouze délkové měřidlo a rovný povrch, např. stůl. Výhoda této metody je v její flexibilitě.

5.5. Vliv konstrukčních parametrů na setkání

Naměřené hodnoty setkání byly dále diskutovány vzhledem ke konstrukčním parametrům tkaniny, k jemnosti použitých přízí, k vazbám tkanin a dále k dostavám tkanin.

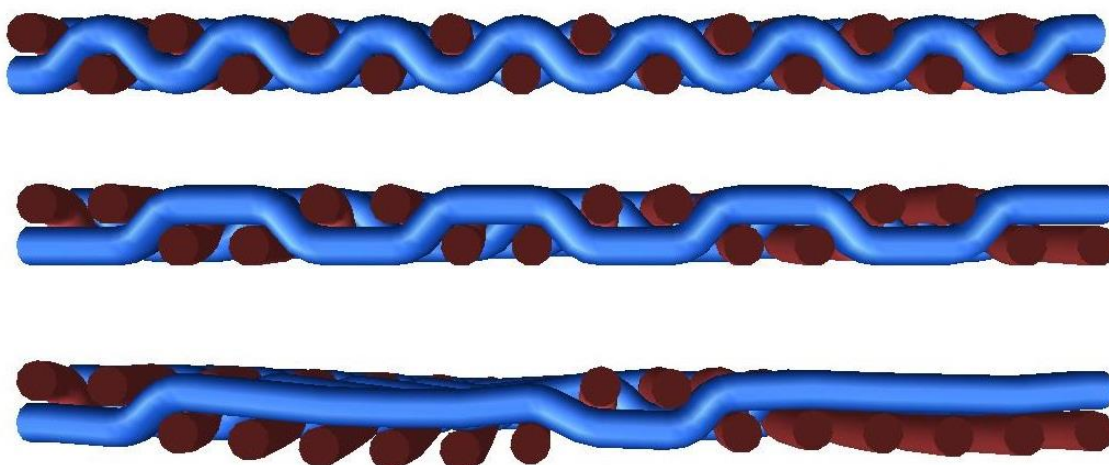
Byly ověřovány základní teoretické předpoklady [14]:

Vliv jemnosti: Čím je druhá soustava hrubší, tím je setkání vyšší, viz obr. 34. Hrubší nit vlastní soustavy nití způsobuje větší setkání.



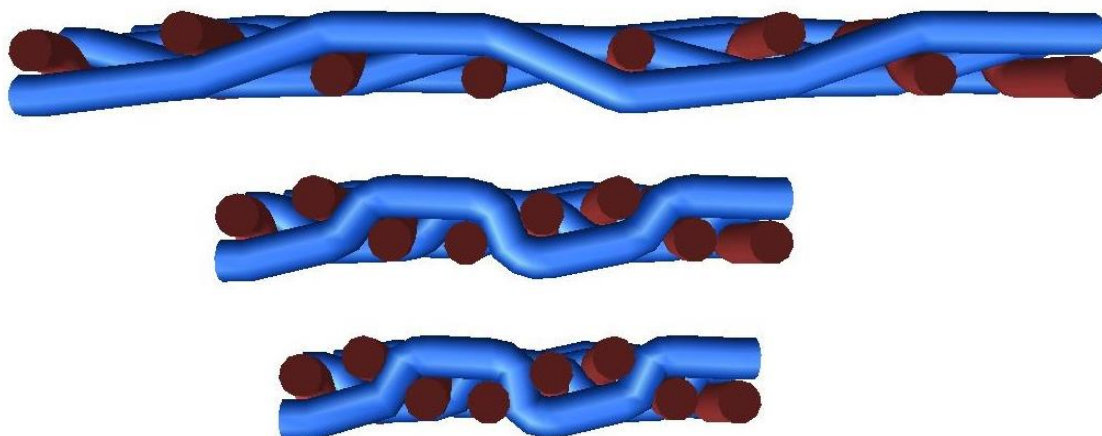
Obr. 34 Vliv jemnosti druhé soustavy na setkání (EAT, design Scope Victor)

Vliv provázání: Nitě s častými vazebnými přechody mají větší setkání než nitě s volnějším provázáním, viz obr. 35.



Obr. 35 Vliv provázání na setkání (EAT, design Scope Victor)

Vliv dostav: hustší druhá soustava způsobuje vyšší setkání, viz obr. 36.



Obr. 36 Vliv dostavy druhé soustavy na setkání (EAT, design Scope Victor)

U tkanin souboru 1 byl sledován vliv jemnosti přízí a vliv změny dostav. U tkanin souboru 2 byl sledován vliv provázání, vliv změny dostav. U tkanin souboru 3 byl sledován vliv provázání.

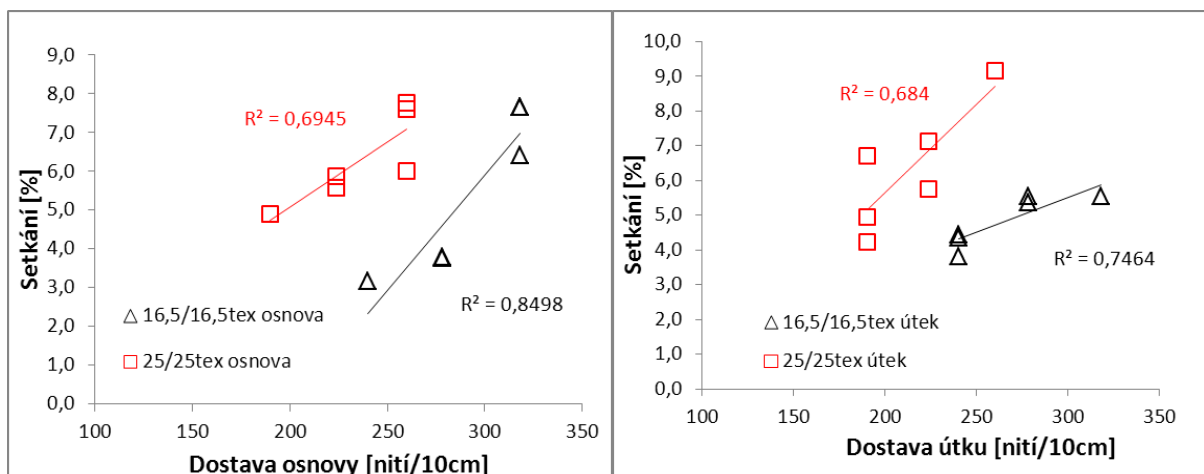
Soubor tkanin 1

Pokud sledujeme vliv dostav na hodnotu setkání „Instron“ všech tkanin souboru 1, lze z výsledků konstatovat:

- S rostoucí dostavou osnovní roste setkání po osnově.
- S rostoucí dostavou osnovní klesá setkání po útku.
- Změna dostavy útku nemá statisticky významný vliv na setkání po osnově.
- S rostoucí dostavou útku roste setkání po útku.

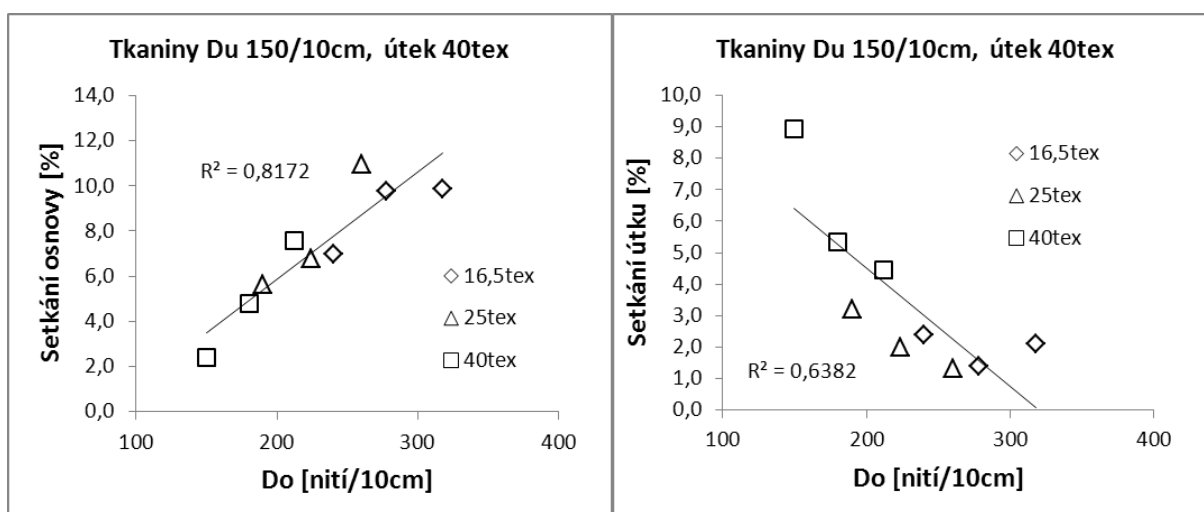
Sledované korelační koeficienty jsou statisticky významné. Tato tvrzení platí u všech metod. Do vlivu dostav jsme takto zahrnuli i vliv jemnosti příze, tkaniny jsou vyrobeny z přízí různých jemností, s dostavou stanovenou vzhledem k jemnostem.

Pokud vyloučíme vliv jemností, získáme stejný trend, viz obr 37. Jsou zde uvedeny závislosti setkání osnovy na dostavě osnovy a setkání útku na dostavě útku. S rostoucí dostavou osnovy roste setkání po osnově, s rostoucí dostavou útku roste setkání po útku. Uvedené koeficienty determinace jsou statisticky významné.



Obr. 37 Vliv dostav na hodnotu setkání „Instron“, tkaniny z přízí o jemnosti 16,5 a 25tex.

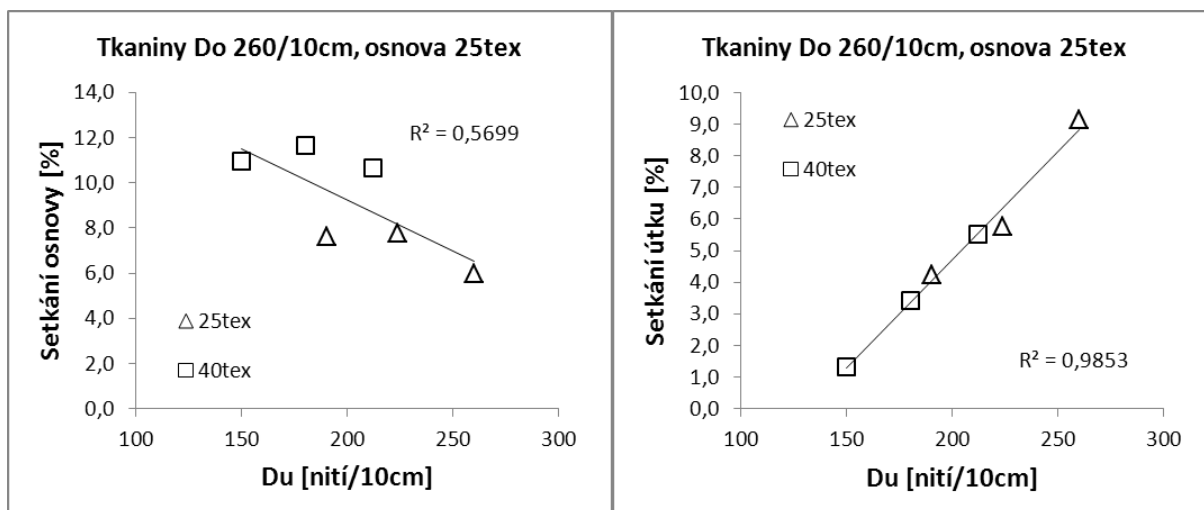
Na obr. 38 jsou uvedeny závislosti setkání „Instron“ na dostavě osnova pro tkaniny se shodnou dostavou útku 150nití/10cm, jemnost útkové příze je 40tex. Osnovní příze jsou všech tří jemností. Je vidět, že setkání osnova roste s rostoucí dostavou osnova, setkání útku klesá s rostoucí dostavou osnova. Uvedené koeficienty determinace jsou statisticky významné. Shodný trend je možné pozorovat také u dalších podsouborů tkanin.



Obr. 38 Vliv dostav osnova na setkání, tkaniny s Du 150/10cm a jemností útkové příze 40tex

V tomto souboru tkanin nelze hodnotit čistý vliv jemnosti osnovní, případně útkové příze, na hodnotu setkání. Nejsou zde tkaniny se shodnými strojovými dostavami s různými jemnostmi, kde by bylo možné tento vliv jednoznačně stanovit. Dostavy jsou zde stanoveny vzhledem k jemnostem přízí pro danou plnost tkaniny.

Na obr 39 jsou znázorněny závislosti setkání „Instron“ na dostavě útku pro tkaniny se stejnou dostavou osnova 260nití/10cm a shodnou osnovní přízí o jemnosti 25tex.



Obr. 39 Vliv dostav útku na setkání, tkaniny s Do 260/10cm a jemností osnovní příže 25tex

Útkové příže jsou jemností 25 a 40tex. Je vidět, že setkání osnovy klesá s rostoucí dostavou útku, setkání útku roste s rostoucí dostavou útku. Uvedený koeficient determinace na obr 39 vpravo je statisticky významný. Shodný trend je možné pozorovat také u dalších podsouborů tkanin a u hodnot setkání zjištěných i dalšími dvěma metodami.

Zdůvodnění:

Dle teorií se předpokládá nárůst setkání útku se zvyšující se dostavou osnovy a obráceně, nárůst setkání osnovy se zvyšující se dostavou útku. Trendy zjištěné u souboru tkanin 1 jsou ale jiné.

Standardně mají tkaniny vyšší dostavu osnovy než dostavu útku, tedy setkání útku a tažnost tkanin ve směru útku je vyšší než ve směru osnovy. Již pohledem na příčné a podélné řezy tkanin souboru 1 lze vidět, např. na obr 28, 29 a v příloze 4, že zvlnění osnovních nití je vyšší než zvlnění útkových nití. Ve většině případů mají tkaniny tohoto souboru vyšší setkání a tažnost v osnovním směru než v útkovém. Zvýšení dostavy osnovy v tkaninách s plátňovým provázáním způsobí vyšší zvlnění a tím vyšší setkání nití osnovní soustavy. Vysoký poměr v dostavách nití v kombinaci s jemností nití vede na obrácené chování tkanin v obou směrech také z hlediska tažnosti.

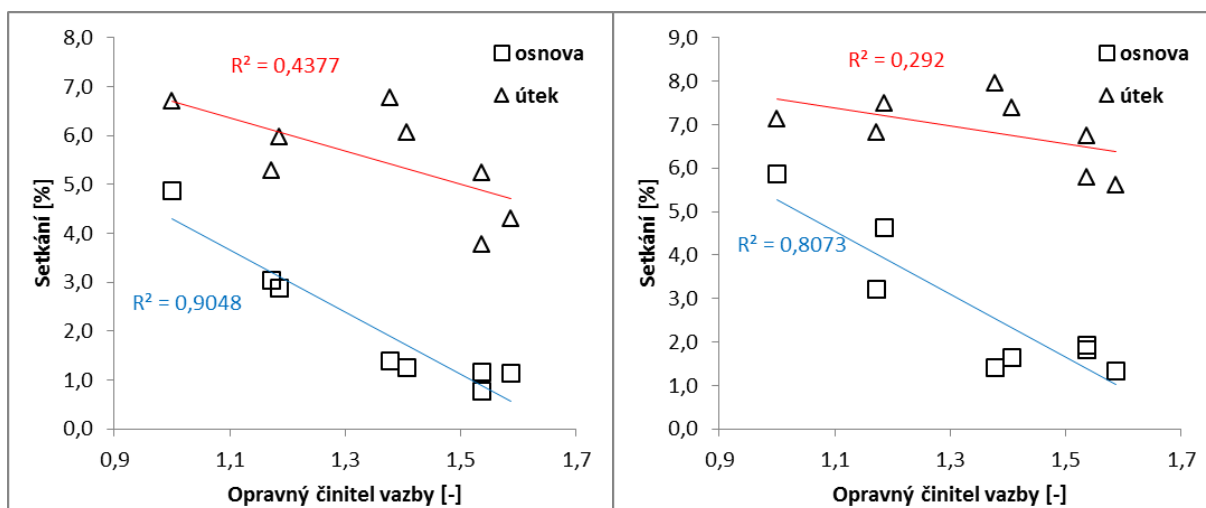
Vzhledem k této skutečnosti nelze očekávat potvrzení výše uvedených teoretických předpokladů. Navyšování dostavy osnovy u nestandardních konstrukcí tkanin tedy vede ke zvýšení setkání osnovy.

U souboru tkanin 2 byl sledován vliv provázání. Provázání (vazba) může být popsáno číselnými charakteristikami, např. koeficientem provázání, počtem vazných bodů ve střídě, počtem přechodů v osnově, počtem a typem pórů apod. Setkání je zde diskutováno vzhledem k opravnému činiteli vazby. Hodnoty této charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 4.

Předpokládá se, že nitě s častými vazebnými přechody mají větší setkání, než nitě s volnějším provázáním. Teoreticky by tedy nejvyšších hodnot setkání měly dosahovat tkaniny v plátňové vazbě a nejnižších hodnot tkaniny ve vazbě šestivazné. Dále vzhledem

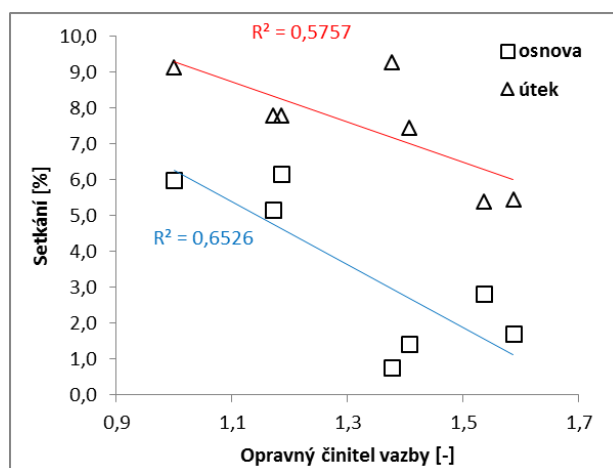
k dosažitelnosti vyšších dostav, by měly mít vyšší setkání tkaniny ve vazbě atlasové než keprové stejnévazné. Tedy tkanina v šestivazném atlasu (prakticky vyšší dostava) by měla mít vyšší setkání než tkanina v šestivazném kepru.

Závislost setkání přízí v osnově i útku tkanin souboru 2 v závislosti na opravném činitele vazby je znázorněno na obr 40. Kvůli odstranění vlivu dostav u tohoto souboru, byl rozdělen na tři podsoubory tkanin shodných dostav. Jedinou proměnnou tak zůstává vazba tkaniny, vyjádřená prostřednictvím opravného činitele vazby, případně prostřednictvím stupně provázání.



a) Tkaniny s dostavami $D_o = D_u$
19nití/cm

b) Tkaniny s dostavami $D_o = D_u$
22,4nití/cm



c) Tkaniny s dostavami $D_o = D_u$ 26 nití/cm

Obr. 40 Závislost setkání na opravném činitele vazby

Jak vyplývá z trendů na obr. 40, klesá setkání v obou směrech u všech tří podsouborů tkanin s rostoucí hodnotou opravného činitele vazby. Což koresponduje s výše uvedenými předpoklady. Uvedené koeficienty determinace u setkání v osnovním směru jsou statisticky významné. Koeficienty determinace u setkání ve směru útkovém nikoliv. Korelační koeficienty mezi opravným činitelem vazby a setkáním jsou uvedeny v tabulce. Tučně označené

koeficienty jsou statisticky významné. Ve čtvrtém sloupci tabulky jsou uvedeny koeficienty pro všechny tkaniny souboru 2, je zde tedy zahrnut také vliv dostav.

Tabulka 19 Korelační koeficienty mezi setkáním a opravným činitelem vazby

| Směr | Tkaniny s dostavami | | | Všechny tkaniny |
|--------|---------------------|---------------|---------------|-----------------|
| | 19/19 | 22,4/22,4 | 26/26 | |
| Osnova | -0,953 | -0,901 | -0,811 | -0,836 |
| Útek | -0,655 | -0,535 | -0,753 | -0,541 |

U tkanin souboru 3 byl sledován také vliv provázání. Vazba zde byla popsána také pomocí koeficientu provázání. Dále byl předpokládán vliv počtu přechodů na hodnotu setkání přízí ve tkanině, a to nárůst setkání s rostoucím počtem přechodů v osnově i v útku. Počet přechodů zde zahrnuje nejen přechody nitě z „rubu na líc“ v rámci jednotlivých základních vazeb, ale i přechody na hranicích jednotlivých kontur vzoru, tedy přechody mezi základními vazbami. Vliv charakteristik byl sledován jen u velmi malého počtu tkanin. Pouze čtyři tkaniny ze souboru 3 byly shodné konstrukce, tedy vliv provázání zde nezahrnoval také vliv dostav. Charakteristiky vazeb, koeficient provázání a průměrné počty přechodů v osnovní a útkové mezeře, jsou uvedeny v tabulce 7. V tabulce 20 jsou uvedeny korelační koeficienty mezi setkáním a jednotlivými parametry vazby. Statisticky významný je pouze korelační koeficient mezi setkáním ve směru osnovy a koeficientem provázání. Předpokládali jsme, že naddodávka osnovních, případně útkových nití je dána pouze počtem přechodových úseků, protože flotážní úseky považujeme za úsečkové. Z měkkých řezů tkanin bylo ale zjištěno, flotážní úseky mají tvar obloučků, na naddodávce délky nití se tedy podílí nejen přechodové, ale také flotážní úseky. Korelace mezi setkáním a středním počtem přechodů není statisticky významná.

Tabulka 20 Korelační koeficienty mezi setkáním a charakteristikami vazby

| Setkání směr | Koeficient provázání | Počet přechodů |
|--------------|----------------------|----------------|
| Osnova | -0,999 | 0,630 |
| Útek | -0,073 | 0,817 |

5.6. Predikce tloušťky tkanin v plátnovém provázání

Experimentem získané hodnoty setkání nám umožňují použitím Peirceova modelu dopočítat jinak obtížně zjistitelné vstupní data modelu: výšky vazné vlny osnovy a útku. Na základě znalosti výšek vazné vlny osnovní a útkové lze dopočítat tloušťku tkaniny. Odvození výpočetních vztahů a postup výpočtu jsou uvedeny v kapitole 4.1. Užití Peirceova modelu pro odhad tloušťky tkaniny. Vstupními daty jsou strojová dostava osnovy a útku, průměr nezatkané příze a setkání osnovy a útku. Průměr nezatkané příze byl získán metodou publikovanou v [8] až [10].

Tabulka 20 Tloušťka tkanin – soubor tkanin 1

| číslo tkaniny | označení tkaniny | Tloušťkoměr | | Obrazová analýza | | Výpočet dle (37) |
|---------------|------------------|-------------|---------|------------------|---------|------------------|
| | | t [mm] | 95% IS* | t [mm] | 95% IS* | t [mm] |
| 1 | 1/16,5/24 | 0,285 | 0,005 | 0,278 | 0,007 | 0,209 |
| 2 | 2/16,5/24 | 0,305 | 0,005 | 0,287 | 0,009 | 0,222 |
| 3 | 2/16,5/27,8 | 0,305 | 0,007 | 0,287 | 0,006 | 0,222 |
| 4 | 3/16,5/24 | 0,320 | 0,000 | 0,292 | 0,008 | 0,262 |
| 5 | 3/16,5/27,8 | 0,315 | 0,005 | 0,293 | 0,006 | 0,257 |
| 6 | 3/16,5/31,8 | 0,315 | 0,005 | 0,288 | 0,005 | 0,239 |
| 7 | 1/25/19 | 0,320 | 0,010 | 0,291 | 0,040 | 0,304 |
| 8 | 2/25/19 | 0,320 | 0,000 | 0,332 | 0,009 | 0,305 |
| 9 | 2/25/22,4 | 0,330 | 0,000 | 0,337 | 0,010 | 0,287 |
| 10 | 3/25/19 | 0,345 | 0,005 | 0,357 | 0,010 | 0,353 |
| 11 | 3/25/22,4 | 0,345 | 0,005 | 0,339 | 0,009 | 0,334 |
| 12 | 3/25/26 | 0,350 | 0,000 | 0,333 | 0,008 | 0,283 |
| 13 | 1/40/15 | 0,380 | 0,000 | 0,365 | 0,008 | 0,370 |
| 14 | 2/40/15 | 0,405 | 0,005 | 0,356 | 0,008 | 0,421 |
| 15 | 2/40/18 | 0,395 | 0,005 | 0,352 | 0,008 | 0,391 |
| 16 | 3/40/15 | 0,410 | 0,000 | 0,377 | 0,009 | 0,418 |
| 17 | 3/40/18 | 0,395 | 0,005 | 0,340 | 0,006 | 0,392 |
| 18 | 3/40/21,2 | 0,405 | 0,005 | 0,340 | 0,006 | 0,383 |
| 19 | 4/25/19 | 0,345 | 0,005 | 0,346 | 0,008 | 0,362 |
| 20 | 5/25/19 | 0,350 | 0,000 | 0,380 | 0,012 | 0,327 |
| 21 | 5/25/22,4 | 0,365 | 0,007 | 0,357 | 0,012 | 0,320 |
| 22 | 6/25/19 | 0,365 | 0,005 | 0,374 | 0,012 | 0,355 |
| 23 | 6/25/22,4 | 0,355 | 0,005 | 0,402 | 0,018 | 0,326 |
| 24 | 6/25/26 | 0,370 | 0,000 | 0,449 | 0,018 | 0,304 |
| 25 | 4/40/15 | 0,405 | 0,005 | 0,406 | 0,012 | 0,371 |
| 26 | 5/40/15 | 0,425 | 0,005 | 0,404 | 0,010 | 0,385 |
| 27 | 5/40/18 | 0,415 | 0,005 | 0,392 | 0,012 | 0,374 |
| 28 | 6/40/15 | 0,430 | 0,000 | 0,425 | 0,011 | 0,465 |
| 29 | 6/40/18 | 0,430 | 0,010 | 0,410 | 0,011 | 0,417 |
| 30 | 6/40/21,2 | 0,435 | 0,005 | 0,389 | 0,012 | 0,356 |
| 31 | 7/40/15 | 0,425 | 0,005 | 0,445 | 0,010 | 0,484 |
| 32 | 8/40/15 | 0,445 | 0,005 | 0,427 | 0,010 | 0,393 |
| 33 | 8/40/18 | 0,435 | 0,005 | 0,409 | 0,008 | 0,390 |
| 34 | 9/40/15 | 0,460 | 0,000 | 0,445 | 0,011 | 0,450 |
| 35 | 9/40/18 | 0,465 | 0,005 | 0,434 | 0,012 | 0,434 |
| 36 | 9/40/21,2 | 0,465 | 0,005 | 0,405 | 0,010 | 0,371 |

*interval spolehlivosti na hladině $\alpha=0,05$.

Vypočtené hodnoty tloušťky tkanin ze souboru 1 jsou uvedeny v tabulce 20. Dále jsou zde pro porovnání uvedeny hodnoty tloušťky tkanin získané experimentálně. Tloušťky byly měřeny dvěma způsoby:

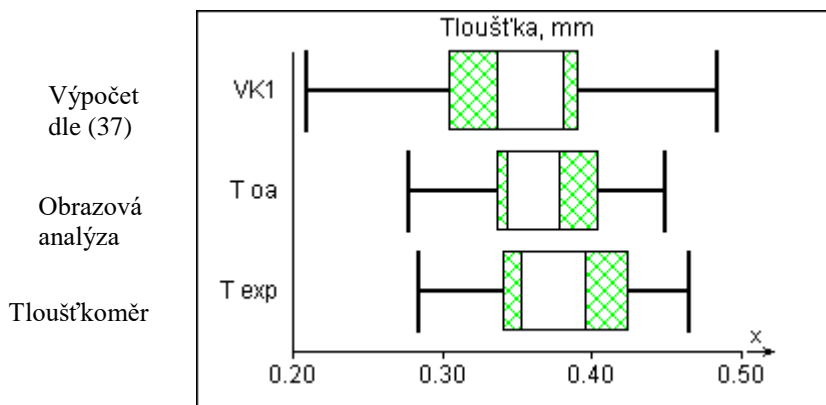
- 1) na tloušťkoměru dle normy ČSN EN ISO 5084 při tlaku 1kPa,
- 2) zpracováním měkkých řezů tkanin pomocí obrazové analýzy (OA) dle [13].

Tloušťky měřené oběma metodami a tloušťka vypočtená byly porovnány za účelem ověření platnosti výpočtu tloušťky dle modelu (37). Porovnání bylo provedeno prostřednictvím

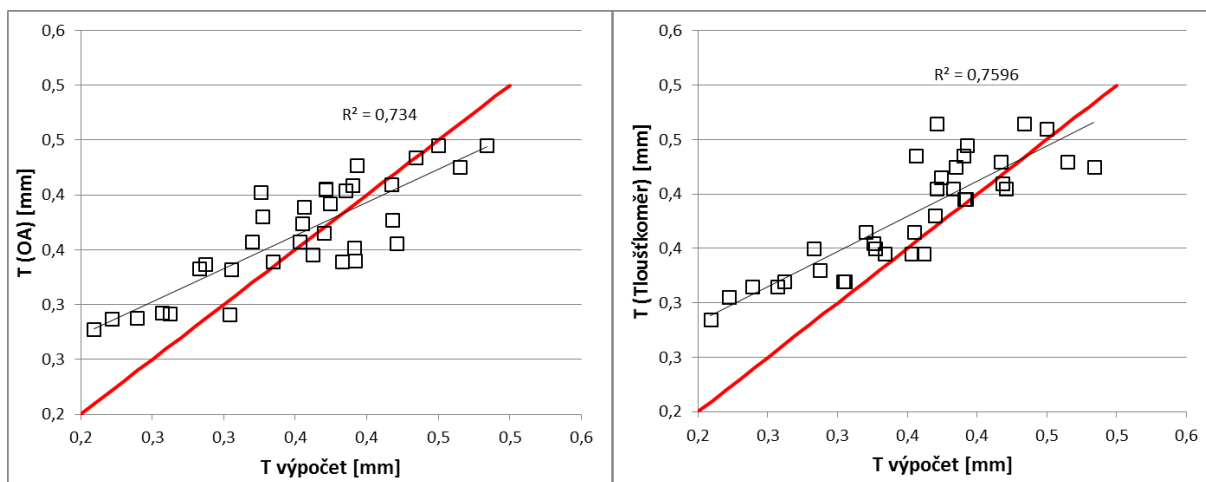
korelačních koeficientů. Korelační koeficienty jsou statisticky významné a jsou uvedeny v tabulce 21. Grafické porovnání je uvedeno na obrázcích 41 a 42.

Tabulka 21 Korelační koeficienty

| Korelované metody | |
|--------------------------------|--------------|
| Obrazová analýza - Výpočet | 0,857 |
| Obrazová analýza - Tloušťkoměr | 0,884 |
| Tloušťkoměr - výpočet | 0,872 |



Obr. 41 Porovnání tloušťky tkanin pomocí krabicového grafu



Obr. 42 Porovnání hodnot tloušťky tkanin experimentálních a teoretických

Naměřené hodnoty tloušťky oběma metodami dosahují pro tkaniny z jemnějších česaných přízí (16,5tex) vyšších hodnot ve vztahu k hodnotám získaným výpočtem. Pro tkaniny z hrubších mykaných přízí dosahují zase nižších hodnot vzhledem k vypočteným hodnotám. Pravděpodobnou příčinou jsou vlivy jednotlivých experimentálních metod. Naměřená data jsou ovlivněna 1) zaplněním ve vazných bodech (je vyšší u tkanin se stejnou hustotou), 2) tvrdostí přízí (jemnější příze mají vyšší hodnotu zaplnění než příze hrubší), 3) chlupatostí příze (chlupatost na povrchu přízí - mech u jemnějších a hrubších má jiný charakter). Výpočetní vztah tyto jevy nezahrnuje.

5.7. Predikce tloušťky tkaniny v neplátnovém provázání

Odvozením dle Peirceova modelu z obrázku 9 jsme odvodili rovnici (37) pro výpočet tloušťky tkaniny v plátnovém provázání. U tkanin v provázání neplátnovém je tloušťka ovlivněna možností dosažení vyšších hodnot dostav. Tento jev popisuje opravný činitel vazby, viz výše. Proto byl navržen model (64). S použitím metody nejmenších čtverců byl proveden odhad parametru x . Tloušťka tkanin ze souboru 2 byla tedy vypočtena dle vztahu (65).

$$t_{\text{neplátno}} = t_{\text{plátno}} (f^m)^x \quad (64)$$

$$t = (d_o + d_u) \max \left[\frac{d_u}{d_o + d_u} + e_u, \frac{d_o}{d_o + d_u} + e_o \right] f^{1,69m} \quad (65)$$

Vypočtené hodnoty tloušťky tkanin ze souboru 2 jsou uvedeny v tabulce 22. Dále jsou zde pro porovnání uvedeny hodnoty tloušťky tkanin získané experimentálně na tloušťkoměru dle normy ČSN EN ISO 5084 při tlaku 1kPa. Tloušťky měřené a tloušťky vypočtené byly porovnány za účelem ověření platnosti výpočtu tloušťky dle modelu (65). Vstupními daty jsou, stejně jako u modelu (37), strojová dostava osnovy a útku, průměr nezatkané příze a setkání osnovy a útku změřené metodou „Instron“.

Porovnání predikovaných a měřených hodnot tloušťky je provedeno pomocí korelačního koeficientu, uvedeného v tabulce 23, a graficky na obrázku 43. Uvedený korelační koeficient je statisticky významný.

Tabulka 23 Korelační koeficienty

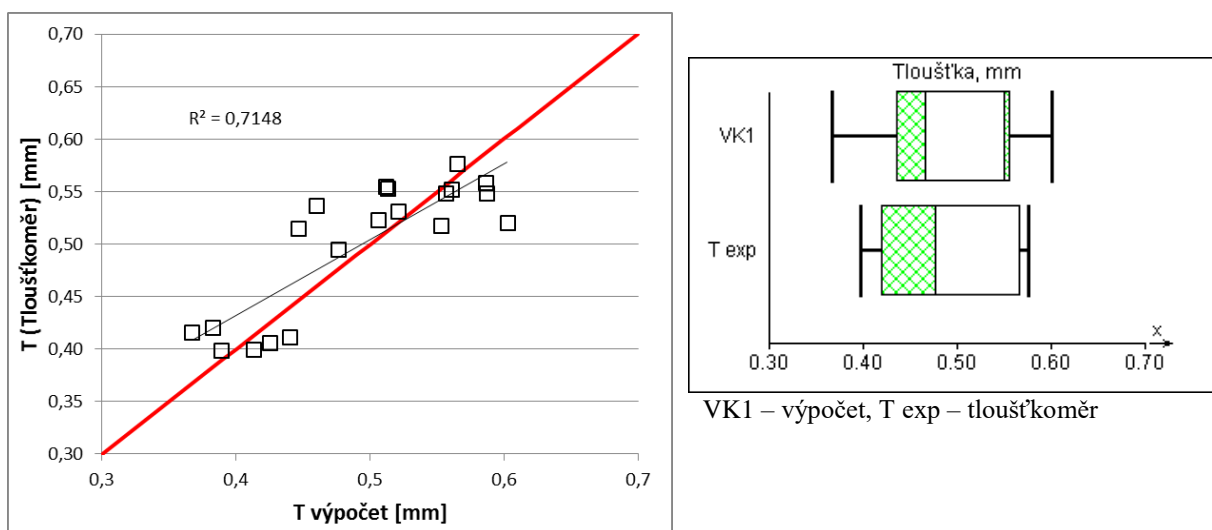
| | |
|----------------------------|--------------|
| Korelované metody | |
| Tloušťkoměr – Výpočet (44) | 0,847 |

Tabulka 22 Tloušťka tkanin – soubor tkanin 2

| číslo tkaniny | označení tkaniny | Tloušťkoměr | | Výpočet dle (37) | Výpočet dle (65) |
|---------------|------------------|-------------|---------|------------------|------------------|
| | | t [mm] | 95% IS* | t [mm] | t [mm] |
| 1 | kepr 1/5 | 0,555 | 0,005 | 0,248 | 0,512 |
| 2 | kepr 2/1 | 0,400 | 0,000 | 0,316 | 0,413 |
| 3 | kepr 2/1_1/2 | 0,412 | 0,004 | 0,330 | 0,440 |
| 4 | kepr 2/4 | 0,521 | 0,005 | 0,292 | 0,602 |
| 5 | atlas 1/5 | 0,548 | 0,006 | 0,269 | 0,587 |
| 6 | atlas 2/4 | 0,549 | 0,003 | 0,313 | 0,557 |
| 7 | atlas 3/3 | 0,577 | 0,004 | 0,329 | 0,565 |
| 8 | kepr 1/5 | 0,558 | 0,004 | 0,284 | 0,586 |
| 9 | kepr 2/1 | 0,399 | 0,003 | 0,298 | 0,389 |
| 10 | kepr 2/1_1/2 | 0,406 | 0,003 | 0,319 | 0,425 |
| 11 | kepr 2/4 | 0,518 | 0,004 | 0,268 | 0,553 |
| 12 | atlas 1/5 | 0,552 | 0,004 | 0,257 | 0,561 |
| 13 | atlas 2/4 | 0,532 | 0,004 | 0,293 | 0,521 |
| 14 | atlas 3/3 | 0,553 | 0,003 | 0,299 | 0,513 |
| 16 | kepr 2/1 | 0,416 | 0,004 | 0,281 | 0,367 |
| 17 | kepr 2/1_1/2 | 0,420 | 0,005 | 0,287 | 0,383 |
| 18 | kepr 2/4 | 0,495 | 0,003 | 0,231 | 0,477 |

| | | | | | |
|----|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 19 | atlas 1/5 | 0,523 | 0,003 | 0,232 | 0,506 |
| 20 | atlas 2/4 | 0,515 | 0,003 | 0,251 | 0,446 |
| 21 | atlas 3/3 | 0,537 | 0,003 | 0,268 | 0,460 |

*interval spolehlivosti na hladině $\alpha=0,05$.



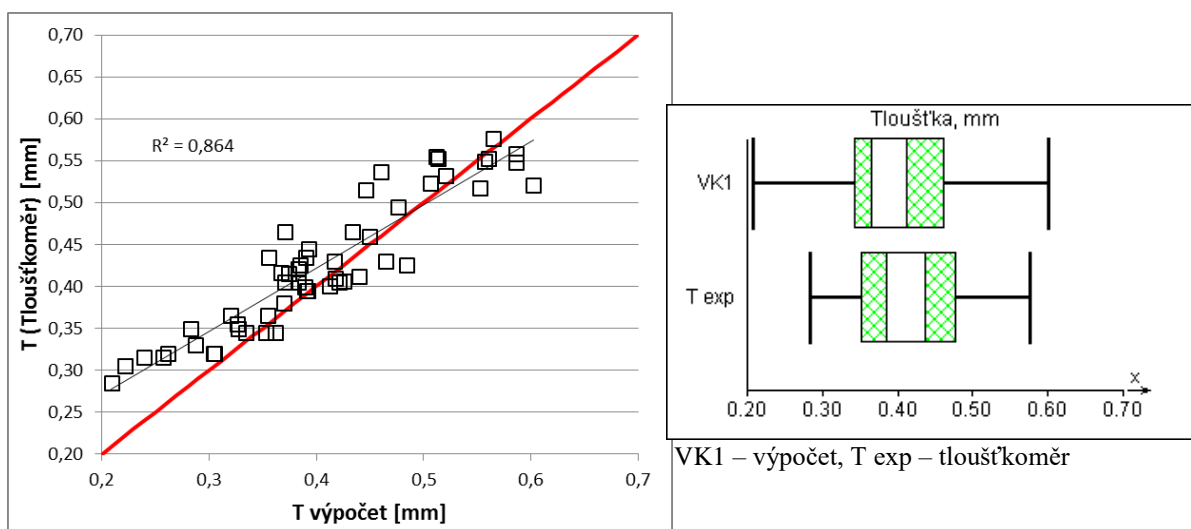
Obr. 43 Porovnání hodnot tloušťky tkanin experimentálních a teoretických, soubor 2

Predikce tloušťky všech tkanin

Shrnutím tkanin souboru 1 a 2 do jednoho, získáme ucelený soubor 57 tkanin různých vazeb, dostav a jemností, které byly vyrobeny na stejném stroji. Porovnání experimentálních a vypočtených hodnot tloušťky tkanin je uvedeno v tabulce 24 a na obr 44.

Tabulka 24 Korelační koeficienty

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Korelované metody | |
| Tloušťkoměr – Výpočet (37), (65) | 0,93 |



Obr. 44 Porovnání hodnot tloušťky tkanin experimentálních a teoretických u všech tkanin

Z uvedených grafů a korelačních koeficientů vyplývá vysoká míra shody experimentálních a predikovaných hodnot tloušťky. Ovšem vztah pro výpočet tloušťky tkanin v neplátnovém provázání je nutné ověřit na dalších souborech dat.

Nabízí se možnost ověření tohoto vztahu (65) na souboru tkanin 3. Predikované hodnoty tloušťky jsou porovnávány s hodnotami získanými experimentem. Zde je ale na místě analyzovat způsob měření tloušťky tkanin s celoplošným vzorem. Je u těchto tkanin vliv vzoru (vazby) na tloušťku tkanin? Pokud ano, je nutné upravit odběr vzorků k měření tloušťky. Dle stávající normy se měří tloušťka tkanin na ploše 20cm². Velikost desénu jednoduchých žakárských tkanin souboru 3 se pohybuje od 500 do 1000cm². Bylo by tedy nutné dle velikosti desénu provést 20 a více měření k pokrytí celého desénu. Řešení tohoto problému není ale cílem disertační práce, je možné touto cestou směřovat další výzkum.

5.8. Predikce setkání přízí dle výpočetních modelů

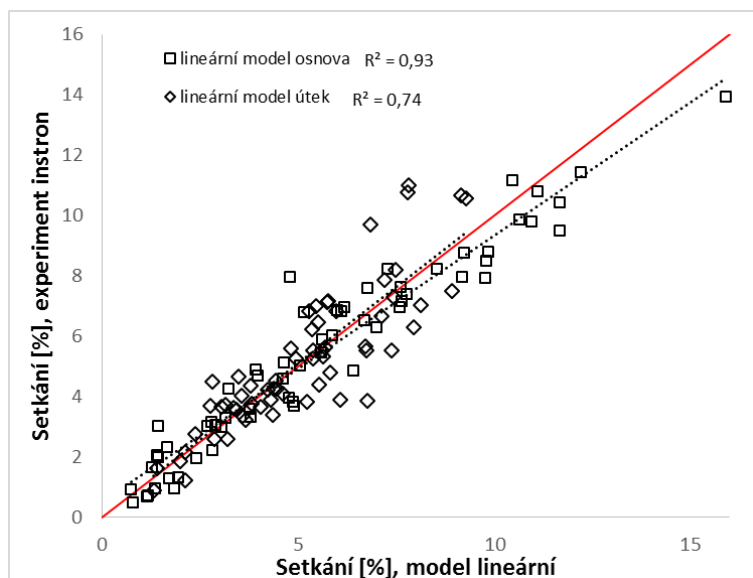
Setkání přízí u experimentálních tkanin souborů 1 až 3 bylo vypočteno dle modelů uvedených v kapitole 2.3. Odhad setkání užitím modelů.

Výpočet setkání byl proveden skriptem v prostředí MatLab, jeho přepis je uveden v příloze 6.

Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce v příloze 7. Setkání predikované bylo porovnáno graficky a pomocí korelačních koeficientů se setkáním experimentálně zjištěným metodou Instron a metodou palcovou, a to pro všechny experimentální tkaniny v neplátnovém i plátnovém provázání. Vypočtené korelační koeficienty jsou uvedeny v tabulce 25. Všechny uvedené koeficienty jsou statisticky významné.

Tabulka 25 Korelační koeficienty

| Metoda/model | Směr | |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| | Osnova | Útek |
| Palcová metoda - Instron | 0,950 | 0,831 |
| Palcová metoda - lineární model | 0,913 | 0,747 |
| Palcová metoda - model Peirce | 0,897 | 0,740 |
| Palcová metoda - model sinus | 0,915 | 0,745 |
| Palcová metoda - model parabola | 0,925 | 0,731 |
| Palcová metoda – model hyperbola | 0,887 | 0,742 |
| Instron - lineární model | 0,965 | 0,854 |
| Instron - model Peirce | 0,952 | 0,822 |
| Instron - model sinus | 0,966 | 0,854 |
| Instron - model parabola | 0,971 | 0,833 |
| Instron– model hyperbola | 0,948 | 0,847 |



Obr 45 Porovnání experimentálního a modelového setkání

Na obrázku 45 je uveden příklad grafického porovnání setkání experimentálního, získané metodou Instron, s predikovaným setkáním pomocí modelu lineárního. Vyšší míry korelace s predikovanými hodnotami setkání dosahuje setkání získané metodou Instron. Rozdíl ale není příliš velký. Dále z predikovaných dat (viz příloha 6) vyplývá, že se hodnoty setkání dle různých modelů liší pouze v desetínách procent. K predikci setkání se tedy zdá být postačující i nejjednodušší model lineární.

Závěr

Předmětem disertační práce byl především vývoj metodiky měření setkání přízi ve tkanině. Dále její ověření na vybraných experimentálních tkaninách a analýza výsledků měření setkání touto metodou s cílem potvrdit správnost a použitelnost získaných experimentálních dat a tedy i této nové metody měření setkání přízi ve tkanině.

Metoda byla odvozena na základě znalosti tahových pracovních křivek příze vypárané ze tkaniny a tahové pracovní křivky příze volné, původní, ze které byla tkanina vyrobena.

Bylo zjištěno, že vypočtená hodnota setkání je citlivá na šíři intervalu specifických napětí, ve kterém je hodnota setkání počítána. Bylo nutné sledovat vliv dolní hranice intervalu na hodnotu setkání za účelem stanovit optimální dolní hranici intervalu napětí, ve kterém bude hodnota setkání určena. Byla stanovena jako hodnota napětí, po jehož překročení se stává závislost hodnoty setkání na této hodnotě nezávislou, tedy konstantní. Tuto hodnotu nelze stanovit obecně, je nutné ji zjistit pro každý materiál zvlášť.

Jako srovnávací metody experimentální byly zvoleny metody dostupné, tedy klasická prakticky používaná metoda páráním nitě ze tkaniny a metoda zpracování měkkých řezů tkanin. Všechny tři metody byly porovnány jak z hlediska naměřených dat, tak srovnáním dle dostupnosti potřebných pomůcek, zařízení a přesností získaných dat. Princip všech tří metod je podobný, každá má ale své výhody a omezení. Metoda páráním, nazývána také metodou palcovou, je výhodná svou jednoduchostí, nenáročností na pomůcky a laboratorní přístroje. Její velkou nevýhodou je subjektivita a nepřesnost.

Metoda zpracování měkkých řezů pomocí analýzy obrazu je elegantní, ale velmi náročná na laboratorní zařízení, která se vyskytují spíše ve specializovaných laboratořích. K proměření větších úseků tkanin je nutné zpracovat velké množství řezů, neboť proměřovaná délka tkaniny je na jednom řezu pouze v řádu milimetrů. Metoda zpracování tahových pracovních křivek je v souladu normami ČSN ISO, které stanoví nejen počet měření tahových vlastností tkaniny, ale také sledovanou délku tkaniny. Ta je v tomto případě 500mm, je rovna normované upínací délce pro získání tahové pracovní křivky. Tato délka jako jediná vyhovuje měření setkání u tkanin žakárských s celoplošným vzorem, kde je nutné proměřit celou střídu čítající i stovky nití, velikostí řádově v desítkách centimetrů. Ale i u tkanin listových a žakárských s drobným motivem je vhodnější vzhledem k variabilitě provázání ve tkanině měřit setkání na větším úseku tkaniny.

Nevýhodou této metody se zdá být nutnost mít k dispozici i přízi nezatkanou, u výrobců tkanin, které setkání zajímá především, je ale vždy k dispozici. Také potřebný přístroj, dynamometr se záznamem souřadnic tahové pracovní křivky, bývá již v řadových průmyslových laboratořích.

Experimentem získané hodnoty setkání byly porovnány pomocí korelačních koeficientů a graficky. Korelační koeficienty mezi metodami jsou statisticky významné. Hodnoty setkání „Instron“ jsou systematicky nižší než hodnoty získané pomocí obou dalších metod. Experimentálně detekovaná trajektorie osy zvlněné příze v příčném a podélném řezu tkaniny není ideálně vyhlazená, je tedy pravděpodobné, že metoda zpracování obrazu řezu tkaniny dává

vyšší hodnotu setkání. Metoda palcová je velmi subjektivní, je možné, že při napínání příze na měřítko byla použita síla větší, než je nutné k napnutí příze.

Získané hodnoty setkání metodou Instron byly použity k predikci tloušťky tkaniny dle výpočetních vztahů odvozených na základě Peirceova modelu. Predikované hodnoty tloušťky u tkanin souboru 1 byly dále porovnány s hodnotami experimentálními. Tloušťky byly měřeny dvěma způsoby, standardně dle normy na tloušťkoměru a zpracováním měkkých řezů tkanin pomocí obrazové analýzy.

U tkanin souboru 2 – tkaniny v neplátnovém provázání, byly také vypočteny tloušťky dle výše uvedeného modelu. Predikované hodnoty tloušťky tkanin v neplátnovém provázání ale byly nižší, než hodnoty experimentálně zjištěné. U tkanin v neplátnovém provázání dochází totiž vlivem flotáží k dosažení vyšších dostav podsouváním nití po sebe. To má za následek zvýšení tloušťky tkanin v neplátnovém provázání. Tento jev je číselně popsán opravným činitelem vazby. Proto byl vztah pro výpočet tloušťky modifikován pomocí tohoto činitele.

Tloušťky měřené oběma metodami a tloušťka vypočtená byly porovnány pomocí korelačních koeficientů za účelem ověření platnosti výpočtu tloušťky dle modelu. Zjištěné korelační koeficienty jsou statisticky významné.

Experimentálně zjištěné hodnoty setkání byly dále diskutovány vzhledem k možným parametrům tkanin, které setkání ovlivňují. Tedy vzhledem k dostavám tkanin, jemnostem přízí a vazbě tkanin.

U tkanin souboru 1 byl sledován vliv jemnosti přízí a vliv změny dostav. Dle teorií se předpokládá nárůst setkání útku se zvyšující se dostavou osnovy a obráceně, nárůst setkání osnovy se zvyšující se dostavou útku. Trendy zjištěné u souboru tkanin 1 jsou ale opačné. Zvlnění osnovních nití je u těchto tkanin nestandardní konstrukce vyšší než zvlnění útkových nití, což je doloženo i podélnými a příčnými řezy. Zvýšení dostavy osnovy v tkaninách s plátnovým provázáním způsobí tedy vyšší zvlnění osnovy, a tím vyšší setkání nití osnovní soustavy. A obráceně s rostoucí dostavou osnovní klesá setkání po útku, s rostoucí dostavou útku roste setkání po útku.

U tkanin souboru 2 byl sledován vliv provázání a vliv změny dostav. Předpokládá se, že nitě s častými vazebnými přechody mají větší setkání, než nitě s volnějším provázáním. Teoreticky by tedy nejvyšších hodnot setkání měly dosahovat tkaniny v plátnové vazbě a nejnižších hodnot tkaniny ve vazbě šestivazné. Setkání v obou směrech u všech tkanin souboru 2 s rostoucí hodnotou opravného činitele vazby klesá. Což koresponduje uvedenými předpoklady. Uvedené koeficienty determinace u setkání v osnovním směru jsou statisticky významné. Koeficienty determinace u setkání ve směru útkovém nikoliv.

U tkanin souboru 3 byl sledován také vliv provázání prostřednictvím koeficientu provázání. Dále byl předpokládán vliv počtu přechodů na hodnotu setkání přízí ve tkanině, a to nárůst setkání s rostoucím počtem přechodů v osnově i v útku. Vliv charakteristik byl sledován ale jen u velmi malého počtu čtyř tkanin shodné konstrukce. Byl potvrzen vliv pouze koeficientu provázání na setkání ve směru osnovy, další korelace nejsou statisticky významné.

Dále bylo vypočteno setkání přízí ve tkaninách všech experimentálních souborů užitím různých modelů provázání. Byla zjištěna silná korelace mezi experimentálně zjištěnými a predikovanými hodnotami setkání. Z predikovaných dat vyplývá, že se hodnoty setkání dle různých modelů liší pouze v desetinách procent. K predikci setkání se tedy zdá být postačující i nejjednodušší model lineární.

Metoda zpracování tahových pracovních křivek byla tedy ověřena z více hledisek a zdá se být metodou prakticky použitelnou. Jedná se o metodu dostatečně přesnou, jednoduchou a nenáročnou na laboratorní zařízení. Tato metoda byla ověřena na více typech tkanin, užitečná je zejména pro měření setkání tkanin s celoplošným vzorem. Ostatní používané metody nejsou vhodné pro měření tohoto typu tkanin.

Metoda je založena na předpokladu, že příze vypáraná ze tkaniny, má stejné mechanické chování jako příze před zatkáním. Porovnání tahových pracovních křivek ukazuje, že rozdíly mezi přízí volnou a vypáranou možná nejsou příliš rozdílné.

Existují normované metody měření setkání ASTM [1] a ISO [2], snahou nebylo nahrazení těchto metod, ale umožnit textilním odborníkům použít další jednodušší alternativní metodu.

Samozřejmě rozsáhlá komparace těchto metod s metodou v této práci presentovanou by byla jistě užitečná, může být předmětem dalšího výzkumu. Výběr vhodné experimentální metody závisí na mnoha okolnostech (materiál, technologie výroby příze). Další ověření nové metody se nabízí srovnáním odhadu setkání ze strojových dat. Toto srovnání by jistě bylo zajímavé, ale je k tomu nutné mít rozsáhlá data z průmyslu. Tato data jsou ovšem také zatížena chybou a nebyla nám k dispozici.

Vhodnost metody by bylo dobré ověřit i pro tkaniny z jiných materiálů než staplových přízí. Například tkanin ze syntetického hedvábí (multifilu). Zde se dá ale usuzovat, že předpoklad o shodnosti mechanického chování přízí před a po zatkání bude opravdu zjednodušující. Dále by mohlo být užitečné ověření metody a rozbor setkání na větším souboru žakárských tkanin s celoplošným vzorem i drobnými motivy. Dosud provedený experiment na souboru žakárských tkanin nebyl dostatečně rozsáhlý.

Seznam použité literatury

Seznam použité literatury je zpracován ve shodě s disertační prací podle ČSN ISO 690.

- [1] ASTM D 3883 – 99 Standard Test Methods for Yarn Crimp and Yarn Take-up in Woven Fabrics.
- [2] ISO 7211-3:1984 - Textiles -- Woven fabrics -- Construction -- Methods of analysis -- Part 3: Determination of crimp of yarn in fabric.
- [3] STN ISO 7211-3 (80 0803) Textilie – Tkaniny. Konštrukcia. Rozbory – 3.část: Stanovenie zotkania nití v tkanine.
- [4] BS 2863:1984, ISO 7211-3:1984 Method for determination of crimp of yarn in fabric
- [5] Křemenáková, D.: Interní norma č. 46-108-01/01 Doporučený postup tvorby příčných řezů. Měkké a tvrdé řezy. Liberec, 2002.
- [6] Kolčavová Sirková, B., Vyšanská, M.: Interní norma č. 23-108-01/01 Definice geometrie provázání nití ve tkanině z příčných řezů, Liberec, 2011.
- [7] Kolčavová Sirková, B., Vyšanská, M.: Methodology of Evaluation of Fabric Geometry on the Basis of Fabric Cross-section, Fibers & Textiles in Eastern Europe, p. 41 – 47, Vol. 20, No. 5 (94), ISSN 1230-3666, 2012.
- [8] Vyšanská, M.: Interní norma č. 32-102-01/0, Příčné rozměry dvojmo skané příze a průměr jednoduché příze, Podélné pohledy, Liberec, 2007.
- [9] Vyšanská, M., Krupincová, G.: Practical Approaches to the Yarn Diameter Determination, Textile Conference STRUTEX, Liberec, 2006, ISBN 80-7372-135-X.
- [10] Vysanska M. Complex Description and Measurement of Two-ply Yarn Transversal Proportions. Textile Res. J. accepted in May 2015.
- [11] <http://www.sdlatlas.com/product/474/Crimp-Tester#>
- [12] <http://www.james-heal.co.uk/en/other-instruments>
- [13] Kovar, R.: Crimp of woven fabric measuring, 15th International Conference Strutex, Technical University of Liberec, Liberec, 2008, pp 117-123, ISBN 978-80-7373-418-4.
- [14] Bednář, V., Svatoš, S.: Vazby a rozbory tkanin I, SNTL, Praha , 1989, ISBN 80- 03-00082-3.
- [15] Peirce, F.T.: The Geometry of Cloth Structure. Journal of Textile Institute 1937; 28: 45 - 96.
- [16] Oloffson B.; A general model of a fabric as a geometric mechanical structure. Journal of Textile Institute 1964;11(55): 541-557.
- [17] Nosek, S.: Struktura a geometrie tkanin, VÚB, Ústí nad Orlicí, 1974.
- [18] Kovar, R.: Length of the yarn in plain weave crimp wave, Journal of The Textile Institute, Vol. 102, No. 7, July 2011, 582–597.
- [19] Kovar, R., Krula, M.: Crimp of Woven Fabric, 3rd ITCDC 2006, Dubrovnik, Croatia, 2006, pp 622-626, ISBN 953-7105-12-1.
- [20] Hu, J.: Structure and mechanics of woven fabrics, Woodhead publishing Ltd, ISBN 1 85573 904 6, Cambridge CB1 6AH, 2004.

- [21] Sirková, B.: Matematický model pro vyjádření provázání nití ve tkanině s využitím Fourierových řad, Disertační práce, Liberec 2002.
- [22] Kolčavová Sirková B.: Vliv použitého modelu na setkání přízí ve tkanině a plošnou hmotnost tkanin, průběžná zpráva, Technická univerzita v Liberci, 2007.
- [23] Kavan, P.: Modelování jednoosých tahově deformačních vlastností tkanin plátnové vazby počítačem. Disertační práce, VŠST, Liberec, 1985.
- [24] Lin, Jeng-Jong: Prediction of Yarn Shrinkage using Neural Nets, Textile research Journal, 77(5), May 2007, pp.336-342.
- [25] X. Chen: Modelling and predicting textile behaviour, Number 94, Woodhead Publishing Limited 2010, ISBN 978 – 1 – 84569 – 4616-6.
- [26] Blinov I. P., Shibabav Belay: Design of woven fabric, Mir Publishers, Moscow, 1988, ISBN 5-03-00002.
- [27] Behera BK and Hari PK. Woven textile structure, Theory and application. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd., 2010, p.450.
- [28] A.M. Seyam: Structural design of woven fabric, Textile Progress, Volume 31, Number 3, The Textile Institut, 2002. ISBN 1870372395
- [29] Jeon, B.S., Chun, S.Y.: Structural and mechanical properties of woven fabrics employing Peirce's model, Textile. Res. J., Vol 73, No.10, 2003, pp. 929-933.
- [30] Hearle, J.W.S., Shanahan, W.J.: An energy method for calculations in fabric mechanics, Part I: Principles of the method, J. Text. Inst., Vol 69, No.4, 1978, pp. 81-91.
- [31] Hearle, J.W.S., Shanahan, W.J.: An energy method for calculations in fabric mechanics, Part II: Examples of application of the method to woven fabric, J. Text. Inst., Vol 69, No.4, 1978, pp. 92-100.
- [32] ZENG XUESEN: Numerical analysis of fabric armor under ballistic impact, Ph.D. Thesis, National University of Singapore, 2006.
- [33] Muhammad Maqsood, Tanveer Hussain, Yasir Nawab, Khubab Shaker & Muhammad Umair: Prediction of warp and weft yarn crimp in cotton woven fabrics, The Journal of The Textile Institute, 2014.
- [34] Pan N.: Analysis of woven fabric strengths: Prediction of fabric strength under uniaxial and biaxial extensions, Composites Science and Technology 56, 1996, 311-327.
- [35] Huiyu Sun, H., Pan, N. : Shear deformation analysis for woven fabrics, Composite Structures 67 (2005) 317–322.
- [36] Wang, F., Xu, G., Xu, B.: Predicting the Shearing Rigidity of Woven Fabrics, Textile Research Journal, Vol 75, No.1, 2005, pp. 30-34.
- [37] Huiyu Sun a,*, Ning Pan a, Ron Postle: On the Poisson's ratios of a woven fabric, Composite Structures 68 (2005) 505–510.
- [38] Leaf, G.A.V., Kandil, K.H.: The initial load-extension behaviour of plain-woven fabric, J. Text. Inst., Vol 71, No.1, 1980, pp. 1-7.
- [39] Leaf, G.A.V., Sheta, A.M.F.: The initial shear modulus of plain woven fabrics, J. Text. Inst., Vol 75, No.3, 1984, pp. 157-163.

- [40] Leaf, G.A.V., Chen Y., Chen X.: The initial bending behaviour of plain-woven fabric, *J. Text. Inst.*, Vol 84, No.3, 1993, pp. 419-428.
- [41] Leaf, G.A.V., Chen X.: Engineering Design of Woven Fabrics for Specific Properties, *Textile. Res. J.*, Vol 70, No.5, 2000, pp. 437-442.
- [42] G.A.V. Leaf, (2004) "The mechanics of plain woven fabrics", *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 16 Iss: 1/2, pp.97 – 107.
- [43] Afroz, F., Siddika, A.: Effect of warp yarn tension on crimp in woven fabric, *European Scientific Journal*, Vol.10, No. 24, 2014, ISSN 1857-7881, pp.202-207.
- [44] Shahabi, N., E.,Saharkhiz, S., Varkiani, S.M.H.: Effect of Fabric Structure and Weft Density on the Poisson's Ratio of Worsted Fabric, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Vol. 8, No.2, 2013.
- [45] Morino, H., Matsudaira, M.: Predicting Mechanical properties and Hand Values from the Parameters of Weave Structures, *Textile. Res. J.*, Vol 75, No.3, 2005, pp. 252-257.
- [46] Milasius, V. "An Integrated Structure Factor for Woven Fabrics. Part I: Estimation of the Weave, *Journal of the Textile Institute*, Vol. 91(1), pp. 268-276, 2000.
- [47] Milasius, V. "An Integrated Structure Factor for Woven Fabrics. Part II: The Fabric-firmness Factor", *Journal of the Textile Institute*, Vol. 91(1), pp. 277-283, 2000.
- [48] Morino, H., Matsudaira, M. and Furutani, M. "Predicting Mechanical Properties and Hand values from the Parameters of Weave Structure", *Textile Research Journal*, Vol. 75(3), pp. 252-257, 2005.
- [49] Neckář B.: Struktura a vlastnosti textilií, přednášky. Dostupné z <http://www.ktt.tul.cz/>.
- [50] Meloun, Militký. Statistické zpracování experimentálních dat. East Publishing, Praha, 1998. ISBN 80-7219-003-2.
- [51] H. Özdemir & G. Başer: Computer simulation of plain woven fabric appearance from yarn photographs, *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 100, No. 3, April 2009, 282–292.
- [52] ŠPÁNKOVÁ, Jana. Manuál k výpočetnímu programu TahoveKrivky.m: Výpočetní program pro stanovení průměrné tahové křivky vláken, přízi a tkanin z přístrojů Instron, Tiratest a Vibrodyn. Liberec, 2011. 18 s. Interní zpráva. TUL.
- [53] Backer Stanley: The Relationship Between the Structural Geometry of a Textile Fabric and Its Physical Properties, Part IV: Interstice Geometry and Air Permeability, *Textile Research Journal*, Vol. 14, pp. 703-714, 1951.
- [54] Havrdová, Marie: Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin. Disertační práce, Liberec, 2004.

Seznam příloh

Příloha 1 Desény tkanin souboru 3 Jednoduché žakárské tkaniny.

Příloha 2 Variabilita měření setkání palcovou metodou u jednoduchých žakárských tkanin s celoplošným vzorem.

Příloha 3 Tahové pracovní křivky

Příloha 4 Vybrané řezy tkanin

Příloha 5 Skript pro výpočet tloušťky tkaniny a dalších parametrů tkaniny.

Příloha 6 Skript pro výpočet setkání dle vybraných modelů

Příloha 7 Predikované hodnoty setkání tkanin dle modelů

Příloha 1

Desény tkanin souboru 3 Jednoduché žakárské tkaniny

Pozn. Desény jsou otočeny o 90°



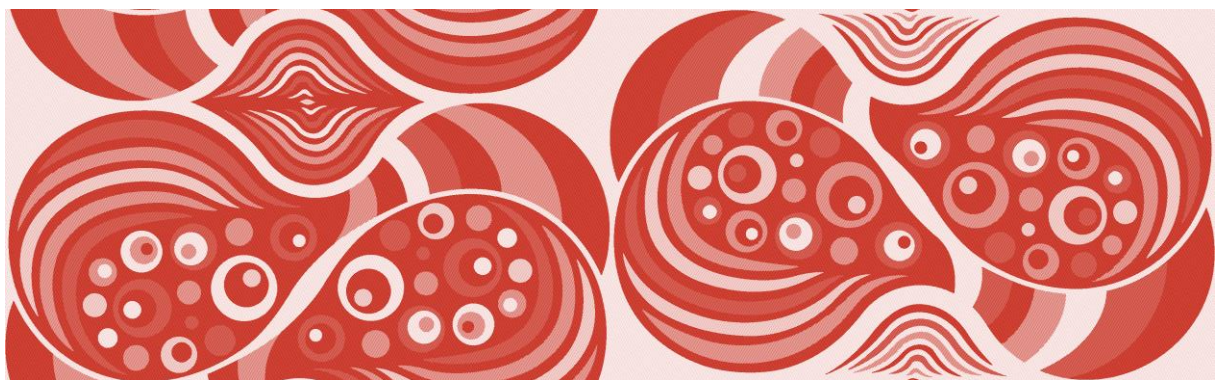
Obr. 1.1 Vazebně zpracovaný desén - tkanina 8



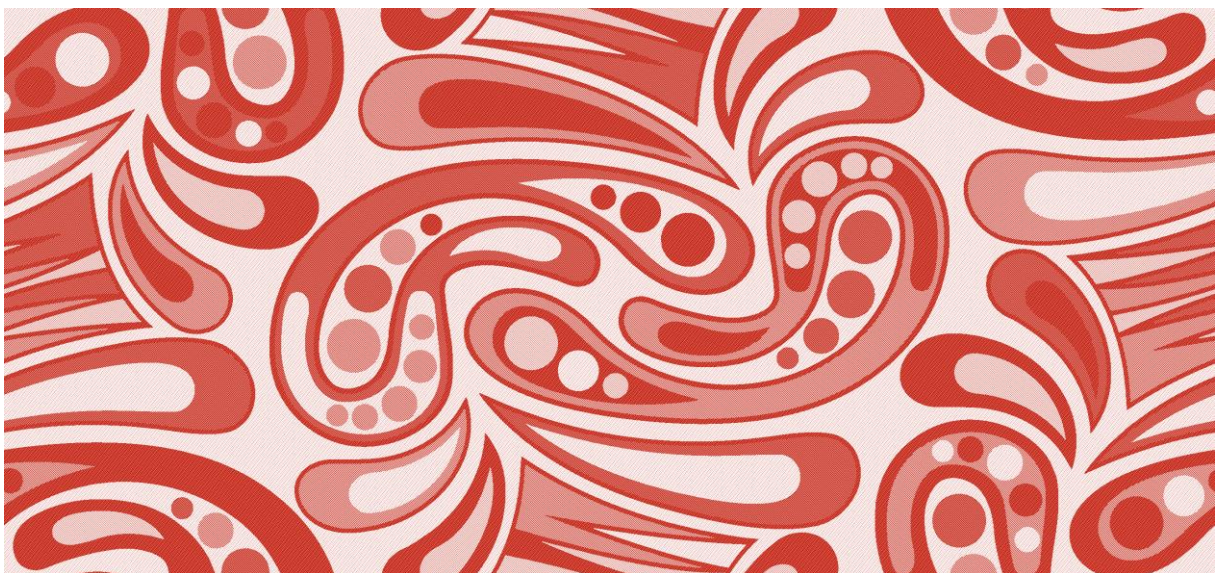
Obr. 1.2 Vazebně zpracovaný desén - tkanina 13



Obr. 1.3 Vazebně zpracovaný desén - tkanina 15



Obr. 1.4 Vazebně zpracovaný desén - tkanina 16



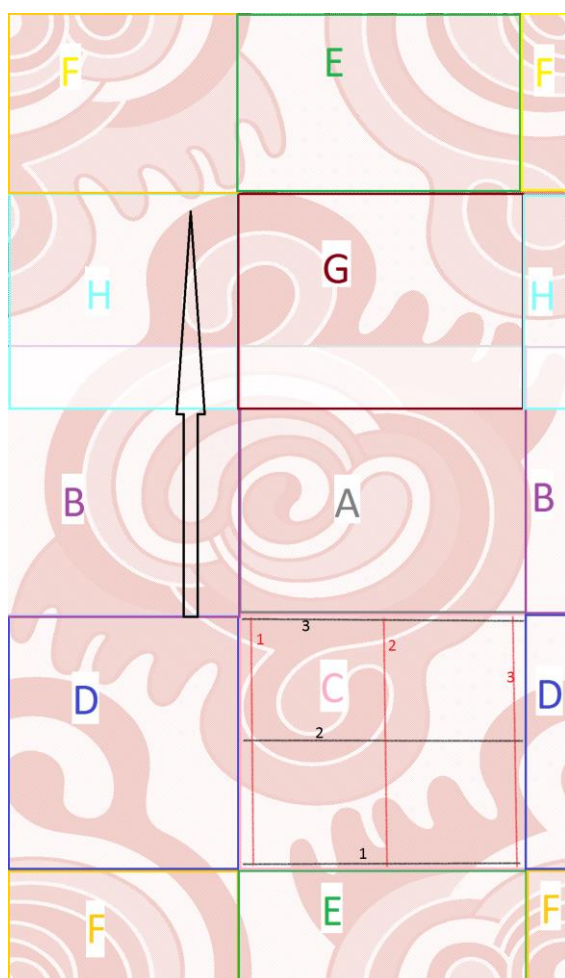
Obr. 1.5 Vazebně zpracovaný desén - tkanina 17

Příloha 2

Variabilita měření setkání palcovou metodou u jednoduchých žakárských tkanin s celoplošným vzorem.

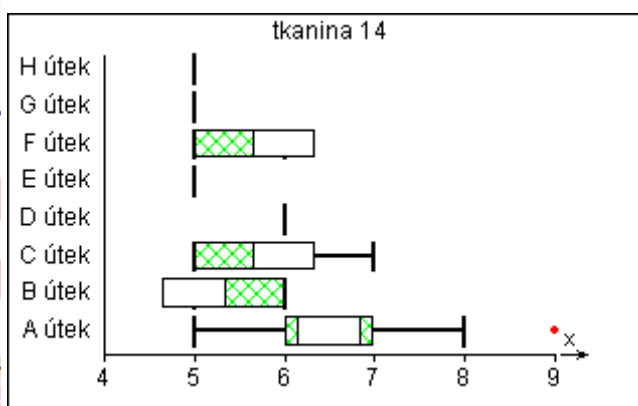
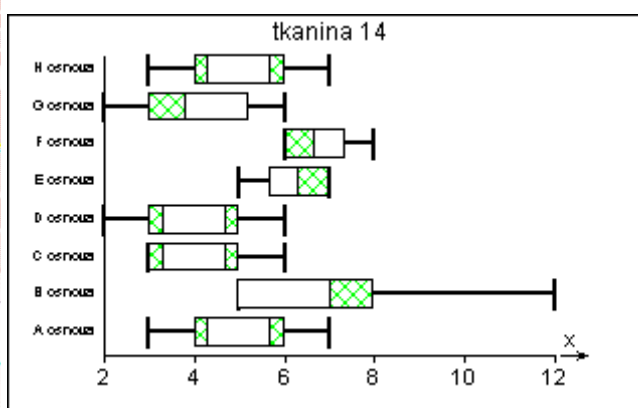
Setkání palcovou metodou bylo měřeno přes celý desén jednoduché žakárské tkaniny s celoplošným vzorem.

Rozmístění míst odběru nití je na obr.4.1. Desén tkaniny 14 byl rozdělen na osm shodných čtverců A až H. V každém čtverci bylo měřeno setkání po osnově i útku na třech různých místech po deseti měřeních. Průměrné hodnoty z jednotlivých míst jsou uvedeny v tabulce 4.1 a na obr. 4.2 formou krabicových grafů.



Obr. 2.1

Rozmístění odběru vzorků k měření setkání



Obr. 2.2

Setkání metodou palcovou dle místa odběru

Tabulka 2.1 Setkání dle odběrného místa

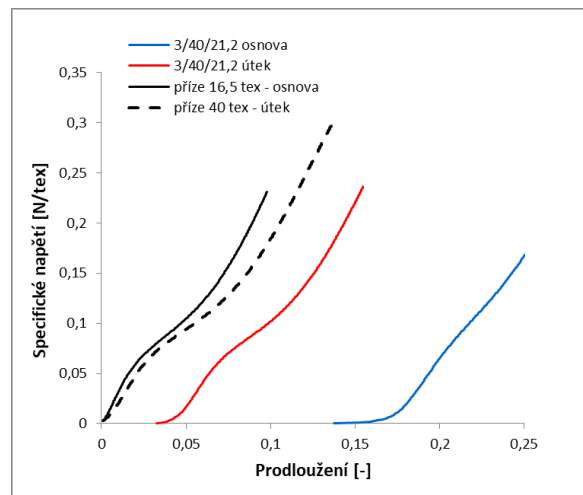
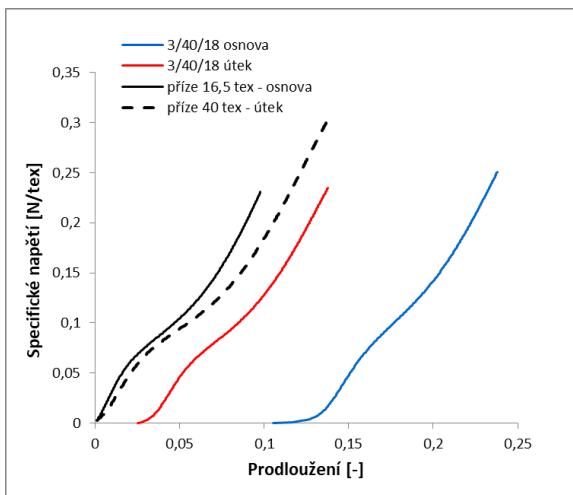
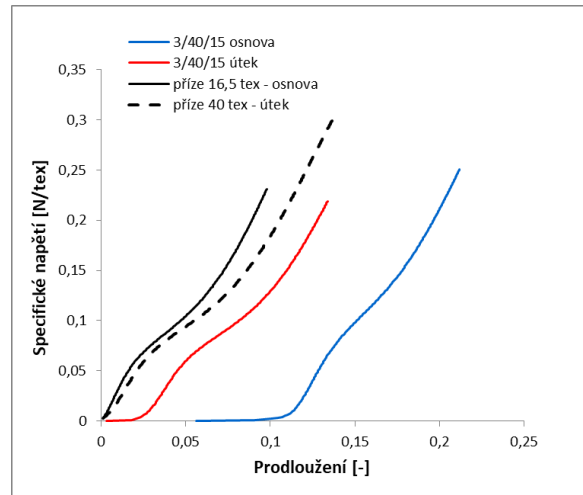
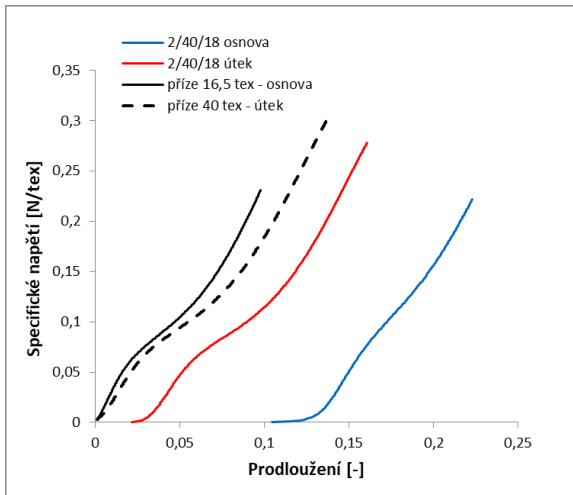
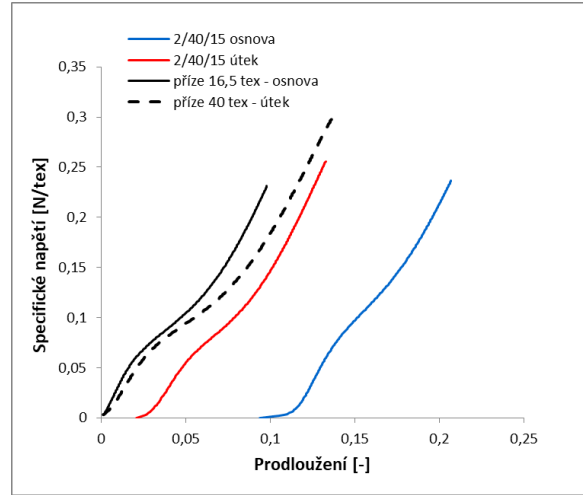
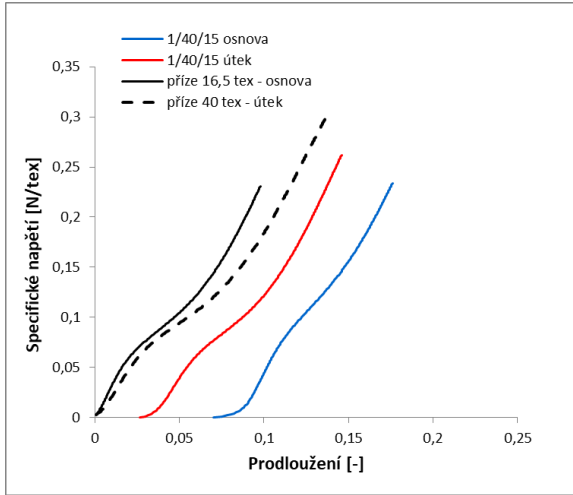
| Odběrné místo | Průměrné setkání osnova, % | 95% IS |
|---------------|----------------------------|--------|
| A1o | 5,5 | 0,5 |
| A2o | 5,5 | 0,5 |
| A3o | 4,0 | 0,0 |
| B1o | 7,5 | 0,5 |
| B2o | 4,0 | 0,0 |
| B3o | 5,0 | 0,0 |
| C1o | 5,5 | 0,5 |
| C2o | 5,0 | 0,0 |
| C3o | 3,5 | 0,5 |
| D1o | 2,5 | 0,5 |
| D2o | 5,0 | 0,0 |
| D3o | 5,0 | 0,0 |
| E1o | 6,5 | 0,5 |
| E2o | 5,5 | 0,5 |
| E3o | 5,5 | 0,5 |
| F1o | 6,5 | 0,5 |
| F2o | 6,5 | 0,5 |
| F3o | 7,0 | 0,0 |
| G1o | 3,0 | 0,0 |
| G2o | 5,0 | 0,0 |
| G3o | 5,5 | 0,5 |
| H1o | 6,0 | 0,0 |
| H2o | 5,0 | 0,0 |
| H3o | 4,0 | 0,0 |

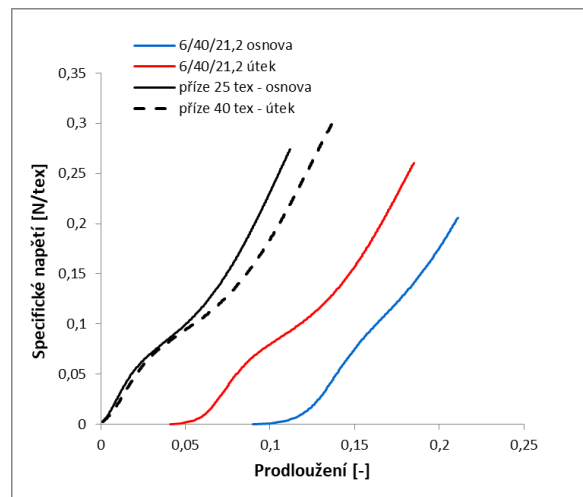
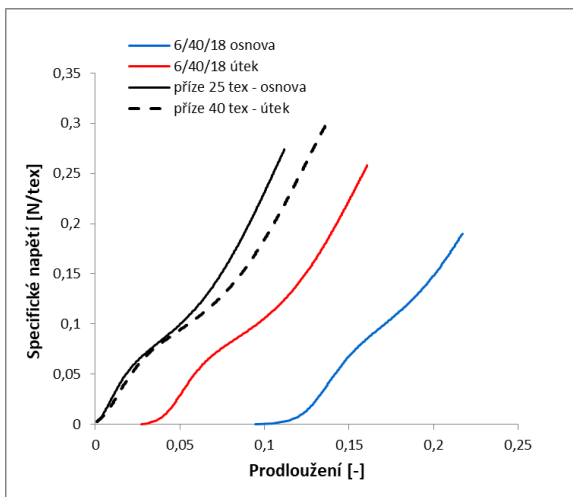
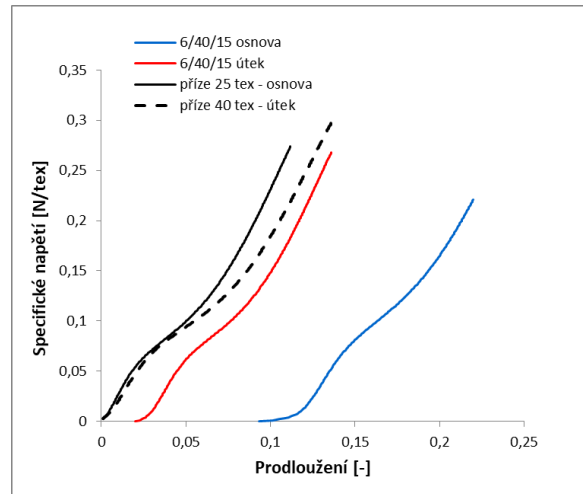
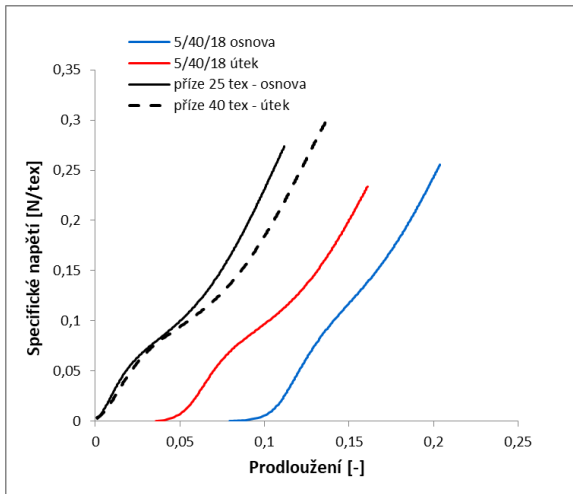
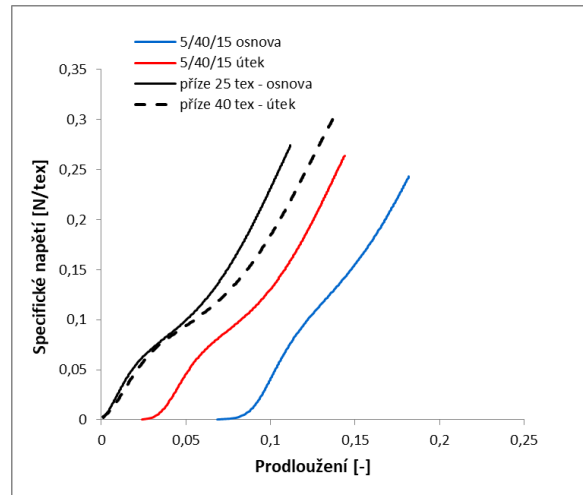
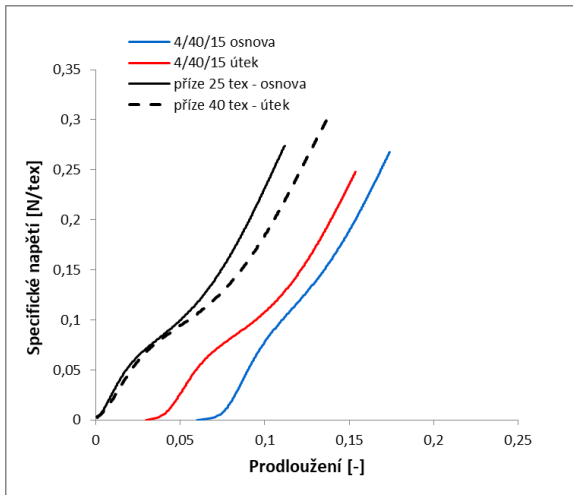
| Odběrné místo | Průměrné setkání útek, % | 95% IS |
|---------------|--------------------------|--------|
| A1u | 7,0 | 0,0 |
| A2u | 6,0 | 1,0 |
| A3u | 6,0 | 0,0 |
| B1u | 5,0 | 0,0 |
| B2u | 6,0 | 1,0 |
| B3u | 5,5 | 0,5 |
| C1u | 6,0 | 0,0 |
| C2u | 5,5 | 0,5 |
| C3u | 5,5 | 0,5 |
| D1u | 5,5 | 0,5 |
| D2u | 4,5 | 0,5 |
| D3u | 6,0 | 0,0 |
| E1u | 5,0 | 0,0 |
| E2u | 6,0 | 0,0 |
| E3u | 5,0 | 0,0 |
| F1u | 6,0 | 0,0 |
| F2u | 5,5 | 0,5 |
| F3u | 5,5 | 0,5 |
| G1u | 5,0 | 0,0 |
| G2u | 6,5 | 0,5 |
| G3u | 5,5 | 0,5 |
| H1u | 5,0 | 0,0 |
| H2u | 5,0 | 0,0 |
| H3u | 5,0 | 0,0 |

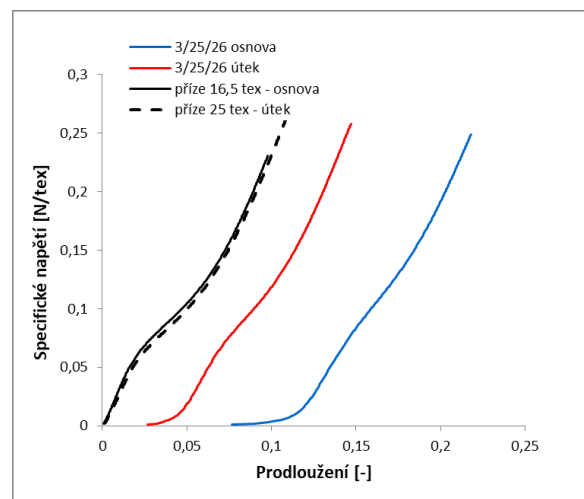
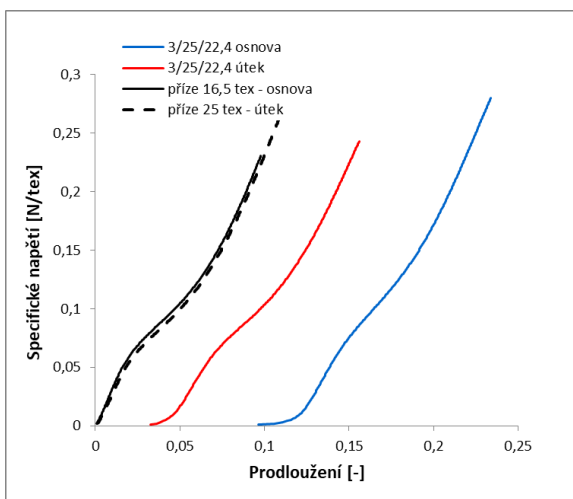
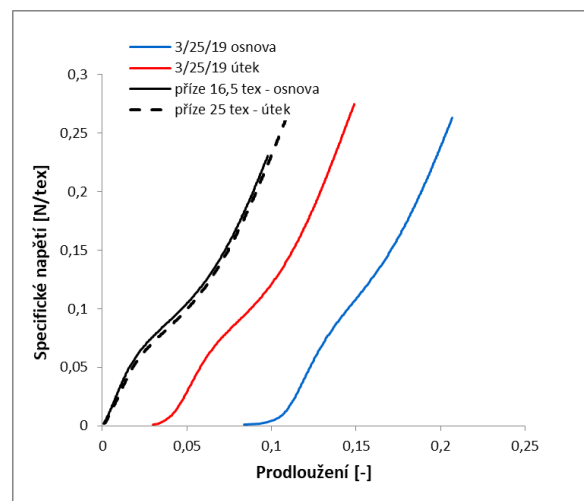
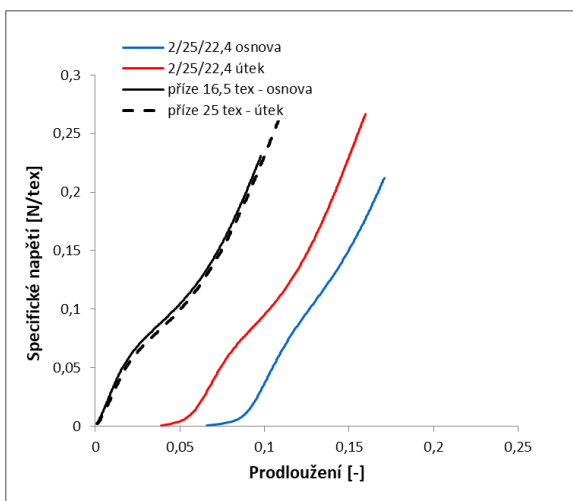
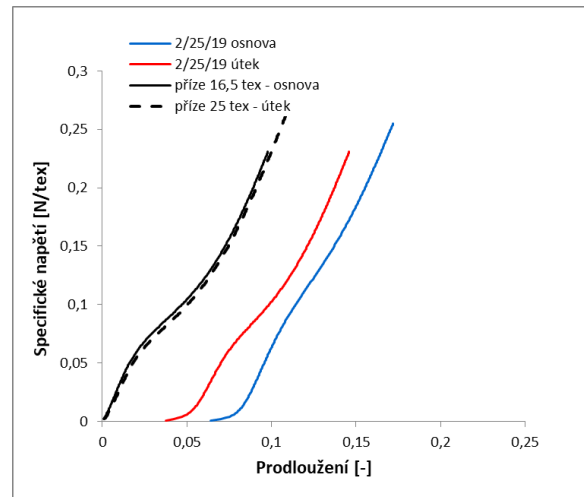
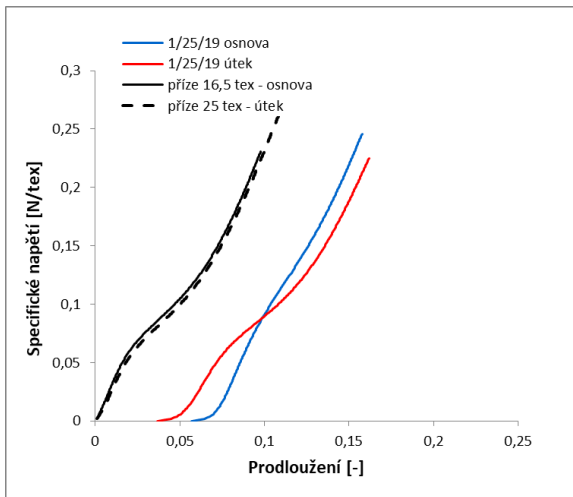
Příloha 3

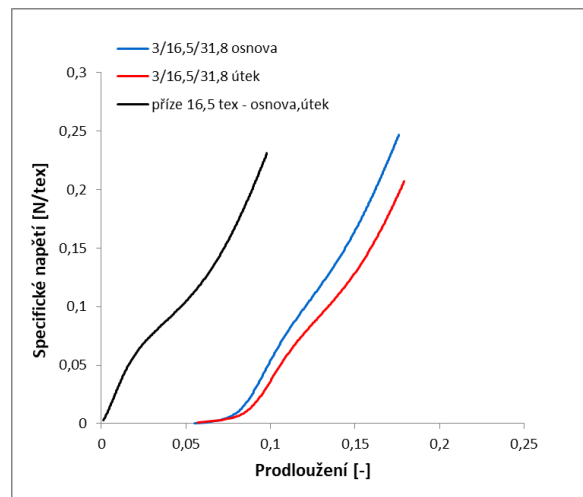
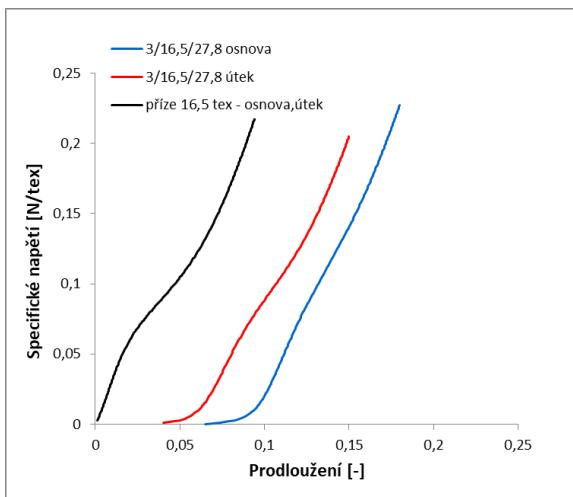
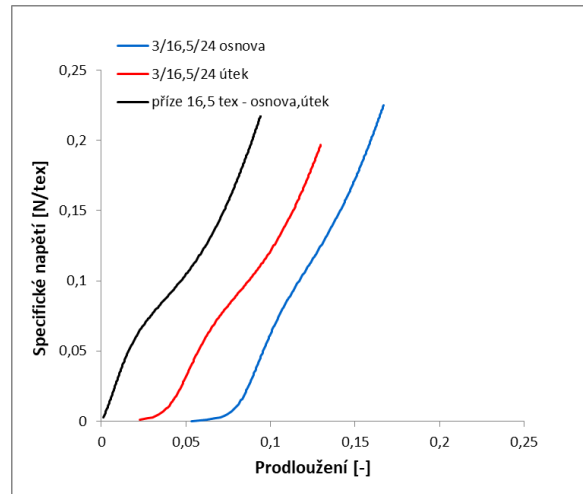
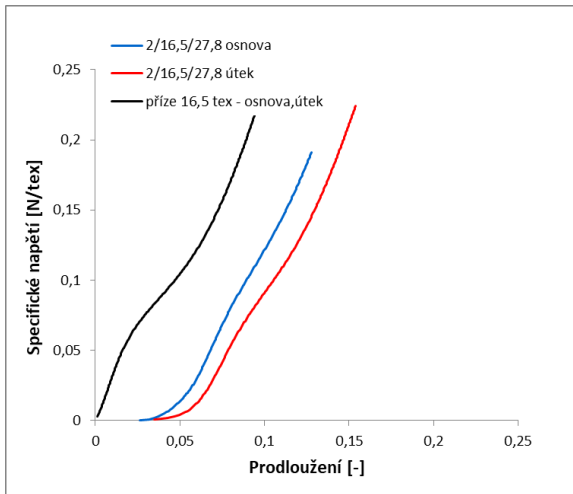
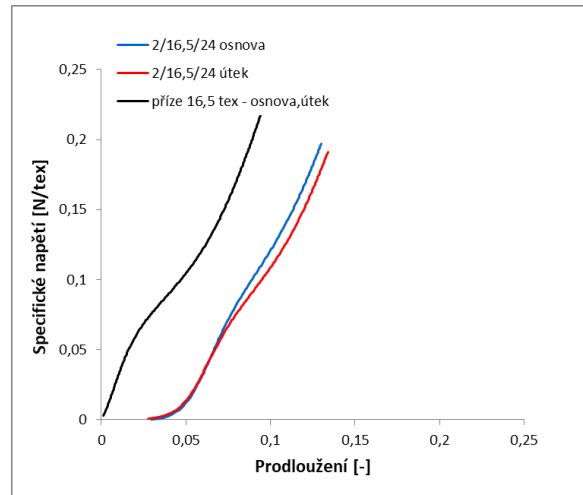
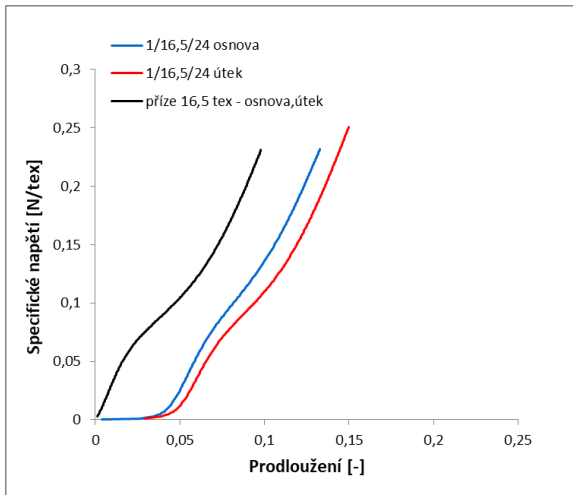
Tahové pracovní křivky

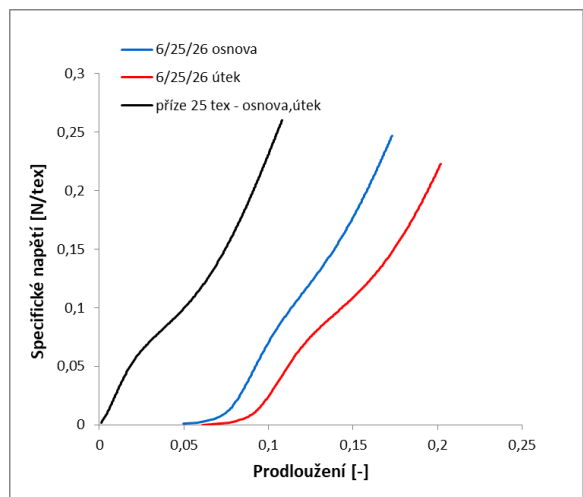
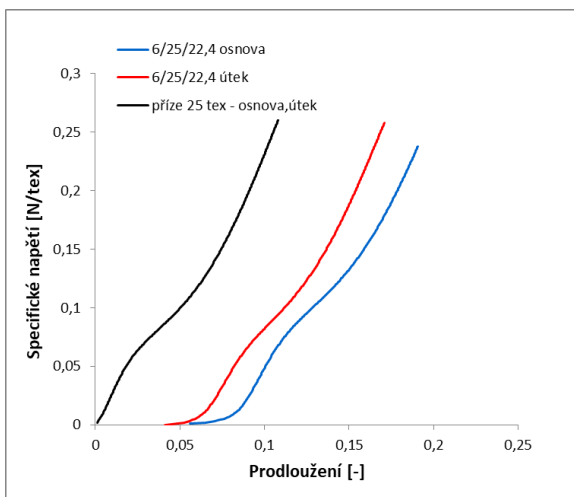
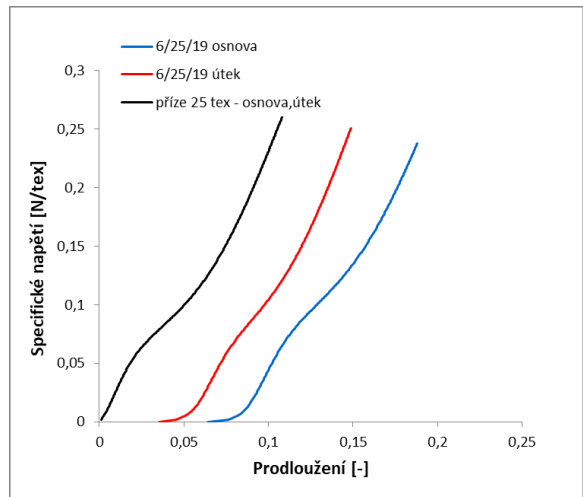
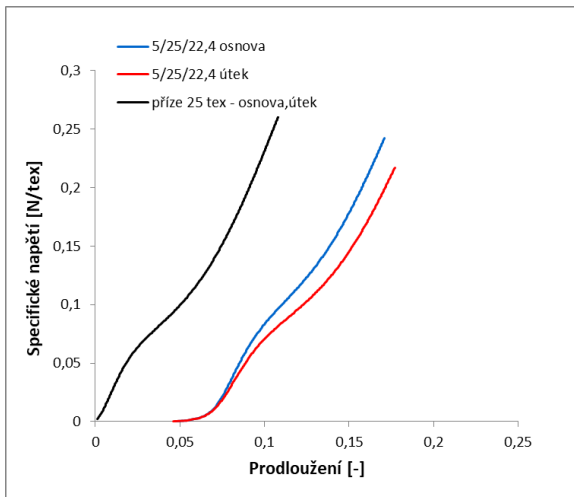
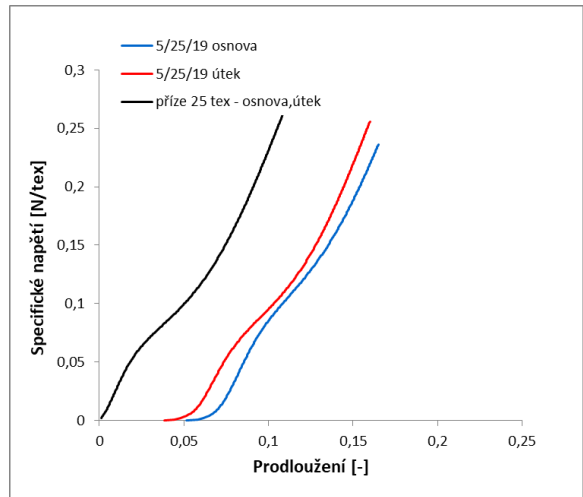
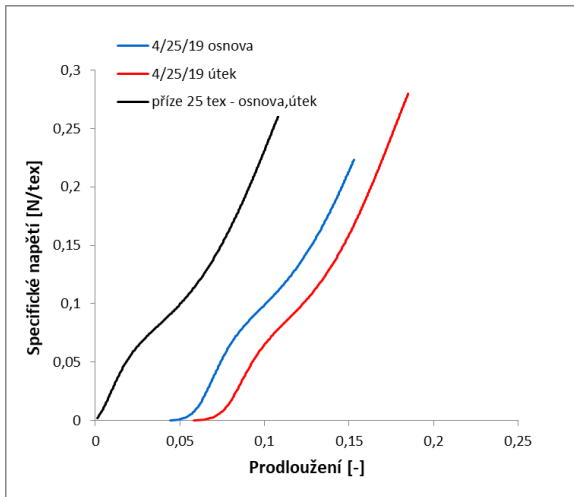
Tahové pracovní křivky přízí ze tkanin souboru 1

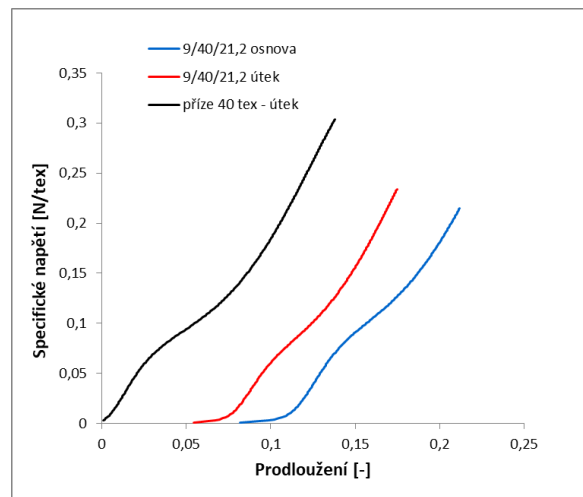
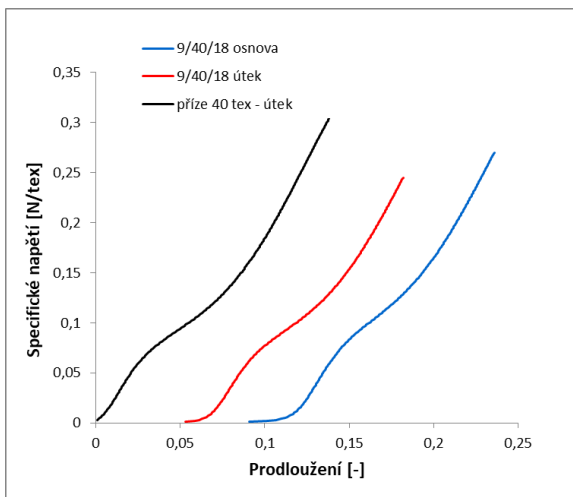
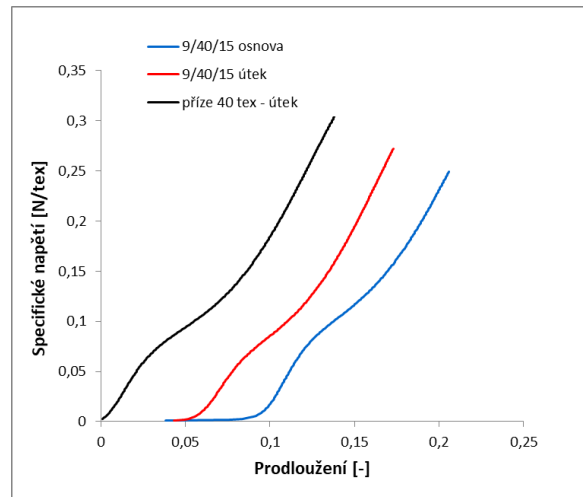
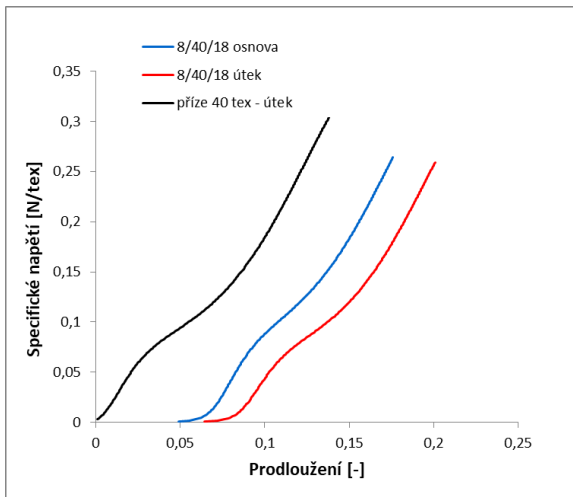
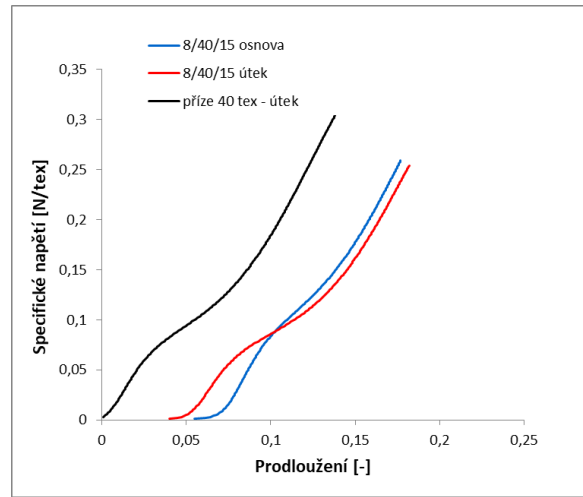
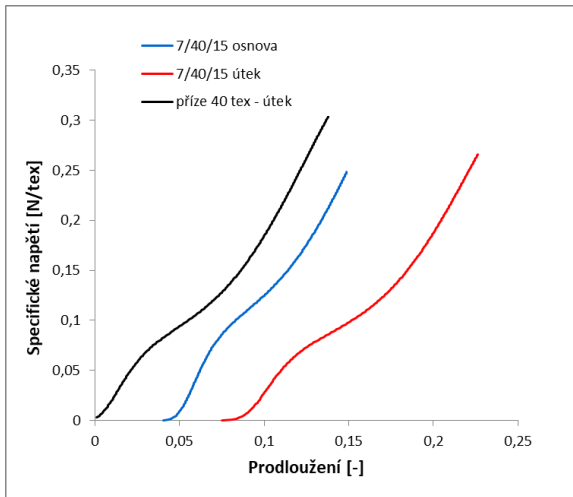




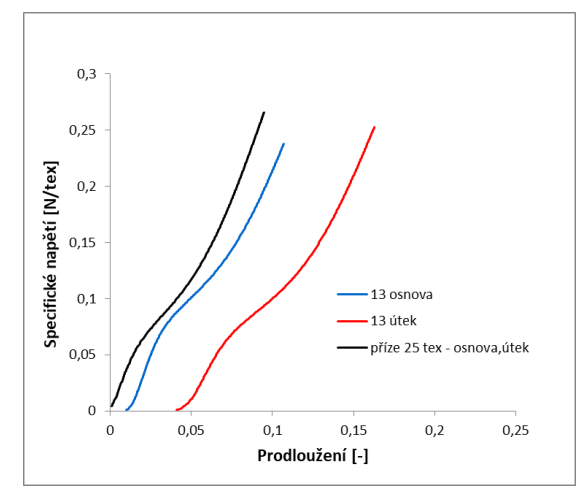
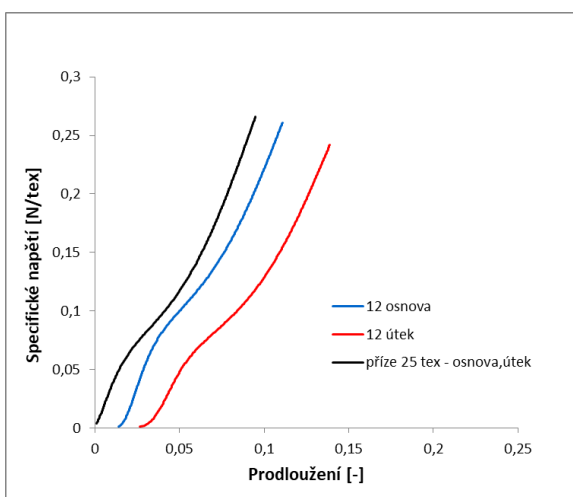
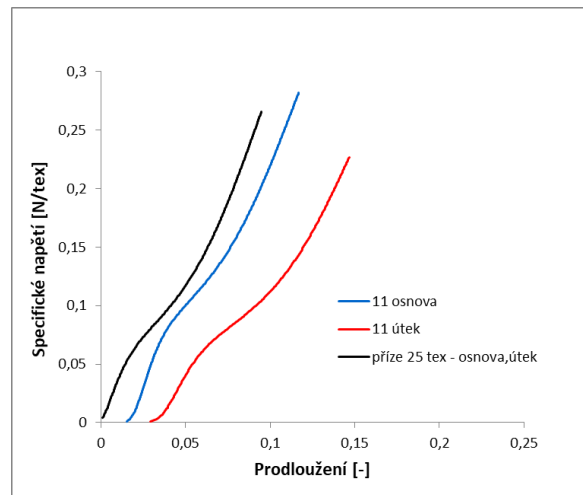
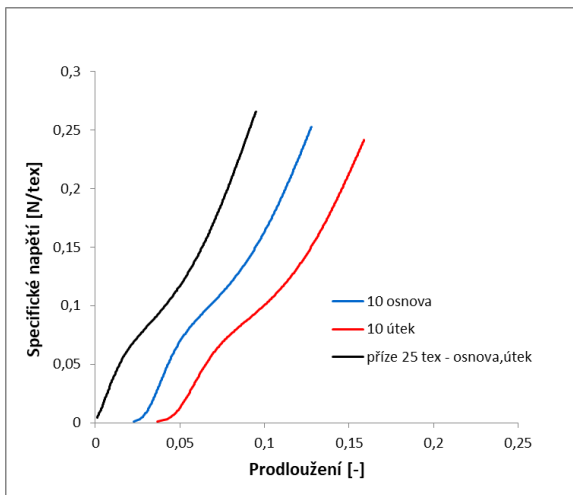
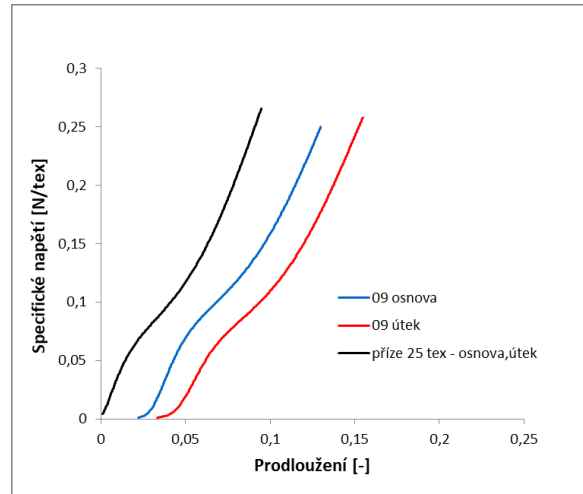
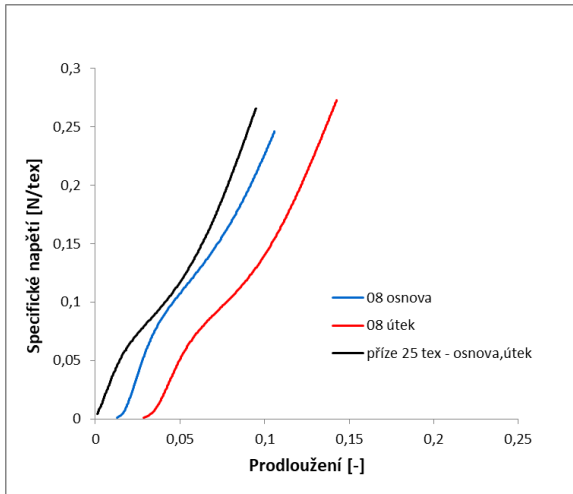


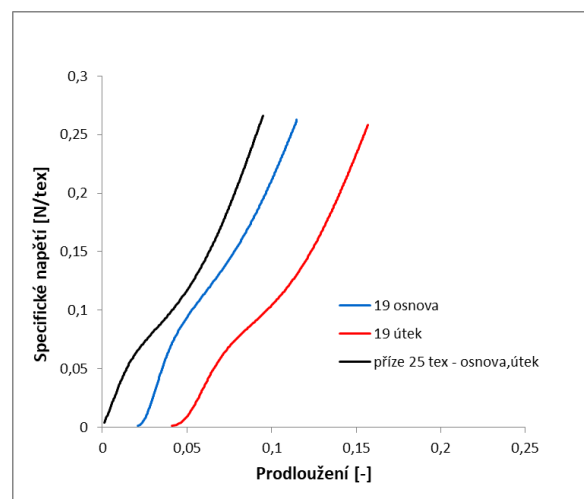
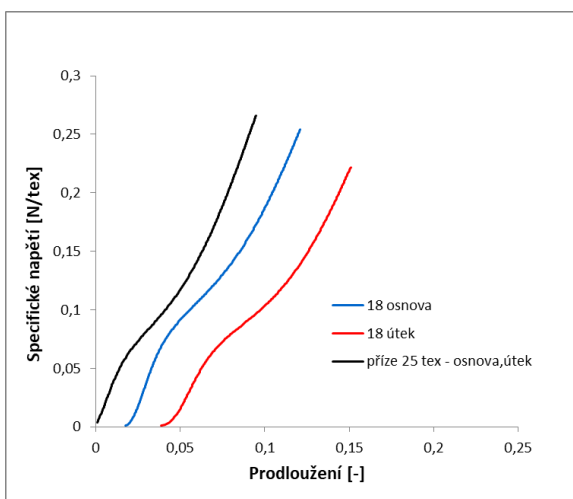
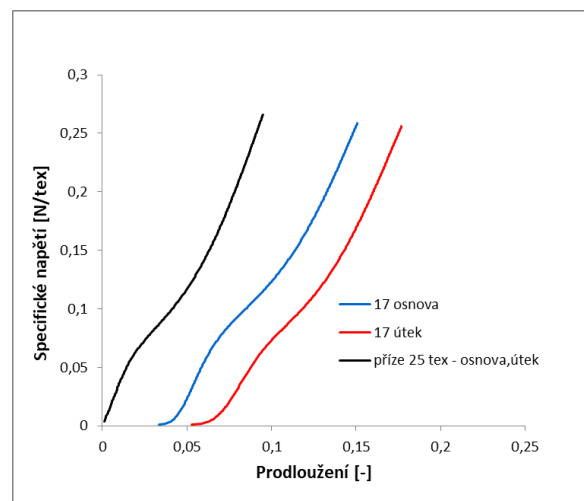
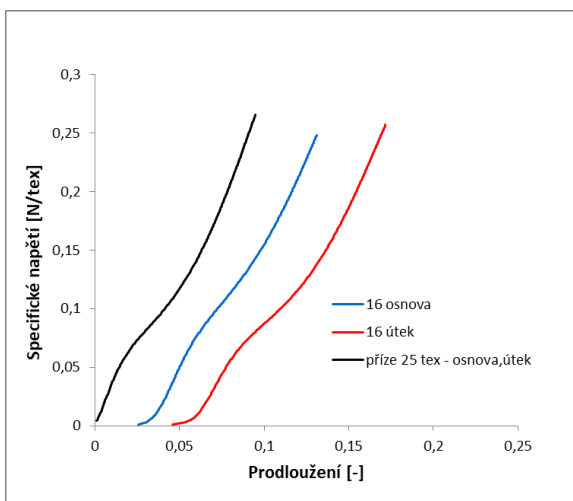
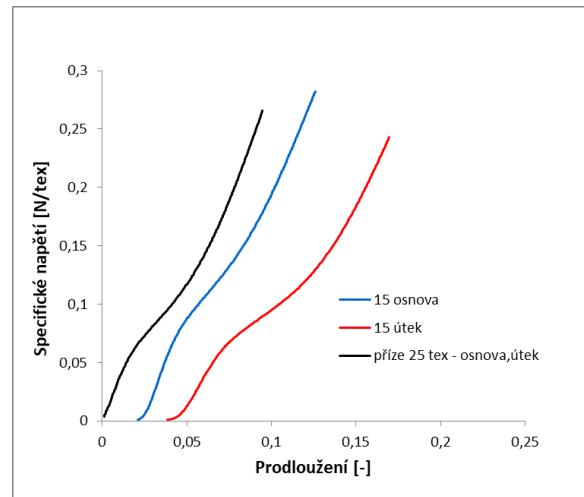
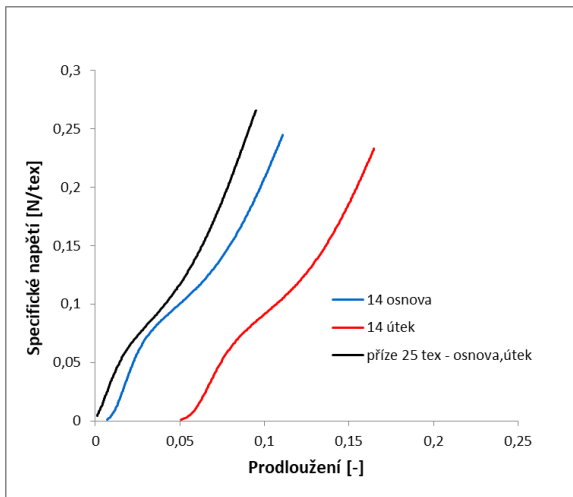


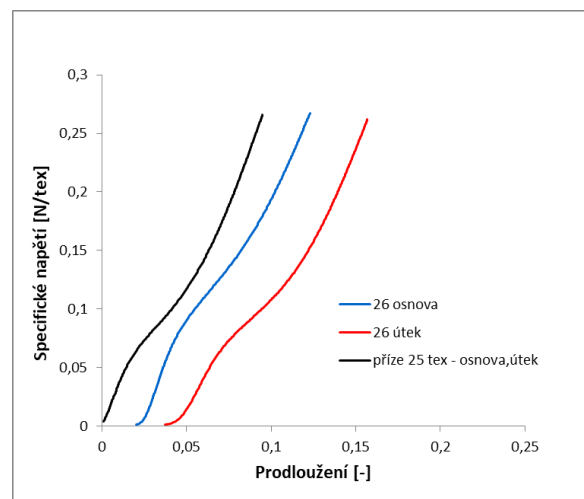
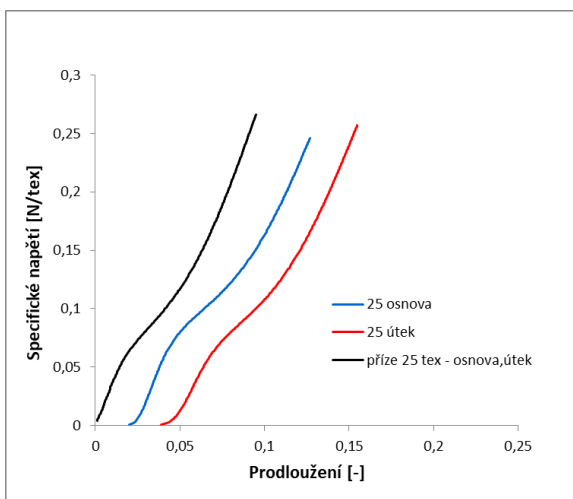
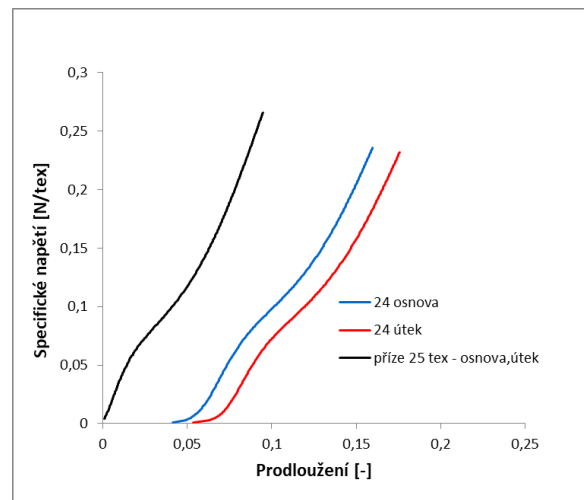
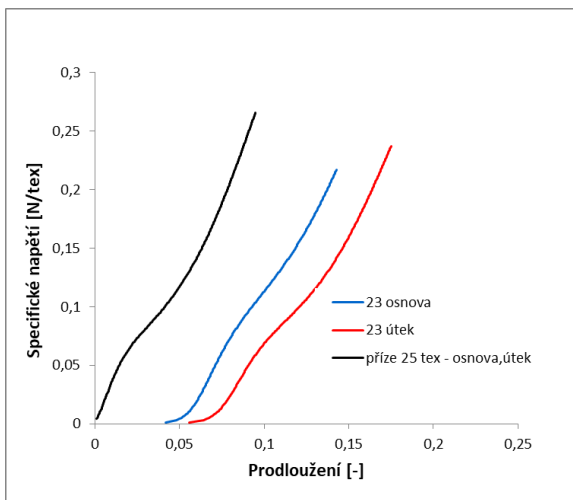
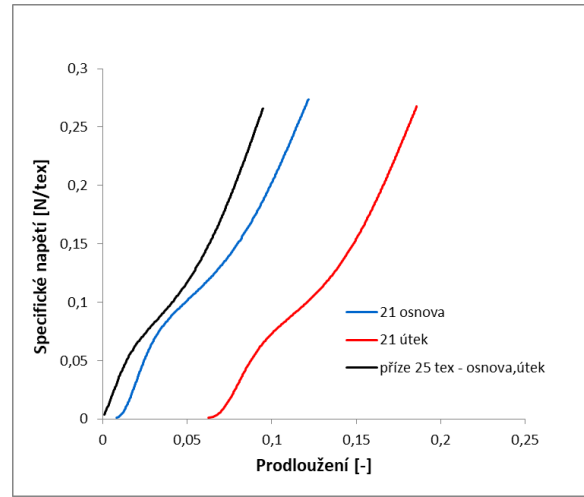
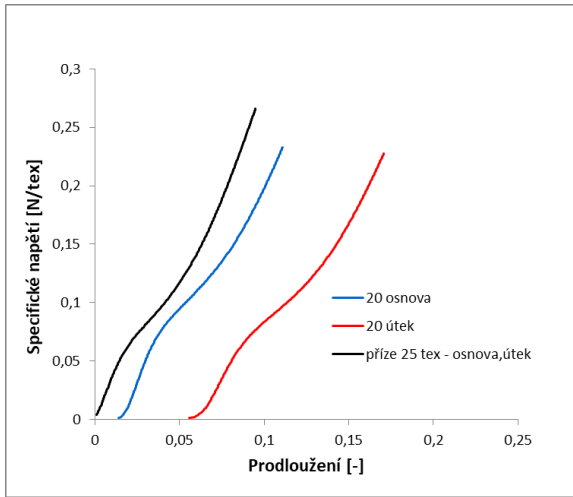


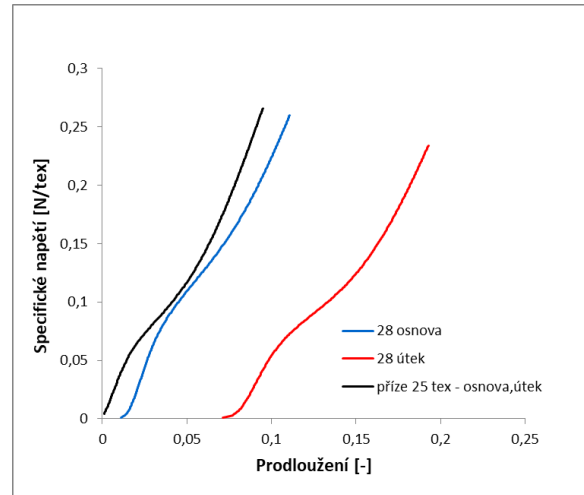
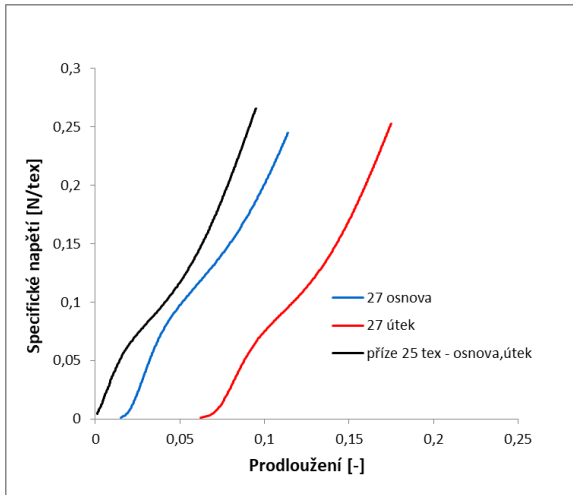


Tahové pracovní křivky příze ze tkanin souboru 2

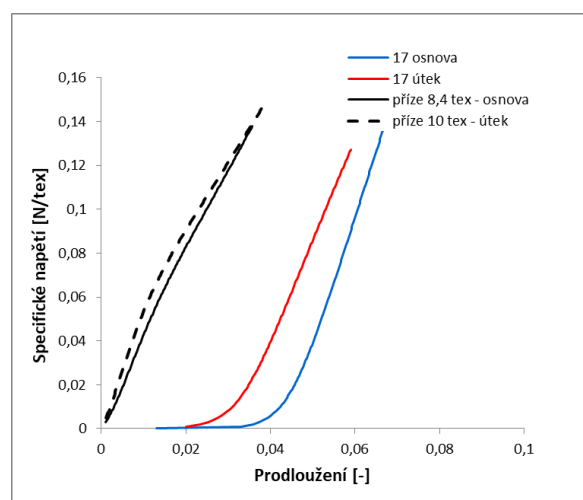
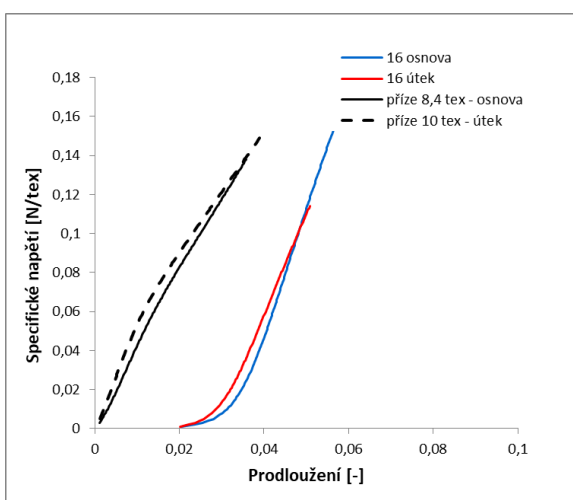
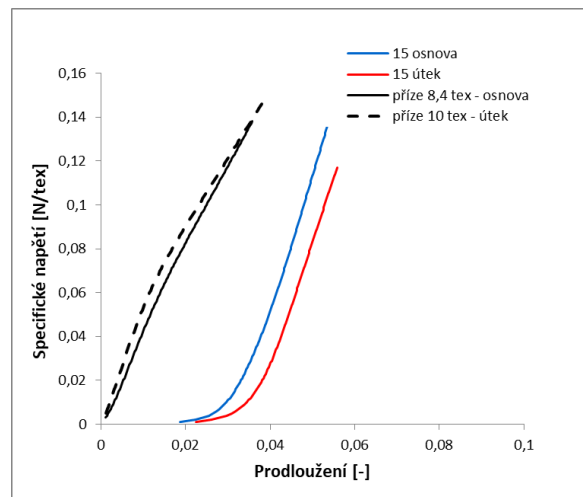
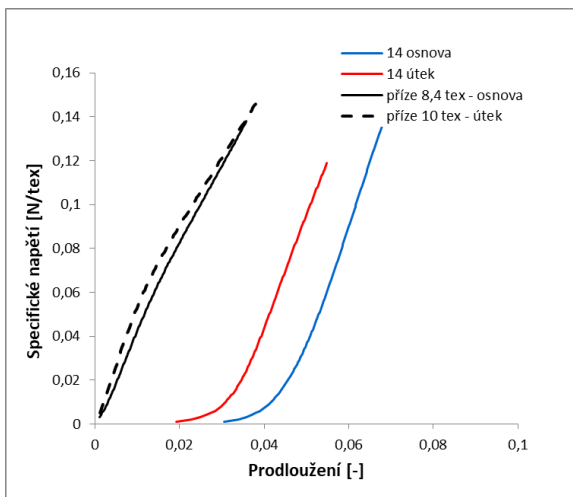
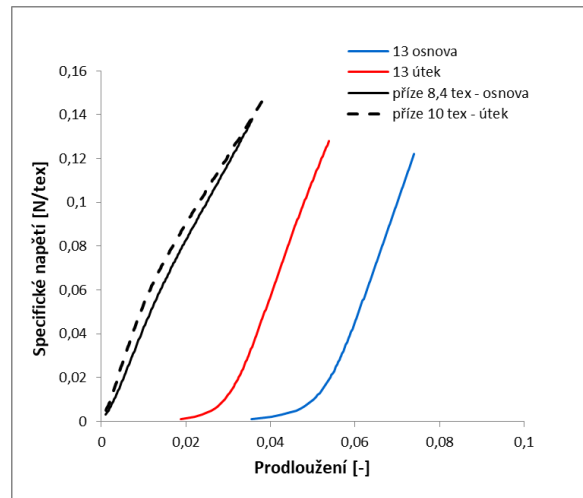
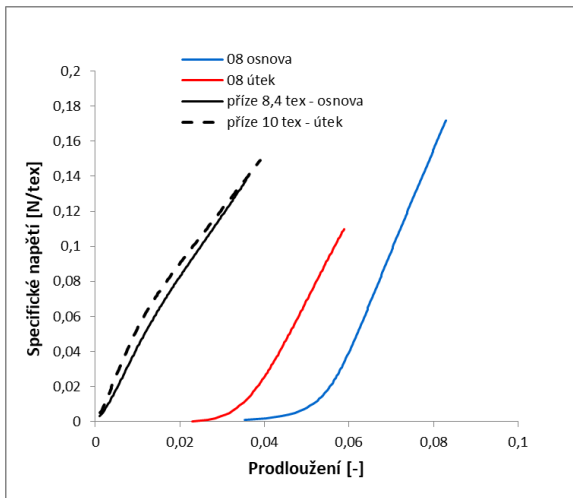








Tahové pracovní křivky příze ze tkanin souboru 3

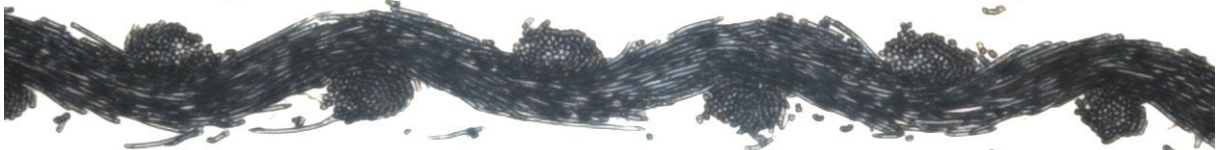


Příloha 5

Vybrané podélné a příčné řezy tkanin ze souboru 1



1/16,5/24



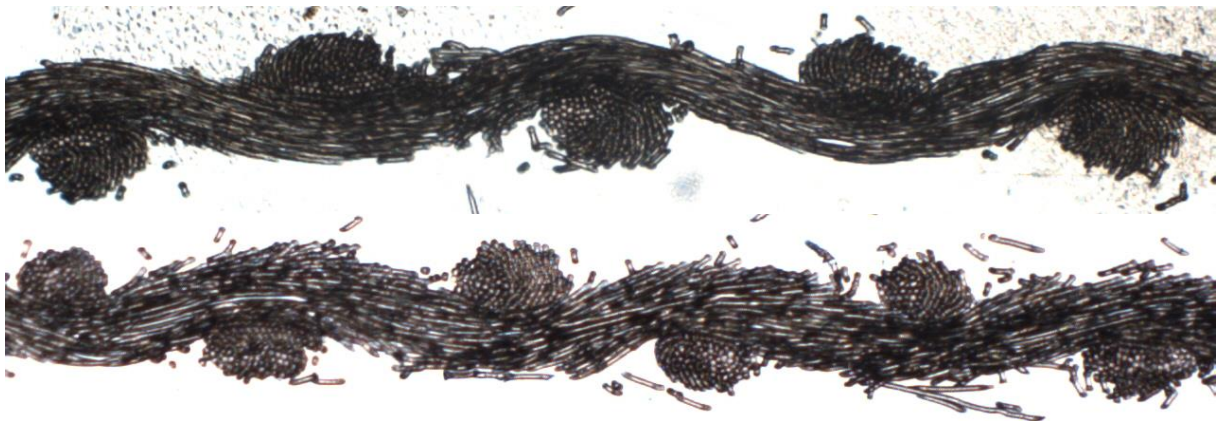
2/16,5/24



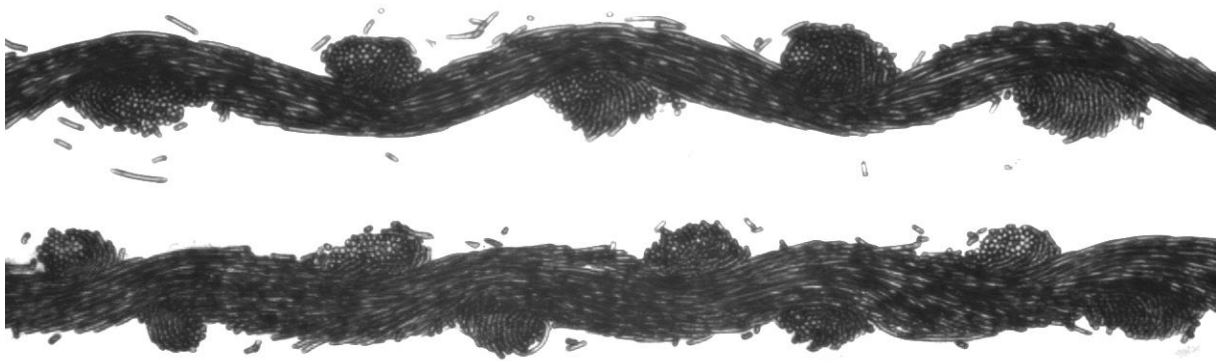
2/16,5/27,8



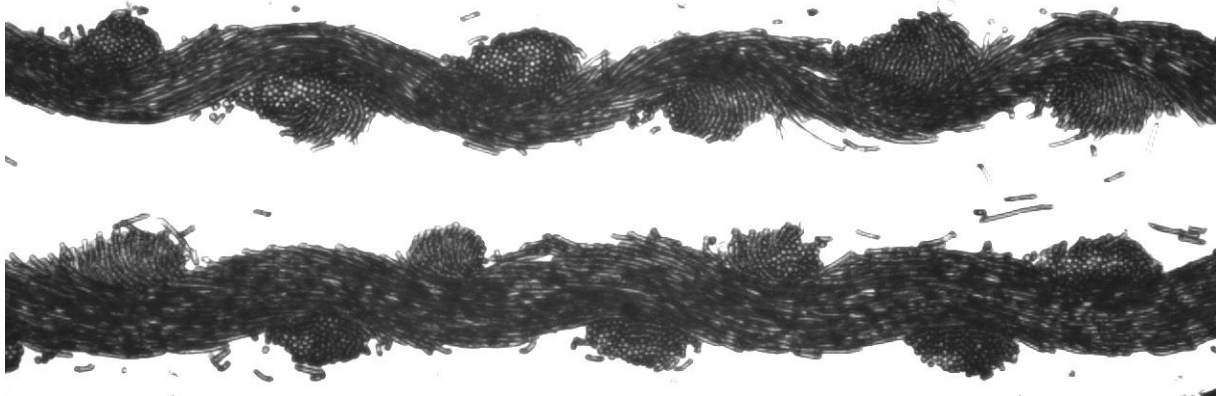
3/16,5/24



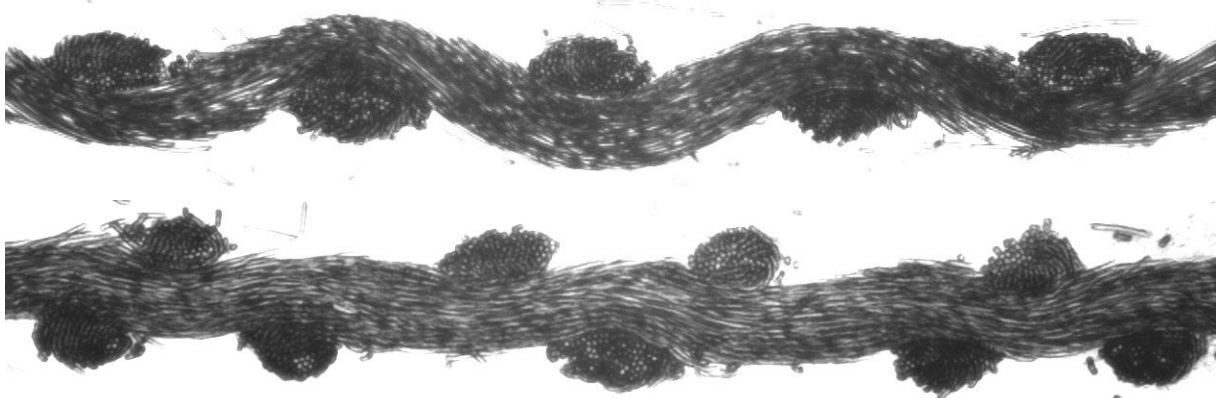
1/25/19



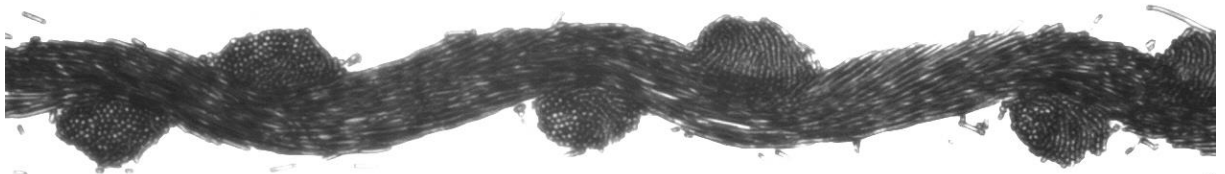
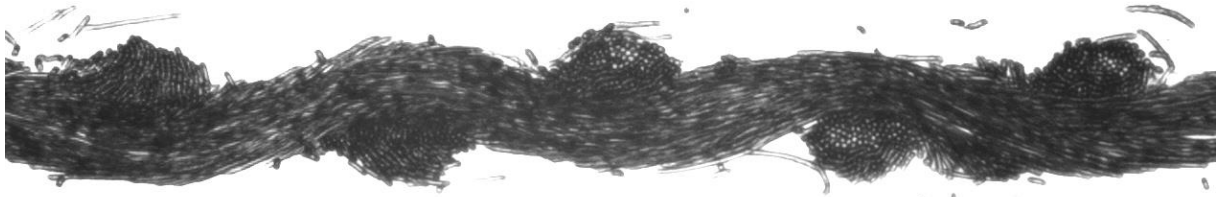
2/25/19



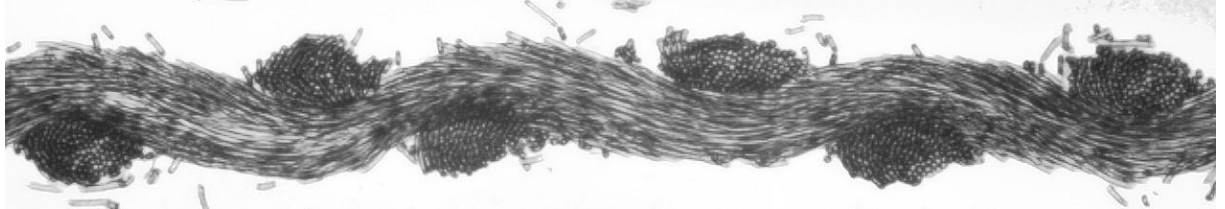
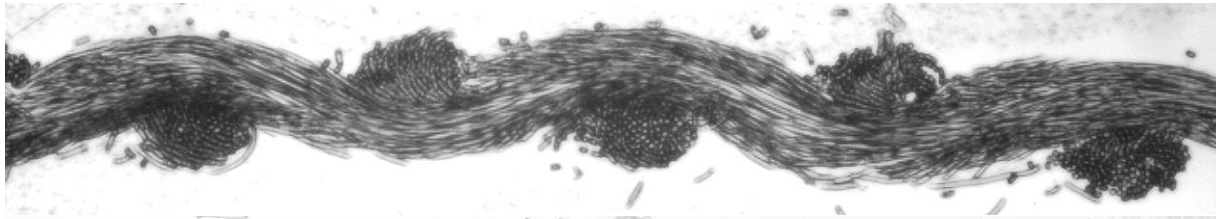
2/25/22,4



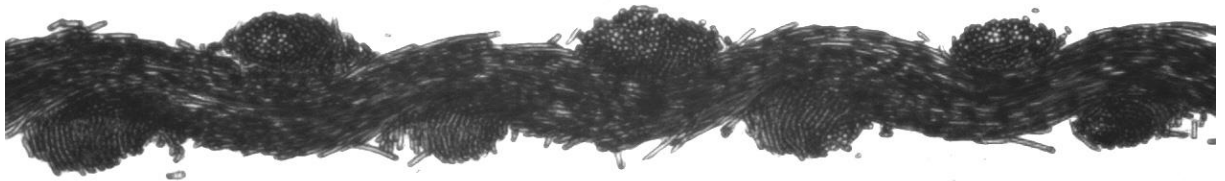
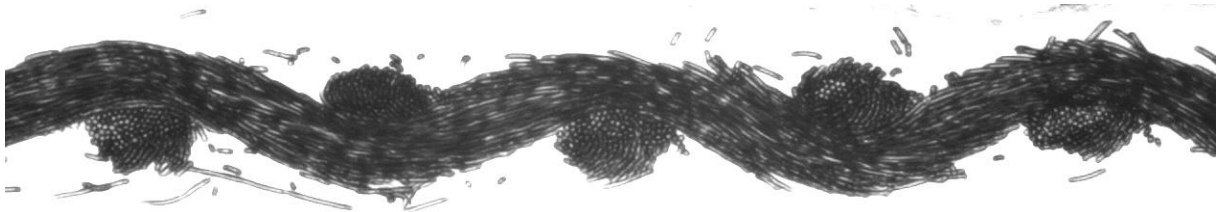
3/25/19



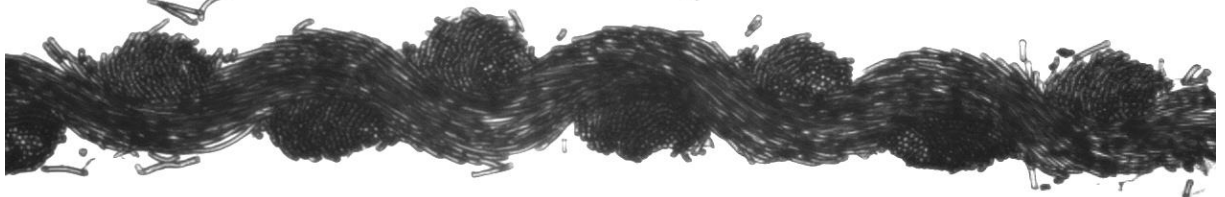
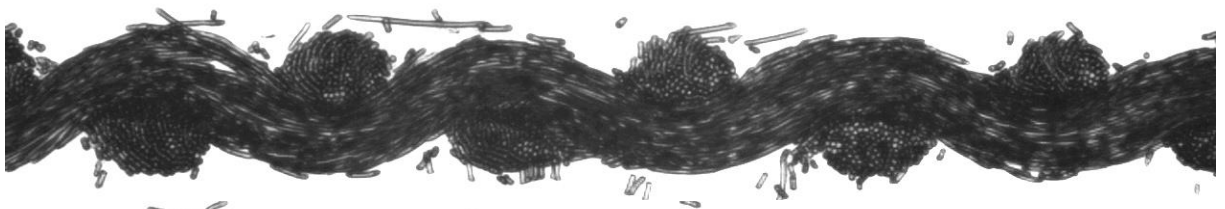
4/25/19



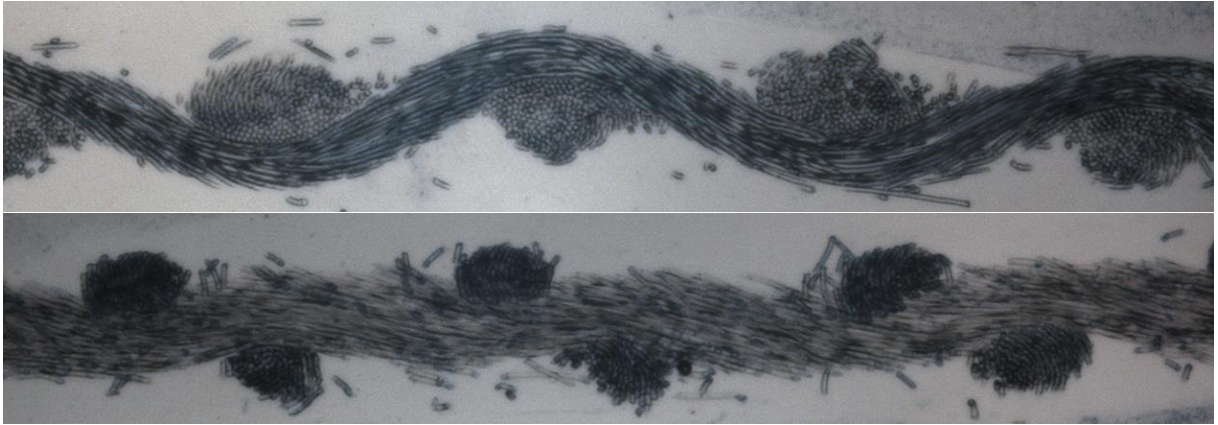
5/25/19



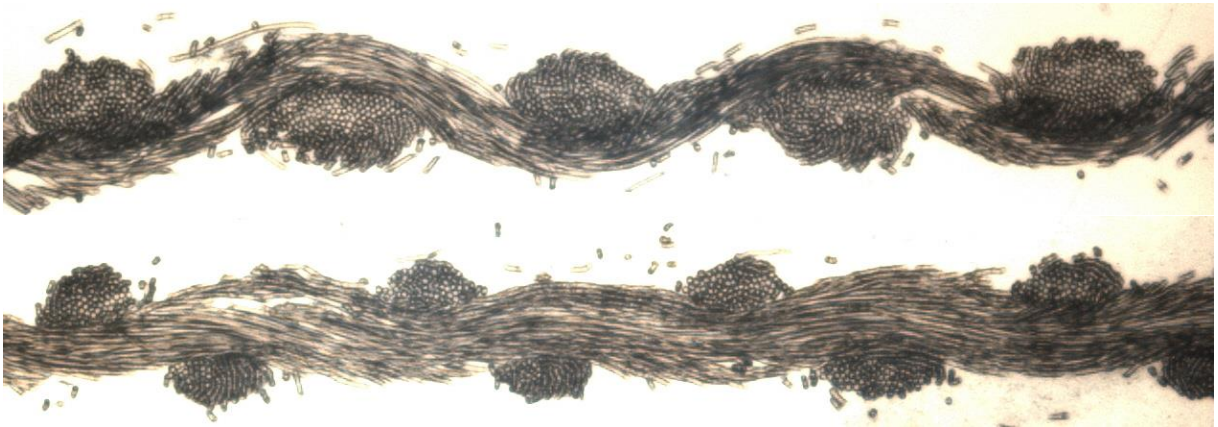
6/25/19



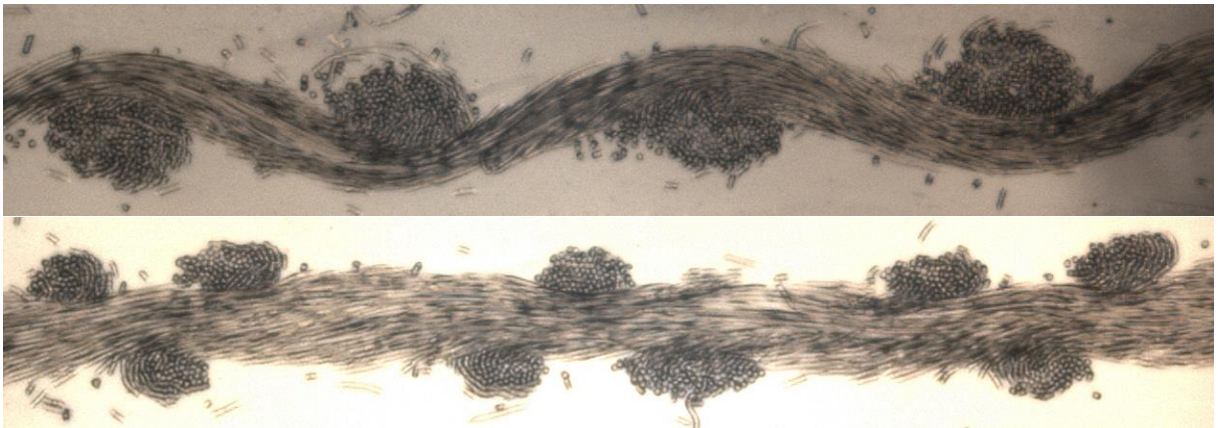
6/25/26



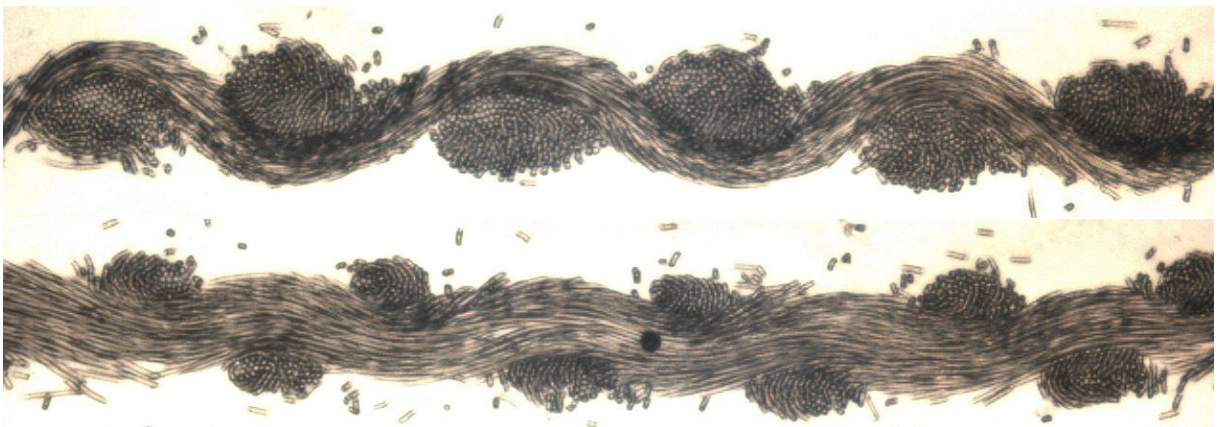
1/40/15



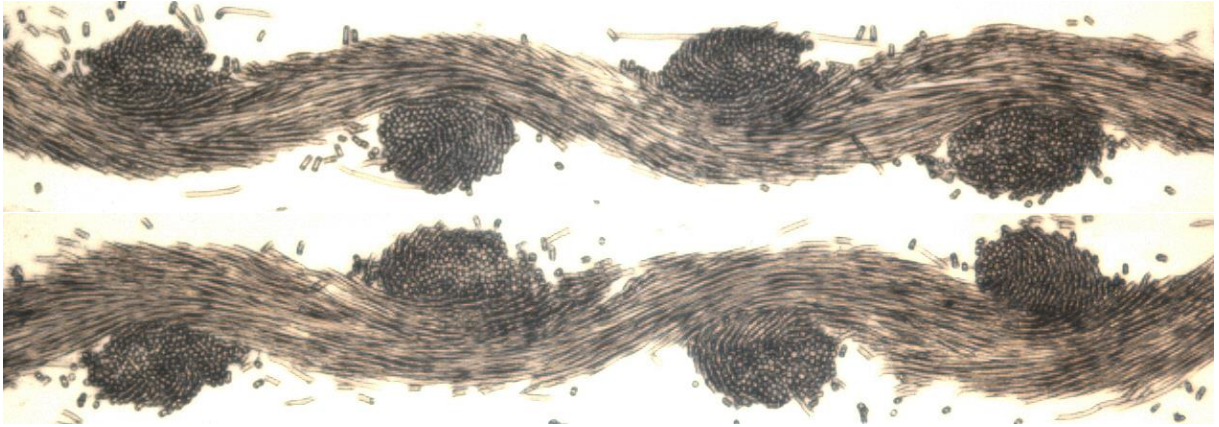
2/40/18



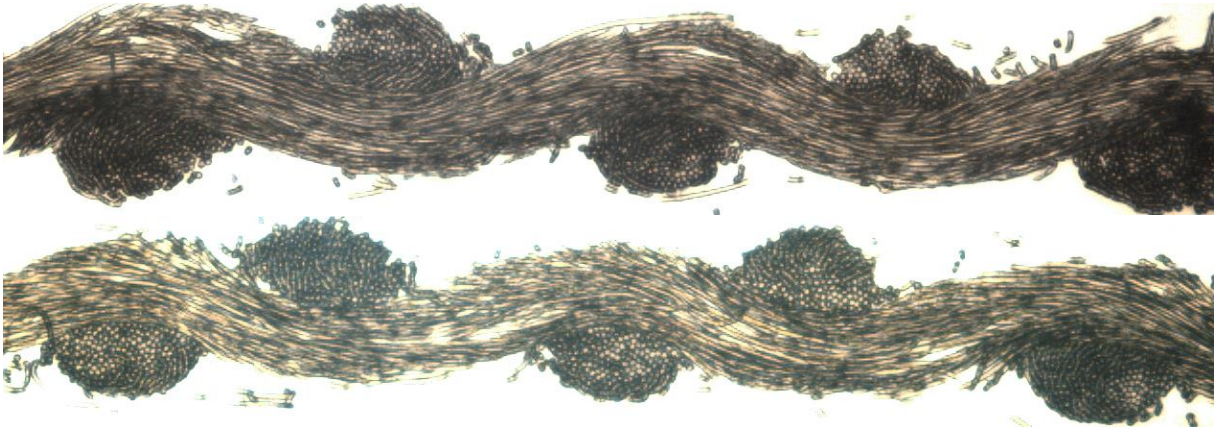
3/40/15



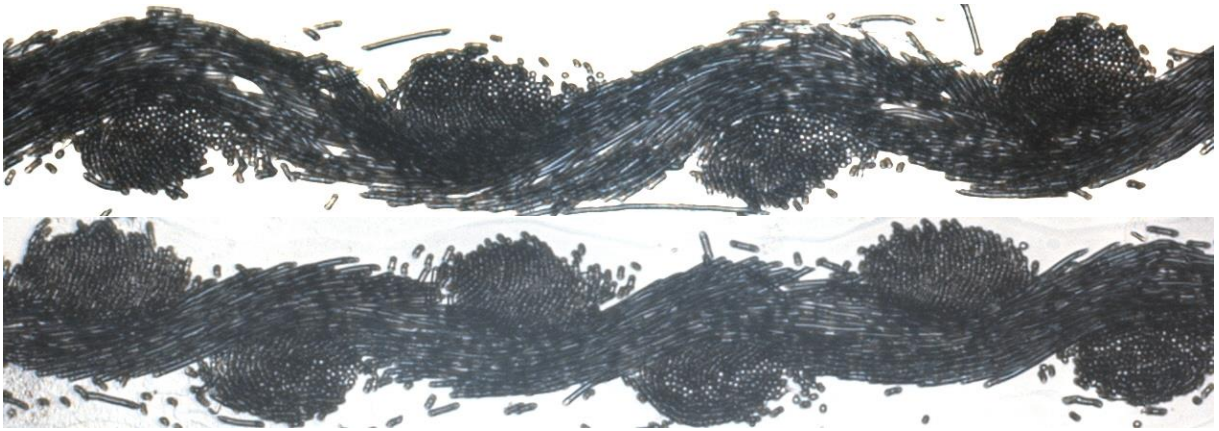
3/40/21,2



7/4015



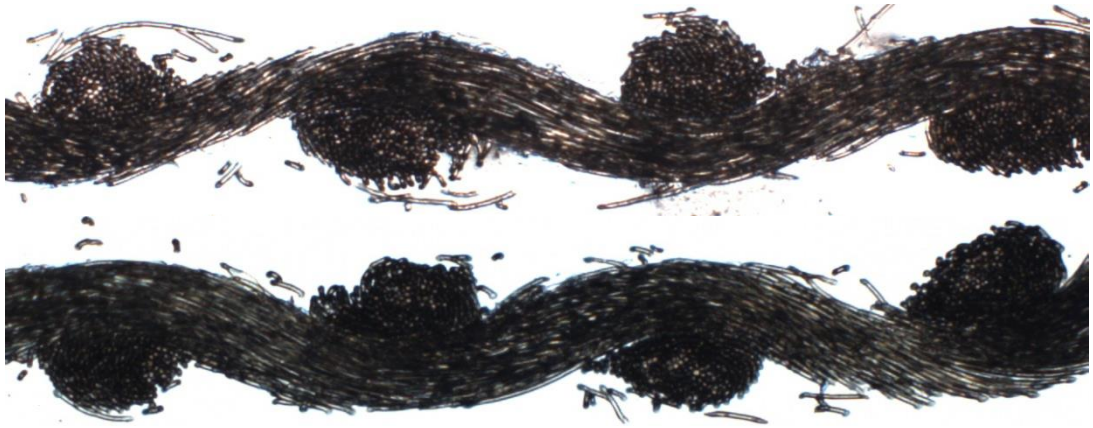
8/40/18



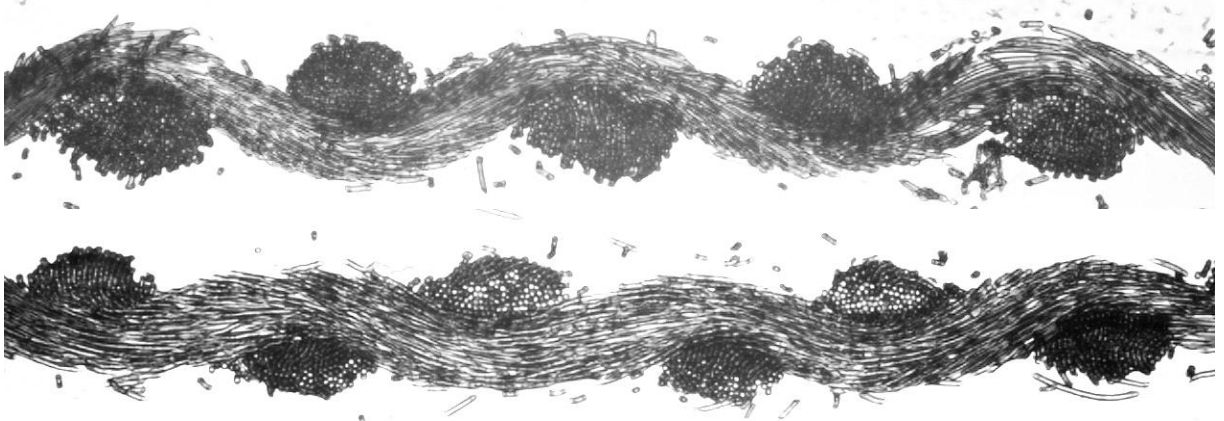
9/40/15



9/40/21,2



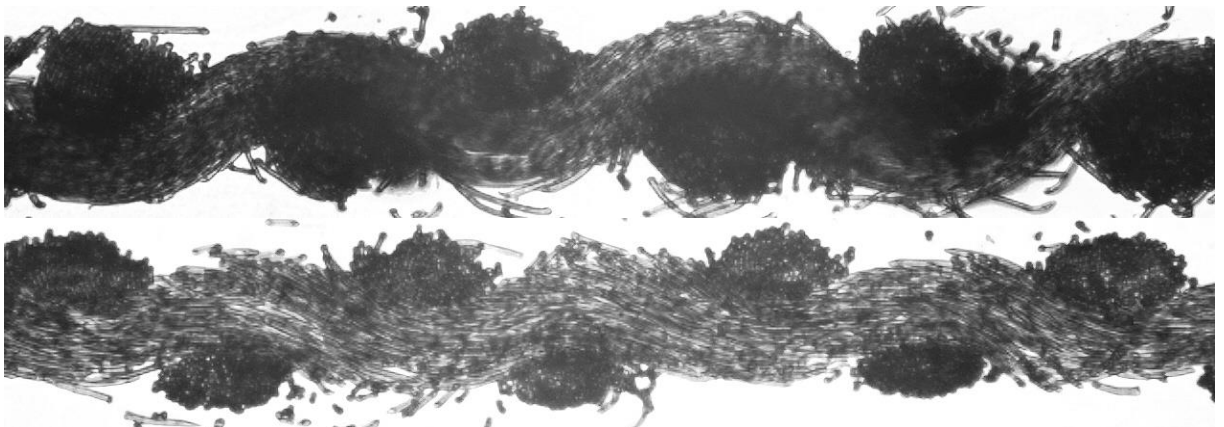
5/40/15



5/40/18



6/40/15



6/40/21,2

Příloha 5

Skript pro výpočet tloušťky tkaniny a dalších parametrů tkaniny

Vstupy:

```
to=16.5;   %jemnost osnovní příze, tex
tu=16.5;   %jemnost útkové příze, tex
Do=2780;   %dostava osnovy nití/1m
Du=2780;   %dostava útku nití/1m
prumo=0.161; %průměr příze osnovní experiment, mm
prumu=0.161; %průměr příze útkové experiment, mm
soi=3.77;  %setkání osnovy experiment, %
sui=5.37;  %setkání útku experiment, %
```

Přepoččet jednotek

```
Doo=Do/1000 %dostava na mm
Duu=Du/1000 %dostava na mm
so=soi/100 %setkání bezrozměrně
su=sui/100 %setkání bezrozměrně
```

Podmínky řešitelnosti

```
if so>=pi/2-1 | su>=pi/2-1
    disp('Nemá v Peirceově modelu řešení')
end
```

Výpočet cyklus 1

```
ehora=1;
edola=0;
for i=1:18;
    ea=(ehora+edola)/2;
    odmoc=sqrt(1-ea^2);
    leva=atan(odmoc/ea)/odmoc-1;
    if leva > su
        edola=ea;
    else ehora=ea;
    end;
    ekoro=(edola+ehora)/2;
end;
ehorb=1;
edolb=0;
for i=1:18;
    eb=(ehorb+edolb)/2;
```



```

odmoc=sqrt(1-eb^2);
leva=atan(odmoc/eb)/odmoc-1;
if leva > so
    edolb=eb;
else ehorb=eb;
end;
ekoru=(edolb+ehorb)/2;
end;

```

Výpočet cyklus 2

```

edol=1-ekoru;
ehor=ekoro;
for i=1:18;
    eo=(ehor+edol)/2;
    soucuhdol=0;
    soucuhhor=pi/2;
    for i=1:18;
        soucuh=(soucuhdol+soucuhhor)/2;
    pom=tan(soucuh);
    odmoc=1/pom;
    sinbetau=sqrt(eo^2*(pom^2)/(1+pom^2));
    tanbetau=sinbetau/sqrt(1-sinbetau^2);
    tanalfau=(1-tanbetau*odmoc)/(odmoc+tanbetau);
    alfau=atan(tanalfau);
    suvyp=tanbetau/eo*(alfau+odmoc)-1;
    if suvyp>su
        soucuhhor=soucuh;
    else soucuhdol=soucuh;
    end;
end;
eu=1-eo;
tanbetao=tanbetau*(eu*Duu)/(eo*Doo);
sinbetao=sqrt(tanbetao^2/(1+tanbetao^2));
odmoc2=sqrt(eu^2/sinbetao^2-1);
tanalfao=(1-tanbetao*odmoc2)/(odmoc2+tanbetao);
alfao=atan(tanalfao);
sovyp=tanbetao/eu*(alfao+odmoc2)-1;
if sovyp>so
    ehor=eo;
else edol=eo;

```

```
end;  
end;
```

Vlastní výpočet tloušťky a dalších parametrů

```
dodu=tanbetao/(Duu*eu);  
relprumo=prumo/(prumo+prumu);  
relprumu=prumu/(prumo+prumu);  
tloustka=dodu*max(eo+relprumo,eu+relprumu);  
alfaodeg=alfao*180/pi;  
alfaudeg=alfau*180/pi;  
betaodeg=atan(tanbetao)*180/pi;  
betaudeg=atan(tanbetau)*180/pi;  
koef=dodu/(prumo+prumu);
```

Výpis vypočtených výsledků

```
disp('zvlnění osnovy, -:');disp(eo);  
disp('zvlnění útku, -:');disp(eu);  
disp('alfa osnovy, deg:');disp(alfaodeg);  
disp('alfa útku, deg:');disp(alfaudeg);  
disp('beta osnovy, deg:');disp(betaodeg);  
disp('beta útku, deg:');disp(betaudeg);  
disp('součet efektivních průměrů, mm:');disp(dodu);  
disp('relativní průměr osnovy:');disp(relprumo);  
disp('relativní průměr útku:');disp(relprumu);  
disp('koeficient stlačení niti:');disp(koef);  
disp('tloušťka, mm:');disp(tloustka);
```

Příloha 6
Skript pro výpočet setkání

VÝPOČET DÉLKY NITĚ VE STŘÍDĚ VAZBY

modely LINEARNÍ, PEIRCE, SINUSOVKA, HYPERBOLA, PARABOLA

Pozn. Rozestupy mezi nitmi jsou nepravidelné, jiný rozestup v přechodu, jiný ve flotu.

Vstupy:

to=25; %jemnost osnovní příze

tu=25; %jemnost útkové příze

Do=240; %dostava osnovy nití/10cm

Du=235; %dostava útku nití/10cm

R=1360; %hustota materiálu

nio=0.54; %zaplnění přízí osnovních

niu=0.54; %zaplnění přízí útkových

ppo=2; %počet přechodů v osnovní mezeře

ppu=2; %počet přechodů v útkové mezeře

no=3; %počet osnovních vazných bodů ve střídě vazby

nu=3; %počet útkových vazných bodů ve střídě vazby

eo=0.45; %zvlnění osnovy

Výpočet průměru příze [mm];

do=1*sqrt((4*to)/(pi*R*nio)) %průměr příze

du=1*sqrt((4*tu)/(pi*R*niu))

% do=0.25;

% du=0.25;

ds=(do+du)/2; střední průměr příze

A=((1/Du)*100*nu*ds*sqrt(3))/(ppo*ds*sqrt(3)+du*(nu-ppo))% rozteč

B=((1/Do)*100*no*ds*sqrt(3))/(ppu*ds*sqrt(3)+do*(no-ppu))% rozteč

Velikost střídý [cm]

X=no/(Do/10)

Y=nu/(Du/10)

Výšky vazné vlny

ho=eo*ds; %výška vazné vlny osnovy

hu=(1-eo)*ds; %výška vazné vlny útku

fo=100/Du*nu-ppo*A% délka flotáže osnovy

fu=100/Do*no-ppu*B% délka flotáže útku

To=ppo*A+fo% velikost střídý vazby po osnově

Tu=ppu*B+fu% velikost střídý vazby po útku

LINEÁRNÍ MODEL

lol=2*ppo*(sqrt((A/2)^2+ho^2))+fo

```
lul=2*ppu*(sqrt((B/2)^2+hu^2))+fu
```

PEIRCE

```
%au=sqrt((1/(4*(Do/100)^2))+ho^2-(ho+hu)^2);
```

```
au=sqrt((1/4*B^2)+ho^2-(ho+hu)^2);
```

```
zzu=((ho+hu)-2*(1/B)*au*ho)/(au+(ho+hu)*2*ho*(1/B));
```

```
alfau=atan(zzu);
```

```
CDu=alfau*ds;
```

```
lup1=2*ppu*(CDu+au)+fu
```

```
%ao=sqrt((1/(4*(Du/100)^2))+hu^2-(ho+hu)^2);
```

```
ao=sqrt((1/4*A^2)+hu^2-(ho+hu)^2);
```

```
zzo=((ho+hu)-2*(1/A)*ao*hu)/(ao+(ho+hu)*2*hu*(1/A));
```

```
alfao=atan(zzo);
```

```
CDo=alfao*ds;
```

```
lop1=2*ppo*(CDo+ao)+fo
```

SINUS

```
syms x;
```

```
a=0; dolní mez
```

```
b=A/2; horní mez osnova
```

```
c=B/2; horní mez útek
```

Definice funkce

```
curveo=ho*sin(pi/2*x/(A/2));
```

```
curveu=hu*sin(pi/2*x/(B/2));
```

```
poly_difo=diff(curveo,x,1);
```

```
poly_difu=diff(curveu,x,1);
```

```
integrando=sqrt(1+poly_difo^2);
```

```
leng_sino=fo+2*ppo*double(int(integrando,x,a,b))
```

```
% fprintf ('\nExact length osnova sin=%g',leng_exacto)
```

```
integrandu=sqrt(1+poly_difu^2);
```

```
leng_sinu=fu+2*ppu*double(int(integrandu,x,a,c))
```

```
% fprintf ('\nExact length utek sin=%g',leng_exactu)
```

HYPERBOLA

Definice poloos hyperboly

```
a1=(2*ho^2)/(sqrt(-8*ho^2+A^2));
```

```
b1=(4*ho^3)/(-8*ho^2+A^2);
```

```
a2=(2*hu^2)/(sqrt(-8*hu^2+B^2));
```

```
b2=(4*hu^3)/(-8*hu^2+B^2);
```

Definice funkce

```
curveho=b1*(1+sqrt(x^2/a1^2+1));
```

```
curvehu=b2*(1+sqrt(x^2/a2^2+1));
```

```
poly_difho=diff(curveho,x,1);
```

```

poly_difhu=diff(curvehu,x,1);
integrandho=sqrt(1+poly_difho^2);
leng_hypo=fo+2*ppo*double(int(integrandho,x,a,b))
% fprintf ('\nExact length osnova hyp=%g',leng_exactho)
integrandhu=sqrt(1+poly_difhu^2);
leng_hypu=fu+2*ppu*double(int(integrandhu,x,a,c))
% fprintf ('\nExact length utek hyp=%g',leng_exacthu)
PARABOLA
Definice funkce
curvepo=(x^2)/(A^2/(4*ho))-ho;
curvepu=(x^2)/(B^2/(4*hu))-hu;
poly_difpo=diff(curvepo,x,1);
poly_difpu=diff(curvepu,x,1);
integrandpo=sqrt(1+poly_difpo^2);
leng_paro=fo+2*ppo*double(int(integrandpo,x,a,b))
% fprintf ('\nExact length osnova par=%g',leng_exactpo)
integrandpu=sqrt(1+poly_difpu^2);
leng_paru=fu+2*ppu*double(int(integrandpu,x,a,c))
% fprintf ('\nExact length utek par=%g',leng_exactpu)

```

VÝPOČET SETKÁNÍ S POUŽITÍM RŮZNÝCH MODELŮ [%]

Lineární model

$$so_linear=(l_{ol}-T_o)/T_o*100$$

$$su_linear=(l_{ul}-T_u)/T_u*100$$

Peirceův model

$$so_peirce=(l_{op1}-T_o)/T_o*100$$

$$su_peirce=(l_{up1}-T_u)/T_u*100$$

Sinus model

$$so_sin=(leng_sino-T_o)/T_o*100$$

$$su_sin=(leng_sinu-T_u)/T_u*100$$

Hyperbolický model

$$so_hyp=(leng_hypo-T_o)/T_o*100$$

$$su_hyp=(leng_hypu-T_u)/T_u*100$$

Parabolický model

$$so_parabola=(leng_paro-T_o)/T_o*100$$

$$su_parabola=(leng_paru-T_u)/T_u*100$$

Příloha 7

Predikované hodnoty setkání tkanin dle modelů

Tabulka 7.1 Setkání [%] tkanin experimentálního souboru 1

| Číslo tkaniny | Experiment páráním | | Experiment Instron | | Predikce lineární model | | Predikce model Peirce | | Predikce model sinus | | Predikce model parabola | | Predikce model hyperbola | |
|------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek |
| 1 | 6,5 | 6,5 | 3,2 | 4,4 | 3,3 | 3,4 | 3,4 | 3,6 | 4,0 | 4,1 | 4,3 | 4,4 | 3,4 | 3,5 |
| 4 | 8,5 | 5,5 | 3,8 | 4,4 | 3,3 | 4,5 | 3,5 | 4,8 | 4,0 | 5,5 | 4,3 | 5,9 | 3,4 | 4,7 |
| 5 | 9,0 | 8,0 | 3,8 | 5,4 | 3,6 | 5,5 | 3,8 | 5,9 | 4,4 | 6,7 | 4,7 | 7,1 | 3,7 | 5,8 |
| 10 | 10,0 | 6,0 | 6,4 | 3,8 | 4,9 | 3,8 | 5,1 | 4,0 | 5,9 | 4,6 | 6,3 | 4,9 | 5,1 | 3,9 |
| 11 | 9,5 | 7,0 | 7,7 | 5,5 | 7,2 | 4,4 | 7,8 | 4,8 | 8,6 | 5,3 | 9,2 | 5,7 | 7,6 | 4,6 |
| 12 | 9,5 | 9,5 | 6,7 | 8,1 | 6,5 | 7,0 | 7,2 | 7,8 | 7,9 | 8,5 | 8,4 | 9,0 | 6,9 | 7,5 |
| 2 | 5,0 | 3,5 | 5,0 | 5,6 | 5,0 | 5,3 | 5,4 | 5,8 | 6,1 | 6,4 | 6,5 | 6,9 | 5,3 | 5,6 |
| 6 | 7,5 | 5,0 | 6,1 | 4,4 | 6,8 | 4,3 | 7,3 | 4,7 | 8,2 | 5,2 | 8,7 | 5,5 | 7,2 | 4,4 |
| 7 | 9,5 | 6,0 | 7,3 | 4,8 | 8,2 | 5,6 | 9,1 | 6,2 | 9,9 | 6,8 | 10,5 | 7,2 | 8,8 | 5,9 |
| 13 | 9,5 | 3,5 | 9,2 | 3,6 | 8,0 | 4,0 | 8,6 | 4,5 | 9,5 | 4,9 | 10,1 | 5,2 | 8,5 | 4,2 |
| 14 | 11,0 | 4,5 | 11,1 | 4,6 | 10,8 | 4,1 | 12,1 | 4,6 | 12,8 | 5,0 | 13,6 | 5,3 | 11,8 | 4,2 |
| 15 | 13,5 | 4,5 | 10,5 | 3,7 | 11,2 | 3,2 | 12,5 | 3,5 | 13,3 | 3,9 | 14,0 | 4,2 | 12,3 | 3,3 |
| 3 | 11,0 | 3,5 | 7,0 | 2,4 | 6,3 | 2,8 | 6,7 | 3,0 | 7,6 | 3,4 | 8,1 | 3,6 | 6,6 | 2,8 |
| 8 | 10,5 | 2,5 | 9,8 | 1,4 | 7,9 | 1,6 | 8,5 | 1,7 | 9,5 | 2,0 | 10,1 | 2,2 | 8,5 | 1,7 |
| 9 | 14,5 | 3,0 | 11,7 | 2,9 | 10,4 | 2,6 | 11,5 | 2,8 | 12,4 | 3,2 | 13,1 | 3,4 | 11,4 | 2,6 |
| 16 | 12,5 | 3,0 | 9,9 | 2,1 | 8,8 | 1,2 | 9,5 | 1,3 | 10,5 | 1,5 | 11,2 | 1,6 | 9,5 | 1,2 |
| 17 | 14,5 | 3,5 | 12,2 | 2,1 | 11,4 | 2,2 | 12,6 | 2,3 | 13,6 | 2,6 | 14,3 | 2,8 | 12,6 | 2,2 |
| 18 | 18,0 | 4,5 | 15,9 | 3,6 | 13,9 | 3,4 | 16,0 | 3,7 | 16,4 | 4,1 | 17,3 | 4,4 | 15,7 | 3,5 |
| 19 | 5,5 | 7,5 | 4,9 | 6,7 | 3,7 | 5,7 | 3,9 | 6,1 | 4,5 | 6,9 | 4,8 | 7,3 | 3,8 | 6,0 |
| 21 | 6,5 | 6,5 | 5,6 | 4,9 | 5,5 | 5,3 | 5,9 | 5,7 | 6,6 | 6,4 | 7,0 | 6,8 | 5,7 | 5,5 |
| 22 | 8,5 | 7,5 | 5,9 | 7,1 | 6,0 | 6,7 | 6,6 | 7,4 | 7,3 | 8,0 | 7,8 | 8,6 | 6,4 | 7,1 |
| 25 | 10,0 | 5,0 | 7,6 | 4,2 | 7,6 | 4,2 | 8,3 | 4,6 | 9,1 | 5,1 | 9,7 | | 8,1 | 4,4 |
| 26 | 9,0 | 6,5 | 7,8 | 5,8 | 7,4 | 7,2 | 8,2 | 8,1 | 8,9 | 8,6 | 9,4 | 9,2 | 7,9 | 7,6 |
| 27 | 9,5 | 9,5 | 6,0 | 9,2 | 6,9 | 10,7 | 7,7 | 12,4 | 8,2 | 12,7 | 8,8 | 13,4 | 7,3 | 11,7 |
| 20 | 8,5 | 5,0 | 5,6 | 3,2 | 5,9 | 2,6 | 6,3 | 2,8 | 7,1 | 3,2 | 7,6 | 3,4 | 6,2 | 2,7 |
| 23 | 11,0 | 5,5 | 6,8 | 2,0 | 7,6 | 1,9 | 8,2 | 2,0 | 9,1 | 2,3 | 9,7 | 2,4 | 8,1 | 1,9 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|-----|
| 24 | 10,0 | 5,5 | 8,5 | 4,1 | 8,2 | 3,7 | 9,0 | 4,0 | 9,9 | 4,5 | 10,5 | 4,8 | 8,8 | 3,8 |
| 28 | 12,0 | 3,0 | 11,0 | 1,3 | 9,8 | 0,9 | 10,6 | 0,9 | 11,7 | 1,1 | 12,4 | | 10,7 | 0,9 |
| 29 | 12,5 | 5,0 | 11,7 | 3,4 | 9,5 | 3,6 | 10,5 | 3,9 | 11,3 | 4,3 | 12,0 | 4,7 | 10,3 | 3,7 |
| 30 | 14,0 | 5,0 | 10,7 | 5,5 | 9,9 | 6,5 | 11,1 | 7,3 | 11,7 | 7,8 | 12,4 | 8,3 | 10,7 | 6,8 |
| 31 | 6,0 | 8,5 | 2,4 | 8,9 | 2,0 | 7,5 | 2,0 | 8,1 | 2,4 | 9,0 | 2,6 | 9,6 | 2,0 | 8,0 |
| 32 | 7,5 | 6,0 | 4,8 | 5,4 | 4,0 | 6,2 | 4,2 | 6,8 | 4,8 | 7,5 | 5,2 | 8,0 | 4,1 | 6,6 |
| 33 | 9,0 | 8,5 | 4,6 | 7,2 | 4,6 | 7,9 | 5,0 | 8,8 | 5,6 | 9,4 | 6,0 | 10,0 | 4,8 | 8,4 |
| 34 | 11,0 | 6,5 | 7,6 | 4,5 | 7,0 | 4,3 | 7,5 | 4,7 | 8,4 | 5,2 | 8,9 | 5,5 | 7,4 | 4,4 |
| 35 | 12,0 | 6,0 | 9,8 | 5,7 | 8,5 | 5,6 | 9,4 | 6,2 | 10,2 | 6,8 | 10,8 | 7,2 | 9,1 | 5,9 |
| 36 | 12,0 | 8,0 | 9,2 | 5,7 | 8,8 | 7,1 | 9,9 | 8,0 | 10,5 | 8,6 | 11,1 | 9,1 | 9,4 | 7,6 |

Tabulka 7.2 Setkání [%] tkanin experimentálního souboru 2

| Číslo tkaniny | Experiment páráním | | Experiment Instron | | Predikce lineární model | | Predikce model Peirce | | Predikce model sinus | | Predikce model parabola | | Predikce model hyperbola | |
|------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek |
| 8 | 3,5 | 6,0 | 0,8 | 3,8 | 0,5 | 4,4 | 0,5 | 4,8 | 0,6 | 5,2 | 0,5 | 4,7 | 0,6 | 5,5 |
| 9 | 4,0 | 6,0 | 3,0 | 5,3 | 3,0 | 6,8 | 3,2 | 7,6 | 3,6 | 8,2 | 3,1 | 7,4 | 3,9 | 8,7 |
| 10 | 5,0 | 6,5 | 2,9 | 6,0 | 3,1 | 6,8 | 3,3 | 7,6 | 3,7 | 8,2 | 3,2 | 7,4 | 4,0 | 8,7 |
| 11 | 3,5 | 4,5 | 1,2 | 5,2 | 0,7 | 3,8 | 0,7 | 4,2 | 0,9 | 4,6 | 0,7 | 4,1 | 0,9 | 4,9 |
| 12 | 2,5 | 4,5 | 1,2 | 4,3 | 0,7 | 3,9 | 0,7 | 4,2 | 0,9 | 4,7 | 0,7 | 4,2 | 0,9 | 5,0 |
| 13 | 3,5 | 7,0 | 1,3 | 6,1 | 1,7 | 3,9 | 1,8 | 4,2 | 2,0 | 4,7 | 1,7 | 4,2 | 2,2 | 5,0 |
| 14 | 2,5 | 8,5 | 1,4 | 6,8 | 2,0 | 3,9 | 2,2 | 4,2 | 2,5 | 4,6 | 2,1 | 4,2 | 2,7 | 4,9 |
| 15 | 5,0 | 7,5 | 1,8 | 6,8 | 1,0 | 5,5 | 1,0 | 6,3 | 1,2 | 6,5 | 1,0 | 6,1 | 1,3 | 6,9 |
| 16 | 6,0 | 8,0 | 3,2 | 6,8 | 4,3 | 9,7 | 4,7 | 11,4 | 5,2 | 11,5 | 4,5 | 10,8 | 5,5 | 12,1 |
| 17 | 6,0 | 8,0 | 4,7 | 7,5 | 5,1 | 8,2 | 5,8 | 9,5 | 6,2 | 9,8 | 5,4 | 9,0 | 6,6 | 10,3 |
| 18 | 4,5 | 7,0 | 2,0 | 5,8 | 1,3 | 4,8 | 1,4 | 5,4 | 1,6 | 5,7 | 1,4 | 5,2 | 1,7 | 6,0 |
| 19 | 4,5 | 6,0 | 1,4 | 5,6 | 1,0 | 5,5 | 1,0 | 6,3 | 1,2 | 6,5 | 1,0 | 6,1 | 1,3 | 6,9 |
| 20 | 3,5 | 8,0 | 1,7 | 7,4 | 2,3 | 5,5 | 2,5 | 6,3 | 2,8 | 6,5 | 2,4 | 6,1 | 3,0 | 6,9 |
| 21 | 3,0 | 8,5 | 1,4 | 8,0 | 2,0 | 6,3 | 2,1 | 7,2 | 2,4 | 7,4 | 2,0 | 7,1 | 2,6 | 7,8 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| 23 | 7,0 | 8,5 | 5,2 | 7,8 | 6,8 | 10,8 | 8,0 | 13,3 | 8,1 | 12,7 | 7,3 | 12,1 | 8,6 | 13,4 |
| 24 | 8,0 | 8,5 | 6,2 | 7,8 | 7,0 | 11,0 | 8,2 | 13,6 | 8,3 | 12,9 | 7,5 | 12,4 | 8,8 | 13,6 |
| 25 | 6,0 | 7,5 | 2,8 | 5,4 | 2,2 | 5,3 | 2,4 | 6,1 | 2,7 | 6,3 | 2,3 | 5,8 | 2,9 | 6,6 |
| 26 | 3,0 | 5,5 | 1,7 | 5,5 | 1,3 | 7,0 | 1,4 | 8,2 | 1,6 | 8,2 | 1,3 | 8,0 | 1,7 | 8,7 |
| 27 | 3,5 | 10,0 | 1,4 | 7,4 | 3,0 | 7,3 | 3,3 | 8,6 | 3,7 | 8,5 | 3,1 | 8,3 | 3,9 | 9,0 |
| 28 | 3,5 | 10,0 | 0,8 | 9,3 | 0,9 | 10,6 | 1,0 | 12,9 | 1,1 | 12,2 | 0,9 | 12,8 | 1,2 | 12,7 |

Tabulka 7.3 Setkání [%] tkanin experimentálního souboru 3

| Číslo tkaniny | Experiment páráním | | Experiment „Instron“ | | Predikce lineární model | | Predikce model Peirce | | Predikce model sinus | | Predikce model parabola | | Predikce model hyperbola | |
|------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek | Setkání osnova | Setkání útek |
| 8 | 7,4 | 6,6 | 4,9 | 3,5 | 3,8 | 4,7 | 4,6 | 6,1 | 4,5 | 5,6 | 4,8 | 5,9 | 4,4 | 5,1 |
| 13 | 6,6 | 6,2 | 4,8 | 2,8 | 8,0 | 4,5 | 10,0 | 5,9 | 9,3 | 5,4 | 9,8 | 5,7 | 9,3 | 4,9 |
| 14 | 5,1 | 5,7 | 4,0 | 3,1 | 4,7 | 3,7 | 6,0 | 4,4 | 5,5 | 4,4 | 5,8 | 4,7 | 5,5 | 3,9 |
| 15 | 4,8 | 6,2 | 2,7 | 3,4 | 3,0 | 3,6 | 3,8 | 4,3 | 3,5 | 4,3 | 3,7 | 4,6 | 3,5 | 3,9 |
| 16 | 5,4 | 6,1 | 2,8 | 2,8 | 3,2 | 3,7 | 4,0 | 4,4 | 3,7 | 4,4 | 3,9 | 4,7 | 3,7 | 3,9 |
| 17 | 5,7 | 5,9 | 3,9 | 3,2 | 4,9 | 3,7 | 6,3 | 4,5 | 5,7 | 4,5 | 6,0 | 4,8 | 5,8 | 4,0 |

