

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Obor 31–06–T textilní technologie

Katedra textilních technologií

Vlastnosti lněných směsových přízí vypředených z vláken připravených na zařízení REA 120

Properties of linen yarns spun from fibres that were prepared
on REA 120 appliance

Vlasta Šamonilová

KME - 145

Vedoucí diplomové práce: Doc.Dr.Ing. Dana Křemenáková

Konzultant: Ing. Petra Jirásková

Rozsah práce:

Počet stran: 106

Počet obrázků: 51

Počet tabulek: 8

Počet příloh: 8

Anotace:

Diplomová práce se zabývá zjišťováním mechanických vlastností vláken vstupních surovin, meziprojektu a výsledné směšové příze 55%LI/45%CV. Při zjišťování jednotlivých vlastností jsou využívány metody zkoumání ověřené u bavlněných přízí a nově vyvinuté experimentální metody na TU v Liberci. V závěru práce je posouzen vliv zařízení REA 120 na kotonizaci vláken.

Annotation:

The thesis concerns with the determination of mechanical attributes of the input material fibres, the middle product and the final yarn mixture (55%LI/ 45%CV). During the process of determination of the individual attributes was used the methodology which was verified on cotton yarns and also new experimental methods from TU in Liberec. The impact of the REA 120 appliance on the shortening of the fibres' length is judged in the conclusion.

Obsah

1	ÚVOD.....	11
2	REŠERŠNÍ ČÁST	12
2.1	Len.....	12
2.1.1	Charakteristika lnu.....	12
2.1.2	Morfologie stonku [3].....	13
2.1.3	Pěstování a sklizeň lnu.....	15
2.1.4	Metody získávání vlákna a přípravné fáze pro vlastní předení lnu	19
2.1.4.1	Metody uvolňování vláken [3].....	19
2.1.4.2	Tírenské zpracování stonkového lnu	21
2.1.4.3	„Strojní“ vychlování	25
2.1.5	Výroba koudelí	27
2.2	Předení lnářských přízí	29
2.2.1	Charakteristika technologických operací při předení lnářské směsové příze	30
2.3	Charakteristika viskózových vláken CV.....	37
2.4	Rozvolňovací čistící zařízení REA 120 [2]	38
2.5	Hodnocené vlastnosti přízí a vláken.....	44
2.5.1	Vlastnosti vláken.....	44
2.5.1.1	Délka vláken	44
2.5.1.2	Jemnost	44
2.5.1.3	Průměr.....	44
2.5.2	Vícekomponentní textilní vlákenné útvary.....	45
2.5.3	Vlastnosti přízí.....	46
2.5.3.1	Jemnost	46
2.5.3.2	Průměr.....	47
2.5.3.3	Zaplnění	47
2.5.3.4	Zákrut.....	48
2.5.3.5	Pevnost.....	49
2.5.3.6	Tažnost.....	49
2.5.3.7	Hmotová nestejnomyěrnost [20].....	50
2.5.3.8	Druhy vad v přízí [13]	57
2.5.3.9	Měření hmotové nestejnomyěrnosti.....	57
2.5.3.10	Chlupatost příze	58
2.5.4	Stupeň kotonizace lýkových vláken [24].....	63
2.5.5	Příčné řezy	64
2.5.5.1	Tvorba příčných řezů	65
2.5.5.2	Stanovení geometrických vlastností vláken a přízí z příčných řezů... ..	66
3	Experimentální část.....	71
3.1	Vlastnosti vláken vstupní suroviny a meziproduktu.....	71
3.1.1	Podíl nečistot.....	73
3.1.2	Délka vláken	75
3.1.3	Jemnost vláken.....	78
3.1.4	Pevnost vláken	80
3.1.5	Stupeň kotonizace lněných vláken.....	82
3.2	Směsový pramen 55% len/45% viskóza.....	92
3.2.1	Hmotová nestejnomyěrnost pramene.....	93
3.2.2	Stanovení podílu len viskóza (LI/CV) v textilním produktu	94
3.3	Lnářská směsová příze 55%len/45%viskóza.....	97
4	ZÁVĚR.....	104

1 ÚVOD

Jednadvacáté století je století vědy a výzkumu kde je světový trh zaplaven novými technologiemi a novými materiály ve všech odvětví průmyslu. V samotném textilním průmyslu se vyvíjí nové stroje a technologie pro kvalitnější a rychlejší zpracování přírodních surovin či výroby syntetických vláken. Principy výroby přízí jsou stále tradiční, ale nové materiály přináší nové využití.

Mezi průmyslově zpracovávanou rostlinu patří i len. Výzkumná činnost v lnářském odvětví textilního průmyslu je zaměřena na vyšlechtění odolnější rostliny vůči chorobám a škůdcům lnu, dále pak na rozšíření kvality a konkurenceschopnosti odrůd lnu v závislosti na metodě zpracování rostliny. Rovnoměrně s výzkumem probíhá vývoj technologie zpracování lněného stonku. Jedná se o vývoj strojů určených na sklizeň lnu (firmy Dehont, Union, Depoortere atd. [1]) nebo na samotné zpracování stonku lnu (firmy Laroche, CNIILKA, Kardotex, Rieter atd. [2]).

Charakteristickým znakem lnu je dlouhé a pevné vlákno složené z elementárních vláken, které nelze bez kotonizace (chemické či mechanické zkracování vláken) směšovat se syntetickými vlákny a tak je jeho použitelnost značně omezena.. Současný trend „návrat k přírodě“ pozitivně ovlivňuje trh s lněnými výrobky. Právě výše uvedená kotonizace umožňuje lněným vláknům proniknout do oděvní výroby a zákazníkům nabídnout kvalitní materiály, které si zanechávají svůj naturalistický vzhled.

Rešeršní část diplomové práce je věnována rostlině lnu a to v plném rozsahu od zasetí až po výrobu příze, dále je zde uvedena charakteristika rozvolňovacího zařízení REA 120, na kterém byla provedena kotonizace lnu.

Podstatou experimentální části diplomové práce je zjišťování vlastností vstupní suroviny, meziprojektu (kotonizovaná surovina, pramen) a výsledné směšové rotorové příze s následným porovnáním naměřených hodnot s hodnotami od dodavatele. Při zjišťování jednotlivých vlastností byly použity metody, které jsou osvědčeny na bavlněné surovině, tak i nově vyvinuté experimentální metody, které umožňují zkoumat svazky vláken i přízi z nich vyrobených.

V závěru práce je vyjádřena vhodnost použitých metod zjišťování vlastností na zkoušené suroviny a přízi. Je zde také uveden vliv zařízení REA 120 na průchozí materiál tzn. jaká intenzita kotonizace byla dosažena po průchodu strojem.

2 REŠERŠNÍ ČÁST

Rešeršní část diplomové práce se zabývá popisem textilní rostlinné suroviny lnu, od zasetí po konečné vypředení příze, je zde také zmíněna charakteristika textilní suroviny viskózy, která byla se lnem směsována. Dále rešeršní část popisuje patentové zařízení REA 120 firmy Rieter CZ a.s. závod Vamberk, které je porovnáno s čistírenskými linkami dalších výrobců.

2.1 Len

V dřívějších dobách se lněné vlákno používalo na výrobu lan, motouzů, plachet kde byla především ceněna vysoká pevnost vlákna, která se za mokra zvyšuje. Postupně se lněné výrobky prosazovaly i v domácnostech, kde je využita savost a nízká chlupatost vlákna (stolní prádlo), dále pak ložní prádlo, dekorační tkaniny atd.

Lněné vlákno se jen těžko prosazovalo v oděvní výrobě, neboť se vyznačuje vysokou mačkovatostí, tuhostí a malou tažností, která snižuje uživatelské vlastnosti oděvu. Eliminace těchto „negativních“ vlastností lze částečně provést směsováním lněné suroviny se syntetickými vlákny, které si vyžaduje kotonizaci lněných vláken. Výsledná tkanina se tak stává poddajnější a vhodnější pro oděvní výrobky.

2.1.1 Charakteristika lnu

Len náleží do čeledi rostlin lnovitých – Linaceae. Nejvýznamnější postavení z 22 rodů této čeledi má len setý – *Linum usitatissimum*, který je rozšířen ve všech světadílech [3].

Z hospodářského hlediska se len setý dělí na dva vyhraněné typy[3]:

- len přadný
- len olejný

Mezi tyto typy se řadí i přechodný typ:

- len olejnopřadný

Len přadný

Dorůstá výšky až *130 cm*, stonek je dlouhý tenký a slabě rozvětvený, ve spodní části se zpravidla nevětví a obsahuje poměrně jemné dlouhé technické vlákno. Tobolky mají menší vzrůst a drobnější semena obsahující cca *35 %* oleje, květ přadného lnu je uveden na obr.1.

Len olejný

Stonek je krátký, hrubý, více rozvětvený a olistněný. Květ je střední až větší, tobolky jsou většího vzrůstu, semeno je s vyšším obsahem oleje (až *40 %*).

Len olejnopřadný

Přechodový typ lnu, který vznikl křížením lnu přadného a olejného. Stonek je hrubší, poněkud kratší. Květy, tobolky a semena většího vzrůstu než u lnu přadného.



Obr. 1: Květ přadného lnu [5]

2.1.2 Morfologie stonku [3]

Lněné vlákno je získáváno ze stonku lnu. Stonek se skládá z pokožky, lýkové části, kambia, dřevní a dřeňové části (obr.č.2).

Pokožku tvoří vrstva těsně přiléhajících zploštělých buněk s četnými průchody a je zpevněna kutikulou (vrstva na vnějším povrchu pokožkových buněk složena z kutinu a vosků, je chemicky odolná a téměř nepropustná pro plyny včetně vodní páry [4]).

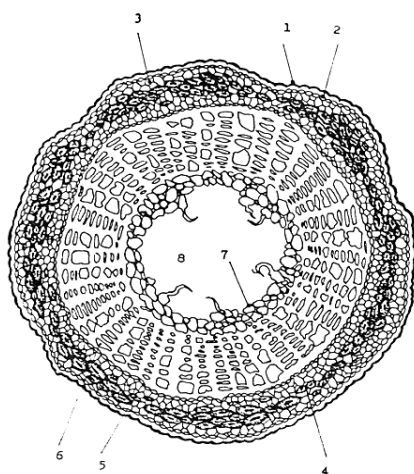
Pod pokožkou se nachází lýková část tvořící až 50 % hmotnosti stonku. Její primární kůru tvoří (2 – 7) vrstev houbovitého pletiva (parenchym – typ základního pletiva se zásobní a fotosyntetickou funkcí) s velkými mezibuněčnými prostory. Na stavbě pletiva se podílí především pektin (skupina polysacharidů v základní hmotě buněčné stěny [4]), buňky pletiva obsahují chlorofyl, cukry, třísloviny, zbytky protoplazmy a glykosid linamarin. Nejhlubší vrstvu primární kůry tvoří těsně přiléhající parenchymatické buňky (škrobová pochva).

Pod svazky lýkových vláken je sekundární lýková kůra z houbovitého parenchymu. Rozhraní mezi lýkovou částí a dřevní částí tvoří kambium – laterální meristém (dělené pletivo specializované na tvorbu nových buněk), který produkuje sekundární vodivá pletiva [4]). Dřevní část (dřevo, dřevovina) představuje (50 – 60) % celkové hmotnosti stonku, tvoří ji vodivý systém, dřevní parenchym a libriformní buňky. Dřevovina je tvořena převážně kambiem. Dřevní část je nejslabší vyvinutou částí stonku a je složena z tenkostěnného, křehkého parenchymu.

Vláknem je uloženo v lýkové části stonku, tvoří ho svazky (technické vlákno, obr. 5) vzájemně spojených klínovitě protáhlých buněk, tzv. pravláken (elementární vlákno). Pravlákno (obr. 3,4) má tvar trojbokého až šestibokého vřetenového hranolu, který je na obou koncích zašpičatělý. Odchylný tvar a zakončení je znakem špatné jakosti. Stěna pravlákna se skládá ze čtyř zřetelných částí – primární, sekundární, terciární a kvartérní lamely. Po celé délce pravlákna probíhá vnitřní částí stejnoměrná kanálkovitá dutina, tzv. lumen okrouhlého tvaru.

Nejdůležitější složkou vlákna je celulóza, která tvoří asi 75 % jeho hmoty dále absorbovaná vlhkost 12 %, látky pektinové 4 % a látky lignitové 7 %. Pektiny stmelují stěny elementárních vláken, svazky vláken a pletiva stonku. Pektiny se vyskytují ve dvojí formě tj. snadno rozštěpitelný pektin „A“ a pektin „B“, který prostupuje střední lamely elementárních vláken a je těžké ho rozložit. Lignin je fenypropanový heteropolymer, který impregnuje buněčné stěny, zvyšuje mechanickou pevnost a snižuje propustnost stěn [4].

Optimální technická délka lnu je v rozmezí (600 – 750) mm, tloušťka stonku (1,3 -1,7) mm.

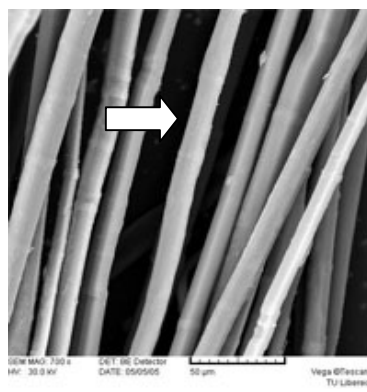


- 1 – kutikula – blanka pokrytá vosky
- 2 – epidermis – pokožka tvořící s kutikulou obal stonku, který chrání rostlinu před vnějšími škodlivými vlivy
- 3 – parenchym – tenkostěnné buňky se zásobními výživnými látkami
- 4 – svazky lýkových vláken
- 5 – kambium – dělivé pletivo tvořící nové buňky
- 6 – dřevovina – tlustostěnné buňky zpevňující rostlinu
- 7 – dřev
- 8 – dutina

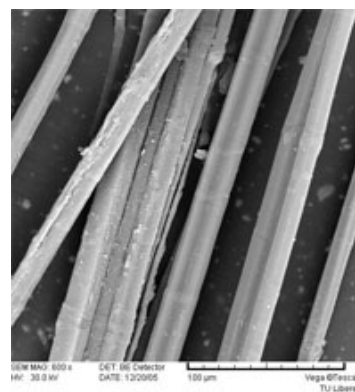
Obr. 2: Příčný průřez stonkem prádneho lnu [7]



Obr. 3: příčný řez elementárním vláknem



Obr. 4: elementární vlákna lnu



Obr. 5: svazky elementárních vláken lnu

2.1.3 Pěstování a sklizeň lnu

Při pěstování lnu hraje důležitou roli teplota ovzduší, četnost srážek, povětrnostní podmínky a relativní vlhkost. Pokud tyto klimatické podmínky nejsou vyvážené, dochází k nedostatečnému výnosu stonků a jakosti vlákna. Za cíl si tedy pěstování klade dobrý výnos nepolehlých, zdravých rovných stonků s technickou délkou nad 45 cm, stejnoměrné délky a tloušťky, vysokou výdajnost kvalitního vlákna, správnou barvu a čistotu stonku.

Příklady odrůd setého lnu v ČR

- SUPER (registrace roku 1991), MERKUR (1995), BONET (1996), JORDÁN, TÁBOR

Výše uvedené odrůdy lnu vznikly z hybridní populace po křížení sovětské odrůdy LUČ a holandské odrůdy NATASJA, holandské odrůdy NATASJA a francouzské odrůdy FD-121, ruské odrůdy TORŽOSKIJ a francouzské odrůdy ARIANE. Zbarvení květu je od světle modré až do fialové se středně dlouhou dobou vegetace. Odrůdy mají spolehlivý nebo velmi dobrý výnos vlákna, stonku i semene, vysoký obsah vlákna, vysokou nepoléhavost a odolnost vůči fusariose [8].

Růstové fáze [7]

1. Klíčení (vzcházení) - nutně potřebná dostatečná vlhkost, trvá (5 – 8) dnů.
2. Fáze stromečku - potřebná vlhkost nad 69 % Rv, trvá (10 – 5) dnů – vytváření lístků.
3. Fáze rychlého růstu - rozhoduje o výnosu stonků a kvalitě vlákna, (20 – 28) dnů.
4. Fáze butonizace - zakládání poupata.
5. Fáze kvetení - objevují se barevná poupata, (5 – 8) dnů.
6. Fáze zrání - ukončuje se formování svazku vláken.

Každý stupeň zrání je charakterizován změnou barvy stonku, opadáváním listů, žloutnutím tobolek a vybarvováním semen. Nejpříznivější doba pro sklizeň lnu je mezi (85 – 95) dny po zasetí.

Stupně zralosti [7]

- A. Zelená zralost – asi 70 dnů po zasetí, vlákno je jemné, málo pevné s malým obsahem ligninu (0,5 %) – v tomto období platí zákaz sklizně lnu.
- B. Raná žlutá zralost – nejvýhodnější stupeň pro získání stonku s největším obsahem pevného a dlouhého vlákna – nejvhodnější doba pro sklizeň.
- C. Žlutá zralost – svazky začínají dřevnatět ligninem (až 2 %).



Obr. 6: Plná zralost

- D. Plná zralost – získává se semeno na setí, obsah ligninu až 4 % - nevhodná doba sklizně lnu pro vlákno. Ukázka plné zralosti lnu je uvedena na obr. 6.

Choroby a škůdci lnu [9]

Len je při svém růstu napadán různými škůdci a chorobami, které znehodnocují kořen, stonky a tobolek lnu. Tyto choroby negativně ovlivňují další zpracování lnu a mají vysoký vliv na kvalitu získaného vlákna.

- Fyziologické choroby
 - *Fyziologické vadnutí lnu*: rostliny žloutnou, vadnou a odumírají (není poškozen kořen).
 - *Polehání lnu*: způsobeno různými příčinami (půdní, klimatické podmínky, popínavé plevely), choroby krčků rostlin, nebezpečné hlavně v době květu nebo tvorby tobolek.
- Mykosa
 - *Choroby kořene lnu*: komplexní onemocnění, které napadá hlavně mladé rostliny (žloutnou, vadnou a zasychají) – spála lnu, černá hniloba kořene lnu, hnědá hniloba kořenu lnu.
 - *Septorióza lnu*: napadá len v době nasazování tobolek, způsobuje odpadnutí listů, z listů přechod na stonky a tobolek, choroba poškozující lýková vlákna, jež se při zpracování trhají.
 - *Rez lnová*: na listech letní výtrusy způsobující předčasné opadávání listů, po odkvětu se na stoncích a tobolekách vyskytují zimní výtrusy, které narušují lýková vlákna a způsobují jejich trhání při zpracování.
 - *Antraknóza lnu*: napadá len ve všech fázích růstu, listy mají černé vodnaté ostře ohraničené skvrny, stonky hnědočerné fialově ohraničené skvrny způsobující lámání lodyhy.
 - *Hnědnutí a lámavost lnu*: napadnutí mladé rostliny (přechod z děložních lístků na stonky, které se v místě poškození lámou), ale i v době květu a zrání tobolek (hnědnutí stonku).
 - *Fusariosa lnu*: černání klíčků a kořene mladých rostlin (rostliny padají), před nasazení květů způsobuje vadnutí, hniloba kořene.
- Drepčík lnový : tmavě zbarvený brouk, z jara nalétává na porosty lnu a ožírání děložní lístky, může způsobit úplné zničení porostů.

- Třásněnka lnová : šedě až černě zbarvený hmyz, škodí lánům na nejmladších pletivech rostlin, na vegetačních vrcholech (zasychají), takto poškozené rostliny vytvářejí nadměrné větvení lnu a tím je snížena technologická hodnota lnu. Třásněnky napadají i poupata a květy, které usychají.

Sklizeň lnu [10]

Přímá sklizeň lnu: zatím nejčastější metoda sklizně lnu použitelná od rané žluté zralosti do plné zralosti. Jedná se o trhání spojené s odsemeňováním lnu závěsnými jednořádkovými sklizeči. Její přednost spočívá v současném odsemeňování a pokládání stonku k rosení.

Dělená sklizeň: samostatné trhání a pozdější odsemeňování spojeným s obracením. Vzhledem k technologii je možné začít s trháním v časnější době. Druhá etapa odsemeňování, je ale závislá na klimatických podmínkách neboť při nepříznivém počasí může dojít ke ztrátě semene.

Sušení stonku: dosušení musí být provedeno do dvou hodin po odsemení lnu, jinak dochází k zapaření hmoty a rychlému zhoršení biologické hodnoty semene. Výčesky (směs tobolek, plevelů a stonku) se dosušují převážně v roštových sušárnách s aktivním sušením studeným nebo předehřátým vzduchem.

Klasická sklizeň lnu je závislá na klimatických podmínkách a také se při ní používají drahé jednoúčelové stroje, proto se výzkum zaměřuje na netradiční sklizně lnu. Místo klasické metody výroby dlouhého vlákna se prosazují technologie získání krátkého vlákna (bavlnářský stapl) z částečně naroseného stonku. V německých zemích se testují nové pracovní postupy výroby volně loženého vlákna (wirr – neupořádaný), které částečně oddřevňují stonky na poli nebo v tírně. U Voigsdorfské technologie dochází k oddřevnění v tírnách [11].

2.1.4 Metody získávání vlákna a přípravné fáze pro vlastní předení lnu

Po sklizni lnu, při které dochází k vytrhávání stonků se současným odsemeňováním, následuje uvolňování vlákna ze stonku lnu. Uvolňování vláken je provedeno za pomoci několika metod.

2.1.4.1 Metody uvolňování vláken [3]

- a) Biologické – rosení, studenovodní i teplovodní máčení.
- b) Fyzikální – aerobní máčení, propadla.
- c) Chemické – bělenec, metoda UPL.
- d) Mechanické – metoda zeleň, linotal.

ad a) Biologické metody [3]

Nejčastější metodou uvolňování vláken je *rosení*. Rosení je biologický proces rozkladu pektinových látek, spojující svazky s pletivem lýkové kůry a dřevoviny, probíhá enzymatickou činností, především za pomoci plísní. Nejpříznivější doba je na konci srpna a začátku září, doba trvání max. (3 – 4) týdny, za teploty (18 – 20) °C.

Studenovodní máčení: máčení lnu ve stojatých vodách po dobu několika týdnů.

Teplovodní máčení: působení bakterií v teplovodních máčárnách).

- z hygienických důvodů se dnes metody nepoužívají

ad b) Fyzikální metody [3]

Aerobní máčení: působení mikroorganismů v neustále se pohybující lázni, která je provzdušňována a hodnotu *pH* si udržuje v blízkosti neutrálního bodu).

- metoda se dnes pro ekonomickou ztrátu nepoužívá

Metoda Proparka: vytříděný stonek je máčen cca 1 hodinu v teplé vodě, následuje tlakové propařování v autoklávech s konečným propíráním).

- metoda vhodná pro výrobu hrubých přízí a tkanin

ad c) Chemické metody [3]

Bělenec: odřevnění zeleného stonku na lámacím stroji s následným, zpracováním v aparátech s teplou cirkulující lázní siřičitanu sodného, propírání v teplé vodě, máčení v lázni kyseliny octové a sušení).

Metoda UPL: proplachování stonku vodou, hydroxidy a kyselinami s následným proplachováním a ždímáním stonku

– metoda fyzikálně chemická, dnes se již nepoužívá.

ad d) Mechanické metody [3]

Metoda Zeleň: přímé zpracování neroseného stonkového lnu na turbínových linkách.

- z důsledku hrubosti a špatné spřadatelnosti získaného vlákna se metoda dnes nepoužívá

Lintotal: získávání jednotného lněného vlákna z neroseného, popř. mírně naroseného stonku lnu, které se předlo na koudelových systémech nebo vlnářskou technologií

– pro technologickou náročnost (dlouhá pracovní linka) se metoda v praxi neuchytila

Kotonizace

Výroba krátkého, elementárního vlákna, o staplové délce (30 – 60) mm, které může být spřádáno bavlnářským nebo vlnářským technologickým způsobem.

Způsoby uvolňování vlákna:

- a) Mechanický – metoda řezání, metoda rozvolňování
- b) Chemický
- c) Fyzikálně chemický

Výsledným produktem je kotonin, který lze vyrábět buď z roseného, máčeného nebo zeleného vlákna, nebo přímo z neroseného stonkového lnu na kontinuálním zařízení pro chemickou kotonizaci kombinovanou s mechanickým oddřevňováním stonku a s příslušnou dodatečnou úpravou suroviny [4].

V dnešní době je velmi časté použití enzymatické kotonizace s použitím dalších chemických úprav (alkalická vyvářka, peroxidové bělení apod.) Na základě laboratorních zkoušek se jako výhodný enzym prokázala výsledná kombinace enzymů Texazym BFE a DLG, který sníží obsah ligninu ve vláknech o 52 % a dosáhne zjemnění vláken o 12,8 % Mic.

Další možné použití enzymů je při chemickém zpracování lněných přástů před mokrým dopřádáním do příze, při chemických předúpravách tkanin a pletenin s obsahem lýkových vláken jako náhrada alkalické vyvářky, při zušlechťovacích postupech antipilingu, pro dodání speciálních omaků (boipolishing) a nebo jako enzymové opírání k dosažení „stonewash“ efektu lze použít též ke zpracování hotové konfekce (kalhoty, košile, povlaky apod.) [13].

2.1.4.2 Tírenské zpracování stonkového lnu

Cílem tírenského zpracování stonkového lnu je získání vysokého množství dlouhého vlákna středních a vysokých kvalit a dobře spřadatelných tírenských koudelí. Pro vysokou výslednou jakost zpracovávaného materiálu je potřebná kvalitní vstupní surovina.

Tírenské zpracování lnu se provádí a tzv. *potěrací turbíně*. Zařízení je sestaveno tak, aby se stonky lnu postupně mechanicky přiváděly od jednoho ústrojí k druhému a nedocházelo k přehlcení stojů nebo ucpání jednotlivých uzlů.

Výsledný produkt operace obsahuje vysoké množství dlouhých vláken, dobrou vypracovanost kořenů, středů i špičkové části dlouhého vlákna, co možná nejnížší obsah organických a anorganických nečistot, prachu, plevelů, pazdeří a minimální množství poškozených vláknenných svazků. Odpadem operace jsou výčesky (z vyčesávacího stroje) a hačky (z vlastní potěrací turbíny), které jsou následně zpracovávány na koudelové zušlechťovací soupravě [3].

Strojní zařízení potěrací turbíny [3]: - nakládací stůl – vyčesávací stroj – rovnač stonků – pětiválcový kalandr – potěrací stroj pro špičkovou část stonků – zařízení na přepínání stonků – potěrací stroj na kořenovou část stonků – transportní zařízení na dopravu haček a pazdeří – vytřásací stroj – odsávací stroj – elektroinstalační zařízení

Tato technologie má tři základní na sebe navazující fáze [7]:

1. Přípravná – uspořádání lněných stonků do stejnoměrné vrstvy.
2. Narušení pletiv – mezi dřevovinou a svazky vláken mechanickými prostředky.
3. Čištění a oddělování dlouhého vlákna na čistící, potěrací, oflakovací nebo jiné mechanické soupravě.

1. Fáze - Přípravná fáze

Příprava stejnoměrné a urovnané vrstvy stonkového lnu pro potěrací turbínu.

Zařízení potřebné pro tuto fázi [3]:

- a) rozbalovací zařízení
- b) podávací stůl turbíny
- c) vyčesávací stroj
- d) rozprostírač stonku
- e) rovnač stonku
- f) zešíkmení vrstvy před vstupem do lamačky.

ad a) Rozbalovací zařízení: Odvinování rolí stonkového lnu s proložením svinované vrstvy dvěma provázky. Odvinování probíhá na vodorovných pracovních válcích, v bočním směru je role držena vodícími plechy.

Oddělování vrstvy je usnadněno odtahováním horního prokládacího provázku. Celistvost role při odvalování po pracovních válcích je zajišťována spodním provázkem. Oba provázky jsou vedeny na odvíjecí hlavy a soukány na křížové cívky.

Ve směru toku materiálu jsou před pracovními válci se zpětným pohonem zařazeny válce sloužící k přípravě další role pro odvíjení. Na přípravné válce je role nakládána z úrovně podlahy hydraulickým zvedacím zařízením.

ad c) Vyčesávací stroj: Úkolem zařízení je vyrovnání a paralelizace jednotlivých stonků lnu do rovnoběžné polohy. Vyčesání zkřížených a krátkých stonků ze špičkové i kořenové části, vytvoření hrstí stoků pro základ „koberce“ pro další zpracování stonku.

Vyčesané odpady tzv. výčesky jsou odtahovány zpod stroje a zpracovány na koudelové zušlechťovací soupravě.

Stroj je opatřen dvěma skupinami po třech vyčesávacích hřebenech, jejichž uložení je vždy ve svislé poloze. Hřebeny zabírají do koberce přiváděného stonku, vyčesávají pocuchané stonky a urovnávají je do rovnoběžné polohy.

ad d) Rozprostírač stonku: Rozprostírání a zeslabování přiváděné vrstvy stonkového lnu (průtah – podávací rychlost rozprostírače je nižší než odváděcí) obstarává hrabice se čtyřmi rameny. Postupné ponořování ramen do koberce

přiváděného stonku způsobuje posouvání stonku kupředu ve směru toku materiálu v malých hrstích, tím je stonek zeslabován a rozprostírán.

ad e) Rovnač stonků: Velmi důležitým faktorem pro mechanické zpracování stonkového lnu na lnářské turbíně je urovnání stonku v kořenové části. Posunutí stonku v otepích nebo rolích má velmi nepříznivý vliv na výdajnost dlouhého vlákna.

Z tohoto důvodu jsou lnářské turbíny opatřeny tzv. rovnači stonků, které mají za úkol tyto nerovnosti vyrovnat a srovnat kořenovou část do jedné roviny.

ad f) Zešikmení vrstvy před vstupem do lamačky: Je obstaráváno dopravními pásy s regulovanou rozdílnou rychlostí v kořenové a špičkové části.

2. Fáze - Narušení pletiv

Propracování stonkového lnu lámáním tzn. narušení pletiv mezi dřevinou a svazky vláken.

Dnešní lámací stroje jsou dělené pro samostatné lámání špičkové a kořenové části stonkového lnu se sedmi páry lámacích válců a třemi páry kalandrovacích válců.

V první polovině stroje dojde k polámání špičkové části stonku, v druhé polovině stroje je zpracována kořenová část. Výsledkem této fáze je dobře rozlámaná dřevovina stonku s minimálním poškozením svazků vláken.

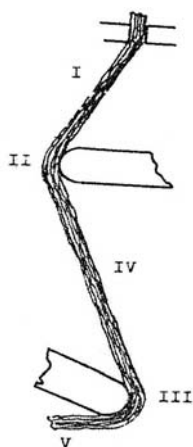
3. Fáze - Vlastní potěrací turbína

Cílem potěrání (oflakování stonku) je bezpečné oddělení dřevoviny tj. pazdeří od svazků vláken a jejich následné zjemnění a vyčištění. Proces potěrání na strojích bubnového typu je zajištěn úderem potěracího nože do přiváděné zeslabené a polámané vrstvy stonkového lnu. Nože křídlenů se pohybují po kruhové dráze. Stonek se při tomto procesu odklání a naráží na odpor vzduchového prostředí. Následkem toho vzniká tlak stonku na hranu potěracího nože (obr. 7). Při správném nastavení otáček křídlenů nedochází k zvýšení tahového napětí oproti pevnosti vlákna, ale dobře se odstraní zbytky pazdeří a jiná ochranná a spojovací pletiva, tím se vlákno zjemňuje.

Odpadem u potěrací turbíny jsou „hačky“ padající pod strojní zařízení, které jsou pneumaticky odváděny ke koudelové zušlechťovací soupravě.

Při stanovení optimálních provozních podmínek pro získání kvalitního dlouhého vlákna je nutné věnovat pozornost následujícímu:

- Správné zpracování a vyčištění lněného vlákna po celé jeho délce.
- Síla vrstvy potěraného stonku. Při slabší vrstvě je možné snížit obrátky potěracích bubnů, snížení obrátek je příznivé pro výdajnost dlouhého vlákna.
- Rovnoměrné plnění transportních pásů stonkem.
- Stanovení počtu obrátek křídlenů v souvislosti s rychlostí transportního pásu, tzv. intenzita potěrání. Při správně volených obrátek křídlenů nedochází k porušení dlouhého vlákna, docílí se dělitelnosti vlákna, nedochází k usekávání špičkových nebo kořenových částí.



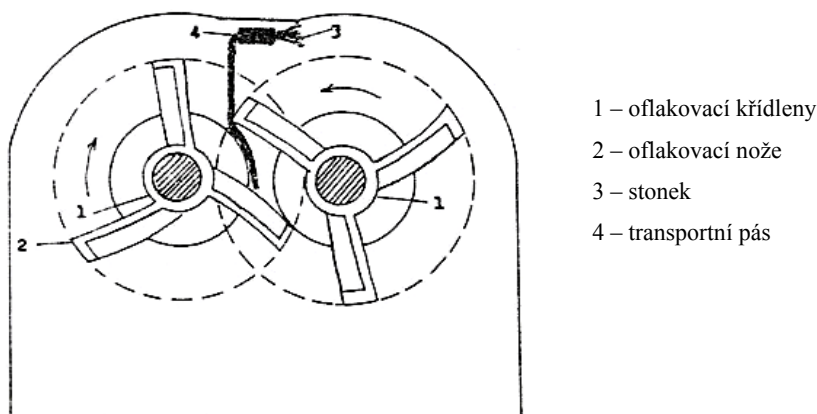
- I – úsek od bodu upnutí stonku až po dotyk a potěracím nožem
- II a III – úseky, ve kterých stonkem obchází okolo potěracích nožů
- IV – přímočarý úsek, jehož směr je podmíněn polohou obcházejících potěracích nožů
- V – úsek volného konce

Obr. 7: Schematické znázornění úseků pohybu stonku v poli potěrání [7]

Postup zpracování stonku na lnářské turbíně [3]:

- Stonkem je upnut pásy, které ho dopravují do rozvolňovacího ústrojí a dále pak do vyčesávacího stroje. Jedná se o mechanické rozvolňování a předkládání stonku turbíně. Vyčesávací stroj odstraňuje ze špičkové části stonku pocuchaná místa a rovnoběžně urovnává předkládanou vrstvu.
- Koberec stonkového lnu částečně urovnaný vyčesávacím strojem přejímá rovnač stonku dvěma speciálními pásy. Stonkový len je urovnáván příčným směrem.
- Přebírání vrstvy lnu lámacím strojem, který se skládá z příváděcího transportního zařízení, hladkých kalandrovacích válců a lámacích pásů. Lámání a kalandrování probíhá v posunutých vrstvách.

- Z lámacího stroje přejímá stonk transportní pás a odvádí ho k potěracímu ústrojí, k oflakovacím křídlenům (obr. 8).
- Potěraný materiál je pevně držen mezi pásem a lištou přibližně v jedné třetině své délky. Konce stonků visí mezi otáčejícími se křídleny. Potěrané vlákno je za pomoci náběžných plechů a proudu vzduchu přemístěno pod druhý pás. Část stonku ležící pod transportním pásem první sekce se postupně uvolní a přejde do druhé potěrací sekce, kde dochází opět k potěraní.
- Vlákno vycházející z potěracích agregátů je ukládáno na potěrací lištu, ze které je odebíráno, hrst'ováno a hrubě tříděno.



Obr. 8: Průřez oflakovací turbínou [3]

2.1.4.3 „Strojní“ vochlování

Vochlování tj. strojní pročešávání hrstí upevněných ve skřipci je provedeno ojhlenými (vochlovacími) pásy.

Podstatou této technologie je odstranění krátkých, pocuchaných a nepevných vláken od dlouhých a pevných vlákenných svazků, štěpení vlákenných svazků pro zvýšení stejnorodosti délek svazků o vyšší jemnosti technických vláken, odstranění nečistot, plevelů a pazderí, urovnání vlákenných svazků do podélně pročešaných hrstí.

Operace vochlování se realizuje na dvou typech strojů [3]:

1. Vochlovací stroje skřipcové s diskontinuálním způsobem vochlování.

2. Kontinuální vochlovací "Kovo" stroje; nahrazení skřípců spodní profilovanou pevnou lištou pro kvalitnější transport třásní lnu strojem.

Strojní složení skřípcového vochlovacího stroje [3]: přední automat – zadní automat – pravá část vochlovacího stroje pro kořenovou část třeného lnu – levá část pro špičkovou část třeného lnu.

Vlastní činnost stroje [3]:

- Po kolejnici předního automatu se za pomoci vodících klapek posouvají skřípce ke klíči, který uvolní skřípce s následným rozevřením a vložením hrsti třeného lnu do skřípce.
- Posunutí skřípců z předního automatu do pravé části stroje, kde je provochlována kořenová část hrsti. Skřípce se v tomto poli posouvají o jedno vochlovací pole tzn. postupné vochlování hrsti jemnějším ojhlením.
- Vysunutí skřípce z pravé části stroje do zadního automatu. Zde se klíčem uvolní skřípce a protahovací zařízení přetáhne hrst tak, aby neprovochlovaná část visela ze skřípce. Přípravení skřípce klíčem pro posuv do levé části stroje.
- Posuv skřípce levou částí stroje, zde je vochlována špičková část hrsti třeného lnu.
- Pod oběma částmi stroje jsou uloženy protisměrně se otáčející vochličkové pásy, z nichž je za pomoci kartáčů snímána vyčesaná vochlovaná koudel s následným uložením do truhlíku pod strojem.

Pro vysokou výtěžnost a kvalitu (jemnost) vochlovaného lnu je důležitá správnost vzájemného nastavení jehel a rozsazení jehel na vochlovacích pásech proti sobě tj. intersekcce. Vochlovací pásy jsou na vstupu upevněny do polohy pozitivní (mezi horním a spodním ojhlením pasů je určitá mezera), ve střední části se jedná o polohu nulovou (jehly se téměř dotýkají), v konečné výstupní poloze je nastavení záporné (jehly zasahují do sebe) [3].

2.1.5 Výroba koudelí

Kvalita koudele je závislá na čistotě a délce vláken, dále musí být dobře propracovaná, měkká, dobře štěpitelná, pevná, nezauzlená, dlouhá, barevně jednotná celkově dobře spřadatelná, stapl rovnoměrný s co nejnižším obsahem krátkých vláken.

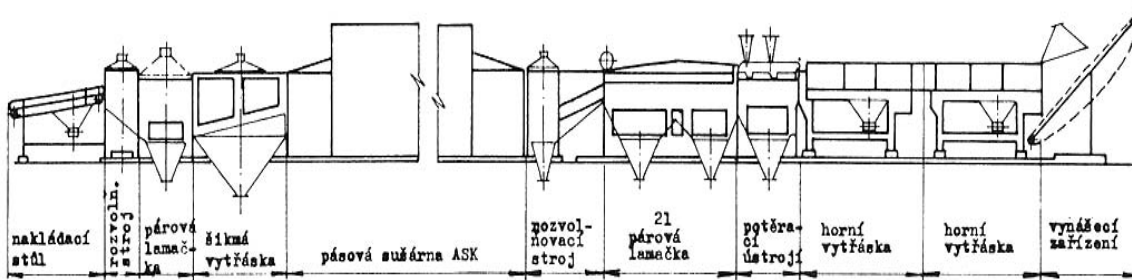
Všechny tyto požadavky jsou ztěžovány okolnostmi:

- Koudel je vyráběna z nesourodé suroviny. Výčesky a hačky z kořenové a špičkové části stonku jsou diametrálně odlišné ve svém charakteru. Je to způsobeno strojním trháním, odsemeňováním, obracením a sběrem stonků [7].

Pro získání kvalitního krátkého vlákna je třeba použít surovinu o relativně nízké vlhkosti cca 6 %. Při této vlhkosti dobře tvrdne dřevovina, lépe se narušuje a odděluje od vlákna. Z tohoto důvodu je do procesu výroby koudelí zařazena komorová sušárna s teplotou vzduchu do 60 °C [3].

Výroba koudele se provádí na *koudelové zušlechťovací soupravě* (obr. 9).

Složení koudelového systému [3]: - nakládací stůl – rozvolňovací stroj I. – lámací stroj I. – vytřásací stroj – komorová sušárna – rozvolňovací stroj II. – lámací stroj II. –



Obr. 9: Příklad schématu koudelového systému [3]

potěrací stroj – vytřásací stroj – odkládací zařízení – odsávací a transportní zařízení

Výroba koudele je složena z těchto operací [3]:

- odstranění volného pazdeří přepouštěním materiálu přes vytřásací stroj
- sušení materiálu
- koudelové potěření
- opakované vytřásání

- e) odstraňování nedopracovaných chomáčků krátkého vlákna
- f) třídění a lisování hotového výrobku.

Postup výroby koudele [3]:

- Zpracováváný materiál je nakládán na dopravní nakládací stůl, dále je přiváděn k rozvolňovacímu stroji I. Zde se naložená vrstva protáhne a rozvolní pomocí válců (ojehlené, hrubozrně rýhované, s drážkami upravenými do šroubovice).
- Lámací stroj I předláme nahrubo dřevnatou část stonků pomocí několika párů vzájemně do sebe zabírajících rýhovaných válců. Odtah materiálu z lámacího stroje je proveden odtahovými válečky.
- Šikmým vytřásacím strojem je vyklepáváno pazdeří a materiál je postupně dopravován do sušící komory. Ze sušící komory pokračuje materiál do dalšího rozvolňovacího stroje II a následně pak k lámacímu stroji II.
- Potěrací stroj je složen z válců potěracích, přidržovacích, dopravních a válců odebíracích. Dopravní a přidržovací válce jsou lehce rýhované, potěrací válce mají žebrovaný profil. Proces potěření spočívá v mnohonásobném a opakovaném oflakování materiálu a v čistícím účinku potěracích nožů na vlákno.
- Horní vytřásací stroj je složen z kmitavých ojhlených tyčí a ojhleného dopravníku unášejícího koudel. Koudel je rozrážena dlouhými kmitajícími jehlami, které ji urovnávají a vyklepávají zbytky pazdeří z koudele. Odváděcí ojhlený dopravník odebírá vyklepanou koudel a přivádí ji na laťkový stůl, kde je tříděna podle čistoty, barvy, délky, pevnosti a vyrovnanosti. Vytríděná koudel se zvlhčuje a lisuje do balíků.

Výstupní surovinou z koudelové zušlechťovací soupravy je tírenská lněná koudel a odpad.

2.2 Předání lnářských přízí

Pro zpracování lněných vláken do jednotlivých druhů přízí je rozhodující výchozí délka suroviny (vláken). Dlouhé vohlované vlákno je určeno pro výrobu přízí lenek a krátké pro koudelové příze nebo příze koudelek česaných.

Základní zpracování lněných surovin je provedeno dvěma způsoby:

- a) zpracování dlouhého lněného vlákna do příze „lenka“
- b) zpracování krátkého lněného vlákna, lněné koudele do příze „koudelka“, případně do příze „koudelky česané“

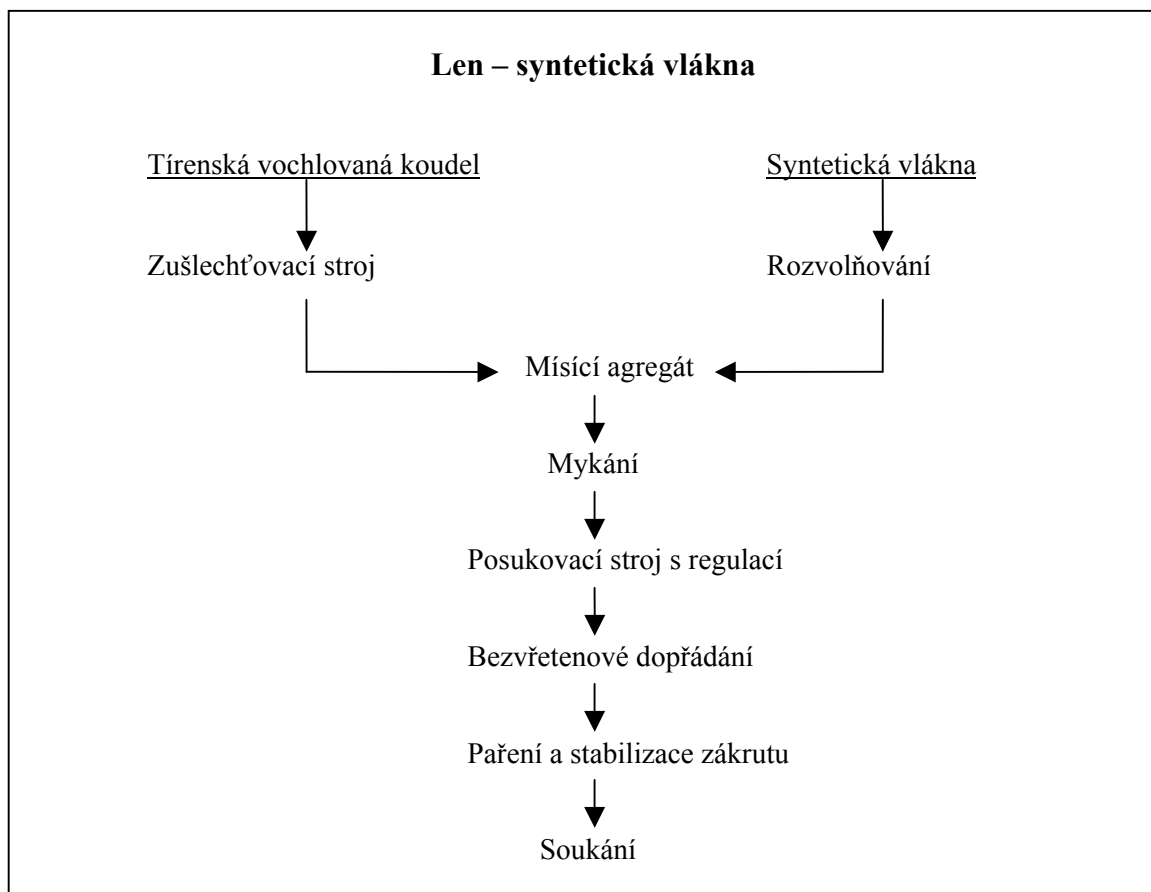
V dnešní době je velmi rozšířeno směsování lněných vláken s vlákny syntetickými. Postup výroby lněné směsové příze proto můžeme uvést jako způsob:

- c) předání lnářských směsových přízí.

Některé negativní vlastnosti lnu z části ovlivňují spřádací proces. Jedná se o značnou tuhost, hrubost vláken, malá pružnost a ohebnost. Oproti těmto negativním vlastnostem má lněné vlákno své nenahraditelné vlastnosti, jako je vysoká nasáklivost, lesk, specifický omak, nenapodobitelný lněný efekt. Pro směsování se nejčastěji používá *PESs*, *CVs*, ale i *PAN*, *PA*, *PP* a některá další syntetická vlákna.

2.2.1 Charakteristika technologických operací při předení lnářské směšové příze

Příklad výroby lnářských směšových přízí je schematicky znázorněn na obr. 10.



Obr. 10: Příklad výroby lnářské směšové příze

Trhání lněných vláken

Přizpůsobení staplu lněných vláken vláknům, se kterými budou směšována, se dosahuje buď řezáním nebo trháním lněného vlákna. Při řezání dochází k nárůstu krátkých vláken. U technologie trhání se snižuje množství vláken pod 50 mm (obr.11). Ke snížení dochází tím, že v průběhu trhání je pramen částečně čištěn od krátkých vláken, pazdeří a plevele. Stapl po trhání je pro předení více výhodnější než stapl před trháním lnu, jak je zřejmé i z obr. 10.

Pracovní část stroje je rozdělena na tři zóny a je složena z napínacího zařízení tří párů válců. První zóna je napínací (předprůtahová), druhá a třetí jsou zóny trhací.

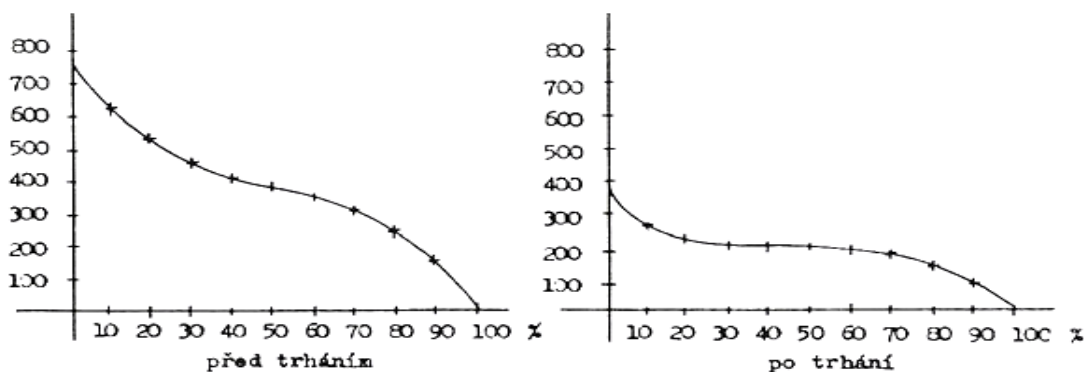
Příprava lněného vlákna do podílu 50 % je provedena technologií nakládání, která je totožná s technologií nakládání při výrobě 100 % lněných přízí [3].

Trhání lněných vláken

Prizpůsobení staplu lněných vláken vláknům, se kterými budou směřována, se dosahuje buď řezáním nebo trháním lněného vlákna. Při řezání dochází k nárůstu krátkých vláken. U technologie trhání se snižuje množství vláken pod 50 mm (obr.11). Ke snížení dochází tím, že v průběhu trhání je pramen částečně čištěn od krátkých vláken, pazdeří a plevele. Stapl po trhání je pro předení více výhodnější než stapl před trháním lnu, jak je zřejmé i z obr. 10.

Pracovní část stroje je rozdělena na tři zóny a je složena z napínacího zařízení tří párů válců. První zóna je napínací (předprůtahová), druhá a třetí jsou zóny trhací. Příprava lněného vlákna do podílu 50 % je provedena technologií nakládání, která je totožná s technologií nakládání při výrobě 100 % lněných přízí [3].

Získání krátkého lněného vlákna vhodného pro vypředení směsové lnářské příze je možné i metodou *Kotonizace*.



Obr. 11: Staplové diagramy vohlovaného vlákna před trháním a po trhání [3]

Příprava chemického vlákna k předení

Chemická vlákna pro předení se lnem mohou být použita ve formě stříže nebo ve formě kabelu. Vlákna ve formě kabelu jsou trhána na trhacích konvertorech. Ve lnářské technologii se více používají vlákna ve formě stříže, ze které je následně vyroben pramen na mykacích strojích. Před operací mykání je zařazeno rozvolňování, protože je stříž dodávána ve formě slisovaných balíků. Rozvolňováním slisované vrstvy se vlákna rozdělují na jemnější chomáčky a materiál se prostorově rovnoměrně homogenizuje.

Míchání vláknenných surovin

Mícháním surovin (ve vložce) se docílí požadovaného míšícího poměru výsledné příze a je provedeno na kontinuálně pracujících míšících agregátech. Pro dosažení rovnoměrného promíchání jednotlivých surovin je důležité volit optimální míru družení při vytváření směsi.

Mykání při výrobě lněných směsových přízí

U mykání chemických vláken není kladen takový důraz na čištění vlákna jako u lnu (vlákna neobsahují tolik nečistot jako lněná vlákna), ale je kladen velký důraz na kvalitu mykání, protože se pracuje s vysoce jemnými vlákny, která mají sklon k nopkování. Kvalita této operace se projevuje i na kvalitě výsledné příze, proto musí být vlákna dobře ojednocena a paralelizována bez vytvoření nopků [3].

Pro operaci mykání se používají stejné stroje jako při výrobě 100% lněné příze, ale je možné použít i stroje s povlaky drátkovými nebo pilkovými.

Mykáním se předkládaný materiál (tírenská vochlovaná koudel) dokonale rozvolní (ojednocení na jednotlivá vlákna). Rozvolněná vlákna jsou ukládána do rovnoběžné polohy ve směru průchodu materiálu strojem za vzniku výsledného produktu – pavučinky.

Podstatou mykání je [14]:

- rozvolnění chomáčků vstupní suroviny až na jednotlivá vlákna
- odstranění nečistot
- vyloučení vláknenných vad
- vyloučení nespřadatelných vláken
- směrová orientace vláken
- vytvoření pramene určité hmotnosti s následným uložením do konve

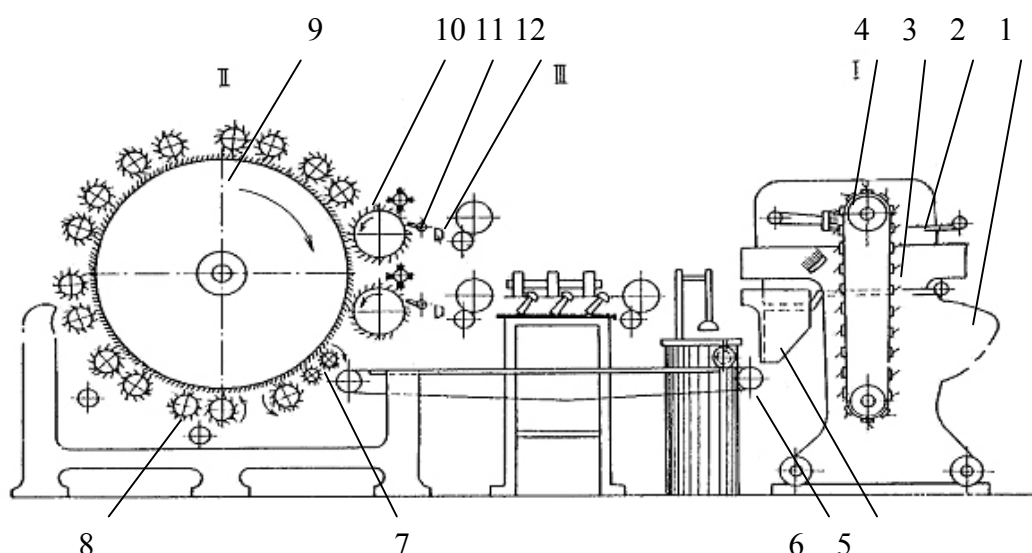
Operace mykání se provádí na mykacím stroji typu: **válcový mykací stroj pro koudel lýkových vláken a směsí koudel a stříže**, který je složen z [14]:

- 1 nakládací stroj
- 2 vlastní mykací stroj
- 3 protahovací hlava mykacího stroje

Všechny části stroje jsou vzájemně spojeny a tvoří tzv. *mykací agregát*.

Válcový mykací stroj pro lýková vlákna je opatřen hrotovým mykacím povlakem. Podkladová deska je vytvořena z umělé hmoty nebo dřeva, do které jsou zasazeny hroty (obr. 12).

Mykací stroj pro lýková vlákna je samostatným typem a odlišuje se jak od víčkového mykacího stroje pro krátká vlákna (bavlna), tak i od válcového mykacího stroje pro střední délky (vlna). Odlišení spočívá v uspořádání stroje – stroj neobsahuje rozvolňovací válec, pracovní válce a obraceče jsou uloženy již ve spodní části stroje, vstup i výstup materiálu je na stejné straně stroje apod. [14].



Obr. 12: Válcový mykací stroj [14]

Složení mykacího stroje [14]: 1 - násypka nakládacího stroje; 2,3 – sčesávací hřebeny; 4 - ojhlený pás; 5 – odvažovací ústrojí; 6 – podávací pás; 7 – kovové ojhlené válce; 8 – pracovní válce; 9 – hlavní buben; 10 – snímací válce; 11 – snímací hřebeny; 12 – zhušťovače

Technologický postup mykání [14]:

- Materiál je ručně nakládán do násypky nakládacího stroje a unášen ojhleným pásem. Množství unášené koudel se reguluje sčesávacími hřebeny, které přebytečnou koudel vrací zpět do násypky. Působením hřebenů se koudel pročešává a shazováním přebytečného množství koudel se i účinně mísí.

- Koudel je shazována sčesávacím hřebenem do násypky odvažovacího ústrojí, které slouží pro rovnoměrné zásobování vlastního mykacího stroje. Z násypky koudel padá v pravidelných intervalech na podávací pás mykacího stroje.
- Podávaná surovina přichází mezi kovové ojhlené válce, které přidržují surovinu při působení hlavního bubnu. Působením hlavního bubnu dochází k intenzivnímu promykávání suroviny (vláken). K promykávání dochází v oblasti přechodu vláken z hlavního bubnu na pracovní válce. Po přechodu vláken z posledního pracovního válce jsou vlákna snímána snímacím válcem a z něho se sčesávají snímacími hřebeny v útvar pavučiny. Povlak snímacích pásů je rozdělen na tři části a z každé části vychází samostatná pavučinka, která přechází do zhušťovačů, ze kterých vychází slisovaný pramen. Z horního i dolního snímacího válce vystupují vždy tři prameny, které jsou vedeny do zhušťovačů spodního válce, kde se vzájemně druzí.
- Družené prameny jsou vedeny do průtahové hlavy mykacího stroje, kde se menším průtahem urovnávají vlákna a zlepší se tak jejich stejnoměrnost.

Výstupním produktem operace mykání je pramen (ztenčený a zjemněný) uložený v konvi.

Egalizace a směsování (posukování)

Egalizací chemických vláken se zlepší stejnoměrnost pramene, sníží se množství neojednocených vláken a tím se vytvoří i lepší podmínky pro směsování. Tato operace je prováděna na posukovacích strojích s automatickým vyrovnávačem nestejnoměrnosti pramene. Při egalizaci *CVs* se na této pasáži provádí i nakrápění pramene emulgačním olejem s vodou.

Směsování se provádí zpravidla na stroji sdužovacím (u dlouhého vlákna) nebo na směsovacím intersekčním posukovacím stroji (koudelové česance, trhaný vohlovaný len, koudele). Je nutné dbát na stejnoměrnost pramenů, jinak se velmi špatně dosahuje rovnoměrného procentuálního zastoupení jednotlivých komponentů po celé délce příze [3].

Posukování

Při operaci posukování dochází k rovnoměrnému promísení (homogenizaci) všech komponentů obsažených v prameni. Podíl chemických vláken do 50 % se

zpracovávají na klasických posukovacích strojích. Velmi důležité je správné seřízení vodičů jinak dochází k nestejněmu rozložení pramene po celé šíři ojhleného pole, což má za následek nerovnoměrné vytahování vláken z ojhleného pole, vznik mrakovitěho nestejněmu pramene. Takto připravený pramen je zdrojem zesílených míst v přízi.

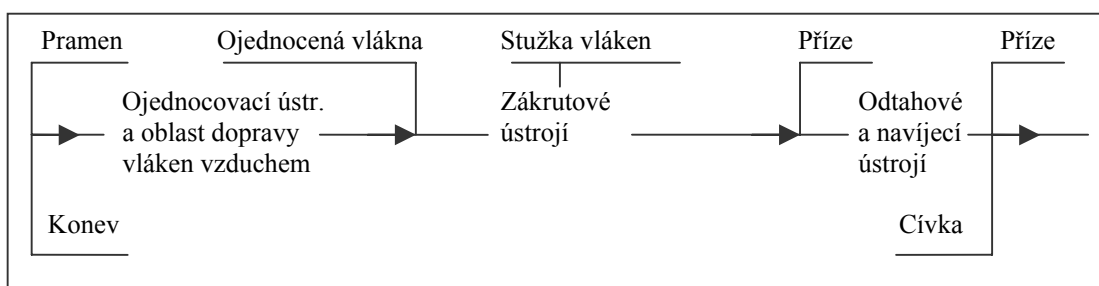
Směsi chemických vláken s koudelí nebo trhaným dlouhým vláknem se zpracovávají na intersekčních posukovacích strojích [3].

Bezvřetenové dopřádání

Tento způsob dopřádání patří do širší skupiny bezvřetenových systémů resp. systémů OE (open end). Podstata spočívá v oddělení procesů zakrucování a navíjení a zajištění podmínky rotace volného konce příze.

Při výrobě lnářských směsových přízí technologií bezvřetenového dopřádání je nutné provést kotonizaci lněné suroviny. Technická vlákna lnu dosahují dlouhých délek a to je pro tuto technologii nežádoucí. Po kotonizaci má lněné vlákno již vhodnou délku.

Rozčlenění systému na hlavní části: - ojednocovací ústrojí – zákrutové ústrojí – odtahové ústrojí – navíjecí ústrojí (obr. 13)



Obr. 13: Blokové schéma bezvřetenového rotorového spřádacího stroje [15]

Technologický postup výroby příze [16]:

- Předkládaný pramen je veden k rotujícímu vyčesávacímu válečku, který je potažen pilkovým potahem. Vyčesávací váleček uvolňuje vlákna z pramene a vede je do přívodního kanálku. Nečistoty obsažené v prameni se dostanou vlivem působící odstředivé síly otvorem k odlučování nečistot na transportní pás pro nečistoty.

- Vlákna vlivem odstředivé síly a proudem vzduchu opouštějí vyčesávací válec a putují přívodním kanálem do rotoru. Zde jsou za pomoci odstředivé síly ukládána na vnitřní stěnu rotoru do drážky jako stužka vláken (dochází k cyklickému družení vláken).
- Vlákna při dopadu na stěnu rotoru, kloužou po jeho kuželové skluzné ploše směrem ke sběrnému povrchu, na kterém je z vláken vytvářena stužka. Stužka je snímána ze sběrného povrchu rotoru a udělováním zákrutu se přetváří v přízi.
- Příze vychází z rotoru přes odtahovou trubku a třmen pro vyrovnávání napětí příze k přízové cívce.
- Příze je navíjena na cívky s křížovým navinutím.

Rotorová příze je oproti přízi vyrobené na prstencovém dopřádacím ústrojí méně pevná, vzhled a nestejnomyšnost je v lepších hodnotách. Rotorová příze má vyšší objemnost a to i při vyšším počtu zákrutů, větší odolnost v oděru, menší počet vad, nižší chlupatost, vyšší afinita k barvivům a lepší tepelně izolační vlastnosti [15].

Paření lněných směsových přízí

Paření příze je prováděno za účelem stabilizace zákrutu na pařících zařízení. Paření je prováděno v jednotlivých cyklech o určité délce a teplotě. Průběh a teplotu paření je nutné stanovit podle druhu zpracované příze a účelu paření v technologii výroby přízí [3].

Soukání lněných směsových přízí

Další doprovodná operace je operace **soukání**, jejímž úkolem je přesoukat přízi z potáče na cívku s větším návínem s křížovým vinutím a odstranit hrubé vady příze (silná a slabá místa).

2.3 Charakteristika viskóзовých vláken CV

Viskózová vlákna tvoří 80 % chemických vláken z přírodních polymerů. Základní surovinou je smrkové nebo bukové dřevo s min. obsahem 88 % α – celulózy. Výroba probíhá buď kontinuálním nebo diskontinuálním způsobem.

Chemické vlastnosti jsou velmi podobné jako u bavlněných vláken s tím rozdílem, že jsou málo odolné vůči alkáliím. Při dlouhodobém působení světla dochází k nepatrné změně barvy vláken. Koncentrované roztoky způsobují bobtnání a snižují pevnost. Vlákna jsou poškozována oxidačními činidly, chloritanové nebo peroxidové bělicí lázně nezpůsobují poškození vláken. Vlákno se netaví, ale hoří a je nerozpustné v acetonu [17].

Postup výroby:

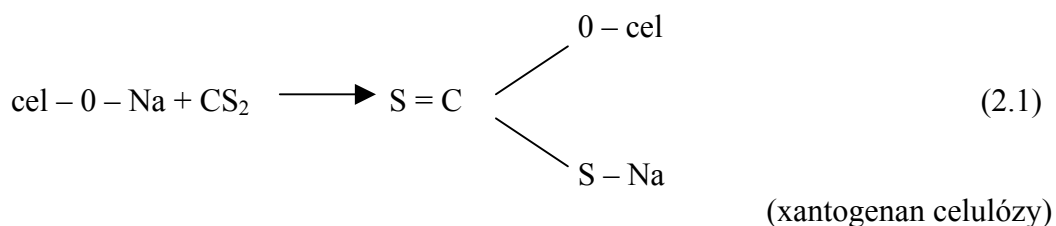
Převádění dřeva na celulóзовou drť – štěpy, mletí.

Zrání: $\text{cel} - \text{OH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{cel} - \text{ONa} + \text{H}_2\text{O}$ vzniká alkaliceleulóza

Zráním se zkracuje původně dlouhý řetězec celulózy (z PPS 2000 na 300 – 600). Působení 17 % ního roztoku NaOH při 20 °C po dobu 60 min, případně (2 – 3) h, urychleně při 70 °C.

Xantogenace – působení sirouhlíku CS₂ (přechodová esterifikace) [17].

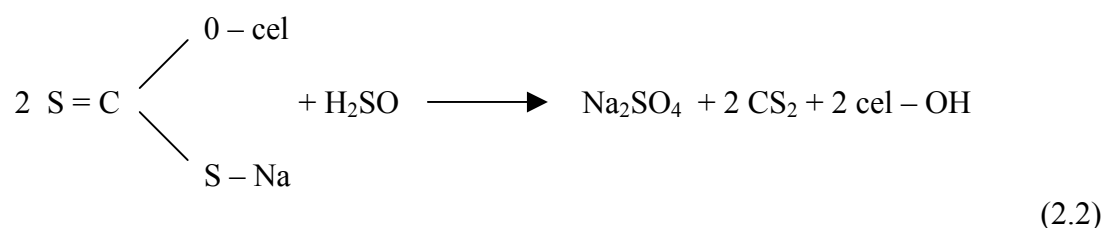
Xantogenát



Rozpouštění xantogenátu v NaOH (zředěném) vzniká viskóza.

Následuje filtrace a odvzdušňování.

Zvlákňování a koagulace [17]: rozklad esteru zpět na celulózu a CS₂



2.4 Rozvolňovací čistící zařízení REA 120 [2]

Společnost **RIETER** je celosvětově působící koncern založený ve Švýcarsku v roce 1795. V dnešní době patří mezi významné výrobce v oblasti textilního strojírenství a výroby dílů pro automobilový průmysl.

Jednou z divizí společnosti na území České Republiky je závod Žamberk, který je zaměřen na výrobu plechových dílců, elektromontáže a ramen. V závodě se nachází i pracoviště zkušebny určené k ověřování a testování produktu před uvedením na trh. Probíhá zde zabíhání strojů a finální doladění jednotlivých variant strojů pro individuální podmínky jednotlivých zákazníků. Produktem vlastního vývoje tohoto závodu je i nově patentovaný stroj **REA 120**.

Stroj je určen pro zkrácenou technologii zpracování vlákných materiálů a zařazení do technologické linky ukončené balíkovacím lisem nebo mykacím strojem (obr. 14). Metodika rozvolňování vláken na stroji REA 120 patří do skupiny mechanicky prováděné kotonizace vláken.

Stroj REA 120 vyráběn ve dvou provedeních:

- A. Pro zkrácenou technologii rozvolnění a čištění bavlněných surovin a měkkých bavlněných odpadů vločkového charakteru.
- B. Pro zkrácenou technologii rozvolnění, čištění, zjemnění a úpravu délky lněných nebo konopných vláken dle seřízení v rozsahu (36 – 120) mm, kotonizace – bezvřetenové předení, klasické prstencové předení a netkané textilie.

Charakteristika zařízení, na kterém byla vypředena zkoušená příze – provedení B

Efektivní využití lnářských koudelí je po vyčištění, odprášení a nastavitelné úpravě délky vláken v rozsahu (36 – 130) mm při produkci (60 – 120) kg/hod. Technologické uspořádání stroje zajišťuje vysoké zjemnění vstupní suroviny, která je vhodná pro rotorové předení ve 100 % nebo ve směsích s bavlnou nebo chemickými vlákny.

Parametry stroje REA 120:

Vstupní surovinou jsou vochlované a tírenské koudelky. Produkce na vstupu (80 – 150) kg/hod v závislosti na kvalitě surovin, způsobu a plynulosti zásobování stroje surovinou. Podíl odpadu je (15 – 35) % v závislosti na znečištění vstupní suroviny. Podíl zbytkových nečistot v materiálu po vyčištění (1 – 8) % opět v závislosti na znečištění vstupní suroviny.

Zásobování stroje vstupní surovinou může být zajištěno:

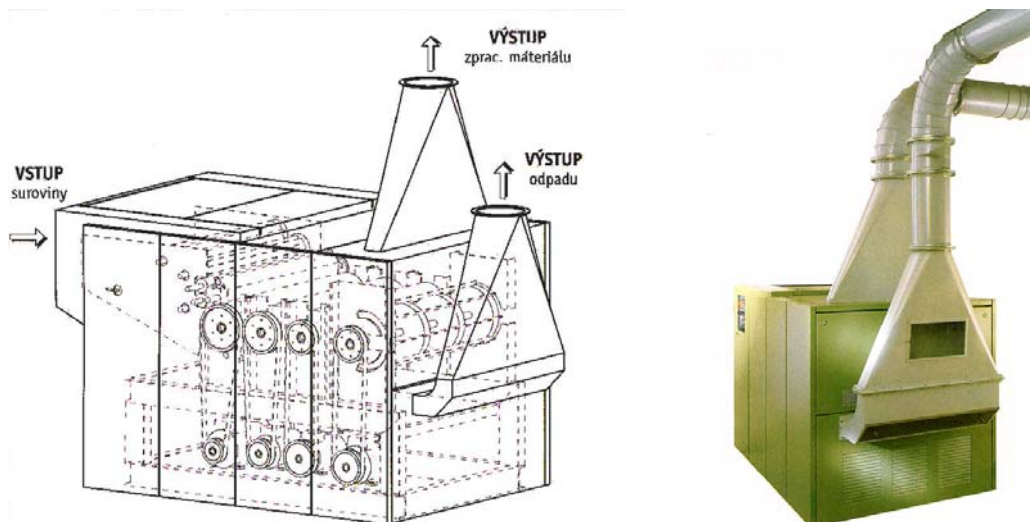
- rozvolňovač balíků, nakládací stroj, detektor kovů, odvíječ koilí / rulonů / na odvíjení pramenů o hmotnosti (130 – 150) g/m délky v počtu 5 pramenů
- rozvolňovač balíků ukončený zřízením pro výrobu koilí / rulonů /, odvíječ koilí / rulonů.

Technický popis stroje REA 120:

Hlavní části stroje:

- rám stroje
- dopravní modul sloužící k dopravě suroviny do I.sekce - vstupní
- I. sekce – v této sekci je řízen přísun materiálu do prvního rozvolňovacího bloku a nastavením vhodné polohy přidržovacích prvků lze upravovat délku vláken
- II. a III. sekce jsou sekcemi pracovními, které slouží k dalšímu zpracování materiálu
- IV. sekce je sekcí výstupní, kde se prostřednictvím pseudopravy zajišťuje výstup materiálu ze stroje
- odsávací kanál materiálu patří do výstupní sekce a napojuje se na „pseudopravu“

- odsávací kanál odpadu, který je napojen na prostor pod rozvolňovací bloky, sloužící k odsávání odpadu a napojuje se na „pneudopravu“
- ovládací zařízení pro spuštění a zastavení stroje



Obr. 14: Strojní zařízení REA 120 [2]

Výstupní materiál po zpracování na stroji REA 120 a vyloučený odpad:

- výstupním materiálem je vlákno vedené odsávacím kanálem do odlučovače vláken, následně může být zpracováno do balíků v balíčkovacím lisu, nebo mohou být použita další technologická zařízení ke zpracování např. do příze, netkaných textilií atd.
- vyloučený odpad z odsávacího kanálu je dopraven „pneudopravou“ do cyklónu se šnekovým podavačem nebo do briketovacího lisu a odloučený vzduch do filtrovacího zřízení.

Pro transport materiálu a odpadu jsou využívány transportní ventilátory.

V tab. č.1 je uvedeno možné zařazení stroje REA 120 do čistírenské linky zpracovávající lněnou (konopnou) koudel na stapl (36-120) mm.

Tab. č. 1: Technické parametry linky pro zpracování lněné koudelce [2]

strojn ^í zařizování	půdorys strojů [m ²]	délka [m]	šířka [m]	šířka uličky [m]	celkem [m ²]	příkon [kW]
PL 150 – P1	45,00	15,00	3,000	2,40	81,00	10,70
Decoiler	2,24	1,60	1,410	2,40	8,64	0,75
REA 120	3,05	2,10	1,450	2,40	11,34	11,50
Kondenzor	1,60	1,10	1,464	----	5,94	----
Ventilátor	----	----	----	----	----	5,50
Pohon síta	----	----	----	----	----	0,75
Lis	7,80	4,40	1,780	2,40	23,76	4,00
Max.	----	----	3,000	2,40	130,68	----
součet	59,69	24,20	----	----	130,68	33,20

Pozn.:

Kondenzor a lis – předpokládá použití zařízení ruské výroby – zvolené parametry jsou uváděny jako průměrné hodnoty

Šířka uličky = 2 x 1,2 m

Zastavěná plocha = (max. šířka strojního zařízení) x délka linky

Délka stroje REA 120 = 2,1 m

Délka stroje + odváděcí potrubí = 2,5 m

Porovnání strojního zařízení REA 120 s konkurenčními linkami [2]:

Na světovém trhu strojního zařízení pro mechanicky prováděnou kotonizaci vláken existuje mnoho vzájemně si konkurujících výrobců např. firma Legmaschdetal a.s., Kardotex a.s., Laroche, Trützschler, CNIILKA. Každá z těchto firem si klade za cíl vyrobit strojní zařízení s co nejvyšší produkcí s ohledem na požadovanou kvalitu vlákna.

Pro zpracování lněného vlákna bavlnářskou nebo vlnářskou technologií je nutné, aby lněné vlákno splňovalo tyto požadavky: obsah vláken nad 45 mm nesmí překročit 5 % a pod 15 mm ne více jak 20 %, jemnost vláken cca. 0,2 tex.

Strojní linka firmy Laroche je zhotovena na principu trhání technických vláken s předběžným řezáním vláknenné masy, kde jsou vlákna v chaotickém rozložení. Výsledné kotonizované vlákno je tenké a vyskytuje se ve vysokých délkách (cca. 40%) nevyhovující bavlnářské technologii.

Produktem německé firmy Trütschler je strojní linka s vysokými nároky na zastavěnou plochu. Výsledné vlákno odpovídá požadavkům bavlnářské technologie. Při vřazení česacího stroje na konec linky došlo ještě k navýšení kvality výsledného vlákna.

Strojní zařízení firmy CNILKA je založeno na metodě řezání proudu napřímených vláken uložených paralelně k ose proudu. Vlákna jsou paralelně uložena a vyčištěna od plevelných příměsí. Jejich délka vyhovuje požadavkům pro směsování s bavlnou nebo syntetickými vlákny. Výrobní linka vykazuje ve srovnání s jinými linkami nižší energetickou spotřebu a pořizovací cenu.

V tabulce č. 3 jsou shrnuty charakteristiky porovnávací jednotlivé výrobní linky a to i s porovnáním se strojním zařízením REA 120. Porovnání linek je provedeno podle parametrů uváděnými výrobcí. Strojní zařízení REA 120 patří ve výrobě (150 [kg/hod]) modifikovaných vláken (kotonizované vlákno) do střední kategorie produktivity, procentuální výstup kvalitního vlákna je vysoký (84 %), jemnost vláken dosahuje nízkých hodnot ($t = 1,18 \text{ tex}$), obsah krátkých vláken v intervalu <0-15> mm je nízký (19 %), v intervalu <16-45> mm je vysoký (71,2 %), obsah vláken v délkách nad 46 mm je vysoký (9,8%), vynaložená energie na výrobu 1 kg vlákna (0,28 kW) a zastavěná plocha výrobní linky (130,68 m) je nízká.

Z daných ukazatelů vyplývá, že REA 120 představuje kvalitní strojní zařízení pro výrobu modifikovaného vlákna a to i s ohledem na nedostatky (vyšší obsah délek vláken nad 46mm). Z uvedených konkurenčních strojních zařízení se nejvíce svými charakteristikami přibližuje strojní zařízení CNILKA.

Tab. č. 2: Charakteristika linek a vlastnosti modifikovaných vláken – porovnání stroje REA 120 s konkurenčními zařízeními [2]

Ukazatelé	Názvy linek					
	CNILKA	„Kardotex“ a.s.	firma Laroche	firma. Trützschler	REA 120 Rieter	
Výrobnost [kg/hod]	140	180	180	150	150	
Výtěžnost spřadatelných vláken [%]	60	52	51	57	84	
Vynaložená energie na výrobu 1kg vlákna [kw]	0,64	1,10	1,25	1,00	0,28	
Zastavěná plocha [m]	157	540	450	600	130,68	
Délková hmotnost vlákna	tex	2,21	1,82	1,67	1,49	1,18
	Nm	456	550	600	672	847,5
Obsah vláken na jednotlivé délky [%]	0 – 15 mm	6,6	----	44,0	27,3	19
	16-45 mm	76,9	----	51,3	62,9	71,2
	nad 46mm	16,5	----	4,7	9,3	9,8

Návrhy zařazení stroje REA 120 do technologické linky na zpracování lnu jsou uvedeny v příloze č.8.

2.5 Hodnocené vlastnosti přízí a vláken

2.5.1 Vlastnosti vláken

2.5.1.1 Délka vláken

Rozložení délek vláken se vyjadřuje buď tradiční staplovou křivkou nebo frekvenční funkcí (hustotou pravděpodobností) a jejími normovanými charakteristikami [18].

2.5.1.2 Jemnost

Jemnost vláken je charakterizována délkovou hmotností v jednotkách *tex*, *dtex*, *mtex* a je vyjádřena vztahem (2.1). Z uvedeného vzorce vyplývá, že jemnost vláken lze také vyjádřit jako závislost mezi měrnou hmotností ρ a plochou příčného řezu s vlákna. [18].

$$t = \frac{m_v}{l_v} = s_v \cdot \rho \quad (2.3)$$

kde: t jemnost vláken [$\text{tex} = \frac{\text{g}}{\text{km}}$]

m_v hmotnost vláken [g]

l_v délka vláken [km]

s_v plocha příčného řezu vlákna [mm^2]

ρ měrná hmotnost vlákna [kg m^{-3}]

2.5.1.3 Průměr

Ekvivalentní průměr vlákna d_e [mm], tj. průměr kruhu o ploše, která je rovna ploše příčného řezu s vlákna.

$$d_e = \frac{\sqrt{4s_v}}{\pi} \quad (2.4)$$

2.5.2 Vícekomponentní textilní vlákenné útvary

Příze mohou obsahovat 100 % zastoupení jedné vlákenné komponenty, nebo procentuální zastoupení více druhů vlákenných komponent. Při použití více komponent ($i = 1, 2, 3, \dots$) se směšové příze označují jako vícekomponentní vlákenné útvary [19] a platí pro ně:

Objem i-té komponenty v jednotce hmotnosti:

$$V_i = \frac{g_i}{\rho_i} \quad (2.5)$$

kde: ρ_i střední měrná hmotnost [kg/m^3]

V_i objem i-té komponenty [m^3/kg]

g_i hmotnostní podíl jednotlivých komponent $\left[\sum_{i=1}^n g_i = 1 \right]$

Střední měrná hmotnost vláken v textilním vlákenném útvaru:

$$\rho = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_k} V_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_k} \left(\frac{g_i}{\rho_i} \right)} \quad (2.6)$$

kde: n_k celkový počet komponent

Objemové podíly komponent:

$$v_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} = \frac{\frac{g_i}{\rho_i}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{g_i}{\rho_i} \right)} = \frac{g_i}{\rho_i} \rho = g_i \frac{\rho}{\rho_i} \quad (2.7)$$

kde: v_i objemový podíl i-té komponenty [-], $\left[\sum_{i=1}^n v_i = 1 \right]$

ρ_i měrná hmotnost vláken jednotlivých komponent [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Souhrnná délka vláken i-té komponenty v hmotnostní jednotce směsi je přímo z definice jemnosti dána vztahem .

$$L_i = \frac{g_i}{t_i} \quad (2.8)$$

kde: L_i souhrnná délka vláken i-té komponenty [km/g]

t_i jemnost vlákna i-té komponenty [tex]

Střední jemnost vláken je vyjádřena vztahem:

$$t = \frac{1}{\sum_{i=1}^n L_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{g_i}{t_i} \right)} \quad (2.9)$$

2.5.3 Vlastnosti přízí

2.5.3.1 Jemnost

Jemnost příze vyjadřuje vztah mezi hmotností m a délkou příze l . Pro vyjádření jemnosti příze se používá soustava *tex* a případně násobky *ktex*. Délkové vyjádření hmotnosti je určeno vztahem (2.8), kterým lze vyjádřit i vzájemnou závislost mezi měrnou hmotností ρ a plochou příčného řezu S_p příze.

Jemnost příze je vyjádřena vztahem:

$$T = \frac{m_p}{l_p} = S_p \cdot \rho \quad (2.10)$$

kde: T jemnost příze [tex]

m_p hmotnost příze [g]

l_p délka příze [km]

S_p souhrnná plocha vláken v příčném řezu příze [mm²]

2.5.3.2 Průměr

Pokud by vlákna byla stlačena do homogenního válce bez obsahu vzduchu, získala by příze tzv. *substanční průměr*.

$$D_s = \sqrt{\frac{4S_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4T}{\pi\rho}} \quad (2.11)$$

Průměr jako pojem teoretický vychází z průměru nejmenšího myšleného válce, do kterého se soustřeďuje veškerá hmota příze. Pak mezi průměrem D (skutečný průměr příze ve kterém sou zahrnuty i póry mezi vlákny) a substančním průměrem D_s platí ve všech praktických případech relace $D > D_s$. Tento poměr je bezrozměrnou veličinou charakterizující vztah průměru příze k její jemnosti s využitím druhé mocniny.

$$\mu = \frac{D_s^2}{D^2} = \frac{4S_p}{\pi D^2} = \frac{4T}{\pi D^2 \rho} \quad (2.12)$$

kde: μ zaplnění příze [-]

Z obecné definice μ se jedná o poměr plochy S_p vláken k celkové ploše $\pi D^2/4$ příčného řezu přízi. Ze vztahu (2.10) můžeme vyjádřit průměr D příze [19]:

$$D = \sqrt{\frac{4T}{\pi\rho\mu}} \quad (2.13)$$

2.5.3.3 Zaplnění

Základní objemová definice zaplnění vyjadřuje poměr souhrnného objemu vláken V obsažených v přízi ku celkovému objemu příze V_c . Zaplnění je bezrozměrnou veličinou ležící v intervalu $<0;1>$.

$$\mu = \frac{V}{V_c} \quad (2.14)$$

Příčný řez může být rozdělen na radiální mezikruží, čtvercovou síť, apod. a zaplnění může být také hodnoceno v jednotlivých sektorech příčného řezu [19].

2.5.3.4 Zákrut

Pro dobrý charakter a pevnost příze musí být volen správný počet zákrutů. Malý počet vede k volné, otevřené a zpravidla měkké přízi, naopak vysoký počet zákrutů vede k uzavřené a tvrdé přízi. Nižší hodnoty zákrutu se používají pro přást. Pevnost příze je zvyšována s rostoucím zákrutovým součinitelem. Pokud dojde k překročení tzv. kritického součinitele je příze překrucována a jednotlivá vlákna poškozována, pevnost příze začne klesat až do přetrhu.

Při výrobě rotorové příze vkládá krutný orgán do vlákenného materiálu n otáček za jednotku času [min] a současně s tvorbou zákrutu se příze odtahuje rychlostí v_p [m/min]. Takto vzniklý zákrut je uváděn jako tzv. **zákrut strojový** [15]:

$$Z = \frac{n}{v_p} \quad [\text{m}^{-1}] \quad (2.15)$$

Pro praktické využití se používá Koechlinův vztah se zákrutovým součinitelem α a Phrixův vztah se zákrutovým součinitelem a_m .

Koechlinův vztah:

$$Z = \alpha \cdot \frac{31,623}{\sqrt{T}} \quad (2.16)$$

kde: Z počet zákrutů [m^{-1}]
 α součinitel zákrutu [$\text{m}^{-1} \cdot \text{ktex}^{1/2}$]
 T jemnost příze [tex]

Phrixův vztah:

$$Z = a_m \cdot \frac{100}{\sqrt[3]{T^2}} \quad (2.17)$$

kde: a_m Phrixův součinitel zákrutu [$\text{m}^{-1} \cdot \text{ktex}^{2/3}$]

2.5.3.5 Pevnost

Pevnost příze vyjadřuje odolnost příze proti účinkům tahové síly. Pevnost je určena pevností samotného vlákenného materiálu a strukturálními faktory tj. zákrutem, stupněm napřímění vláken, migrací vláken, jemností příze atd.

Absolutní pevnost v tahu F [N] je kvantitativní vyjádření pevnosti. Hodnota absolutní pevnosti je při grafickém vyjádření v místě destrukce příze. V praxi se běžně využívá poměrná pevnost R [N/tex], která vyjadřuje poměr mezi absolutní pevností a jemností příze [15].

Pevnost přízí závisí na jejich strukturálních faktorech, proto je předmětem hodnocení u většiny přízí právě střední poměrná pevnost, variační koeficient pevnosti v_{kp} [%], variabilita a minimální hodnota pevnosti.

Poměrná pevnost v tahu je vyjádřena vztahem:

$$R = \frac{F}{T} \quad (2.18)$$

kde: R poměrná pevnost v tahu [N/tex]

F absolutní pevnost v tahu [N]

T jemnost příze [tex]

2.5.3.6 Tažnost

Tažností se rozumí celkové poměrné prodloužení při přetržení [15].

Tažnost je vyjádřena vztahem:

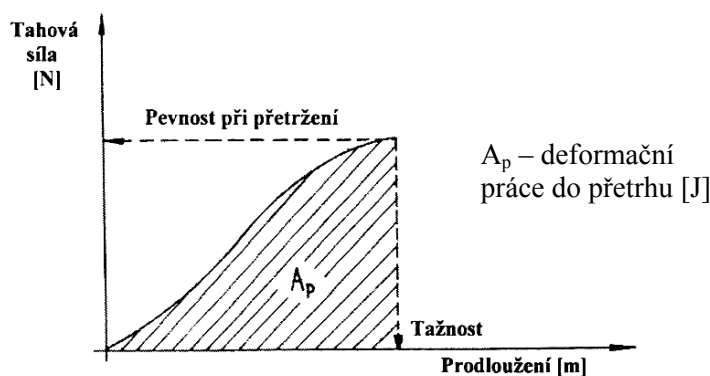
$$\varepsilon_p = \frac{L_p - L_o}{L_o} \cdot 100 \quad (2.19)$$

kde: ε_p poměrné prodloužení při přetržení – tažnost [%]

L_p délka vzorku příze v okamžiku přetržení [mm]

L_o délka vzorku mezi upínacími čelistmi v okamžiku upnutí [mm]

Současně s měřením tažnosti příze je zjišťována i její pevnost, výsledkem měření je tahová křivka. Plocha pracovního diagramu mezi osou prodloužení a tahovou křivkou představuje deformační práci do přetržení viz. obr. 15.



Obr. 15: Pracovní křivka při tahovém namáhání příze [15]

2.5.3.7 Hmotová nestejnomyernost [20]

Hmotovou nestejnomyerností rozumíme kolísání hmoty vláken v průřezu na určitých délkových úsecích délkového vláknenného útvaru.

Hmotová nestejnomyernost patří mezi základní charakteristiky délkových vláknenných produktů a poloproduktů, která ovlivňuje další vlastnosti příze jako je např. pevnost, tažnost, vzhled příze). Vlivem nestejnomyernosti příze nastávají problémy při dalším zpracování, které se také odrazí i na výsledné kvalitě vzhledu plošné textilie. Z tohoto důvodu je nutné věnovat pozornost této vlastnosti a snažit se o její eliminaci.

Hmotová nestejnomyernost se vyjadřuje:

- lineární hmotová nestejnomyernost U [%]
- kvadratická hmotová nestejnomyernost CV [%]

a) PARAMETRY:

- limitní hmotová nestejnomyernost CV_{lim}, U_{lim} [%]
- index nestejnomyernosti I [-]
- výrobní nestejnomyernost CV_f, U_f [%]
- strojová nestejnomyernost CV_m, U_m [%]

b) CHARAKTERISTICKÝMI FUNKCEMI:

- spektrogram
- délková variační funkce
- modul poměrné přenosové funkce

Lineární hmotová nestejnomyěrnost

Lineární hmotová nestejnomyěrnost vyjadřuje střední lineární odchylku od střední hodnoty hmotnosti délkového úseku vlákenného útvaru.

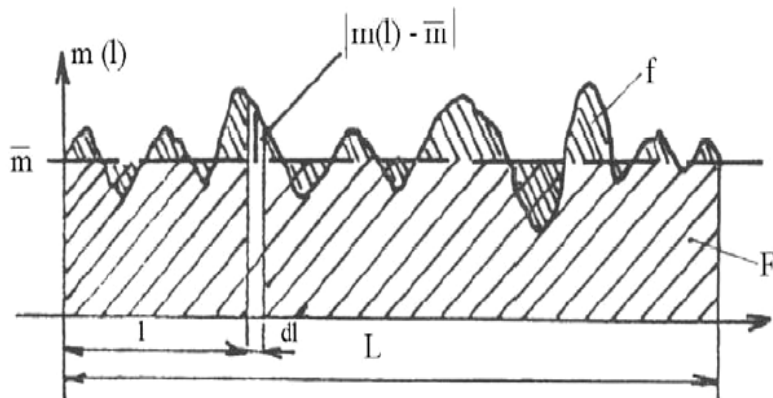
$$U = \frac{100}{m \cdot L} \int_0^L |m(l) - \bar{m}| dl \quad (2.20)$$

kde: U lineární hmotová nestejnomyěrnost [%]

$m(l)$ okamžitá hodnota hmotnosti délkového úseku přádelnického produktu

\bar{m} střední hodnota hmotnosti

L délka úseku [m]



Obr. 16: Grafické znázornění střední lineární nestejnomyěrnosti U [14]

Kvadratická hmotová nestejnomyěrnost

Kvadratická hmotová nestejnomyěrnost je variační koeficient hmotnosti délkových úseků vlákenného útvaru.

$$CV = \frac{100}{m} \cdot \sqrt{\frac{1}{L} \cdot \int_0^L (m(l) - \bar{m})^2 dl} \quad (2.21)$$

kde: CV kvadratická hmotová nestejnomyňnost [%]

U přízí, přástů i pramenů, jejichž nestejnomyňnost je ryze nahodilá se obě hodnoty lineární U a kvadratické CV nestejnomyňnosti přepočítávají podle vztahů:

$$U = 0,8 \cdot CV \quad (2.22)$$

$$CV = 1,25 \cdot U \quad (2.23)$$

ad a) PARAMETRY:

Limitní hmotová nestejnomyňnost

Z pohledu teorie a následně i praxe usuzujeme, že výroba absolutně stejnoměrné příze není možná, neboť rozložení vláken v přízi je náhodné a vlákna mají svoji vlastní nestejnomyňnost (variabilita průřezu vláken). Minimální možná nestejnomyňnost se označuje jako limitní. Vypočítává se pomocí tzv. Martindaleova vztahu.

- Kvadratická limitní nestejnomyňnost

- Základní Martindaleův vztah se používá pro příze s nízkou variabilitou průřezu vláken (např. bavlna), která umožňuje její zanedbání.

$$CV = \frac{100}{\sqrt{n_v}} \quad (2.24)$$

Průměrný počet vláken n_v vypočítá podle vztahu:

$$n_v = \frac{T}{t} \quad (2.25)$$

kde: T jemnost délkového přádelnického produktu [tex]

t jemnost vláken [tex]

- Zobecněný Martindaleův vztah, ve kterém je zahrnuta i variabilita průřezu vláken.

$$CV_{\text{lim}} = \frac{100}{\sqrt{n_v}} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{v_{pv}}{100}\right)^2} \quad (2.26)$$

$$CV_{\text{lim}} = \frac{100}{\sqrt{n_v}} \cdot \sqrt{1 + 0,0004 \cdot v_{dv}^2} \quad (2.27)$$

kde: CV_{lim} limitní kvadratická nestejnomyěrnost [%]

n_v průměrný počet vláken v průřezu přádelnického produktu

v_{pv} variační koeficient průřezu vláken [%]

v_{dv} variační koeficient průměru vláken [%]

Průměrný počet vláken n_v se vypočítá podle vztahu:

$$n_v = k_n \frac{T}{t} \quad (2.28)$$

kde: k_n koeficient počtu vláken v průřezu příze, např. pro prstencovou přízi:

je v hodnotě $k_n = 0,95$

- Lineární limitní hmotová nestejnomyěrnost

Vyjádření limitní hmotové nestejnomyěrnosti je při použití vzorce $CV = 1,25 \cdot U$ totožné s kvadratickou limitní nestejnomyěrností, proto již zde není popsána.

Index nestejnomyěrnosti

Index nestejnomyěrnosti vyjadřuje míru nestejnomyěrnosti reálného přádelnického produktu. Používá se při vyhodnocování produktů stejných materiálů a jemností (I je funkcí jemnosti). K vyjádření míry jsou zapotřebí hodnoty limitní nestejnomyěrnosti a skutečné nestejnomyěrnosti délkové textilie.

$$I = \frac{CV_{ef}}{CV_{\text{lim}}} = \frac{U_{ef}}{U_{\text{lim}}} \quad (2.29)$$

kde: I index nestejnomyěrnosti [-]

CV_{ef} , U_{ef} skutečně naměřená kvadratická (lineární) nestejnomyěrnost [%]

CV_{lim} , U_{lim} kvadratická (lineární) limitní nestejnomyěrnost [%]

Ideální by byla příze, u které by byl index nestejnomyrnosti roven jedné ($I = 1$). Prakticky je však vždy $I > 1$. Index nestejnomyrnosti je tedy číselná hodnota, která udává, jak se reálný přádelnický produkt odchyluje od ideálního [8].

Pozn.: Protože index nestejnomyrnosti I je funkcí počtu vláken a jemnosti příze je nutné porovnávat jen příze stejné jemnosti

Výrobní nestejnomyrnost

Jedná se o nestejnomyrnost, která je způsobena výrobním procesem.

$$CV_f = \sqrt{CV_{ef}^2 - CV_{lim}^2} \quad (2.30)$$

analogicky:

$$U_f = \sqrt{U_{ef}^2 - U_{lim}^2} \quad (2.31)$$

kde: $CV_f (U_f)$ kvadratická (lineární) výrobní nestejnomyrnost [%]

Strojová nestejnomyrnost

Nestejnomyrnost vložená do produktu jedním strojem.

$$CV_m = \sqrt{CV_{fn}^2 - CV_{fn-1}^2} \quad (2.32)$$

analogicky:

$$U_m = \sqrt{U_{fn}^2 - U_{fn-1}^2} \quad (2.33)$$

kde: $CV_m (U_m)$ strojová kvadratická (lineární) nestejnomyrnost [%]

$CV_{fn} (U_{fn})$ výrobní kvadratická (lineární) nestejnomyrnost
na výstupu stroje [%]

$CV_{fn-1} (U_{fn-1})$... výrobní kvadratická (lineární) nestejnomyrnost
na vstupu stroje [%]

ad b) CHARAKTERISTICKÉ FUNKCE:

Spektrogram

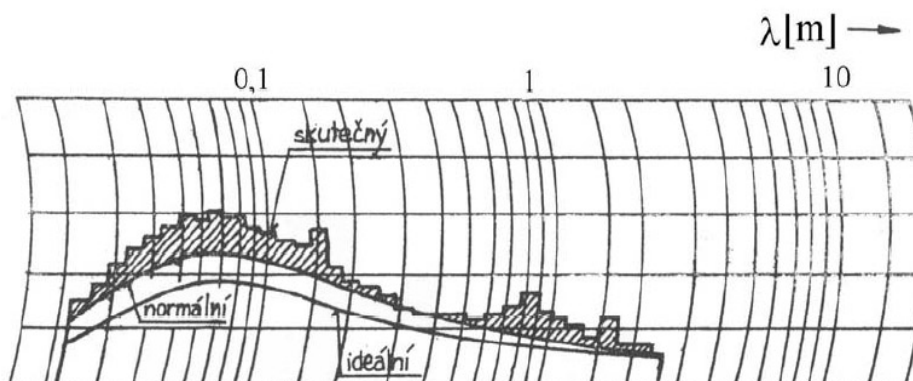
Spektrogram je amplitudový záznam jednotlivých harmonických složek kolísání hmoty přádelnického produktu v závislosti na dekadickém logaritmu vlnové délky periodické nestejnoměrnosti. Podstatné je, že tento faktor má zpětnou vazbu na technologii, neboť dovoluje provádět vhodné zásahy do výrobního procesu za účelem odstranění zdrojů eventuálních závad [15].

Ve spektrogramu se rozeznávají 3 druhy spekter (obr.17):

1. **ideální** – spektrum ideálního produktu,
2. **normální** – spektrum bezvadného produktu,
3. **reálné** – průběh spektra měřeného vlákenného produktu.

Znalost spektrogramu prakticky bezvadných produktů nám umožňuje rozeznávat periodické vady v přádelnickém produktu, neboť jakákoliv odchylka od normálního spektra vykazuje vadu. Velikost odchylky poukazuje na závažnost periodických vad.

Ve spektrogramu se objevují dva typy spekter poukazující na periodickou nestejnoměrnost délkového vlákenného produktu. První typ je spektrum mechanických závad (např. poškozená ozubená kola, povlak mykacího stroje), druhým typem je spektrum průtahových vln (nesprávná kontrola vláken v průtahovém poli).

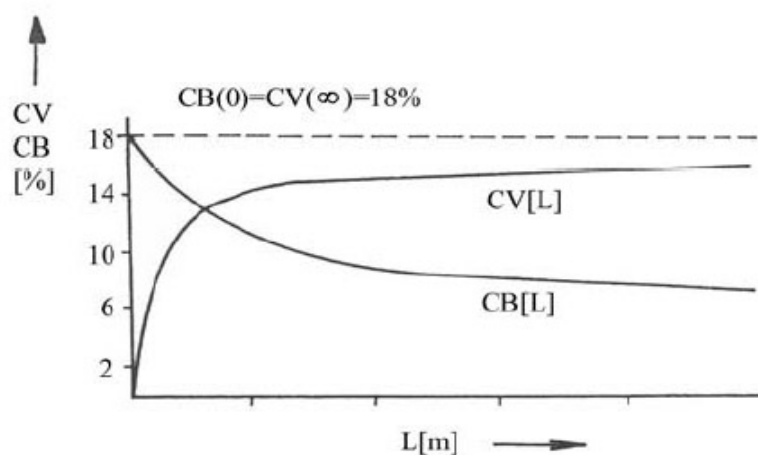


Obr. 17: Spektrogram skutečný, normální a ideální pro bavlněnou přízi česanou[20]

Délková variační křivka

Délková variační křivka znázorňuje závislost vnější hmotové nestejnomyernosti na delších úsecích vlákenného přádelnického produktu. Vnější hmotová nestejnomyernost vyjadřuje variabilitu hmotnosti mezi úseky délky L , v některých pramenech je vnější hmotová nestejnomyernost vyjadřována jako gradient vnější nestejnomyernosti $CB(L)$, resp. $UB(L)$

Dříve se vyjadřoval i gradient vnitřní nestejnomyernosti $CV(L)$, resp. $UV(L)$, který udával kolísání hmotnosti průřezu vlákenného produktu uvnitř úseků délky L (obr.18). Z důsledku nepoužívání vnitřní délkové variační funkce si gradient vnější nestejnomyernosti $CB(L)$ převzal symbol $CV(L)$.



Obr. 18: Gradient vnější CB a vnitřní CV hmotové nestejnomyernosti [20]

Vyhodnocení délkové variační křivky spočívá v jejím porovnání s limitní délkovou variační křivkou, po určení délky úseku, na kterém nestejnomyernost vznikla a následné identifikaci stroje, který vnesl tuto nestejnomyernost.

Každé odchýlení reálné délkové variační křivky od limitní křivky charakterizuje změnu hmotové nestejnomyernosti příze. Odchýlení směrem nahoru znamená zhoršení, odchýlení směrem dolů znamená zlepšení hmotové nestejnomyernosti přádelnického produktu.

2.5.3.8 Druhy vad v přízi [13]

Současně s parametry hmotové nestejnomyěrnosti určuje kvalitu příze také tzv. počet vad v přízi. Pod pojmem vada rozumíme slabá/silná místa nebo nopky.

Důležitým parametrem při přesoukávání příze je počet a délka vad a také přírůstek průřezu příze. Vady se rozlišují do dvou skupin:

1. relativně často se vyskytující, ale ne tak velké vady (ponechávají se v přízi),
2. málo četné, ale hrubé – rušivé (jsou odstraněny).

Slabé/silné místo

Místo v přízi, kde došlo k zeslabení nebo zesílení příčného průřezu vláknenného útvaru o určitou míru, maximálně však 100 %-ní přírůstek a 60 %-ní úbytek.

Tyto vady se řadí mezi vady relativně se často vyskytující a standardně se udává jejich počet na délku 1km.

Nopek

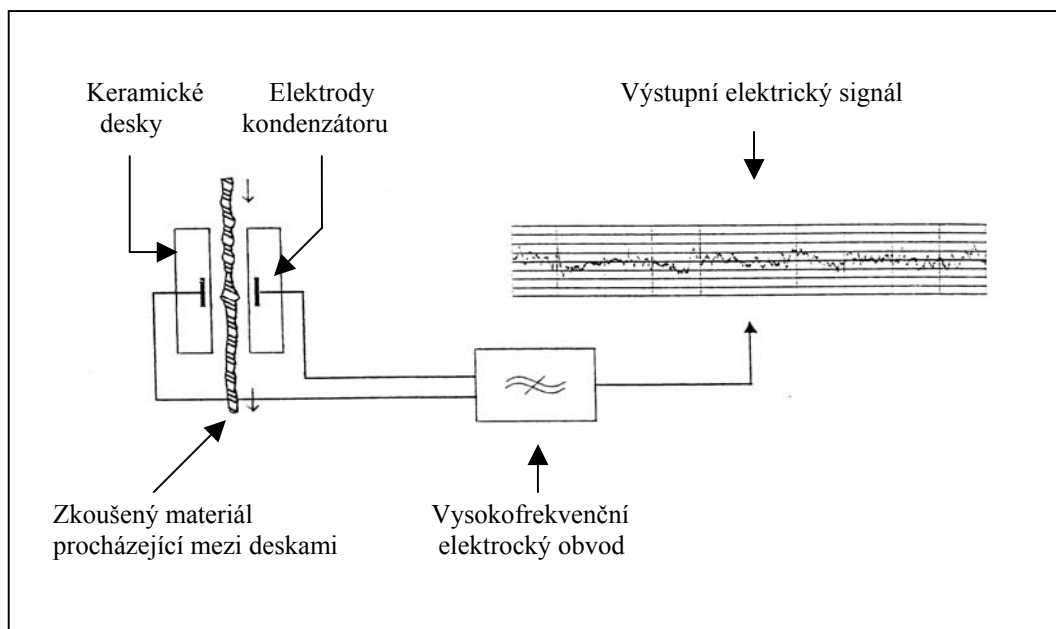
Zvýšení průřezu příze o 200 % – 400 % minimálně však o 140 % na délce 1mm příze. Nopky mohou být tvořeny vlákny suroviny, technologickým procesem nebo nečistotami.

2.5.3.9 Měření hmotové nestejnomyěrnosti

Nestejnomyěrnost příze se měří na všeobecně známém a používaném zkušebním zkušebním zařízení firmy ZELLWEGER USTER - Uster Tester IV – SX, které je kapacitním měřicím senzorem a svým rozsahem umožňuje statistické vyhodnocení naměřených dat [lineární i kvadratická nestejnomyěrnost, index nestejnomyěrnosti (zjištěn výpočtem), vady příze, četnostní diagram a chlupatost] a jejich grafický záznam (spektrogram, délkovou variační křivku). Zařízení proměřuje prameny, přásty a příze. Výhodou zařízení je rychlé proměření velkého počtu zkoušených přízí s automatickým vyhodnocením základní statistiky dat.

Zkušební produkt prochází stanovenou konstantní rychlostí kontinuálně mezi párem kapacitních desek, kde se generuje vysokofrekvenční signálové pole (obr. 19). V závislosti na změně množství materiálu procházejícím mezi deskami

dochází i ke změně vysokofrekvenčního pole a výstupního signálu ze senzoru. Změny signálu odpovídají kolísání hmoty procházejícího produktu, který je digitalizován a zpracován počítačem.



Obr. 19: Princip měření hmotové nestejnomy [21]

2.5.3.10 Chlupatost přize

Chlupatost je charakterizována množstvím z přize nebo z plošné textilie vystupujících nebo volně pohyblivých konců vláken nebo vlákných smyček. Kritérium pro posuzování je počet odstávajících vláken, jako délkových jednotek (nebo plošných jednotek), ve směru kolmém k přizi, nebo plošně naměřeného odstupu konců vláken [22].

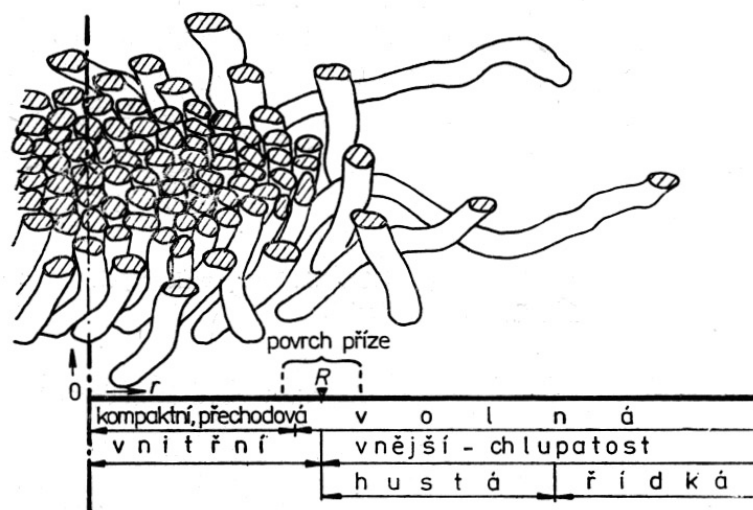
Hustotu chlupatosti přize může ovlivňovat délka staplových vláken, stejnoměrnost délky vláken, paralelní umístění vláken v přizi, přírodní podmínky tj. technologické parametry – počet zákrutů, otáčky, parametry, způsob dopřádání aj.

Oblasti chlupatosti příze

Kolem osy staplové příze je vlivem zákrutu vláknenný materiál stlačen. Tato oblast je považována za „nosnou“ část příze. Při zvyšování průměru dochází k mírnému snižování zaplnění a vláknenný materiál postupně přechází do struktury přechodové. Poté se hodnota zaplnění začne rychle snižovat až do překročení hranice volné struktury. Oblast příze která má toto zaplnění je nazývána „obalem“ příze.

Přechod oblasti struktury „nosné“ na oblast struktury „obalové“ není jednoznačně určen (změna probíhá spojitě). Z tohoto důvodu byly zavedeny některé poloměry, které přibližně vyznačují přechody ve struktuře příze. Poloměr příze R_p je stanovená veličina a jeho dvojnásobek je průměr příze $D = 2R_p$. R_p leží již ve volné struktuře a je nedaleko poloměru r_a , který udává rozhraní mezi strukturou přechodovou a strukturou volnou. Poloměr R_p vyjadřuje kvalitativní rozhraní mezi „nosnou“ a „obalovou“ částí příze. Proto všechny body o poloměru $r < R_p$ patří do vnitřní struktury příze (vnitřní chlupatost), body s poloměrem $r > R_p$ tedy patří do vnější struktury příze (vnější chlupatost) [18].

Ve vnější chlupatosti je velký podíl prostoru vyplněn vzduchem, vlákna se zde vyskytují v nenapjatém stavu. Proto je zaveden další poloměr r_b , který udává rozhraní husté a řídké vnější chlupatosti (obr. 20).



Obr. 20: Oblasti příze [18]

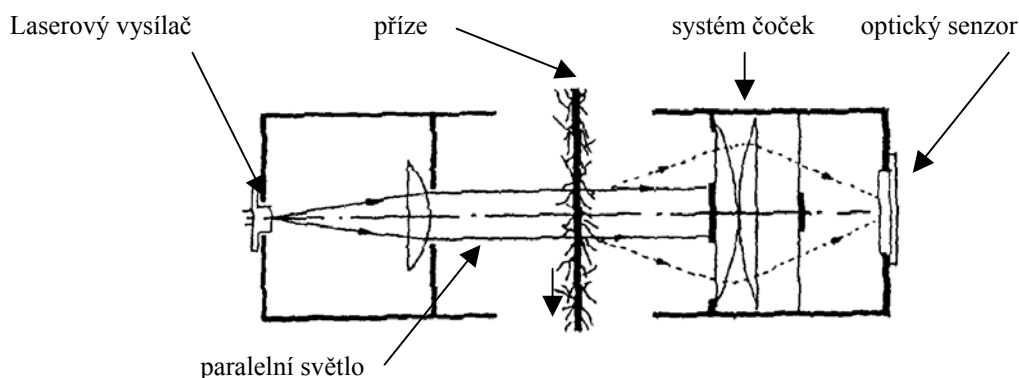
Chlupatost lze měřit za pomoci několika metod. Na TUL je k dispozici zařízení Uster Tester, nebo nově vyvinutá metoda – metoda pomocí obrazové analýzy Lucia.

Uster Tester [21]

Všeobecně známé a používané zkušební zařízení firmy ZELLWEGER USTER - Uster Tester IV – SX, které je kapacitním měřicím senzorem a svým rozsahem umožňuje statistické vyhodnocení naměřených dat [lineární i kvadratická nestejnoměrnost, index nestejnoměrnosti (zjištěn výpočtem), vady příze, četnostní diagram a chlupatost] a jejich grafický záznam (spektrogram, délkovou variační křivku). Zařízení proměřuje prameny, přásty a příze. Výhodou zařízení je rychlé proměření velkého počtu zkoušených přízí s automatickým vyhodnocením základní statistiky dat.

Princip měření chlupatosti spočívá v prosvětlování příze procházející zařízením, konstantním monochromatickým zdrojem světla (infračervené záření – eliminace barvy příze). Dopadající záření na vyčnívající vlákna od přízového jádra je rozptylováno a zachyceno optickým senzorem (obr. 21). Vystupující elektrický signál ze senzoru je úměrný přízové chlupatosti a je dále zpracován příslušným softwarem.

Výsledný index chlupatosti “ H ” představuje úhrnnou délku všech “chlupů” měřených na úseku 1cm délky příze a do vzdálenosti 1 cm od povrchu příze. Index H je poměr mezi dvěma vzdálenostmi a proto nabývá hodnot bezrozměrného parametru. Při měření je možné zjistit také variaci chlupatosti tj. směrodatnou odchylku chlupatosti “ sh ”.

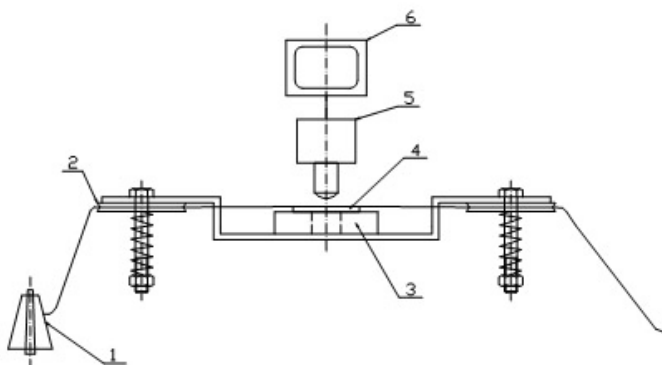


Obr. 21: Princip přístroje Uster tester – měření chlupatosti [21]

Obrazová analýza [23]

Princip měření chlupatosti nově vyvinuté metody je založen na průchodu světelných paprsků přízí s jejich vyčnívajícími vlákny a spočívá v určení hranice mezi “tělem” příze a oblasti chlupatosti. Metoda je časově náročnější, ale její výhodou je možné proměřování chlupatosti na jednotlivých poloměrech příze tj. oblast husté a řídké chlupatosti.

Pro měření chlupatosti se používá optického mikroskopu se spodním osvětlením obr. 22, který je opatřen CCD kamerou 5 napojenou na PC se softwarovým systémem Lucia 6. Příze je vedena pomocí mostového vodiče 3 a brzdíček 2 přes podložní sklíčko 4, které je upevněno na stolku mikroskopu. Tak je zajištěna možnost odebírání z cívky 1 při stále stejné poloze příze vůči objektivu mikroskopu. Napětí cívky je regulováno za pomoci regulačních šroubů brzdíček.

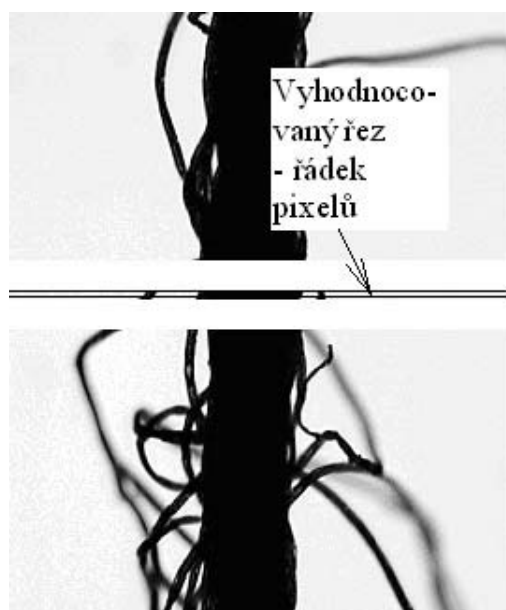


Obr. 22: Měření chlupatosti pomocí obrazové analýzy [23]

Prosvětlením příze v oblasti chlupatosti rovnoběžnými světelnými paprsky kolnými k ose příze, kde některá část paprsků projde mezi vlákny, aniž by došlo k jejich pohlcení hmotou vláken. Pravděpodobnost P průchodu paprsku vzdáleností x od osy náhodně vybraného místa příze se vyjádřuje *průhledností* P , pro kterou platí $P \in \langle 0,1 \rangle$. Doplněk průhlednosti je veličina nazvaná *zčernání* Z_c a definuje se výrazem $Z_c = 1 - P$.

Při snímání příze jsou vytvořeny podélné pohledy na přízi – snímky. Spodní osvětlení mikroskopu umožňuje rozlišit přízi s jejími odstávajícími vlákny od okolí. Při správném nastavení osvitů se příze a “chlupy“ jeví jako tmavé až černé vyobrazení a okolí jako světlé. Software *Lucia* provede segmentaci obrazu a následuje snímání a ukládání podélných pohledů na přízi v náhodně zvolených místech (obr. 23).

Z každého obrazu je vybrán jeden řádek pixelů, který je převeden na binární obraz (přízi byla přiřazena hodnota 1 a okolí hodnota 0). Vybraný prostřední pixel z černé oblasti příze určuje její osu. Výsledkem zpracovaných hodnot je funkce chlupatosti uvedena jako experimentální křivka relativní četnosti výskytu černých pixelů v závislosti na vzdálenosti od osy příze. Z křivky se určuje průměr příze a index chlupatosti. Průběh křivky je ovlivněn jemností příze a druhem použité technologie předení (prstencová, rotorová, kompaktní a Novaspín – není běžně známý typ příze vyvíjený ve VÚB v Ústí n/O).



Obr. 23: Snímaný obraz příze [23]

2.5.4 Stupeň kotonizace lýkových vláken [24]

Pojem kotonizace lněných vláken byl uveden v kapitole 2.2.4.1. Stupeň kotonizace se určuje z příčných řezů technických vláken jako relativní četnost výskytu svazků o daném počtu elementárních vláken [24]. Souběžně je možné stanovení průměrné jemnosti elementárních a technických vláken, jejich variabilitu a další kritéria segregace a agregace.

V příčném řezu příze se vyskytují jak jednotlivá elementární vlákna tak i svazky vláken. Každý svazek má určitý počet elementárních vláken $j = 1, 2, \dots, n_e$, která jsou vzájemně slepena a tvoří kompaktní objekt.

Pro celkový počet jednotlivých svazků x_j o j vláken necht' platí vztah:

$$N_s = \sum_{j=1}^{n_e} x_j \quad (2.34)$$

Celkový počet vláken je dán podle:

$$N = \sum_{j=1}^{n_e} jx_j \quad (2.35)$$

Distribuce četnosti svazků obsahujících j vláken: V příčném řezu příze se může vyskytovat určitý počet svazků obsahujících j vláken. Jejich *relativní četnost* f_j je dána:

$$f_j = \frac{x_j}{N_s} \quad (2.36)$$

Kumulativní četnost svazků do j vláken F_j

$$F_j = \sum_{k=1}^j f_k \quad (2.37)$$

Relativní četnost výskytu elementárních vláken se nazývá **kritérium segregace** f_1 . Udává hodnotu relativní četnosti svazků pro počet vláken ve svazku $j = 1$. V mezích intervalu $2 \leq j \leq 10$ je možno předpokládat *relativní četnost elementárních vláken* jako monotónně klesající funkci, kterou lze popsat geometrickým rozložením:

$$f_j = p(1-p)^j \quad (2.38)$$

V tomto vztahu figurující parametr p představuje další ukazatel segregace, který lze odhadnout např. metodou nejmenších čtverců*.

Pravděpodobnost výskytu svazků o počtu vláken $j \geq 10$ je vyjádřena **kritériem agregace**. Kumulativní četnost svazků do $j = 10$ vláken se označuje jako F_{10} .

$$R_{10} = 100(1 - F_{10}) \quad (2.39)$$

*Pozn.: Metoda nejmenších čtverců je aproximační metoda, která spočívá v tom, že se hledají takové parametry funkce f , pro které je součet čtverců odchylek vypočtených hodnot od hodnot naměřených minimální [25].

2.5.5 Příčné řezy

Textilní vlákenné útvary z lýkových vláken při zpracovávání ve výsledný produkt podléhají různým změnám ve své struktuře. Průchodem jednotlivými výrobními operacemi (viz rešeršní část) se změní jemnost, délka vláken a také se zvýší počet ojednocených vláken. Při zkoumání příčných řezů meziproductů (svazky vláken, pramene) lze zjišťovat závislosti mezi jednotlivými výrobními operacemi (zkrácení délky vláken v závislosti na počtu ojednocených vláken, snížení jemnosti vláken). Zkoumáním příčného průřezu výsledné směsové příze jsou získávány informace o vnitřní struktuře, rozložení vláken v řezu, počtu zastoupení jednotlivých komponent, dále je možné zjistit zaplnění příze, odhadnout její průměr.

Běžně se uvádějí dvě základní formy idealizovaných řezů (plastová a válcová struktura [18]), které reálné přízi neodpovídají a mohou posloužit jen jako srovnávací měřítko. Na rozdíl od idealizovaných modelů nemá reálná příze pravidelný kruhový průřez (v závislosti na tvaru průřezu vláken) a vlákna ve struktuře nejsou pravidelně uspořádána. K získání skutečných informací o struktuře příze byly vytvořeny experimentální metody pořizování příčných řezů vhodné pro mikroskopii v průchozím světle.

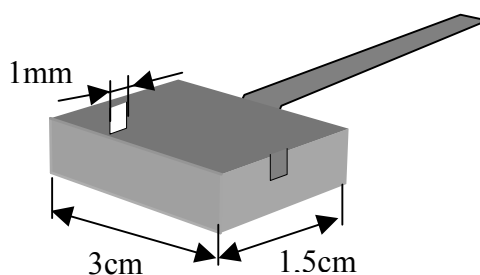
Podle časové a zpracovatelské náročnosti jsou rozlišovány dva typy řezů a to řezy „měkké“ a „tvrdé“. **Měkký** řez se vyznačuje méně náročnou přípravou, kde je zafixovaný svazek vláken zaléván směsí rozehtátého vosku a parafinu. Metoda poskytuje v krátkém čase velké množství dostatečně kvalitních příčných řezů o tloušťce (15 - 25) μm . Jako negativum se ukázalo nekvalitní proniknutí fixační směsi do hrubších

přízi a nemožnost uchování vzorků na „volném“ vzduchu (při vyšší teplotě dochází k měknutí vosku). Právě vysokou kvalitu fixace vláken v přízi vykazují **tvrdé** řezy, kde jsou vlákna nejdříve odmaštěna a pak fixována směsí epoxidové pryskyřice. Metoda je z pohledu času a přípravy náročnější, ale výhodou je kvalitní zpracování i hrubých přízí, nízká tloušťka řezů (3 - 5) μm a možné uchování na „volném“ vzduchu.

2.5.5.1 Tvorba příčných řezů

Měkké řezy

Výchozí surovinou pro vytvoření „měkkých“ řezů je zafixovaný snopek vláken. Fixace zamezí při řezání prokluz vláken ve snopku. Pro první fixaci se používá velmi zředěná směs disperzního lepidla a rychlosmáčecího přípravku (důkladné proniknutí směsi do svazku vláken), po zaschnutí se použije méně zředěná směs a třetí fixace je bez smáčecího přípravku. Zafixovaný snopek se upne do „plechové vaničky“ (ve směru její podélné osy) obr. 24 a zalije rozehřátou směsí včelího vosku a parafínu v poměru 2:3. Po vychlazení vzorku v mrazicím boxu následuje řezání ocelovým nožem upevněným v mikrotonu [26].



Obr. 24: Vanička pro zalévání délkových textilií do směsi včelího vosku a parafínu [26]

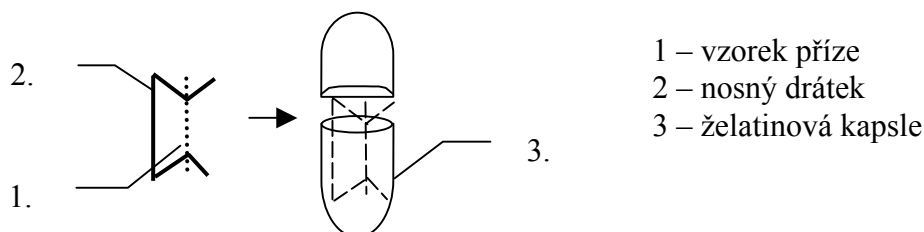
Tvrdé řezy

Zachování původního stavu (hodnota, směr zákrutu) příze a její rovnoběžné polohy v kapsli se zajišťuje upevněním vzorku příze na tvarovaný měděný drátek (obr. 25). Dokonalé proniknutí směsi mezi vlákna vzorku a jejich fixaci v zalévacím mediu se dosahuje odmaštěním vzorku v acetonu. Odmaštěný vzorek se vkládá do želatinových kapslí s následným zalitím zalévacím médiem (tab. č. 3). Uzavřené kapsle se vkládají do speciální dřevěné desky a uložením do komorového termostatu, kde při teplotě (50 – 60) $^{\circ}\text{C}$ po dva dny probíhá polymerace směsi. Odstranění kapslí

rozpuštěním v teplé H_2O a vyjmutí nosného měděného drátku. Preparát se zbrousí do tvaru „pyramidy“ s následným řezáním skleněným nožem upevněným v mikrotonu [26].

Tab. č. 3: Složení zalévacího media [26]

Množství ve směsi	Složka	Výrobek
10 ml	A/M	epoxidová pryskyřice
10 ml	B	tvrdidlo 964
0,3-0,4 ml	C	urychlovač 964
0,1-0,2 ml	D	dibutylftalát

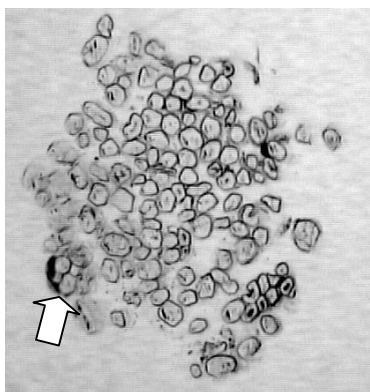


Obr. 25: Náskres přípravy preparátu pro zalévání [26]

2.5.5.2 Stanovení geometrických vlastností vláken a přízí z příčných řezů

Pro zpracování příčných řezů se využívá systému obrazové analýzy, který zahrnuje optický mikroskop s trinokulární hlavou pro umístění kamery a PC se softwarem obrazové analýzy (*LUCIA*).

Obraz příčného řezu zvětšený vhodným objektivem mikroskopu je kamerou digitalizován a zpracován softwarem. Potřebné informace pro zpracování řezu je prozatím možné získat jen s přispěním člověka, který do obrazu zaznačuje jisté charakteristiky a body. Tento zásah člověka do obrazu vykazuje určité nepřesnosti, kterým zatím nejde předejít. Jeden z důvodů vnesení nepřesností do obrazu je zaostřování řezů mikroskopem (zaostřeno intuitivně), které je prohloubeno dalším zaostřováním kamerou. Tato nepřesnost má za následek vzniku šumů ve snímaném obrazu. Proto je pro nasnímání jednoho příčného řezu zapotřebí několik jednotlivých zaostření s různou hloubkou ostrosti mikroskopu.



Obr. 26: Příčný řez svazku vláken

Další možnost zanesení nepřesnosti je vlastní kontura vláken. Vlákná v řezu se nevyskytují jen jako ojednocená vlákna (jedno elementární vlákno), ale různě na sebe přiléhají a vytvářejí tzv. svazky vláken (obr. 26). V takto vzniklém svazku lze jen těžko určit hranici jednoho elementárního vlákna a jeho kvalitní obkreslení. Proto při obkreslování jednotlivých kontur elementárních vláken je možné jejich zkreslení. Již samotný vznik řezu vykazuje jisté nepřesnosti, protože řezací nůž rychle ztrácí na ostroty a také samotná vlákna

(příze) zafixována ve vzorku vykazují určitou tuhost, která byla zvýšena směsí disperzního lepidla (zalévací médium). Proto při řezání vzorku může dojít k jeho vyklonění a výsledný řez je proveden v rovině diagonální vykazující určitou nepřesnost.

Vlákna

Z nasnímaného příčného řezu vláken se interaktivním obkreslováním získají kontury elementárních vláken, následuje transformace na binární obraz tj. převedení získaných hodnot na 1 a 0 (bílá a černá). Binární obraz ohraničí jednotlivé objekty, odliší je od pozadí a tak umožňuje jejich zpracování. Řešení problematiky transformace kontur objektů na binární obraz je uvedena v [28,29].

Provede se měření plochy, obvodu a ekvivalentního průměru vlákných průřezů na jednotlivých objektech a z uložených dat se vyhodnotí geometrické charakteristiky vláken [27].

Z naměřené plochy vlákna s a měrné hmotnosti vlákna ρ se určí *jemnost* vlákna podle:

$$t[\text{tex}] = \rho[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \cdot s[\text{mm}^2] \quad (2.40)$$

Ekvivalentní průměr vlákna $d_e[\text{mm}]$, maximální a minimální rozměr vlákna $[\mu\text{m}]$ se zjistí přímo pomocí funkce „Measure object“ při definovaném příznaku „EqDiameter“.

Tvarový faktor q se vypočítá podle:

$$q[-] = (p_v[\text{mm}] \cdot \pi \cdot d_e[\text{mm}]) - 1 \quad (2.41)$$

kde: p_v změřený obvod vlákna o ploše s a d_e je ekvivalentní průměr vlákna.

Příze

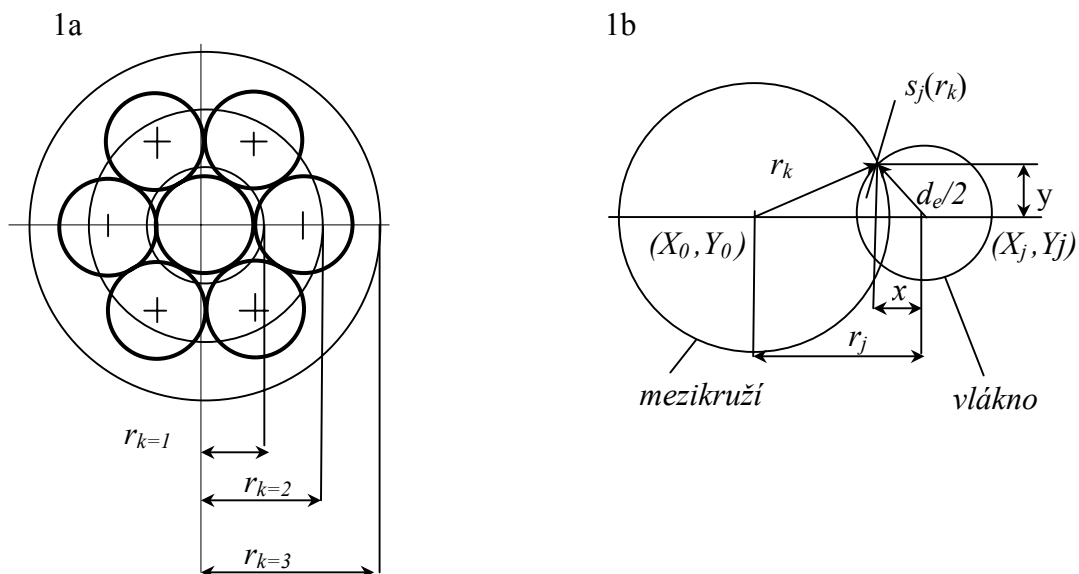
Podmínkou pro kvalitní řezy přízi je použití vhodného objektivu mikroskopu, neboť na snímaném řezu musí být viděna všechna vlákna v řezu a to v kvalitním rozlišení. Pro zpracování řezu se volí postup „nahrazení kontur vlákných řezů interaktivně získanými těžišti“. Při zpracovávání dvoukomponentních přízi je nutné oddělení vláken jednotlivých komponent v souborech pomocí čísel určující název a pořadové číslo vlákna. Nejdříve se získají těžiště jedné a pak druhé komponenty.

Samotné vyhodnocování se provádí pomocí metody Secant – dvoukomponentní příze kde se vyhledávají jen středy vlákných řezů viz. kap. 3.3. Metoda Secant je vysvětlena v [18] a je vhodná pro bavlněné příze nebo vysoce kroucené příze z jiných materiálů, kdy je obtížné rozlišit kontury jednotlivých vlákných řezů [30].

Osa příze se stanovuje z těžišť jednotlivých vlákných řezů X_j, Y_j kde j označuje pořadí vlákného řezu o počtu vláken n_1, n_2 jednotlivých komponent se stanovením souhrnného počet vláken n . Vytvoření radiálních mezikruží o konstantní šířce h se středem v ose příze (X_o, Y_o) a poloměru r_k kde $k=1,2,3,\dots,l$ (obr. 27), dále se provede sumace ploch v mezikruzích každé komponenty a všech vláken v přízi souhrnně, vypočtení trendů radiálního zaplnění μ_k , souhrnné plochy všech komponent a celková souhrnná plocha vláken S_r . Pro metodu *Secant* je zapotřebí provést korekci zaplnění koeficientem k_s , který je určen vztahem:

$$k_s = \frac{\overline{S_r}}{\left(\frac{T}{\rho}\right)} \quad (2.42)$$

kde: $\overline{S_r}$ průměrná hodnota souhrnu všech vláken v příčném řezu příze [mm^2].



Obr. 27: Začlenění ploch do mezikruží: 1a) soustava mezikruží na modelové válcové struktuře, 1b) výpočet plochy vlákna v mezikruží.

Kde r_j určuje těžiště j -tého vlákna od osy příze, plocha $s_j(r_k)$ vytčená kruhovou hranicí j -tým vláken je vypočtena pomocí parametrů x, y .

Po zjištění všech výše uvedených údajů se provede výpočet *radiálního objemového podílu komponent* podle:

$$v_{k1} = \frac{\mu_{k1}}{(\mu_{k1} + \mu_{k2})} = \frac{\mu_{k1}}{\mu_k} \quad (2.43)$$

$$v_{k2} = 1 - v_{k1} \quad (2.44)$$

Radiální hmotnostní podíl komponent byl určen podle:

$$g_{k1} = \frac{v_{k1}\rho_1}{(v_{k1}\rho_1 + v_{k2}\rho_2)} \quad (2.45)$$

$$g_{k2} = 1 - g_{k1} \quad (2.46)$$

Hmotnostní podíl komponent byl určen podle:

$$g_1 = \frac{S_1\rho_1}{(S_1\rho_1 + S_2\rho_2)} \quad (2.47)$$

$$g_2 = 1 - g_1 \quad (2.48)$$

V příčném řezu příze se určí efektivní průměr d_{ef} odpovídající hodnotě radiálního zaplnění $0,15$. Je možné ho odhadnout např. interpolací z naměřených hodnot zaplnění μ_k . Dále se vypočte efektivní zaplnění μ_{ef} , zjištění průměrné hodnoty počtu vláken n v příčném řezu, průměrný hmotnostní podíl komponent $g_{1,2}$, průměrná hodnota efektivního průměru příze d_{ef} a efektivního zaplnění μ_{ef} . Nakonec se zjistí průměrný průběh radiálního zaplnění μ_{kl} , μ_{kl} , μ_{kl} a příslušné statistické charakteristiky [30].

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Pro zjištění účinku zařízení REA 120 na surovinu byla zkoumána vochlovaná koudel a 2x kotonizovaná koudel. Před a po průchodu suroviny zařízením byly proměřeny jemnosti, délka a pevnost vláken. Dále byly analyzovány příčné řezy vláken a z nich byla určována jemnost jednotlivých vláken a vlákenných svazků, byly analyzovány počty vláken ve svazcích, byl určen stupeň kotonizace lýkových vláken.

Dále byl k dispozici pramen a příze vyrobené z kotonizované suroviny a viskózy. Bohužel nebylo možno od dodavatele získat další druhy přízí, a tak bylo alespoň ukázáno, jaké standardní a nadstandardní zkoušky lze pro tento typ přízí použít.

Všechny naměřené hodnoty zkoušek byly standardně statisticky zpracovány (testy normality, homogenity apod.) programem QC Expert. V případě, kdy data neodpovídají normálnímu rozdělení, byla použita exponenciální transformace a pro malý počet měření byla použita statistická analýza malých výběrů (v obou případech pak není uvedena směrodatná odchylka a variační koeficient).

3.1 Vlastnosti vláken vstupní suroviny a meziproduktu

Popis zkoušeného materiálu:

Materiály určené pro zkoumání byly dodány firmou Rieter CZ.

Len: - Vochlovaná koudel o jemnosti $t_k = 105 \text{ tex}$

- 2x kotonizovaná vochlovaná koudel na zařízení REA 120

Viskóza: Viskózová stříž o jemnosti vláken $t = 1,3d \text{ tex}$ a délce $l = 39 \text{ mm}$.

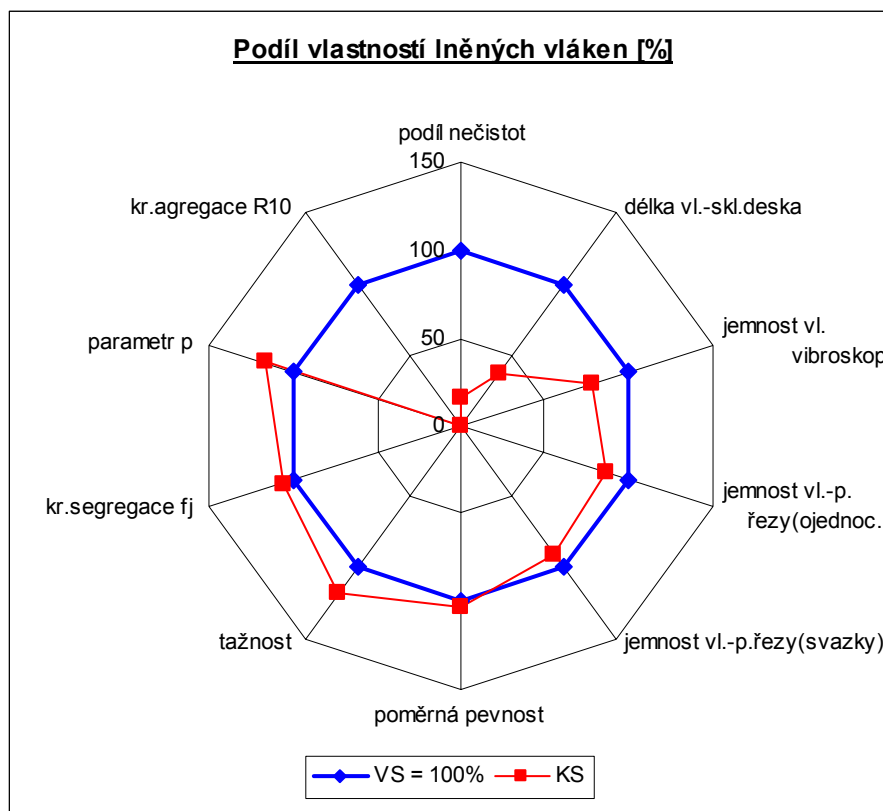
V diskuzích experimentu je pro přehlednost uváděna vochlovaná koudel jako *vstupní surovina* a 2x kotonizovaná vochlovaná koudel jako *kotonizovaná surovina*. Pro grafické vyjádření bylo použito značení vstupní suroviny jako *VS*, kotonizované suroviny *KS* a viskózová stříž jako *CVs*.

V tabulce č. 4 je uveden přehled výsledků všech proměřených vlastností surovin. Na obr. 28 je grafické znázornění průběhu změn vlastností lněné suroviny před a po průchodu zařízením REA 120.

Tab. č. 4: Vlastnosti vstupní suroviny a meziproduktů

Název zkoušky	Surovina		
	VS	KS	CVs
Obsah nečistot P [%]			
- ruční metoda	0,129 <0,093;0,164>	0,02 <0,017;0,022>	----
počet měření n / S [%] / v [%]	5 /-/-	5 /-/-	
Délka vláken l [mm]			
- skleněná deska	99,464 <95,906;103,095>	36,898 <36,144;37,665>	37,796 <37,680;37,912>
počet měření n / S [mm] / v [%]	500 /-/-	1000 /-/-	500 /1,32 /3,492
- mechanický přístroj	77,596 <74,634;80,641>	-----	-----
počet měření n / S [mm] / v [%]	500 /-/-		
Jemnost vláken t [dtex]			
- vibroskopická metoda	3,532 <3,126;3,938>	2,745 <2,512;2,979>	1,163 <1,076;1,265>
počet měření n / S [dtex] / v [%]	50/ 1,428/ 40,43	50/ 0,821/ 29,91	50 /-/-
- příčné řezy (ojednocená vlákna)	2,506 <2,375;2,642>	2,276 <2,194;2,36>	----
počet měření n / S [dtex] / v [%]	533 /-/-	1042 /-/-	
- příčné řezy (vlákna ze svazků)	2,344 <2,257;2,444>	2,04 <1,975;2,11>	----
počet měření n / S [dtex] / v [%]	876 /-/-	1410 /-/-	
Poměrná pevnost vl. R [cN/tex]			
- VIBRODYN	46,153 <39,458;52,848>	47,707 <40,59;54,824>	33,44 <30,51;36,37>
počet měření n / S [cN/tex] / v [%]	50/ 23,557/ 51,04	50/ 25,042/ 52,49	50/ 10,31/ 30,83
Tažnost vláken ε [%]			
- VIBRODYN	2,068 <1,874;2,262>	2,4412 <2,204;2,68>	18,54 <17,465;19,442>
počet měření n / S [%] / v [%]	50/ 0,682/ 32,98	50/ 0,838/ 34,33	50 /-/-
Stupeň kotonizace lněných vl.			
- kr. segregace f_i [%]	83,94	90,29	
- parametr p	0,63	0,74	-----
- kr. agregace R_{I0} [%]	0,32	0	
počet měření n	876	1410	

Pozn.: Pokud u hodnot není uvedena směrodatná odchylka a variační koeficient, byla provedena exponenciální transformace dat, která tyto hodnoty neumožňuje dopočítat.



Obr. 28: Procentuální vyjádření změn vlastností lněných surovin

3.1.1 Podíl nečistot

Lněná surovina v sobě zahrnuje vysoké procento pazdeří (rostlinné nečistoty), které není snadno odstranitelné a lze ho náhodně objevit i ve výsledné přízi. Z tohoto důvodu je výhodné před vlastním zpracováním provést čištění suroviny, které opakovaním nabývá na kvalitě a usnadňuje tak proces výroby příze (snížení prášivosti v přádelnách). Podíl nečistot byl zjištěn u vzorků vstupní suroviny a kotonizované suroviny, výsledky byly vzájemně porovnány. Viskóznové vlákno neobsahuje rostlinné nečistoty, proto podíl nečistot nebyl měřen.

Vyhodnocení čistoty předkládané suroviny bylo provedeno podle normy ČSN 80 0222. Podstatou zkoušky je zjištění celkového podílu rostlinných nečistot v surovině.

Ruční metoda měření spočívá ve vyklepávání a ručním odstraněním nečistot.

- Procentuální zastoupení nečistot v surovině je vypočteno podle [31]:

$$P_n = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100 \quad (3.1)$$

kde: P_n podíl nečistot ve zkušební vzorku [%]

m_0 hmotnost zkušební vzorku [g]

m_1 hmotnost nečistot [g]

n zkušební vzorek vstupní suroviny (VS), kotonizované suroviny (KS)

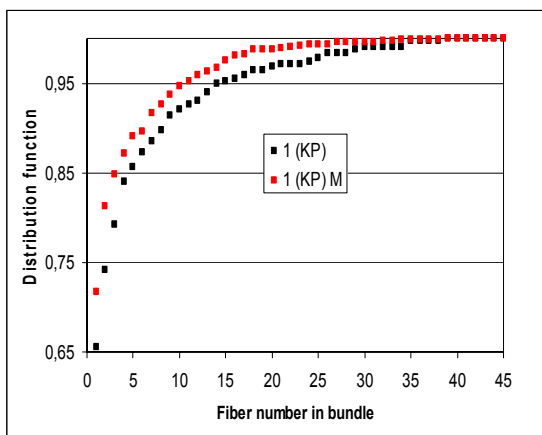
Ze vstupní a kotonizované suroviny bylo odebráno pět vzorků o hmotnosti $m = 5$ g, z každého pročištěného vzorku byly zváženy nečistoty a přepočteny na procentuální zastoupení podle vzorce (3.1). Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tab. č 4. a na obr. 30 je uveden snímek rostlinného odpadu obsaženého ve vstupní surovině.

Diskuse:

Obsah nečistot vstupní suroviny klesl dvojnásobným průchodem zařízením REA 120 z hodnoty $P = 0,129$ % na hodnotu $P = 0,02$ % kotonizované suroviny. Značný pokles obsahu nečistot v kotonizované surovině představuje dobré čistící účinky strojního zařízení REA 120.

Zjištění obsahu nečistot by bylo možné provést i na zařízení Fibreblender (zařízení na homogenizaci vláken), které pracuje na principu rozvolnění průchozího materiálu rozvolňovacím válcem. Rozvolňováním materiálu dochází k oddělování nečistot. Průchodem suroviny zařízením dochází k další kotonizaci materiálu. Obr. 29 uvedený ve [40], představuje kumulativní četnost výskytu vláken před a po průchodu suroviny Fibreblendrem. Je vidět vyšší kumulativní četnost výskytu elementárních vláken způsobenou rozvolněním suroviny. Z tohoto důvodu nebyl přístroj Fibreblender použit.

Nevýhodou ruční metody zjišťování podílu nečistot je závislost na zručnosti zkoušejícího, většinou nelze dokonale odstranit všechny nečistoty v surovině. Z výše uvedeného důvodu jsou výsledné hodnoty měření orientační.



Obr. 29: Počet vláken ve svazku před a po průchodu zařízením Fibreblender [32]



Obr. 30: Nečistoty v surovinách

3.1.2 Délka vláken

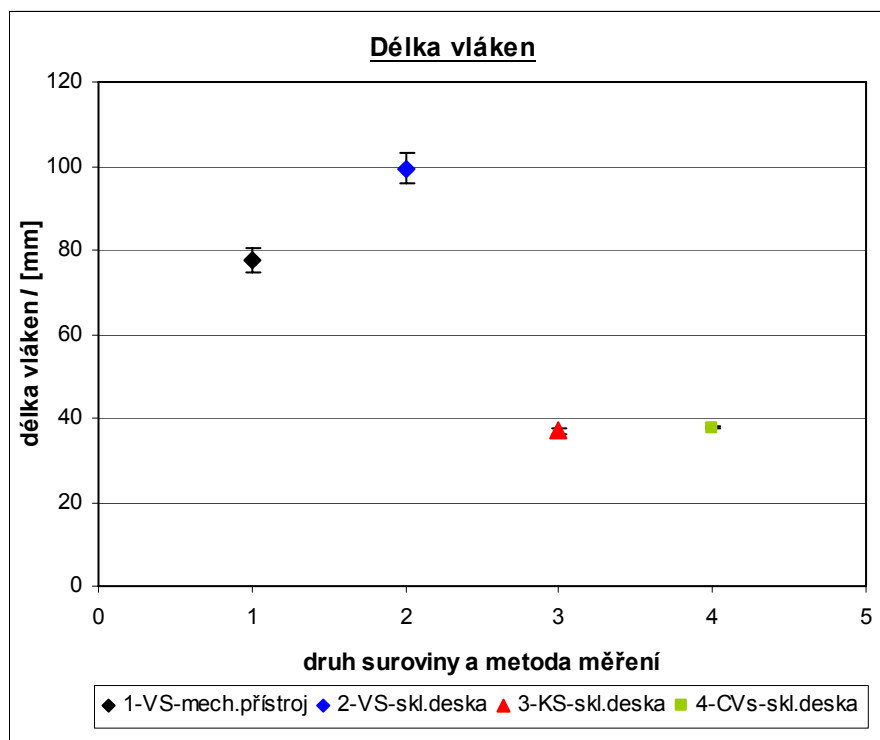
Měření délky vláken bylo provedeno ručními metodami podle normy ČSN 80 0201 [33].

Princip měření délky vláken na *mechanickém přístroji* je ve vyrovnávání vlákna a zaznamenání výsledné délky registračním kuličkovým zařízením.

Měření na *skleněné desce* spočívá v ručním vyrovnání glycerinem fixovaného vlákna a měření délky pomocí měřítka.

Vlákna viskóзовé stříže byla měřena na skleněné desce černé barvy rozměrů $4,5\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ a počtu měření $n = 500$ vláken. Lněná vlákna, popř. svazky vláken vstupní suroviny, byla měřena jak na skleněné desce, tak i na mechanickém přístroji (kuličkový staplovací přístroj FM 04/a) opatřeným přidržovacím a registračním zařízením. Počet měření pro rostlinná vlákna je dle normy $n = 1000$ vláken, zde bylo každou metodou proměřeno $n = 500$ vláken. Měření délky vláken kotonizované suroviny bylo provedeno na skleněné desce o počtu měření $n = 1000$ vláken.

Výsledné hodnoty lněných vláken vstupní, kotonizované suroviny a viskóзовé stříže jsou uvedeny v tab. č. 4. Vzájemné porovnání délek vláken je uvedeno v obr. 31. Staplové diagramy proměřených surovin jsou uvedeny v příloze č.1 obr. 1- 4.



Obr. 31: Délka vláken vstupní suroviny a meziprojektu

Diskuse:

Délka vstupní suroviny byla průchodem zařízením REA 120 významně zkrácena a to z hodnoty $l = 99,465 \text{ mm}$ na hodnotu $l = 36,898 \text{ mm}$ vychlované koudele. Konfidenční intervaly délek lněných surovin se nepřekrývají, proto jsou rozdíly mezi naměřenými hodnotami délek vláken zkoušených surovin statisticky významné.

Ve vstupní surovině se vyskytují nejen elementární vlákna, ale i vlákna ve svazku, které nelze snadno od svazku oddělit. Proto při měření docházelo nejen k proměřování délky elementárních vláken, ale i svazků vláken. Další nepřesnost měření je dána u mechanického přístroje registračním zařízením, které určuje délku vláken v intervalu 10 mm a výslednou hodnotou je jeho střední hodnota určující třídu (zkreslení skutečné délky vlákna). Z tohoto důvodu nebyla délka vláken kotonizované suroviny na mechanickém přístroji měřena. Z výše uvedených důvodů jsou výsledné hodnoty obou měření délek vláken vstupní suroviny orientační.

Střední hodnota délky vláken kotonizované suroviny přibližně odpovídá hodnotám délek vláken uvedených v [17].

Výsledná hodnota délky viskóзовého vlákna neodpovídá jmenovité hodnotě dodané výrobcem ($l = 39 \text{ mm}$). Jmenovitá hodnota nespádá do konfidenčního intervalu výsledku měření, proto je rozdíl hodnot jemnosti viskóзовé stříže staticky významný.

Měření délky vlákna by bylo možné provést i na systému HVI. Podle [34] je použití systému HVI zatíženo obtížností přípravy třásně vláken v měřicí svěrce u hrubších kotonizovaných lnů a nemožnosti měření suroviny s obsahem delších vláken. HVI systém umožňuje vyhodnocení délky vláken UHM [mm], UI (index nestejnomyěrnosti), SFI (index krátkých vláken) a jemnost vláken MIC. Měření délky (jemnosti) vláken nebylo na HVI systému provedeno, protože systém nebyl k dispozici.

Měření délky vlákna by bylo možné i na zařízení AFIS (určený pro bavlnu). Podle [35] je AFIS modulový přístroj pro měření délky vláken, obsahu nopků, znečištění a zralosti vláken. Předem připravený pramen je přiváděn konstantní rychlostí k dvojici za sebou uspořádaných rozvolňovacích válečků potažených pilkovým potahem. K válečkům jsou přisazeny „mykací lišty“, které slouží pro dokonalé ojednocení vláken a napomáhají při vylučování nečistot. Nečistoty jsou následně pneumaticky odsávány. Ojednocená a vyčištěná vlákna putují vzduchovým kanálem, kde jsou fotoelektricky snímána. Získaný signál je elektronicky zpracován a vyhodnocen.

➡ Přístroj AFIS pro lněný materiál nelze použít, neboť je lněná surovina při průchodu zařízením rozvolněna, a proto výsledné hodnoty neodpovídají vstupní surovině, ale surovině jím rozvolněné.

3.1.3 Jemnost vláken

Jemnost vláken byla změřena podle normy ČSN 80 0269 odpovídající normě EN ISO 1973 metodou **vibroskopickou** [36].

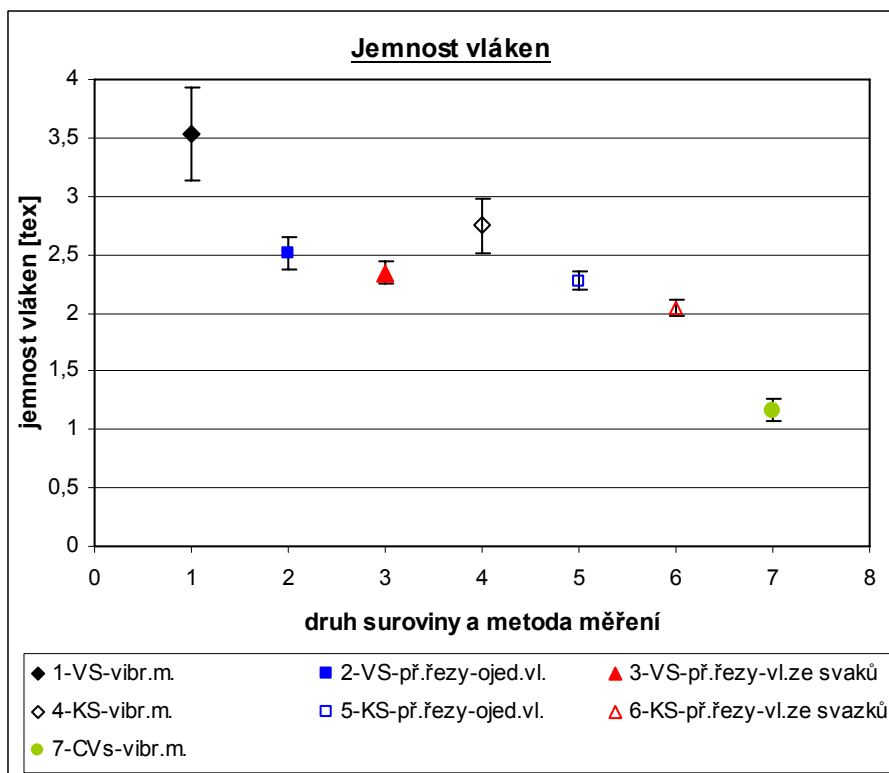
VIBROSKOP 400 je přístroj na měření jemnosti vláken a pracuje na bázi nuceného kmitání. Vlákno upevněné v čelistech přístroje bylo rozkmitáno průchodem elektrického impulsu a jeho vlastní frekvence kmitání byla snímána opticko – elektrickým systémem. Podle hodnoty předpětí a vlastní frekvence kmitání se automaticky stanoví délková hmotnost vlákna v jednotkách *dtex*.

Vibroskop je spojen s dynamometrem VIBRODYN 400, který vyhodnocuje pevnost a tažnost vlákna. Výhoda tohoto propojení je v proměřování vlastností vlákna bez přerušení vazby a všechny získané hodnoty se váží právě k jednomu vláknu. Oba přístroje jsou připojeny na počítač vybavený softwarem, který umožňuje statistické vyhodnocení naměřené jemnosti, pevnosti, tažnosti a poměrné pevnosti [*cN/tex*] se zobrazením pracovních křivek vláken.

Další možné zjištění jemnosti vláken je při vyhodnocování **příčných řezů vláken**. Princip měření a diskuse výsledků jsou popsány v kapitole 3.1.5. Pro přehlednost jsou výsledky měření této metody uvedeny současně s výslednými hodnotami měření jemnosti vláken za pomoci vibroskopické metody v obr. 32.

Při měření jemnosti vláken metodou vibroskopickou byla vlákna z důvodu odstranění obloučků opatřena předpětím pro lněná vlákna vstupní a kotonizované suroviny o hmotnosti $m_p = 200 \text{ g}$ a pro viskózová vlákna o hmotnosti $m_p = 100 \text{ g}$, jemnosti jsou uváděny v [*dtex*] a počet proměřených vláken je pro oba druhy vláken $n = 50$. Výběr ojednocených elementárních vláken byl ze vstupní a kotonizované suroviny zajištěn použitím laboratorní osvětlené lupy (zvětšení *1,6x*).

V tabulce č. 4 jsou uvedeny výsledné hodnoty jemností lněných vláken vstupní a kotonizované suroviny které jsou porovnány s jemnostmi naměřenými při vyhodnocování příčných řezů. Jemnost viskózových vláken je uvedena v tabulce č. 4. Porovnání výsledných hodnot měření jemnosti lněných vláken a viskózových vláken je uvedeno na obr. 32.



Obr. 32: Jemnost vláken vstupní suroviny a meziprojektu

Diskuse:

Z výsledných hodnot a grafického vyjádření je zřejmé, že došlo průchodem vstupní suroviny zařízením REA 120 ke snížení jemnosti vybraných elementárních vláken měřené pomocí vibroskopické metody z hodnoty $t = 3,532 \text{ dtex}$ na jemnost $t = 2,745 \text{ dtex}$ kotonizované suroviny. Konfidenční intervaly jemnosti lněných vláken vstupní a kotonizované suroviny se nepřekrývají, proto je rozdíl hodnot výsledku měření jemnosti vláken statisticky významný.

Jemnosti vláken měřené pomocí vibroskopické metody jsou závislé na lidské zručnosti, která nezabraňuje uchycení svazku vláken o nízkém počtu vláken $j = 2,3$, proto pro kvalitní měření byla při měření použita laboratorní osvětlená lupa (zvětšení $1,6x$)

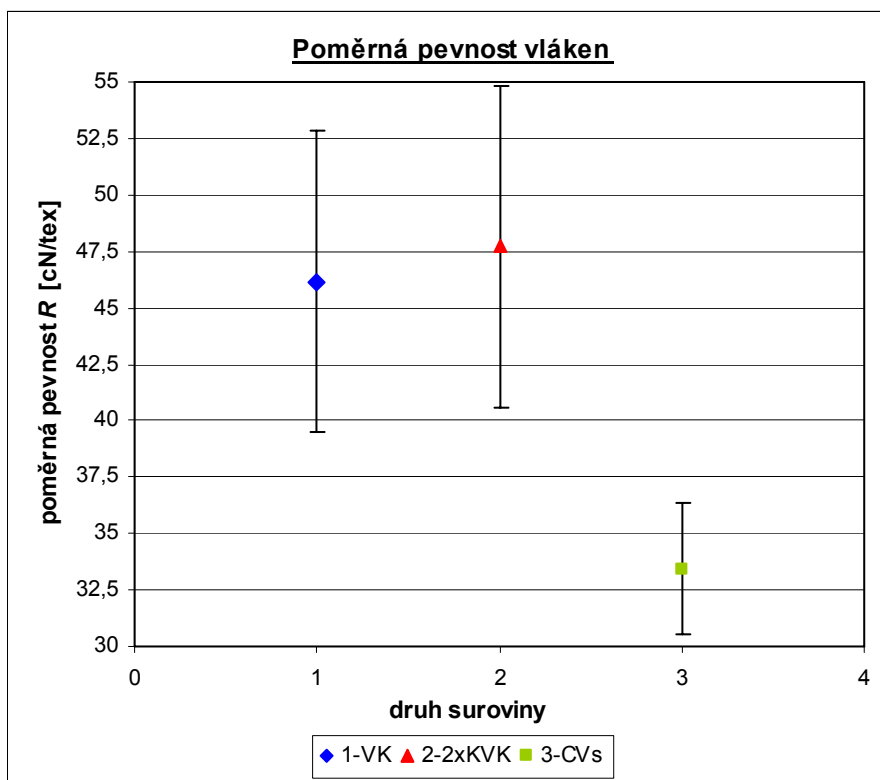
Hodnota jemnosti CVs měřená pomocí vibriskopické metody neodpovídá jmenovité jemnosti vlákna $t = 1,3 \text{ dtex}$, která však spadá do intervalu spolehlivosti středních hodnot výsledku měření.

Z důvodu zjišťování jemnosti viskóзовých vláken pomocí vibroskopické metody byly použity v dalších měření hodnoty jemnosti vláken vstupní suroviny z této metody.

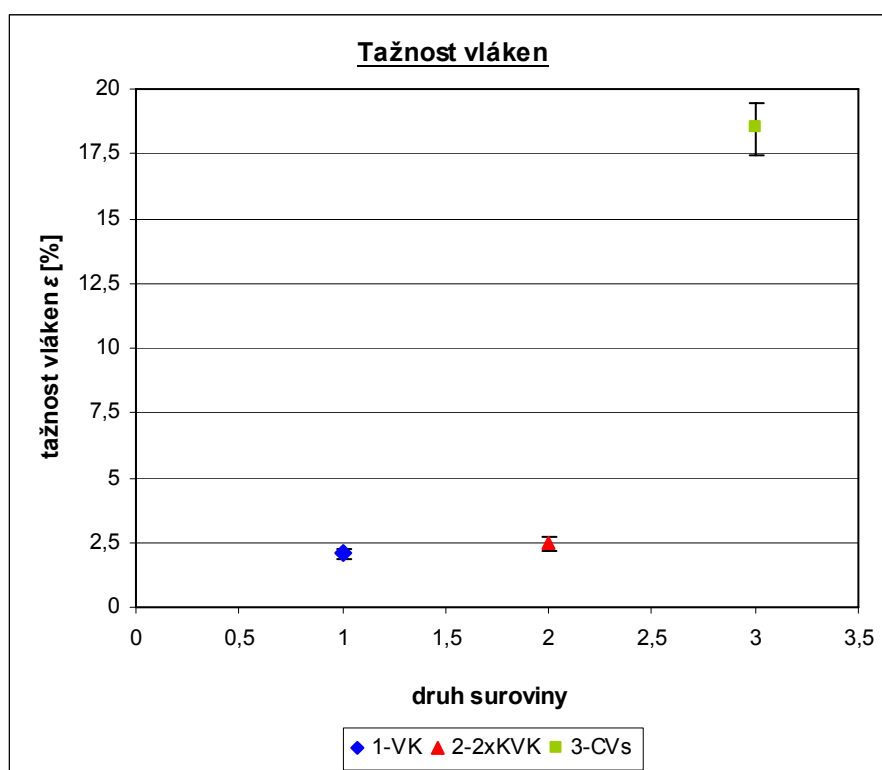
3.1.4 Pevnost vláken

Pevnost vláken byla měřena na přístroji VIBRODYN 400, který pracuje na principu dynamometru s konstantním přírůstkem deformace. Ojednocené lněné vlákno vybrané z rozvolněné suroviny bylo upnuto do čelistí přístroje. Přístroj umožňuje základní statistické zpracování naměřených dat (pevnosti a tažnosti) a zobrazení pracovní tahové křivky jednotlivých vláken.

Ze vstupní, kotonizované suroviny a viskózní stříže bylo provedeno $n = 50$ měření. V tab. č. 4 jsou uvedeny výsledné hodnoty poměrné pevnosti vláken R [cN/tex] a tažnosti vláken ε [%], grafické znázornění pevnosti a tažnosti surovin je uvedeno na obr. 33,34. Průměrné pracovní tahové křivky vláken zkoušených surovin jsou uvedeny v příloze č. 4 obr. 15,16,17.



Obr. 33: Poměrná pevnost vstupní suroviny a meziprojektu



Obr. 34: Tažnost vláken vstupní suroviny a meziprojektu

Diskuse:

Pevnost a tažnost vybraných elementárních vláken vstupní suroviny $R = 46,153 \text{ cN/tex}$, $\epsilon = 2,068 \%$ byla při průchodu zařízením REA 120 minimálně změněna na $R = 47,707 \text{ cN/tex}$, $\epsilon = 2,4412 \%$ kotonizované suroviny. Konfidenční intervaly proměřovaných vlastností se překrývají, proto rozdíly mezi výslednými hodnotami měření nejsou statisticky významné.

Hodnota pevnosti $R = 33,44 \text{ cN/tex}$ a tažnosti $\epsilon = 18,54 \%$ viskózní stříže i jejich konfidenční intervaly přibližně odpovídají hodnotám uvedených v [10].

3.1.5 Stupeň kotonizace lněných vláken

Vyhodnocení stupně kotonizace lněných vláken bylo provedeno podle interní normy IN 21-104-01/01. Teoretický popis „kotonizace a její vyhodnocení“ je uvedeno v kapitole 2.1.4.1 a 2.5.4. Souběžně s kotonizací je možné naměřit jemnost ojednocených elementárních vláken a jemnost svazků vláken.

Vyhodnocování bylo provedeno u vzorků vstupní a kotonizované suroviny. Základem zkoušky je vytvoření preparátů *měkkých řezů* ze svazků vláken (kap. 2.5.6.1) podle IN 46-108-01/01. Kontury elementárních vláken byly zjištěny podle normy IN 21-108-01/01 (kap. 2.6.5.2). Z binárního obrazu tvořeného metodou interaktivního obkreslování jednotlivých kontur vláken nebo svazků vláken byly měřeny plochy elementárních vláken, ekvivalentní průměr, max. a min. rozměr a obvod vláken IN 21-208-01/01 (kap. 2.6.5.2). Jemnost vláken je vypočtena podle vzorce:

$$t[\text{tex}] = \rho[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \cdot s[\text{mm}^2] \quad (3.2)$$

kde ρ je měrná hmotnost vláken a s je plocha elementárního vlákna

Ze součtu jednotlivých jemností byla získána jemnost svazku t .

$$t[\text{tex}] = \sum_{i=1}^j t_{ij}[\text{tex}] \quad (3.3)$$

kde t_{ij} je jemnost i -tého vlákna ve svazku o j vláknech

Podle (2.34) byl zaznamenán počet svazků obsahujících j vláken x_j a určen počet svazků N_s . Celkový počet vláken N byl určen podle (2.35). Relativní četnost svazků obsahujících j vláken f_j byla vypočtena podle (2.36), kumulativní četnost svazků do j vláken F_j podle (2.37) a bylo určeno kritérium segregace f_l . Podle vztahu (2.38) bylo provedeno ověření platnosti geometrického rozložení, metodou nejmenších čtverců byl vypočten parametr rozdělení p . Kritérium agregace R_{10} bylo vypočteno podle vztahu (2.39).

V tab. č. 5,6 jsou uvedeny hodnoty měření vstupní a kotonizované suroviny. Celkové vyhodnocení tj. kritérium segregace, agregace a parametr p je uvedeno v tab. č. 4. Na obr. 35 je znázorněna kumulativní četnost jemnosti všech elementárních vláken ze svazků tak i vláken ojednocených vstupní a kotonizované suroviny. Na obr. 36 je znázornění kumulativní četnosti jemnosti svazků o počtu vláken $j = 2,3,4$ proměřovaných surovin. Grafické znázornění jemnosti vláken v závislosti na počtu vláken ve svazku, relativní četnosti svazků a kumulativní četnosti je uvedeno

na obr. 37,38,39. Jednotlivé kumulativní četnosti jemnosti svazků o počtu vláken $j = 1, 2, 3, 4$ jsou uvedeny v příloze č. 2 obr. 5 - 8. Grafy poměrů frekvencí, relativních četností svazků obsahujících j vláken a parametrů p jsou uvedeny v příloze č. 3 obr. č. 9 - 14.

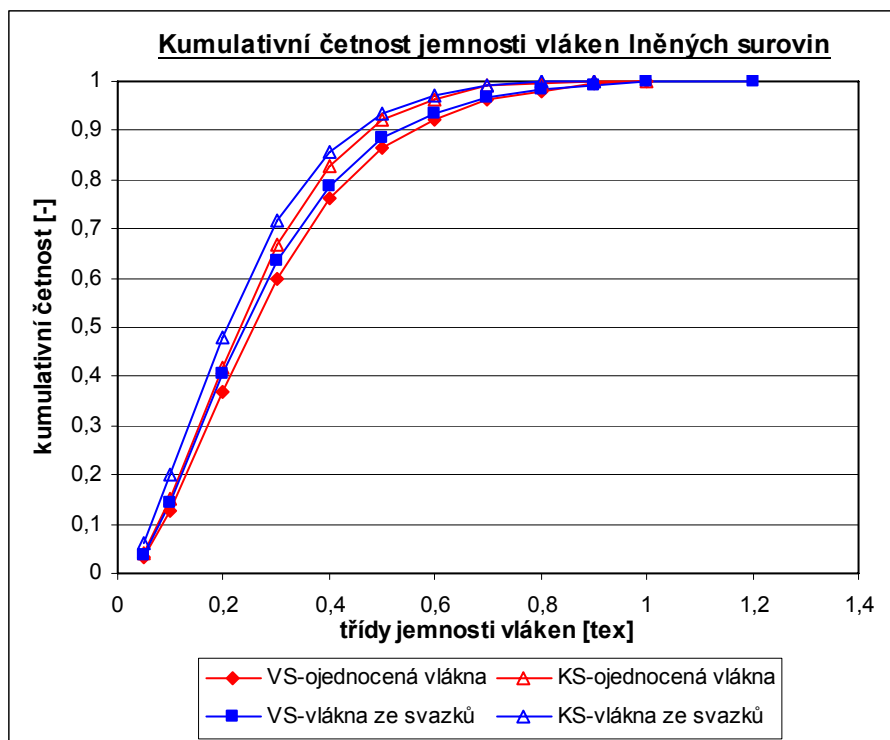
Tab. č. 5: *Stupeň kotonizace vstupní suroviny (VS)*

Počet vláken ve svazku	Počet svazků vláken	Průměr. jemnost svazku [tex]	Směr.odchylka. prům. jemnosti svazku [tex]	Confidence pr. jemn. svazků [tex]	Relativní četnost svazků f_j [-]	Kumulativní četnost F_j [-]
1	533	0,293	0,1888	0,016	0,8394	0,8394
2	54	0,5258	0,3045	0,0812	0,0849	0,9243
3	17	0,7398	0,2988	0,142	0,0268	0,9511
4	11	0,8529	0,4334	0,2561	0,0173	0,9684
5	8	1,4934	0,3858	0,6732	0,0126	0,9810
6	2	1,4635	0,1919	0,2659	0,0032	0,9842
7	5	1,7489	0,6537	0,573	0,0079	0,9921
8	0	0	0	0	0	0,9921
9	3	1,6675	0,3401	0,385	0,0047	0,9968
10	0	0	0	0	0	0,9968
11	1	4,1822	0	0	0,0016	0,9984
15	1	4,1085	0	0	0,0016	1

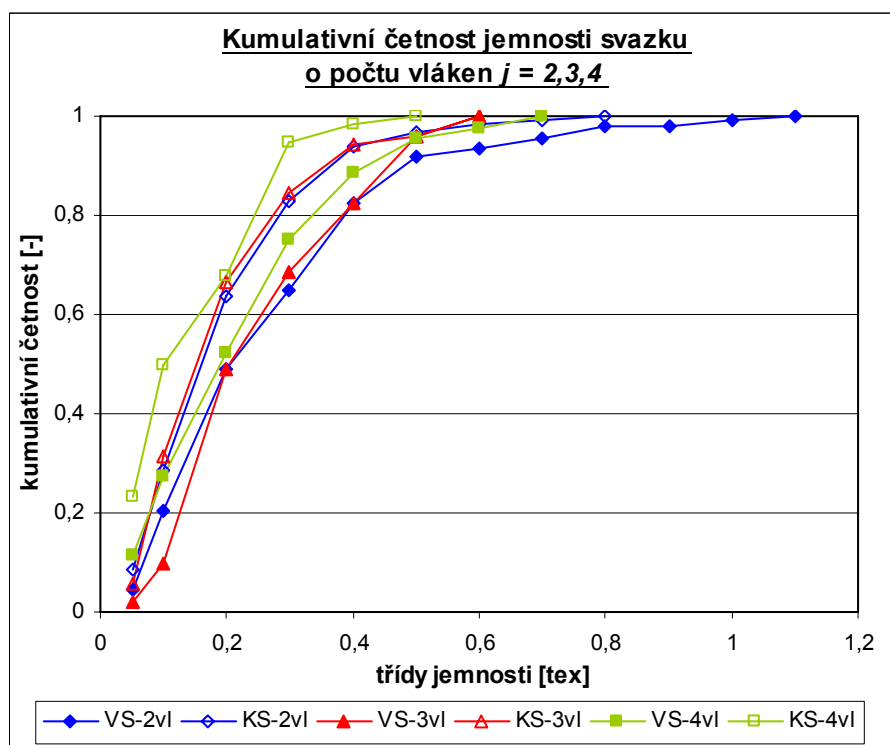
Pozn.: Ve vstupní surovině se nevyskytly svazky o počtu vláken $j = 8; 10$, proto jejich kumulativní četnost je rovna kumulativní četnosti svazku o počtu vláken $j = 7; 9$.

Tab. č. 6: *Stupeň kotonizace kotonizované suroviny (KS)*

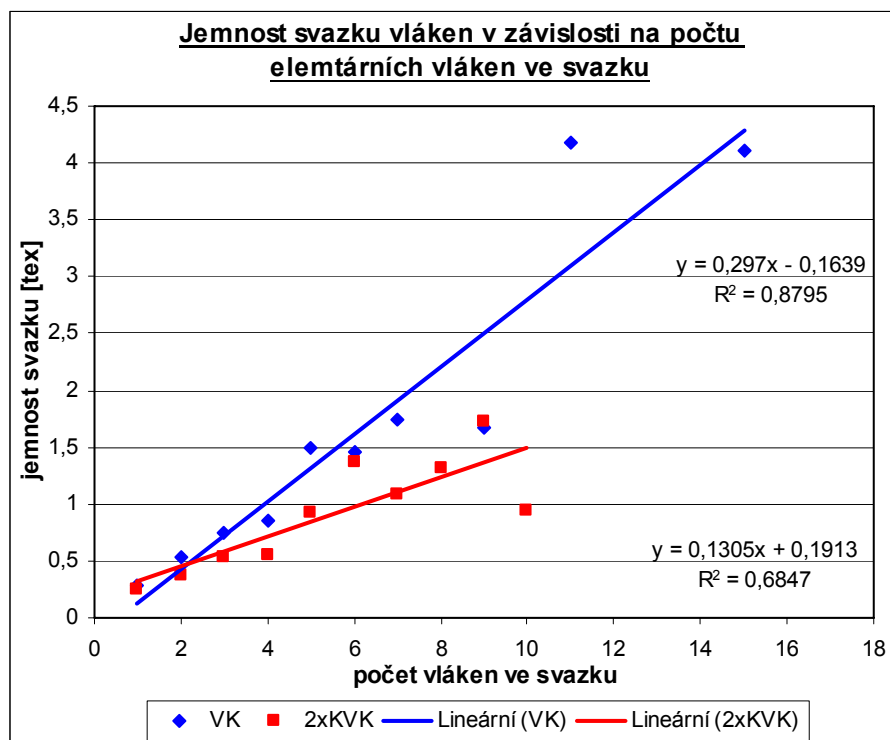
Počet vláken ve svazku	Počet svazků vláken	Průměr. jemnost svazku [tex]	Směr.odchylka. prům. jemnosti svazku [tex]	Confidence pr. jemn. svazků [tex]	Relativní četnost svazků f_j [-]	Kumulativní četnost F_j [-]
1	1042	0,2576	0,1551	0,0094	0,9029	0,9029
2	58	0,3805	0,2293	0,059	0,0503	0,9532
3	17	0,5377	0,2198	0,1045	0,0147	0,9679
4	14	0,5525	0,246	0,1289	0,0121	0,98
5	8	0,9171	0,384	0,2658	0,0069	0,9869
6	7	1,3697	0,7117	0,5272	0,0061	0,993
7	4	1,0899	0,1139	0,1116	0,0035	0,9965
8	2	1,3189	0,2706	0,376	0,0017	0,9982
9	1	1,7271	0	0	0,0009	0,9991
10	1	0,9393	0	0	0,0009	1



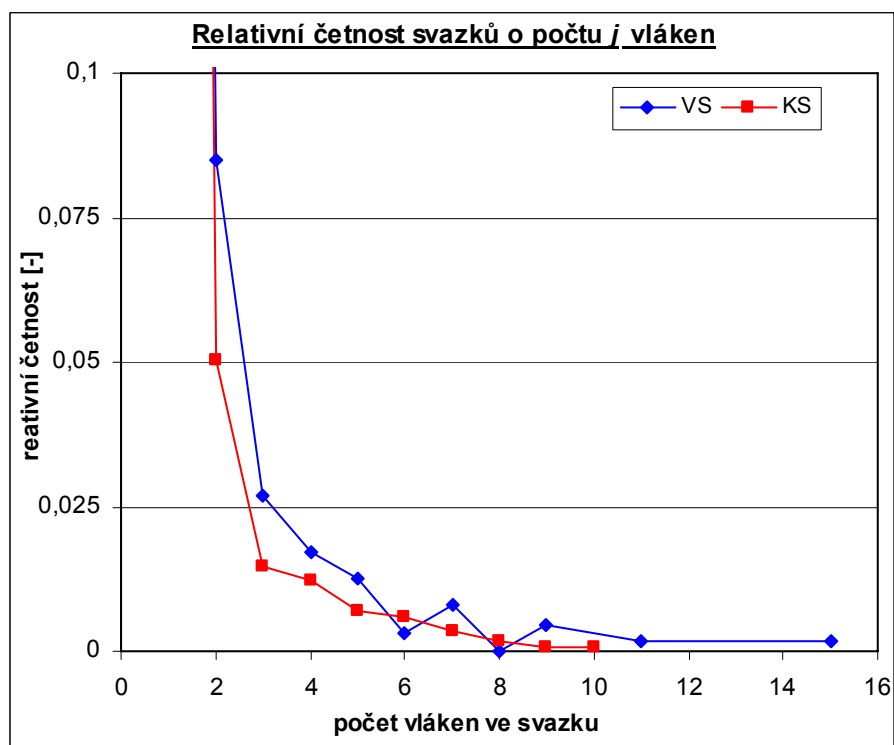
Obr. 35: Kumulativní četnost jemnosti vláken v závislosti na druhu suroviny



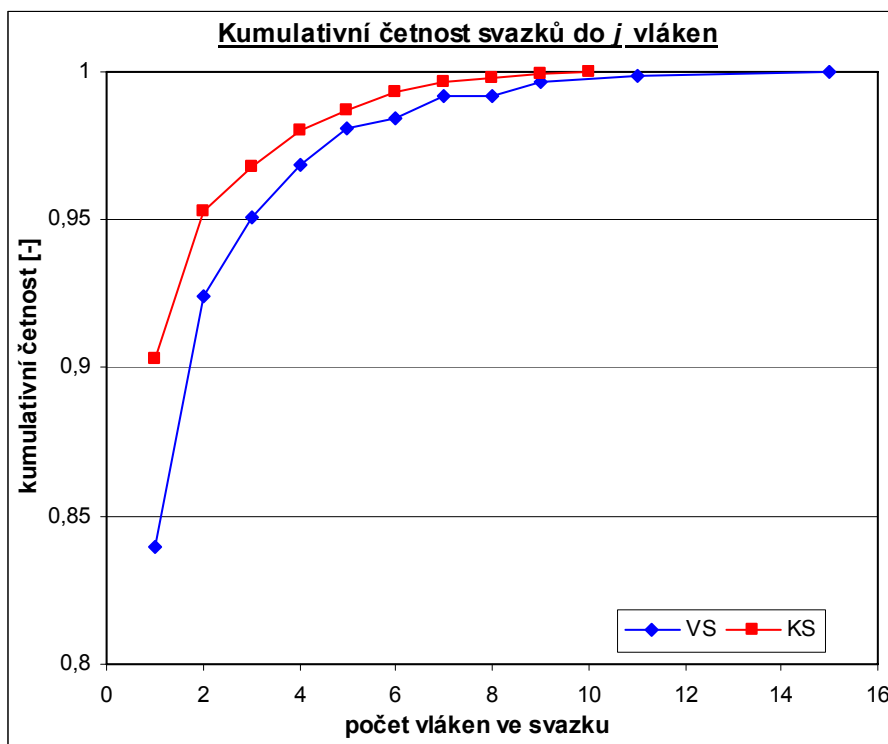
Obr. 36: Kumulativní četnost jemnosti svazku o počtu vláken $j = 2,3,4$ v závislosti na druhu suroviny



Obr. 37: Jemnost svazku vláken závislosti na počtu elementárních



Obr. 38: Relativní četnost svazků o počtu j vláken



Obr. 39: Kumulativní četnost svazků do j vláken

Diskuse:

Na obr. 13 kapitoly 3.1.3 jsou znázorněny hodnoty jemnosti vstupní i kotonizované suroviny změřené za pomoci různých metod. Hodnota jemnosti vstupní suroviny $t = 3,532 \text{ dtex}$ (vibroskopická metoda) neodpovídá jak jemnosti vstupní suroviny vypočtené z příčných řezů ojednocených vláken $t = 2,506 \text{ dtex}$, tak i všech vláken ze svazků $t = 2,344 \text{ dtex}$. Konfidenční interval jemnosti neměřené pomocí vibroskopické metody nepřekrývá žádný konfidenční interval jemnosti vypočtené z příčných řezů. Z tohoto důvodu je rozdíl výsledné hodnoty jemnosti vstupní suroviny zjištěné pomocí vibroskopické metody a výsledných hodnot jemnosti vláken z příčných řezů statisticky významný. Konfidenční intervaly jemnosti vláken vypočtené z příčných řezů se překrývají, proto rozdíl výsledných hodnot jemnosti vstupní suroviny z příčných řezů není statisticky významný.

Jemnost kotonizované suroviny $t = 2,745 \text{ dtex}$ (vibroskopická metoda) neodpovídá jemnosti kotonizované suroviny vypočtené z příčných řezů ojednocených vláken $t = 2,276 \text{ dtex}$ tak i všech vláken ze svazků $t = 2,04 \text{ dtex}$. Konfidenční intervaly jemnosti se při vzájemném porovnání nepřekrývají, proto rozdíl výsledných hodnot jemnosti kotonizované suroviny změřené různými metodami je statisticky významný.

Z pohledu srovnání jemnosti vstupní a kotonizované suroviny bylo zjištěno, že jemnost vstupní suroviny $t = 2,506 \text{ dtex}$ vypočtená z příčných řezů ojednocených vláken byla snížena průchodem zařízením REA 120 na jemnost $t = 2,276 \text{ dtex}$ kotonizované suroviny. Konfidenční intervaly jemnosti se nepřekrývají, proto je rozdíl výsledných hodnot jemnosti vstupní a kotonizované suroviny vypočtené z příčných řezů ojednocených vláken statisticky významný.

Jemnost vstupní suroviny $t = 2,344 \text{ dtex}$ vypočtená z příčných řezů všech vláken ze svazků byla po průchodu zařízením REA 120 snížena na hodnotu $t = 2,04 \text{ dtex}$ kotonizované suroviny. Konfidenční intervaly jemnosti se nepřekrývají, proto je rozdíl výsledných hodnot jemnosti vstupní a kotonizované suroviny vypočtené z příčných řezů všech vláken ze svazků statisticky významný.

V obr. 35 kumulativní četnost jemnosti vláken vstupní a kotonizované suroviny vypočtená z příčných řezů ojednocených tak i všech vláken ze svazků potvrzuje svým průběhem snížení jemnosti vláken kotonizované suroviny. Z obrázku je patrné zvýšení kumulativní četnosti jemnosti vláken kotonizované suroviny u nižších tříd jemnosti vůči vstupní surovině. Zvýšení je u ojednocených vláken tak i u všech vláken ze svazků. Nabízí se myšlenka, že kotonizací dochází k oddělení hrubších vláken od svazků vláken.

Rozdíly mezi jednotlivými výslednými hodnotami jemnosti vláken vstupní a kotonizované suroviny pořízené různými metodami měření jsou způsobeny nejen principem měření, ale i počtem proměřovaných vláken. Jak je uvedeno v kap. č. 3.1.3, může docházet u vibroskopické metody zjišťování jemnosti vláken k nežádoucímu proměrování svazků vláken o počtu vláken $j = 2,3$. Problematika měření jemnosti z příčných řezů je uvedena v kap. 2.5.5.2. Pro výpočet jemnosti vláken z příčných řezů byla použita měrná hmotnost $\rho = 1440 \text{ kg/m}^3$ uvedená v [37], která ale nemusí přesně odpovídat zkoušeným surovinám. Počet měření vibroskopické metody je v hodnotě $n = 50$, který je oproti počtu měření jemnosti z příčných řezů ojednocených vláken nízké hodnoty.

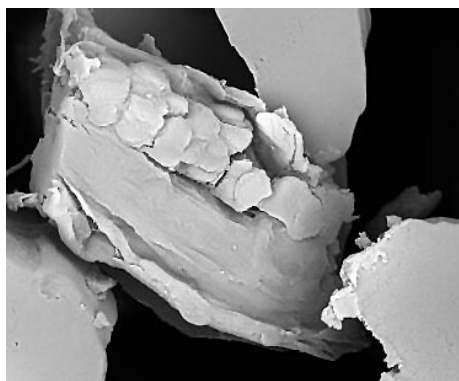
Rozdíl hodnot jemnosti vláken z příčných řezů ojednocených vláken tak i vláken ze svazků lněných surovin byl pravděpodobně způsoben rozdílným počtem proměřených vláken, tak i možným oddělením hrubších vláken od svazků vláken.. Počet ojednocených vláken vstupní suroviny je v hodnotě $n = 533$ a kotonizované

suroviny hodnoty $n = 1042$. Počet vláken ze svazků vstupní suroviny je v hodnotě $n = 876$ a kotonizované suroviny hodnoty $n = 1458$.

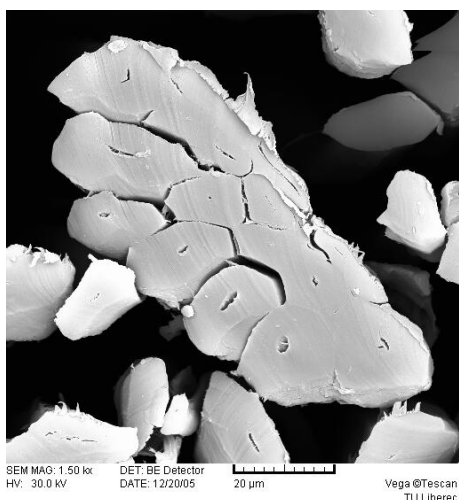
Přestože rozdíl proměřovaných vláken je v obou případech značný, vždy došlo ke snížení jemnosti, které představuje dobré rozvolňovací účinky zařízení REA 120 v závislosti na změny jemnosti vláken.

Na obr. 36 jsou vyobrazeny kumulativní četnosti svazku vláken o počtu vláken $j = 2,3,4$ vstupní a kotonizované suroviny. Kumulativní četnosti jemnosti svazků vláken o počtu vláken $j = 2,3,4$ kotonizované suroviny mají ve všech třídách jemnosti vláken vyšší hodnoty než kumulativní četnosti jemnosti svazků vláken vstupní suroviny. Hodnoty kumulativní četnosti svazku vláken o počtu vláken $j = 2,3,4$ pro jednotlivé třídy jemnosti jsou závislé na výskytu svazků v surovinách. Svazek o počtu vláken $j = 2$ byl vyhodnocen ve vstupní surovině čtyřiapadesátkrát a v kotonizované surovině osmapadesátkrát. Svazek o počtu vláken $j = 3$ byl vyhodnocen ve vstupní surovině i v kotonizované surovině sedmáctkrát. Svazek o počtu vláken $j = 4$ byl ve vstupní surovině vyhodnocen jedenáctkrát a v kotonizované surovině čtrnáctkrát. Z takto podobného výskytu je možné dobře vyhodnotit jemnost vstupní a kotonizované suroviny. Z obr. 36 je patrné, že došlo ke snížení jemnosti svazku vlákna o počtu vláken $j = 2,3,4$. Zjemnění bylo pravděpodobně způsobeno rozpadem svazků o vyšším počtu vláken a vyšší jemnosti v kotonizované surovině. To znamená, že při průchodu vstupní suroviny zařízením REA 120 docházelo u technických vláken (svazků) o počtu vláken $j = 5,6,7,\dots,15$ k postupnému rozvolnění na svazky o nižším počtu vláken nižší jemnosti. Je tedy možné, že u vláken vyšší jemnosti došlo k úplnému ojednocení tj. na vlákna elementární. Střední jemnost ojednocených vláken kotonizované suroviny je $t = 2,276 \text{ dtex}$, která je nižší než jemnost vstupní suroviny $t = 2,506 \text{ dtex}$. Snížení jemnosti elementárních vláken by tedy znamenalo, že průchodem vstupní suroviny zařízením REA 120 dochází i k rozvolnění ojednocených vláken tj. jejich rozklad. Toto tvrzení je pouze domněnkou, protože množství proměřených vláken lněných surovin je z pohledu množství průchozí suroviny zařízením REA 120 zanedbatelné. Příklad poškozeného vlákna je uveden na obr. 40. a na obr. 41 je uveden příklad svazku vláken s částečným rozvolněním elementárních vláken.

Na obr. 37 je znázorněna jemnost svazku v závislosti na počtu elementárních vláken ve svazku. Z obrázku je patrné, že jemnost svazku je přímo



Obr. 40: příklad poškozeného elementárního vlákna



Obr. 41: Svazek vláken o počtu vláken j

úměrná počtu vláken ve svazku, tzn. čím vyšší počet vláken ve svazku, tím vyšší jemnost svazku.

Na obr. 38 je vykreslena relativní četnost svazků o různém počtu vláken. Grafické znázornění relativní četnosti je závislé na počtu výskytu svazků ve lněných surovinách. Počet výskytu svazku vláken o počtu vláken $j = 6$ byl ve vstupní surovině dvojnásobný a v kotonizované surovině sedminásobný. Svazek o počtu vláken $j = 8$ nebyl ve vstupní surovině nalezen a v kotonizované surovině byl výskyt dvojnásobný. Z těchto důvodů má kotonizovaná surovina u svazků o počtu vláken $j = 6,8$ vyšší hodnoty relativní četnosti než vstupní surovina.

Kumulativní četnost svazků do j vláken je vedena na obr. 39. Z obrázku je patrné, že kumulativní četnosti svazků o nízkém počtu vláken u kotonizované suroviny dosahují vyšších hodnot než u vstupní suroviny. Hodnoty kumulativní četnosti jsou opět závislé na počtu

výskytu svazků ve lněných surovinách. Průběh křivky kumulativní četnosti kotonizované suroviny představuje dobré rozvolnění suroviny tj. vyšší výskyt svazků o nízkém počtu vláken.

Kvalita lněných surovin byla vyhodnocena určením stupně kotonizace. Kritérium segregace f_1 [%] představuje míru ojednocení vláken ve zkoušené surovině, tj. výskyt elementárních vláken. Kritérium segregace vstupní suroviny je v hodnotě $f_1 = 83,94$ %, které bylo po průchodu suroviny zařízením REA 120 zvýšeno na hodnotu $f_1 = 90,29$ % kotonizované suroviny.

Další ukazatel kritéria segregace je parametr p představující četnost výskytu svazků o nízkém počtu vláken. Parametr p je u vstupní suroviny v hodnotě $p = 0,63$, který byl průchodem suroviny zařízením REA 120 zvýšen na hodnotu $p = 0,74$.

Jak je z definic zřejmé, tak zvýšení hodnoty kritéria segregace f_l a hodnoty parametru p představuje dobré rozvolnění suroviny, tzn. dobrý stupeň kotonizace suroviny.

Kritérium agregace R_{10} vyjadřuje četnost svazků o počtu vláken $j \geq 10$. Hodnota kritéria $R_{10} = 0,32 \%$ odpovídá ve vstupní surovině svazku o počtu vláken $j = 9$. Kritérium agregace je u kotonizované suroviny nulové hodnoty, tj. v kotonizované surovině se nevyskytl svazek o větším počtu vláken než deset. Nulová hodnota kritéria agregace představuje opět dobré rozvolnění kotonizované suroviny.

Výše uvedené parametry jsou opět ovlivněny počtem proměřených svazků lněných surovin. Z tohoto důvodu by pro ověření nulové hodnoty kritéria agregace bylo zapotřebí dalšího měření.

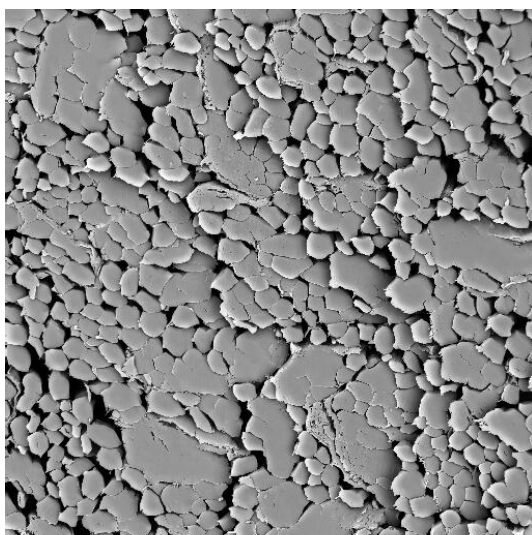
Obr. 42,43 představují řezy vstupní a kotonizované suroviny pořízené při vyhodnocování příčných řezů. Reálný pohled na vstupní a kotonizovanou surovinu je uveden obr. 44,45, kde je také vidět rozdíl stupně kotonizace mezi jednotlivými surovinami.



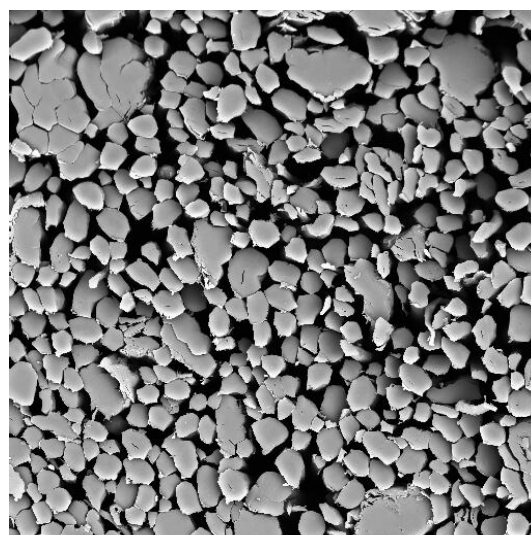
Obr. 42 : řez VS – obrazová analýza



Obr. 43 : řez KS – obrazová analýza



Obr. 44: řez VS – rastrovací mikroskop



Obr. 45: řez KS – rastrovací mikroskop

3.2 Směsový pramen 55% len/45% viskóza

Dalším materiálem určeným k proměření byl kotonizovaný směsový pramen 55%LI/45%CV o jemnosti $t = 4 \text{ ktex}$. Na směsovém prameni byla měřena hmotová nestejnomyěrnost a byl stanoven směsový podíl len/viskóza.

V tabulce č. 7 je uveden přehled všech proměřovaných vlastností směsového pramene.

Tab. č. 7: Vlastnosti směsového pramene

Surovina	Směsový pramen
Hmotová nestejnomyěrnost CV [%]	
- Uster Tester IV-SX	6,04 <5,6;6,48>
počet měření n / S [%] / v [%]	3/-/-
- Uster Tester 3	6,76
počet měření n / S [%] / v [%]	1/-/-
Hmotová nestejnomyěrnost U [%]	
- Uster Tester IV-SX	4,98 <4,58;5,38>
počet měření n / S [%] / v [%]	3/-/-
- Uster Tester 3	5,41
počet měření n / S [%] / v [%]	1/-/-
Podíl komponent len/viskóza [%]	
- jmenovitý	55/45
- chemická zkouška	70/30
počet měření n / S [%] / v [%]	3/-/-
- příčné řezy	66/34 < $\pm 0,07 / \pm 0,07$ >
počet měření n / S [%] / v [%]	10/-/-

Pozn.: Pokud u hodnot není uvedena směrodatná odchylka a variační koeficient, byla provedena exponenciální transformace dat, která tyto hodnoty neumožňuje dopočítat.

3.2.1 Hmotová nestejnomyěrnost pramene

Hmotová nestejnomyěrnost byla měřena na zkušebním zařízení firmy ZELLWEGER USTER - Uster Tester IV – SX viz. kap. 2.6.3.9 podle normy ČSN 80 0706 [38].

Při průchodu pramene zkušebním zařízením je měřena pouze lineární $U[\%]$ a kvadratická nestejnomyěrnost $CV[\%]$. Rychlost měření pramene je odvinuta od jeho soudržnosti, neboť pramen není opatřen zákřutem, proto by při vyšší rychlosti měření mohlo dojít k jeho přetržení a znehodnocení zkoušky.

Nestejnomyěrnost pramene byla měřena také ve firmě Rieter CZ v Ústí nad Orlicí na zařízení Uster Tester 3. Zjištěné hodnoty obou měření byly vzájemně porovnány a vyhodnoceny.

Měření na zařízení Uster Tester IV–SX bylo prováděno při nastavené rychlosti měření $v_p = 10\text{m/min}$ po dobu měření $t_m = 2,5\text{ min}$ a počtu měření $n = 3$, měření na zařízení Uster Tester 3 při rychlosti $v_p = 25\text{ m/min}$ po dobu měření $t_m = 1\text{ min}$ a počtu měření $n = 1$.

Výsledné hodnoty měření a jejich vzájemné porovnání jsou uvedeny v tab. č. 7. Spektrogramy a diagramy nestejnomyěrnosti směšového pramene zjištěné na zařízení Uster Tester IV–SX jsou uvedeny v příloze č. 6.

Diskuse:

Výsledné střední hodnoty lineární $U = 4,98\%$ a kvadratické $CV = 6,04\%$ nestejnomyěrnosti naměřené na zařízení Uster Tester IV-SX se nerovnají s výsledky měření na Uster Tester 3 ($U = 5,41\%$, $CV = 6,76\%$), které ani nespádají do jejich konfidenčních intervalů. Z tohoto důvodu jsou rozdíly výsledných hodnot měření hmotové nestejnomyěrnosti směšového pramene statisticky významné.

Na aparatuře Uster Tester 3 bylo provedeno jedno měření, které znemožňovalo stanovení intervalu spolehlivosti. Z tohoto důvodu je pro ověření neshodnosti výsledných hodnot zapotřebí dalšího měření. Také je známo, že výsledky měření na různých přístrojích stejného typu se z důvodu rozdílné kalibrace liší.

Ve spektrogramu nestejnomyěrnosti pramene zjištěné na zařízení Uster Tester IV-SX se vyskytuje spektrum mechanických závad poukazující na určité strojní zařízení vnášející do pramene hmotovou nestejnomyěrnost. Z nedostatku poskytnutých materiálů

nelze vyhodnocovat spektrogram a určit závadu zařízení vnášející do pramene nestejnou měrnost.

3.2.2 Stanovení podílu len viskóza (LI/CV) v textilním produktu

Zjištění podílu len/viskóza v prameni bylo provedeno *chemickou zkouškou* podle normy ČSN 80 0067 [39]. Pro stanovení podílu bylo nutné jednu z komponent směsového pramene rozpustit. Chlorid zinečnatý v 85 % kyselině mravenčí rozpustil viskózová vlákna a lněná vlákna byla zachována.

V baňce uložený vzorek byl zalit připraveným roztokem, uzavřen a uložen do termostatu, kde po dobu 22 hodin probíhalo působení roztoku za teploty 20 °C. Filtrování směsi přes předem zvážený filtr (spékaný skleněný filtr), propláchnutí zbylých nerozpuštěných vláken roztokem chloridu zinečnatého v 85 % v kyselině mravenčí a horkou destilovanou vodou. Neutralizování směsi roztokem amoniaku a proplach studenou vodou až do dosáhnutí neutrálního *pH*. Usušení vláken do konstantní hmotnosti a přepočtení podílu lněných vláken podle vzoru [22]:

$$x_3 = \frac{(m_2 - m_3) \cdot K}{m_2} \cdot 100 \quad (3.4)$$

kde: x_3 podíl lněných vláken [%]

m_2 hmotnost vysušené odmaštěné navážky 1[g]

m_3 hmotnost vysušeného zbytku vláken [g]

K opravný faktor pro nerozpustný zbytek lněných vláken (1,1)

Podíl ostatních vláken (viskózových) v procentech se vypočte podle:

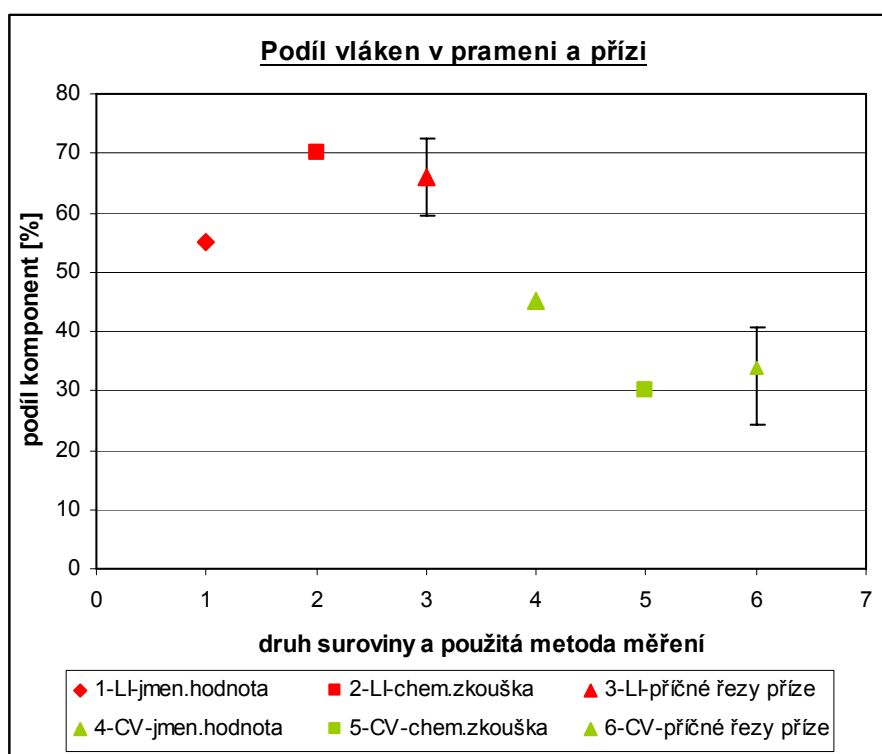
$$x_4 = \frac{m_2 - (m_2 - m_3) \cdot K}{m_2} \cdot 100 \quad (3.5)$$

kde: x_4 podíl ostatních vláken (viskózových) [%]

Další možné zjištění podílu vláken ve směsi je při vyhodnocování *příčných řezů přízí*, metodika měření i diskuse je popsána v kap. č. 3.3. Pro přehlednost jsou výsledky měření uvedeny současně s výsledky naměřenými při použití chemické metody.

Ze vstupní suroviny byly odebrány čtyři vzorky o hmotnosti $m = 1 \text{ g}$, z toho jeden vzorek byl podroben sušení až na konečnou hmotnost $m = 0,848 \text{ g}$. Aktivní roztok byl smíchán ze 120 g 85% kyseliny mravenčí a 30 g chloridu zinečnatého. U metodiky vyhodnocování tvrdých příčných řezů byl počet měření $n = 10$ a předkládanou surovinou nebyl pramen, ale již výsledná směsová příze.

Výsledné hodnoty podílu komponent měřené při použití chemické zkoušky jsou uvedeny spolu s výslednými hodnotami zastoupení jednotlivých komponent v přízi a s jmenovitým poměrem ($55\% \text{ len} / 45\% \text{ viskóza}$) v tab. č. 7. Grafické porovnání výsledných hodnot zastoupení jednotlivých komponent v prameni a přízi je uvedeno na obr. 46.



Obr. 46: Podíl lněných a viskózových vláken v prameni a přízi

Diskuse:

Jmenovitá hodnota podílu $55\% \text{ len} / 45\% \text{ viskóza}$ neodpovídá podílu jednotlivých komponent zjištěných pomocí chemické zkoušky ($70\% \text{ len} / 30\% \text{ viskóza}$), tak i hodnotě zjištěné při vyhodnocení příčných řezů příze ($66\% \text{ len} / 34\% \text{ viskóza}$). Jmenovitá i výsledná hodnota podílu komponent změřená pomocí chemické zkoušky nespadá do konfidenčního intervalu hodnot podílu komponent zjištěných z příčných řezů příze, proto je rozdíl výsledných hodnot podílu komponent $\text{len} / \text{viskóza}$ statisticky významný.

Malý počet měření ($n = 10$) při vyhodnocování tvrdých příčných řezů zanáší do výsledků nepřesnosti, které lze částečně eliminovat zvýšením počtu měření. Další možností zanesení nepřesnosti do výsledků je velikost příčného řezu – tloušťka řezu $3\mu\text{m}$. V řezu příze se vyskytuje nižší počet jednotlivých komponent než u vzorku určené pro chemickou zkoušku o hmotnosti $m = 1\text{g}$.

Při použití chemické zkoušky má na výsledky měření vliv samotné složení použitých roztoků, které mělo za následek zbobtnání lněných vláken. Pro eliminaci zbobtnání vláken byl použit normou udávaný opravný koeficient K v hodnotě $K = 1,1$.

Nerovnosti výsledků mohou být také způsobené možným vyloučením viskózní složky při průběhu zpracování meziprojektu ve výslednou přízi. Jednou z možností vyloučení viskózních vláken je při zpracování suroviny na mykacím stroji, kde postavení a nastavení vzdálenosti mykacích povlaků má na zpracovávanou přízi vysoký vliv, dalším možným důvodem špatného poměru komponent je nedodržení stanoveného jmenovitého poměru při mísení surovin.

3.3 Lnářská směšová příze 55%len/45%viskóza

Příze určené k proměřování byly dodány jen o jedné jemnosti a stejné technologie výroby. Pro jejich technologickou specifičnost se z kotonizované suroviny nepodařilo (při spolupráci s výrobcí) vyrobit příze podobných vlastností použitelné pro srovnávání.

Popis zkoušeného materiálu:

Technologický postup přípravy a výpřed rotorové směšové příze 55%len/45%viskóza.

1. Kotonizace lněné vchlované koudele 105 tex byla provedena na stroji REA 120
2. Směšování vláken v poměru 55 % LI a 45 % CV provedeno lůžkováním a následným průchodem přes REA 120.
3. Zhotovení směšového pramene bylo provedeno na mykacím stroji PLATT MK3-600, zásobování mykacího stroje přes RANDO – Evenfeed, odváděcí rychlost $v_{pr} = 62 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, jemnost pramene $t_{pr} = 5 \text{ ktex}$.
4. Posukovaný regulovaný pramen zhotoven na posukovacím stroji Trützschler HSR 1000, družení 6 pramenů, odváděcí rychlost $v_{pr} = 500 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, jemnost pramene $t_{pr} = 4,025 \text{ ktex}$.
5. Výpřed rotorové příze proveden na dopřádacím stroji BT 905. Jemnost vypředené příze $T = 50 \text{ tex}$.

Parametry stroje BT 905:

- otáčky rotoru 51 500 min^{-1}
- typ rotoru A 3SD-Len \varnothing 42 mm
- vyčesávací váleček OK 74D
- otáčky vyčes.válce 9 000 min^{-1}
- strojový zákrut 933 m^{-1}
- odtahová rychlost 55,2 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$
- jemnost pramene 4 ktex
- průtah 80

V tabulce č. 8 je uveden kompletní přehled proměřovaných vlastností směšové příze.

Tab. č. 8: Vlastnosti příze

Materiál	Lnářská směs. rotorová příze	
Jemnost [tex] - jmenovitá - ex. zjištěná počet měření n / S [tex] / v [%]	50 49,85 <49,7;50> 10/-/	
Zákrut strojový [1/m]	933	
Poměrná pevnost R [cN/tex] - INSTRON 4411 počet měření n / S [cN/tex] / v [%] - Uster Tensorapid 3 počet měření n / S [cN/tex] / v [%]	7,64 <7,44;7,83> 50/ 0,8/ 10,47 8,07 <7,98;8,16> 3/ 0,74/ 9,17	
Tažnost ε [%] - INSTRON 4411 počet měření n / S [%] / v [%] - Uster Tensorapid 3 počet měření n / S [%] / v [%]	4,33 <4,2;4,45> 50/ 0,5/ 11,55 5,15 <5,09;5,21> 3/ 0,47/ 9,13	
Hmot. nestejnomyernost CV [%], U [%] - Uster Tester IV-XS počet měření n / S [%] / v [%] - Uster Tester 3 počet měření n / S [%] / v [%]	17,995 <17,38;18,61> 10/ 0,9/ 5 17,46 <13,84;21,14> 3/ 1,47/ 8,42	13,89 <13,48;14,3> 10/ 0,6/ 4,32 13,53 <10,85;16,21> 3/ 1,08/ 7,99
Chlupatost - Uster Tester IV-SX $H[-]$, $sh[-]$ počet měření n / S [-] / v [%] - obrazová analýza [mm] počet měření n / S [mm] / v [%]	7,16 <6,65;7,66> 10/ 0,49/ 6,84 0,052 800/-/	2,17 <2,02;2,31> 10/ 0,19/ 8,76 --- ---
Hmot. podíl komponent v přízi len/viskóza [%] - jmenovitý - metoda secant počet měření n / S [%] / v [%]	55/45 66/34 < $\pm 0,07/\pm 0,07$ > 10/-/	
Efektivní průměr d [mm] - metoda Secant počet měření n / S [mm] / v [%] - obrazová analýza počet měření n / S [mm] / v [%]	0,277 <0,242;0,312> 10/-/ 0,294 800/-/	
Efektivní zaplnění μ [-] - metoda Secant počet měření n / S [-] / v [%]	0,447 <0,399;0,495> 10/-/	

Pozn.: Pokud u hodnot není uvedena směrodatná odchylka a variační koeficient, byla provedena exponenciální transformace dat, která tyto hodnoty neumožňuje dopočítat.

Metodika měření jednotlivých proměřovaných vlastností:

Jemnost – Měření jemnosti bylo provedeno podle normy ČSN 80 0702, která odpovídá normě EN ISO 2060 [40]. Podstata zkoušky spočívá ve zjištění hmotnosti předepsané délky příze s následným přepočtením na jemnost příze podle (2.10). Ze zkoušené příze se na elektrickém navijáku odvinulo $n = 10$ vzorků o délce $l = 100\text{ m}$, které byly zváženy na vahách značky SCALTEC s rozsahem do $m = 410\text{ g}$.

Výsledky měření jsou uvedeny v tab. č. 8.

Diskuse: Hodnota jemnosti příze $T = 50\text{ tex}$ dodaná výrobcem spadá do konfidenčního intervalu výsledku měření, proto rozdíl jmenovité hodnoty od hodnoty naměřené $T = 49,85\text{ tex}$ je statisticky nevýznamný.

Zákrut - Rotorová příze má ve své struktuře ovinky, které znemožňují přesné naměření počtu zákrutů 1/m. Z tohoto důvodu nebyl zákrut měřen a při zpracování výsledků bylo počítáno s hodnotou strojového zákrutu.

Pevnost a tažnost příze – Zkouška pevnosti a tažnosti byla provedena podle normy ČSN 80 0700 (odpovídá EN ISO 2060) [41] na zařízení INSTRON 4411. Měření pevnosti a tažnosti bylo také provedeno ve firmě Rieter CZ v Ústí nad Orlicí na zařízení Uster Tensorapid 3 [42]. Výsledné hodnoty byly vzájemně porovnány.

Měřená absolutní pevnost R je ovlivněná jemností příze a proto je vhodné uvádět pevnost jako poměrnou pevnost vyjádřenou v jednotkách $[cN/tex]$. Ze zkoušené příze bylo provedeno $n = 50$ měření za výchozích podmínek měření: velikost předpětí $F = 0,25\text{ N}$, rychlost příčnicku $v_t = 65\text{ mm/min}$ a nastavení upínací délky $l = 500\text{ mm}$. Všechna zjištěná data byla zpracována v programu Matlab, programovací soubor pro přepracovávání vstupních dat do Matlabu je uveden v příloze č. 3 [43].

Měření na Uster Tensorapid 3 probíhalo za výchozích podmínek měření: velikost předpětí $F = 25,3\text{ cN}$, tržná rychlost $v_t = 5000\text{ mm/min}$, upínací délka $l = 500\text{ mm}$ a ze zkoušené příze byla provedena $n = 3$ měření. Průměrná tahová křivka směsové příze naměřená na zařízení INSTRON 4411 je uvedena v příloze č. 4. obr. č. 16, kde čerchovaná část křivky znázorňuje přepokládaný průběh křivky.

Výsledky měření jsou uvedeny v tab. č. 8.

Diskuze: Výsledná hodnota měření poměrné pevnosti $R = 7,64 \text{ cN/tex}$ a tažnosti $\varepsilon = 4,33 \%$ naměřená na zařízení INSTRON se neshoduje s výsledky měření na zařízení Uster Tensorapid 3 ($R = 7,64 \text{ cN/tex}$, $\varepsilon = 4,33 \%$). Konfidenční intervaly všech proměřovaných vlastností pořízené na dvou typech měřících zařízení se nepřekrývají, proto rozdíl výsledných hodnot měření tažnosti a pevnosti příze je statisticky významný.

Neshoda výsledků měření je ovlivněna použitím měřících přístrojů s rozdílnou kalibrací a výchozími podmínkami měření.

Hmotová nestejnomyěrnost příze - Hmotová nestejnomyěrnost příze byla zjištěna podle normy ČSN 80 0706 na zkušebním zařízení Uster Tester IV- SX. Princip zkoušky je popsán v kapitole 2.5.3.9. Měření nestejnomyěrnosti bylo také provedeno ve firmě Rieter CZ v Ústí nad Orlicí na zařízení Uster Tester 3 [44]. Výsledné hodnoty měření byly vzájemně porovnány.

Měření hmotové nestejnomyěrnosti směsové příze na zařízení Uster Tester IV-XS probíhalo podle nastavených výchozích parametrů rychlostí $v_p = 400 \text{ m/min}$ po dobu $t_m = 1 \text{ min}$. Překládaný počet cívek byl 5 a z každé cívky byla provedena dvě měření.

Ve firmě Rieter CZ a.s. byla nestejnomyěrnost příze měřena na zařízení Uster Tester 3 a měření probíhalo podle nastavených výchozích podmínek rychlostí $v_p = 400 \text{ m/min}$ po dobu $t_m = 2,5 \text{ min}$. Z předkládaných třech cívek bylo provedeno jedno měření.

Výsledky měření jsou uvedeny v tab. č. 8. Spektrogramy a diagramy hmotové nestejnomyěrnosti směsové příze zjištěné na zařízení Uster Tester IV-SX jsou uvedeny v příloze č. 7.

Diskuse: Výsledné hodnoty měření lineární nestejnomyěrnosti $U = 13,89 \%$ a kvadratické nestejnomyěrnosti $CV = 17,995 \%$ měřené na aparatuře Uster Tester IV-SX se mírně odlišují od výsledku měření na zařízení Uster Tester 3 ($U = 13,53 \%$, $CV = 17,49 \%$). Konfidenční intervaly všech výsledků měření se překrývají, proto rozdíl výsledných hodnot měření hmotové nestejnomyěrnosti příze je statisticky nevýznamný.

Porovnání hmotové nestejnomyěrnosti směsové rotorové příze 55%LI/45%CV s Uster Statistics 2001 nebylo možné z důvodu neexistence Uster Statistics lněných

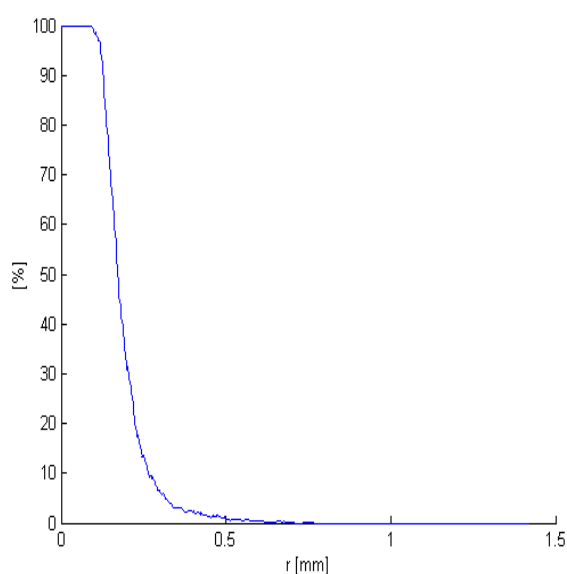
přízi. Při použití statistik 100 % viskózní rotorové příze, byla příze vyhodnocena jako nekvalitní.

Chlupatost příze - Měření chlupatosti bylo provedeno za pomoci dvou různých metod. Na zařízení *Uster Tester IV-SX* od firmy Zellweger Uster a pomocí *obrazové analýzy Lucia* (kap. 2.6.3.9).

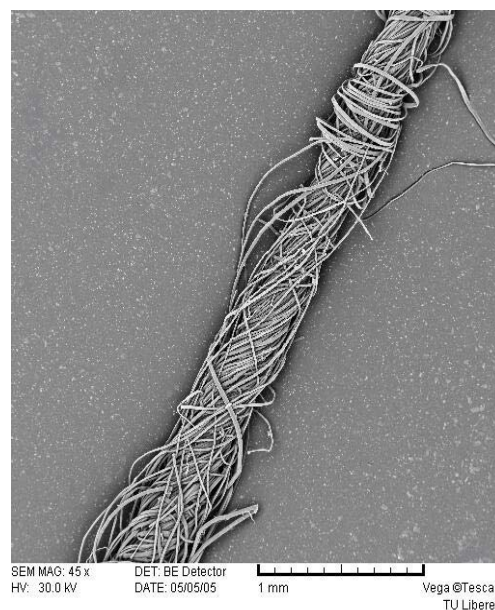
Měření chlupatosti směšové příze na zařízení *Uster Tester IV-SX* bylo provedeno dle ČSN 80 0706 a probíhalo podle nastavených výchozích parametrů rychlostí $v = 400 \text{ m/min}$ po dobu $t_m = 1 \text{ min}$. Překládané směšové příze byly v počtu pět a z každé příze bylo provedeno dvojí měření.

Při měření chlupatosti pomocí obrazové analýzy bylo pro platnost měření nasnímáno 800 snímků. Funkce chlupatosti je vykreslena na obr. 47 a na obr. 48 je uveden podélný pohled na přízi, pořízený rastrovacím mikroskopem.

Výsledky měření jsou uvedeny v tab. č. 8. Spektrogramy a diagramy chlupatosti směšové příze zjištěné na zařízení *Uster Tester IV-SX* jsou uvedeny v příloze č. 7.



Obr. 47: Funkce chlupatosti



Obr. 48: Podélný pohled na lnářskou směšovou rotorovou přízi 50 tex

Diskuse: Výslednou hodnotu chlupatosti $H = 7,16 [-]$ změřenou na zařízení *Uster Tester IV-SX* nebylo možné s ničím porovnat ze stejných důvodů jako u hmotové nestejnomyšnosti. Parametr chlupatosti tj. „celkové zčernání“ směšové příze změřené pomocí obrazové analýzy je v hodnotě $0,052 \text{ mm}$. Parametr nelze s ničím porovnat.

Z výše jmenovaných důvodů jsou výsledné hodnoty chlupatosti směsové příze čistě orientační.

Zaplnění příze - Měření hodnoty zaplnění příze bylo provedeno pomocí obrazové analýzy metodou *Secant* podle interní normy IN 22 – 103-01/01 [30]. Metoda *Secant* se běžně používá pro všechny typy přízí.

Základem zkoušky bylo vypracování „*tvrdých příčných řezů*“ (kap. 2.6.5.1) dle IN 46-108-01/01 a jejich vyhodnocením dle normy IN 21-108-01/01 (kap. 2.6.5.2) byly získány kontury vláken a přiřazené textové soubory tj. souřadnice těžišť vláken. Při použití metody „*Secant* pro dvoukomponentní příze“ je nutné uvádět vstupní data obou zastoupených komponent. Před začátkem vlastního měření byla provedena kontrola binárních obrazů a nastavení správného měřítka.

Počet zpracovávaných tvrdých řezů $n = 10$ o šíři řezu $3 \mu\text{m}$. Vstupními údaji pro metodu *Secant* jsou textové soubory těžišť vláken, jemnost vláken byla použita z metody vibroskopické, hustota vláken ($\rho = 1420 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $\rho_{\text{viskóza}} = 1500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), jemnost příze experimentálně zjištěná podle normy ČSN 80 0702 a strojový zákrut příze.

Výsledky měření jsou uvedeny v tab. č. 8. V příloze č. 5 obr. 19 – 22 je uvedeno grafické vyjádření radiálního zaplnění, objemového podílu komponent v přízi, hmotnostní podíl v přízi a efektivní průměr příze.

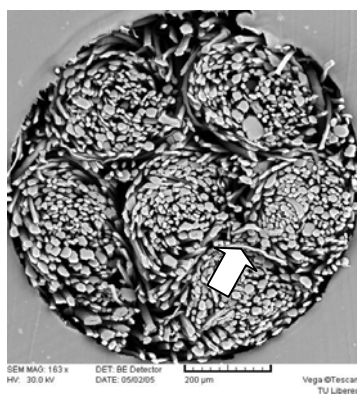
Diskuse: Efektivní zaplnění směsové příze je v hodnotě $\mu = 0,44 [-]$, které nebylo možno z důvodu proměření příze jedné jemnosti a technologie, s ničím porovnat. Další parametr zjištěný současně s efektivním zaplněním je efektivní průměr příze a hmotnostní podíl komponent v přízi. Hodnotu efektivního průměru $d_{ef} = 0,277 \text{ [mm]}$ je možno porovnat s hodnotou zjištěnou při měření chlupatosti za použití obrazové analýzy ($d_{ef} = 0,294 \text{ [mm]}$). Výsledné hodnoty efektivního průměru příze se mírně odlišují. Střední hodnota efektivního průměru příze naměřená pomocí obrazové analýzy spadá do konfidenčního intervalu výsledku měření zjištěné pomocí metody *Secant*, proto je rozdíl výsledných hodnot měření statisticky nevýznamný. Hmotnostní podíl komponent je v hodnotě 66%LI/34%CV a lze ho porovnat s jmenovitou hodnotou 55%LI/45%CV. Hodnoty směsového podílu se značně liší, jmenovitá hodnota podílu nespadá do konfidenčního intervalu výsledku měření zjištěné pomocí metody *Secant*, proto je rozdíl hodnot je statisticky významný.

Podstatou správného vyhodnocení tvrdých příčných řezů je vytvoření kvalitních preparátů a řezů. Právě řezání bylo provázeno obtížnostmi, které v konečném důsledku znamenalo ztrátu 10 příčných řezů (10 preparátů) z původních dvaceti. Počet vyhodnocených řezů, velká variabilita jemnosti a řezné plochy vláken ovlivňuje výsledné hodnoty měření. Z tohoto důvodu jsou výše jmenované výsledky všech proměřovaných vlastností směsové příze orientační.

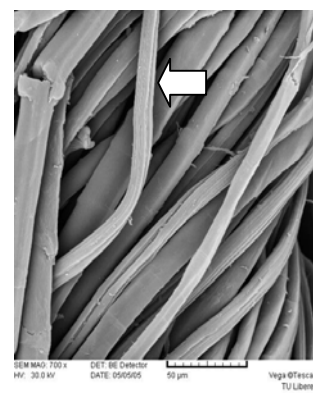
Příklad dostatečně kvalitního řezu je uveden na obr. 49, kde pruh přes šíři řezu značí tupost nože. Na obr.50 je uveden příklad příčného řezu 6-ti přízí nasnímaný rastrovacím mikroskopem, kde šipka vyznačuje ovinek příze. Na obr. č. 51 je uveden výřez z podélného pohledu rotorové směsové příze, kde šipka vyznačuje viskózní vlákno, nasnímaný rastrovacím mikroskopem.



*Obr. 49: Příčný řez
lnářské směsové
rotorové příze
– obrazová analýza*



*Obr. 50: Pohled na
příčný řez 6-ti lnářských
směsových rotorových
přízí
– rastrovací mikroskop*



*Obr. 51: Výřez z podélného
pohledu lnářské směsové
rotorové příze
– rastrovací mikroskop*

4 ZÁVĚR

Cílem práce bylo ukázat vybrané metody, kterými lze provádět hodnocení kvality produktů od suroviny až po výrobu směšové příze LI/CV. Byly použity metody standardní, ale také metody speciální, z nichž se některé aplikují prozatím na bavlnářské příze (zaplnění a chlupatost). Všechny metody se vyznačují vysokou pracností a časovou náročností. U rozboru lněné suroviny je základním problémem výskyt technických vláken, což jsou svazky elementárních vláken. Proměřování technických vláken, kdy se přesně neví kolik vláken je ve svazku, vede k rozporupným výsledkům. Před tímto vyhodnocením by bylo třeba vlákna navíc ojednotit a potom proměřovat. Problémem je, že při ojednocování dochází ke zjemnění či zkrácení vláken.

Vstupní suroviny a 2x kotonizovaná surovina

Vstupní vochlovaná koudel byla 2x kotonizována rozvolňovacím zařízením REA 120. Obsah nečistot vstupní suroviny klesl po průchodu zařízením REA 120 o 86 %. Délka vláken vstupní suroviny byla po průchodu zařízením REA 120 snížena o 63 %. Měření délky vláken bylo provedeno ruční metodou, která pro lněný materiál není příliš vhodná. Z tohoto důvodu by bylo vhodné pro ověření výsledků provést další měření např. na systému HVI, který však nebyl k dispozici. Jmenovitá hodnota délky viskóзовé stříže uvedená dodavatel neodpovídá měřené hodnotě. Z tohoto důvodu by bylo vhodné provést další měření pro ověření rozdílu hodnot. Jemnost vstupní suroviny byla snížena průchodem zařízením REA 120 o 22 %. Použití vibroskopické metody pro lněný materiál není příliš vhodné. Při měření může docházet k proměřování nejen elementárních vláken, ale i svazků vláken. Pro ověření výsledných hodnot jemnosti vláken by bylo vhodné provést další měření např. na systému HVI. Jemnost viskóзовé stříže neodpovídá hodnotě jemnosti od dodavatele, proto by bylo vhodné dalšího měření pro ověření nerovnosti hodnot. Pevnost a tažnost vstupní suroviny byla průchodem zařízením REA 120 změněna minimálně. Rozdíl hodnot pevnosti a tažnosti vstupní a kotonizované suroviny je statisticky nevýznamný. Stupeň kotonizace vstupní suroviny, tj. relativní četnost výskytu ojednocených vláken, byl zvýšen průchodem zařízením REA 120 o 8 %. Relativní četnost svazků o nízkém počtu vláken vstupní suroviny byla zvýšena o 42 %. Kritérium agregace vyjadřující pravděpodobnost výskytu svazků o vysokém počtu vláken bylo sníženo na nulovou hodnotu. Při zjišťování stupně

kotonizace lněných vláken byly zjišťovány jemnosti elementárních vláken ojednocených i elementárních vláken splených ve svazcích. Při vyhodnocení jemnosti vláken suroviny po průchodu zařízením REA 120 bylo zjištěno, že jemnosti výše uvedených elementárních vláken byly sníženy. Při porovnání průměrné jemnosti elementárních ojednocených vláken a průměrné jemnosti všech elementárních vláken obsažených ve svazcích vstupní a kotonizované suroviny je vidět, že ojednocená elementární vlákna jsou hrubší. Hrubší jemnost ojednocených vláken by mohla být způsobena tím, že dochází k rozvolnění převážně hrubších vláken. Je to možno pozorovat i u vícevlákných svazků. Toto však může být ovlivněno také počtem proměřovaných vláken.

Výsledné hodnoty zkoušek potvrzují, že čistící a rozvolňovací zařízení REA 120 rozvolňuje technická vlákna, snižuje obsah nečistot, délku a jemnost vláken suroviny.

Mykaný směsový pramen 55%LI/45%CV

Hmotová nestejnomyěrnost byla proměřena na dvou typech zkušebního zařízení a jejich výsledné hodnoty se liší u lineární nestejnomyěrnosti o cca 8 % a u kvadratické nestejnomyěrnosti o cca 11 %. Rozdíl hodnot je pravděpodobně způsoben použitím právě dvojího zkušebního zařízení a odlišnými podmínkami měření. Podíl komponent v prameni zjištěný pomocí chemické metody je odlišný od hodnoty dodané výrobcem. Hodnoty u lněné složky se liší o 27 % a u viskózní složky o cca 33 %. Rozdíly hodnot jsou poměrně vysoké, z tohoto důvodu by bylo vhodné další proměření pramene.

Lnářská směsová rotorová příze 55%LI/45%CV

Zkoušená příze byla vyhotovena o jedné jemnosti. Z důvodu technologické specifčnosti se z kotonizované suroviny nepodařilo vypříst přízi podobných vlastností.

Jemnost příze dodaná výrobcem přibližně odpovídá jemnosti naměřené. Hodnoty pevnosti a tažnosti příze naměřené na dvou typech zkušebního zařízení se neshodují pravděpodobně z důvodu rozdílných výchozích podmínek měření. Hodnoty hmotové nestejnomyěrnosti příze naměřené na dvou typech zkušebního zařízení si přibližně odpovídají. Zařazení jakosti příze mezi standardy Uster Statistics 2001 nebylo možné z důvodu neexistence standardů lněné příze. Míru chlupatosti příze naměřenou pomocí obrazové analýzy nebylo možné s ničím porovnat, protože na TUL nebyla

prozatím měřena příze stejných charakteristik. Chlupatost příze nebylo možné ze stejných důvodů jako hmotová nestejnomyěrnost zařadit mezi standardy Uster Statistics 2001. Hodnotu efektivního zaplnění příze zjištěnou při vyhodnocení tvrdých příčných řezů příze nebylo možno s ničím porovnat. Efektivní průměr příze naměřený z příčných řezů částečně odpovídá hodnotě z obrazové analýzy. Podíl komponent v přízi neodpovídá jmenovité hodnotě podílu komponent.

Závěrem lze říci, že přesnost měření některých použitých metod lze zlepšit hrubým rozvolněním vstupní suroviny (vochlovaná koudel) a v případě směsové příze vytvořením kvalitních příčných řezů. Výhodou nově vyvinutých metod je vysoký počet měření. Při vyhodnocení příčných řezů vláken je možné s jemností vláken zjistit také tvarový faktor vláken, obvod příčného řezu vlákna, plocha příčného řezu. Tyto výhody u vibroskopické metody nejsou k dispozici. Při měření chlupatosti pomocí obrazové analýzy je možné se zaměřit jen na určitou část chlupatosti příze tj. oblast řídké a husté chlupatosti, které u zařízení USTER TESTER IV-SX není možné. Při vyhodnocování zaplnění příze metodou „Secant“ lze také získat počet vláken v řezu příze, hmotnostní podíl komponent, substanční průřez a efektivní průměr příze.

Literatura:

- [1] Technologie sklizně přadného lnu [online], [cit. 10.11.2005].
<http://old.mendelu.cz/%7Ekucera/mendel/Mitas.doc>
- [2] Propagační materiály firmy RIETER CZ.
- [3] Mojžíš, B. a kolektiv: Len, jeho historie, pěstování, zpracování a užití. Lnářský průmysl, Praha 1988
- [4] Votrubová, Olga; Opatrná, Jana; Beneš, Karel: Základní slovník rostlinné anatomie [online],[cit.10.11.2005].
<http://kfrserver.natur.cuni.cz/cz/edu/anatomie/slovník/slovník.htm>
- [5] Agencja Reklamowa „DANAD“: Fotografia [online] [cit. 10.11.2005].
<http://www.danad.com.pl/pic//Rolnicze//Inne/Len/len%20022.jpg>
- [6] Agencja Reklamowa „DANAD“: Fotografia [online] [cit. 10.11.2005].
<http://www.danad.com.pl/pic//Rolnicze//Inne/Len/len%20017.jpg>
- [7] Bejček, Václav.: materiály k přednáškám SVD
- [8] Odrůdy lnu [online], [cit. 10.11.2005]. <http://www.sempra.cz/>
- [9] Choroby technických plodin [online], [cit. 10.11.2005].
<http://botany.upol.cz/prezentace/petrzel/fytopato.doc>
- [10] Přadný len [online], [cit. 10.11.2005]
www.agrokrom.cz/texty/metodiky/radce_hospodare/radce_len_pradny.pdf_dodatecn_y
- [11] Mitáš, S: Technologie sklizně přadného lnu [online], [cit. 10.11.2005]. Ústav zemědělské techniky, MZLU v Brně.
<http://old.mendelu.cz/%7Ekucera/mendel/Mitas.doc>
- [12] INOTEX s.r.o.,VUB a.s.,TUL: Odpadní vlákenné podíly, lýková vlákna. Textilie pro speciální aplikace. VCT Technická univerzita v Liberci, 2003.
- [13] Antonov V.: Použití enzymů na lýková vlákna, interní zpráva. VCT Technická univerzita v Liberci, 2003.
- [14] Janovský, Jaroslav.:Technologie přádelnictví, mykání, česání, předpřádání. Praha: SNTL, 1981
- [15] Ursíny, Petr.: Předání I,II.Technická univerzita v Liberci, 2001, ISBn 80-7082-481
- [16] Skočdoplová, Marie.: Využití bezvřetenového dopřádacího stroje BD R1 v závodě Seba Tanvald a jeho podrobná charakteristika. Diplomová práce, Technická Univerzita v Liberci, 2003.

- [17] Militký, Jiří.: Textilní vlákna, speciální vlákna – přednášky. Technická univerzita v Liberci, leden 2005, ISBN 80-7083-892-2.
- [18] Neckář, Bohuslav.: Příze – tvorba, struktura, vlastnosti. Praha: SNTL, 1990, ISBN 80-03-00213-3.
- [19] Neckář, Bohuslav.: Morfologie a strukturní mechanika obecných vlákenných. Technická univerzita v Liberci, 1998. 243 s. ISBN 80-7083-318-1.
- [20] Cihlářová, Eva.: Hmotová nestejnomyernost délkových a plošných textilií. Skriptum FT-KME 2002.
- [21] URTER TESTER IV-SX: aplikační příručka, srpen 2000
- [22] Voborová, Jana; Neckář, Bohuslav.: Chlupatost a průměry přízí, poznatky z měření. Strutex: struktura a strukturní mechanika textilií. TU Liberec 2001
- [23] IN 22 – 108 – 01/01: Průměr příze. Technická univerzita v Liberci, 2002.
- [24] IN 21 -104 - 10/01: Stupeň kotonizace lýkových vláken. Technická univerzita v Liberci, prosinec 2004
- [25] Metoda nejmenších čtverců [online]: cervenm3@feld.cvut.cz. 2005 [cit. 7.5.2005]. <http://herodes.feld.cvut.cz/měření/mnc/mnc.php>
- [26] IN 46-108-01/01: Doporučený postup tvorby příčných řezů. Technická univerzita v Liberci, 2002
- [27] IN 21 – 108 -01/01: Stanovení geometrických vlastností vláken. Technická univerzita v Liberci, 2002
- [28] Militký, Jiří.: Využití obrazové analýzy – vlákna. Textilie v novém tisíciletí. VCT, Technická univerzita v Liberci, 2005.
- [29] Matela, Lukáš.: Počítačové zpracování digitálních obrázků pro neprogramátory – metody předzpracování. K7 vědecko populární časopis FM TUL, leden 2005
- [30] IN 22 – 103 – 01/01: Zaplnění příze, přímá metoda a metoda Secant. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002.
- [31] ČSN 80 0222: Zjišťování podílu nečistot v lýkových vláknech. Vydavatelství ÚNM, Praha, 1970.
- [32] Křemeláková, D., Militký, J., Antonov, V.: Bundling tendency of preteated flax fibros, Conference Fibre grade polymers Portorož, Slovenia 2003.
- [33] ČSN 80 0201: Stanovení délky vláken měřením délky jednotlivých vláken, pomocí mechanického přístroje, skleněné desky. Vydavatelství ÚNM, Praha, 1973.
- [34] Ripka, Josef; Ohlidal, Vladimír; Havránek Zdeněk.: Vlastnosti kotonizovaných lýkových vláken a jejich změna při zpracování. Strutex, TUL, 2002.

- [35] VEBA a.s.: AFIS N/L, INOTEX BULLETIN. Police nad Metují, říjen 2000
- [36] ČSN EN ISO 1973: Textilní vlákna, zjišťování délkové hmotnosti, vibroskopická metoda. Český normalizační institut, Praha, 1977.
- [37] Pospíšil, Zdeněk a kolektiv.: Příručka textilního odborníka, svazek 1,2. Vydavatelství SNTL, Praha, 1981.
- [38] ČSN 80 0706: Zjištění Hmotné nestejnomyěrnosti pramenů, přástů a nití. Federální úřad pro normalizaci a měření, Praha, 1992.
- [39] ČSN 80 0067: Stanovení podílu textilních vláken ve směsích, Metoda s použitím chloridu zinečnatého v 85 % kyselině mravenčí. Vydavatelství ÚNM, Praha, 1970.
- [40] ČSN EN ISO 2060: Určenie jemnosti nití. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1974. 8 s.
- [41] ČSN EN ISO 2062: Textilie, Nitě na návinech. Zjištění pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu. Praha: Český normalizační institut, 1996. 11 s.
- [42] Rieter CZ: Výsledky měření na zařízení Uster Tensorapid 3, Ústí nad orlicí, březen 2004
- [43] Nováčková, Jana.: Struktura a vlastnosti kompaktní příze. Diplomová práce, TU Liberec 2004
- [44] Rieter CZ: Výsledky měření na zařízení Uster Tester 3, Ústí nad orlicí, březen 2004