



Diplomová práce

Vliv struktury příze na drsnost tkanin

Studijní program:

N0723A270001 Textilní inženýrství

Autor práce:

Bc. Anzhelika Kalinina

Vedoucí práce:

Ing. Iva Mertová, Ph.D.

Katedra technologií a struktur

Konzultanti práce:

doc. Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.

Katedra technologií a struktur

Ing. Eva Moučková, Ph.D.

Katedra technologií a struktur

Liberec 2024



Zadání diplomové práce

Vliv struktury příze na drsnost tkanin

Jméno a příjmení:

Bc. Anzhelika Kalinina

Osobní číslo:

T19000041

Studijní program:

N0723A270001 Textilní inženýrství

Zadávací katedra:

Katedra technologií a struktur

Akademický rok:

2019/2020

Zásady pro vypracování:

1. Popište základní parametry definující plošnou a prostorovou geometrii tkanin.
2. Rozpracujte problematiku drsnosti tkanin z hlediska experimentálního i teoretického.
Zaměřte se na možnosti predikce drsnosti tkanin.
3. Na sadě experimentálních tkanin proveďte měření (včetně hodnocení) drsnosti tkanin dostupnými experimentálními metodikami.
4. Analyzujte vliv struktury příze na drsnost tkaniny.
5. Na základě získaných měření proveďte srovnání jednotlivých metodik hodnocení drsnosti a zhodnoťte použitelnost existujících modelů pro odhad drsnosti tkanin.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: cca 50 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] BUMBÁLEK, Bohumil; ODVODY, Vladimír; OŠŤÁDAL, Bohuslav. Drsnost povrchu. Praha: SNTL -Nakladatelství technické literatury, 1989.
- [2] NECKÁŘ, Bohuslav. Příze: Tvorba, struktura, vlastnosti. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990.
- [3] URSÍNÝ, Petr. Předání. Vyd.1. Liberec: Technická univerzita, 2009. ISBN 80-7372-077-9.
- [4] KOLČAVOVÁ SIRKOVÁ, B.: Systém projektování "příze – tkanina". Závěrečná zpráva. Výzkumné centrum Textil, Fakulta textilní, Technická univerzita v Liberci 2004.
- [5] HU, J.: Fabric testing, Woodhead publishing, England, 2008. ISBN 978-1-84569-297-1.
- [6] SAVILLE, B. P.: Physical testing of textiles, Woodhead publishing, England, 1999.
- [7] Normy.

Vedoucí práce: Ing. Iva Mertová, Ph.D.
Katedra technologií a struktur

Konzultanti práce: doc. Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.
Katedra technologií a struktur
Ing. Eva Moučková, Ph.D.
Katedra technologií a struktur

Datum zadání práce: 18. března 2020
Předpokládaný termín odevzdání: 8. ledna 2024

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Brigita Kolčavová Sirková,
Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou 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 diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou 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.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat Ing. Ivě Mertové, Ph.D. za její odborné vedení práce, za její čas, trpělivost, a možnost častých osobních konzultací. Dále děkuji konzultantům a odborníkům jako je doc.Ing.Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D, Ing. Marie Koldinská, Ing. Pavla Těšinová, Ph.D, Ing. Denisa Knížková, Šárka Řezníčková.

V poslední řadě patří obrovské poděkování všem mým blízkým, kteří mi poskytli oporu a motivaci během celého studia

Anotace

Diplomová práce se zaměřuje na vliv technologie výroby příze na geometrickou drsnost povrchu tkanin. Práce obsahuje popis dvou částí: teoretické a experimentální.

V teoretické části se zabývá technologií výroby příze, geometrickými parametry příze a tkanin, metodami měření a predikce geometrické drsnosti. Experimentální část obsahuje popis testovaných vzorků tkanin, které byly vyrobeny z různých typů příze. Hodnocení geometrické drsnosti tkaniny bylo provedeno na základě objektivní metody. Pomocí této metody byly vzorky tkanin otestovány z hlediska dvou proměnných: vlivu technologie výroby příze a vlivu vazby na geometrickou drsnost povrchu tkanin. Geometrická drsnost povrchu tkaniny byla stanovena pomocí dvou přístrojů, které fungují na kontaktním (KES-FB4) a bezkontaktním (Talysurf CLI 500) principu zaznamenávání nerovností povrchu.

Klíčová slova:

Drsnost textilie, drsnost, měření drsnosti, klasifikace drsnosti, struktura příze, chlupatost, pevnost, tažnost, jemnost, zákrut, hmotná nestejnomyěrnost příze

Annotation

The master's thesis focuses on the influence of yarn production technology on the geometric roughness of fabric surfaces. The thesis consists of two parts: theoretical and experimental.

In the theoretical part, it addresses yarn production technology, geometric parameters of yarns and fabrics, methods of measuring, and predicting geometric roughness. The experimental section includes a description of tested fabric samples manufactured from different types of yarn. The evaluation of geometric roughness of the fabric was conducted based on an objective method. Using this method, fabric samples were tested considering two variables: the influence of yarn production technology and the effect of weave on the geometric roughness of fabric surfaces. The geometric roughness of the fabric surface was determined using two instruments operating on the principles of contact (KES-FB4) and non-contact (Talysurf CLI 500) for recording surface irregularities.

Keywords:

Textile roughness, roughness, roughness measurement, roughness classification, roughness of fabric, yarn structure, hairiness, strength, breaking elongation, fineness, twist, mass unevenness of yarn.

Obsah

1. Úvod	13
2. Charakteristika přádelnických produktů.....	14
2.1. Rotorová příze.....	15
2.2. Princip výroby rotorové příze	16
2.2.1. Popis rotorového dopřádacího ústrojí	17
2.3. Prstencová příze	18
2.3.1. Princip výroby prstencové příze.....	19
2.3.2. Popis prstencového dopřádacího stroje	20
2.4. Trysková příze	21
2.4.1. Princip výroby tryskové příze	22
2.4.2. Popis tryskového dopřádacího stroje	23
3. Strukturní a geometrické parametry příze	24
3.1. Jemnost	24
3.2. Průměr.....	24
3.3. Zaplnění	26
3.4. Pevnost a tažnost.....	26
3.5. Zákrut.....	27
3.6. Hmotová nestejnomyšnost	28
3.6.1. Vady přízí.....	29
3.7. Chlupatost	30
3.7.1. Měření chlupatosti.....	31
4. Drsnost.....	31
4.1. Parametry drsnosti	33
4.2. Drsnost textilních materiálů.....	35
5. Metody měření drsnosti povrchu textilií	36
5.1. Přístroje pro měření drsnosti textilií	37
5.1.1. Kawabata Evaluation System.....	38
5.1.2. Talysur CLI 500	39
6. Struktura tkanin	41
6.1. Plošná geometrie tkanin.....	42
6.1.1. Dostava nití ve tkanině.....	44
6.2. Prostorová geometrie tkanin	48
6.2.1. Deformace tvaru průřezu nitě ve vazném bodu tkaniny	49
6.2.2. Zvlnění osnovních a útkových nití ve tkanině	50
6.2.3. Tloušťka tkaniny	52
7. Predikce geometrické drsnosti tkanin.....	52

8. Experimentální materiál - příze	59
9. Experimentální materiál - tkaniny	63
9.1. Popis vazebného provázání experimentálních tkanin	64
10. Měření geometrické drsnosti u testovaných tkanin	67
10.1. Měření geometrické drsnosti tkanin pomocí KES-FB4.....	68
10.1.1. Výsledky měření geometrické drsnosti tkanin pomocí KES-FB4	73
10.1.2. Porovnání predikce geometrické drsnosti a naměřených hodnot geometrické drsnosti	76
10.2. Měření geometrické drsnosti tkanin pomocí Talysurf CLI 500	81
10.2.1. Výsledky měření geometrické drsnosti tkanin pomocí Talysurf CLI 500.....	84
11. Závěr.....	87
12. Seznam použité literatury	89

Seznam použitých zkratek a symbolu

T	[tex]	jemnost osnovních a útkových přízí
m	[g]	hmotnost vlákenného útvaru
l	[km]	délka vlákenného útvaru
$d_{s1,2}$	[mm]	substanční průměr osnovních a útkových příze
$\rho_{1,2}$	[kg/m ³]	hustoty vláken osnovních a útkových přízí
$T_{1,2}$	[tex]	jemnost osnovních a útkových přízí
$d_{1,2}$	[mm]	skutečný průměr osnovních a útkových příze
$\mu_{1,2}$	[-]	zaplnění osnovních a útkových příze
d_{str}	[mm]	střední průměr příze
S	[mm ²]	substanční plocha příze
R	[N/tex]	poměrná pevnost v tahu
F	[N]	absolutní pevnost v tahu
ε	[%]	poměrné prodloužení při přetržení
L_p	[mm]	délka vzorku příze v okamžiku přetržení
L_o	[mm]	délka vzorku mezi upínacími čelistmi v okamžiku upnutí
Z	[m ⁻¹]	zákrut příze
a_s	[m ⁻¹ ktex ^{1/2}]	Koechlinův součinitel zákrutu
a_m	[m ⁻¹ ktex ^{2/3}]	Phrixův součinitel zákrutu
U	[%]	lineární hmotová nestejnomyernost
CV	[%]	kvadratická hmotová nestejnomyernost
CV_{lim}	[%]	limitní hmotová nestejnomyernost
CV_f	[%]	výrobní nestejnomyernost
CV_m	[%]	strojová nestejnomyernost

I	[-]	index nestejnoměrnosti
A	[mm]	rozestup útkových nití
B	[mm]	rozestup osnovních nití
$D_{1,2}$	[pn/mm]	dostava osnovních a útkových nití
$n_{1,2}$	[-]	počet osnovních a útkových nití ve střídě vazby
$pp_{1,2}$	[mm]	počet přechodů osnovní a útkové nitě
$(P1-P4)$	[mm]	strukturální bunky provázání
$(A_{str}),$ (B_{str})	[mm]	střední limitní rozestup
α	[-]	rozšíření průřezu nití
β	[-]	stlačení průřezu nití
a	[mm]	šířka nití
b	[mm]	výška nití
$h_{1,2}$	[mm]	výška vazné vlny osnovy a útku
h	[mm]	součet výšek vazných vln
$e_{1,2}$	[-]	míra zvlnění osnovy a útku
SMD	[μm]	střední odchylka geometrické drsnosti
L	[μm]	délka měřeného úseku
l	[-]	pozice čidla v ploše tkaniny
$T(l)$	[μm]	tloušťka tkaniny v pozici l
\bar{T}	[μm]	průměrná hodnota tloušťky T
VVP	[μm]	výška výstupku povrchu
VPP	[μm]	výška prohlubně povrchu
$R\check{C} (P1-P4)$	[-]	relativní četnost jednotlivých strukturálních buněk
$PTPP$	[μm^2]	plocha teoretického profilu povrchu provázání
R_a	[μm]	střední odchylka profilu drsnosti
Z	[μm]	střední výška profilu

1. Úvod

Vlastnost povrchu tkaniny je především ovlivněna strukturou příze. Struktura příze je charakterizována zpracovatelskými vlastnostmi: ohebností, jemností, zákrutem, hmotovou nestejnomyšností, atd. Jako jedna ze základních zpracovatelských vlastností je i drsnost. Tato vlastnost umožňuje tříditi textil do mnoha skupin, od jemného a hladkého materiálu po nejhrubší. Drsnost tkaniny je důležitou složkou, která umožňuje určit kvalitu, funkčnost, komfort a životaschopnost textílie.

Tato diplomová práce vznikla za účelem analyzovat vliv technologie výroby příze na drsnost tkanin, dokázat předpoklad, že rozdíl ve struktuře příze se promítne i do drsnosti tkanin – jiný povrch příze tzn. jinak drsná tkanina a v neposlední řadě analyzovat možnosti vlivu struktury příze na drsnost tkanin.

Cílem této diplomové práce je porovnat strukturu tryskové, prstencové mykané a rotorové příze a sledovat jejich vliv na drsnost tkaniny. Dále je cílem pomocí základních parametrů tkanin zkusit odhadnout drsnost tkanin.

TEORETICKÁ ČÁST

Tato část diplomové práce uvádí charakteristiku přádelnických produktů, které mají vliv na geometrickou drsnost povrchu tkanin. Popisuje způsoby hodnocení povrchové drsnosti tkanin.

2. Charakteristika přádelnických produktů

Příze je počátečním a jedním z důležitých prvků ve výrobě textilií. Účel použití tohoto přádelnického produktu je závislý na svých charakteristikách a vlastnostech. Příze se vyznačují velkou rozmanitostí nejen ve vzhledu tvarů, ale i ve strukturních, geometrických, fyzikálně-mechanických, chemických a dalších vlastnostech. Přítomnost informací o vlastnostech příze je však zatím rozhodujícím faktorem pro efektivní využití příze, řízení kvality a sortimentu výrobků.

Příze je délková textilie složená ze spřadatelných vláken, zpevněná zákrutem nebo pojením tak, že při přetrhu příze dochází i k přetrhu jednotlivých vláken.[1] Obecně lze rozdělit typy příze podle suroviny (z přírodních, umělých nebo směsí vláken), spřádací technologie výroby příze a konstrukce příze. Základní členění jednoduchých přízí lze rozdělit:

Podle technologie

- mykaná
- česaná
- poločesaná
- zkrácená (rotorová, frikční)

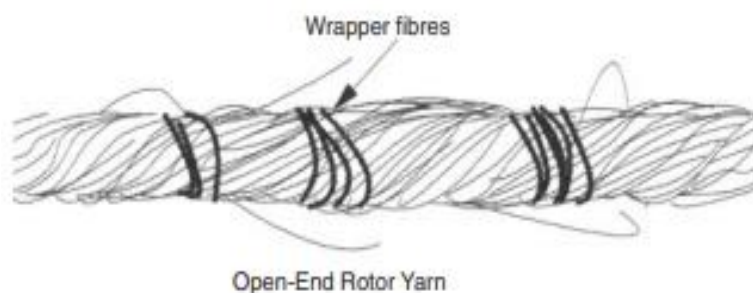
Podle způsobu dopřádání

- Prstencová
- Rotorová
- Trysková

V této kapitole budou nastíněny charakteristiky bavlnářských přízí, které budou proměřeny v experimentální části a technologie jejich výroby.

2.1. Rotorová příze

Rotorová příze je široce přijata v textilním průmyslu. Rotorová neboli bezvřetenová příze je vlákenný produkt vyrobený podle přádelnické technologie s otevřeným koncem niti. Jednou z hlavních charakteristik rotorové příze jsou ovinky na povrchu její struktury (obr. 1). Kromě ovinků povrch příze obsahuje různá neuspořádaná jednotlivá vlákna. Hlavními výhodami rotorové příze oproti prstencové a tryskové přízi je vysoký výkon, snížení výrobních nákladů, zvýšená objemnost a zlepšená rovnoměrnost výsledného tvaru. Nicméně má relativně nízkou pevnost v přetržení a ovinky na povrchu příze jsou stále předmětem zájmu.

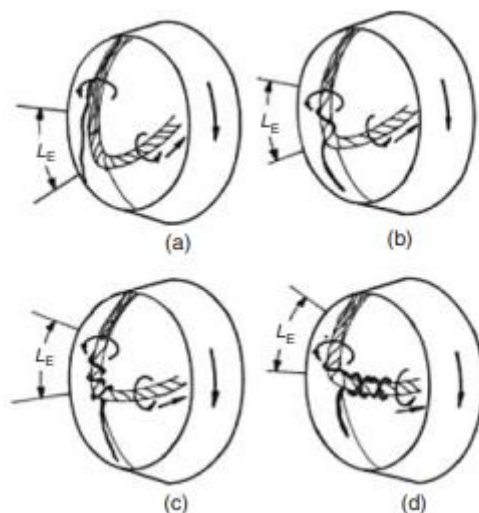


Obr. 1 Struktura rotorové příze [2]

V práci *Lawrence a Finikopulose* [3] o povrchu rotorové příze je uvedeno, že strukturu povrchu rotorové příze je možné rozdělit do šesti kategorií: uspořádaná vlákna, volně ovinutá vlákna, chlupy, vícenásobné ovinutí, jednoduché ovinutí a protilehlá ovinutí. Rotorová příze je odlišná svou strukturou a povrchovým vzhledem od prstencové a tryskové příze. Existují však některé poměrně důležité rozdíly ve vnitřní struktuře příze, zejména ve spojitosti vláken. Z hlediska důležitých vlastností je možné uvést vyšší objemnost rotorové příze i při poněkud vyšším zákrutu, prakticky stejnou odolnost v únavě, větší odolnost v oděru, menší počet vad (slabá místa, nopky, silná místa). [4]

2.2. Princip výroby rotorové příze

Rotorová příze vzniká na rotorovém dopřádacím stroji. Obecně je možné shrnout tvorbu příze při rotorovém spřádání do jednotlivých fází. A to jsou: separace vláken a jejich transport, kondenzace (zhuštění) vláken, tvorba příze a navíjení. Na začátku do stroje vstupuje posukovaný pramen, který je podáván pomocí podávacího válečku, zhušťovače a přítlačného stolečku. Separování posukovaného pramenu na jednotlivá vlákna probíhá pomocí zoubků na rozvolňovacím válečku. Na obr. 2 je znázorněn proces vzniku rotorové příze ve válcové drážce.

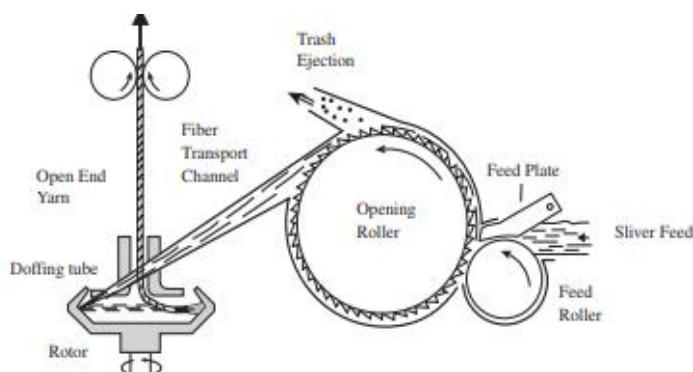


Obr. 2 Vznik příze na válcové drážce rotorového ústrojí [2]

Jednotlivá nebo skupiny vláken posukovaného pramenu jsou sejmuta a nasměrována vzduchem z vyčesávacího válečku k otvoru vzdušného kanálu (a). Díky proudu vzduchu jednotlivá vlákna jsou vtahována do drážky válce rotujícího rotoru. Vlákna dopadají ke skluzové stěně rotoru a v následujícím kroku kloužou na sběrný povrch rotoru (b). Na tomto povrchu vzniká vlákenná stužka, pomocí cyklického druzení (c-d). Koc a C. Lawrence [2] ve své práci uvádí, že zákrut rotorové příze vzniká díky rozdílu v rychlosti rotoru a rychlosti podávání příze. Při každé otáčce rotoru je přízi vložen jeden zákrut. Příze při otáčení rotoru je vždy odebírána pod napětím způsobeným odstředivými silami působícími na tuto přízi. Vzniklá rotorová příze je z rotoru odtahována odtahovými válci a poté navíjena na cívku.

2.2.1. Popis rotorového dopřádacího ústrojí

Princip činnosti a jedno pracovní ústrojí rotorového dopřádacího stroje je znázorněno na obr. 3.



Obr. 3 Schéma rotorového dopřádacího stroje [5]

Rotorový dopřádací stroj lze rozdělit na tři části, a to jsou: spřádací jednotka, odtahové ústrojí a navíjecí ústrojí.

Spřádací jednotku lze členit na:

- podávací ústrojí (podávací stoleček, přitlačný stoleček)
- ojednocovací ústrojí (vyčesávací váleček, vložka, vrchlík)
- zákrutové ústrojí (rotor, odtahová vývodka, odtahový segment)

První a druhá část spřádací jednotky jsou podávací a ojednocovací ústrojí. Jejich funkce jsou zformování a vedení pramene k ojednocovacímu ústrojí, ojednocení vláken, vylučování zbytků nečistot a doprava vláken do spřádacího ústrojí. Třetí část je zakrucovací ústrojí, jehož funkce jsou vytváření stužky vláken a její zpevnění zákrutem. [5]

Odtahové ústrojí zajišťuje odtah příze pomocí odtahových válečků, které jsou umístěny nad spřádací jednotkou. Příze prochází mezi přitlačným válečkem a odtahovými válci. Přitlačný váleček dosedá svým pružným potahem na odtahové válce a zajišťuje tak odtah příze konstantní rychlostí. Vlastnosti rotorové příze (např. jemnost, počet ovinků na jednotku délky) lze v praxi měnit pomocí rychlosti rotoru. [6]

2.3. Prstencová příze

Prstencové příze je možné rozdělit na mykané z hrubších vláken anebo česané z jemnějších vláken – oba typy mají vlákna urovnána a spojena Z-zákrutem (obr. 4). Prstencová mykaná příze má střední jemnost v rozsahu od 20 do 100 tex. Tato příze má vysokou chlupatost a nízkou stejnoměrnost. Prstencová česaná příze má střední jemnost v rozsahu od 6 do 25 tex. Je hladká a stejnoměrná, omak česané příze je tvrdší než u mykané. Velkou výhodou prstencové příze je vysoká lineární hustota pro technické tkaniny a nízká lineární hustota pro tenké drahé tkaniny (batist, košilovina). Prstencovou přízi je možné vyrobit v nejjemnějších jemnostech s vysokým indexem kvality.



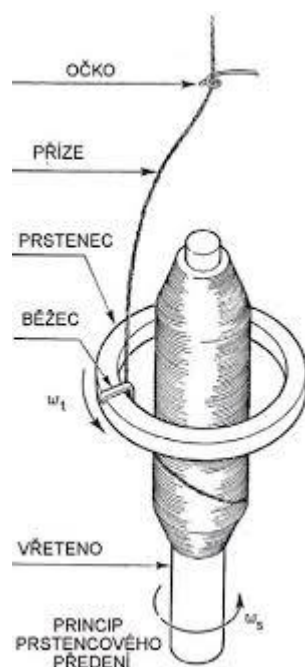
Ring Spun Yarn

Obr. 4 Struktura prstencové příze [2]

2.3.1. Princip výroby prstencové příze

M. Lenz, M. Hossain, M. Beitelschmidt, C. Cherif, A. Abdkader [7] uvádí, že prstencové předení je nejvhodnějším technologickým procesem pro vysoce kvalitní příze z krátkých spřadatelných vláken. Asi 80 % staplových přízí na celém světě se vyrábí pomocí prstencového dopřádání. Nejvýznamnějším omezením tohoto technologického procesu je poměrně nízká produktivita. Maximální dosažitelná rychlost otáčení běžce je omezena především kvůli třecím silám (neboli tzv. teplu) generovanému mezi běžcem a prstencem. Přehřívání vede k poškození systému běžec/prstavec, čímž se zhoršuje kvalita příze.[7]

Prstencová příze se vyrábí na prstencovém dopřádacím stroji. Výroba klasické prstencové příze probíhá pomocí sestavy prstavec/běžec/vřeteno (obr. 5).

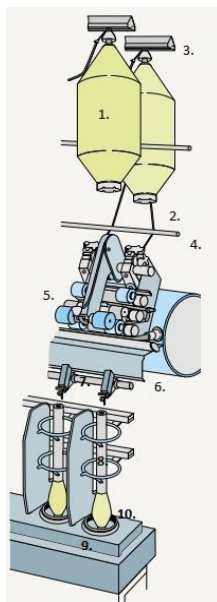


Obr. 5 Princip prstencového předení [6]

Na vstupu do stroje je přást. Cívky s přásty se nachází na cívečnici a odtud je přást postupně odtahován do průtahového ústrojí. Přást prochází mezi válečky průtahového ústrojí, které mají různé rychlosti. Dolní válečky se otáčejí rychleji než vrchní, díky tomu dochází ke zjemnění přástu. Na výstupu z průtahového ústrojí je zjemněný přást zakrucován. V následujícím kroku prstencového předení je vzniklá příze vedena běžcem, který se pohybuje na prstenci. V konečné etapě je příze navijena na dutinku, která je umístěna na vřetenu. Za jeden oběh běžce po prstenci vzniká jeden zákrut v přízi.

2.3.2. Popis prstencového dopřádacího stroje

Získání příze na spřádacím stroji je poslední fází dopřádacího procesu. Účelem této fáze je získat z přástu konečný produkt spřádacího průmyslu – přízi s určitou lineární hustotou, pevností a rovnoměrností. V závislosti na způsobu spřádání (tj. způsobu ztenčování a formování příze) se rozlišují prstencové (vřetenové) spřádací stroje a bezvřetenové stroje.



Obr. 6 Schéma prstencového dopřádacího stroje [8]

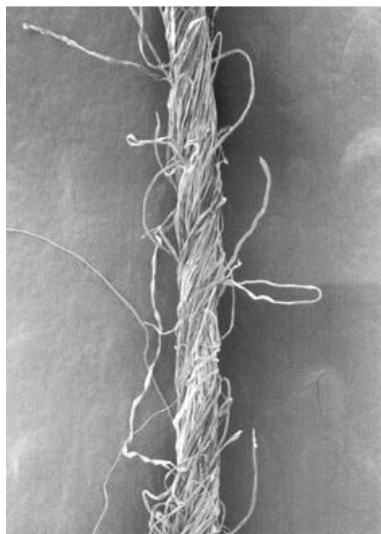
Na obr. 6 je znázorněn prstencový dopřádací stroj. Tento stroj je možné rozdělit na tři hlavní pracovní ústrojí:

- ústrojí pro uložení předlohy (1,3)
- průtahové ústrojí (4,5,6,7)
- zakrucovací a navinovací ústrojí (8,9,10)

Přást je předlohou na prstencovém dopřádacím stroji, který může být buď na cívce válcové (z finiséru se zaoblovacími pásy) nebo cívce s kuželovými okraji.[9] Na obr. 6 (pod bodem č. 3) je tato předloha umístěna v cívečnici nad strojem. Z volné otočné cívky se přást dostává do průtahového ústrojí. Konstrukce průtahového ústrojí je závislá na technologii výroby příze (bavlnářská, vlnářská). Podle příze je potřeba zvolit určitý typ průtahového ústrojí, např. tří válečkové dvou-řemínekové, čtyř-válečkové s dvěma řemínky, s krutnou trubkou atd. Průtahové ústrojí se skládá ze spodních válečků (ocelová, rýhová) a horních válečků (pryžový povlak). Spodní a horní válečky rotují prostředními válečky. Vzdálenost mezi nimi lze ovlivnit pomocí distanční klipsy.[9] U všech typů těchto ústrojí je nutné, aby byl přást protažen velmi rovnoměrně a ztenčil se až na požadovanou jemnost.

2.4. Trysková příze

Trysková příze je současná alternativa prstencové a rotorové příze. Technologie výroby této příze je velmi rychlá. Trysková příze vzniká zakroucením svazku vláken pomocí proudu stlačeného vzduchu. Příze vyrobená pomocí vzduchové trysky se liší od prstencové příze ve svých vlastnostech, hlavně kvůli rozdílné konfiguraci a struktuře vlákna v přízi. Jádrová vlákna trykové příze nemají žádný zákrut, ale jsou obalena vnější vrstvou vláken. V důsledku nezakroucených, paralelně uspořádaných vláken je příze méně roztažitelná. [11]

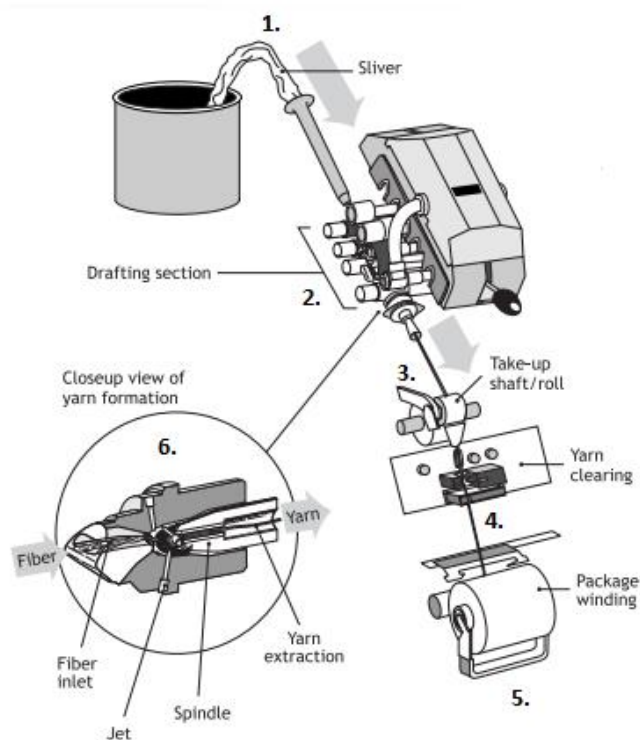


Obr. 7 Struktura trykové příze [12]

Další parametr trykové příze je velmi nízká chlupatost. Ve srovnání s přízemi vyrobenými jinými technologiemi má tryková příze příjemný omak. Tato příze obsahuje minimální počet odstávajících vláken, dobře přijímá barvivo a výsledný vzhled barevného odstínu je kvalitní a intenzivní. Konečný výrobek má nízkou tendenci k žmolkování a vysokou odolnost v pracím procesu. Odolnost příze předené trykovým dopřádáním proti oděru je malá, což způsobuje rozpad příze, jakmile se přerouší vlákna obalu. [11]

2.4.1. Princip výroby tryskové příze

Trysková příze (obr. 8) se vyrábí na tryskovém dopřádacím stroji (např. Rieter Air-Jet, Murata). Tryskový systém pracuje na principu částečného volného konce.[4] Předlohou do tryskového stroje je pramen, který vstupuje do průtahového ústrojí (bod č. 1). Protážený svazek vláken vstupuje do spřádací trysky (bod č. 2). Protážená stužka vláken je vlivem proudu vzduchu vyvolaným podtlakem dopravována k ústí dutiny spřádací špičky (bod č. 6). Vířivý proud vzduchu uvolňuje zadní konce vláken z těla vláknenné stužky. Působením vzduchového víru se tyto konce ohýbají na vnější povrch vřetena. V následujícím kroku proud vzduchu k jádru přikroučí jednotlivá vlákna trvalým zákrutem. Výstupní příze je odtahována válečky a navíjena na cívku (bod č. 3,4,5).



Obr. 8 Schéma výroby tryskové příze [12]

2.4.2. Popis tryskového dopřádacího stroje

V současné době jsou tryskové dopřádací stroje velmi široce používány pro výrobu příze. Jedním z hlavních důvodů popularity tohoto stroje je vysoká výrobní schopnost a nízké náklady. [12], [13]. Popis jednotlivých ústrojí tryskového dopřádacího stroje

- Podávací zařízení. Tento ústroj odpovídá za podávání surových vláken do tryskového dopřádacího stroje. Vlákna mohou být přivedena ve formě proudu nebo balíčků.
- Česací a natahovací ústroj. Česací mechanismus slouží k rozčesávání a oddělování jednotlivých vláken. Natahovací zařízení natahuje vlákna na požadovanou délku a zajišťuje konzistentní napětí.
- Tryskový systém. Hlavní částí tryskového dopřádacího stroje je tryskový systém. Ten distribuuje vlákna a tvaruje je do podoby příze. Trysky mohou být uspořádány v různých konfiguracích podle požadovaných vlastností příze.
- Rotující válce. Rotující válce natahují a formují vlákna, která jsou podávána tryskovým systémem. Tyto válce jsou klíčové pro proces utváření příze.
- Napínací zařízení. Napínací mechanismus udržuje konstantní napětí na přízi během celého procesu. To je důležité pro dosažení konzistentních vlastností příze.
- Svinovací jednotka. Po vytvoření příze se vedení přesune na svinovací jednotku. Zde je příze svinována na cívky nebo balena do koncových produktů.
- Elektronické monitorovací a kontrolní systémy: Moderní tryskové dopřádací stroje jsou často vybaveny elektronickými senzory a monitorovacími systémy. Tyto systémy sledují různé parametry procesu a umožňují automatizovanou kontrolu a úpravu.

3. Strukturní a geometrické parametry příze

U jakéhokoli sériově vyráběného produktu je jedním ze základních požadavků jeho konzistence (stejneměrnost) a vlastnosti. U přízi to začíná zvoleným vlákenným materiálem, který se má spřádat. Textilní technolog musí pochopit význam různých vlastností vláken používaných při specifikaci surovin, a to nejen s ohledem na vztah vlastností vláken k přízi, ale zejména s ohledem na vliv vlastností vláken na zpracování příze, výkonnost a její kvalitu. Struktura příze závisí na materiálovém složení a výrobním procesu. Mezi základní strukturní parametry příze řadíme jemnost, zákrut, zaplnění, průměr přízi atd. Těmto aspektům jsou věnovány následující kapitoly.

3.1. Jemnost

Jemnost příze je základní parametr lineárních textilních útvarů (vlákna, příze,...), který vyjadřuje podíl mezi hmotností příze m a délkou příze l . [1] Pro vyjádření jemnosti používáme jednotky [tex].

Jemnost T v jednotkách [tex] je možné vypočítat podle rovnice (1):

$$T = \frac{m}{l} \quad (1)$$

kde: T ...jemnost [tex]

l ...délka [km]

m ...hmotnost [g]

3.2. Průměr

Jak uvádí Neckář [13], skutečná příze není homogenním válcem. Mezi vlákny se vyskytují vzduchové mezery, hustota stěsnání vláken po průřezu není rovnoměrná a směrem k povrchu přechází spojitá oblast do chlupatosti. Řez příze není zcela osově symetrický. Nejmenší průměr příze (2) lze definovat jako substanční $d_{s_{1,2}}$ (průměr pomyslné příze, ze které je vytlačen veškerý vzduch).

$$d_{s_{1,2}} = \sqrt{\frac{4T_{1,2}}{\pi \cdot \rho_{1,2}}} \quad (2)$$

kde: $d_{s_{1,2}}$...substanční průměr příze [mm]

$T_{1,2}$...jemnost osnovních a útkových přízí [tex]

$\rho_{1,2}$...hustoty vláken osnovních a útkových přízí [kg/m³]

Substanční průměr je menší než skutečný průměr příze, jenž lze vyjádřit pomocí následujícího vztahu:

$$d_{1,2} = \sqrt{\frac{4T_{1,2}}{\pi \mu_{1,2} \rho_{1,2}}} \quad (3)$$

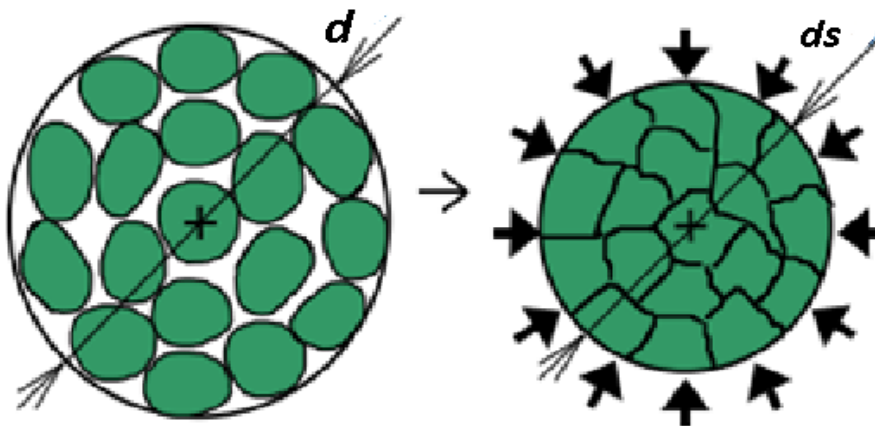
kde: $d_{1,2}$...skutečný průměr osnovní a útkové příze [mm]

$T_{1,2}$...jemnost osnovních a útkových přízí [tex]

$\rho_{1,2}$...hustoty vláken osnovních a útkových přízí [kg/m³]

$\mu_{1,2}$...zaplnění osnovních a útkových přízí [-]

Na obr. 9 je znázorněn rozdíl mezi skutečným průměrem a substančním průměrem příze, kde platí relace $D > D_s$. [15]



Obr. 9 Rozdíl mezi skutečným a substančním průměrem příze [15]

Na základě výpočtu skutečných průměrů osnovních a útkových přízí (3) lze odvodit vztah pro střední průměr přízí, označením d_{str} .

$$d_{str} = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (4)$$

kde: d_{str} ...střední průměr příze [mm]

d_1 ...průměr osnovní příze[mm]

d_2 ...průměr útkové příze[mm]

3.3. Zaplnění

Následující vlastnost, kterou sledujeme, je zaplnění příze. Ve své knize “Příze” Neckář [14] definuje, že zaplnění je bezrozměrná veličina, která leží v intervalu od $\langle 0;1 \rangle$.

Zaplnění příze μ lze stanovit podle rovnice (5). Tento vztah popisuje podíl objemu vláken a příze, který lze převést na podíl ploch vláken a příze. [16]

$$\mu = \frac{4S}{\pi D^2} = \frac{4T}{\pi D^2 \rho} \quad (5)$$

kde: μ ...zaplnění příze [-]

S ...substanční plocha [mm^2]

D ...průměr příze [mm]

T ...jemnost příze [tex]

ρ ...hustota [kg/m^3]

3.4. Pevnost a tažnost

Pevnost je jedním z důležitých parametrů příze. Pevnost se definuje jako fyzikální vlastnost, která vyjadřuje odolnost vůči vnějším silám. Pevnost příze zahrnuje okamžik destrukce, který vzniká v nejslabším anebo v nejméně pevném místě úseku příze pod zatížením. [14]

Vyzkoušet pevnost textilního útvaru (vlákna, příze, tkaniny, pleteniny) je možné pomocí trhacích přístrojů. Pomocí této zkoušky zjišťujeme mezní odolnost příze při účinku tahové síly. Na pevnost příze má vliv pevnost vlákenného materiálu a strukturální faktory jako jsou zákrut, stupeň napřímení vláken, migrace vláken atd. Tato vlastnost je definována jako absolutní pevnost v tahu, kterou lze vyjádřit v jednotkách síly F [N]. V praxi je běžné použití tzv. poměrné pevnosti R [N/tex].

$$R = \frac{F}{T} \quad (6)$$

kde: R ...poměrná pevnost v tahu [N/tex]

F ...absolutní pevnost v tahu [N]

T ...jemnost příze [tex]

Tažnost je vyjádřena jako celkové poměrné prodloužení při přetržení. [17] Poměrné prodloužení při přetržení – tažnost vyjádříme podle vztahu (7):

$$\varepsilon = \frac{L_p - L_0}{L_0} \cdot 100 \quad (7)$$

kde: ε ...poměrné prodloužení při přetržení [%]

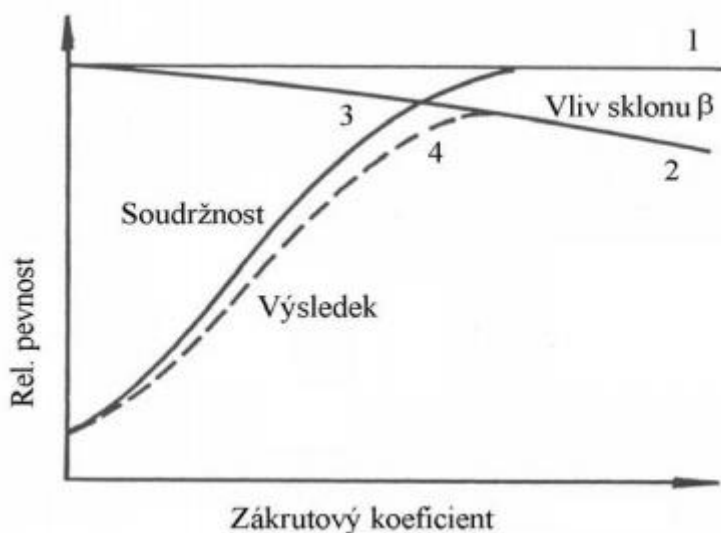
L_p ...délka vzorku příze v okamžiku přetržení [mm]

L_0 ...délka vzorku mezi upínacími čelistmi v okamžiku upnutí [mm]

Tahová zkouška je používána pro zjištění informace o odolnosti textilie na zatížení v tahu. [18] Na trhacím zařízení se zkouší druh zvoleného materiálu až do roztržení (trvalá plastická deformace). Během zkoušení trhací stroj zaznamenává a vyhodnocuje řadu veličin. Výsledkem je tahový diagram, který ukazuje poměr mezi zatěžovací silou na prodloužení vzorku. Tažnost je jednou ze základních charakteristik příze, která umožňuje popsat její chování jak z hlediska dalšího zpracování, tak i vlastností konečného výrobku.

3.5. Zákrut

Zákrut je možné vysvětlit jako šroubovitě vinutí vlákenného materiálu kolem osy příze vyjádřené určitým počtem celých otáček na délku 1 [m]. Zákrut je důležitá charakteristika, díky které lze zpevnit příze při výrobě.



Obr.10 Vliv zákrutového koeficientu na relativní pevnost příze [19]

Graf na obr. 10 popisuje výslednou závislost relativní pevnosti příze na zákrutovém koeficientu. Čarou č. 1 je znázorněna maximální možná pevnost. U výsledné příze prakticky neexistuje možnost dosáhnout maximální pevnosti, i když při určitém zákrutovém koeficientu je možné dosáhnout soudržných sil až na úrovni vlákenné podstaty, která vyjadřuje křivka č. 3. Obecně dojde ke zvětšování sklonu tečny osy vlákna k ose příze (úhel β). Tuto skutečnost zobrazuje křivka č. 4. Výsledek z diagramu na obr. 10 je, že růst pevnosti příze s rostoucím zákrutovým koeficientem končí na úrovni bodu tzv. kritického zákrutu, který odpovídá maximu křivky. Po překročení této meze pevnost klesá. [1]

Pro stanovení počtu zákrutů se používá tzv. Koechlinův vztah, který lze používat většinou pro hrubé produkty. Tento vztah je definován (8):

$$Z = a_s * \frac{31,6}{\sqrt{T}} \quad (8)$$

kde: Z...počet zákrutů na jednotku délky [m^{-1}]

a_s ...Koechlinův součinitel zákrutu [$m^{-1} \text{ktex}^{1/2}$]

T...jemnost příze [tex]

Kromě Koechlinova vztahu existuje možnost používat Phrixův vztah, který je vhodný pro jemné produkty a je definován:

$$Z = am \frac{100}{\sqrt[3]{T^2}} \quad (9)$$

kde: Z...počet zákrutů na jednotku délky [m^{-1}]

am ...součinitel zákrutu [$m^{-1} \text{ktex}^{2/3}$]

T...jemnost příze [tex]

3.6. Hmotová nestejnomyěrnost

Hmotovou nestejnomyěrností rozumíme spojitě kolísání hmotnosti krátkých úseků délkového vlákenného produktu. [20] Hmotová nestejnomyěrnost příze je jednou z mimořádně důležitých vlastností, která ovlivňuje vzhled textilu. Zároveň je potřeba sledovat hmotovou nestejnomyěrnost na počátku celého procesu výroby příze.

Hmotovou nestejnomyěrnost lze vyjádřit [21]:

a) parametry:

- lineární hmotová nestejnomyěrnost $U[\%]$
- kvadratická hmotová nestejnomyěrnost $CV[\%]$
- limitní hmotová nestejnomyěrnost $CV_{lim}[\%]$
- index nestejnomyěrnosti I
- výrobní nestejnomyěrnost $CV_f[\%]$
- strojová nestejnomyěrnost $CV_m[\%]$

b) charakteristickými funkcemi:

- spektrogram
- délková variační funkce
- modul poměrné přenosové funkce

Nestejnomyěrnost příze se měří pomocí přístroje od firmy Zellweger Uster Tester. Tento přístroj umožňuje změřit hmotné nestejnomyěrnosti pramenů, přástů a příze ze staplových vláken, chlupatost a průměr příze. [21]

3.6.1. Vady přízí

Při předení příze často vznikají „nežádoucí chyby“, jako jsou velmi silná nebo velmi tenká místa. Vady příze také lze vyjádřit, jako zvětšení nebo zmenšení počtu vláken v určitém místě průřezu příze. Vady ovlivňují nejen strukturu a vlastnosti příze, ale také mají vliv na povrch a vzhled textilie. Tyto vady jsou závislé na kvalitě suroviny a nastavení stroje. Existují tři typy vad, a to jsou:

1. slabá místa – části příze, kde dochází k extrémnímu zmenšení počtu vláken v průřezu příze.
2. silná místa – části příze, kde dochází k extrémnímu zvětšení počtu vláken v průřezu příze.
3. nopky – místa extrémního zesílení příčného průřezu příze na délkovém úseku od 1 do 4 [mm].

3.7. Chlupatost

Kvalita příze velmi závisí na úrovni homogenity příze, zejména na nerovnosti, která kvantifikuje střední odchylku lineární hustoty pramene nebo jeho části. Nepravidelnosti povrchu příze lze propojit s dalším důležitým parametrem, jako je např. chlupatost. [22]

Jinak lze pojem chlupatost definovat jako množství volných, pohyblivých odstávajících vláken od základního těla příze. [16]



Obr. 11 Oblast chlupatosti příze [22]

Jak bylo uvedeno výše, důležitou vlastností příze, která značně ovlivňuje zpracovatelnost příze a vzhled textilu, je chlupatost. Obr. 11 představuje příklad chlupatosti příze.

Důvodem chlupatosti je to, že vlákna jsou silně stlačena kolem své osy. Jednotlivá vlákna na sebe přilehají v různých místech a navzájem se dotýkají. Se zvětšující se vzdáleností od středu příze je vlákenný materiál méně stlačován, čímž vznikají větší vzduchové mezery mezi vlákny. Výsledkem je proto nerovnoměrně rozmístěná hustota vláken kolem osy příze. Chlupatost je ovlivněna jemností příze, vlastnostmi vláken, technologií výroby příze a technologickými parametry dopřádacího stroje. Chlupatost je také ovlivněna počtem zákrutů. Z toho vyplývá, že s rostoucím počtem zákrutu klesá délka a počet jednotlivých vláken na povrchu příze. [16]

3.7.1. Měření chlupatosti

Měření chlupatosti lze pomocí různých metod, a to jsou [23]:

- optické metody
- fotografické metody
- fotoelektrické metody
- metody založené na elektrické vodivosti
- metoda založená na ztrátě hmotnosti po požehování
- kombinované metody






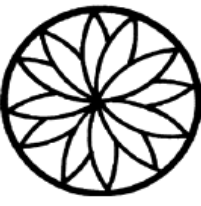
V současné době na trhu existuje velké množství přístrojů, které umožňují měřit chlupatost. Nejrozšířenější z těchto přístrojů jsou Zellweger hairiness meter (Uster-Tester) a Zweigle hairiness tester. Tyto přístroje pracují na dvou základních metodách měření:

1. zkušební příze je osvětlen rovnoběžnými paprsky světla kolmými na osu příze (Zellweger).
2. paprsky světla v určité vzdálenosti procházejí od povrchu příze rovnoběžně s její osou (Zweigle).

4. Drsnost

Drsnost je soubor mikronerovností, které tvoří topografii povrchu a jsou uvažovány v oblasti, jejíž délka je rovna základní délce. Jak uvádí *Blumek, Odvody, Ošťádal* [24], drsnost povrchu má proto své místo, jako činitel jakosti, a to ve všech stádiích vědeckých zkoumání, v konstrukci i technologické projekci, v přípravě výroby i exploataci. Autorka [25] zkoumá drsnost povrchu, jako souhrn nerovností povrchu s relativně malými vzdálenostmi vznikajících jako důsledek použité technologie výroby. Drsnost je jedním z nejdůležitějších parametrů při zpracování dílů. Právě čistota zpracování má rozhodující význam pro spolehlivost a životnost dílu, a pokud neodpovídá konstrukčním hodnotám, dojde k předčasnému selhání dílu nebo celé sestavy a jeho nákladné opravě. Tento parametr ovlivňuje nejen vlastnosti posuzované smysly, ale také funkčnost a použitelnost tohoto materiálu nebo produktu. Druhy směrů drsnosti povrchu lze označit značkami, podle normy ISO ČSN 1302:1992. [26] Tyto normy popisují drsnost povrchu, její parametry a charakteristiky. V tabulce č. 1 jsou shrnuty druhy drsnosti a jejich označení.

Tab. 1 Druhy směrů drsnosti [26]

Druh drsnosti	Znázornění drsnosti (značka)	Vyjádření
Rovnoběžné		Rovnoběžné čáry znázorňující povrch na výkrese, v němž je značka použita.
Kolmý		Kolmé čáry znázorňující povrch na výkrese, v němž je značka použita.
Křížení		Křížení ve dvou směrech šikmých čár vzhledem k průmětu
Libovolný		Různé směry ve vztahu k čáře představující povrch na výkrese.
Kruhový		Přibližně kruhový vzhled ke středu plochy, kterého se značka týká.
Radiální		Přibližně radiální ke středu povrchu, kterého se značka týká.

Podle značky je možné hodnotit drsnost povrchu. Jinými slovy značka popisuje součet nerovností, které tvoří reliéf povrchu. Dále profil nerovností lze rozdělit do dvou skupin pomocí měřítka geometrické nepřesnosti.

První skupina se nazývá makrogeometrie, která popisuje vlnitost a tvar měřeného povrchu.

Druhá skupina se nazývá mikrogeometrie, která přímo popisuje drsnost sledovaného povrchu.

Drsnost lze také rozdělit podle změn povrchu:

- Strukturní – je typ drsnosti, která se mění v soulasu s konstrukcí textilního materiálu s určitou periodou opakování.
- Náhodná – je typ drsnosti, která se náhodně mění, nelze ji popsat jednoduchými geometrickými prostředky.
- Celková – spojení předchozích dvou typů

4.1. Parametry drsnosti

Povrch každého výrobku se skládá z různých geometrických prvků, i když se zdá hladký a lesklý na první pohled. Autoři [27] uvedli, že během výrobního procesu dochází k řadě vlivů (např. použitá technologie, výrobní proces, lidský faktor atd.), které brání výrobě součástek ideálního tvaru. Takto vyrobené produkty vykazují určité povolené odchylky požadované geometrie. Jedním z důležitých parametrů, které hodnotí kvalitu povrchu výrobků, je profil drsnosti. Na tomto parametru do určité míry závisí budoucí životnost, spolehlivost, opotřebení a správná funkčnost povrchů výrobků. Reliéf vytvořený na povrchu produktu je nositelem určitých informací i odrazem použité technologie.

Parametry drsnosti obvykle vychází z profilu hodnoceného výrobku. Profil povrchu je možné nasnímat pomocí profilometru. Snímaný profil obsahuje složku drsnosti, vlnitosti a tvaru, které je pro vyhodnocení drsnosti potřeba eliminovat filtrováním. Po odfiltrování se získá profil drsnosti. [25] Drsnost povrchu je vyjádřena pomocí základní čáry (obr. 12). Tato čára může být jako střední čára, nebo střední aritmetická čára. Norma ČSN EN ISO 25178-601 je norma, která popisuje, že základní čára je střední čára profilu.

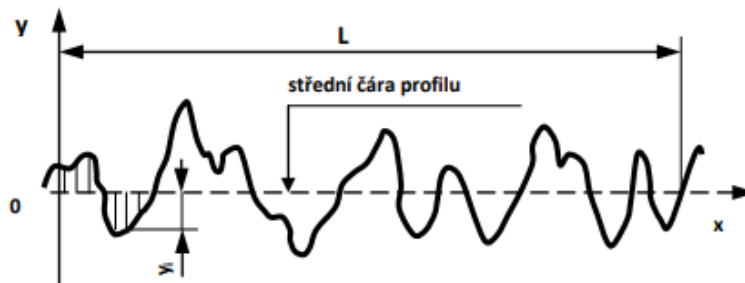


Obr. 12 Profil základní čáry [28]

Na obr. 12 jsou znázorněny základní délky (l_1 , l_2 , l_3 ,...), které dohromady tvoří vyhodnocovanou délku l_n . Základní délka vyjadřuje oddělení nerovnosti, které tvoří drsnost měřeného profilu. Vyhodnocovaná délka je délka, pomocí které zkoumají hodnoty

parametru drsnosti povrchu. [28]

Střední čára povrchu profilu [m] je znázorněna na obr. 13. Tato základní čára je vyjádřena jako geometrický tvar profilu. Osa y ukazuje velikost výstupku od střední roviny profilu a udává se v rádech [μm]. Délka l je základní délkou čáry, která se udává v jednotkách [mm].



Obr. 13 Střední čára profilu [28]

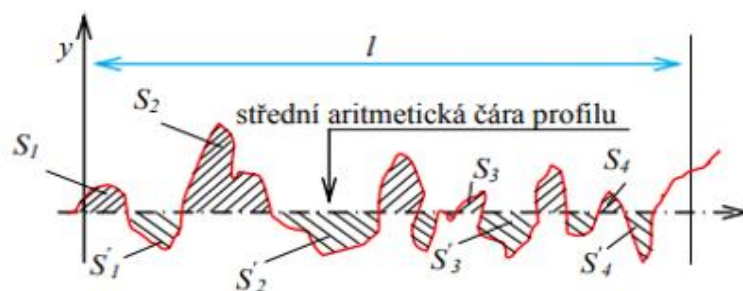
Tento profil je rozdělen tak, že v rozsahu základní délky je součet čtverců odchylek profilu od této čáry nejmenší. [28] Součet čtverců odchylek profilu je vypočten pomocí integrální rovnice (10).

$$\int_0^1 (y - \bar{y})^2 dx = \min. \quad (10)$$

Střední aritmetická čára profilu m je opačnou variantou základní čáry (obr. 14). Tato čára má tvar jmenovitého profilu, který je ekvivalentní se směrem skutečného profilu a rozděluje skutečný profil tak, že v rozsahu základní délky jsou součty ploch po obou jejích stránkách stejné [24].

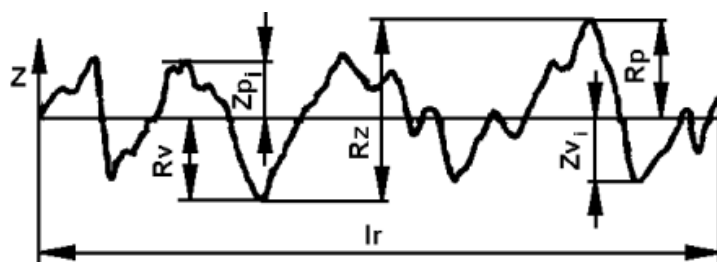
$$\sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n \acute{S}_i \quad (11)$$

Podle vztahu (11) S_i vyjadřuje součet ploch, které se nachází nad střední aritmetickou čarou, \acute{S}_i je vyjádřeno jako součet ploch pod touto čarou a n je počet ploch. Na obr. 14 je červenou křivkou znázorněna střední aritmetická čára, a plochy S_i jsou znázorněny jako zašrafované výplň této čáry. Soustava střední čáry profilu je pak výpočetním systémem užívána při vyhodnocování veličin profilu, u kterého byla přijata za základní čáru střední čára profilu. Tento systém je základem většiny mezinárodních a národních norem spojených s vyhodnocením drsnosti povrchu. [24]



Obr. 14 Střední aritmetická čára profilu [29]

Ve většině případů je drsnost povrchu určena jedním z parametrů R_a nebo R_z (obr. 15). Největší výška profilu R_z je součtem průměrných absolutních hodnot výšek bodů z pěti největších profilových výstupků a hloubek a také z pěti největších prohlubní v základní délce. Průměrná aritmetická odchylka profilu R_a je aritmetický průměr absolutních hodnot odchylek profilu $Z(x)$ od středové osy m v rámci základní délky.



Obr. 15 Parametry drsnosti povrchu [25]

Největší výška výstupku profilu R_p je výška Z_p největšího výstupku profilu v rozsahu základní délky. Největší hloubka prohlubně profilu R_v je hloubka Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky. Největší výška profilu R_z je součet výšky Z_p největšího výstupku a hloubky Z_v nejnižší prohlubně v rozsahu základní délky. [25]

4.2. Drsnost textilních materiálů

Pohodlí oděvů je v současnosti jedním z hlavních problémů výrobců textilu a oděvů. Tato vlastnost je založena na dotykové odezvě člověka na oděvní materiály a je určena řadou tepelných, fyziologických a mechanických parametrů. U textilií, které přicházejí do přímého kontaktu s pokožkou, jsou v souvislosti s pohodlností oděvu důležité zejména hmatové a dotykové vlastnosti. Důležitou součástí mechanického komfortu jsou hmatové vlastnosti, včetně drsnosti. Existují dva důvody, proč měřit drsnost povrchu: zaprvé pro kontrolu výroby a zadruhé zjistit funkčnost výrobků.

Drsnost je jednou z důležitých povrchových vlastností textilií.

Drsnost povrchu u textilních materiálů ovlivňuje životnost a spolehlivost výrobků. Velký vliv na drsnost textilií má technologie výroby a parametry vláknenného materiálu. A to jsou: jemnost, zákrut, chlupatost, vady příze, technologie výroby příze atd. U plošných textilií (tkanin, pletenin) má vliv na drsnost textilního materiálu vazba, vlas a také finální úpravy. Tření ve tkanině je důležitou vlastností textilních materiálů v kontextu technologického i subjektivního hodnocení. Je možné říct, že drsnost povrchu je měřítkem textury povrchu. Jinými slovy drsnost povrchu je možné kvantifikovat svislými odchylkami reálného povrchu od jeho ideální podoby.[30] Pro měření povrchového tření a drsnosti textilních tkanin se používají různé metody a zkušební zařízení. Povrchové tření se měří buď tažením bloku hmoty přes plochý tuhý povrch pokrytý zkoušenou textilií, nebo pomocí nakloněné roviny. V následujících kapitolách je obsažen podrobný popis měření drsnosti.

5. Metody měření drsnosti povrchu textilií

Měření povrchové struktury je řešeno převedením na rovinu kolmou k povrchu. Z toho vzniká profil, ze kterého jsou odvozeny všechny hlavní parametry, toto jsou 2D metody. Následující jsou 3D metody, díky kterým existuje možnost získat další informace o drsnosti povrchu textilií. Příkladem 3D metod jsou bezdotyková hodnocení struktury povrchu. Mezi nejrozšířenější metody měření drsnosti patří dotyková metoda. Tato metoda měření umožňuje získávat normalizované a nenormalizované charakteristiky.[31]

Metody pro měření drsnosti povrchu lze rozdělit na subjektivní a objektivní metody hodnocení drsnosti. Autoři [32] provedli experiment, během kterého porovnávali subjektivní a objektivní metody s využitím přístrojů KES, laserových senzorů, Polarimetric texturometer. Cílem experimentu bylo zjistit nejlepší metodu pro hodnocení povrchu tkaniny.

Během experimentu bylo prokázáno, že všechny kontaktní metody mohou poškodit povrchová vlákna kvůli kontaktu mezi senzorem a povrchem tkaniny.

Subjektivní metoda hodnocení drsnosti povrchu je často prováděna vizuálně. Vizuální hodnocení drsnosti povrchu textilií probíhá pomocí zkoušející osoby – hodnotitelem. Subjektivní hodnocení povrchu pouhým okem je možné v rozsahu drsnosti odpovídajícím $R_z = 320 - 10 [\mu\text{m}]$.

Tuto metodu lze rozdělit na dvě další základní metodiky:

1. Kvalitativní hodnocení – je to metoda stanovení drsnosti povrchu, která se provádí pomocí lidských smyslů. Jde o porovnání drsnosti určitého povrchu s povrchem vzorku dotykem, pohledem nebo pomocí nápovědy jednoduchých optických přístrojů.

2. Nepřímé kvantitativní hodnocení – tato metoda je založena na principu porovnání povrchu testovaného vzorku se vzorkem etalonu. Standardy (etalony) musí být vyrobeny ze stejných materiálů jako zkušební vzorky textilie, protože odrazivost materiálů se může lišit. Výsledkem je rozdíl mezi drsností zkoušené textilie a etalonem.

Velkou výhodou těchto metod hodnocení drsnosti je její jednoduchost a snadné použití přímo v dílně. Tyto metody však není možné vždy použít, protože neměří přímo drsnost povrchu. Z tohoto důvodu je velmi obtížné posoudit kvalitu výrobku. Vzhledem k tomu, že subjektivní metoda hodnocení drsnosti může vést ke značným chybám, používá se pro kvalitativní hodnocení drsnosti objektivní metoda hodnocení. [33]

Objektivní metody hodnocení povrchu je možné rozdělit na kontaktní a bezkontaktní metody hodnocení drsnosti. Při kontaktní metodě hodnocení drsnosti se měří přímo výška drsnosti. Bezkontaktní metoda je integrální nebo srovnávací.

Kontaktní metodu lze realizovat pomocí dotykového profilometru s postupnou transformací profilu nebo profilometry. Tento přístroj hodnotí drsnost na povrchu textilie podle normy ČSN EN ISO 3274. Profilometry se používají k vyhodnocení drsnosti povrchu pomocí parametru R_a a profilografy lze použít také k záznamu (zobrazení) profilu kontrolovaného povrchu ve zvětšené podobě.[33] Všechny tyto přístroje pracují na principu sondování kontrolovaného povrchu diamantovou jehlou.

Bezkontaktní metodu lze provést buď zvětšením pomocí optického systému, nebo využitím odrazivosti povrchu. Jedním z takových příkladů je bezdotykový profilometr. Jeho princip spočívá v tom, že měření drsnosti povrchu probíhá pomocí fotoelektrického přístroje s laserem. [31] Následující kapitoly budou obsahovat informace o přístrojích KES-F a Talysurf CLI, které jsou založené na principu dotykových a bezdotykových metod hodnocení drsnosti povrchu textilie. Pomocí těchto přístrojů byla zkoumána drsnost povrchu keprových tkanin.

5.1. Přístroje pro měření drsnosti textilií

Drsnost tkaniny je parametr související s jejími povrchovými vlastnostmi. Charakteristiky povrchu tkanin jsou důležité z hlediska sensorického pohodlí uživatelů oblečení. Tření povrchu a drsnost povrchu jsou nejdůležitějšími povrchovými parametry tkanin. Tyto parametry lze měřit pomocí různých přístrojů.

5.1.1. Kawabata Evaluation System

Jeden z nerozšířených a používaných přístrojů pro zkoumání textilií je Kawabata Evaluation System. Systém KES-FB je standardní objektivizovanou metodou mezi různými metodami měření. Systém KES-FB je však časově náročný a převod naměřených dat je obtížný. KES-FB jako kontaktní metoda je snáze ovlivnitelná podmínkami prostředí, jako je vlhkost, a není vhodná jako on-line systém ve výrobním procesu.[32] Tento přístroj umožňuje otestovat šest základních mechanických vlastností plošných textilií, a to jsou tah, smyk, ohyb, koeficient tření a drsnost.

Podle typu testování lze rozdělit KES-FB na čtyři základní přístroje [35]:

1. KES-FB1 – tento přístroj je určen na zkoušení tahových a smykových deformací textilií, papíru anebo netkaných textilií.
2. KES-FB2 – tento přístroj je určen na zkoušení ohybových deformací textilií, netkaných textilií a přízí.
3. KES-FB3 – tento přístroj je určen na zkoušení kompresních deformací jako funkce tloušťky textilií a fólií.
4. KES-FB4 – tento přístroj je určen na zkoušení povrchových vlastností textilií, papíru nebo netkaných textilií.

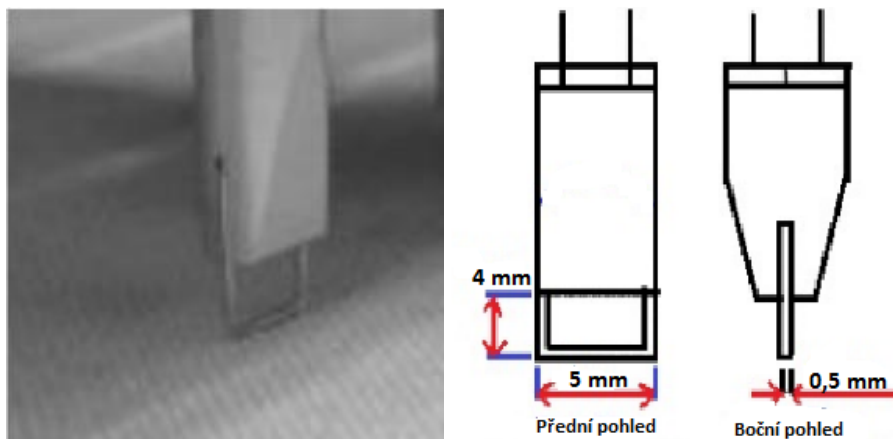
Pro hodnocení drsnosti povrchu textilií se používá přístroj KES-FB4 (obr. 16). Tento japonský přístroj funguje na principu dotykové metody. KES-FB4 přístroj umožňuje určit geometrickou drsnost SMD a koeficient tření μ tkaniny.



Obr. 16 KES-FB4 Surface Tester Tester[36]

Princip měření systému Kawabata je založen na pohybu dotykového čidla (sondy) po povrchu tkaniny. Dotykové čidlo na obr. 17 je ve tvaru ocelového drátu s průměrem 0,5 [mm], který se pohybuje konstantní rychlostí 1 [mm/s].

Přístroj KES-FB4 převádí vertikální pohyb dotykového čidla po povrchu tkaniny na proporcionální elektrický signál. Díky své konstrukci nabízí systém KES-FB4 zprůměrovaný obraz drsnosti povrchu tkaniny. To je dáno vztahem mezi geometrií čidla a obvyklým rozsahem počtu přízí na jednotku délky textilie.



Obr. 17 Dotykové čidlo KES-FB4 [36],[37]

Přístroj KES-FB4 obsahuje dva snímače. První snímač identifikuje koeficient tření, druhý identifikuje geometrické nerovnosti povrchu. Tyto snímače se pohybují po dráze vpřed a zpět s určitou vzdáleností 30 [mm]. Upnutý vzorek textilie je možné měřit ve směru osnovy a útku.

Měření každého směru textilie probíhá zvlášť. Zpracování naměřených dat je řízeno pomocí vlastního softwaru. Autoři [34] se zabývali identifikováním povrchu pleteniny pomocí dotykové metody s využitím přístroje KES-F.

5.1.2. Talysur CLI 500

Talysurf CLI – univerzální systém měření textury povrchu, který umožňuje volbu měření buď indukčním dotykovým způsobem Form Talysurf, nebo bezdotykovým způsobem reprezentovaným laserovou triangulační sondou a CLA konfokálním snímačem. Vyniká mimořádnou rychlostí a přesností měření v režimu 2D a 3D. Řada přístrojů Talysurf CLI jsou vysoce efektivní a velmi často používané pro hodnocení drsnosti povrchu. Tyto přístroje jsou přizpůsobeny k analýze geometrie povrchu, například hodnocení profilu řezu pomocí 2D měření nebo hodnocení profilu plochy povrchu pomocí 3D měření. Přístroj Talysurf CLI umožňuje hodnotit drsnost povrchu ve směru 3 soustav (x, y, z).

Přístroj Talysurf CLI obsahuje spoustu různých funkcí, nejdůležitější jsou uvedeny níže:

- Rychlá bezkontaktní měření
- Horizontální rozlišení 0,4 [μm]
- 2 a 3 rozměrné zobrazení profilu povrchu

Základem programového vybavení přístrojů Talysurf CLI je firemní program Talymap, který zabezpečuje veškeré řídicí, kontrolní, vyhodnocovací i informační služby.[38] Talymap je program pro analýzu dat, které obsahují funkce hodnocení struktury povrchu. Díky tomuto softwaru je možné identifikovat drsnost, jako vyjmutí profilu 2D z povrchu 3D, měření ploch a objemů, výšky a vzdálenosti stupňů, analýzy výstupků.[38]

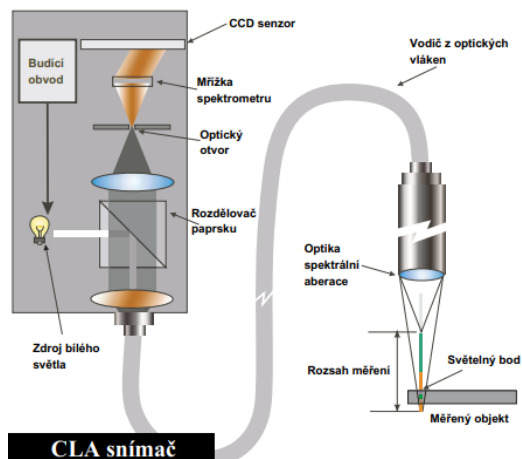
Přístroje Talysurf CLI lze rozdělit podle jejich velikosti na CLI 2000, 1000, 500. Rozdíl těchto přístrojů vychází z velikostí jejich měřeného prostoru, délkou posunu dráhy a nosnosti stolu.

Nejběžnějším přístrojem pro měření a hodnocení drsnosti malých vzorků je Talysurf CLI 500 (obr. 18). Talysurf CLI 500 je používán pro bezkontaktní hodnocení a analýzu povrchu textilií.



Obr. 18 Talysurf CLI 500 [40]

Tento přístroj je doporučován především kvůli jeho cenové výhodnosti a kompaktnosti. Půdorysná instalační plocha Talysurf CLI 500 má velikost 500 x 310 [mm]. Měřicí prostor tohoto přístroje je ve všech směrech X, Y, Z 50 mm. Hlavní část přístroje Talysurf CLI 500 je bezdotykový konfokální snímač. Snímání povrchu textilie probíhá pomocí optického konfokálního čidla CLA. Toto čidlo provádí snímání povrchu s maximální možnou rychlostí za 30 [mm/s]. CLA konfokální čidlo funguje na principu optického měření vzdálenosti, který umožňuje velmi přesné bezkontaktní měření malých vzdáleností, hloubek a nerovností.



Obr. 19 Princip konfokální optické soustavy CLA [40]

Bílé světlo při dopadu na optickou soustavu je rozkládáno na spektrální aberace a směřováno na kontrolovaný povrch. Dopadené světlo je rozloženo podle vlnových délek optickou soustavou. Každý nasnímaný bod povrchu je zaostřen na příslušnou vlnovou délku.

Odražené světlo prochází přes tzv. konfokální clonu, která slouží k propouštění světla pouze zaostřené vlnové délky. Odražený paprsek světla nakonec dopadne na optický přijímač CCD, který jej detekuje a zpracuje změny spektra *Militký* [38] a *Mazal* [39] ve své práci popisovali novou obrazovou techniku, která slouží pro analýzu drsnosti povrchu textilií. Výzkumníci měli v úmyslu navrhnout nový systém měření drsnosti povrchu bezkontaktním způsobem.

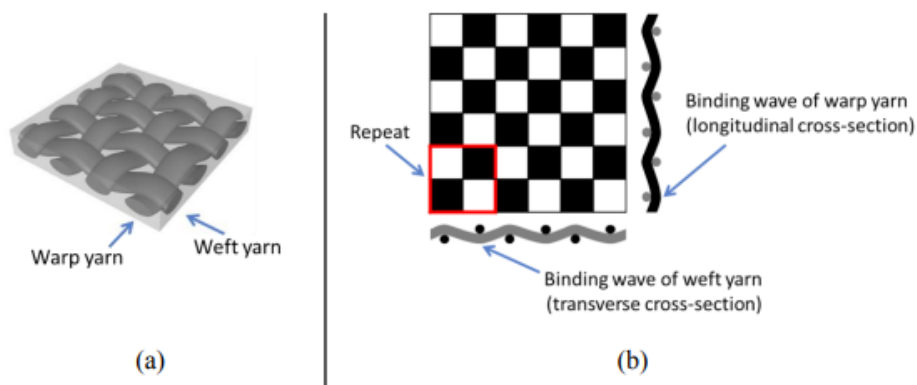
6. Struktura tkanin

Tkaninu lze obecně definovat jako plošný útvar vznikající propojením dvou vzájemně kolmo probíhajících soustav nití. Podélná soustava nití se nazývá osnovní soustava a příčná soustava nití je útková. [41] Tkaní hraje významnou roli při utváření struktury tkaniny, která je druhým (po surovině) faktorem určujícím užité vlastnosti tkaniny. Struktura tkaniny je důležitým faktorem určujícím kvalitu, její vzhled, mechanické a povrchové vlastnosti. Struktura tkaniny je dána především druhem a tloušťkou nití, které tkaninu tvoří, charakterem jejich vazby a hustotou, tj. počtem nití na dané ploše tkaniny. Tloušťka a hmotnost tkanin, jejich pevnost, tuhost, tepelné a jiné vlastnosti, různé efekty (hladký, zdrsňený, svárkovaný atd.) jsou dány druhem příze, jejím vláknovým složením, tloušťkou, stupněm a směrem zákrutu. Hustota tkaniny je určena počtem osnovních a útkových přízí na 100 [mm] délky. Pokud je skutečná hustota stejná, míra vyplnění tkaniny přízí se liší v závislosti na jejich tloušťce. Vyšší hustota zvyšuje pevnost v tahu, odolnost proti oděru, tloušťku, hmotnost, tuhost a snižuje roztažnost a propustnost vzduchu tkaniny. [42]

6.1. Plošná geometrie tkanin

Plošnou geometrii lze definovat na základě konstrukce tkaniny, která zahrnuje vstupní parametry materiálu a parametry tkaniny. Jak bylo uvedeno v kapitole 5, plošná geometrie se soustřeďuje na hodnocení tkaniny z hlediska vnějšího uspořádání jednotlivých nití, a to jak ve vzoru, tak i v jejich jednotlivých soustavách.

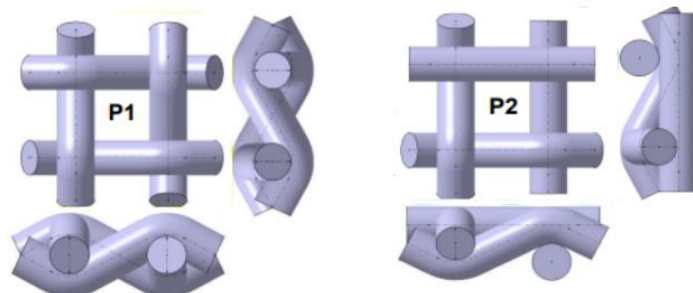
Konstrukčním základem plošné geometrie je tzv. vazný bod (obr. 20, (a)).



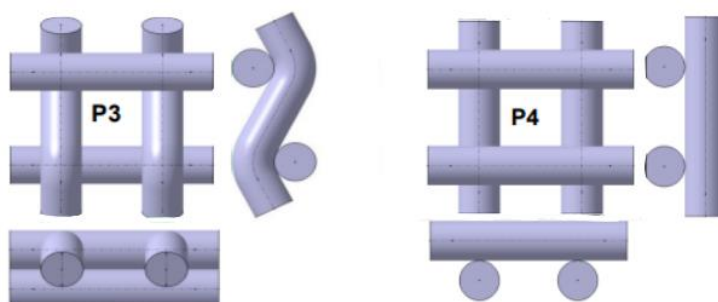
Obr. 20 Tkanina v plátnové vazbě a) provázání osnovní a útkové příze b) schéma vazby a podélný a příčný řez [44]

Vazný bod vzniká v místě křížení osnovní a útkové soustavy. Pro popis plošné geometrie lze používat půdorysný pohled. Na základě plátnové vazby je možné charakterizovat zakřížení nití (obr. 20 (b)) a flotážní úsek lze charakterizovat pomocí neplátnové vazby (obr. 21). Zvolený druh vazby ovlivňuje konstrukční vlastnosti tkaniny a dodává jí potřebné mechanické a užité vlastnosti. Pravidelně opakovaná část vazby se nazývá střída.

Velikost střídy určuje složitost vzoru, počet nití v podélném a příčném směru. Obecně lze strukturu tkanin zkoumat na základě čtyř typů strukturálních buněk provázání. Na obr. 21, 22 jsou znázorněny typy strukturálních buněk P1-P4.



Obr. 21 Prostorové zobrazení strukturálních buněk provázání P1-P2 [45]



Obr. 22 Prostorové zobrazení strukturálních buněk provázání P3-P4 [45]



Obr. 23 Plošné zobrazení strukturálních buněk provázání P1-P4 [45]

Strukturální buňky P1-P4 jsou na obr. 23 zobrazeny v útkovém i osnovním efektu. Strukturální buňku P1 lze definovat jako symetrickou s plným křížením jednotlivých osnovních a útkových nití v obou směrech (podélném a příčném). Tato buňka má oboustranný efekt provázání, tzn., že tkaniny, které obsahují jenom P1 mají stejný vzhled na rubu a líci.

Strukturální buňku P2 lze definovat jako buňku, která obsahuje částečné křížení jednotlivých nití v podélném a příčném směru. Jde o symetrickou buňku, kde poloha jednotlivých nití může vytvořit buď osnovní nebo útkový efekt provázání.

Strukturální buňky P1 - P2 jsou charakteristické pro základní provázání. Strukturální buňku P3 lze definovat jako asymetrickou buňku, která vzniká provázáním zdvojených nití v podélném nebo příčném směru. Tato buňka má oboustranný efekt provázání. Dvojice nití jednoho směru provazují v plném zakřížení, dvojice nití v druhém směru plně flotující. [41] Strukturální buňku P4 lze definovat jako symetrickou s plnou flotáží osnovních a útkových nití v obou směrech (podélném a příčném). Jde o buňku, kde poloha jednotlivých nití může vytvořit osnovní nebo útkový efekt provázání.

Strukturální buňky P3 - P4 jsou charakteristické pro odvozené provázání. Pro popis plošné geometrie lze používat půdorysný pohled a prostorovou geometrii lze definovat pomocí příčné a podélné soustavy tkaniny. V této diplomové práci je pojednáváno pouze o keprové vazbě. Plošnou geometrii tkaniny lze obecně popsat na základě dostavy nití a vazby ve tkanině. O těchto základních parametrech dále pojednávají následující kapitoly. Zkoumáním struktury tkaniny z hlediska počtu strukturálních buněk se zabývali autoři *Pragya, Deogaonkar-Baride* [46]. Autoři během experimentu sledovali vliv strukturálních parametrů (velikost pórů, počet bodů provázání) na povrchovou elektrickou vodivost textilu. Autoři *Gou, Dai, Li, Tao* [47] se zabývali studiem efektivních tepelných vodivostí hladkých tkaných kompozitů pomocí jednotkových buněk různých velikostí.

6.1.1. Dostava nití ve tkanině

Podle normy ČSN 1049-2 (800814) [48] lze dostavu definovat jako počet nití ve tkanině na určitou délku. Zvlášť je možné popsat dostavu nití jak pro osnovu (označením D_1) tak i pro útek (označením D_2). Jak uvádí autorka *Kolčavová Sirková* [41] ve své habilitační práci, dostavu nití vyjadřuje počet nití na jednotku délky nejčastěji [cm^{-1}] nebo [dm^{-1}], případně [m^{-1}]. Na základě dostav lze vyjádřit rozestup nití provázání (A), (B).

$$A = \frac{1}{D_2} \quad (12)$$

$$B = \frac{1}{D_1} \quad (13)$$

kde: (A), (B)...rozestup osnovních a útkových nití [mm]

D_1 ...dostava osnovních nití [pn/mm]

D_2 ...dostava útkových nití [pn/mm]

Strukturu tkaniny v těsném provázání lze vyjádřit pomocí hodnot středního průměru a rozestupu (A), (B). Tyto hodnoty je možné definovat pomocí parametrů zaplnění tkaniny vazné buňky dle rovnic (14), (15).

$$\partial_1 = \frac{d_{str}}{B} \quad (14)$$

$$\partial_2 = \frac{d_{str}}{A} \quad (15)$$

kde: $\partial_{1,2}$...zaplnění vazné buňky [-]

$(A),(B)$...rozteč osnovních, útkových nití [mm]

d_{str} ...střední průměr nitě [mm]

Dále podle rovnice (16) lze definovat rozstup (A), (B) v těsném provázání jednoho zakříženého bodu.

$$A = \sqrt{4 \cdot (d_{str})^2 - (d_{str})^2} = d_{str} \cdot \sqrt{3} \quad (16)$$

kde: (A), (B)...rozstup osnovních a útkových nití [mm]

d_{str} ... střední průměr osnovních a útkových nití, [mm]

Skutečný rozstup křížících se osnovních (B) a útkových (A) nití v neplátnových vazbách vychází ze vztahů (17), (18). Tyto vztahy jsou založeny na předpokladu, že každá nit na jednotkové délce má při provázání křížících se osnovních a útkových nitích rozstup odpovídající inverzní hodnotě její dostavy.

$$A = \frac{\left(\frac{n_2}{D_2}\right) \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3}}{pp_1 \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3} + d_2(n_2 - pp_1)} \quad (17)$$

$$B = \frac{\left(\frac{n_1}{D_1}\right) \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3}}{pp_2 \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3} + d_1(n_1 - pp_2)} \quad (18)$$

kde: (A), (B)...rozstup osnovních a útkových nití [mm]

$D_{1,2}$...dostava osnovních a útkových nití [pn/mm]

$n_{1,2}$...počet osnovních a útkových nití ve střídě vazby

$pp_{1,2}$...počet přechodů osnovní a útkové nitě. [mm]

d_{str} ...střední průměr osnovních a útkových nití, [mm]

Kapitola 6.1 obsahuje podrobný popis čtyř základních typů strukturálních buněk provázání ve tkanině. Tyto čtyři základní typy popisují různé kombinace v postavení nití v tkanině, a to jak v podélném, tak i příčném směru. Tyto strukturální buňky pomáhají charakterizovat a popsat vzory, které vznikají provázáním osnovních a útkových nití. Velikost buňky P1 v geometrii tkaniny s těsným uspořádáním nití je určena rozstupem osnovních $B (P1)$ a útkových nití $A (P1)$ a lze ji definovat pomocí vztahů (19) a (20).

$$A(P1) = \frac{\left(\frac{n_2}{D_2}\right) \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3}}{pp_1 \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3} + d_2(n_2 - pp_1)} \quad (19)$$

$$B(P1) = \frac{\left(\frac{n_1}{D_1}\right) \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3}}{pp_2 \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3} + d_1(n_1 - pp_2)} \quad (20)$$

Velikost buňky P2 v geometrii tkaniny s těsným uspořádáním nití je určena rozstupem osnovních $B (P2)$ a útkových nití $A (P2)$, což je vyjádřeno vztahy (21) a (22). Tyto vztahy slouží k popisu středního limitního rozstupu nití ve střídě vazby. Zohledňují křížící se a přechodové úseky osnovních (pp_1) a útkových (pp_2) nití, stejně jako flotážní úseky, které jsou závislé na velikosti střídě definované počtem osnovních (n_1) a útkových (n_2) nití.

$$A(P2) = \frac{pp_1 \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3} + d_2(n_2 - pp_1)}{n_1} \quad (21)$$

$$B(P2) = \frac{pp_2 \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3} + d_1(n_1 - pp_2)}{n_2} \quad (22)$$

Velikost strukturální buňky $P3 (\rightarrow)$, $P3 (\uparrow)$ v geometrii tkaniny s těsným uspořádáním nití je určena rozstupem a směrem osnovních $B (P3 (\uparrow), (\rightarrow))$ a útkových nití $A (P3 (\uparrow), (\rightarrow))$, kterou lze vypočítat podle vztahů (23), (24), (25), (26). Vztahy (23) a (24) definují plně křížící provázání nití v buňce. Limitní rozestupy osnovních a útkových nití $B (P3 (\rightarrow))$ a $A (P3 (\uparrow))$, když nitě plně flotují jsou specifikovány vztahy (25) a (26).

$$A(P3(\rightarrow)) = \frac{\left(\frac{n_2}{D_2}\right) \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3}}{pp_1 \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3} + d_2(n_2 - pp_1)} \quad (23)$$

$$B(P3(\uparrow)) = \frac{\left(\frac{n_1}{D_1}\right) \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3}}{pp_2 \cdot d_{str} \cdot \sqrt{3} + d_1(n_1 - pp_2)} \quad (24)$$

$$A(P3(\rightarrow)) = d_2 \quad (25)$$

$$B(P3(\uparrow)) = d_1 \quad (26)$$

Velikost buňky P4 v geometrii tkaniny s těsným uspořádáním nití je určena rozestupem osnovních B ($P4$) a útkových nití A ($P4$) a lze ji definovat pomocí vztahů (27) a (28).

$$A(P4) = d_2 \quad (27)$$

$$B(P4) = d_1 \quad (28)$$

Podle předem definovaných limitních rozestupů osnovních B ($P1$ - $P4$) a útkových A ($P1$ - $P4$) nití základních strukturálních buněk lze určit střední limitní rozestup osnovních B_{str} a útkových A_{str} nití střídě vazby pomocí vztahů (29) a (30).

$$A_{str} = \frac{\sum_{n_1} A(P_1 - P_4)}{n_1 \cdot n_2} \quad (29)$$

$$B_{str} = \frac{\sum_{n_2} B(P_1 - P_4)}{n_1 \cdot n_2} \quad (30)$$

kde: (A_{str}), (B_{str})...střední limitní rozestup [mm]

($P1$ - $P4$)...strukturální buňky provázání [-]

$n_{1,2}$...počet osnovních a útkových nití ve střídě vazby[mm]

Na základě středního limitního rozestupu nití pro osnovní (B_{str}) a útkový (A_{str}) směr lze následně přepočítat dostavu osnovních a útkových nití pro dané provázání nití podle vztahů (31) a (32).

$$D_1 = \frac{n_1 \cdot n_2}{\sum_{n_2} B (P_1 - P_4)} \quad (31)$$

$$D_2 = \frac{n_1 \cdot n_2}{\sum_{n_1} A (P_1 - P_4)} \quad (32)$$

kde: $D_{1,2}$...dostava osnovních a útkových nití [pn/mm]

(P_1-P_4)...strukturální buňky provázání [-]

$n_{1,2}$...počet osnovních a útkových nití ve střídě vazby[mm]

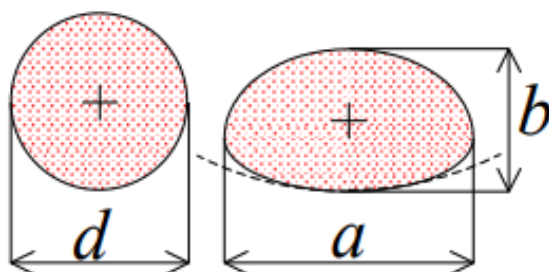
6.2. Prostorová geometrie tkanin

Prostorová geometrie je zaměřena na hodnocení struktury tkaniny z hlediska její vnitřního uspořádání. Studium prostorové geometrie je uspořádání vnitřních poměrů mezi osnovou a útkem, tzv. zaznamenávání různých silových a deformačních poměrů, které vznikají vzájemným provázáním osnovní a útkové soustavy. Silové poměry lze vyjádřit pro každý prvek provázání. Stejně jako u plošné geometrie (viz kapitola 5), silové poměry u prostorové geometrie vyjádříme pomocí vazného bodu. Tento vazný bod vznikne díky provázání silové vazby. Silová vazba způsobí to, že tkanina je kompaktní a soudržná. Při provázání a ohybu dochází k vzájemné reakci mezi osnovní a útkovou soustavou.

Uspořádání jednotlivých soustav lze sledovat pomocí podélného (po osnově) a příčného řezu (po útku). Podélné a příčné řezy umožňují zkoumat vzájemné postavení vazných bodů a jejich provázání ve tkanině. Pomocí těchto řezů lze definovat tvar vazné vlny, úhel provázání, průměr a tvar nití, délku nitě ve vazné vlně.

6.2.1. Deformace tvaru průřezu nitě ve vazném bodu tkaniny

Tvar a průměr osnovních a útkových nití při provázání se deformuje. Obecně si lze představit, že osnovní a útkové nití jsou rovné při vstupu do tkaniny. Po zatčení jednotlivých soustav vznikne deformace v podélném a příčném směru. V okamžiku, kdy vznikne vazný bod ve tkanině, dojde ke stlačení průřezu nití. Stlačení jednotlivých průřezů nití vznikne v důsledku vlivu tahových sil ve tkanině. Deformace jednotlivých soustav nití ovlivňuje řada faktorů. Například celý proces tkání, hustota tkaniny, vazby, vstupní parametry délkových textilií (jemnost, zákrut atd.). Na začátku tkacího procesu bude mít nit kruhový průřez s průměrem d . Po deformaci v okamžik vzniku vazného bodu se kruhový průřez nití zploští. Tento nový zploštěný tvar lze definovat pomocí šířky a a výšky b (obr. 24).



Obr. 24 Deformace průřezu nití [50]

Pomocí zavedených parametrů (a , b) lze vypočítat rozšíření α a stlačení β tvaru průřezů nití viz rovnice (33), (34).

$$\alpha = \frac{a}{d} \quad (33)$$

$$\beta = \frac{b}{d} \quad (34)$$

kde: α ...rozšíření průřezu nití [-]

β ...stlačení průřezu nití [-]

a ...šířka nití [mm]

b ...výška nití [mm]

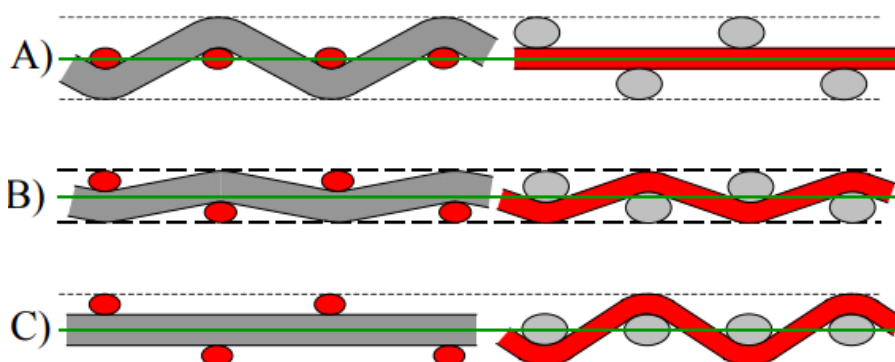
d ...průměr nití [mm]

Popis deformovaného tvaru průřezu nití je velmi obtížný, proto existují různé modely, Kruhový průřez se nahrazuje apriorními tvary, jako jsou např. elipsa, Kempův průřez a čoučka.

6.2.2. Zvlnění osnovních a útkových nití ve tkanině

Vlivem zatčení dochází ke zvlnění osnovních a útkových nití ve tkanině. Geometrickou změnu jednotlivých soustav nití ve tkanině je možné popsat pomocí tzv. výšek vazných vln. Původní nit na začátku tkaní je rovná, zvlní se během provázání s ostatními nitmi v plošné textilií. Osnovní a útkové nitě musí být při zvlnění ve vzájemném dotyku.

Výška vazné vlny, a tedy i míra zvlnění osnovy a útku jsou proměnlivé, a závisí na řadě faktorů: poměru tloušťky osnovních a útkových nití, jejich tuhosti, charakteru vazby, hustotě osnovy a útku, napětí, kterému jsou příze vystaveny během výroby, atd. Výška vazné vlny je kolmá vzdálenost mezi osou nitě a střední rovinou tkaniny.



Obr. 25 Zvlnění tkaniny a) maximální zvlnění útku b) vyrovnaná tkanina c) maximální zvlnění osnovy [50]

Na obr. 25 jsou znázorněny základní případy zvlnění tkaniny. První případ (obr. 25 a)) se týká maximálního zvlnění útku ve tkanině. Tenhle stav vzniká v momentě, kdy osnova je rovna a útek maximálně zvlněný. Druhý případ (obr. 25 b)) se týká vyrovnané tkaniny. V tomto stavu (tzv. ideální stav) osnovní a útková soustava leží v jedné rovině. Třetí případ (obr. 25 c)) se týká maximálního zvlnění osnovy ve tkanině. Tenhle stav vzniká v okamžiku, kdy útek je rovný a osnova maximálně zvlněná.

Výšku vazné vlny lze stanovit teoretickým anebo experimentálním způsobem. Experimentální způsob je určení výšky vazné vlny pomocí obrazové analýzy, a to z příčného nebo podélného řezu tkaniny.

Teoreticky lze vypočítat výšky vazných vln podle rovnic (35) - (28).

$$h_1 = e_1 \cdot d_{str} \quad (35)$$

$$h_2 = e_2 \cdot d_{str} \quad (36)$$

$$h = h_1 + h_2 \quad (37)$$

$$1 = e_1 + e_2 \quad (38)$$

kde: h_1 ...výška vazné vlny osnovy [mm]

h_2 ...výška vazné vlny útku [mm]

h ...součet výšek vazných vln [mm]

e_2 ...míra zvlnění útku [-]

e_1 ...míra zvlnění osnovy [-]

d_{str} ...střední průměr nití [mm]

Zajímavá je práce *Vorobjova* [52], který se domníval, že při navrhování tkanin je nutné vypočítat koeficient zaplnění. Nedostatek údajů o skutečných rozměrech osnovních a útkových nití při navrhování tkanin však neposkytuje spolehlivé výsledky. V současné době je většina stávajících metod založena na teorii struktury tkaniny profesora *Novikova* [53]. Profesor *Novikov* odvodil základní rovnice pro výpočet parametrů struktury jednovrstevných tkanin a zavedl teorii fázové struktury tkaniny. Z jeho práce lze určit míru zvlnění nití ve tkanině zvlášť pro osnovní e_1 a útkovou soustavu e_2 . Tyto parametry (e_1, e_2) je možné klasifikovat do devíti fází struktury tkaniny v závislosti na poměru ohybu osnovy a útku ve vazbě. V první fázi je útková soustava zvlněna a osnovní soustava zcela napřímená, kde $e_1 = 0$ a $e_2 = 1$, viz obr. 25a. Naproti tomu ve fázi 9 zůstává útková soustava napřímená a osnovní soustava maximálně zvlněná, kde $e_1 = 1$ a $e_2 = 0$, viz obr. 25c. Fáze 1 a 9 představují krajní polohy, mezi nimiž může být nespočet mezi poloh. Při přechodu z jedné fáze do druhé se výška vazné vlny nití jedné soustavy snižuje stejně, jako se zvyšuje výška vlny opačné soustavy. *Drobot, Zakora, Ryazanova* [51] provedli výzkum v oblasti analýzy změn ve struktuře tkaniny v průběhu jednotlivých fází provázání. Cílem práce bylo zkoumat změny struktury tkaniny v kombinovaných vazbách během celého cyklu tkaní.

6.2.3. Tloušťka tkaniny

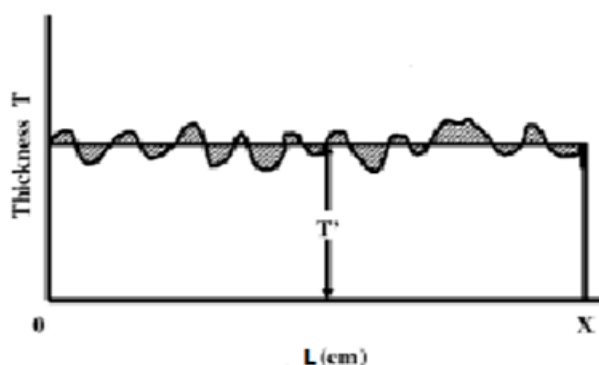
Tloušťku tkaniny lze definovat jako kolmou vzdálenost mezi horní a spodní stranou tkaniny. [41] Tloušťka je závislá na průměru nití, vazbě a dostavách tkaniny. Tloušťka tkaniny se tedy může lišit v závislosti na typu použité vazby. Nejmenší tloušťka je u plátnových vazeb, největší u keprových, atlasových, záleží také na velikosti střídání vazby (velikosti flotážního úseku).

7. Predikce geometrické drsnosti tkanin

Drsnost povrchu je parametr, který popisuje prostorové uspořádání povrchu a vztahuje se k mikrogeometrii reliéfu povrchu.[41] Jinými slovy, drsnost povrchu je míra nerovnosti, nerovnoměrnosti nebo textury povrchu materiálu.

Norma ISO 4287 přesně stanovuje, že drsnost lze definovat jako souhrn nerovností (výstupků a prohlubní) s relativně malými vzdálenostmi. [54] Povrch hladký je často považován za ideální povrch v mnoha aplikacích. Při hodnocení drsnosti povrchu je možné získat základní informace o nerovnostech a jejich odchylkách pomocí profilu povrchu. Profil povrchu vzniká jako průsečnice roviny řezu kolmé k ploše hodnoceného útvaru. Tímto způsobem se získává dvourozměrný obraz povrchu, který ukazuje změny výšek povrchu v závislosti na délce profilu.

Z profilu povrchu lze určit různé geometrické parametry drsnosti tkaniny (obr. 26). Geometrické parametry mohou být použity k definici vlastností povrchu tkanin a ke stanovení komfortu textilie. Geometrická drsnost povrchu je jedním z těchto parametrů a odkazuje na prostorové uspořádání a vlastnosti reliéfu povrchu tkaniny.



Obr. 26 Zobrazení profilu povrchu tkaniny [37]

Geometrická drsnost povrchu tkaniny se týká mikro-geometrie tkaného materiálu a popisuje mikroskopické nerovnosti povrchu, jako jsou výšky vrcholů a hloubky údolí.

Tyto nerovnosti mohou ovlivnit vnímání a pohodlí textilie. Ke geometrické drsnosti tkanin lze přistupovat pomocí dvou metodik: objektivní a subjektivní. Objektivní experimentální metody se používají k stanovení povrchových charakteristik a zahrnují jak kontaktní, tak bezkontaktní metody měření.

Kawabata Evaluation System (KES) je hlavní objektivní metodou pro hodnocení omaku textilie a predikci reliéfu povrchu tkanin založených na geometrické drsnosti. Podrobný popis metody obsahuje kapitola 5.1.1. Princip měření povrchových charakteristik je založen na získávání základního profilu povrchu pomocí dotykového čidla, které je hlavní součástí měřicího zařízení. Dotykové čidlo je tvořeno hladkým ocelovým klavírním drátem o tloušťce 0,5 [mm], který má při měření přítlak $P=10$ [gf]. Čidlo se pohybuje konstantní rychlostí 1 mm/s v měřeném úseku tkaniny o délce 20 [mm] a šířce 5 [mm]. [31], [41] Během pohybu čidlo sleduje povrch textilie ve směru podélné osy a ve stanovených vzdálenostech l zaznamenává tloušťku $T(l)$.

Na základě zaznamenaných hodnot tloušťky $T(l)$ se vypočítá střední hodnota tloušťky \bar{T} . Střední odchylka drsnosti povrchu (Surface Roughness mean deviation - SMD) je poté vyjádřena jako průměrná odchylka tloušťky v mikrometrech na hodnoceném úseku $l = 2$ [cm] podle vztahu (39):

$$SMD = \frac{1}{L} \cdot \int_0^L |T(l) - \bar{T}| dl \quad (39)$$

kde: SMD...střední odchylka geometrické drsnosti [μm]

L...délka měřeného úseku [μm]

l...pozice čidla v ploše tkaniny [-]

T(l)...tloušťka tkaniny v pozici l [μm]

\bar{T} ...průměrná hodnota tloušťky T [μm]

Střední odchylka povrchové drsnosti tkaniny podle vztahu (39) je definována jako výsledek kombinace středních odchylek povrchu drsnosti v podélném směru tkaniny (profil osnovní soustavy) a příčném směru tkaniny (profil útkové soustavy).

Experimentální stanovení drsnosti povrchu tkaniny lze provést pomocí měřicího zařízení KES-FB4, zatímco teoretické hodnoty drsnosti lze odvodit na základě geometrických parametrů tkaniny. Základní parametry plošné a prostorové geometrie, které ovlivňují

drsnost povrchu tkaniny, jsou definovány:

1. V souvislosti s provázáním nití ve strukturálních buňkách tkaniny, konkrétně s buňkami P1 a P4 ve střídě vazby nebo vzoru. Lze předpokládat rozdílnou drsnost povrchu (více kapitola 6.1). Strukturální buňka P1 je definována jako plné křížení nití. Vzhledem k tomu lze očekávat, že drsnost povrchu tkaniny tvořené touto buňkou bude maximální. Plné křížení nití způsobuje vyčnívání a propojení nití na povrchu, což vede k větší nerovnosti, a tím k vyšší drsnosti. Naopak strukturální buňka P4 představuje plně flotující úsek, ve kterém ve směru flotu nejsou nitě provázány. V tomto případě lze očekávat, že drsnost povrchu tkaniny definované touto buňkou bude nulová nebo velmi nízká. Absence provázání ve směru flotu vede k rovnoměrnějšímu povrchu bez vyčnívajících nití, což snižuje drsnost povrchu.
2. V souvislosti s rozestupem nití ve vyrovnané tkanině, která je vyjádřena na základě dostavy osnovních a útkových nití. Pro zakřížený úsek nití při konstantním zvlnění nití ve vyrovnané tkanině lze očekávat, že drsnost povrchu tkaniny se zvyšuje s rostoucím rozestupem. To je způsobeno tím, že úhel provázání mezi nitěmi klesá s rostoucím rozestupem. Tím dochází ke vzniku většího množství mezer mezi nitěmi, což zvyšuje drsnost povrchu tkaniny. Naopak pro flotážní úsek nití ve směru flotu lze předpokládat, že drsnost povrchu tkaniny se s rostoucím rozestupem bude považovat za konstantní. Při flotážním úseku se nitě pohybují paralelně a nejsou mezi nimi provázány. Rozestup mezi flotujícími nitěmi tedy nemá významný vliv na drsnost povrchu, neboť neovlivňuje provázání ani vytváření mezer mezi nitěmi.
3. V souvislosti se zvlněním nití ve vazné vlně tkaniny; lze předpokládat, že drsnost povrchu tkaniny se zvětšujícím nebo zmenšujícím se zvlněním bude růst. Změna zvlnění nití vazné vlny tkaniny způsobuje vystoupení vazných bodů, které jsou odpovědné za provázání nití ve struktuře tkaniny. Při větším zvlnění se vazné body posouvají více od své vyrovnané polohy, což vede k nerovnosti povrchu tkaniny. To znamená, že s rostoucím zvlněním nití se zvyšuje drsnost povrchu tkaniny. Naopak, pokud je tkanina vyrovnaná, což znamená, že zvlnění osnovních a útkových nití je stejné, lze očekávat minimální drsnost povrchu tkaniny. V takovém případě jsou vazné body rovnoměrně rozloženy a nedochází k výraznému vychýlení od střední roviny tkaniny, což vede k hladšímu povrchu tkaniny s menší drsností.

Z výše uvedených informací vyplývá, že geometrickou drsnost povrchu tkaniny lze stanovit pomocí teoretického profilu. Teoretický profil povrchu tkaniny lze stanovit na základě výšky výstupků (zvýšení povrchu nad střední rovinu tkaniny) a výšky prohlubní (snížení povrchu pod střední rovinu tkaniny) strukturálních buněk provázání nití ve tkanině.

Podle vztahu (40) lze vypočítat predikovanou výšku výstupku profilu (*VVP*). *VVP* představuje nejvyšší bod povrchu tkaniny nad střední rovinnou. Lze jej definovat jako maximální výšku povrchu tkaniny z hlediska tloušťky tkaniny.

$$VVP = [(d_1 + d_2) + |[d_{str} \cdot e_1 - d_{str} \cdot (1 - e_1)]|] \quad (40)$$

kde: VVP...výška výstupku profilu [μm]

$d_{1,2}$...skutečný průměr osnovní a útkové příze [mm]

d_{str} ...střední průměr nitě [mm]

e_1 ...míra zvlnění osnovních nití [-]

Je třeba poznamenat, že predikce (*VVP*) vychází z teoretického profilu povrchu tkaniny, který je založen na strukturálních vlastnostech provázání nití. Ve skutečnosti může skutečná výška výstupků povrchu tkaniny na konkrétním vzorku tkaniny se lišit v závislosti na faktorech, jako jsou materiál, zpracování a další proměnné.

Podle vztahu (41), (42) lze stanovit predikce výšky prohlubně profilu (*VPP*_(1,2)) strukturální buňky provázání nití ve tkanině. (*VPP*_(1,2)) je definována jako nejnižší možný pokles tloušťky tkaniny z hlediska profilu povrchu. Tato výška představuje maximální snížení povrchu tkaniny pod střední rovinu.

$$VPP_{(1)} = [(d_1 + d_2) + |[d_{str} \cdot e_1 - d_{str} \cdot (1 - e_1)]|] + \left[\frac{3}{4} \cdot d_{str}^2 \right] \quad (41)$$

$$VPP_{(2)} = [(d_1 + d_2) + |[d_{str} \cdot e_1 - d_{str} \cdot (1 - e_1)]|] + [d_{str}] \quad (42).$$

*kde: VPP*_{(1),(2)}*...výška prohlubně povrchu pro osnovní a útkové niti [μm]*

$d_{1,2}$...skutečný průměr osnovní a útkové příze [mm]

d_{str} ...střední průměr nitě [mm]

e_1 ...míra zvlnění osnovních nití [-]

Predikce prohlubně profilu strukturální buňky je důležitá pro určení geometrické drsnosti tkaniny. Vyšší výška prohlubně znamená výraznější nerovnost povrchu tkaniny a přispívá ke zvýšení drsnosti.

Střední odchylka drsnosti povrchu tkaniny lze hodnotit na základě získané informace o profilu povrchu tkaniny a struktury povrchu. Obecně lze říci, že teoretický profil povrchu tkaniny je tvořen rozložením a počtem strukturálních buněk provázání (P1-P4). Pomocí relativní četnosti jednotlivých strukturálních buněk provázání nití ve tkanině (více kapitola 6.1) lze získat základní informace o rozložení a konkrétním počtu strukturálních buněk obsažených v ploše střídy vazby nebo vzoru.[41]

Relativní četnosti (43) až (46) jednotlivých strukturálních buněk jsou dány jako poměr výskytu dané strukturální buňky vzhledem k celkovému počtu strukturálních buněk ve střídě vazby nebo vzoru.

$$R\check{C}(P1) = \frac{\sum P1}{n_1 \cdot n_2} \quad (43)$$

$$R\check{C}(P2) = \frac{\sum P2}{n_1 \cdot n_2} \quad (44)$$

$$R\check{C}(P3) = \frac{\sum P3}{n_1 \cdot n_2} \quad (45)$$

$$R\check{C}(P4) = \frac{\sum P4}{n_1 \cdot n_2} \quad (46)$$

kde: RČ (P1-P4)...relativní četnost jednotlivých strukturálních buněk [-]

(P1-P4)...jednotlivé strukturální buňky [-]

n₁ · n₂...celkový počet vazných bodů ve střídě vazby [-]

Z výše uvedené informace lze stanovit, že skutečný profil tkaniny se skládá z výšek a prohlubní. Výstupky profilu jsou části, které se nacházejí mezi nejbližšími průsečíky se střední čarou profilu a směřují z tkaniny.

Prohlubně profilu jsou části skutečného profilu tkaniny, které se nacházejí mezi nejbližšími průsečíky se střední čarou profilu a směřují do tkaniny, tedy jsou vlastně prohloubením povrchu.

Plochy výstupků a prohlubní profilu povrchu tkaniny reprezentují teoretickou odchylku tloušťky tkaniny a jsou důležitými parametry pro charakterizaci drsnosti povrchu. Jejich stanovení umožňuje kvantifikovat nerovnost profilu tkaniny a analyzovat geometrické vlastnosti strukturálních buněk provázání nití ve vzoru tkaniny.

Z toho vyplývá, že hodnotit geometrickou drsnost tkaniny lze pomocí plochy teoretického profilu povrchu ($PTPP_{(1),(2)}$) strukturální buňky provázání nití. Plocha teoretického profilu povrchu provázání (47) je definována pomocí modelové plochy výstupků a prohlubní povrchu strukturální buňky. Jinak řečeno, modelová plocha strukturální buňky provázání se odvozuje z měření rozdílů výstupků a prohlubní ve struktuře povrchu. Tyto odchylky jsou kvadraticky zpracovány, což umožňuje vytvořit modelovou plochu, která reprezentuje teoretický profil povrchu tkaniny.

$$PTPP_{(1),(2)} = \left[VVP - \frac{VPP_{(1),(2)} + VVP}{2} \right]^2 + \left[VPP_{(1),(2)} - \frac{VPP_{(1),(2)} + VVP}{2} \right]^2 \quad (47)$$

kde: $PTPP_{(1),(2)}$...plocha teoretického profilu povrchu provázání ve směru osnovnya útku nití [μm^2]

VVP ...výšky prohlubně povrchu provázání [μm]

$VPP_{(1),(2)}$...výška prohlubně povrchu pro osnovní a útkové nití [μm]

Geometrická drsnost strukturální (48) buňky provázání se vyjadřuje na základě modelové plochy profilu, která je normalizována pomocí základní délky profilu, definované rozestupem (A), (B) mezi výstupky a prohlubněmi.

$$\text{Geometrická drsnost strukturální buňky} = \frac{PTPP_{(1),(2)}}{A (B)_{str}} \quad (48)$$

kde: $PTPP_{(1),(2)}$...plocha teoretického profilu povrchu provázání pro osnovní a útkové nití [μm^2]

$(A_{str}), (B_{str})$...střední limitní rozestup [mm]

Predikce geometrické drsnosti tkanin lze stanovit ve směru osnovy (\uparrow) a útku (\rightarrow) jsou dané vztahy (49), (50).

Geometrická drsnost tkaniny (\uparrow) =

$$\left[\frac{\sum P1}{n_1 \cdot n_2} \cdot 2 + \frac{\sum P2(ut)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 2 + \frac{\sum P2(os)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 1 + \frac{\sum P3(ut)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 1 + \frac{\sum P3(os)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 0 + \frac{\sum P4(ut)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 1 + \frac{\sum P4(os)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 0 \right] \cdot \frac{\left[VVP - \frac{VPP_{(2)} + VVP}{2} \right]^2 + \left[VPP_{(2)} - \frac{VPP_{(2)} + VVP}{2} \right]^2}{A} \quad (49)$$

Geometrická drsnost tkaniny (\rightarrow) =

$$\left[\frac{\sum P1}{n_1 \cdot n_2} \cdot 2 + \frac{\sum P2(ut)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 1 + \frac{\sum P2(os)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 2 + \frac{\sum P3(ut)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 0 + \frac{\sum P3(os)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 1 + \frac{\sum P4(ut)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 0 + \frac{\sum P4(os)}{n_1 \cdot n_2} \cdot 1 \right] \cdot \frac{\left[VVP - \frac{VPP_{(1)} + VVP}{2} \right]^2 + \left[VPP_{(1)} - \frac{VPP_{(1)} + VVP}{2} \right]^2}{B} \quad (50)$$

kde: (P1-P4)...strukturální bunky provázání [-]

$n_{1,2}$...počet osnovních a útkových nití ve střídě vazby[-]

VVP...výšky výstupku profilu provázání [μm]

VPP_{(1),(2)}...výška prohlubně profilu provázání ve směru osnovy a útku [μm]

A (B)...rozestup osnovních a útkových nití [μm]

Na základě směrového vyjádření drsnosti je možné vypočítat průměrnou hodnotu geometrické drsnosti tkaniny pomocí podobného postupu jako u systému KES dle vztahu (51).

Geometrická drsnost tkaniny

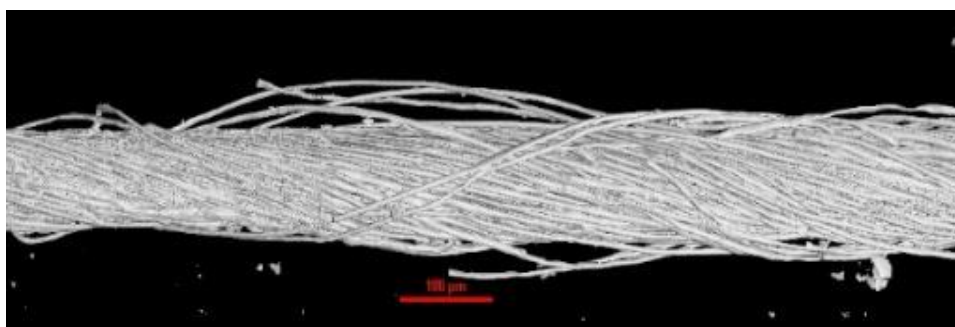
$$= \frac{\text{Geometrická drsnost tkaniny } (\uparrow) + \text{Geometrická drsnost tkaniny } (\rightarrow)}{2} \quad (51)$$

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

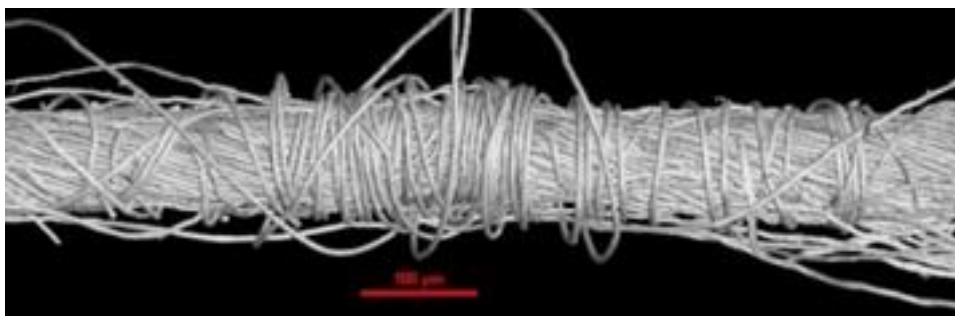
Cílem této diplomové práce bylo sledování vlivu typu příze a velikost vazby na drsnost povrchu tkaniny. Předpokládá se, že různá technologie výroby příze ovlivňuje vlastnosti přízí a následně také geometrické vlastnosti tkaniny.

8. Experimentální materiál - příze

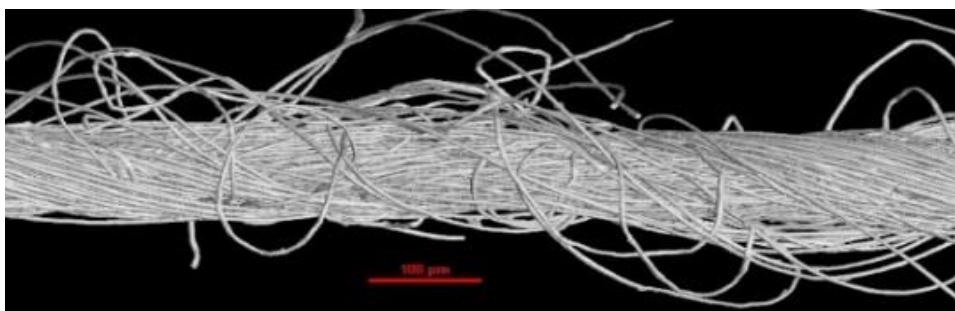
Experimentální vzorky tkanin byly vyrobeny třemi technologiemi předení ze 100% Tencelu. První skupina tkanin byla vyrobena z prstencové mykané příze (obr. 26), druhá skupina byla vyrobena z rotorové příze (obr. 27) a třetí z tryskové příze (obr. 28). Snímky všech typu příze byly získány pomocí mikro CT.



Obr. 26 Prstencová mykaná příze [vlastní zdroj]



Obr. 27 Rotorová příze [vlastní zdroj]



Obr. 28 Trysková příze [vlastní zdroj]

Všechny příze vyrobeny ze stejného třikrát posukovaného pramene o jemnosti 4,6 [ktex]. V případě mykané prstencové příze byl z pramene vyroben přást jemnosti 670 [tex] na křídlovém předpřádacím stroji. Průměrná jemnost každé příze byla 23 [tex].

Tencel je značka pro druh lyocelu, což je udržitelný a ekologicky šetrný materiál vyrobený z celulózy dřevní hmoty, především z eukalyptových stromů. Je vyráběn prostřednictvím environmentálně odpovědného uzavřeného procesu, který recykluje vodu a rozpouštědla, což z něj činí udržitelnější možnost ve srovnání s jinými syntetickými vlákny, jako je polyester nebo nylon.

Tencel je známý svou měkkostí, prodyšností a vlastnostmi odvádění vlhkosti, což z něj činí ideální materiál pro oblečení, ložní prádlo a další textilní výrobky. Je také hypoalergenní, biologicky rozložitelný a má nízký environmentální dopad z hlediska spotřeby vody a znečištění.

Tab. 2 – tab. 6 obsahují popis základních parametrů vláken a přízí.

Tab. 2 Základní parametry vláken

Vlákna	Jemnost [dtex]	Pom. pevnost [cN/tex]	Tažnost [%]
Průměr:	1,31	39,25	10,53
Rozptyl:	0,02	54,52	5,27
Směr. odchylka:	0,16	7,38	2,30
Var.koef [%]	11,88	18,81	21,80

Tab. 3 Průměr a jemnost tryškové, mykané prstencové a rotorové příze

Parametry příze	Průměr příze 2D [mm]		Jemnost T [tex]	
	Průměr [mm]	Var.koef [%]	Průměr [mm]	Var.koef [%]
Tryšková příze	0,232	0,344	23,186	0,659
Mykaná prstencová příze	0,215	0,816	22,927	1,217
Rotorová příze	0,248	0,221	22,358	1,123

Tab. 4 Nopky +140%, vady +35% tryskové, mykané prstencové a rotorové příze

Parametry příze	Nopky +140% [l/km]		Vady +35% [l/km]	
	Průměr [mm]	Var.koef [%]	Průměr [mm]	Var.koef [%]
Trysková příze	66,533	44,618	37,067	21,33
Mykaná prstencová příze	70,000	17,797	92,167	32,20
Rotorová příze	638,167	14,984	303,667	8,47

Tab. 5 Kvadratická nestejnomyěrnost a chlupatost tryskové, mykané prstencové a rotorové příze

Parametry příze	Kvadratická nestejnomyěrnost CVm [%]		Chlupatost H [-]	
	Průměr [mm]	Var.koef [%]	Průměr [mm]	Var.koef [%]
Trysková příze	10,511	0,982	4,145	1,62
Mykaná prstencová příze	11,172	8,462	6,215	7,33
Rotorová příze	13,508	9,027	5,118	0,80

Tab. 6 Poměrná pevnost a tažnost tryskové, mykané prstencové a rotorové příze

Parametry příze	Poměrná pevnost [cN/tex]		Tažnost [%]	
	Průměr [mm]	Var.koef [%]	Průměr [mm]	Var.koef [%]
Trysková příze	21,387	7,064	6,92	9,73
Mykaná prstencová příze	25,537	9,167	7,87	11,01
Rotorová příze	17,808	9,541	6,53	9,03

Z tab.3 - tab. 6 je možné posoudit jak se mění uvedené parametry přízi s rozdílnou technologií výroby příze: poměrná pevnost, průměr příze, tažnost, jemnost, kvadratická nestejnomyěrnost a chlupatost. Tab. 3 uvádí hodnoty průměru a jemnosti tryskové, mykané prstencové, rotorové příze. Průměr a jemnost příze jsou velmi důležité parametry, které mají vliv na geometrickou drsnost tkanin. Průměr příze se vztahuje k tloušťce tkaniny. Vyšší průměr příze obvykle znamená hrubší povrch tkaniny, což může přispět k vyšší geometrické drsnosti.

Vyšší jemnost znamená vyšší hustotu nití a může přispět k jemnějšímu povrchu tkaniny a nižší geometrické drsnosti.

V daném případě, kdy hodnoty jemnosti i průměru nejsou stejné, naznačuje to, že tyto parametry příze mohou mít vliv na geometrickou drsnost tkanin. Jemnost se vztahuje k hustotě nití ve tkanině a průměr příze k její tloušťce.

Z tab. 5 lze předpokládat, že vliv drsnosti na povrch tkanin mohou mít také hodnoty kvadratické nestejnomyěrnosti a chlupatosti. Průměrné hodnoty chlupatosti jsou obvykle odkazují na míru, do jaké je něco pokryto chlupy nebo jiným vláknitým materiálem. Průměrné hodnoty chlupatosti větší u mykané prstencové příze a rotorové příze, tzn, že tyto příze mají větší počet jednotlivých odstávajících vláken.

Kvadratická nestejnomyěrnost příze (také známá jako koeficient nerovnoměrnosti nebo CV) je statistický ukazatel, který udává variabilitu hmotnosti délkových úseků příze. Tento ukazatel je důležitý pro hodnocení kvality příze, protože vyšší míra nerovnoměrnosti může vést k nekonzistentnímu vzhledu a chování materiálu. Nižší hodnoty kvadratické nestejnomyěrnosti naznačují, že délky vláken v přízi jsou více konzistentní, což vede k lepší kvalitě materiálu. Naopak vyšší hodnoty značí větší rozdíly v délkách vláken, což může vést k horší kvalitě materiálu. Díky těmto parametrům je možné posoudit vliv různé technologie výroby příze na drsnost povrchu tkanin. Lze očekávat, že vliv různé technologie výroby příze a rozdílná nestejnomyěrnost bude mít vliv na geometrickou drsnost testovaných tkanin.

9. Experimentální materiál - tkaniny

Pro experimentální část byly vyrobeny v laboratoři KTT FT TUL tři skupiny tkanin (viz tab. 7). První skupina tkanin byla vyrobena z prstencové mykané příze (označením PM). Druhá skupina tkanin byla vyrobena z tryskové příze (označením AJ). Třetí skupina tkanin byla vyrobena z rotorové příze (označením BD).

Tab. 7 Parametry experimentálních vzorků tkanin

Parametry e.t	Příze	To [dtex]	Tu [tex]	Do [pn/cm]	Du [pn/cm]	Vazba
AJ K3	trysková	78	23	58	25	K 1/2 Z
AJ K4	trysková	78	23	58	25	K 1/3 Z
AJ K5	trysková	78	23	58	25	K 1/4 Z
AJ K6	trysková	78	23	58	25	K 1/5 Z
AJ K7	trysková	78	23	58	25	K 1/6 Z
BD K3	prstencová mykaná	78	23	58	25	K 1/2 Z
BD K4	prstencová mykaná	78	23	58	25	K 1/3 Z
BD K5	prstencová mykaná	78	23	58	25	K 1/4 Z
BD K6	prstencová mykaná	78	23	58	25	K 1/5 Z
BD K7	prstencová mykaná	78	23	58	25	K 1/6 Z
PM K3	rotorová	78	23	58	25	K 1/2 Z
PM K4	rotorová	78	23	58	25	K 1/3 Z
PM K5	rotorová	78	23	58	25	K 1/4 Z
PM K6	rotorová	78	23	58	25	K 1/5 Z
PM K7	rotorová	78	23	58	25	K 1/6 Z

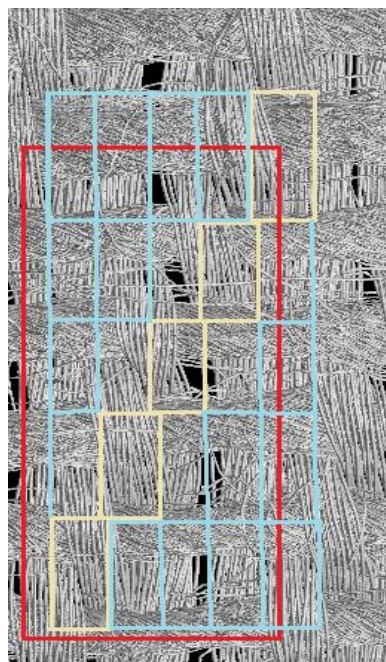
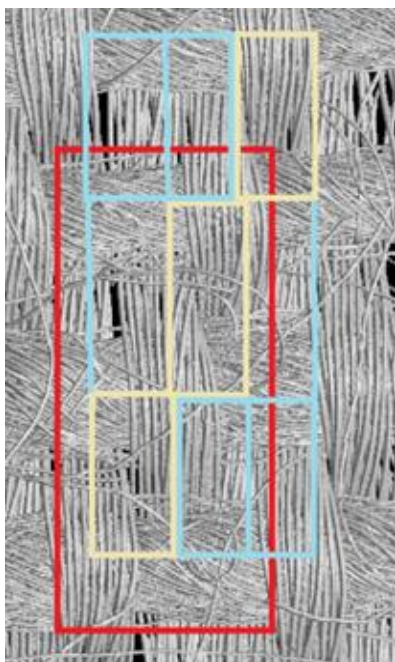
Výroba všech třech skupin tkanin byla provedena na jehlovém tkacím stroji s žakárským prošlupním mechanismem. Osnovní soustava všech experimentálních vzorků byla 100 % PESH o jemnosti 78 [dtex], což je syntetické vlákno s vysokou pevností a odolností proti opotřebení. Tento materiál byl zvolen pro svou univerzálnost a široké možnosti použití v různých oblastech textilního průmyslu.

Útková soustava všech experimentálních vzorků byla 100% Tencel o jemnosti 23 [tex]. Tencel je ekologicky šetrný materiál s mimořádně jemnou strukturou, který poskytuje příjemný pocit na dotek a zároveň dobře odvádí vlhkost. Dostava osnovních nití (D_o) byla zvolena 58 [nití/cm], dostava útkových nití (D_u) byla zvolena 25 [nití/cm]. Tkaniny byly vytkány v keprové vazbě v útkovém efektu z toho důvodu, že osnova je referenční a cílem bylo sledovat vliv útkové příze na drsnost tkanin. Pro každou tkaninu byla použita keprová vazba s pravým směrem řádku. Střída kepru byla zvolena třívazná, čtyřvazná, pětivazná, šestivazná a sedmivazná, což umožnilo zkoumat také vliv vazby na drsnost povrchu tkanin.

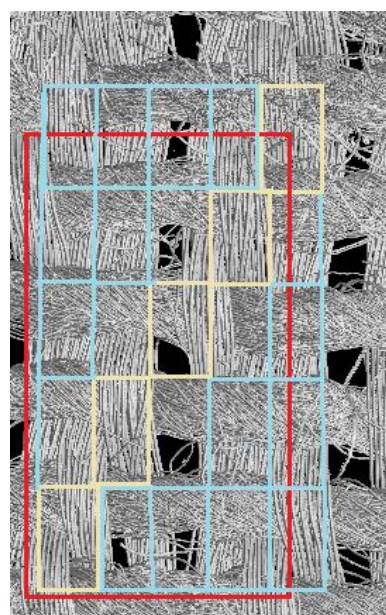
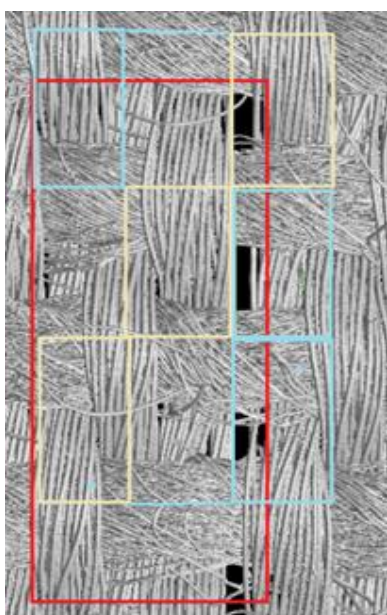
9.1. Popis vazebného provázání experimentálních tkanin

V teoretické části bylo uvedeno, že geometrie tkanin se zaměřuje na analýzu tvarů osnovních a útkových nití. Pro popis uspořádání těchto nití se využívá plošná a prostorová geometrie. Základním stavebním prvkem pro popis těchto geometrií je vazná buňka. Vazná buňka je jednotkou, která se opakuje v tkanině a vytváří vzor. V kapitole 6 byl proveden podrobný popis plošné a prostorové geometrie z hlediska provázání a rozložení vazných buněk ve tkanině. Tato jednotka, tedy vazná buňka, umožňuje charakterizovat provázání na základě typů vazebných buněk P1 - P4.

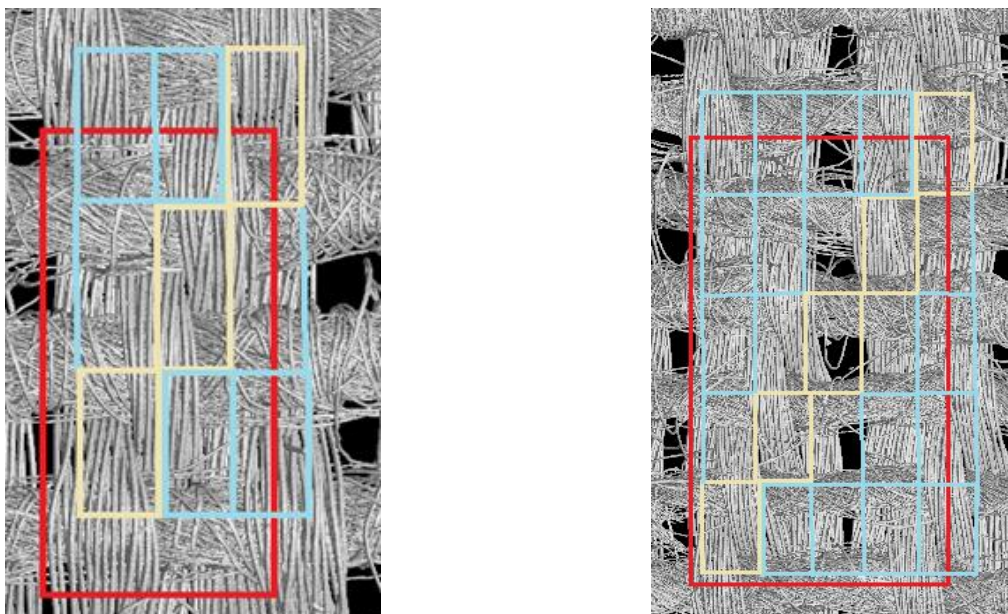
Provedení experimentu zahrnovalo výrobu vzorků tkanin s různými typy vazných buněk, začínající od třívazného kepru až po sedmivazný kepr s pravým směrem řádku (viz tab.7). Tyto vzorky byly vytvořeny za účelem zkoumání různých vazebných struktur a jejich vlivu na drsnost povrchu tkanin. Lze očekávat, že významný rozdíl v drsnosti povrchu tkanin bude záviset na počtu a typu vazebných buněk ve vzorcích tkanin. Vzorky obsahující větší počet pórových buněk P1 a P2 budou pravděpodobně mít vyšší drsnost povrchu. Pórové buňky P1 a P2 mají tendenci vytvářet pravidelné a strukturované vzory, které mohou mít větší nerovnosti na povrchu tkaniny. Tyto nerovnosti přispívají ke zvýšení drsnosti povrchu. Naopak vzorky s větším podílem pórových buněk P4 by pravděpodobně měly mít nižší drsnost povrchu. Pórové buňky P4 mají tendenci vytvářet pravidelné a hladké vzory, které mohou vést k hladšímu povrchu tkaniny. Nižší počet nerovností na povrchu tkaniny přispívá ke snížení drsnosti. Na obr. 29, 30, 31 jsou znázorněny CT snímky vzorků tkanin (označených jako AJ, PM, BD) se střídou třívazného a pětivazného kepru.



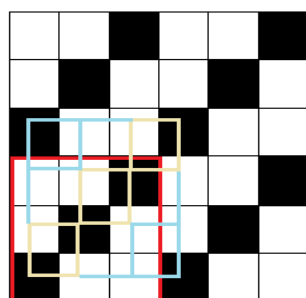
Obr. 29 Tkanina z tryskové příze (AJ) střída kepru K3-K5 [vlastní zdroj]



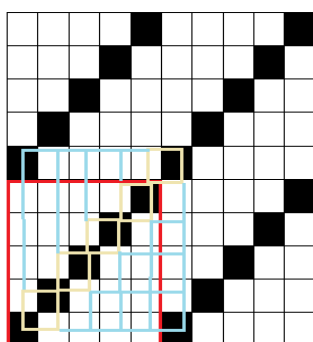
Obr. 30 Tkanina z prstencové mykané příze (PM) střída kepru K3-K5 [vlastní zdroj]



Obr. 31 Tkanina z rotorové příze (BD) střída kepru K3-K5 [vlastní zdroj]



$$K3 = \begin{bmatrix} P2 & P2 & P1 \\ P2 & P1 & P2 \\ P1 & P2 & P2 \end{bmatrix}$$



$$K5 = \begin{bmatrix} P4 & P4 & P4 & P2 & P1 \\ P4 & P4 & P2 & P1 & P2 \\ P4 & P2 & P1 & P2 & P4 \\ P2 & P1 & P2 & P4 & P4 \\ P1 & P2 & P4 & P4 & P4 \end{bmatrix}$$

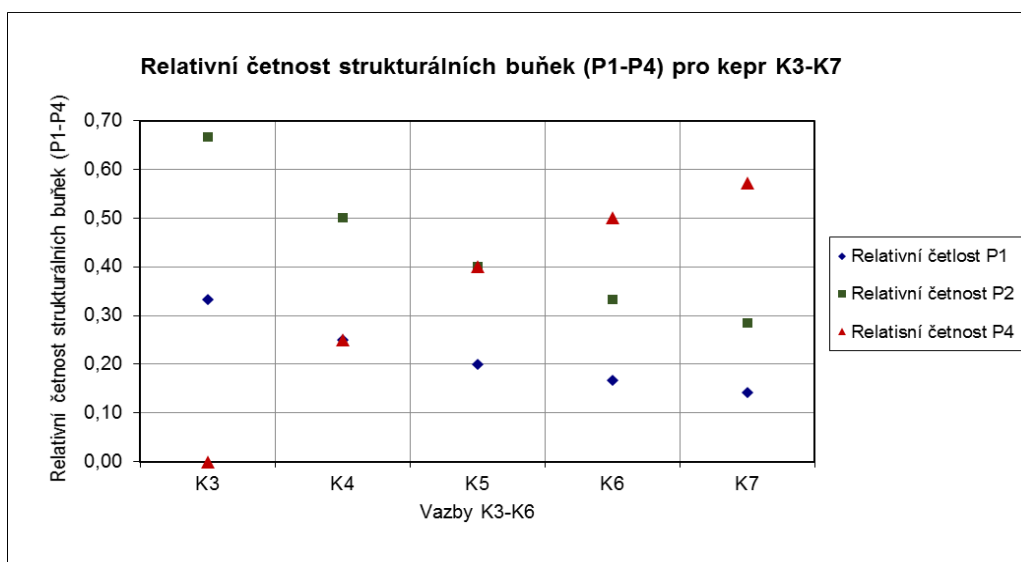
Obr. 32 Plošné a maticové zobrazení strukturálních buněk provázání P1-P4 třívazného a pětivazného kepru $K \frac{1}{2}(Z)$, $K \frac{1}{4}(Z)$ [vlastní zdroj]

Tyto vzorky se střídou kepru $K \frac{1}{2}(Z)$, $K \frac{1}{4}(Z)$ byly zvoleny z toho důvodu, že lze vidět významný rozdíl ve struktuře tkanin z hlediska pórových buněk provázání P1 - P4.

V následující tab. 8 a na obr. 33 je uvedena relativní četnost pórových buněk u jednotlivých vazeb testovaných tkanin.

Tab. 8 Relativní četnost strukturálních buněk P1-P4 [vlastní zdroj]

Vazba	P1	P2	P4
K3	0,33	0,67	0,00
K4	0,25	0,50	0,25
K5	0,20	0,40	0,40
K6	0,17	0,33	0,50
K7	0,14	0,29	0,57



Obr. 33 Relativní četnost strukturálních buněk P1-P4 u testovaných vzorků tkanin K3-K7 [vlastní zdroj]

Výpočet relativní četnosti pro pórové buňky P1, P2, P4 je uveden v kapitole 7, vztahy (43) – (46). Z tab. 8 a grafu na obr. 33 lze vidět relativní četnost strukturálních buněk. Maximální hodnoty drsnosti povrchu vykazuje vzorky tkanin s vyšším podílem pórů P1 a P2.

10. Měření geometrické drsnosti u testovaných tkanin

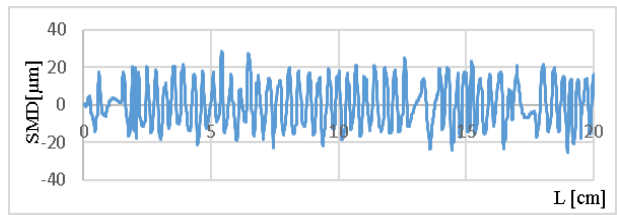
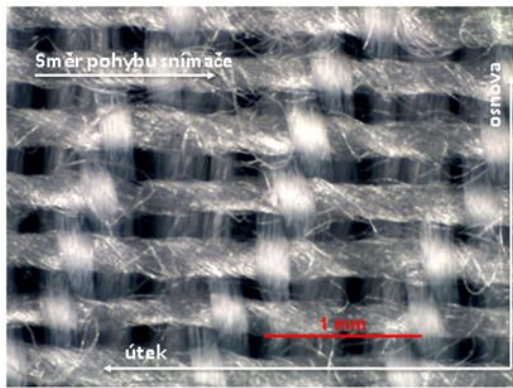
V rámci experimentu této diplomové práce bylo nezbytné pečlivě vybrat dvě objektivní metody hodnocení povrchu, které by poskytly co nejvíce informací o geometrické drsnosti tkaniny. Tyto metody se ukázaly být ideálními pro účely tohoto experimentu, protože obě nabízejí jedinečné výhody a dohromady poskytují komplexní pohled na zkoumaný povrch. Následující kapitoly jsou zaměřené na popis měření geometrické drsnosti u testovaných vzorků tkanin s využitím přístroje KES-FB4 a Talysurf CLI 500.

10.1. Měření geometrické drsnosti tkanin pomocí KES-FB4

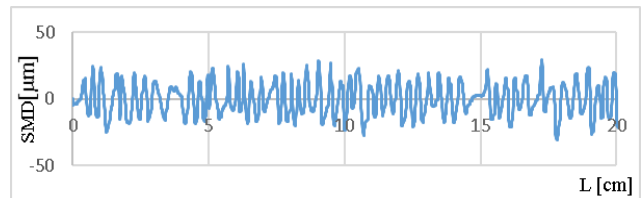
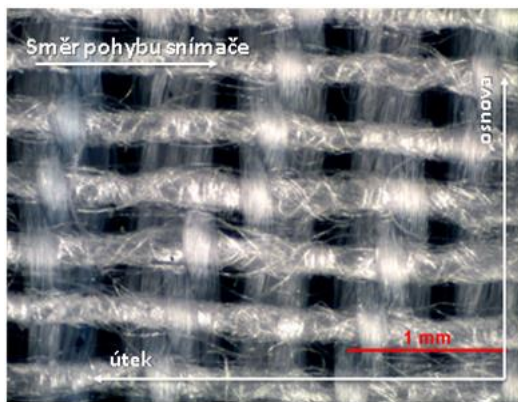
Při měření povrchové drsnosti je nutné nastavit parametry měřicího přístroje, aby byly v souladu s vlastnostmi snímaného materiálu. V případě kontaktní metody měření, jako je například přístroj KES-FB4, je třeba nastavit parametry jako rychlost, oblast, délka a směry měření. Tyto parametry ovlivňují, jak přesně a spolehlivě bude přístroj schopen snímat povrchové nerovnosti materiálu. Během experimentu byly využity následující parametry pro měření drsnosti povrchu tkanin:

- velikost zvolených vzorků: 20 x 20 [cm]
- rychlost měření nebo snímání geometrické drsnosti: 1 [mm/s]
- napětí mezi vzorky tkaniny: 20 [gf/cm]
- přítlak snímače: 10 [gf]
- délka měření: 30 [mm]

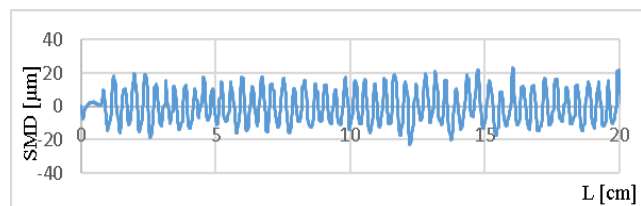
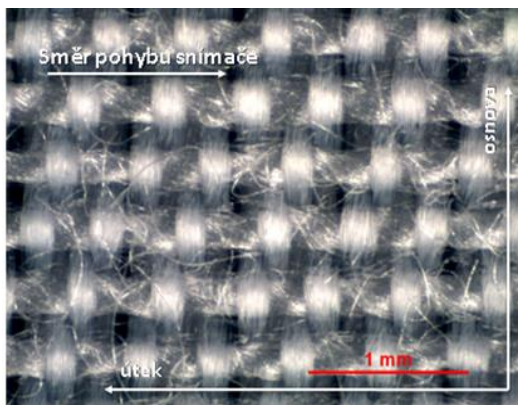
Tyto parametry byly použity pro nastavení přístroje KES-FB4 před samotným měřením drsnosti povrchu tkanin. Takže v průběhu měření byl vzorek tkaniny upevněn mezi pohyblivé čelisti a přístroj automaticky provedl měření na třech předem definovaných úsecích vzorku. Měření probíhalo tak, že čelisti přístroje pohybovaly vzorkem k nastaveným polohám na jednotlivých úsecích a poté vykonaly pohyb vpřed a zpět po každé úsečce. To znamená, že na každé úsečce bylo provedeno dvojí měření. Takto popsany postup měření se nazývá "měření úsečkovou metodou". Jedná se o běžnou metodu měření geometrické drsnosti, při které se vzorek postupně posouvá po definovaných úsecích a na každé z nich se provedou dvě měření ve směru vpřed a zpět. Tento postup umožňuje získat více dat o drsnosti tkaniny a také minimalizuje vliv různých faktorů, jako jsou například lokální nerovnosti v místě měření. Po dokončení měření se získaná data zpracovávají a vyhodnocují pomocí statistických metod a softwaru přístroje KES. Výstupní hodnotou geometrické drsnosti povrchu z tohoto experimentu je (SMD).



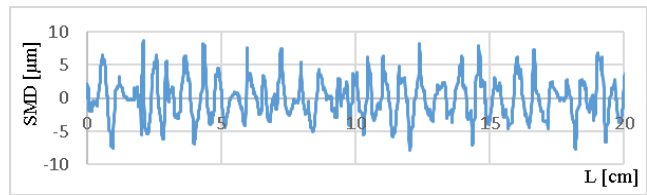
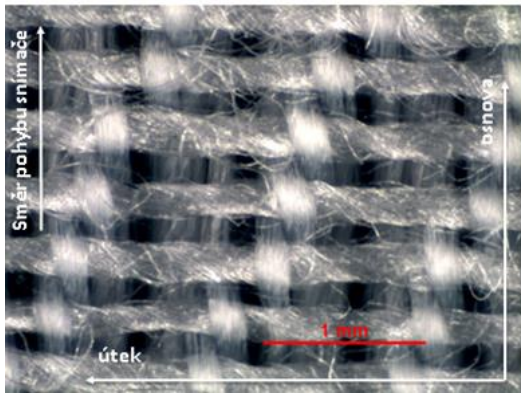
Obr. 34 Znáznornění směru snímání, SMD, tkanina AJ K3 ve směru útku [vlastní zdroj]



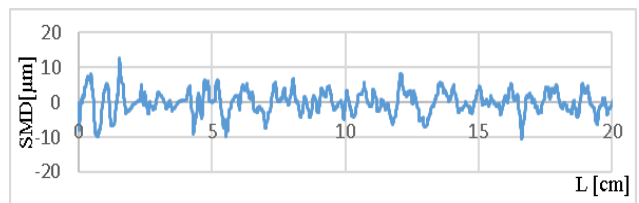
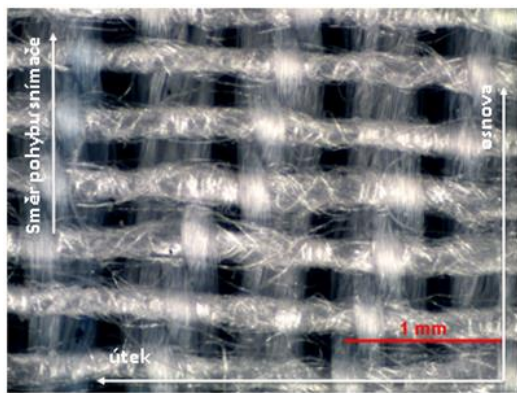
Obr. 35 Znáznornění směru snímání, SMD, tkanina BD K3 ve směru útku [vlastní zdroj]



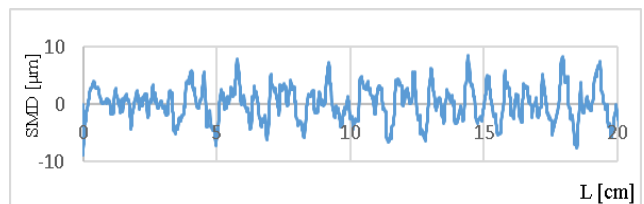
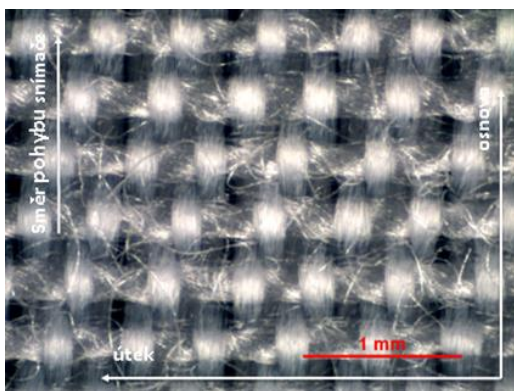
Obr.36 Znáznornění směru snímání, SMD, tkanina PM K3 ve směru útku [vlastní zdroj]



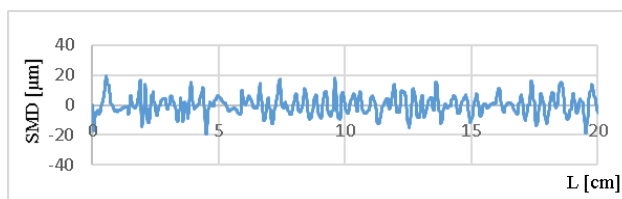
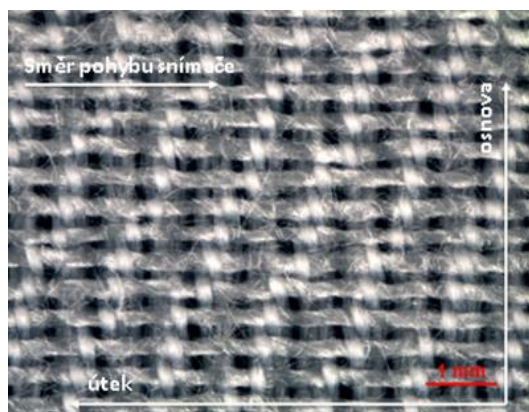
Obr. 37 Znáznornění směru snímání, SMD, tkanina AJ K3 ve směru osnovy [vlastní zdroj]



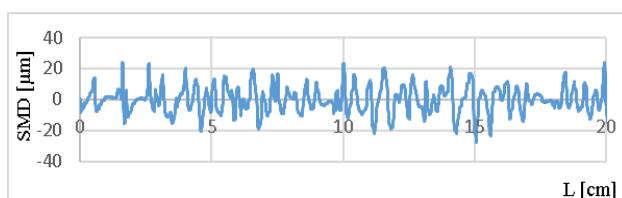
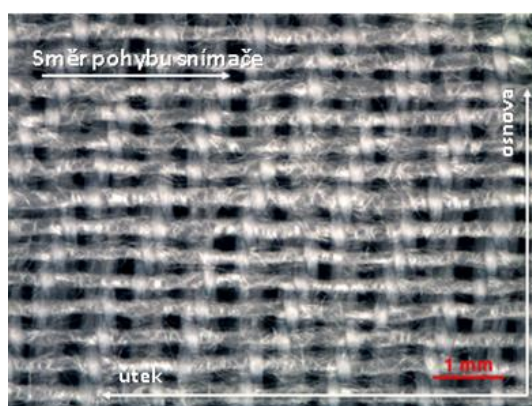
Obr. 38 Znáznornění směru snímání, SMD, tkanina BD K3 ve směru osnovy [vlastní zdroj]



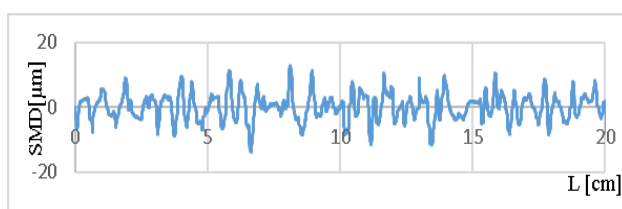
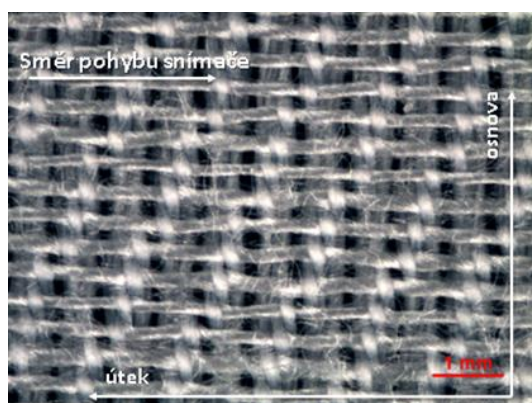
Obr. 39 Znáznornění směru snímání, SMD, tkanina PM K3 ve směru osnovy [vlastní zdroj]



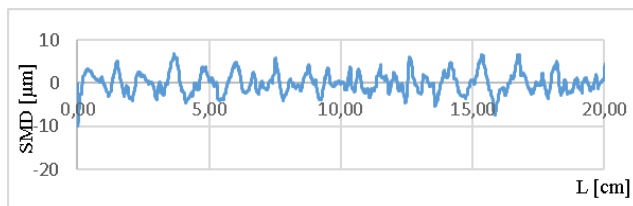
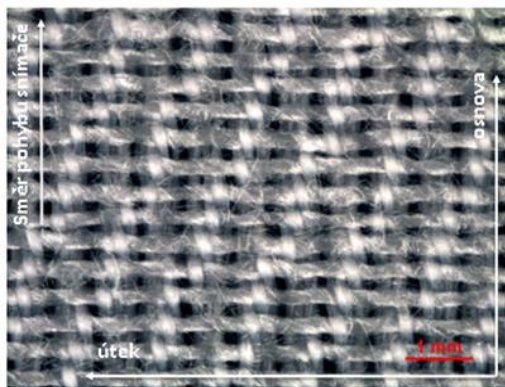
Obr. 40 Znárodnění směru snímání, SMD, tkanina AJ K7 ve směru útku [vlastní zdroj]



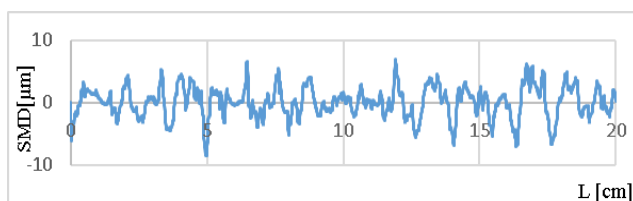
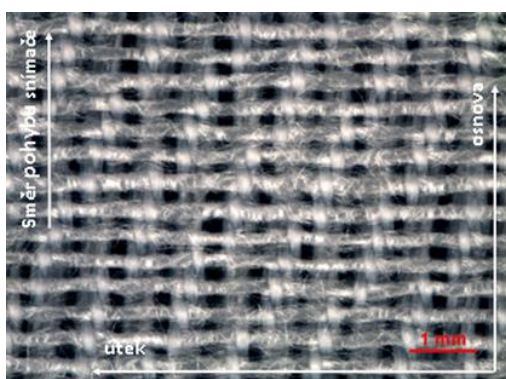
Obr. 41 Znárodnění směru snímání, SMD, tkanina BD K7 ve směru útku [vlastní zdroj]



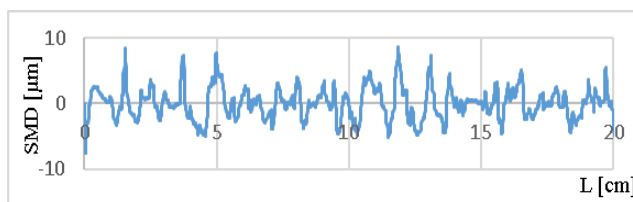
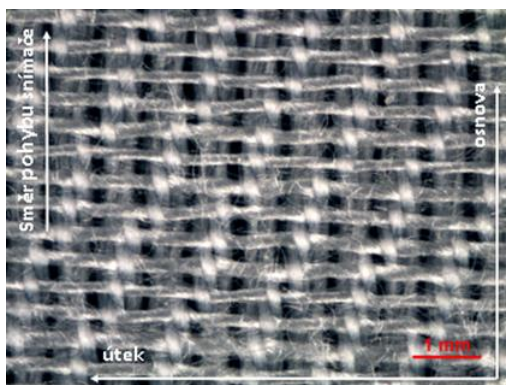
Obr. 42 Znárodnění směru snímání, SMD, tkanina PM K7 ve směru útku [vlastní zdroj]



Obr. 43 Znáznornění směru snímání, SMD, tkanina AJ K7 ve směru osnova [vlastní zdroj]



Obr. 44 Znáznornění směru snímání, SMD, tkanina BD K7 ve směru osnova [vlastní zdroj]



Obr. 45 Znáznornění směru snímání, SMD, tkanina PM K7 ve směru osnova [vlastní zdroj]

10.1.1. Výsledky měření geometrické drsnosti tkanin pomocí KES-FB4

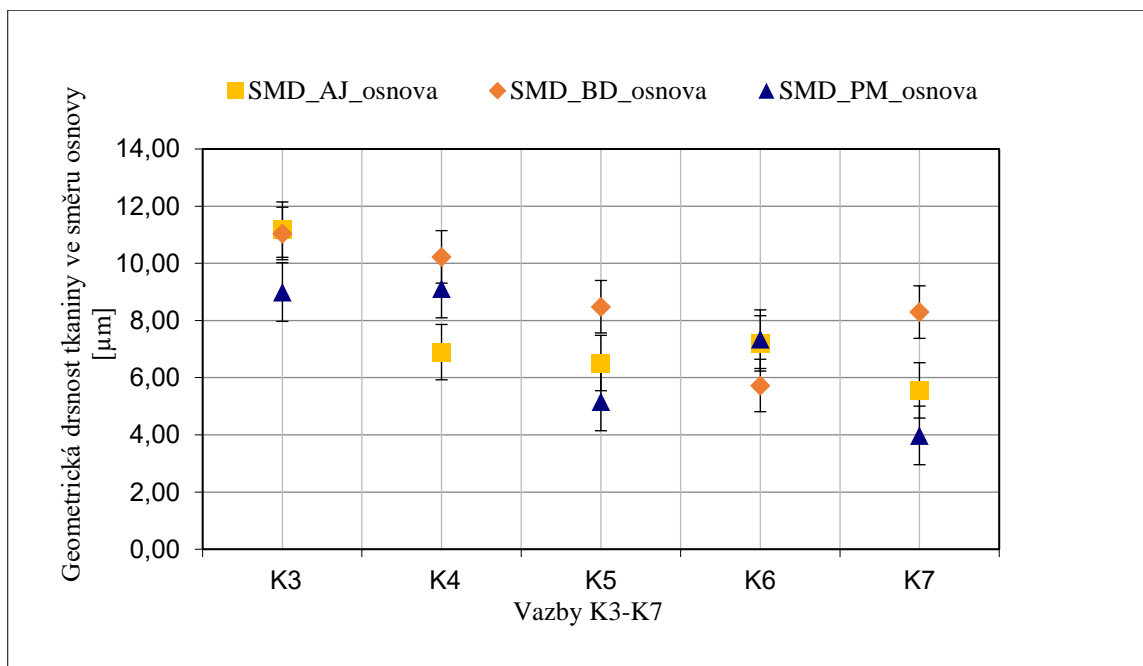
První část výsledků geometrické drsnosti tkaniny byla získána experimentálním způsobem pomocí přístroje KES-FB4. Postup měření geometrické drsnosti (SMD) tkanin obsahuje kapitola 5.1.1. Tab.9 a 10 reprezentují výsledek experimentu měření.

Tab.9 Naměřené hodnoty geometrické drsnosti (SMD) otestovaných vzorků tkanin ve směru osnova

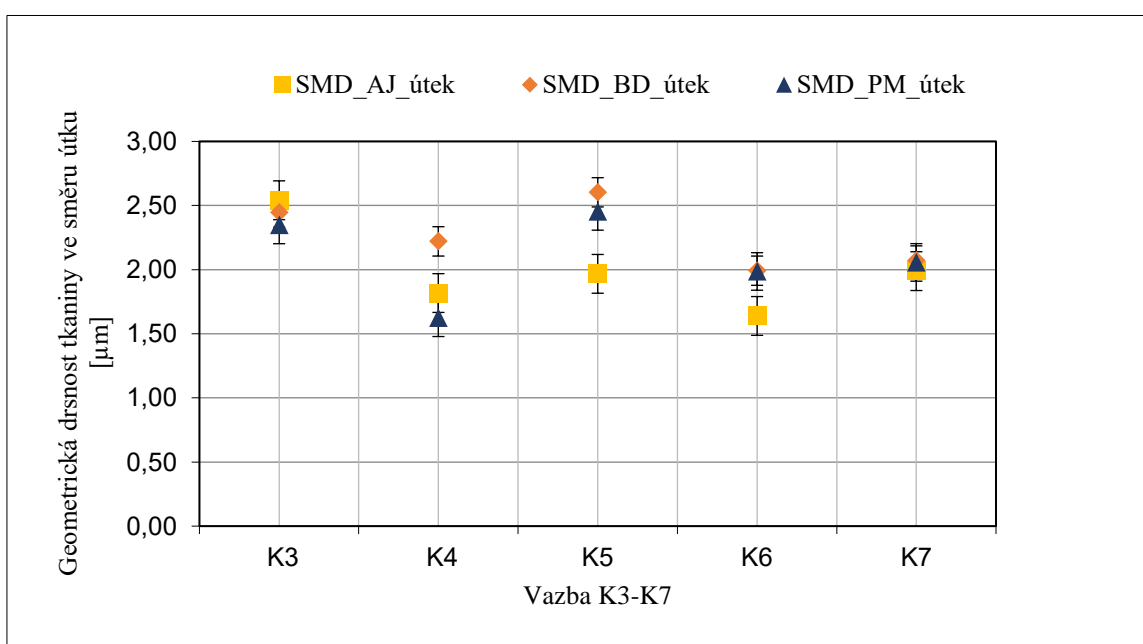
Parametry e.t	SMD osnova [μm]	IS dolní mez [%]	IS horní mez [%]
AJ K3	11,18	10,51	11,84
AJ K4	6,89	4,36	9,43
AJ K5	6,51	5,12	7,90
AJ K6	7,20	4,49	9,91
AJ K7	5,56	5,27	5,84
BD K3	11,05	10,77	11,32
BD K4	10,23	8,19	12,27
BD K5	8,48	7,02	9,95
BD K6	5,73	2,79	8,67
BD K7	8,30	5,96	10,63
PM K3	9,00	7,38	10,61
PM K4	9,12	6,75	11,49
PM K5	5,17	4,48	5,86
PM K6	7,35	2,87	11,83
PM K7	3,98	1,89	6,07

Tab.10 Naměřené hodnoty geometrické drsnosti (SMD) otestovaných vzorků tkanin ve směru útku

Parametry e.t	SMD útek [μm]	IS dolní mez [%]	IS horní mez [%]
AJ K3	2,54	2,28	2,80
AJ K4	1,82	1,47	2,16
AJ K5	1,97	1,59	2,34
AJ K6	1,64	1,54	1,74
AJ K7	1,99	1,91	2,06
BD K3	2,45	2,15	2,74
BD K4	2,22	2,07	2,37
BD K5	2,60	2,18	3,02
BD K6	1,99	1,95	2,03
BD K7	2,07	1,78	2,36
PM K3	2,35	1,82	2,88
PM K4	1,62	1,37	1,88
PM K5	2,45	1,81	3,10
PM K6	1,99	1,96	2,02
PM K7	2,06	1,77	2,35



Obr. 46 Graf porovnání experimentálních hodnot geometrické drsnosti tkaniny ve směru osnovy u tryskové, rotorové a prstencové mykané příze (AJ, BD, PM) [vlastní zdroj]



Obr. 47 Graf porovnání experimentálních hodnot geometrické drsnosti tkaniny ve směru útku u tryskové, rotorové a prstencové mykané příze (AJ, BD, PM) [vlastní zdroj]

Graf. 46 a 47 ukazují výsledky měření geometrických hodnot drsnosti tkaniny ve směru osnovy a útku pro tryskové, rotorové a prstencové mykané příze (AJ, BD, PM). Tyto dva grafy ukazují výsledek z hlediska dvou proměnných. První byla sledování vlivu technologie příze na geometrickou drsnost tkaniny a druhá byla sledování vlivu vazby na geometrickou drsnost tkaniny. Co se týče první proměnné, výsledky naznačují, že předpoklad nebyl potvrzen potvrzen, což je podporováno i 95% intervalem spolehlivosti, jak je uvedeno v tab. 11 a 12.

Předpoklad vlivu první proměnné se nepotvrdil ve výsledcích z grafů 46 a 47.

Tyto grafy neobsahují stejný trend ani chybové úsečky u všech hodnot se nepřekrývají mezi sebou. Takový výsledek může být odůvodněn tím, že neexistuje vliv technologie výroby příze na geometrickou drsnost experimentálních tkanin. Rozdíly mezi geometrickou drsností tkaniny z přízí vyrobených jednotlivými technologiemi nejsou statisticky významné.

Tab.11 Výsledek vlivu technologie výroby příze a vazby na geometrickou drsnost tkaniny (SMD) ve směru osnova pomocí dvoufaktorové Anovy

Zdroj variability (SMD-osnova)	F-kritérium	Kritický kvantil	p-hodnota	Závěr
Vazba	4,527	3,838	0,033	Významný
Příze	1,154	4,459	0,363	Nevýznamný
Interakce	0,191	5,591	0,675	Nevýznamný

Tab.12 Výsledek vlivu technologie výroby příze a vazby na geometrickou drsnost tkaniny (SMD) ve směru útku pomocí dvoufaktorové Anovy

Zdroj variability (SMD-útek)	F-kritérium	Kritický kvantil	p-hodnota	Závěr
Vazba	6,250	3,838	0,014	Významný
Příze	3,051	4,459	0,104	Nevýznamný
Interakce	0,179	5,591	0,685	Nevýznamný

Pro zkoumání vlivu technologie výroby příze a vazby na geometrickou drsnost tkaniny byla ještě provedena dvoufaktorová analýza rozptylu (ANOVA). Výsledky vlivu první a druhé proměnné na hodnoty drsnosti povrchu (SMD) ve směru osnova a útku jsou prezentovány v tab. 11 a 12.

Z tabulek je patrné, že signifikantní vliv na geometrickou drsnost tkaniny měla pouze vazba, a to jak ve směru osnova, tak i ve směru útku. Interakce mezi oběma proměnnými nebyla významná ve směrech osnova ani útku.

10.1.2. Porovnání predikce geometrické drsnosti a naměřených hodnot geometrické drsnosti

Geometrické drsnosti tkanin byla také vypočtena dle vztahů uvedených v kapitole 6. Jak je uvedeno v kapitolách 6 a 7, geometrickou drsnost tkaniny lze vypočítat na základě průměru příze a konstrukčních parametrů tkaniny. Tedy na základě dostav osnovní a útkové soustavy, míry zvlnění jednotlivých nití ve tkanině a strukturálních modelů provázání – pórových buněk P1 - P4 ve střídě vazby.

Tab. 13 Vstupní parametry experimentálních vzorku tkanin

Vstupní parametry e.t	
To [tex]	7,8
Tú [tex]	23
Do [pn/mm]	5,8
Du [pn/mm]	2,5
Zaplnění osnovy [-]	0,7
Zaplnění útku AJ [-]	0,4
Zaplnění útku BD [-]	0,32
Zaplnění útku PM[-]	0,42
Hustota PES [kg/m ³]	1360
Hustota VS [kg/m ³]	1500

Tab. 13 obsahuje vstupní parametry experimentálních tkanin. Na základě těchto vstupních parametrů byl vypočítán efektivní, substanční a střední průměr osnovních a útkových přízí, tryskové (AJ), rotorové (BD) a prstencové mykané (PM) nitě.

Efektivní, substanční a střední průměr osnovních a útkových nití byl vypočten dle vztahů (2), (3) a (4) uvedených v kapitole 3.1.

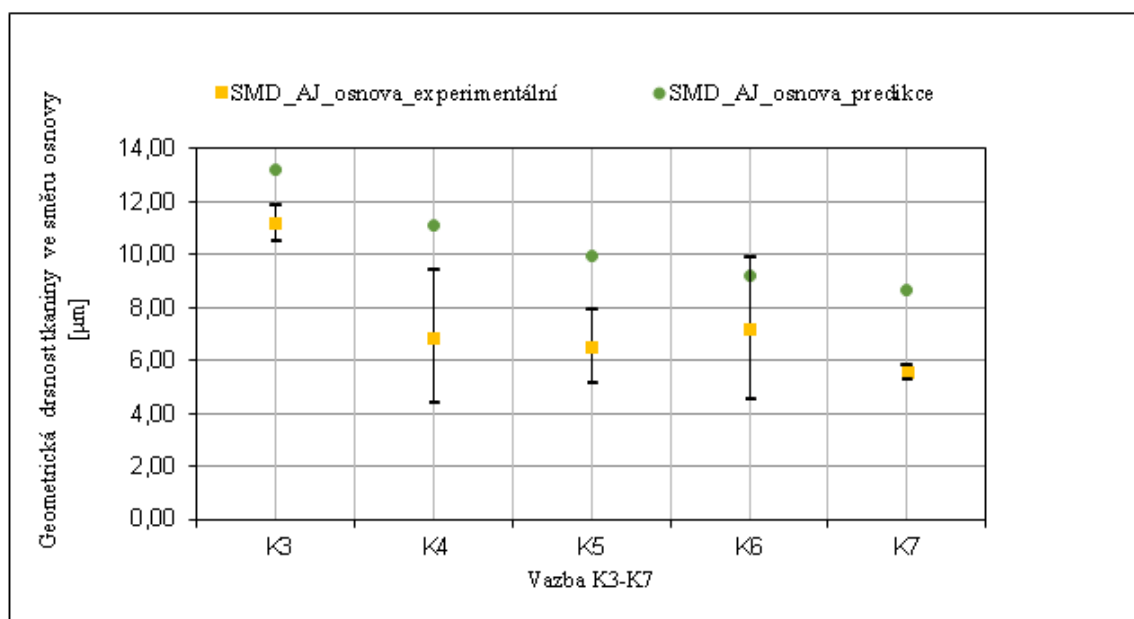
Tab. 14 Výpočet efektivního a substančního a středního průměru osnovních a útkových přízí

Výpočet průměru příze	Efektivní průměr [mm]	Substanční průměr [mm]	Střední průměr nití [mm]
Osnovní nitě	0,102	0,085	0,166
Útkové nitě (AJ)	0,232	0,140	0,167
Útkové nitě (BD)	0,248		0,175
Útkové nitě (PM)	0,215		0,159

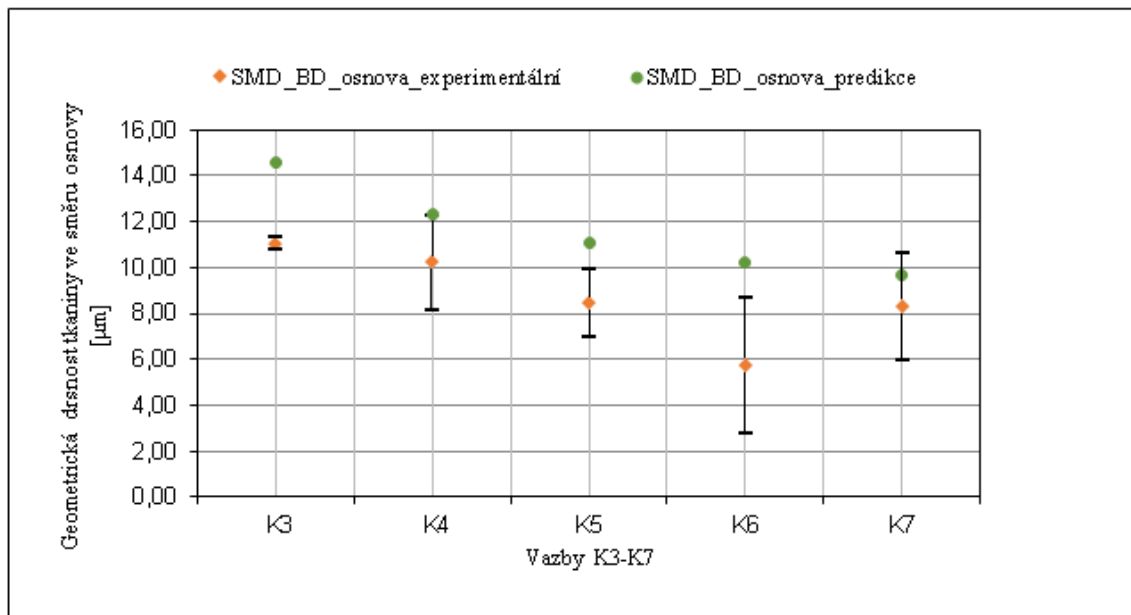
Tab.15 Výpočet predikce geometrické drsnosti tkaniny

Parametry e.t	SMD ve směru útku [mm]	SMD ve směru osnovy [mm]	SMD ve směru útku [μm]	SMD ve směru osnovy [μm]	SMD tkaniny [μm]
AJ K3	0,041	0,032	41,478	31,932	36,705
AJ K4	0,027	0,027	26,831	26,952	26,892
AJ K5	0,019	0,024	19,412	24,100	21,756
AJ K6	0,015	0,022	15,036	22,255	18,645
AJ K7	0,012	0,021	12,190	20,964	16,577
BD K3	0,038	0,029	37,823	28,829	33,326
BD K4	0,024	0,024	23,940	23,800	23,870
BD K5	0,017	0,021	17,027	20,978	19,002
BD K6	0,013	0,019	13,009	19,178	16,093
BD K7	0,010	0,018	10,428	17,932	14,180
PM K3	0,038	0,029	37,665	28,572	33,118
PM K4	0,025	0,024	24,508	24,025	24,266
PM K5	0,018	0,021	17,811	21,430	19,621
PM K6	0,014	0,020	13,845	19,756	16,801
PM K7	0,011	0,019	11,257	18,588	14,922

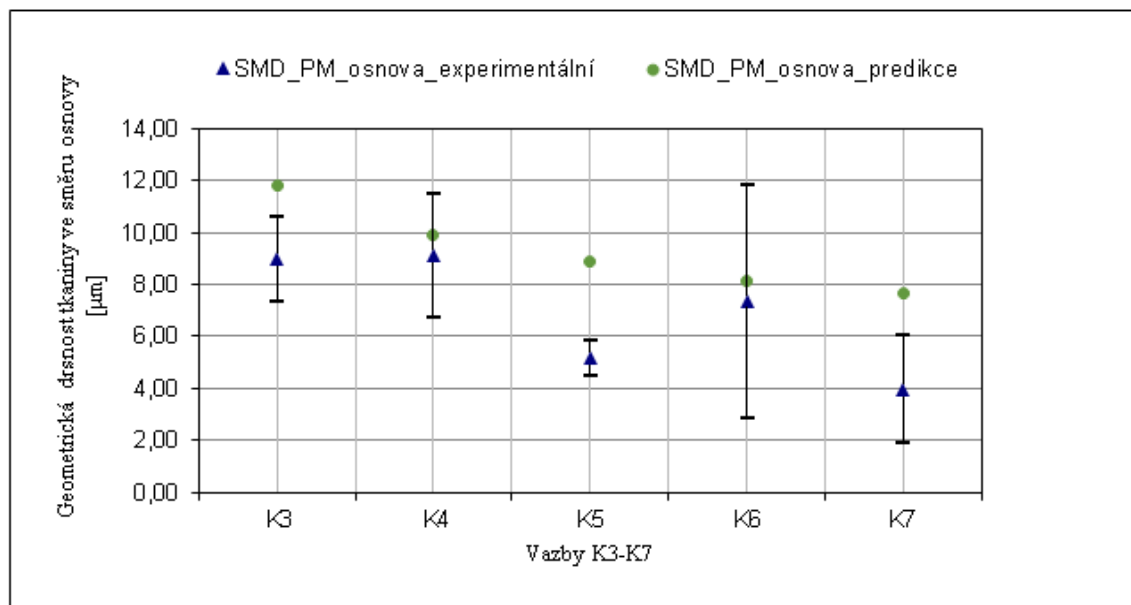
V tab. 15 jsou uvedeny výpočtené hodnoty geometrické drsnosti tkaniny. Hodnota geometrické drsnosti strukturální buňky (SMD) byla vypočítána podle vztahu (51) v kapitole 7. Hodnoty geometrické drsnosti tkaniny (SMD) ve směru osnovy a útku byly odvozeny ze vztahů (49), (50) uvedených v kapitole 7.



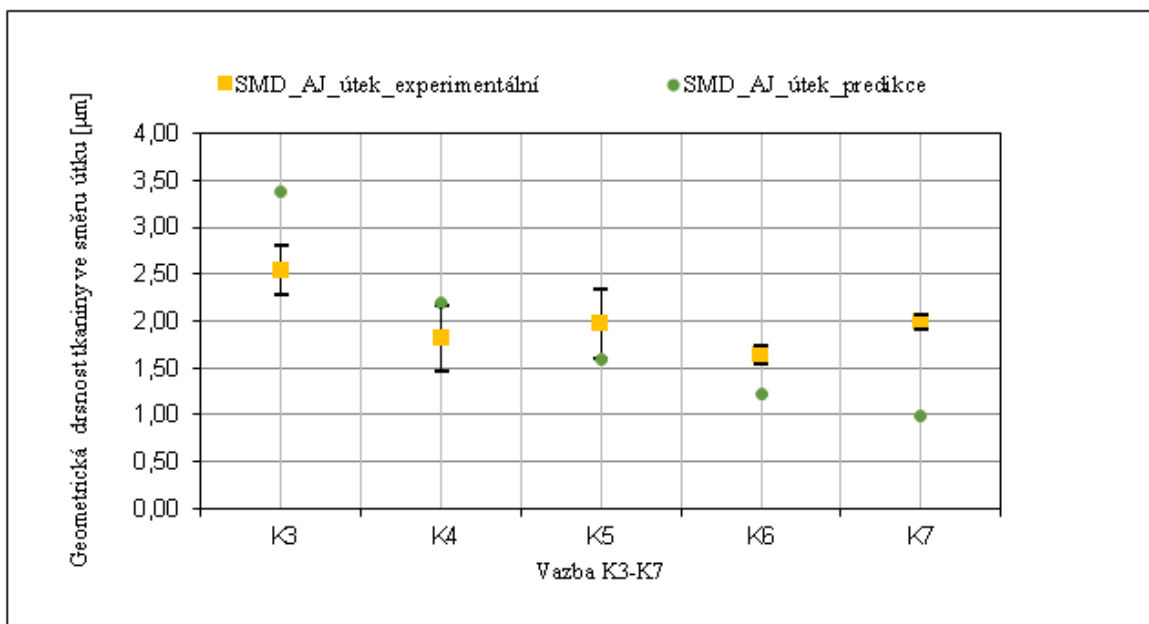
Obr. 48 Graf porovnání experimentálních a predikčních hodnot geometrické drsnosti tkaniny ve směru osnovy u tryskové příze (AJ) [vlastní zdroj]



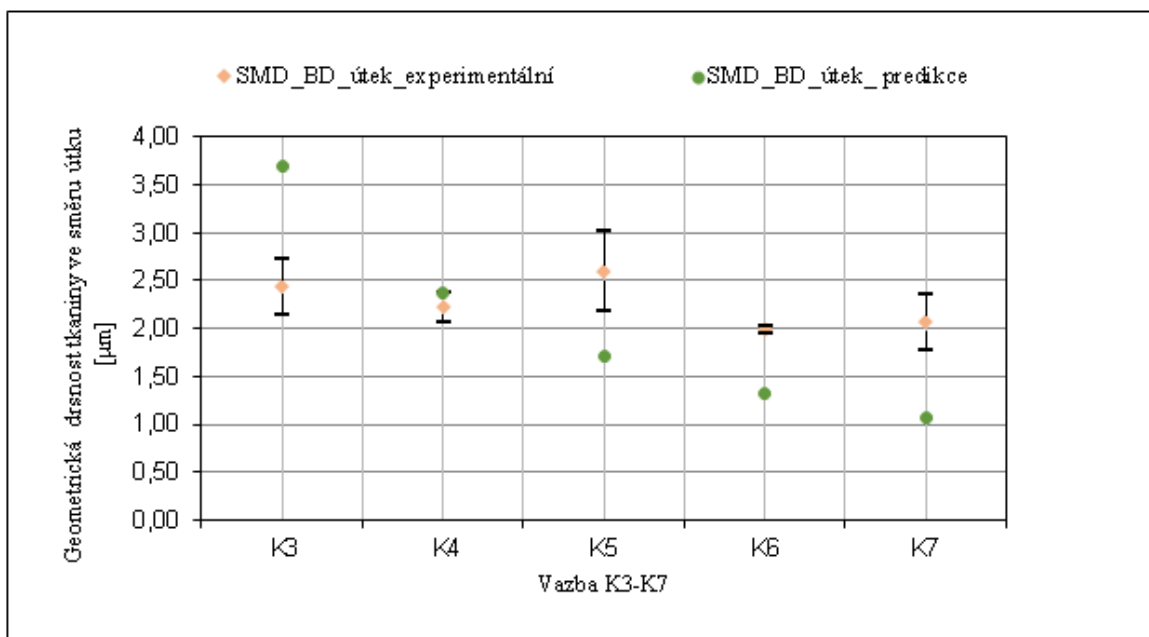
Obr. 49 Graf porovnání experimentálních a predikčních hodnot geometrické drsnosti tkaniny ve směru osnovy u rotorové příze (BD) [vlastní zdroj]



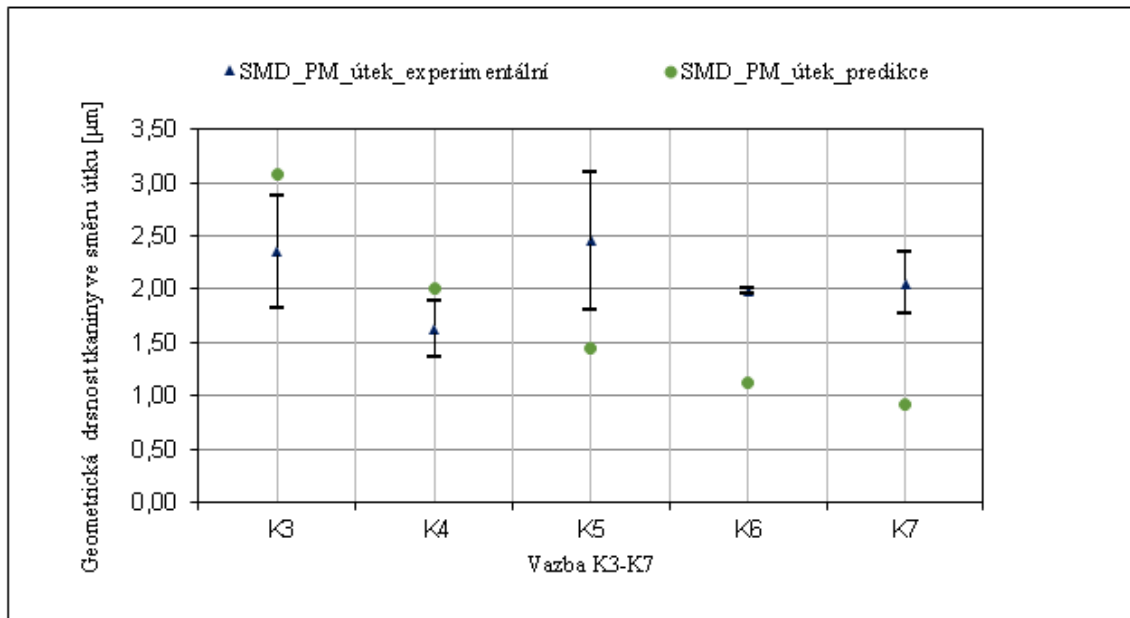
Obr. 50 Graf porovnání experimentálních a predikčních hodnot geometrické drsnosti tkaniny ve směru osnovy u prstencové mykané příze (PM) [vlastní zdroj]



Obr. 51 Graf porovnání experimentálních a predikčních hodnot geometrické drsnosti tkaniny ve směru útku u tryskové příže (AJ) [vlastní zdroj]



Obr. 52 Graf porovnání experimentálních a predikčních hodnot geometrické drsnosti tkaniny ve směru útku u rotorové příže (BD) [vlastní zdroj]



Obr. 53 Graf porovnání experimentálních a predikčních hodnot geometrické drsnosti tkaniny ve směru útku u rotorové příze (PM) [vlastní zdroj]

Na grafech 48 - 53 je uvedeno porovnání experimentálních a predikovaných hodnot geometrické drsnosti tkaniny ve směru osnovy a útku u tryskové, rotorové, prstencové mykané příze (AJ, BD, PM). Jak bylo uvedeno výše v této kapitole, cílem diplomové práce bylo zjistit, mají-li dvě proměnné: technologie výroby útkové příze a typ vazby vliv na geometrickou drsnost tkanin. Výsledky z grafu 46 a 47 a tab. 11 a 12 jednoznačně potvrdily, že technologie výroby příze nemá statisticky významný vliv na drsnost tkanin. Toto potvrzení je podpořeno srovnáním experimentálních a predikovaných hodnot v grafech 48 - 53.

Chybové úsečky na grafech 48 - 53 se nepřekrývaly. Tento výsledek lze vysvětlit skutečností, že průměry přízí AJ, BM a PM jsou menší než průměr sondy (0,5 mm). Sonda KES-FB4 je robustní a nedokáže zachytit rozdíly v drsnostech (průměrech) jednotlivých typů přízí.

Z grafů 48 - 53 také vyplývá, že s nárůstem floty vazby klesá hodnota střední odchylky drsnosti povrchu (SMD). To indikuje, že vyšší flota vazby přispívá k hladšímu povrchu tkaniny.

Celkově lze tedy interpretovat, že technologie výroby příze nemá statisticky významný vliv na drsnost tkanin.

10.2. Měření geometrické drsnosti tkanin pomocí Talysurf CLI 500

V druhé části experimentu byla měřena drsnost tkanin pomocí přístroje Talysurf CLI 500. Stejně byly potřeba nastavit základní parametry měření drsnosti povrchu u testovaných vzorků. Tyto parametry ovlivňují rychlost snímání a kvalitu nasnímané drsnosti. Během experimentu byly použity následující parametry pro měření drsnosti povrchu tkanin:

- velikost zvolených vzorků: 20 x 20 [cm]
- velikost nasnímané plochy: 5 x 3 [mm]
- rozlišení: 1001 x 301 [points]
- osově rozlišení: 0,5 [μm]
- rychlost měření: 1 [mm/s]
- délka měření: 41 [min]
- rychlost polohování osy X, Y: 30 [mm/s]

Samotné měření drsnosti povrchu tkanin pomocí přístroje Talysurf probíhá následovně: nejprve se na snímač připraví vzorek tkaniny, který bude měřen. Testovaný vzorek tkaniny je potřeba nejdříve narovnat. Tento proces je velmi důležitý na začátku práce. U špatně narovnaného vzorku snímač měří našikmo a v tomto případě zpracovávat nasnímané hodnoty není možné. Po správném připravení vzorků se následně spustí měření.

Měření probíhalo tak, že snímač Talysurf postupně prochází po povrchu tkaniny a zaznamenává výškové rozdíly pomocí laserové triangulace nebo interferometrie. Při laserové triangulaci se používá laserový paprsek, který je směřován na povrch tkaniny. Reflektovaný paprsek je následně zachycen snímačem, který vypočítá vzdálenost od tkaniny na základě úhlu mezi vyslaným a zachyceným paprskem. Při interferometrii se na povrch tkaniny vysílá koherentní světelný paprsek, který se odráží a interferuje s paprskem referenčním. Na základě rozdílu fází mezi těmito paprsky lze určit výškové rozdíly na povrchu tkaniny.

Získaná data jsou poté analyzována a převedena na hodnoty drsnosti pomocí speciálního softwaru Talymap.

Tento program umožňuje provést podrobnou analýzu drsnosti povrchu tkaniny a získat řadu různých informací o charakteristikách povrchu, včetně výškových rozdílů a profilů. Dále může být možné aplikovat různé filtry a algoritmy pro rozdělení dat do jednotlivých parametrů povrchu, jako jsou R_a , R_z , R_q , R_t a další.

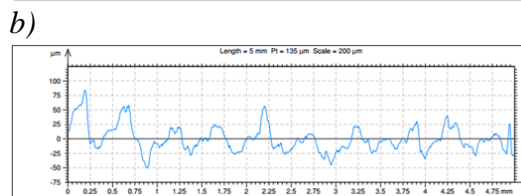
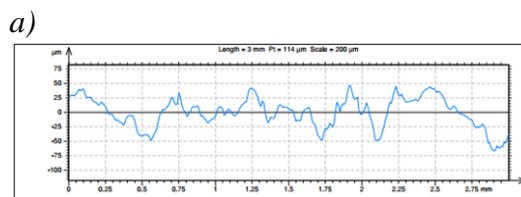
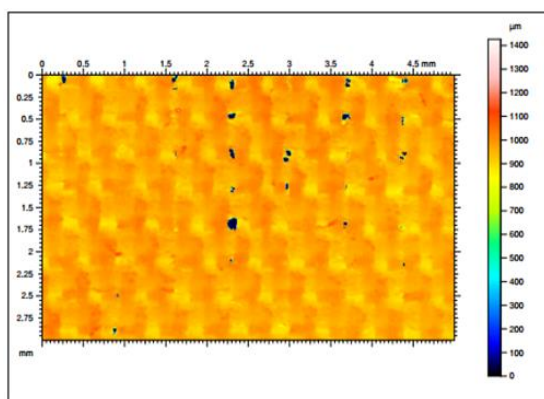
Výstupem je typicky hodnota R_a , což je aritmetický průměr vzdáleností mezi nejvyšším bodem a nejnižším bodem na povrchu vzorku tkaniny. Výpočet hodnoty R_a podle rovnice (52):

$$R_a = \frac{1}{L} \cdot \int_0^L |Z(x)| dx \quad (52)$$

kde: R_a ...střední odchylka profilu drsnosti [μm]

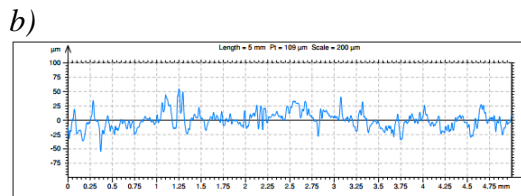
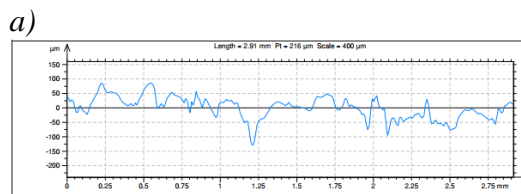
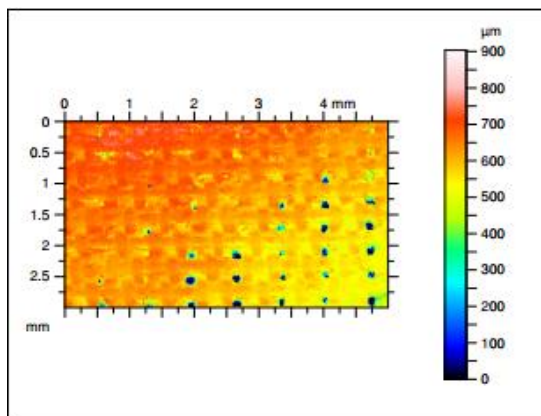
L ...délka měřeného úseku [μm]

Z ...střední výška profilu [μm]



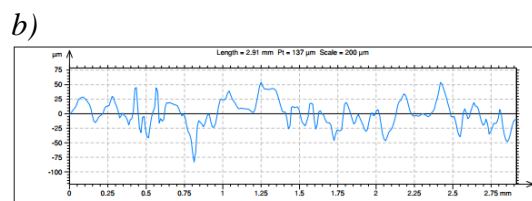
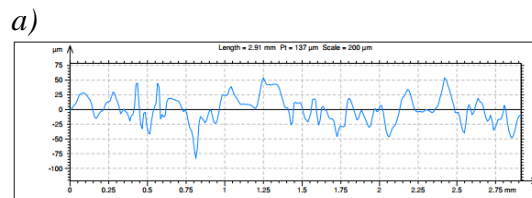
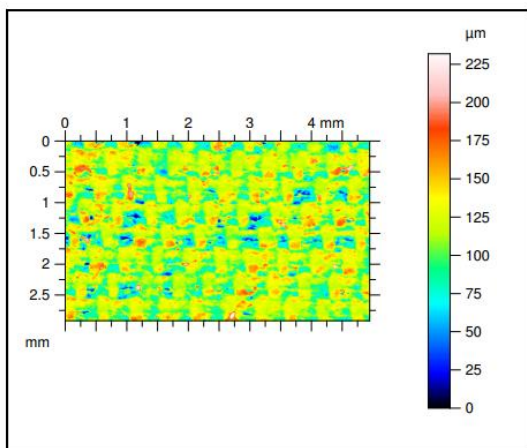
Obr. 54 Snímek plochy tkaniny AJK3 (TalyMap), trysková příze

a) křivka směr osnovy, b) křivka směr útku

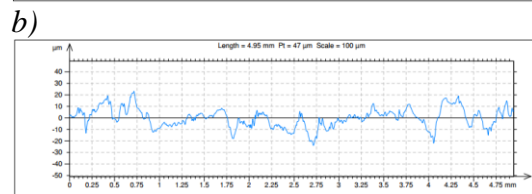
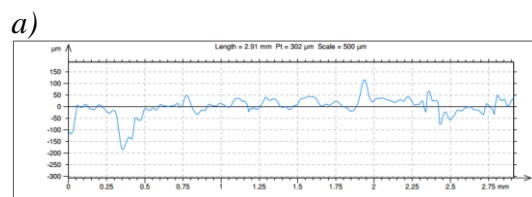
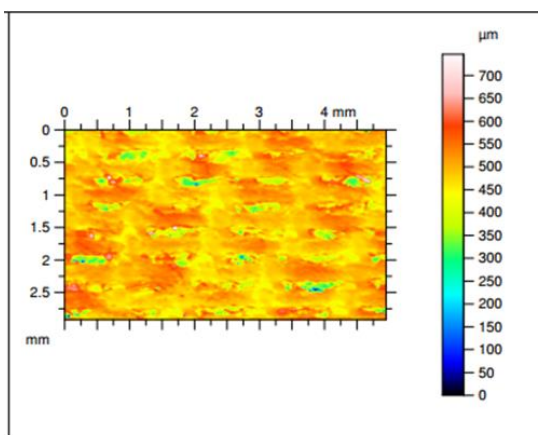


Obr. 55 Snímek plochy tkaniny BDK3 (TalyMap), rotorové příze

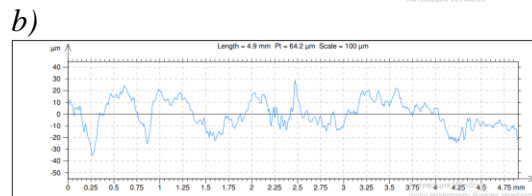
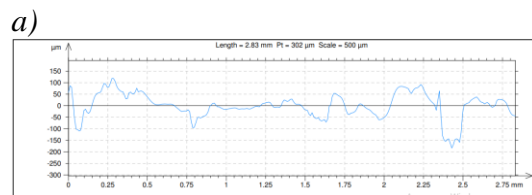
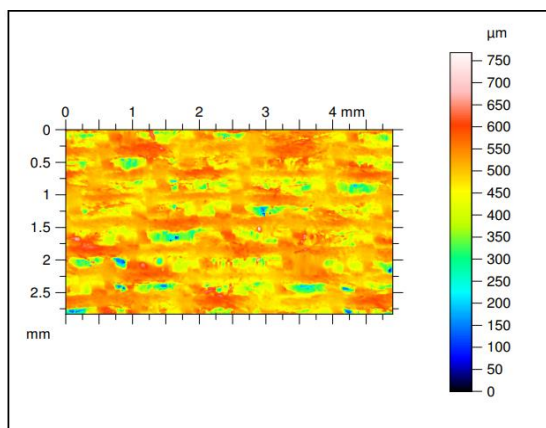
a) křivka směr osnovy b) křivka směr útku



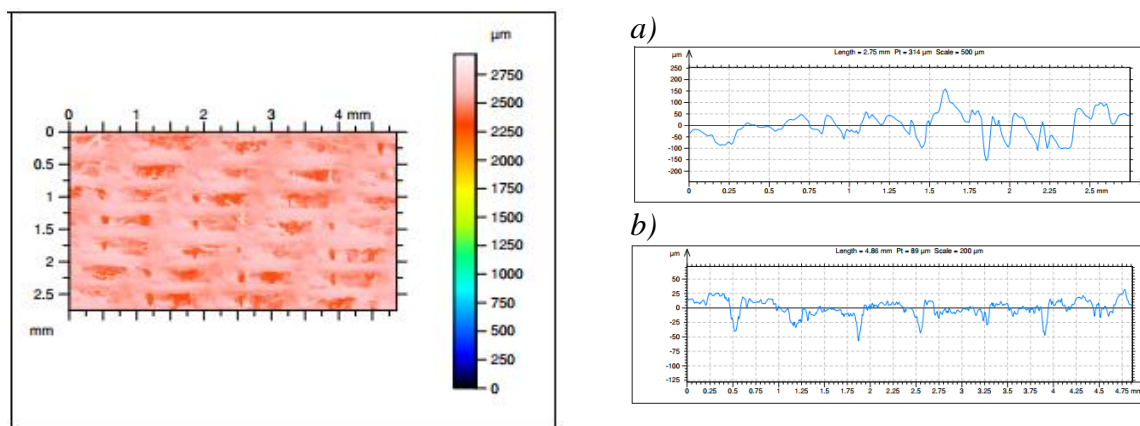
Obr.56 Snímek plochy tkaniny PM K3 (TalyMap), prstencové mykané příze
a) křivka směr osnovy, b) křivka směr útku



Obr. 57 Snímek plochy tkaniny AJK7 (TalyMap), trysková příze
a) křivka směr osnovy, b) křivka směr útku



Obr.58 Snímek plochy tkaniny BDK7 (TalyMap), rotorové příze
a) křivka směr osnovy, b) křivka směr útku



Obr. 59 Snímek plochy tkaniny PMK7 (TalyMap), prstencové mykané příze

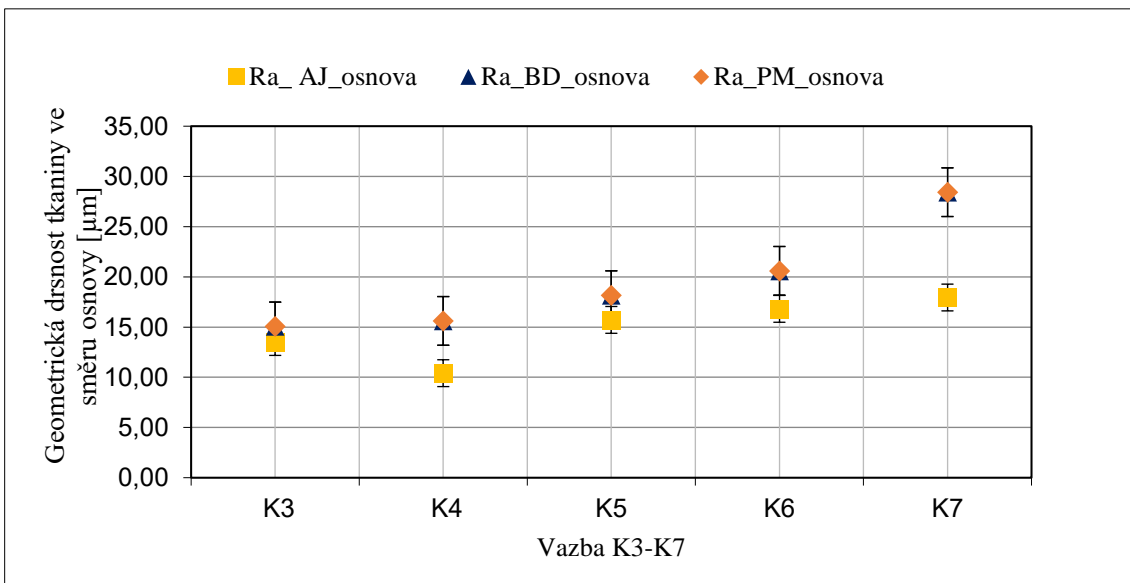
a) křivka směr osnovy, b) křivka směr útku

10.2.1. Výsledky měření geometrické drsnosti tkanin pomocí Talysurf CLI 500

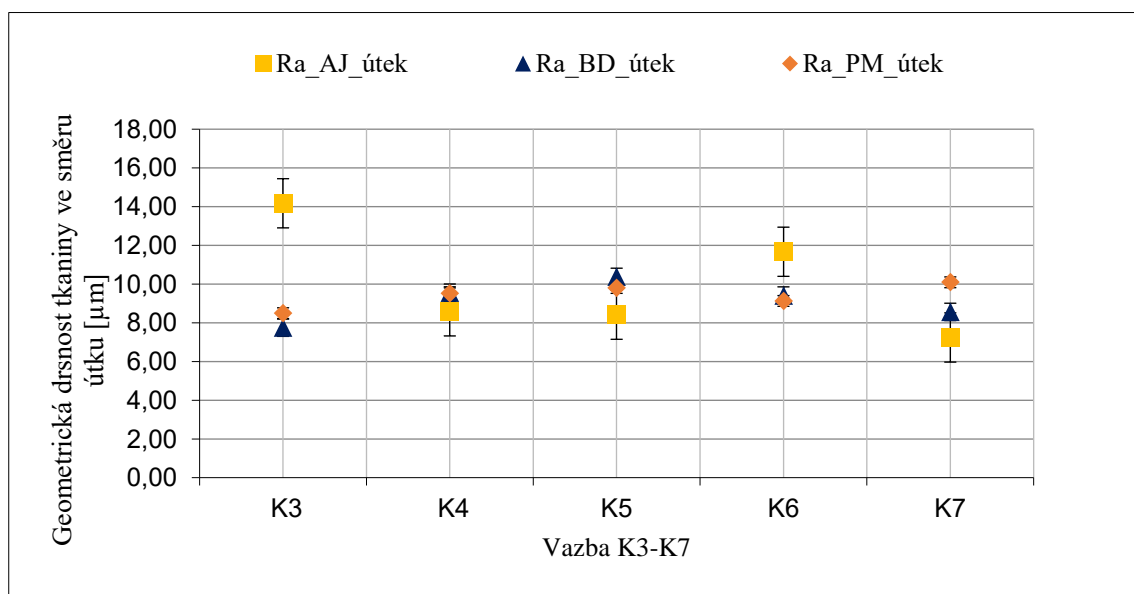
Druhá část výsledků geometrické drsnosti tkaniny byla získána měřením experimentálních hodnot pomocí přístroje Talysurf CLI 500. V tab. 16 jsou uvedeny naměřené hodnoty geometrické drsnosti (R_a) ve směru osnovy a útku. Výpočet hodnoty (R_a) byl proveden podle vzorce (51) v kapitole 10.2.

Tab.16 Naměřené hodnoty R_a ve směru osnovy a útku

Parametry e.t	R_a ve smeru útku [μm]	R_a ve smeru osnovy [μm]
AJ K3	14,2	13,5
AJ K4	8,6	10,4
AJ K5	8,4	15,7
AJ K6	11,7	16,8
AJ K7	7,2	17,9
BD K3	7,7	15,1
BD K4	9,6	15,6
BD K5	10,4	18,2
BD K6	9,4	20,6
BD K7	8,6	28,4
PM K3	8,5	12,5
PM K4	9,5	13,5
PM K5	9,8	19,4
PM K6	9,1	18,0
PM K7	10,1	30,5



Obr. 60 Graf porovnání experimentálních hodnot geometrické drsnosti tkaniny ve směru osnovy u tryskové, rotorové a prstencové mykané příze (AJ, BD, PM)



Obr. 61 Graf porovnání experimentálních hodnot geometrické drsnosti tkaniny ve směru útku u tryskové, rotorové a prstencové mykané příze (AJ, BD, PM)

Grafy 60 a 61 zobrazují porovnání experimentálních hodnot geometrické drsnosti tkaniny (R_a) ve směru osnovy a útku pro tryskové, rotorové a prstencové mykané příze (AJ, BD, PM). Tyto grafy byly vytvořeny na základě souboru experimentálních hodnot R_a , které byly zkoumány s ohledem na dvě klíčové proměnné: technologii výroby útkové příze a typ vazby. Zjevně naznačují, že vliv technologie výroby příze na drsnost tkaniny je statisticky významný. Tuto zjištěnou statistickou signifikanci lze zdůvodnit tím, že použitý konfokální systém pracuje na odlišném principu a má schopnost detailně zachytit nerovnoměrnosti na povrchu příze. Potvrzením této skutečnosti je pozorovaný obrácený trend, kde s rostoucím flotem (množstvím volné příze na povrchu) stoupá hodnota R_a , což je parametr charakterizující drsnost povrchu.

Stejné výsledky byly potvrzeny prostřednictvím dvoufaktorové analýzy rozptylu (ANOVA), která je prezentována v tab. 17 a 18. Z výsledků vyplývá, že vliv na geometrickou drsnost tkaniny měla jak technologie výroby příze, tak vazba ve směru osnova a útku. Interakce mezi oběma proměnnými byla signifikantní ve směrech osnova i útku.

Tab.17 Výsledek vlivu technologie výroby příze a vazby na geometrickou drsnost tkaniny (Ra) ve směru osnova pomocí dvoufaktorové Anovy

Zdroj variability (Ra-osnova)	F-kritérium	Kritický kvantil	p-hodnota	Závěr
Vazba	12,302	3,838	0,002	Významný
Příze	6,521	4,459	0,021	Významný
Interakce	7,900	5,591	0,026	Významný

Tab.18 Výsledek vlivu technologie výroby příze a vazby na geometrickou drsnost tkaniny (Ra) ve směru útku pomocí dvoufaktorové Anovy

Zdroj variability (Ra-útek)	F-kritérium	Kritický kvantil	p-hodnota	Závěr
Vazba	0,262	3,838	0,894	Nevýznamný
Příze	0,142	4,459	0,870	Nevýznamný
Interakce	6,688	5,591	0,036	Významný

Pravděpodobnější vysvětlení tohoto vlivu technologie výroby příze na drsnost tkaniny spočívá v rozdílech ve zpracování příze a přesnějším měření nerovností pomocí použitého měřicího zařízení. Konkrétně konfokální systém umožňuje lepší detekci a měření mikrostruktury povrchu tkaniny, což následně vede k pozorování statisticky významného vlivu technologie výroby příze na drsnost.

11. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo stanovit vliv technologie výroby příze a vliv vazby na geometrickou drsnost tkanin. Experimentální tkaniny byly vyrobené ze 100% PESH v osnovní soustavě nitě a ze 100 % Tencl v útkové soustavě nitě. Geometrická drsnost tkanin byla otestována na 15. experimentálních vzorců tkanin. Testované vzorky tkanin byly rozdělené do třech skupin, které se lišily technologií výroby příze v útkové soustavě nití a velikostí keprové vazby.

První skupina tkaniny byla vyrobená z trýskové příze AJ, druhá z rotorové příze, třetí z prstencové mykaný příze PM. Taky každý otestovaný vzorek obsahoval různou střídu vazby od K3 do K7 kepru pravého směru.

Hodnocení geometrické drsnosti experimentálních vzorků tkanin bylo pomocí dvou metod. První metoda založena na principu kontaktního snímání drsnosti povrchu tkanin. Tato metoda využívá dotykového čidla - snímače, který se pohybuje po povrchu tkaniny a zaznamenává tloušťku v různých bodech. Použity přístroje pro tuto metodu hodnocení byl KES-FB4.

Druhá metoda založena na principu bezkontaktního snímání drsnosti povrchu tkaniny. Tato metoda zaznamenává profil povrchu pomocí bezdotykového konfokálního snímače. Použity přístroje pro tuto metodu hodnocení byl Talysurf CLI 500.

Výsledek experimentálních hodnot KES-FB4 ukázal, že technologie výroby příze ze statistického hlediska není významná. Stejný výsledek potvrdila dvoufaktorová analýza rozptylu (ANOVA). Tento výsledek lze odůvodnit tím, že průměr sondy přístroje KES-FB4 je větší než průměr příze v útkové soustavě. Druhá proměnná byla vliv vazby na geometrickou drsnost povrchu. Tento výsledek naopak byl statisticky významný, tzn., že se zvýšením vazby, klesá hodnota geometrické drsnosti povrchu SMD.

Geometrická drsnost povrchu tkanin byla taky stanovena predikčním způsobem. Predikční hodnoty bylo možné porovnat jenom s experimentálními hodnotami KES-FB4. Je to dané tím, že predikční hodnoty a naměřené hodnoty z KES-FB4 vyházejí z tloušťky tkaniny. Výsledky predikčních a experimentálních hodnot KES-FB4 měly stejný trend a se zvýšením velikosti střídy vazby klesá hodnota geometrické drsnosti SMD.

Výsledek experimentálních hodnot Talysurf CLI 500 ukázal, že technologie výroby příze a velikost vazby ze statistického hlediska významná. Stejný výsledek potvrdila dvoufaktorová analýza rozptylu (ANOVA). Tento zjištěný vliv technologie výroby příze na drsnost tkanin je způsoben rozdíly ve zpracování příze a přesnějším zachycováním nerovností pomocí použitého měřicího zařízení. V tomto případě konfokální systém byl schopný lépe detekovat a měřit mikrostrukturu povrchu tkanin, což vede k pozorování statisticky významného vlivu

technologie výroby příze a velikosti vazby na geometrickou drsnost povrchu. Výsledky experimentálních hodnot, ukázali, že se zvýšením floty, roste hodnota geometrické drsnosti povrchu.

Tato studie přináší cenné poznatky do oblasti textilního průmyslu a může sloužit jako podklad pro další výzkum a vylepšení v oblasti výroby a kvality textilních materiálů.

12. Seznam použité literatury

- [1] URSÍNY, P., 2001. *Předení*. 1. Liberec: Technická univerzita. ISBN 80-7083-481-1.
- [2] LAWRENCE, C. A. a E. KOÇ, 2006. Mechanisms of wrapper fibre formation in rotor spinning: An experimental approach. *The Journal of The Textile Institute*. **97**(6), 483-492. Dostupné z: doi:10.1533/joti.2005.0199
- [3] LAWRENCE, C. A. a E. FINIKOPULOS, 1992. Factors affecting changes in the structure and properties of open-end rotor yarns. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*. Leeds, (17), 201-208.
- [4] URSÍNY, P., 2001. *Předení*. 2. Liberec: Technická univerzita. ISBN 80-7083-540-0.
- [5] LOWRANCE, C.A, 2003. *Fundamentals of Spun Yarn Technology*. 1. USA: CRC PRESS. ISBN 1-56676-821-7.
- [6] RIPKA, J., 2019. *Rotorové předení*. 1. Česká republika: Jonathan Livingston. ISBN 978-80-7551-130-0.
- [7] LENZ, M., M. HOSSAIN, M. BEITELSCHMIDT a C. CHERIF, 2020. Article Natural Oscillations of Yarn Balloons in Ring Spinning. *Applied Mathematical Modelling*. **88**(1665), 518-528. Dostupné z: doi:10.1016/j.apm.2020.06.025
- [8] KLEIN, W. a H. STALDER, 2014. *The Rieter manual of spinning*. 4. Winterthur. ISBN 10 3- 9523173-4-9.
- [9] MOUČKOVÁ, E. *Prstencový dopřádací systém* [přednáška]. Liberec: TUL v Liberci ,2020
- [10] STEPANOVA, S.M, 2008. Technology textile industry. *Scientific and technical journal*. Ivanovo, **2**(306), 16-17.
- [11] HARI, P.K, 2012. Types and properties of fibres and yarns used in weaving. *Woven Textiles*. 3-34. ISSN 9781845699307. Dostupné z: doi:10.1533/9780857095589.1.3
- [12] CLAPP, D.M., 2001. Textile processing. *Cotton fiber development and processing*. Texas, USA, 72-87. ISSN 9704182-0-5.
- [13] MOUČKOVÁ, E. *Analýza tryskového dopřádacího systému* [přednáška]. Liberec: TUL v Liberci ,2020
- [14] NECKÁŘ, Bohuslav, 1990. *Příze: Tvorba, struktura, vlastnosti*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
- [15] NECKÁŘ, B. *Příze I. Definice, souvislosti* [přednáška]. Liberec: TUL v Liberci ,2021
- [16] KRUPINCOVÁ,, G., 2012. *Chlupatost příze*. Liberec. Dizertační práce. Technická univerzita v Liberci.
- [17] SMETANOVÁ, A. *Statická zkouška tahem* [online]. 1-11 [cit. 2023-04-20]. Dostupné

z: <https://www.zamekkurim.cz/security/>

- [18] *Zkouška tahem*. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, [cit. 2021-12-23]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zkou%C5%A1ka_tahem
- [19] JIRÁSKOVÁ, P. *Výroba délkových textilií, skripta pro distanční studium*, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2004
- [20] CIHLÁŘOVÁ, E. *Hmotová nestejnomyšnost délkových a plošných textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci. 2002
- [21] KŘEMENÁKOVÁ, D. *Metrologie a hodnocení jakosti-nestejnomyšnost* [přednáška]. Liberec: TUL v Liberci ,2014
- [22] CARVALHO, V., P. CARDOSOB, M. BELSLEYB, M. VASCONCELOSC, O. SOARESA a F. SOARESA, 2008. Yarn hairiness parameterization using a coherent signal processing technique. *Sensors and Actuators A: Physical*. **142**(1), 217-224. ISSN 0924-4247. Dostupné z: doi:10.1016/j.sna.2007.02.019
- [23] KRUPINCOVÁ, G. Chlupatost příze [přednáška]. Liberec: TUL v Liberci ,2020
- [24] BUMBÁLEK, Bohumil, Vladimír ODVODY a Bohuslav OŠŤÁDAL. *Drsnost povrchu*. Praha: SNTL, 1989.
- [25] PETŘKOVSKÁ, L., 2013. *Technická měření a metrologie - v příkladech: Měřená úloha - drsnost povrchu* [online]. Ostrava [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_026/. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [26] *Surface roughness: Parameters and characteristics*, 2018. 1. Moskva.
- [27] DRBÚL, M., J. BRONCEK, P. MARTIKÁŇ a I.LITVAJ, 2018. Analysis of roughness profile on curved surfaces. *MATEC Web of Conferences*. **224**, 1-7. Dostupné z: doi:10.1051/mateconf/201824401024
- [28] PETŘKOVSKÁ, L. . *Technická měření a metrologie teoretický základ: Kontrola obrobené plochy - drsnost povrchu* [online]. 2013, , 2-10 [cit. 2021-12-26]. Dostupné z: <https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/>
- [29] HORNYCH, J. *Hodnocení drsnosti povrchu textilií s využitím metody gradientních polí*. Liberec, 2015. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Lenka Techniková.
- [30] *Struktura povrchu*. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2021 [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Struktura_povrchu
- [31] BLEŠA, M. *Komplexní hodnocení povrchové struktury textilií*. Liberec, 2009.

Doktorská disertační práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Jiří Militký.

[32] MOONEGHI, S. A., S. SAHARKHIZ a S. H. VARKIANI. *Surface Roughness Evaluation of Textile Fabrics: A Literature Review*. Journal of Engineered Fibers and Fabrics [online]. 2014, 2014, **9**(2), 2-18 [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: doi:10.1177/155892501400900201

[33] Techie: Methods and tools for assessing surface roughness [online]. 2014 [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: <https://tehnar.net.ua/metody-i-sredstva-otsenki-sherohovatos/>

[34] SEMNANI, D., H. HOSSEIN HASANI, S. BEHTAJ a E. GHORBANI. *Surface Roughness Measurement of Weft Knitted Fabrics Using Image Processing*. Fibres and Textiles in Eastern Europe [online]. Iran, 2011, **19**(3), 55-59 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/259471418_Surface_Roughness_Measurement_of_Weft_Knitted_Fabrics_Using_Image_Processing.

[35] Laboratoř KES [online]. Liberec [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/katedry/katedra-odevnictvi-laboratore/laborator-kes>

[36] Optical method for the determination of the roughness profile of woven fabrics. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [online]. Marrakech, Morocco, 2019, 2020, **827**(1), 13-15 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/827/1/012063

[37] VASSILIADIS, S., C. PROVATIDIS. *Structural characterization of textile fabrics using surface roughness data*. International Journal of Clothing Science and Technology [online]. Emerald Group Publishing Limited, 2004, **16**(5), 445-457 [cit. 2022-01-12]. Dostupné z:

https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=cs&user=EhDZtZkAAA-AJ&citation_for_view=EhDZtZkAAA-AJ:u-x6o8ySG0sC

[38] *Prostorová charakteristika textury povrchu* [online], 2009. [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prostorova-charakteristika-textury-povrchu>

[39] MILITKY, J, M. MILITKY. Image analysis method of surface roughness evaluation. *International Journal of Clothing Science and Technology* [online]. 2007, (19), 186-193 [cit. 2022-01-12]. Dostupné z: doi:10.1108/09556220710741650

[40] *Podklady Taylor Hobson*. [online]. Dostupné z: http://www.taylor-hobson.com/Talymap_help

[41] KOLČAVOVÁ SIRKOVÁ, B. *Struktura a vlastnosti listových a žakárských tkanin*. Liberec, 2019. Habilitační práce. Technická univerzita v Liberci.

[42] *Obchodování s nepotravinářskými výrobky* [online]. Moskva, 2016 [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: https://studref.com/446004/tovarovedenie/tovarovedenie_neprodovolstvennyh_tovarov

- [43] KOVÁŘ, R. *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003. ISBN 80-7083-676-8.
- [44] ZUHAIB, A., 2018. *Struktura a geometrie jednoduchých a dvouvrstvých (spojkových) tkanin*. Liberec. Dizertační práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Doc. Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.
- [45] KOLČAVOVÁ SIRKOVÁ, B *Struktura listových a žakárských tkanin /Plošná geometrie tkanin [přednáška]*. Liberec: TUL v Liberci
- [46] PRAGYA, A. a S. DEOGAONKAR-BARIDE, 2020. Effect of yarn interlacement pattern on the surface electrical conductivity of intrinsically conductive fabrics. *Synthetic Metals*. **284**. ISSN 0379-6779. Dostupné z: doi:doi.org/10.1016/j.synthmet.2020.116512.
- [47] GOU, J., Y. DAI, S. LI a W. TAO, 2015. Numerical study of effective thermal conductivities of plain woven composites by unit cells of different sizes. *International Journal of Heat and Mass Transfe.* **19**, 829-840. ISSN 0017-9310. Dostupné z: doi:doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.07.074.
- [48] *Textilie. Tkaniny. konstrukce. Metody analýzy.: Část 2: Stanovení dostavy*, 1995. 11.
- [49] MERTO VÁ, I., 2018. *Setkání nitě ve tkanině*. Liberec. Dizertační práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Prof. Ing. Bohuslav Neckář.
- [50] NECKÁŘ, B, *Tkaniny 2.Model geometrie tkaniny [přednáška]*. Liberec: TUL v Liberci ,2021
- [51] DROBOT, E.V., O.V. ZAKORA a E.Yu. RYAZANOV, 2014. Analysis of changes in the parameters of the structure of the fabric at the stages of its manufacturing. *Bulletin of Vitebsk State Technological University*. (29), 21-30.
- [52] VOROBYOV, V. A., 2004. *Calculation method for the construction of wool yarn and fabric*. Moskva. Dizertační práce.
- [53] NOVIKOV, N.G, 1946. *About the structure of the fabric and its design with the help of isometric method*. Moskva.
- [54] EN ISO 4287, CEN 1998-01-26. *Struktura povrchu 1998. (Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu)*.