

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2007

MARTA IBEHEJOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

**ANALÝZA STRUKTURY BAVLNĚNÝCH
SYPKOVIN Z PŘÍČNÝCH ŘEZŮ**

**ANALYSIS OF STRUCTURE OF BEDTICKS
„SOFT“ CROSS-SECTIONS**

LIBEREC 2007

MARTA IBEHEJOVÁ

zadání

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená *diplomová* práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové* práce v Univerzitní knihovně TUL.

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

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 29. března 2007

.....

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla především poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Janě Drašarové PhD. a Ing. Janě Nováčkové za cenné rady, připomínky k práci, za odborné vedení při její tvorbě, za pomoc při řešení zadaných úkolů, za praktické rady k tématu a za pomoc při realizaci experimentu, doc. Aleši Linkovi a v neposlední řadě mé rodině a příteli za veškerou podporu během celého studia.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá studiem vazných bodů a vazné vlny sypkovin. Je rozdělena na část teoretickou a experimentální.

V teoretické části je popsáno bavlněné vlákno, seznámení s používanými pojmy, definicemi a skutečnostmi týkajícími se tkanin.

Druhá část je zaměřena na vlastní experiment. Pro zkoumání struktury sypkovin je využita metoda měkkých příčných řezů jednotlivými tkaninami. Pomocí obrazové analýzy Lucie jsou proměřeny charakteristické parametry tkaniny. Dále jsou sledovány tvary vazných bodů. Následující část experimentu se zabývá vaznou vlnou sypkovin, kde je počítána délka.

Annotation

This diploma thesis deals with the studying of binding points and binding wave of bedticks. The thesis consists of two parts – theoretical and experimental. The first one describes a cotton fiber and also introduces to used terms, definitions and other facts, which are connected with the textiles.

The second part focuses on the experiment. In detail, the structure of bedticks is tested by using the method of „soft“ cross-sections through individual fabrics. The characteristic parameters of the textiles are measured by Lucia image analysis. Next, the shapes of binding points are observed. Moreover, the experiment also deals with calculating of the length of binding waves bedticks.

Klíčová slova: tkanina, sypkovina, vazný bod, vazná vlna

Keywords: textile, bedticks, binding point, binding wave

Obsah

Seznam použitých symbolů.....	5
1. Úvod.....	6
2. Teoretická část.....	7
2.1 Bavlina.....	7
2.1.1 Charakterizace bavlněného vlákna.....	7
2.1.2 Vlastnosti bavlny.....	7
2.2 Tkanina.....	8
2.2.1 Základní vazby tkanin.....	8
2.2.2 Základní charakteristiky tkaniny.....	9
2.2.3 Popis struktury tkaniny pomocí modelů.....	10
2.2.4 Vazná buňka tkaniny.....	10
2.2.5 Deformace příze ve tkanině.....	17
2.2.6 Fáze zvlnění nití ve tkanině.....	20
2.2.7 Těsná vazba.....	21
2.2.8 Deformace tkaniny vlivem kalandrování.....	22
3. Experimentální část.....	23
3.1 Použité materiály.....	23
3.2 Příprava sypekvin na řezání - vytvoření vzorků.....	24
3.3 Obrazová analýza.....	25
3.3.1 Schematické znázornění měřicího přístroje.....	25
3.4 Jednotlivé výsledky naměřených parametrů.....	26
3.4.1 Parametr výška osnovy a útku.....	27
3.4.2 Parametr šířka osnovy a útku.....	27
3.4.3 Parametr tloušťka osnovy a útku.....	29
3.4.4 Rozteč osnovy a útku.....	31
3.4.5 Parametr tloušťka tkaniny.....	32
3.4.6 Porovnání vzdálenosti sousedních osnov a útků.....	35
3.5 Charakteristické tvary osnovních a útkových vazných bodů.....	36
3.5.1 Použité metody.....	36
3.5.2 Metoda ruční Lucia.....	36
3.5.3 Měření parametrů vazných bodů programem Matlab.....	38
3.6 Metody zabývající se vaznou vlnou.....	44
3.6.1 Konstrukce vazné vlny, varianty.....	44
3.6.2 Řešení konstrukce vazné vlny.....	48
3.6.3 Délka vazné vlny.....	52
4. Závěr.....	56
Rejstříky a seznamy.....	58
Seznam tabulek.....	58
Seznam grafů.....	58
Seznam obrázků.....	59
Seznam použité literatury.....	60

Seznam použitých symbolů

T [tex]	jemnost příze
m [g]	hmotnost příze
l [km]	délka příze
o	osnova
u	útek
D [pn/100mm]	dostava
s_o [%]	setkání
l_o [mm]	původní délka
l_{tk} [mm]	délka tkaniny
G [g/m ²]	plošná hmotnost
Z [%]	plošné zakrytí tkaniny
A [μm]	rozteč nití
f [-]	stupeň provázání tkaniny
d [mm]	ekvivalentní průměr nitě
d_s [mm]	střední ekvivalentní průměr nitě
μ [-]	zaplnění
h [mm]	výška vazné vlny
e [-]	míra zvlnění
A_o [μm]	celkový rozestup nití ve střídě
φ [°]	úhel provázání osnovní nitě
ψ [°]	úhel provázání útkové nitě
a, b [mm]	hlavní a vedlejší poloosy hyperboly
ρ [mm]	poloměr křivosti ve vrcholu provázání pro jednotlivé soustavy nití
K_1, K_2, K_3, K_4	experimentální konstanty
d_{ef} [mm]	efektivní průměr nitě
A_{lim} [mm] 1	limitní rozteč
Pož. Do [nití/cm]	požadovaná dostava
Exp. pl. hm. [g/m ²]	exponenciální plošná hmotnost
Exp. Do [nití/cm]	exponenciální dostava
b [μm]	šířka
s [μm]	horizontální vzdálenost dvou sousedních nití
a [μm]	výška
d [μm]	tloušťka provazující nitě
h [μm]	tloušťka tkaniny
z [μm]	vertikální vzdálenost dvou sousedních čoček
čočka D [μm]	část vazného bodu (část, jenž je v kontaktu s vaznou vlnou)
čočka H [μm]	část vazného bodu (volná část)
o [μm]	průměr příze
IS [μm]	konfidenční interval (interval spolehlivosti)

1.Úvod

V posledních letech můžeme sledovat značný rozvoj ve všech odvětvích, což se týká i technického směru, ať už se jedná o automobilový průmysl, elektrotechniku, strojírenství a jiné. V neposlední řadě zajisté můžeme jmenovat i textilní průmysl. Ten se v posledních letech potýká s velkou konkurencí ze zemí jihovýchodní (Vietnam, Barma) a východní Asie (Čína, Bangladéš), ale i přes tento nepříznivý vliv, kvůli kterému většina českých textilních firem zkrachovala, spěje vývoj neustále dopředu. Tento fakt se dá podložit např. tím, že pokrok technologie s sebou přináší nové špičkové materiály, spolu s nimi speciální povrchové úpravy běžných materiálů.

Velmi nadějný a perspektivní je vývoj tzv. „inteligentních textilií“, který je ukázkou pozoruhodných aplikačních možností blízké budoucnosti. Jedná se o textilie, protkané sítí vzájemně fyzicky i programově propojených prvků [15]. Tyto textilní struktury jsou citlivé na vnější podněty a v závislosti na změnách těchto podnětů vratně reagují [16].

Aby mohly vzniknout nějaké další špičkové materiály, je nutno znát podrobně strukturu textilií. Musí být známo, jak tomu uvnitř textilií opravdu je. A pokud je tato problematika správně chápána, rozumí se vztahům a ví se o faktorech, které danou věc mohou ovlivňovat, zajisté se bude s takovými to znalostmi lépe pracovat dál, budou se vyvíjet a zkoumat nové metody. Nové špičkové materiály mohou posléze zachránit život, usnadnit práci či ušetřit čas dalším lidem.

Cílem této diplomové práce je objasnit skutečnosti týkající se tvarů vazných bodů a vazné vlny u kalandrovaných tkanin sypkovin. Prozkoumat strukturu sypkovin a na základě toho popsat tvar vazných bodů a vymodelovat vaznou vlnu příslušné tkaniny.

Aby se dala struktura tkaniny nějakým způsobem zkoumat, je zapotřebí připravit kvalitní řezy. Ty zajišťují v podstatě přenos informací z tkaniny uvnitř její struktury pro pozorovatele, který chce zákonitosti uvnitř tkaniny zkoumat.

V dnešní době existuje řada modelů zabývajících se vaznou vlnou tkaniny, např. Peircův model, hyperbolický, Oloffsonův a jiné. Většina modelů uvažuje kruhový průřez.

Ale položme si otázku: Jaký tvar vazných bodů mají kalandrované sypkoviny? A jak vypadá tvar vazné vlny ?

Na tyto otázky se snaží najít odpověď tato diplomová práce.

2. Teoretická část

Vzhledem k tomu, že se tato práce zabývala bavlněnými sytkovinami, následuje stručná charakteristika bavlněného vlákna.

2.1 Bavlna

Bavlna se řadí do skupiny přírodních vláken, mezi nimiž patří k nejrozšířenějším. Bavlna je zdrojem nejčistší celulózy.

2.1.1 Charakterizace bavlněného vlákna

Bavlna je tvořena jednobuněčnými vlákny obrůstajícími semena bavlníku [13]. Rozlišujeme tyto druhy bavlníku:

- bavlník černosemenný (dlouhovlákná snadno oddělitelná bavlněná vlákna)
- bavlník zelenosemenný (kromě vláken obsahuje ještě nespřadatelný porost - LINTTERS (vlákna kratší než 10 mm)).

Protože bavlníky podléhají rychlé degeneraci, jsou předmětem neustálého šlechtění. Cíle šlechtění jsou především tyto: délka, jemnost, pevnost vlákna, v dnešní době rovněž i barva.

Bavlna se skládá z celulózy asi z 88-96%, dále pak z pektinů, zbytků bílkovin, vosků, organických kyselin, minerálních solí a cukrů.

Vlákno bavlny vypadá pod mikroskopem jako mírně zakroucená stužka. Na jednom konci končí hrotem vlákna, druhý konec má stopy po odtržení od pokožky semena.

2.1.2 Vlastnosti bavlny

Bavlna bobtná v silných alkáliích (tzv. mercerace), ale i ve vodě. Je hydrofóbní a citlivá na změnu vlhkosti, na druhou stranu je mokrá bavlna pevnější. Ta způsobí porušení vodíkových můstků a následně relaxaci napětí. Bavlna žloutne při 120 °C po 5 hodinách. Hoří rychle, páchne štiplavě jako hořící papír. Rozkládá se ve studené 80% H_2SO_4 [13].

2.2 Tkanina

Vzhledem k tomu, že sypkoviny se řadí mezi plošné textilie vytvořené procesem tkaní, následuje popis základních charakteristik, struktury tkaniny pomocí modelů, vazné buňky a deformace příze ve tkanině.

Tkanina je charakterizována jako plošný textilní útvar, který vzniká vzájemným provázáním minimálně dvou soustav nití, označovaných jako osnova a útek.

Útek je zanášen do prošlupu a dochází neustále k opakujícímu tkacímu cyklu:

- otevření prošlupu
- zanesení útku
- zavření prošlupu
- příraz útku.

2.2.1 Základní vazby tkanin

Vazba tkaniny vyjadřuje, jakým způsobem se provazuje osnova a útek. Lze uvést tři typy základních vazeb [11]:

- plátno
- kepr
- atlas.

Plátno

Je nejjednodušší, nejstarší a nejhustěji provázaný typ vazby. Připomeňme, že samotným označením plátna rozumíme typ vazby nikoliv materiál tkaniny.

Hustota plátnové vazby může být různá. Je dána poměrem tloušťky nití k dostavě jak k osnovní tak útkové soustavě. Jestliže se jedná o levnější plátna určená na hrubší části oděvů, tloušťka nití není nijak zvlášť hlídána, což má za následek zvýšenou nestejnoměrnost struktury a hustotu plátna.

U nákladnějších plátén pro dražší oděvy pak tloušťka nití příze kolísá mnohem méně a celkovým výsledkem je jemnější, hustější a stejnoměrná struktura.

Použití plátnových vazeb je velmi časté: sypkoviny, košiloviny, letní dámské šatovky, kapesníky, ložní a stolní prádlo, dekorační tkaniny, technické tkaniny (plachtoviny, obaloviny, atd.), mul, sukno, popelín, taft, mušelín, atd.

Dále popisovat keprovou a atlasovou vazbu není nutné, vzhledem k tomu, že byly zkoumány pouze tkaniny utkané v plátňové vazbě.

2.2.2 Základní charakteristiky tkaniny

Jemnost T (délková hmotnost) [tex] je definována jako:

$$T = \frac{m}{l} [\text{tex}] \quad (1)$$

kde m [g] je hmotnost příze, l [km] je délka.

Dostava udává počet nití dané soustavy na 100 mm, v praxi na 10 cm. Značí se D [pn/100mm]. D_o [pn/100mm] udává dostavu osnovy, D_u [pn/100mm] charakterizuje dostavu útku.

Setkání s_o vyjadřuje velikost zkrácení nití zatkaním. Je definováno jako:

$$s_o = (l_o - l_{tk}) l_{tk} \quad (2)$$

kde l_o [mm] je původní délka, l_{tk} [mm] představuje délku tkaniny.

Plošná hmotnost G [10^{-2}g/m^2] je hmotnost tkaniny vztažená na určitou plochu. A je definována jako:

$$G = D_o T_o (1 + s_o) + D_u T_u (1 + s_u) \quad (3)$$

kde D_o [pn/100mm] je dostava osnovy, D_u [pn/100mm] charakterizuje dostavu útku, T_o [tex] je jemnost osnovy, T_u [tex] je jemnost útku, s_o charakterizuje setkání osnovy, a s_u představuje setkání útku [11].

Plošné zakrytí tkaniny Z představuje parametr, na základě kterého lze posuzovat užité vlastnosti tkanin (např. prodyšnost). Plošné zakrytí vychází z půdorysné plochy nití ve vazné buňce tkaniny. Plocha vazné buňky je zčásti tvořena osnovní a z části útkovou nití. Celkové plošné zakrytí Z [%] můžeme vyjádřit na základě dílčích plošných zakrytí, Z_o [%], Z_u [%]. Z je poměr viditelné půdorysné plochy nití ku ploše vazné buňky. Z je definováno vztahem:

$$Z = \frac{(d_o \cdot A_u + d_u \cdot A_o - d_o \cdot d_u)}{(A_u \cdot A_o)} \quad (4)$$

kde A_u [mm] je rozteč útkových nití ve tkanině, A_o [mm] představuje rozteč osnovních nití, d_o [mm] je průměr osnovní nitě a d_u [mm] analogicky průměr útkové nitě [12].

2.2.3 Popis struktury tkaniny pomocí modelů

Konstrukce tkaniny se obvykle definuje vazbou, materiálem, dostavou a jemností použité příze. Tyto údaje dohromady určují tzv. plošnou geometrii tkaniny. Je to soubor údajů, které definuje dezinatér. Tkanina je jimi však definována jen z části. Závažnou roli hraje ještě prostorová geometrie tkaniny, jejímž hlavním parametrem může být například zvlnění osnovy a útku ve vazné buňce tkaniny. Prostorová geometrie je ovlivněna typem a seřízením tkacího stroje.

Místo o geometrii se často mluví o struktuře tkaniny [9].

Struktura je důležitá hlavně pro chápání vztahů mezi vstupními a výstupními parametry. Je velice přínosná pro výzkum a výrobu. Méně důležitou se stává pro spotřebitele.

Strukturu tkaniny je možno hodnotit [8]:

- subjektivně: především hmatem a zrakem. Je tedy možno posoudit typ textílie a její vazby, charakter (texturu) povrchu a omak, splývavost, apod.
- objektivně: popisem parametrů struktury tkaniny měřitelnými veličinami. Souborem vztahů (relací) mezi působícími vlivy (budícími změnami) na tkanině v čase a odezvami (například deformace tkaniny v závislosti na síle) atd.

2.2.4 Vazná buňka tkaniny

Aby bylo možné tkaniny proměřovat a zjišťovat, jak se chovají uvnitř tkaniny, co je pro ně charakteristické a zda lze nějak souhrnně popsat jejich strukturu, k tomu je zapotřebí znát vaznou buňku tkaniny, která se používá pro popis geometrie.

Vazná buňka tkaniny je menší strukturní jednotka než střída vazby. Zahrnuje okolí jednoho vazného bodu.

Při tkání dochází k vytváření vazných bodů. Rozměrová stabilita obou soustav nití ve vazné buňce se od místa přírazu až do ustáleného místa uvnitř tkaniny mění, a to i od

kraje do středu šíře tkaniny na stavu. Tato změna má značný vliv na vlastní zakřížení osnovy a útku, tj. mění se struktura vazného bodu uvnitř tkaniny.

Hodnocení struktury vazné buňky ve tkanině je možné provádět v těchto místech:

- na čele tkaniny v místě vzniku (vliv napětí obou soustav, osnovy a útku),
- za čelem tkaniny (stále působení napětí osnovy a útku),
- ve tkanině v ustáleném stavu (bez vlivu napětí osnovy a útku) [14].

Z popisu vzájemných vazeb mezi napjatostí a geometrickými změnami vazné buňky lze vyvodit všechny potřebné zákonitosti o rovnováze proměnlivých sil, o přetváření vazného prvku (buňky), o dosažitelných dostavách, stabilitě tkání, vlivu a způsobu přirazu atd.

Pro zachycení a popis vnitřního uspořádání nití ve tkanině je popis oblasti v okolí jednoho zakřížení útku s osnovou nedostačující. U neplátnových vazeb dochází ke zkreslení informací o uspořádání nití ve tkanině (pod vaznou vlnou v místě flotáže – v oblasti volně ležících, neprovazujících nití).

Byla vytvořena celá řada pokusů, jak nalézt vhodný model popisující provázání osnovy s útkem, jak v plátnovém tak i v jiném než plátnovém provázání. Matematické vyjádření některých modelů, které se vztahují pouze na plátnovou vazbu, však ukazuje, že teoretický model neodpovídá skutečnému provázání (při náhradě jednoduché vazby vazbou složitější bude odpovídající modifikace modelu málo přesná). Jiné modely se nedají použít pro stanovení sil, deformací atd.

Mezi nejpoužívanější a nejznámější modely patří [14]:

- Peircův model
- Olofssonův model
- hyperbolický model.

Všechny výše uvedené modely využívají pro popis jedné vazné vlny, tj. vyjádření jednoho provázání osnovy s útkem, různé typy funkcí.

Základní geometrické charakteristiky struktury tkaniny pro vaznou buňku, které jsou potřebné pro popis vzájemných vazeb ve tkanině, lze shrnout do dále uvedeného

vektoru geometrických parametrů struktury. Jedná se především o parametry tkaniny, které jsou změřitelné a lze je pokládat za parametry vstupní [14].

Vstupní parametry:

ekvivalentní průměr osnovní nitě

$$d_o = \sqrt{\frac{4 \cdot T_o}{\pi \cdot \rho_o \cdot \mu_o}} \quad (5)$$

ekvivalentní průměr útkové nitě

$$d_u = \sqrt{\frac{4 \cdot T_u}{\pi \cdot \rho_u \cdot \mu_u}} \quad (6)$$

střední ekvivalentní průměr nitě

$$d_s = \frac{d_o + d_u}{2} \quad (7)$$

střední rozestup útkových nití

$$A_u = \frac{1}{D_u} \quad (8)$$

střední rozestup osnovních nití

$$A_o = \frac{1}{D_o} \quad (9)$$

výška vazné vlny osnovní nitě

$$h_o = d_s \cdot e_o \quad (10)$$

kde e_o je míra zvlnění osnovy

výška vazné vlny útkové nitě

$$h_u = d_s \cdot e_u \quad (11)$$

kde e_u je míra zvlnění útku

celkový rozestup útkových nití ve střídě

$$A_{cu} = m \cdot A_u + \text{flotáž} \quad (12)$$

celkový rozestup osnovních nití ve střídě vazby

$$A_{co} = n \cdot A_o + \text{flotáž} \quad (13)$$

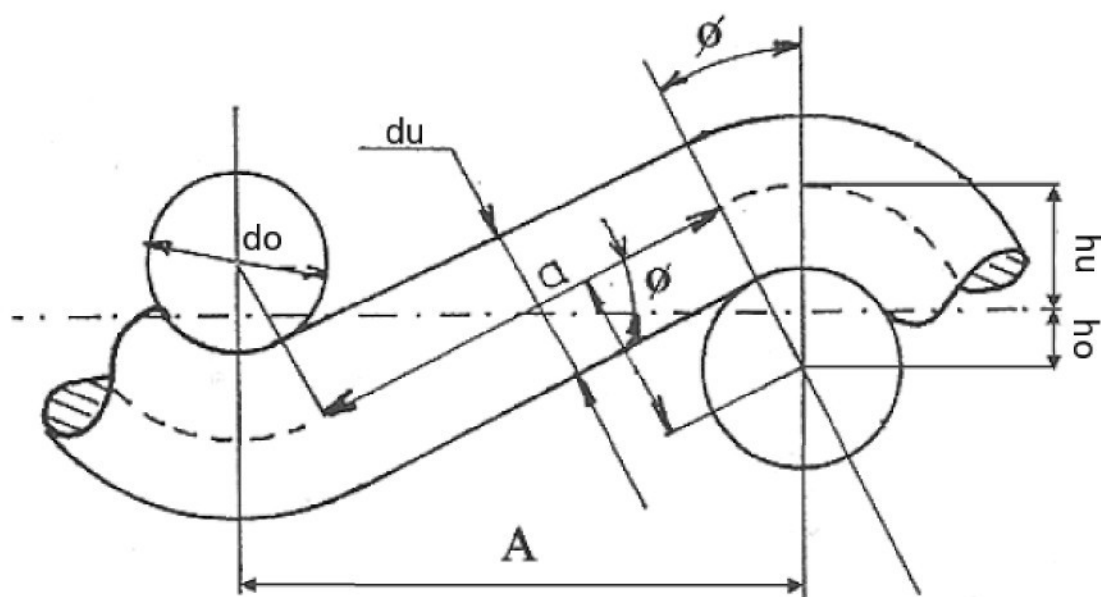
Následuje popis Peircova modelu. Vzhledem k tomu, že se v experimentální části vychází pouze z něj, ostatní modely budou dále popsány jen stručně.

Peircův model

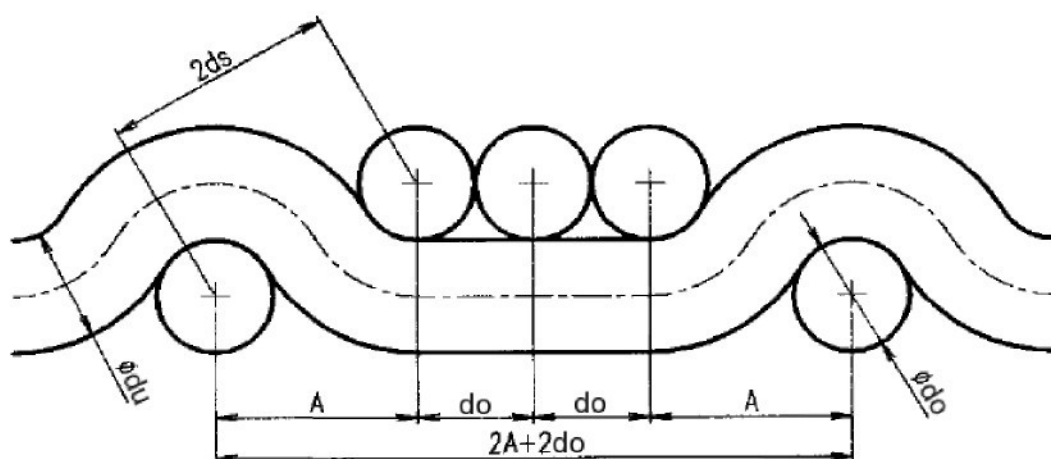
Jde o nejznámější a nejvíce používaný model pro vyjádření provázání nití ve tkanině. Tento model je z geometrického hlediska přijatelný v převážné většině zkoumaných tkanin. Ale nevyhovuje, pokud bereme v úvahu vzájemnou provázanost geometrie a mechaniky.

Pro stanovení základních matematických rovnic vychází z následujících předpokladů:

- průměr nitě v řezu ve tkanině je kruhový – neuvažuje v daném modelu zploštění ani jedné soustavy nití ve tkanině, vazná vlna osnovy, resp. útku, je nahrazena obloukem kružnice a přímkou (při těsném provázání volná struktura nahrazena přímkou je rovna nule, náhrada vazné vlny v daném případě je čtvrt oblouku kružnice)
- vazná vlna je v jednoduchém provázání – plátně. V případě neplátnových a vyšších odvozených vazeb je úsek neprovazujících nití ve tkanině nahrazen konstantním úsekem ve velikosti flotáže.



Obr. 1: Peircův model - volné provázání na základě oblouku a přímky [14].



Obr. 2: Neplátnové těsné provázání (podélný řez ze čtyřvazné střídy) [14].

Předpokládá se, že tkanina je vyrovnaná. Platí, že tloušťka tkaniny je rovna součtu průměru osnovní a útkové niti tedy:

$t = d_o + d_u$, pak lze z geometrického provázání nití ve tkanině vypočítat pro daný rozestup A_u , resp. A_o , dané zvlnění osnovy h_u , resp. útku h_o , a danou střední tloušťku příze d_s :

a) pro vyjádření silových poměrů uvnitř buňky ve tkanině

- úhel provázání osnovní nitě φ , resp. úhlu provázání útkové nitě ψ ,

b) pro stanovení spotřeby osnovní, resp. útkové nitě

- délku osnovní nitě ve vazné vlně, resp. délku útkové nitě.

Peircův model bývá tedy obvykle popsán parametricky – pro plátňovou vazbu těmito parametry:

- průměry jednotlivých nití v řezu d_u , d_o , resp. střední průměr $d_s = \frac{d_u + d_o}{2}$
- šířkou řezu $A_u = \frac{1}{D_u}$, $A_o = \frac{1}{D_o}$
- výškou zvlnění h_u , h_o
- úhlem zvlnění a délkou nitě jednotlivých soustav
- modelem provázání v analytické formě, tj. jako rovnicí vlny provázání v pravouhlých souřadnicích. Tak se získá například pro Peircův model v plátně soubor vztahů platných po úsecích:

1) rovnice v oblouku

$$y = \sqrt{(d_s^2 - x^2)} - h_o \quad (14)$$

pro $0 < x < d_s \cdot \sin \theta$ a pro $A - \sin \theta < x < A$

2) rovnice v přímém úseku

$$y = \left(\frac{A}{2} - x \right) \operatorname{tg} \theta \quad (15)$$

pro $d_s \cdot \sin \theta < x < A - d_s \cdot \sin \theta$

Pro parametr těchto rovnic (úhel zvlnění θ) patří z geometrie provázání (uveden bez odvození)

$$\cos \theta = \frac{1 - \frac{h_u}{d_s} + \sqrt{\left(1 - \frac{h_u}{d_s}\right)^2 - 4 \left(1 - \frac{A^2}{4 \cdot d_s^2}\right) \left(\frac{A^2}{4 \cdot d_s^2} - \left(1 - \frac{h_u}{d_s}\right)^2\right)}}{2 \left(\frac{A^2}{4 \cdot d_s^2} - \left(1 - \frac{h_u}{d_s}\right)^2\right)} \quad (16)$$

Peircův model je v analytickém tvaru popsán nejméně třemi rovnicemi pro jednotlivé úseky modelu. Při flotujících nitích počet rovnic roste. Lze vypožorovat, že popis modelu přestává být spojitý od 2. derivace výše. To může způsobit v některých analytických operacích s provázáním jisté potíže.

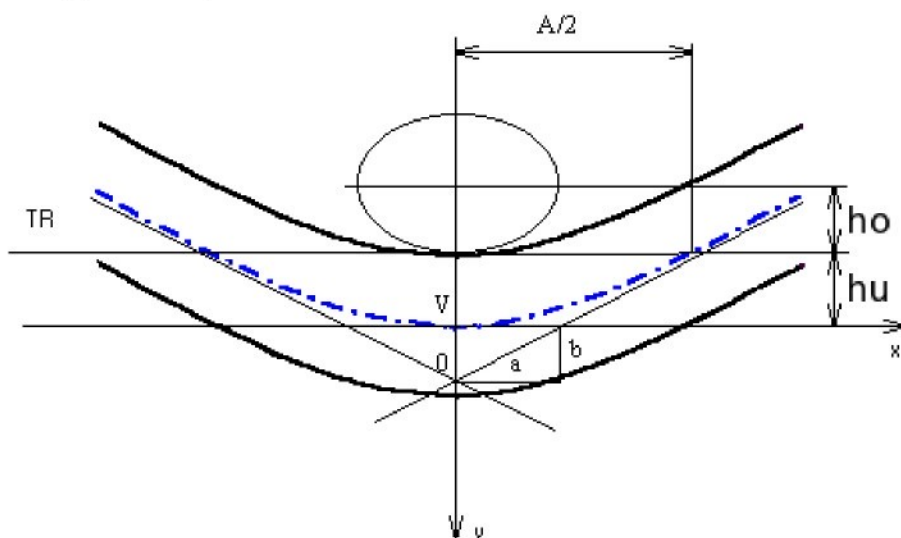
Olofssonův model provázání nití ve tkanině

Analýza sil ve tkanině je velmi citlivá na úhly provázání nití. V případě Peircova modelu, se značně liší od skutečnosti, protože byla použita náhrada volného úseku nití přímkou.

Na rozdíl od výše uvedeného modelu, ten Olofssonův dává reálnější pohled na strukturu tkaniny.

Princip modelu tkaniny spočívá v tom, že tvar zvlnění nití ve tkanině je funkcí vnějších a vnitřních sil působících na zatkané nitě a uvnitř nití. Olofsson odvodil vlnu provázání ve tvaru tzv. elastiky, tj. ohybové čáry vetknutého nosníku zatíženého osamělou výslednicí osových a normálových sil na hranici vazného prvku v plátnové vazbě. Do odvození vložil vlastní pomocný „teorém“ o shodě tvaru provázání nití při malé změně deformace kolem rovnovážného tvaru. Vzhledem k tomu, že u modelu Olofssona bylo zjištěno, že tečny elastiky se přimykají ve vzdálených bodech přibližně k obdobným asymptotám hyperboly, je model Olofssona nevýhodný pro matematické vyjádření.

Model hyperbolický



Obr. 3: Hyperbolický model [14]

Hyperbolický model je určen pro vyjádření jednoho zakřížení osnovy s útkem viz obr. 3.

Je nutné stanovit velikost hlavní a vedlejší poloosy hyperboly – a a b .

Výpočet velikosti parametrů lze zjistit v případě, že jsou známy následující parametry:

- rozestup osnovních a útkových nití A_o a A_u
- výška vazné vlny osnovních nití h_o , resp. výšku vazné vlny útkových nití h_u
- úhel provázání ohybové čáry osnovní a útkové φ resp. ψ
- poloměr křivosti ve vrcholu provázání pro jednotlivé soustavy nití ρ

2.2.5 Deformace příze ve tkanině

Model, který byl popsán, se snaží objasnit, jakým způsobem provazují nitě ve tkaninách za určitých zjednodušujících předpokladů. Skutečnost je vždy o něco složitější. Řada faktorů ovlivňuje to, jaké bude mít hotová tkanina vlastnosti, a jestli se opravdu podaří vyrobit tkaninu požadovanou výrobcem. Během tkaní dochází ke změně tvaru příze. Deformuje se. A to jak tvar osnovních nití, tak i útkových. Proto je dobré si ujasnit, souvislosti mezi jednotlivými parametry a co všechno může pravděpodobně deformaci způsobit.

V současnosti existuje celá řada prací, které se zabývají strukturou volné příze z různých hledisek. Například z hlediska geometrického (souvislost mezi jemností, průměrem a zákrutem příze, radiální průběh zaplnění, modely uspořádání vláken v přízi), nebo z hlediska vnitřní mechaniky příze (tahové vlastnosti svazku paralelních vláken příze).

Při výrobě plošné textilie je příze [6] vystavena namáhání, které vede k její deformaci. Stejně tak je známé z dosavadních zkušeností, že i ve stavu bez vnějšího napětí mají příze v místech vazných bodů zdeformovaný tvar.

Ve skutečných případech jde většinou o kombinaci různých druhů namáhání, např. ohybového, torzního, tlakového a tahového. Významný podíl má právě v těchto dějích mechanismus stlačování a ohybu, kdy je příze deformována tlaky kolmými k její ose. Dochází tedy ke stlačení, zploštění a ohybu příze, a tím i ke změně její vnitřní struktury.

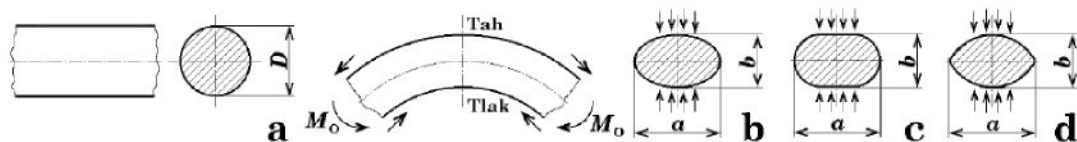
Tento typ deformace převažuje v místech kontaktu dvou přízí - vazných bodech tkaniny.

Deformaci lze pozorovat a hodnotit odděleně jako deformaci v příčném řezu příze (stlačení a zploštění, které mají návaznost na průměr příze), který se většinou počítá z průměru volné příze [7], to znamená z předpokladu kruhového příčného řezu. Deformace lze též pozorovat a hodnotit v podélném pohledu na přízi (tzv. vazná vlna příze).

Obr. 4 vychází z experimentu stlačování příze mezi dvěma rovnoběžnými deskami. Při stlačování příze mezi rovnoběžnými deskami dochází k deformaci původně kruhového příčného řezu.

Deformace ohybem

Průřez nitě se deformuje především ohybem nitě. Vlivem zakřivení vzniká na vnější polovině průřezu tahové a na dolní tlakové axiální napětí, které vede ke vzniku radiálního napětí působícího směrem k vodorovné ose průřezu nitě. Toto na obr. 4, svislé napětí, deformuje původně kruhový průřez nitě o průměru D na přibližně eliptický obr. 4b (poloosy a , b), někdy je deformovaný průřez modelován jako ovál c nebo čočka d .



Obr. 4: Deformace ohybem [8].

Deformace vnějším tlakem

Díky kontaktu s jehlami, nitěnkami, sousedními nitěmi dochází k projevu vnitřního tření (k přeměnám energie). Průměr nitě lze těžko definovat, neboť nit nemusí mít kruhový průřez. Při experimentu je těžké najít hranici mezi obrysem nitě a odstávajícími vlákny apod.

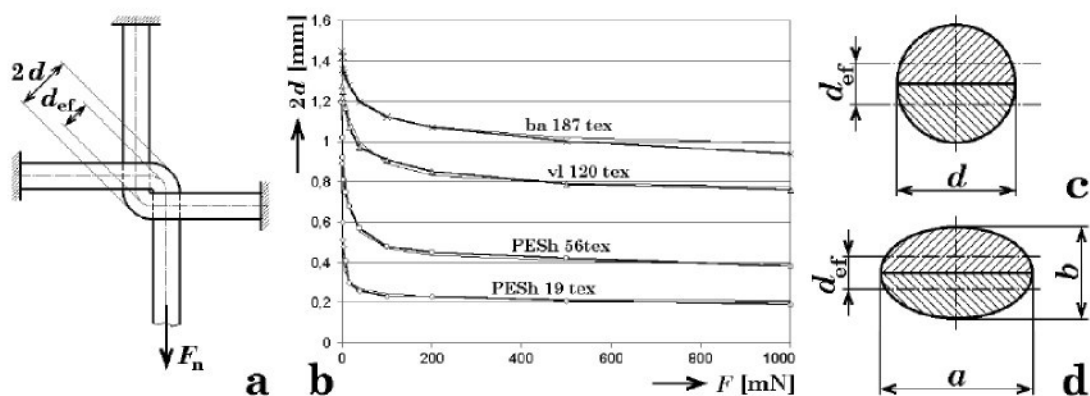
Je možné definovat tzv. efektivní průměr nitě, to je nejmenší vzdálenost neutrálních os (spojnic těžišť průřezů) nití ve vazném bodě. Jedná se o proměnnou veličinu. Není vázaná na kruhový tvar [8].

Prováděné experimenty

Teoretické určení deformace průřezu nitě je obtížné. V experimentu se měří hodnota $2d$ projekčním mikroskopem. Výsledky byly celkem v souladu se vztahem typu:

$$2d = \frac{K_1}{1 + K_2 F_n^{K_3}} + K_4 \quad (17)$$

kde K_1 , K_2 , K_3 a K_4 jsou experimentální konstanty. K_4 odpovídá tloušťce dvojité nitě při $F \rightarrow \infty$, pro $F = 0$ (průměr nezatížené nitě) platí $2d = K_1 + K_4$. Konstanty K_2 a K_3 ovlivňují nelinearitu křivky. Charakter závislosti je vidět z příkladů na obrázku 5. Silnější čarou se značkami jsou kresleny změřené hodnoty (průměr z deseti měření), slabou čarou hodnoty vypočítané.



Obr. 5: Měření hodnoty $2d$ projekčním mikroskopem [8].

Vztah mezi d_{ef} a $2d$ je komplikovaný. Pro $F \rightarrow 0$ bude $d_{ef} \rightarrow \frac{1}{2} \cdot 2d = d$. Při růstu zatěžovací síly F se budou těžiště průřezů dotýkajících se nití přibližovat více, nežli by odpovídalo polovině vnějšího rozměru. Je to způsobeno asymetrií deformace průřezů a větším zaplněním nitě v místech působícího kontaktního tlaku (poblíž místa kontaktu dojde k většímu zhuštění vláknenného materiálu).

Kruhový model průřezu dvou nití v zatíženém vazném bodu je na obr. 5c, podobný eliptický model na obr. 5d.

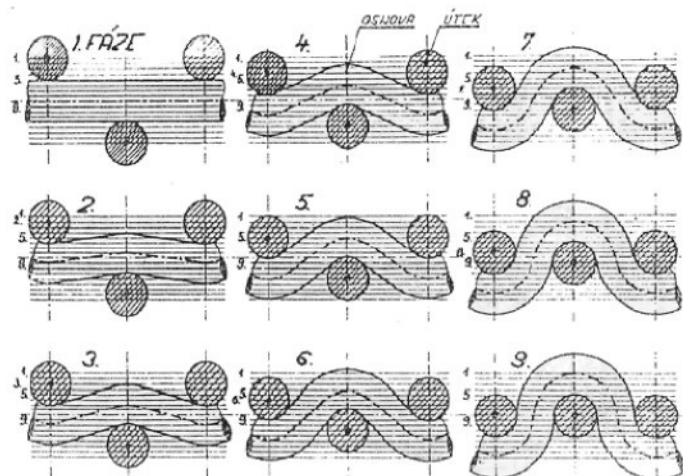
Jak již bylo uvedeno, průměr kruhového průřezu je možné odhadnout z předpokladu stoprocentního zaplnění obou nití v prostoru mezi neutrálními osami. Zaplnění nemůže být ovšem ve skutečnosti 100 %, průřez ale na druhou stranu může být eliptický [8].

2.2.6 Fáze zvlnění nití ve tkanině

V této podkapitole je na obr. 6 ukázáno několik příkladů zvlnění nití při vzniku tkaniny. Fáze provázání 6 - 7 odpovídají poloze v místě mezi rozpínkami, kde je útek značně napnut. Při přechodu tkaniny z tkací roviny na zbožový váh dosáhne tkanina částečné relaxace, to odpovídá fázi 3 - 4. Fáze 5 představuje stav po sejmutí tkaniny ze stavu, kdy je tkanina částečně relaxovaná a může v ní nastat vyrovnání zvlnění mezi osnovou a útkem [12].

Míru zvlnění nití ve tkanině - parametr e_o a e_u je možné přibližně stanovit užitím jednotlivých fází provázání, které vychází z práce Novikova. Ten zavedl klasifikaci provázání tkaniny podle míry zvlnění obou soustav nití. Fází provázání je devět a jsou odstupňovány podle míry zvlnění osnovy e_o .

1. fáze $e_o = 0$
... osnova napříměna,
2. fáze $e_o = 0.125$,
3. fáze $e_o = 0.25$,
4. fáze $e_o = 0.375$,
5. fáze $e_o = 0.5$,
6. fáze $e_o = 0.625$,
7. fáze $e_o = 0.75$,
8. fáze $e_o = 0.875$,
9. fáze $e_o = 1$
... osnova maximálně zvlněná.



Obr. 6: Fáze provázání dle Novikova [14]

Na konečné zvlnění nití v relaxované tkanině má zajisté značný vliv dostava nití, jemnost použité příze, materiálové složení apod.

Vzhledem k tomu, že tkaniny byly kalandrovány, došlo k značné deformaci vazných bodů jak osnovních, tak útkových. Původní kruhový průřez byl zdeformován.

2.2.7 Těsná vazba

U těsné vazby je předpokládána vyrovnaná tkanina. Jedná se o situaci, ve které jsou nitě jedné soustavy sraženy natolik, že se mezi ně vejde jen tloušťka druhé soustavy. Obecně může vzniknout těsné provázání jen ve směru jedné soustavy nití, ve druhém směru je pak provázání volné. Při tak zvaném volném provázání vznikají mezi aproximovanými oblouky volné úseky nitě, které lze teoreticky nahradit přímkou.

Oproti tomu u těsného provázání je mezi průměrem nití a jejich zvlněním jednoznačný vztah. Ke každému zaplnění vazné buňky je přiřazeno jediné možné zvlnění na mezi těsnosti. Pokud toto neodpovídá, vazba buď není těsná, nebo se nitě do vazné buňky nevejdou.

Při těsném provázání se hodnota rozestupu útkových nití A_u sníží na nejmenší možnou hodnotu A_{lim} . Z toho vyplývá, že v takovémto případě má tkanina nejvyšší možnou limitní dostavu osnovy nebo útku.

$$A_{lim} = \sqrt{(2 \cdot d_s)^2 - d_s^2} = d_s \cdot \sqrt{3} \quad (18)$$

$$D_{2lim} = \frac{1}{A_{lim}} = \frac{1}{d_s \cdot \sqrt{3}} \quad (19)$$

Lze rozlišovat:

- a) těsné provázání v plátně
- b) volné provázání v plátně

2.2.8 Deformace tkaniny vlivem kalandrování

Všechny proměřované tkaniny jsou kalandrované, proto je zde stručně popsáno, co proces kalandrování představuje a jaký má vliv na tkaniny, které tímto procesem prošly.

Při kalandrování prochází textilie v plné šíři mezi k sobě přitlačované válce za studena nebo při zvýšené teplotě také často za vlhka. U tkanin dochází k zploštění přize a tím se vyplní mezi vazební prostory. Zvyšuje se hladkost a lesk tkaniny. Zásadní vliv na kalandrovací efekt mají válce, které mohou být tvrdé, například tvrdě chromované, nebo měkké, jejichž povrch je z plastů. Kvalita kalandrování je výrazně ovlivněna stejnou tvrdostí plastového válce. Zvláštní typ kalandru je takzvaný similimercerační kalandr, na kterém lze dosáhnout vysokého lesku zboží podobně jako při klasické merceraci hydroxidem sodným.

Dalším typem kalandru je třecí (frikční) kalandrovací stroj. K povrchové úpravě tkaniny (lesk, zaplnění) se využívá tření, které vzniká rozdílnou obvodovou rychlostí kovového a elastického válce mezi, které se tkanina navádí při teplotě 150 - 200°C.

Na kalandrování má vliv:

- počet kalandrovacích válců
- druh, uspořádání, průměr, teplota a povrch válců
- velikost tlaku mezi válci
- rychlost, napětí a vlhkost procházejícího zboží
- počet kalandrovacích pasáží

3.Experimentální část

Úkolem experimentální části diplomové práce bylo proměřit parametry vazné vlny dvanácti sypkovin. Cílem bylo popsat model vazné vlny sypkovin, popř. nalézt model odpovídající vazné vlně sypkovin.

3.1 Použité materiály

Pro provedení experimentu bylo použito těchto dvanáct sypkovin:

Tkaniny	Jmenovitá		Experimentální			T _u [tex]	T _o [tex]
	D _o [niti/cm]	D _u [niti/cm]	G [g/m ²]	D _o [niti/cm]	D _u [niti/cm]		
S ₁	30,0	30,0	120,9	32,5	29,0	20,0	20,0
S ₂	34,0	34,0	153,6	34,0	36,0	25,0	20,0
S ₃	34,0	28,0	157,7	35,0	31,0	25,0	20,0
S ₄	46,0	36,0	132,6	45,5	35,0	14,7	20,0
S ₅	46,0	41,0	129,0	46,0	43,0	14,7	14,7
S ₆	46,0	35,0	120,4	46,5	37,5	14,7	14,7
S ₇	47,0	39,0	126,9	48,5	40,0	11,7	14,7
S ₈	56,0	38,0	99,2	55,0	41,0	10,0	10,0
S ₉	52,0	51,0	106,4	56,8	48,4	10,0	10,0
S ₁₀	61,1	55,0	94,0	61,0	54,5	8,3	8,3
S ₁₁	66,0	55,0	91,1	65,0	52,0	7,4	8,3
S ₁₂	66,0	61,0	94,4	65,5	55,0	7,4	5,9

Tab. 1: Tabulka použitých materiálů

Všech dvanáct proměřovaných kalandrovaných tkanin bylo ze 100% bavlny utkáno v plátové vazbě. Značení tkanin (1. sloupec tabulky) s₁ až s₁₂ představuje jednotlivé sypkoviny. Dále budou všechny tabulky řazeny vzestupně podle osnovní experimentálně zjištěné dostavy, označené D_o. Následující zkratky používané například u jednotlivých parametrů o označují osnovní řezy (příčný řez osnovou) a ú útkové řezy (příčný řez útkem).

Dostava osnovy a útku byla zjištěna experimentálně (pátý a šestý sloupec tabulky), proměřována na sedmi místech tkaniny a to jak po osnově, tak i po útku. Z ní pak byl vypočítán aritmetický průměr. Ve druhém a třetím sloupci tabulky je udána požadovaná dostava výrobce. Porovnáním druhého s pátým sloupcem a třetího se šestým sloupcem v

tab. 1, si lze ověřit, jak se liší plán výrobce od skutečnosti. V osnově se odlišuje – cca 1-2 nitě/cm, v útku – cca 1-3 nitě/cm.

3.2 Příprava sypkovin na řezání - vytvoření vzorků

V prvním kroku bylo nutné všechny druhy sypkovin nastříhat a to na čtverce o rozměru 5x5 cm. Při stříhání vzorků se muselo dodržovat určité pravidlo a to, každý musel obsahovat jiné osnovní nitě, aby se při následném řezání neobjevovaly stále stejné osnovní nitě. Z každé tkaniny bylo vystřiženo deset vzorků.

Následovalo dvojvrstvé lepení disperzním lepidlem. První vrstva se namíchala řidší. Skládala se z disperzního lepidla a rychle smáčivého přípravku-Spolionu 8 v poměru 1:1.

První vrstva lepidla se nechala jeden den zaschnout. Druhý den byla nanášena druhá vrstva lepidla zcela nezředěného. Důležité bylo nanést vrstvu všude stejnoměrně, aby se neobjevovala místa s velkými nánosy lepidla a naopak místa s malými nánosy. Vrstva musela proniknout mezi vlákna a zafixovat jejich polohu. Nanesená vrstva významně ovlivnila kvalitu řezů, které byly dále zpracovávány pomocí mikroskopu.

Po zaschnutí druhé vrstvy lepidla byly nastříhány proužky široké čtyři milimetry a to ve směru osnovy a ve směru útku. Z každého vzorku se vždy získaly čtyři proužky. Snahou bylo stříhat proužky po niti přesně.

Dále byly jednotlivé proužky zafixovány izolepou tak, aby textilie byla umístěna v ose vaničky. Bylo nutné izolepu řádně stlačit na vaničku, aby se neodklopila a tím nesnížila její lepicí schopnost. Poté následovalo zalévání včelího vosku s parafinem v poměru 2:3. Kvalitu výsledného vzorku zajistě ovlivňuje teplota vosku, který je vléván do vaniček. Není vhodné používat příliš rozežhřátý vosk, neboť při ztuhnutí dochází k prohnutí vzorku.

Po ztuhnutí byly vaničky zalité voskem naskládány do mrazáku (při teplotě cca – 18°C). Druhý den bylo možno provádět řezy.

Z každého bločku byl použit vždy jen jeden řez. Z každé tkaniny se vybralo minimálně dvacet řezů a to deset osnovních a deset útkových. Po nařezání všech dvanácti tkanin následovalo proměřování jednotlivých parametrů pomocí obrazové analýzy.

3.3 Obrazová analýza

Obrazová analýza Lucia G (dále jen Lucia nebo OA) je softwarový systém firmy Laboratory Imaging, který umožňuje zpracovávání a analýzu binárního, černobílého nebo barevného obrazu.

Analyzovaný objekt je představován množinou bodů. Proces počítačové prezentace obrazu spočívá v kódování obrazu, kdy je celý nasnímaný obraz rozčleněn na jednotlivé velmi malé obrazové elementy, nebo-li pixely. Každý pixel je prezentován rozměrem a číslem, které udává stupeň šedi daného mikroelementu (pixelu). U černobílého obrazu nabývá stupeň šedi jednotlivých pixelů hodnot $<0;1>$. U barevných obrazů je každý pixel prezentován vektorem, který udává trojici hodnot. Hodnoty prezentují zastoupení tří základních barev spektra (red, green, blue).

Vlastní obrazová analýza se skládá ze čtyř po sobě následujících kroků:

snímání obrazu => transformace obrazu => segmentace => kvantifikace

Snímání obrazu může být uskutečněno prostřednictvím kamery, scanneru, atd.. Sejmутý obraz je převeden do číslicové formy a následuje transformace, která může být bodová, lokální, globální nebo vyššího stupně. Klíčovým krokem analýzy bývá segmentace, při níž dochází k oddělení obrazů na pozadí a objekty. Závěrečným krokem je kvantifikace, pomocí níž získáme námi požadované hodnoty (délku, obvod, plochu, úhel).

3.3.1 Schematické znázornění měřicího přístroje

Měřicí aparatura se skládá z kamery pro snímání obrazu měřeného objektu propojené s počítačem se systémem LUCIA, stolečku pro umístění vzorku a přídavného osvětlení.



Obr. 7: Schematický náčrt měřicího zařízení obrazové analýzy

Na obr. 7 je znázorněno schéma uspořádání měřicího zařízení. Na počítač s obrazovou analýzou je připojen optický mikroskop Nikon ECLIPSE E 200 s objektivem EPLAN 4 s trinokulární hlavou pro umístění kamery JVC TK- C 1380. Vzorek materiálu je osvětlen bodovým světlem. Každý objektiv měl přiřazenou kalibraci, pod kterou byly řezy snímány.

S použitím uvedeného přístrojového vybavení byly obrazy řezů jednotlivých tkanin uloženy v paměti počítače ve formátu lim.

Pro zpracování hodnot z obrazové analýzy Lucie byly použity tyto charakteristiky:

Aritmetický průměr

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 [\mu\text{m}] \quad (20)$$

Směrodatná odchylka

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} [\mu\text{m}] \quad (21)$$

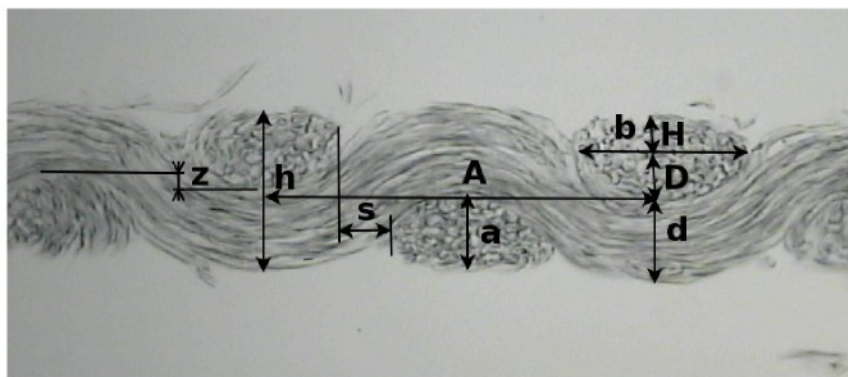
Konfidenční interval

$$IS = \bar{x} \pm 0,05 \frac{s}{\sqrt{n}} [\mu\text{m}] \quad (22)$$

3.4 Jednotlivé výsledky naměřených parametrů

Na obr. 8 byly proměřovány parametry osnovy a útku a to šířka b , rozteč A , horizontální vzdálenost dvou sousedních nití s , výška a , čočka H , čočka D , tloušťka provazující nitě d , tloušťka tkaniny h , vertikální vzdálenost dvou sousedních čoček z .

Následně byla data statisticky vyhodnocena.



Obr. 8: Měřené parametry

Na obr. 8 je vidět, že řada parametrů spolu souvisí např.:

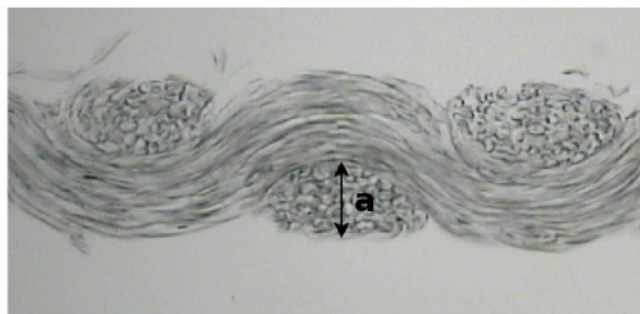
$$h=a+d$$

$$a=H+D$$

$$A=2(b+s)$$

3.4.1 Parametr výška osnovy a útku

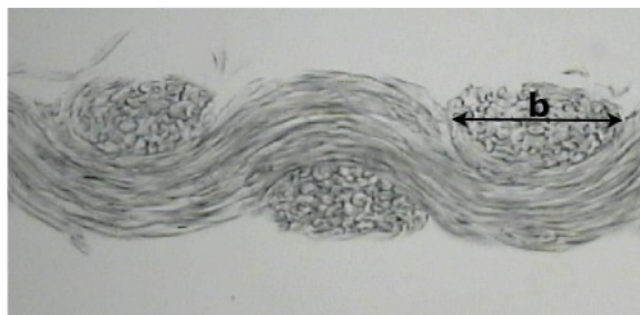
Představuje horizontální vzdálenost vazného bodu viz *obr. 9*. Z řezu si můžeme všimnout deformovaného tvaru vazných bodů připomínající nesymetrické čočky. V některých případech bylo obtížné stanovit výšku vazného bodu, neboť místo kontaktu vazné vlny a vazného bodu byly vyčnívající vlákénka, která ztěžovala určit hranici mezi vazným bodem a vaznou vlnou. Tento problém byl zapříčiněn nedokonalostí některých řezů.



Obr. 9: Parametr výška

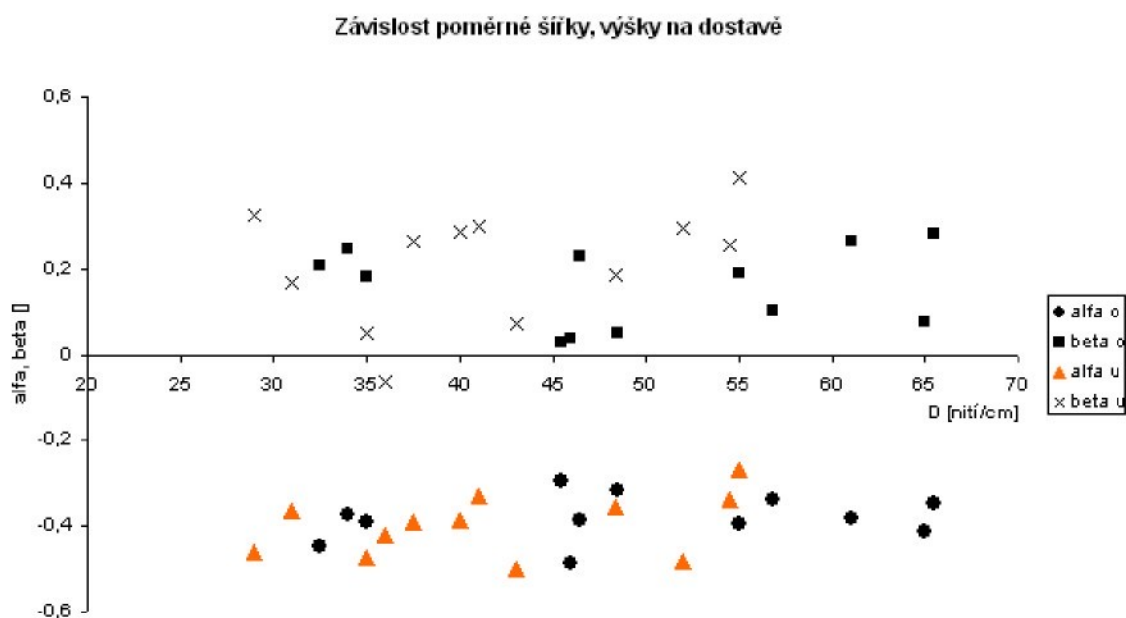
3.4.2 Parametr šířka osnovy a útku

Parametr šířky byl měřen, jak už sám název říká v nejširším místě vazných bodů. Najít lidským okem nejširší místo není úplně až tak snadná záležitost zvláště v případech, kdy byl vazný bod natočen od vodorovné osy. Na obr.10 je ukázka správného natočení vazného bodu, najít u tohoto řezu nejširší místo vazného bodu bylo podstatně jednodušší než v případě natočení vazného bodu od vodorovné osy.



Obr. 10: Parametr šířka

Dále byly sledovány tyto dva parametry (výška a šířka vazného bodu).



Graf 1: Závislost šířky a výšky na dostavě

Průměr vypočítaný d uvažujeme jako kruhový průřez jak v osnově tak v útku vypočítaný ze vzorce

$$d = \sqrt{\frac{4T}{\pi \mu \rho}} \quad (23)$$

Zaplnění bylo voleno konstantní a to 0,5, hustota 1520 kg/m^3

Výpočet parametrů α a β :

relativní stlačení $\alpha = \frac{a}{d} - 1$

relativní rozšíření $\beta = \frac{b}{d} - 1$

Přílohy

Seznam tabulek

Tab. 1: Parametr výška osnovy a útku tkaniny.....	3
Tab. 2: Parametr šířka osnovy a útku tkaniny.....	3
Tab. 3: Parametr rozteč osnovy a útku tkaniny.....	3
Tab. 4: Parametr tloušťka osnovy a útku.....	4
Tab. 5: Parametr tloušťka tkaniny.....	4
Tab. 6: Parametr čočka H a čočka D osnovy.....	4
Tab. 7: Parametr čočka H a čočka D útku.....	5
Tab. 8: Parametr vzdáleností sousedních osnov a útků.....	5
Tab. 9: Parametr vzdálenosti z.....	5
Tab. 10: Hypotéza o deformaci příčného řezu.....	6
Tab. 11: Naměřená dostava, vypočítaná rozteč osnovy, naměřená rozteč osnovy.....	6
Tab. 12: Naměřená dostava, vypočítaná rozteč útku, naměřená rozteč útku.....	7
Tab. 13: Výška z Lucie a Matlabu.....	7
Tab. 14: Šířka z Lucie a Matlabu.....	8
Tab. 15: Čočka H z Lucie a Matlabu.....	8
Tab. 16: Čočka D z Lucie a Matlabu.....	9
Tab. 17: Porovnání vypočtených délek vazných vln.....	9
Tab. 18: Porovnání vypočtené délky a délky z mediánové metody.....	10

Tkanina	a_o [μm]	a_u [μm]	IS_o [μm]	IS_u [μm]
S_1	101,1	98,9	5,3	4,1
S_2	128,1	106,3	9,5	12,1
S_3	125,1	116,0	6,7	6,5
S_4	111,0	96,3	8,0	7,3
S_5	80,8	78,8	4,4	3,4
S_6	96,3	95,9	7,0	6,2
S_7	95,6	96,1	7,3	6,4
S_8	78,1	86,9	10,4	6,2
S_9	85,8	83,4	5,4	5,8
S_{10}	73,1	78,0	4,5	8,8
S_{11}	65,3	61,0	6,3	5,2
S_{12}	72,9	72,8	4,7	5,5

Tab. 1: Parametr výška osnovy a útku tkaniny

Tkanina	b_o [μm]	b_u [μm]	IS_o [μm]	IS_u [μm]
S_1	226,5	242,8	17,8	15,8
S_2	228,0	171,4	0,6	14,1
S_3	216,4	213,9	12,8	14,1
S_4	188,2	192,2	11,4	12,2
S_5	162,8	168,3	7,3	5,9
S_6	192,8	198,2	20,8	9,2
S_7	164,8	201,7	8,2	8,3
S_8	153,8	168,1	20,8	10,8
S_9	142,7	153,5	11,9	12,9
S_{10}	148,8	147,8	6,7	10,1
S_{11}	126,7	152,4	7,7	12,2
S_{12}	127,2	140,3	7,7	8,6

Tab. 2: Parametr šířka osnovy a útku tkaniny

Tkanina	A_o nam. [μm]	A_u nam. [μm]	IS_o [μm]	IS_u [μm]
S_1	323,0	335,0	12,3	13,3
S_2	295,0	295,0	3,4	9,9
S_3	282,0	340,0	15,7	15,2
S_4	229,0	268,0	12,0	12,8
S_5	200,2	230,0	5,8	6,7
S_6	225,0	278,0	9,9	8,2
S_7	212,0	254,0	8,1	8,7
S_8	227,0	195,0	22,4	7,5
S_9	177,0	204,0	12,6	11,2
S_{10}	160,0	185,0	11,4	13,3
S_{11}	162,0	198,0	5,6	7,4
S_{12}	155,0	171,0	7,2	11,4

Tab. 3: Parametr rozteč osnovy a útku tkaniny

Tkanina	d_o [μm]	d_u [μm]	IS_o [μm]	IS_u [μm]
S_1	90	97,5	5,1	5,8
S_2	106,5	124,4	1,7	11,6
S_3	103,1	89,8	11,8	8,1
S_4	97,3	111,4	8,9	7,3
S_5	86	82,9	4,3	4,6
S_6	88,1	94,3	7,5	7,2
S_7	82,9	87,7	8,2	7,1
S_8	73,4	83,3	10,5	6,9
S_9	75,4	87,2	9,7	6,9
S_{10}	75,2	76,4	7,0	12,7
S_{11}	60,2	66,9	4,9	5,8
S_{12}	71,5	70,6	7,8	6,7

Tab. 4: Parametr tloušťka osnovy a útku

Tkanina	h_o o+ú [μm]	h_u o+ú [μm]	IS_o [μm]	IS_u [μm]
S_1	193,4	198,0	5,7	6,4
S_2	235,0	227,5	2,1	14,4
S_3	226,9	207,3	15,5	9,1
S_4	212,0	210,0	13,1	14,9
S_5	170,2	166,0	6,6	5,7
S_6	188,0	191,9	8,9	7,8
S_7	182,8	184,7	9,1	5,9
S_8	155,7	173,5	19,5	7,7
S_9	160,0	171,7	9,6	10,5
S_{10}	148,4	153,9	8,7	9,8
S_{11}	128,1	129,8	5,3	5,7
S_{12}	141,7	146,6	8,1	6,6

Tab. 5: Parametr tloušťka tkaniny

Tkanina	čočka H_o [μm]	čočka D_o [μm]	$IS H_o$ [μm]	$IS D_o$ [μm]
S_1	35,8	63,7	1,6	3,0
S_2	46,4	82,7	2,7	4,4
S_3	41,1	82,3	3,8	4,1
S_4	37,8	72,9	4,8	11,9
S_5	29,3	49,8	0,7	1,0
S_6	32,7	62,7	1,4	2,0
S_7	35,2	59,9	1,4	2,7
S_8	25,3	52,2	2,6	3,8
S_9	28,6	55,2	2,7	3,5
S_{10}	25,6	48,9	1,6	2,2
S_{11}	23,6	41,0	1,1	1,3
S_{12}	24,5	47,5	1,5	1,5

Tab. 6: Parametr čočka H a čočka D osnovy

Tkanina	čočka H_u [μm]	čočka D_u [μm]	IS H_u [μm]	IS D_u [μm]
S_1	33,6	57,7	2,0	2,2
S_2	38,0	66,6	4,8	4,5
S_3	44,5	72,7	4,1	3,8
S_4	31,7	66,9	2,2	3,3
S_5	28,4	49,4	0,9	1,1
S_6	34,6	61,0	1,3	2,2
S_7	33,8	63,5	1,4	2,4
S_8	30,8	54,9	1,5	1,8
S_9	29,7	53,1	1,8	2,6
S_{10}	25,7	51,6	1,4	1,8
S_{11}	21,2	40,9	1,4	1,6
S_{12}	24,2	47,5	1,8	2,1

Tab. 7: Parametr čočka H a čočka D útku

Tkanina	s_o [μm]	s_u [μm]	IS s_o [μm]	IS s_u [μm]
S_1	53,5	42,3	7,7	6,1
S_2	25,5	47,1	4,8	9,2
S_3	39,5	91,4	8,4	9,3
S_4	44,4	34,7	6,5	7,0
S_5	22,5	24,9	2,3	2,1
S_6	21,4	55,5	4,2	4,6
S_7	27,4	30,8	3,3	4,0
S_8	17,4	64,9	4,0	4,1
S_9	22,5	35,2	6,8	8,5
S_{10}	17,0	18,0	3,9	3,7
S_{11}	21,8	28,3	3,0	5,4
S_{12}	18,7	23,4	3,2	3,7

Tab. 8: Parametr vzdálenosti sousedních osnov a útků

Tkanina	z [μm]	IS [μm]
S_1	15,4	4,1
S_2	-20,0	7,0
S_3	-15,6	9,4
S_4	2,3	9,0
S_5	5,1	1,8
S_6	-3,9	3,2
S_7	-13,4	3,0
S_8	-5,2	5,1
S_9	1,8	7,0
S_{10}	14,2	4,1
S_{11}	2,9	3,9
S_{12}	8,7	3,1

Tab. 9: Parametr vzdálenosti z