

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2012

Bc. PAVLA MAREŠOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: Produktový management - Textil

HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ PES HEDVÁBÍ
EVALUATION OF PROPERTIES OF
POLYESTER FILAMENT YARN

Pavla Marešová

KHT-136

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jana Špánková

Rozsah práce:

Počet stran textu... 53

Počet obrázků..... 30

Počet tabulek..... 17

Počet stran příloh.. 6

Zadání bakalářské práce

(vložit originál)

PROHLÁŠENÍ

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

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

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

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

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

V Liberci dne 4. 5. 2012

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat Ing. Janě Špánkové, vedoucí mé diplomové práce za její příkladné vedení a cenné rady a připomínky. Děkuji i všem ostatním, kteří mi při zpracování diplomové práce pomáhali a vyšli vstříc.

ANOTACE

Tato diplomová práce sleduje vliv vzdálenosti navinutého materiálu od dutinky na vlastnosti polyesterového multifilu. Představuje materiály používající se na výrobu osnovních pletenin a uvádí způsoby kontroly materiálu a výsledné pleteniny. Sděljuje možné příčiny vzniku pruhovitosti pletenin a uvádí způsoby tvarování multifilu vzduchem. Další část práce se zabývá hodnocením a metodikou testování kvality multifilu. Experimentální část je zaměřena na zjištění vybraných vlastností multifilu pomocí testovacích metod. Závěr práce zhodnocuje vliv vrstev návínů na vlastnosti PES hedvábí a na osnovní pleteniny z něj vyrobené.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Osnovní pletenina, kvalita, kontrolní mechanismy, pruhovitost, tvarování vzduchem, metodiky testování kvality, mechanické vlastnosti, tepelná sráživost, tepelná srážecí síla, akustický modul, diferenční skenovací kalorimetrie.

ANNOTATION

This diploma thesis is associated with influence of material storage on the coil on the properties of multifilament yarn. The materials and control mechanisms using for production of warp-knitted fabrics were described there. Also the causes of streakiness creation of warp-knitted fabric were introduced in the first part of thesis. There were mentioned ways of air shaping of multifilament yarn too. In the next part of thesis evaluation and testing methodology of material quality were stated there. The third part of the diploma thesis contains a conducted experiment aimed at detection of selected properties of multifilament yarn with the testing methods. The final part of the thesis dealt with the evaluation of layer winding influence on PES silk properties and warp-knitted fabric made of this material.

KEY WORDS:

Warp-knitted fabrics, quality, control mechanisms, streakiness, air shaping, testing methodology of quality, mechanical properties, thermal shrinkage, thermal shrinkage force, acoustic module, differential scanning calorimetry.

Seznam použitých zkratek a symbolů

PES – polyester
TST 2 – The Thermal Shrinkage Tester
DMT – The Dynamic Modulus Tester
DSC – Diferenční skenovací kalorimetrie
min – minuta
sec - sekunda
km - kilometr
m – metr
cm - centimetr
mm - milimetr
 μm – mikrometr
g - gram
dtex - decitex
N – newton
cN – centinewton
K – kelvin
 $^{\circ}\text{C}$ – stupeň celsia
J - joul
 CV [%] – kvadratická nestejnomyěrnost
 U [%] - lineární hmotová nestejnomyěrnost
 CV_{lim} [%] – limitní kvadratická hmotová nestejnomyěrnost
 U_{lim} [%] – limitní lineární hmotová nestejnomyěrnost
 CV_f [%] – výrobní nestejnomyěrnost
 CV_m [%] – strojová nestejnomyěrnost
 I [-] – index nestejnomyěrnosti
 T [tex] – jemnost
 m [g] - hmotnost
 l [km] – délka
 t [$^{\circ}\text{C}$] – teplota
 T_m [$^{\circ}\text{C}$] – teplota tání
 T_c [$^{\circ}\text{C}$] – teplota krystalizace
 s [mm] - dráha
 v [%/min] – maximální rychlost srážení
 c [km/sec] – rychlost průchodu zvuku
 ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] - hustota
 ε [%] – tažnost

Δl [mm] – protažení do přetrhu

l_T [km] – tržná délka

σ [Pa] – napětí do přetrhu

F [N] - pevnost

F_p [cN.tex⁻¹] – poměrná pevnost

E [GPa] – akustický modul

ČSN - česká technická norma

OBSAH

Seznam použitých zkratk a symbolů	6
ÚVOD	10
I. REŠERŠNÍ ČÁST.....	11
1. Materiály používané pro výrobu osnovních pletenin	11
1.1. Vlastnosti	11
1.2. Kontrolní mechanismy stroje.....	13
1.2.1. Kontrola přiváděného materiálu.....	13
1.2.2. Kontrola pleteniny.....	14
1.3. Vady pletenin	15
2. Kvalita materiálu	15
2.1. Nestejnoměrnost.....	16
2.2. Jemnost přízí	17
2.3. Pevnost přízí.....	17
2.4. Počet vad.....	17
3. Napjatost návínu a tahová síla multifilu	18
3.1. Soukání.....	18
3.2. Napjatost materiálu v návínu	18
3.3. Pružovitost výrobků z tvarovaných multifilů	19
3.4. Tvarování vzduchem	19
3.4.1. Paralelní tvarovací princip.....	20
3.4.2. Jádrový princip	20
II. TEORETICKÁ ČÁST	22
1. Metodiky testování kvality (multifilů).....	22
1.1. Klimatické podmínky pro testování	22
1.2. Stanovení jemnosti.....	23

1.3.	Mechanické vlastnosti	23
1.4.	Tepelná sráživost a tepelná srážecí síla	24
1.4.1.	Tepelná sráživost	25
1.4.2.	Tepelná srážecí síla	25
1.5.	Akustický modul	26
1.6.	Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC)	27
III. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST		30
1.	Jemnost	30
2.	Pevnost a tažnost multifilu	31
2.1.	Analýza rozptylu	34
2.2.	Diskuze výsledků	35
3.	Tepelná sráživost délkových textilií	36
3.1.	Podmínky experimentu	36
3.2.	Postup experimentu	36
3.3.	Vyhodnocení dat	36
3.4.	Analýza rozptylu	44
3.5.	Diskuze výsledků	46
4.	Rychlost průchodu zvuku a akustický modul	47
4.1.	Diskuze výsledků	49
5.	Změny entalpie v multifilu	50
5.1.	Diskuze výsledků	52
ZÁVĚR		53
Seznam literatury		55
Seznam obrázků		57
Seznam tabulek		58
Přílohy		59

ÚVOD

Osnovní pleteniny nachází velmi široké uplatnění v různých průmyslových odvětvích. Mají řadu výhod, mezi které patří i ekonomické výhody jako je malá spotřeba materiálu a malé náklady na výrobu. Pro vznik kvalitní pleteniny je třeba kontrolovat jak používaný materiál, tak technologický proces.

Pojem kvalita je údaj o vlastnosti nějaké věci. Používá se při řízení podniků, při obchodování se službami nebo výrobky, a je důležitým ukazatelem pro spotřebitele. Z těchto důvodů je velmi důležité hodnocení kvality a výběr vhodných testovacích metodik.

Osnovní pletenina vyrobená z polyesterového zkadeřeného multifilu vykazuje nestejnou měrnost, a to konkrétně pruhovitost. Pruhovitost může být způsobena technologickým procesem, nebo také může pocházet z kvality vstupního materiálu. V diplomové práci je posuzována kvalita vstupního materiálu, tj. kvalita PES hedvábí.

Cílem práce je přiblížit hodnocení kvality materiálu a shrnout možnosti a metodiky testování. Dále provést experiment pro zjištění vlivu vzdálenosti navinutého multifilu od dutinky na vlastnosti PES hedvábí. Zdůvodnit a porovnat vliv různých vrstev náviny cívky na vlastnosti multifilu a na vlastnosti osnovní pleteniny z něj vyrobené.

První část práce charakterizuje materiály používané pro výrobu osnovních pletenin. Definuje kvalitu materiálu a představuje mechanismy pro její kontrolu. Uvádí způsoby vzniku pruhovitosti na plošných textiliích a vysvětluje tahovou sílu v multifilu. Vyjmenovává způsoby výroby tvarovaného multifilu vzduchem.

Druhá část uvádí metodiky testování kvality multifilu. Stručně vyjmenovává a popisuje ověřované charakteristiky.

Třetí část práce popisuje provedený experiment pro stanovení jemnosti multifilu. Dále uvádí zjištěnou pevnost, tažnost multifilu a popisuje provedenou analýzu rozptylu. Poté uvádí hodnoty testování tepelné sráživosti a tepelné srážecí síly multifilu. Určuje maximální rychlosti srážení a jejich směrnice. Dále experimentální část uvádí výsledné hodnoty analýzy rozptylu. Jako další popisuje experiment pro zjištění rychlosti průchodu zvuku materiálem a uvádí zjištěné hodnoty akustického modulu. Poslední provedený experiment zjišťuje změny entalpie v multifilu.

Závěrečná část diplomové práce shrnuje výsledky experimentů a zhodnocuje vliv vrstev náviny na vlastnosti multifilu a osnovních pletenin z něj vyrobených.

I. REŠERŠNÍ ČÁST

1. MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU OSNOVNÍCH PLETENIN

U pletených výrobků je uplatňována široká škála přírodních i syntetických materiálů, jako jsou bavlna, vlna, len, polyamid, polyester či polypropylen, a to jak předené příze, tak i nekonečná vlákna. V pleteninách pro speciální účely, jako jsou pleteniny využívané ve zdravotnictví nebo technické pleteniny, lze využít i speciální materiály jako např. vlákna uhlíková, skleněná, azbestová apod.

Volba materiálu závisí na řadě hledisek. Patří sem účel a způsob použití pleteného výrobku, typ výrobku a jeho požadované vlastnosti, parametry stroje (např. jemnost stroje), vazba pleteniny (funkce nitě v pletenině apod.).

Nejdůležitější požadavky na textilní materiály, které se zpracovávají na osnovních strojích, jsou hmotová stejnoměrnost, dostatečná pevnost a tažnost. Tyto nároky na vstupní materiál jsou nutné, protože nitě jsou vystaveny velkému a nepravidelnému namáhání [1].

1.1. Vlastnosti

Nestejneměrnost v tloušťce nitě se u osnovních pletenin projevuje velmi znatelně z toho důvodu, že nitě leží vedle sebe. Tato nestejneměrnost poté zapříčiňuje podélné pruhování, které je následně ještě zdůrazněno při úpravě a barvení. Nestejneměrnost v tloušťce má za následek kolísání napětí v niti, a to jak při snování, tak při pletení. To má za následek odlišnou délku nitě v očku v jednotlivých sloupcích u některých osnovních nití. Pokud je to viditelné v celé pletenině, je závada v nevhodné spotřebě nebo nevhodném poměru spotřeb nitě na očko.

Při zpracování materiálu na osnovních strojích je neméně důležitá jeho pevnost. Příliš nízká pevnost na kratších úsecích se projevuje hlavně při snování nadměrným počtem přetrhů. Tyto přetrhy mají poté za následek nízký výkon stroje.

Během vypracování řádku na osnovních strojích dochází ke změně napnutí používaných osnovních nití, a z tohoto důvodu je nezbytné, aby materiál, který je zpracováván, měl dostatečnou tažnost, a hlavně aby tato tažnost byla stejnoměrná.

Nestejněměrná tahová síla by se mohla opět projevit při pletení různou délkou nitě v očku v dílčích sloupcích.

Osnovní nitě na osnovních strojích mají poměrně složité vedení. Jsou vedeny od osnovních váľů, okolo vodících tyčí, kolem napínací tyče, vodícím hřebenem dál k otvorům v kladecích jehlách k jehlám pracovním. Kvůli tomu je důležité, aby všechny nitě měly stejné podmínky vedení. Pokud by osnovní nitě měly různé podmínky při vedení, mělo by to za následek tření nití ve vodících prvcích a při nerovnoměrné tažnosti by se tyto rozdíly mohly zvětšovat. Materiál, který je používán při kladení útku po celé pracovní šířce stroje nebo materiál používaný pro kladení rovných podélných nití může disponovat nižší tažností, protože nitě nevytvářejí očka, ale jsou položeny rovně. Takto položené nitě mají za úkol podstatně snižovat tažnost v obou směrech osnovní pleteniny.

Materiál, který je určený ke zpracování na osnovních strojích, by měl mít optimální počet zákrutů, aby zajistil vzájemnou vazbu jednotlivých vláken. Při zpracování bezzákrutových materiálů (např. viskóзовé hedvábí) vznikají potíže při pletení. Kapiláry hedvábí se uvolňují a dochází k přetrhu nitě nebo vzniku tzv. nečisté pleteniny. Odstranění závady tohoto typu je obtížnější než zpracování materiálu s dostatečným počtem zákrutů. Zpracovatelnost může být zlepšena použitím snadno vypratelné preparace, která při pletení zajišťuje soudržnost jednotlivých kapilár. Při použití této preparace dochází také ke zlepšení celkové kvality multifilu.

Dalším požadavkem na materiál zpracovávaný na osnovních strojích je co nejmenší počet uzlů. Uzly zhoršují zpracovatelnost jak při snování tak při pletení. Nepříznivý vliv uzlů na pletení se dá částečně eliminovat vhodným výškovým nastavením kladecích přístrojů vzhledem k pracovním jehlám, ale jedná se pouze o nouzové opatření.

Neméně důležitá je jemnost textilního materiálu. Jemnost je volena vhodně v souvislosti s dělením pletařského stroje. Je dána kapacitou jehly, mezerou mezi jehlou a platinou, mezerou mezi kladecí a pletací jehlou.

Musí být dbáno na počet kladecích přístrojů, které jsou při vytváření pleteniny použity, tzn. kolik je nití v jednom očku. Je-li použito méně kladecích přístrojů, může být v jednotlivých kladecích přístrojích použita silnější nit [2].

1.2. Kontrolní mechanismy stroje

Kontrolní mechanismy plní na pletářských strojích řadu funkcí. Kontrolují technologický proces z hlediska zjišťování závad pleteniny a následného zastavení stroje. Kromě toho se podílí na kontrole technologických parametrů. Jejich další funkcí je kontrola bezpečnosti provozu stroje a monitoring celkových provozů strojů a větších výrobních celků, jako jsou například závody a dílny. Při výskytu poruchy kontrolní mechanismy podají informace o činnosti všech částí a stroj zastaví. Následuje dohledání a identifikace místa, kde se závada vyskytla [2].

1.2.1. Kontrola přiváděného materiálu

Realizace této kontroly je poměrně obtížná. Má za úkol zjistit závady či přetrhy osnovních nití a zastavit stroj dříve než dojde k většímu znehodnocení pleteniny.

V dnešní době již bylo upuštěno od používání lamelových zarážek, protože navlékání lamel na jednotlivé osnovní nitě je velmi zdlouhavé. Tato zarážka patří do skupiny, která pracuje na mechanickém principu. Byly vyvinuty osnovní zarážky pracující na optickém principu. Osnovní nitě, které jsou v jedné rovině, se kontrolují infračerveným paprskem. Pokud dojde k přetrhu nitě nebo ke zlomení jehly, dostane se uvolněná nit nebo konec nitě do světelného paprsku, změní se intenzita světla a senzor stroj zastaví.

Dalším principem je opticko-mechanický princip. Stejně jako u zarážek pracujících na optickém principu i zde se ke kontrole používá světelný paprsek. Aby však došlo k registraci utržené nitě nebo uvolněné nitě, je kolmo na osnovní nitě přiváděn proud vzduchu, který pomáhá vychýlení vadné nitě z osnovy [3].

Kontrolu lze provádět pomocí různých typů hlídačů. Patří sem například zarážky s pružinami. Při přerušení dodávky nitě, a to jak z důvodu přetrhu či vyčerpání zásoby nitě, dojde ke shazování oček a v pletenině vznikne díra. Je žádoucí stroj zastavit dříve, než se konec nitě přiblíží k místu jejího kladení na jehly. Nit je vedena přes pružinu a při přetrhu nebo poklesu napětí dojde ke kontaktu a stroj je zastaven. Dalším typem jsou smáčecí zarážky. Jejich systém je založen na zvýšené vodivosti ve vlhkém prostředí. V korýtkách se smáčecím roztokem jsou ponořeny lišty potažené pleteninou ze syntetického materiálu. Dochází ke smáčení povrchu a přenosu vlhkosti na lišty. Pokud

klesne na lištu přetržená nit, vytvoří se spojení, začne klesat odpor a dojde k zastavení stroje.

Hlídače dále slouží ke kontrole výskytu silného místa na niti. Zde existuje nebezpečí poškození jehel nebo přerhu nitě především při jejím zaplétání. K detekci silného místa je používána elektromechanická zarážka. Funguje na principu štěrbin, kterou nit prochází. Silné místo tuto štěrbinu překlopí a nastane zastavení stroje.

Dalším sledovaným faktorem je zvýšený tah nitě. K této závadě může dojít např. vinou vadného návinnu nitě. Dojde-li ke zvýšení tahové síly v niti nad stanovenou mez, vzniká nebezpečí přerhu nitě v zatahovací zóně. V tomto místě je nit nejvíce namáhána. Pokud je nit přetržena při zatahování, dochází ke shazování oček a ke vzniku děr v pletenině [3] [4].

1.2.2. Kontrola pleteniny

V současné době je vynakládáno velké úsilí na zrychlení a zautomatizování kontroly hotové pleteniny.

Pleteninu často znehodnocuje pruhovitost, pravidelně se opakující změny struktury nebo barvy textilie ve směru řádků či sloupků. Podélné pruhy signalizují vztah k lůžku a jehlám a příčinou může být deformovaný háček jehly, ztížený pohyb jazýčku, ostré hrany po opotřebením jehly nebo lůžka nebo deformace žebra lůžka. Může se jednat o změnu barvy nebo průměru nitě, jejího součinitele tření, o změnu délky nitě ve vazebních prvcích způsobenou změnou hloubky zatahování nebo tahem přiváděné nitě. Problémy s pletacími systémy se převážně týkají zátažných pletenin.

Jedním z principů užívaných při kontrole pleteniny je optický tzv. fotoelektrický princip. V tomto případě je využíván průchod či odraz světla od povrchu pleteniny. Lze ho ovšem použít jen pro pleteniny hladké a jednobarevné, protože vzor na pleteninách způsobuje jiný průchod i odraz světla. Fotoelektrická hlava přejíždí po celé šířce pleteniny a koncentrovaným proudem světla ji osvětluje. Hlava snímá jak reakci na úbytek světla při detekci díry, tak odraz od zrcadlové plochy.

Dalším užívaným principem je princip pneumatický. Je založen na změně tlaku vzduchu při průchodu pleteninou. Lze ho použít pro barevně vzorované pleteniny, ale ne pro pleteniny s plastickými vzory. Princip spočívá ve vyfukování proudu vzduchu proti pletenině. Pokud dojde k poklesu tlaku, stroj upozorní na existující díru a zastaví se [5].

1.3. Vady pletenin

Vzhledem k rostoucí poptávce po kvalitních pletených výrobcích jsou na kvalitu kladeny velmi vysoké požadavky. Cílem je předejít vadám na pleteninách, zlepšit jejich celkovou kvalitu a produktivitu. Vady na pleteninách bývají různého původu, povahy a v neposlední řadě rozdílného vzhledu. Tyto defekty nemusí být nutně příčinou chybného výrobního procesu. Kaz může být ve kvalitě materiálu, v barvení či použité konečné úpravě.

Častou závadou při osvojení pletení je přetrh nitě. V tomto případě se musí najít oba konce nitě a navázat je. Pokud není navázání možné, je nit samostatně vedena z cívky. V určitých případech může docházet i k přetrhu více nití najednou. Tyto vadné nitě se odvádí odtahem nebo se zaplétá k některým z krajových nití.

K poškození ovšem nemusí dojít pouze na materiálu. Poškozeny mohou být i jehly. Jednotlivé jehly jsou zalaty v cínech. Pokud se jehla porouchá, je nutno vyměnit celý cín. To zapříčiní díru v pletenině. V případě, že k tomu dojde, je nutné zajistit odtah pro správné zapletení. Po upletení jsou prováděny dokončovací práce. Pletenina se kontroluje a zaznamenává se počet chyb, které na pletenině vznikly. Určité vady se dají vyspravit, ale některé se projeví až časem, např. pruhovitost při barvení atd. [6].

2. KVALITA MATERIÁLU

Slovo kvalita či jakost je údaj o vlastnosti nějaké věci. Používá se při řízení podniků, při obchodování se službami nebo výrobky, a je důležitým ukazatelem pro spotřebitele. Je uváděno velké množství definic, co jakost ve skutečnosti je. Definice v normách ČSN zní: „*Kvalita (jakost) výrobku je souhrnem vlastností podmiňujících způsobilost uspokojit potřeby odpovídající jeho účelu použití*“. Tato obecná definice neopomíná velice důležitý fakt, a to že kvalita je spjata s účelem použití. Z toho vychází, že není možné vyrobit kvalitní produkty, pokud není znám jejich účel použití.

Potenciální zákazník si o výrobku, který si má zájem koupit, shání informace. Jinými slovy vnímá kvalitu výrobku. Mezi hlavní ovlivňující faktory patří cena a použitelnost výrobku. Dále na zákazníka působí celkový design výrobku, reklama, jestli se jedná o osvědčeného a známého výrobce či nabízený servis.

O kvalitní výrobě lze hovořit pouze v tom případě, jsou-li dodrženy sjednané podmínky dodávek, vlastností výrobků, resp. jejich hodnoty, a to s výkyvy těchto vlastností pouze ve stanoveném rozsahu. V současné době se kvalita výroby řídí

NORMAMI ŘADY 9000. Podle ustanovení těchto norem není nutno vyrábět s nejvyšší možnou jakostí, ale odběratel musí mít dlouhodobou záruku stálé kvality. Z tohoto důvodu se provádí tzv. certifikace výrobků, postupů, metod, ale i pracovníků. Nejdůležitějším faktorem pak je zásada, že každý pracovník je osobně zodpovědný za stálost kvality výroby na své úrovni.

Kvalita materiálu obecně souvisí s:

- hmotovou nestejnomyěrností
- pevností
- jemností
- počtem vad

Při hodnocení materiálu se téměř u všech vlastností sleduje také variabilita vyjádřená variačním koeficientem.

2.1. Nestejnomyěrnost

Hmotovou nestejnomyěrností je myšlena hodnota CV (%), která je výstupem z přístroje Uster. Jedná se o kolísání hmoty vláken v přízi nebo na určitých délkových úsecích délkového vláknenného útvaru. Nestejnomyěrnost bývá způsobena nerovnoměrným rozložením vláken v průřezu délkového vláknenného útvaru, náhodným charakterem vláken nebo nedokonalostí výroby. Tato odchylka může ovlivnit i další vlastnosti přízi, např. pevnost a u plošných textilií má za následek ovlivnění celkového vzhledu, např. pruhovitost. Z těchto důvodů je cílem výrobního procesu vytvářet příze s co nejnižší hmotnou nestejnomyěrností [7].

K porovnání hmotové nestejnomyěrnosti a její analýze slouží řada parametrů a charakteristických funkcí. Hmotová nestejnomyěrnost je vyjadřována pomocí parametrů:

- lineární hmotová nestejnomyěrnost – U [%]
- kvadratická hmotová nestejnomyěrnost – CV [%]
- limitní lineární hmotová nestejnomyěrnost – U_{lim} [%]
- limitní kvadratická hmotová nestejnomyěrnost – CV_{lim} [%]
- index nestejnomyěrnosti – I [-]
- výrobní nestejnomyěrnost – CV_f [%]
- strojová nestejnomyěrnost – CV_m [%] [55]

Materiál, u kterého je vykázána nestejnomyěrnost CV vyšší než 75%, je nepoužitelný pro většinu tkanin a pletenin.

2.2. Jemnost přízí

Jemnost T [tex] neboli délková hmotnost, udává vztah mezi hmotností a délkou vláknenného útvaru. Lze ji vyjadřovat různými způsoby. Podle způsobu vyjádření se rozlišuje jemnost hmotnostní (jednotky [tex], [titr]) a jemnost délková (číslo metrické, číslo anglické) [8].

Problémem bývá u jemnosti v jejím kolísání. Obyčejně se považuje za přijatelný variační koeficient jemnosti do 3% za přijatelný pro většinu přízí různých jemností. Jeho růst se projevuje na růstu přetrhovosti při tkaní [9].

2.3. Pevnost přízí

Pevnost F [N] se zjišťuje jak u staplových, tak u přízí z nekonečných vláken. Zkouška je prováděna na trhačím přístroji, kde se zatěžují jednotlivé niti až k přetrhu. V textilní praxi se obvykle používá jednotka poměrná pevnost F_p [cN/tex]

$$F_p = \frac{F}{T} \quad (1)$$

2.4. Počet vad

Je hodnocen standardně s využitím stupnice Uster. Pro kvalitní materiály, jako je např. spodní prádlo, se doporučuje úroveň 25 - 50%. Ukazatel počtu vad se samostatně nepoužívá pro hodnocení jakosti.

Mezi další vnější vady materiálu patří silná místa, slabá místa a nopky. Tyto vady snižují estetickou a vizuální úroveň následného produktu [9].

3. NAPJATOST NÁVINU A TAHOVÁ SÍLA MULTIFILU

3.1. Soukání

Účelem soukání je převinout materiál z nevhodného tvaru návínu na návín vhodný svojí velikostí a tvrdostí pro další zpracování. V průběhu soukání také dochází k odstraňování nečistot, které ulpěly na povrchu soukaného materiálu. Dále jsou eliminována slabá místa, silná místa a nopky.

Cívky mohou mít osový nebo obvodový pohon. U osového pohonu je poháněna dutinka cívky a rozvod materiálu je vázán na rotaci cívky. Jinak je tomu u pohonu obvodového. Tam se cívka odvaluje a rozvádění je vázáno na obvod cívky.

K soukání se používá více druhů cívek. Jsou to cívky válcové, kuželové, variokonické a bikonické. Dominují křížem soukané cívky, které nevyžadují okrajové příruby. Válcové cívky mají tu nevýhodu, že se při odvíjení nit tře o těleso cívky. Pokud není dosaženo vysoké rychlosti, nedochází ke vzniku tzv. balónu, který vytváří odstředivá síla. U konické a variokonické cívky je dosaženo výrazně snadnějšího odvíjení, ale objevuje se jiný problém. Velká kuželovitost nezajišťuje u materiálů s hladkým povrchem soudržnost cívky. Hrozí zde nebezpečí smekání jednotlivých ovinů směrem k vrcholu kužele. Bikonické cívky jsou vhodné pro netvarované multifily a další materiály s nízkým součinitelem tření [2].

3.2. Napjatost materiálu v návínu

Nejvhodnější tvar cívky je kuželový. Pokud je cívka správně umístěna na stroji, nemělo by docházet k tření materiálu o tělo cívky. Tření materiálu o cívku je důležité odstranit, protože vede k hmotové nestejněměrné odvíjecí tahové síle.

Kompaktnost cívky je zajišťována správným napětím převíjeného materiálu. Jeho protažení v návínu a nestejněměrnost značně ovlivňují jak nestejněměrnost následné plošné textilie, tak deformační vlastnosti navíjeného materiálu. Zabezpečit stejné protažení v návínu je téměř nemožné. Aby nedošlo k výše uvedeným nestejněměrnostem, je důležité regulovat tahovou sílu navíjeného materiálu v souvislosti se zvětšujícím se průměrem návínu. Nestejná míra vnitřní napjatosti se projevuje zejména při zpracování hedvábí (monofilů, multifilů), na rozdíl od staplových

přízí. S rostoucí šířkou návinu se zvyšuje míra napjatosti materiálu a na povrchu je materiál vystaven výraznému mechanickému namáhání [10].

3.3. Pruhoovitost výrobků z tvarovaných multifilů

Pruhoovitost tkanin či pletenin je poměrně častou a obtížnou závadou. Původ nemusí být nutně ve špatném stavu výrobních strojů nebo jejich špatným seřízením. Většinou spočívá tato vada v nerovnoměrné struktuře předkládaných tvarovaných multifilů. Nejčastějším původcem těchto nedostatků je tvarovací proces.

Při procesu zvlákňování může docházet k nerovnoměrnému chlazení, což má za následek nestejněmírné vysrážení syntetických vláken po jejich délce. Ve vláknech je nestejněmírné napětí, což může později zapříčinit pruhovitost plošné textilie. Z technického hlediska je proces výroby a zvlákňování stabilizován více než tvarovací proces, který stále obsahuje jednotlivé procesy, které jsou charakteristické nestabilitou v čase a místě.

Vliv na budoucí nedostatky v plošné textilií může mít také technologie výroby. Výsledná textilie vzniká na stroji, kde na materiál působí určitá síla. Vzhled vytvářené textilie, její struktura a proces výroby, je ovlivňována celým vedením nití a odvíjením. Vedení i odvíjení určuje tahovou sílu a geometrii multifilu při svém vstupu do pracovního ústrojí. Samo odvíjení ovlivňuje hodnotu tahové síly v multifilu. Právě tato síla má schopnost ovlivnit výslednou strukturu textilie a zapříčinit nezvratné změny ve vzhledu. Problém spočívá především v kolísání tahové síly [11].

3.4. Tvarování vzduchem

Tato technologie umožňuje výrobu širokého sortimentu vzduchem tvarovaného hedvábí. Existují dva způsoby tvarování, paralelní a jádrový způsob.

Oblasti použití:

- autotextilie – nejdůležitější využití, příze (multifily) kombinované s vysokou odolností proti oděru
- sportovní a svrchní oblečení
- dekorační tkaniny
- průmyslové hedvábí a šicí nitě

Největší využití je v sektoru autopřemyslu. Většina výrobců potahů do aut používá výhradně vzduchem tvarované hedvábí. Tvarované hedvábí se lépe zpracovává v porovnání s netvarovaným hedvábím.

3.4.1. Paralelní tvarovací princip

Netvarovaný multifil je přiváděn konstantní rychlostí k speciální vzduchové trysce, před kterou je do multifilu přidávána voda. Tryska fouká vzduch v závislosti na množství přiváděného materiálu mezi vstupní a výstupní zařízení. Materiál je rozfukáván na menší či větší smyčky. Jednotlivá vlákna jsou utužena proudem vzduchu, který stabilizuje smyčky. Proces je zobrazen na obr. 1.



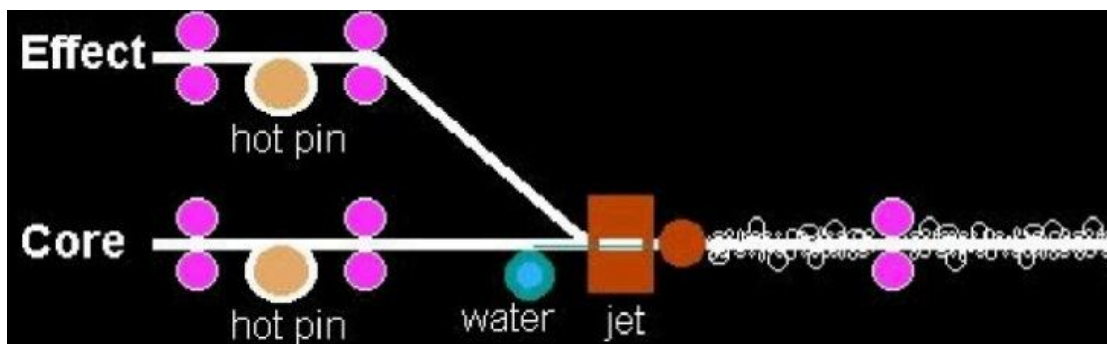
Obr. 1: Paralelní tvarovací princip

Voda má funkci zvlhčovače a je přidávána před trysky proto, aby snížila tření multifilu uvnitř trysky, a umožňuje snazší tvorbu smyčky. Voda je odstraněna na konci trysky, kde je odfukována a nit je navíjena v suchém stavu.

3.4.2. Jádrový princip

Jádrový způsob je užíván pro výrobu objemnějších multifilů. Účel jejich použití je hlavně v čalounictví, nábytkářství nebo na sportovní oděvy.

Při tomto způsobu výroby se ke zpracovávanému chemickému hedvábí přivádí ještě efektní nit. Jádrem je dodáváno do trysky pomaleji než efektní nit. Výrobci dodávají různé druhy trysek, jejich design ovlivňuje konečný vzhled výrobku [11].



Obr. 2: Jádrový tvarovací princip

II. TEORETICKÁ ČÁST

1. METODIKY TESTOVÁNÍ KVALITY (MULTIFILŮ)

Zkušební metody jsou operace, které určují jednu nebo více charakteristik daného výrobku nebo procesu. Velmi důležitý je výběr vhodné metody, která ukazuje správnou charakteristiku. Například testy surovin by měly být propojeny s testy výrobků, které byly z toho materiálu vyrobeny. U metod testování je velmi často testována jejich platnost, použitelnost a přesnost. Rozsah zkušební metody musí být jasně definován. Všechny naměřené hodnoty by měly být uvedeny, musí existovat jejich prokazatelnost a možnost opakovaného ověření.

1.1. Klimatické podmínky pro testování

Vlivem sorpčních dějů dochází u vláken ke změnám vlastností. Vlákna bobtnají, zvětšuje se jejich průřez a délka, mění se jejich mechanické vlastnosti a mění se jejich hmotnost, která je důležitá pro obchodování s textiliemi a pro stanovení jemnosti. Klimatické podmínky pro zkoušení textilních materiálů jsou definovány:

teplota vzduchu: $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$

vlhkost vzduchu: 65 ± 2

Vlastnosti textilních vláken a textilií z nich vyrobených se mění podle toho, jaká je jejich vlhkost. Textilní vlákna mají sorpční vlastnosti, tzn., že jsou schopna přijímat vlhkost z ovzduší, lidského těla apod.

Dodržení klimatických podmínek pro zkoušení vlastností textilních materiálů lze zajistit dvěma základními způsoby. První způsob je klimatizování celého prostoru zkušebny (laboratoře). Tento způsob je poměrně náročný na energii. Další nevýhodou je nepříliš vhodné vytvořené pracovní prostředí pro zaměstnance laboratoře. Klimatizace celé laboratoře se proto provádí pouze u certifikovaných laboratoří. Převážná většina všech laboratoří klimatizována není a klimatizace vzorků je prováděna druhou cestou, kterou je použití klimatizační skříňky. V této skříňce, která má malý prostor ke klimatizaci, se v předepsaném ovzduší uchovávají vzorky, které se vyndají ven jen na krátký čas, který je potřebný k provedení zkoušek [9].

1.2. Stanovení jemnosti

Gravimetrická metoda spočívá v přesném odměření délky příze nebo nitě a jejím přesném zvážení. Pro stanovení délkové hmotnosti přízí je potřeba odměřit přesnou délku. To se provádí na vijáku. Obvod křídleny je přesně 1 m. Odměřená délka materiálu (tj. 100 m), je zvážena na vahách.

K vyjádření jemnosti je používán poměr mezi hmotností a délkou. Jednotka [tex] je definována jako hmotnost v gramech na 1 km příze [13].

$$T = \frac{m}{l} \quad (2)$$

1.3. Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti materiálů jsou jejich odezvou na mechanické působení od vnějších sil. Vnější síly jsou tah, tlak, ohyb, krut, stříh. Druhy namáhání se v praxi většinou vyskytují v kombinaci. Laboratorně se tato namáhání zkoumají odděleně od sebe, přičemž normovány jsou pouze zkoušky pevnosti v tahu.

Během mechanického namáhání dochází v textiliích ke změně tvaru, která je závislá na:

- velikosti zatížení
- rychlosti namáhání
- době trvání

Mechanické vlastnosti se uplatní při zpracování vláken a textilií a proto jsou zařazovány mezi zpracovatelské vlastnosti.

Mechanické vlastnosti jsou popisovány tzv. ultimativními charakteristikami:

- pevnost F [N]
- poměrná pevnost F_p [cN/tex]
- napětí do přetrhu σ [Pa]
- protažení do přetrhu Δl [mm]
- tažnost (deformace do přetrhu) ε [%]
- tržná délka l_T [km]

1.4. Tepelná sráživost a tepelná srážecí síla

The Thermal Shrinkage Tester (dále jen TST 2) je přístroj, který umožňuje měřit tepelnou sráživost (změnu délky) materiálu a srážecí sílu u chemického hedvábí či pásků za tepelného namáhání. Zařízení je konstruováno tak, aby při zkoušení mohly být měřeny dva vzorky vláken současně v předem definované teplotě a po určitou dobu. Po opuštění tepelné komory jsou vzorky ochlazovány okolní teplotou a probíhá měření zbytkového srážení a srážecí síly.



Obr. 3: The Thermal Shrinkage Tester

Přístroj se skládá z:

- měřicí konzole s čidly, která snímá změny délky multifilů při měření a tepelnou srážecí sílu
- tepelná komora, která eliminuje vlivy okolního prostředí a obsahuje zařízení pro regulaci teploty
- software, který automaticky vyhodnocuje data, k dispozici je numerické i grafické znázornění [14] [10]

1.4.1. Tepelná sráživost

Tepelná sráživost vzorku je stanovena jako procento změny délky ku délce původního vzorku. Důležitým ukazatelem je kinetická křivka. Z ní se odečítají hodnoty efektivní, zbytkové a maximální sráživosti. Z této křivky se dále odvíjí maximální rychlost srážení, která je dána derivací kinetické křivky.

Maximální sráživostí je chápána maximální hodnota, která se v multifilu vytvoří v průběhu celé zkoušky.

Efektivní tepelná sráživost je hodnota odečtená z kinetické křivky srážení po 1 minutě zahřívání.

Zbytková sráživost se stanoví po ochlazování, kdy teplota materiálu klesá na teplotu okolí. Odečítá se po 30 vteřinách.

1.4.2. Tepelná srážecí síla

Srážecí síla je definována jako síla vznikající v materiálu při působení definované teploty. I v tomto případě je zaznamenávána závislost srážecí síly na čase. Z pracovní křivky je odečítána efektivní, zbytková a maximální srážecí síla.

Maximální srážecí silou je rozuměna maximální naměřená síla na materiálu odečtená z celého průběhu zkoušky. Délka vzorku je konstantní.

Efektivní tepelná srážecí síla je srážecí síla odečtena na konci tepelného namáhání. Doporučená doba měření efektivní tepelné srážecí síly je 1 min.

Zbytkovou srážecí silou je hodnota síly zjišťovaná po ukončení tepelného působení přístroje na materiál. Jedná se o volné chladnutí vzorku na teplotu klimatizované laboratoře. Doporučená doba měření zbytkové tepelné srážecí síly je 30 sec.

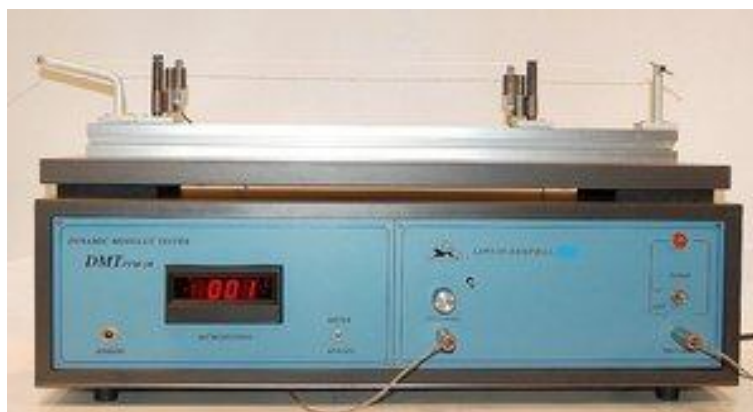
V obou případech měření, jak již bylo uvedeno, je sledována závislost srážecí síly na čase i v době tepelné relaxace, tzn. i po té, co se tepelná komora automaticky vrátí na své původní místo. Při zadávání měřených parametrů si zkoušející vybere jak délku efektivního měření, tj. dobu, po kterou je materiál vystaven stanovené teplotě, tak délku relaxace (zbytkové měření). Po uplynutí doby efektivního měření dá přístroj signál a tepelná komora se vrátí zpět. V tu chvíli začíná měření zbytkové sráživosti či zbytkové srážecí síly [14].

1.5. Akustický modul

Měření akustického modulu je realizováno pomocí stroje The Dynamic Modulus Tester (DMT). Je to kompletní systém pro popis orientace vláken v multifilu. Fyzikální vlastnosti, které jsou získány z měření, jsou akustický modul E [GPa], dán vztahem (3) a anizotropie materiálu. Materiál je snímán a měřen dvěma snímači (čidly). Výpočet rychlosti zvuku je používán k měření vlastností fyzikálních a chemických struktur materiálu.

$$E = \rho * c^2 \quad (3)$$

kde ρ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] je hustota vláken a c [km/sec] představuje vypočtenou rychlost zvuku. Pro vlákna polyesterová byla použita hodnota $\rho=1360 \text{ kgm}^{-3}$.



Obr. 4: The Dynamic Modulus Tester

Princip měření

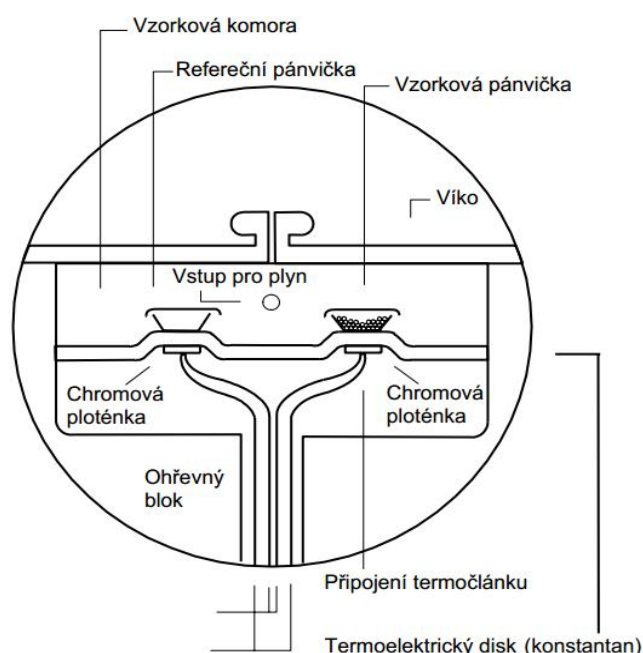
Materiál je na jedné straně upevněn do čelistí a naveden do snímačů. Na druhé straně je opatřen předpětím, které svou hmotností odpovídá jemnosti zkoušeného materiálu. Čidlo na levé straně mechanismu je stabilní a druhé čidlo je posuvné. Právě podle posuvného čidla je na horní straně přístroje určována měřená vzdálenost. Měřit lze vzdálenost 0 – 200 mm. Měření se provádí vždy na dané vzdálenosti určené na přístroji a na různých místech materiálu [15].

1.6. Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC)

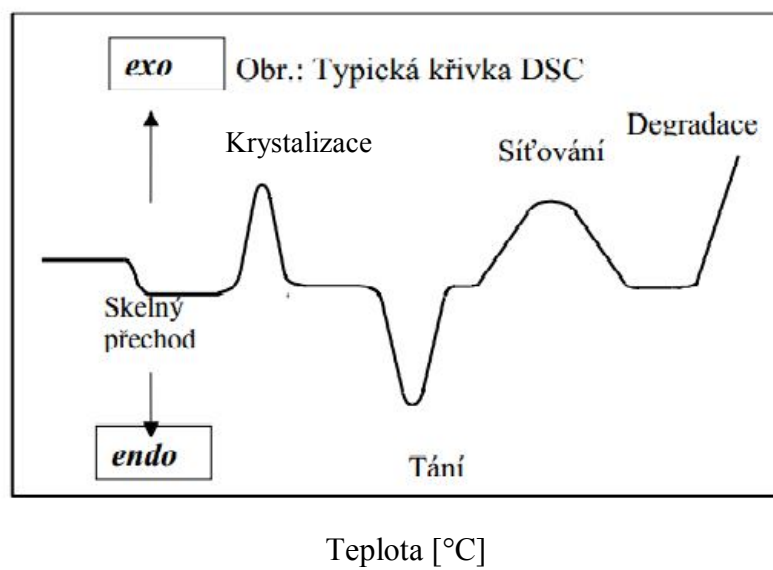
DSC patří do skupiny termických analytických metod. Metoda je založená na měření přísunu tepelné energie, tak aby teplo vzorku a teplo referenčního vzorku bylo stejné. DSC se používá k měření entalpie v důsledku změn fyzikálních a chemických vlastností materiálu v závislosti na teplotě a času. Tato metoda umožňuje charakterizaci materiálu. Použití malých vzorků, jedná se o miligramová množství, umístěných na kovových foliích, snižuje tepelný spád na minimum. Malá tepelná kapacita celého systému dovoluje použít velké rychlosti ohřevu, až desítky K/min a zajišťuje velkou rozlišovací schopnost. Množství uvolněného tepla je tedy úměrné množství elektrické energie spotřebovaného na zahřátí vzorku. Jde tedy o kalorimetrickou metodu.

Vzorek a referenční vzorek jsou umístěny do komůrky a přístroj zvyšuje teplotu přímo úměrně času. Vzorek je nejprve zahříván a potom dochází k ochlazování. Při měření jsou sledovány a zapisovány teploty tání T_m [°C], teploty krystalizace T_c [°C] a hodnoty ΔH [J/g]. Tyto hodnoty ukazují změnu entalpie, tzn. změnu množství krystalického podílu v multifilu. Hodnota udává, kolik joulů je potřeba k ohřátí jednoho gramu materiálu.

Výskyt extrémů na měřených křivkách odpovídá exotermickým nebo endotermickým procesům probíhajícím v měřeném vzorku. Tím je možné určit například fázové přechody, bod tání a tuhnutí, krystalizaci, čistotu, tepelnou kapacitu, teplotu fixace atd. [16].



Obr. 5: Znárodnění přístroje DSC



Obr. 6: Typická DSC křivka

III. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Cílem praktické části bylo provést měření vlastností multifilu a sledovat vliv polohy nitě na cívce na dané vlastnosti.

Měření bylo provedeno na polyesterovém multifilu o jemnosti 78 dtex. Multifil byl provířen vzduchem. U cívek, které byly navíjeny za konstantního napětí, se může projevit vydutí čel, tzv. květákový efekt. To však není případ testované cívky, tam bylo čelo cívky hladké, viz obr 7 a 8.

Při výrobě produktů z tohoto polyesterového multifilu vykazovala výsledná osnovní pletenina plošnou nestejnou hustotou, a to konkrétně pruhovitostí.

Vlastnosti multifilu byly testovány v různých místech návinnu. Šířka návinnu byla rozdělena na pět míst. Vzdálenost těchto míst od sebe činila 12 mm. První měřené místo bylo na povrchu cívky a další místa byla odebrána z těla cívky ve směru k dutince, viz obr. 9. Číslování míst roste vzestupně až do čísla pět, které se nachází dutince nejbližší. Na jednom místě bylo vždy provedeno veškeré stanovené měření a následně byla část multifilu přesoukána až k dalšímu odměřenému místu. Soukání bylo provedeno na soukacím stroji při rychlosti 3 600 otáček/minutu.

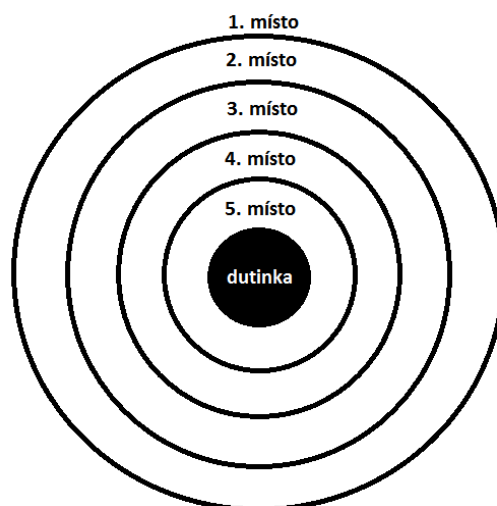
Na multifilu byla testována jemnost, pevnost a tažnost (Instron), tepelná sráživost a tepelná srážecí síla (TST 2), rychlost průchodu zvuku (DMT), akustický modul a změny entalpie v multifilu (DSC). Metodiky testování byly vybrány tak, aby bylo možné testovat deformační vlastnosti materiálu pomocí přístroje Instron, otestovat stabilitu materiálu (TST 2, DSC) a zjistit orientace vláken v multifilu (DMT).



Obr. 7: Cívka s polyesterem



Obr. 8: Čelo cívky



Obr. 9: Schematické znázornění cívky

1. JEMNOST

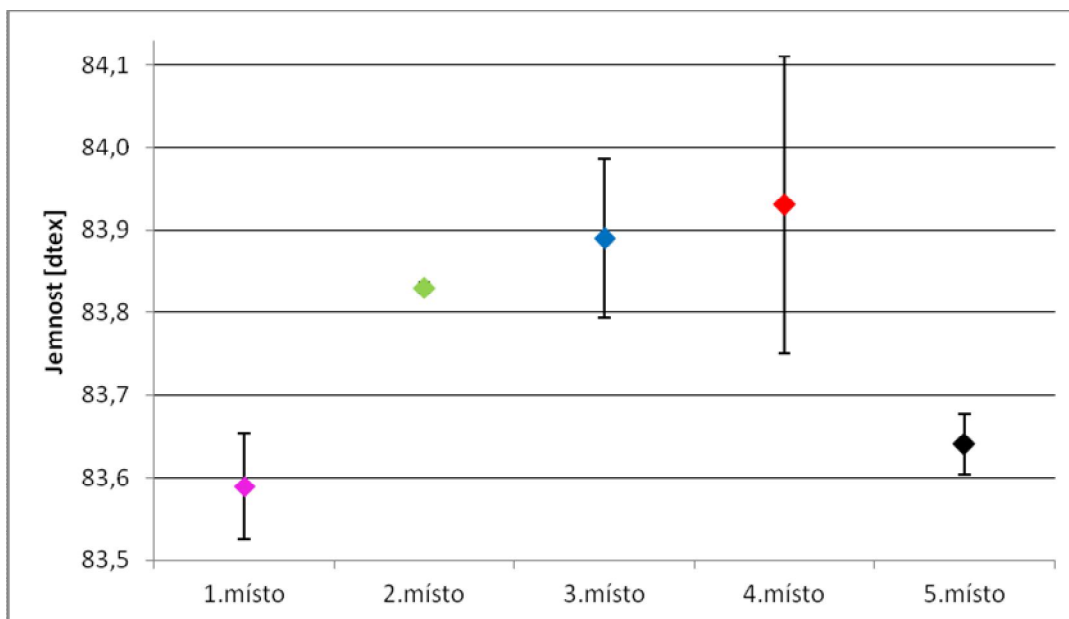
Jemnost byla zjišťována gravimetrickou metodou podle normy ČSN EN ISO 2060. Byly stanoveny průměrné hodnoty jemnosti a 95% intervaly spolehlivosti středních hodnot jemnosti. Multifil byl odebrán ze všech měřených míst na cívce. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1 a na obr. 10.

U testování jemnosti bylo sledováno, jestli jemnost multifilu vykazuje nestejnou měrnost, tj. jestli v různých místech návinnu kolísá.

Naměřené jemnosti multifilu jsou významně vyšší, než jsou hodnoty uvedené výrobcem. Výrobce uvádí jmenovitou jemnost 78 dtex. K hodnotám z 1. místa, tj. na povrchu cívky, se přibližuje místo 5, které se nachází nejbližší u dutinky. Mezi jmenovitou a experimentální jemností byly zjištěny statisticky významné rozdíly. Avšak hodnoty experimentální jemnosti nekolísají v závislosti na místě na cívce, tzn., že nejde o statisticky významné rozdíly.

Tab. 1: Experimentální jemnost multifilu

Experimentální jemnost T [dtex]	1. místo	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
Průměr	83,6	83,8	83,9	83,9	83,6
Confidence	0,1	0,01	0,1	0,2	0,04
Spodní mez	83,5	83,8	83,8	83,7	83,6
Horní mez	83,6	83,8	84,0	84,1	83,7



Obr. 10: Naměřená jemnost multifilů

2. PEVNOST A TAŽNOST MULTIFILU

U tohoto experimentu bylo cílem zjistit, jakou pevnost má multifil a jakého poměrného prodloužení je schopen dosáhnout při přetrhu. Zkouška byla provedena na přístroji Instron podle normy ČSN EN ISO 2062, kde bylo nastaveno předpětí 0,037 N a upínací délka vzorku 500 mm. Byla sledována závislost síly na protažení a zkonstruována průměrná tahová křivka pro každé měřené místo. Bylo provedeno 50 měření u každého místa. Byla otestována normalita a homogenita a vybočující data byla ze souboru dat vyřazena.

U měření pevnosti a tažnosti byla sledována především nestejnomyšlnost těchto vlastností. Tato nestejnomyšlnost může způsobit různou velikost oček, která se následně projeví v osnovní pletenině jako pruhy.

Na obr. 11 jsou zobrazeny průměrné tahové křivky. Souřadnice, které jsou na obrázku vyznačeny křížkem, udávají průměrnou hodnotu pevnosti a tažnosti. Křivka má kolem sebe pás 95% intervalu spolehlivosti. Graf je vykreslen bez předpětí.

V tabulce 2 a 3 jsou uvedeny vypočtené statistické hodnoty pevnosti a tažnosti, které byly použity pro následné grafické znázornění. Na obr. 12 jsou znázorněny

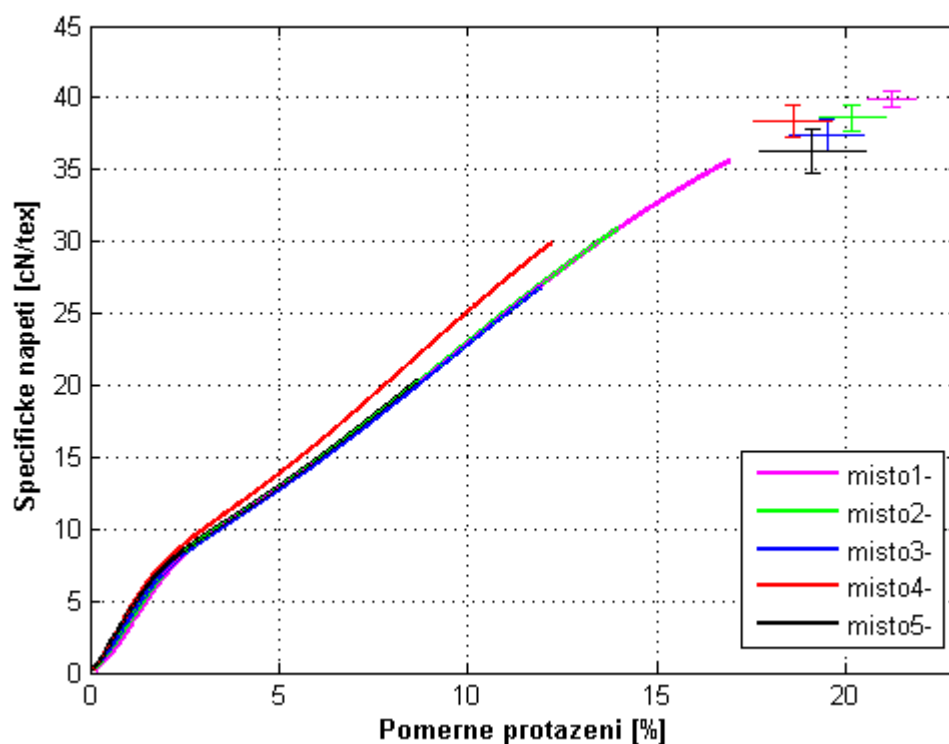
hodnoty pevnosti a na obr. 13 hodnoty tažnosti. V obou případech byly zakresleny chybové úsečky.

Tab. 2: Hodnoty pevnosti

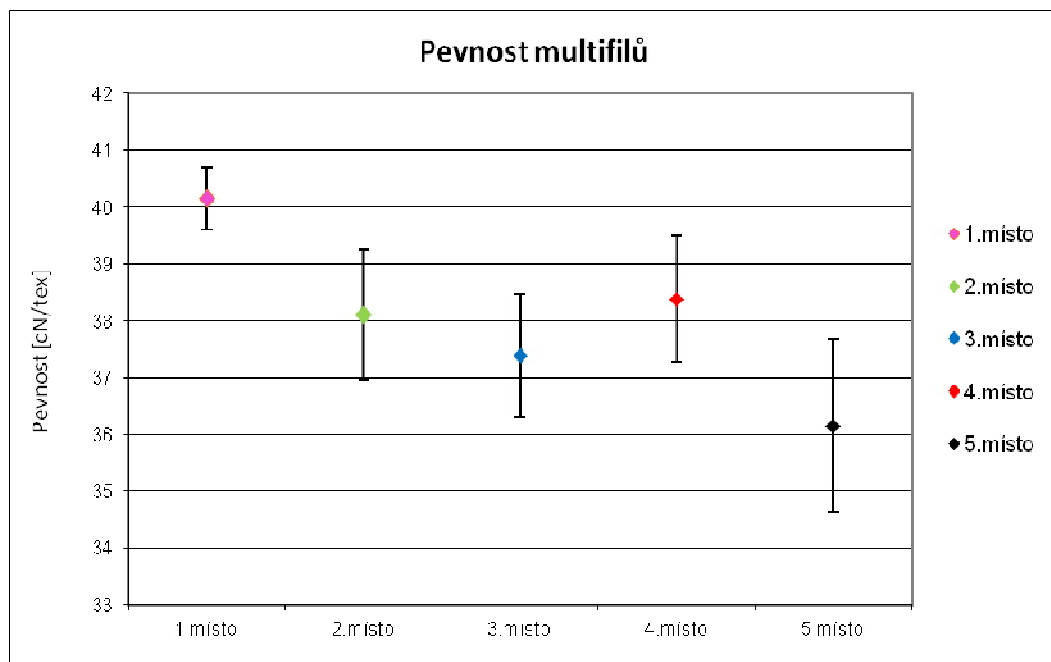
Pevnost				
	průměr [cN/tex]	spodní mez	horní mez	variační koeficient [%]
1. místo	40,15	39,61	40,70	4,49
2. místo	38,11	36,97	39,25	10,29
3. místo	37,38	36,29	38,46	10,10
4. místo	38,38	37,26	39,49	10,22
5. místo	36,16	34,62	37,69	14,93

Tab. 3: Hodnoty tažnosti

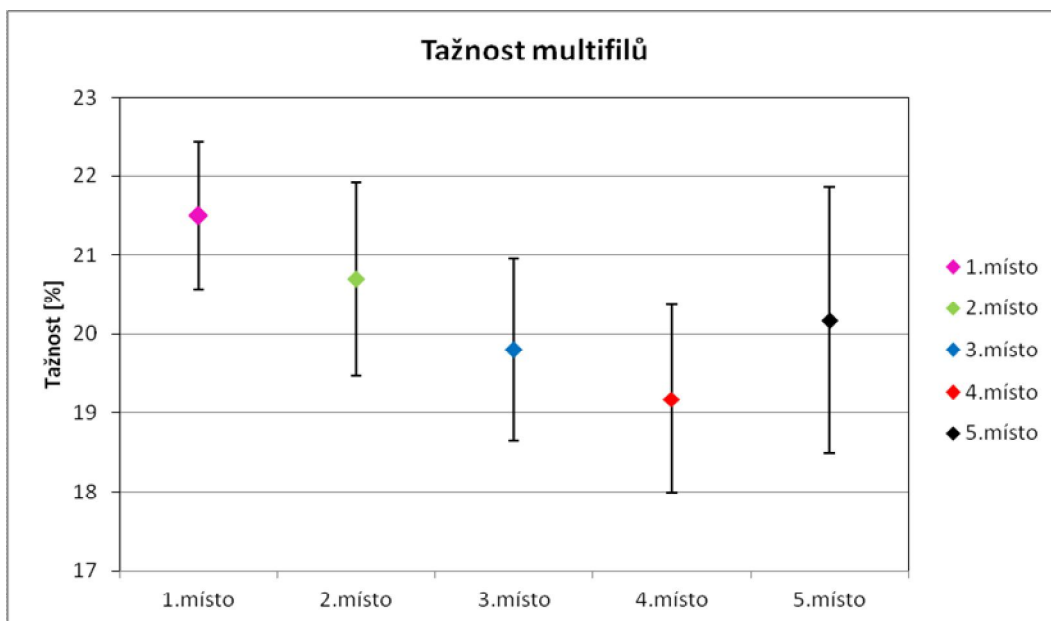
Tažnost				
	průměr [%]	spodní mez	horní mez	variační koeficient [%]
1. místo	21,50	20,57	22,44	14,95
2. místo	20,70	19,47	21,92	20,31
3. místo	19,80	18,65	20,95	20,48
4. místo	19,18	18,00	20,36	21,69
5. místo	20,17	18,48	21,86	29,44



Obr. 11: Průměrné tahové křivky bez předpětí a intervaly spolehlivosti



Obr. 12: Pevnost multifilů s chybovými úsečkami

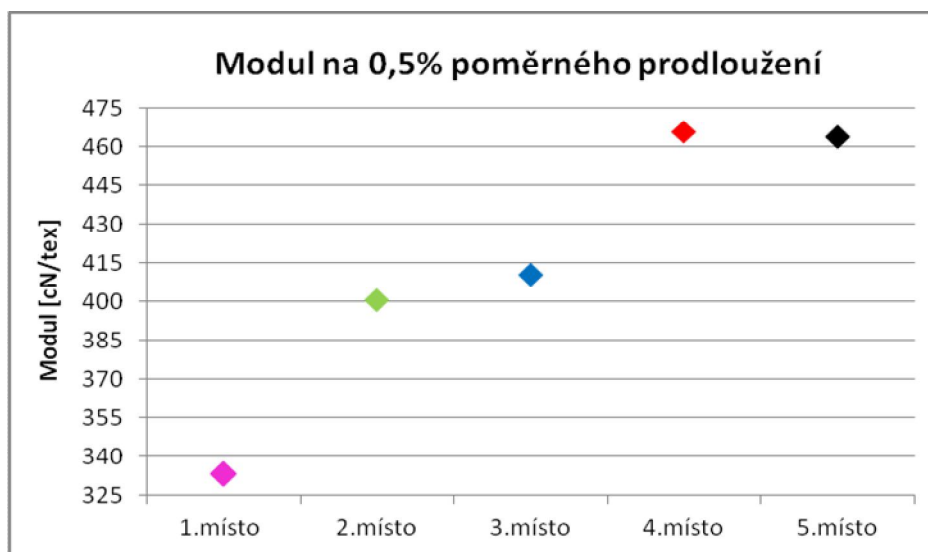


Obr. 13: Tažnost multifilů s chybovými úsečkami

Počáteční modul může být v počátku křivky ovlivněn např. pracovníkem, který materiál zakládá. Z toho důvodu bylo přistoupeno k určení modulu na 0,5% poměrného protažení. Modul byl zjišťován na průměrných tahových křivkách, jako směrnice tečny v 0,5% poměrného protažení. V tabulce 4 jsou uvedeny hodnoty modulu a na obr. 14 je jejich grafické znázornění.

Tab. 4: Modul na 0,5 % poměrného prodloužení

Modul (0,5 %)	1. místo	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
N/%	0,278	0,336	0,344	0,391	0,388
cN/tex	333,1	400,4	410,3	465,9	463,6



Obr. 14: Modul na 0,5% poměrného prodloužení

2.1. Analýza rozptylu

Na naměřených datech byla provedena jednofaktorová analýza rozptylu. Cílem bylo odhalit, zda zjištěné rozdíly v průměrech jednotlivých skupin (faktorů) jsou statisticky významné nebo jen náhodné. Stanoveným faktorem bylo zvoleno místo na cívice, resp. vzdálenost míst od sebe. Byla stanovena hladina významnosti 0,05. Pokud byla výsledná p-hodnota menší než hladina významnosti 0,05, existuje mezi skupinami statisticky významný rozdíl. Znamená to, že rozdíl mezi alespoň jednou dvojicí vypočítaných průměrů byl natolik velký, aby mohl být zapříčiněn pouze náhodným výběrem. Pokud se p-hodnota rovnala nebo byla větší než stanovená hladina 0,05, rozdíl nebyl statisticky významný. Bylo provedeno i párové porovnání, které ukázalo, zda se mezi konkrétními jednotlivými místy nacházely statisticky významné rozdíly.

Podle p-hodnot bylo rozhodnuto o významnosti či nevýznamnosti rozdílů.

Pro tažnost vyšel test celkového vlivu faktoru jako nevýznamný, tzn., že při měření tažnosti nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly. U pevnosti vyšel vliv celkového faktoru významný. Při provedení párového porovnání bylo zjištěno, že statisticky významný rozdíl vykazuje pouze 1. místo, a to k 3. a 5. místem.

2.2. Diskuze výsledků

Z tahových křivek (obr. 11) je patrné, že nejvyšší pevnost i tažnost vykazuje měření v místě 1. Naopak nejnižší hodnoty pevnosti a tažnosti vykázalo místo 5. Všechny křivky mají podobný průběh. Liší se pouze v místě přetrhu. Jediná křivka, která vykazuje odlišný průběh je křivka naměřená v místě 4.

Ač se u pevnosti projevuje mírně klesající trend ve směru k dutince, mezi místy 2, 3, 4 a 5 nejsou ze statistického hlediska rozdíly. Intervaly spolehlivosti se překrývají. Pouze pevnost multifilu v 1. místě vykazuje statisticky významně vyšší hodnoty.

Podobně je to i u hodnot tažnosti. Zde je také patrný klesající trend od místa 1 k místu 5, ale hodnoty tažnosti mezi sebou nemají významné statistické rozdíly a leží velmi blízko u sebe.

U modulu poměrného prodloužení na 0,5% je zřejmý rostoucí trend k 5. místu. Jelikož je na povrchu cívky větší napětí než u dutinky, dalo by se usuzovat, že se 1. místo při měření mohlo chovat jako předpjaté. Místo 5, které je nejbližší u dutinky a není vystaveno takovému napětí, vykazuje nejvyšší hodnoty modulu.

Pomocí analýzy rozptylu bylo zjištěno, zda je mezi jednotlivými místy statistický rozdíl v naměřených hodnotách vlastností. U tažnosti nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl a u pevnosti došlo k odchýlení pouze v místě 1.

Variabilita hodnot pevnosti a tažnosti (viz variační koeficient) roste směrem k dutince.

3. TEPELNÁ SRÁŽIVOST DÉLKOVÝCH TEXTILIÍ

3.1. Podmínky experimentu

Měření tepelné sráživosti a tepelné srážecí síly bylo provedeno na přístroji TST2 podle interní normy „Tepelná sráživost délkových textilií“. Sráživost a srážecí síla byly měřeny při teplotách 50°C, 90°C, 120°C, 160°C a 200°C. U každé teploty bylo provedeno 20 měření. Doba měření u všech zkoušek byla stanovena na 1 min tepelného namáhání a 30 sec relaxace. Bylo užito předpětí o hmotnosti 1,5 gramů.

Tento experiment byl zařazen z důvodu zjištění tepelné stability multifilu.

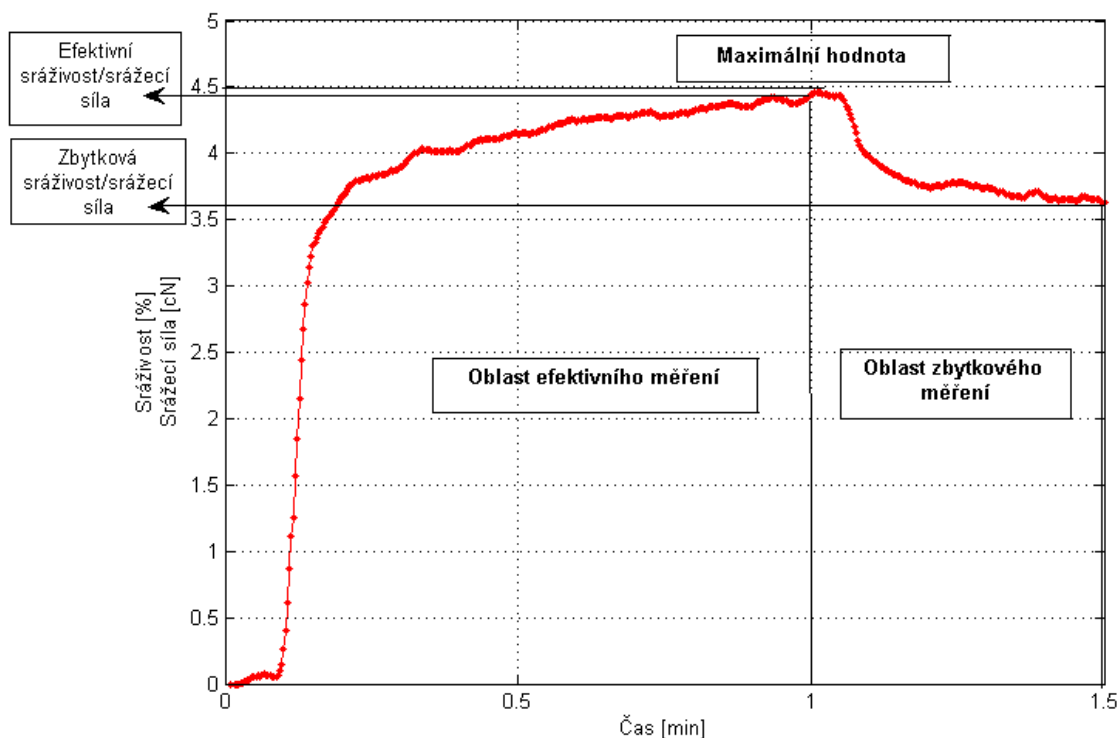
3.2. Postup experimentu

Při měření tepelné sráživosti byl jeden konec vzorku uchycen v čelistech snímače. Druhý konec byl zatížen předpětím a naveden do rotačního senzoru. Dále se tepelná komora, ve které byla zkoušená teplota kontrolována automaticky, přesunula do polohy, kdy zcela překryla upevněný vzorek. Tepelná sráživost vzorku byla stanovena z naměřené velikosti délky oblouku, o který se během zahřátí měřeného materiálu mechanismus senzoru otočil.

Měření tepelné srážecí síly probíhalo podobně, jako výše uvedené měření sráživosti. Rozdíl spočíval v upevnění vzorku, kde u měření srážecí síly byly upevněny oba konce měřeného materiálu s daným předpětím. Stejně napětí všech měřených vzorků bylo zajištěno pomocí předpětěového závaží před upevněním vzorku do čelisti na pravé straně přístroje. Poté byl vzorek umístěn do tepelné komory. Teplota působící na vzorek s oběma upevněnými konci měla za následek změnu napětí zkoušeného materiálu v čase při konstantní délce vzorku.

3.3. Vyhodnocení dat

Na obrázku 15 je znázorněna vybraná kinetická křivka, která byla získána po zpracování dat. Křivka ukazuje všechny oblasti daného měření v závislosti na čase.

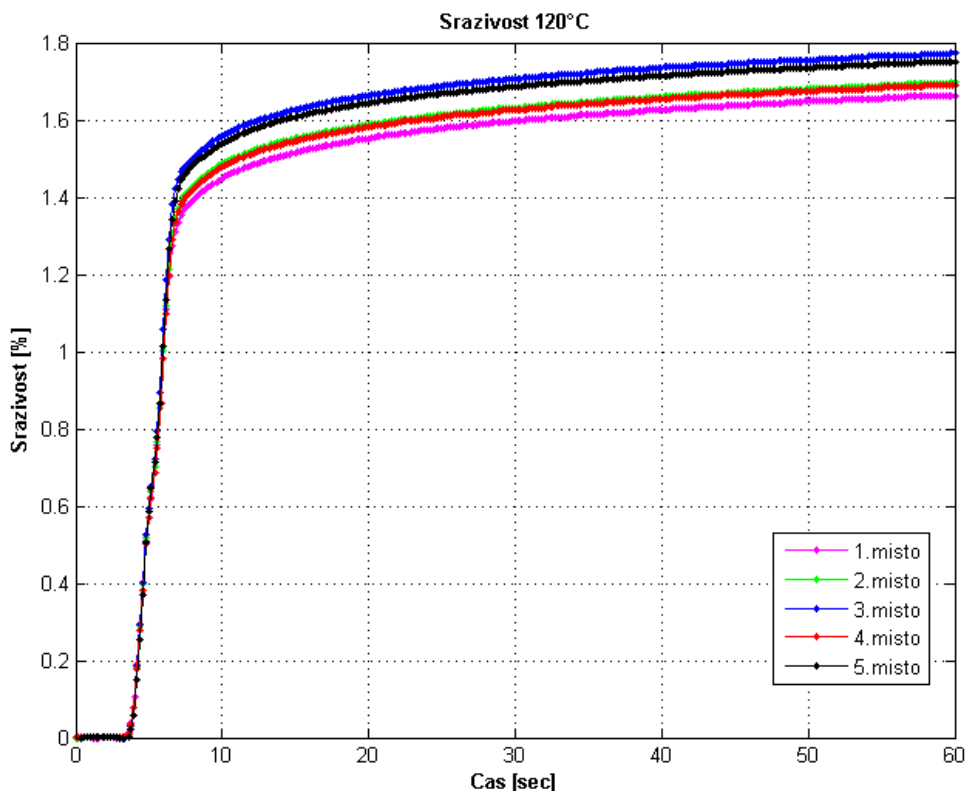


Obr. 15: Obecné znázornění křivky

Výsledkem vyhodnocení dat získaných při měření sráživosti byla průměrná kinetická křivka srážení, kde je znázorněna sráživost, v závislosti na čase viz obr. 16. Na obrázku je znázorněno měření sráživosti při 120°C u všech míst. Na ose x je vynesena čas. Doba měření byla 60 sec, jedná se tedy o efektivní hodnoty sráživosti.

Hodnoty efektivní, zbytkové a maximální sráživosti multifilu jsou uvedeny v příloze č. 1, tabulky 1 až 5. Hodnoty efektivní, zbytkové a maximální tepelné srážecí síly jsou uvedeny v příloze 1, tabulky 6 až 10.

Hodnoty efektivní sráživosti a efektivní srážecí síly jsou uvedeny v tabulkách 5 a 6. Jejich grafické znázornění je uvedeno na obrázcích 17 a 18. U efektivní srážecí síly byly vykresleny chybové úsečky a z důvodu přehlednosti grafu byly vykreslené body spojeny spojnicí.



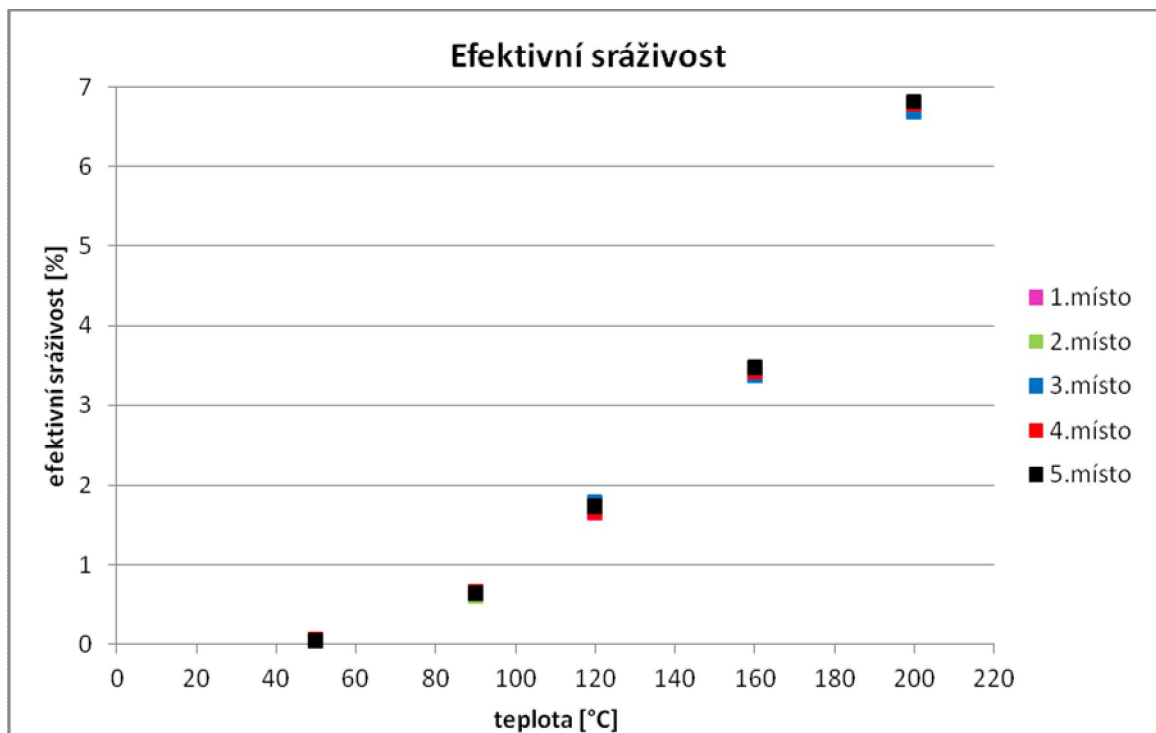
Obr. 16: Průměrné kinetické křivky sráživosti při 120°C – všechna místa

Tab. 5: Efektivní sráživost [%]

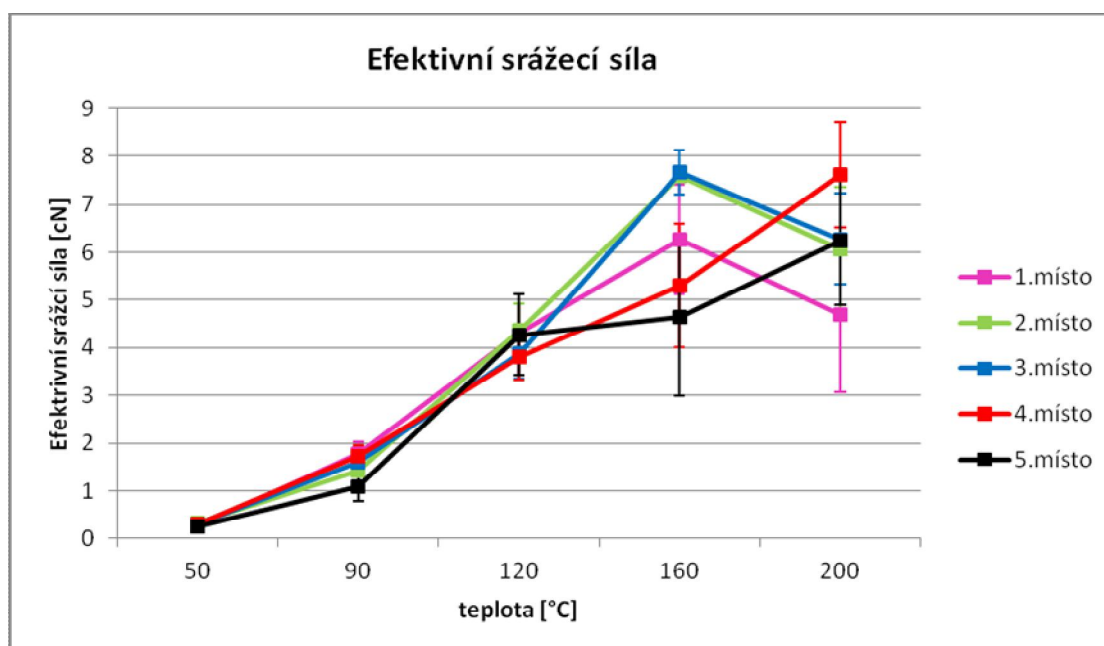
Teplota [°C]	50	90	120	160	200
1. místo					
Střední hodnota	0,045	0,655	1,655	3,370	6,780
Interval spolehlivosti	(0,042;0,048)	(0,618;0,692)	(1,637;1,673)	(3,357;3,383)	(6,733;6,827)
2. místo					
Střední hodnota	0,060	0,605	1,690	3,415	6,710
Interval spolehlivosti	(0,052;0,068)	(0,578;0,632)	(1,656;1,724)	(3,391;3,439)	(6,695;6,725)
3. místo					
Střední hodnota	0,060	0,660	1,785	3,380	6,695
Interval spolehlivosti	(0,052;0,068)	(0,620;0,700)	(1,728;1,842)	(3,346;3,414)	(6,644;6,746)
4. místo					
Střední hodnota	0,060	0,655	1,675	3,425	6,790
Interval spolehlivosti	(0,052;0,068)	(0,618;0,692)	(1,654;1,696)	(3,374;3,476)	(6,758;6,872)
5. místo					
Střední hodnota	0,045	0,640	1,730	3,465	6,815
Interval spolehlivosti	(0,042;0,048)	(0,586;0,694)	(1,694;1,766)	(3,421;3,509)	(6,758;6,872)

Tab. 6: Efektivní srážecí síla [cN]

Teplota [°C]	50	90	120	160	200
1. místo					
Střední hodnota	0,245	1,780	4,320	6,260	4,695
Interval spolehlivosti	(0,194;0,296)	(1,651;1,909)	(4,176;4,464)	(5,316;7,204)	(2,110;7,280)
2. místo					
Střední hodnota	0,335	1,425	4,360	7,590	6,060
Interval spolehlivosti	(0,305;0,365)	(1,327;1,523)	(4,200;4,520)	(7,422;7,759)	(4,388;7,732)
3. místo					
Střední hodnota	0,300	1,605	3,890	7,665	6,280
Interval spolehlivosti	(0,246;0,354)	(1,332;1,878)	(3,385;4,396)	(7,502;7,828)	(4,986;7,574)
4. místo					
Střední hodnota	0,300	1,730	3,805	5,310	7,615
Interval spolehlivosti	(0,276;0,324)	(1,571;1,889)	(3,599;4,011)	(3,625;6,995)	(6,904;8,326)
5. místo					
Střední hodnota	0,250	1,075	4,270	4,655	6,255
Interval spolehlivosti	(0,162;0,338)	(0,660;1,490)	(4,039;4,501)	(2,663;6,647)	(4,573;7,937)



Obr. 17: Efektivní sráživost – všechna místa



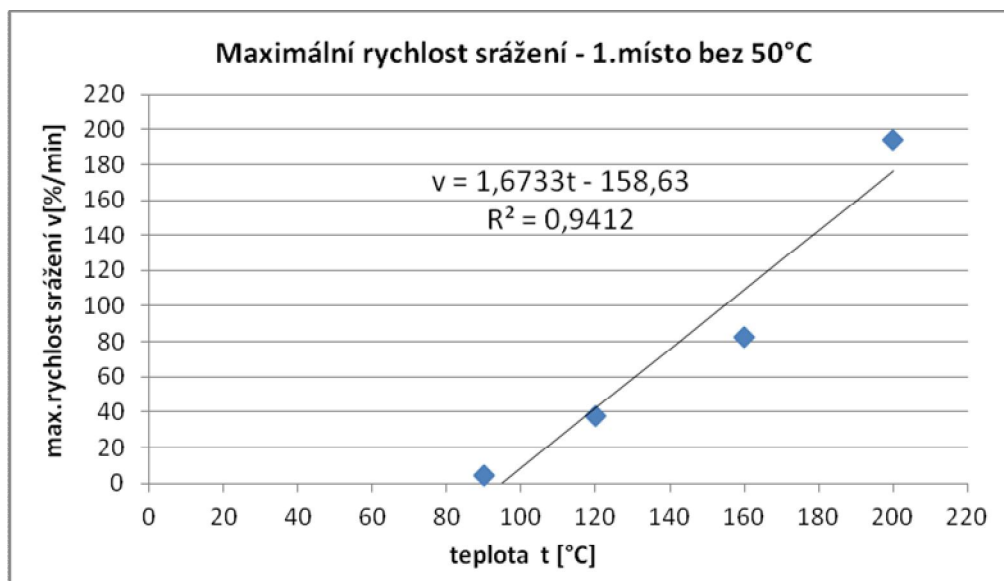
Obr. 18: Efektivní srážecí síla – všechna místa při daných teplotách

Derivací průměrné kinetické křivky srážení byla zjištěna rychlost srážení (pouze v oblasti efektivního měření). Maximální rychlosti srážení u všech míst jsou vypsány v tabulce 7. U grafů s maximální rychlostí srážení byla zjištěna směrnice regresní přímky, která ukazuje citlivost maximální rychlosti srážení na dané teplotě, viz obr. 19 až 24. Na obrázku 24 jsou znázorněna všechna měřená místa se směrnici regresivních přímek.

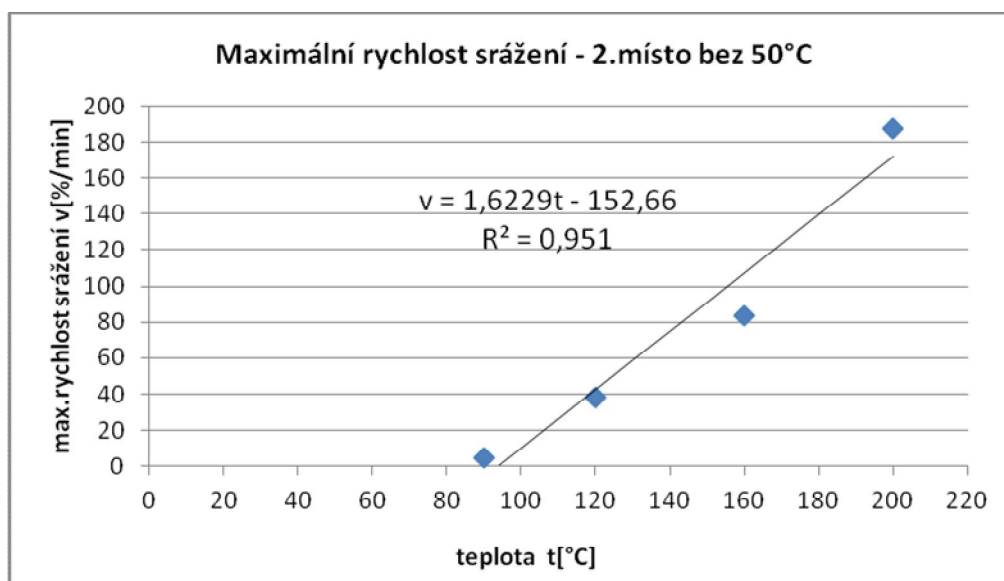
Při vyhodnocování dat bylo zjištěno, že po zahrnutí všech teplot data leží spíše na parabole. Směrnice v místě měření při 50°C nevykazovala žádný růst (nebyl patrný vliv teploty), proto bylo rozhodnuto o vynechání této teploty ve zmiňovaných grafech maximální rychlosti. Pro lepší přehlednost je uvedena tabulka 8 a obr. 25 s hodnotami k , tj. směrnice přímky a její hodnota vyjadřuje citlivost materiálu na působení teploty. V tabulce a na obrázku jsou uvedeny hodnoty směrnic zahrnující a nezahrnující teplotu 50°C. Podle obrázku 25 je patrné, že data mají stejný trend a po vynechání teploty 50°C došlo pouze k jejich posunu po ose y.

Tab. 7: Maximální rychlost srážení (v)

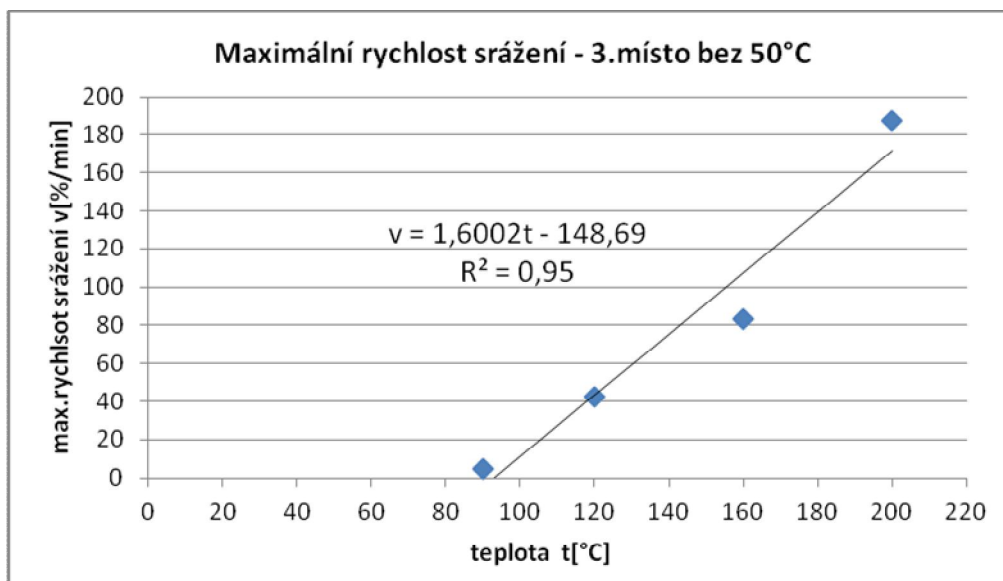
Teplota [°C]	90	120	160	200
1. místo	4,77	37,76	82,71	194,03
2. místo	4,79	38,00	83,88	187,76
3. místo	5,04	42,05	83,20	187,06
4. místo	4,66	39,55	83,83	202,97
5. místo	4,73	39,25	87,88	190,93



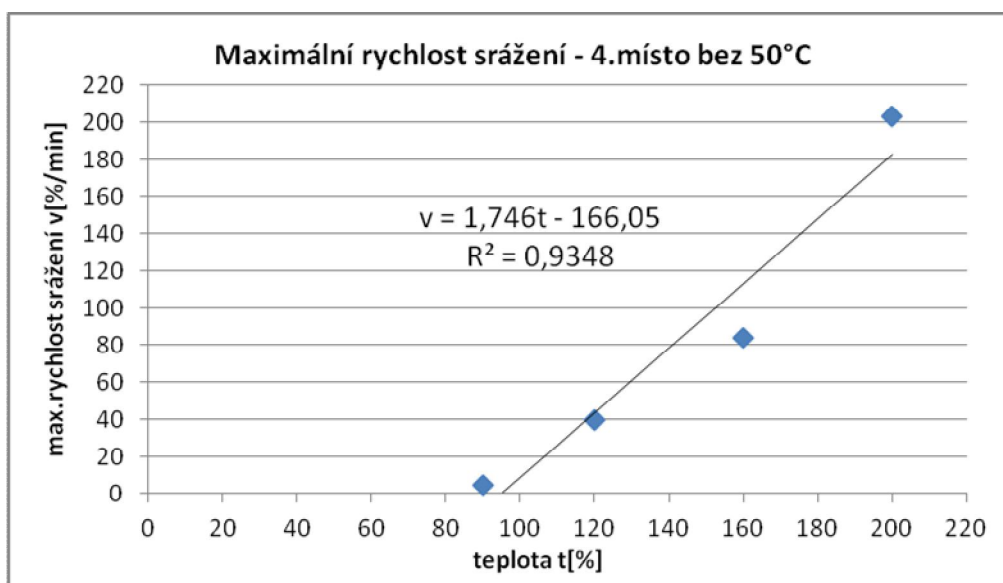
Obr. 19: Závislost maximální rychlosti srážení na teplotě a směrnice regresivní přímky – 1. místo



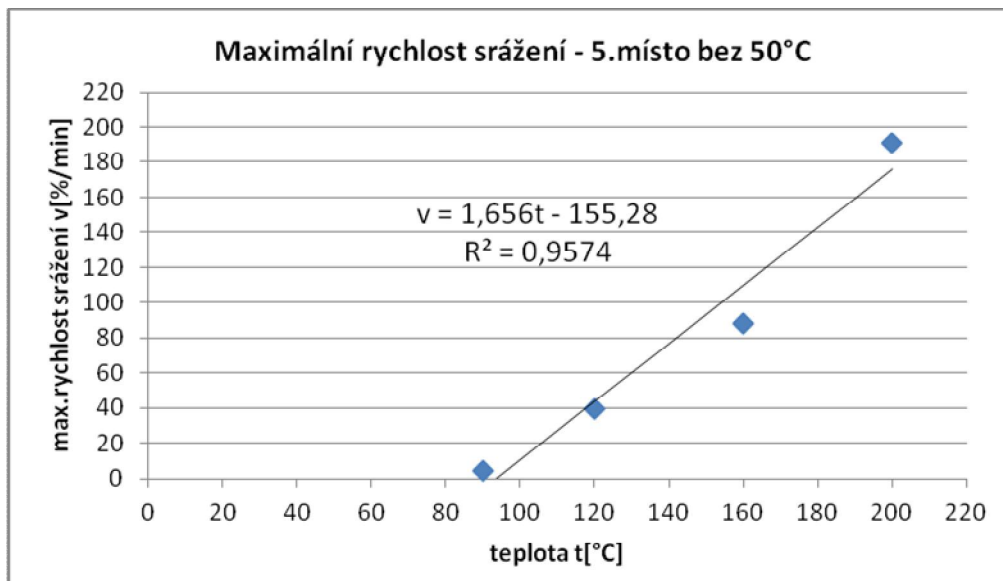
Obr. 20: Závislost maximální rychlosti srážení na teplotě a směrnice regresivní přímky – 2. Místo



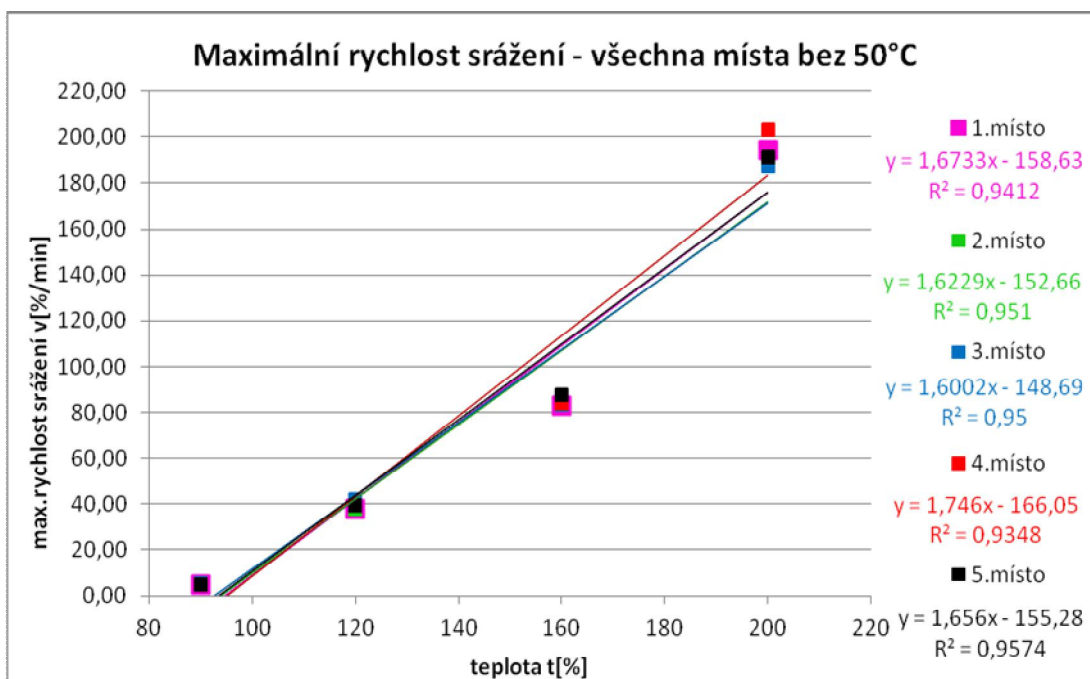
Obr. 21: Závislost maximální rychlosti srážení na teplotě a směrnice regresivní přímky – 3. Místo



Obr. 22: Závislost maximální rychlosti srážení na teplotě a směrnice regresivní přímky – 4. Místo



Obr. 23: Závislost maximální rychlosti srážení na teplotě a směrnice regresivní přímky – 5. Místo

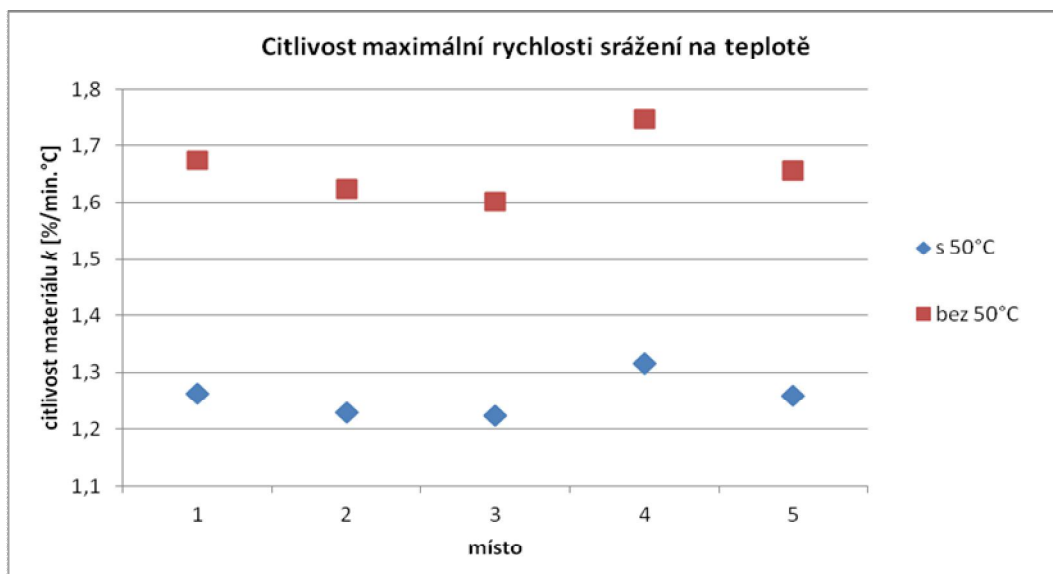


Obr. 24: Maximální rychlost srážení a směrnice regresivní přímky

Tab. 8: Citlivost maximální srážecí rychlosti v závislosti na teplotě

k [%/min.°C]	1. místo	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
hodnoty s teplotou 50°C	1,29	1,23	1,22	1,31	1,27
hodnoty bez teploty 50°C	1,67	1,62	1,60	1,74	1,65

k= citlivost maximální rychlosti srážení na dané teplotě



Obr. 25: Citlivost maximální rychlosti srážení bez teploty 50°C a s ohledem na teplotu 50°C

3.4. Analýza rozptylu

U tepelné sráživosti a tepelné srážecí síly byla také provedena analýza rozptylu. Hladina významnosti byla stanovena na hodnotu 0,05. V tabulce 9 je zapsán význam celkového vlivu faktoru a v tabulkách 10 až 14 je uvedeno párové porovnání. Byly porovnávány hodnoty z oblasti efektivního srážení a efektivní srážecí síly u teplot 120°C, 160°C a 200°C. Nižší teploty srovnávány nebyly, protože hodnoty naměřené u těchto teplot ležely velmi blízko sebe. Jejich odchýlení bylo minimální a tím pádem se dalo předpokládat, že se u nich nebude vyskytovat žádný statisticky významný rozdíl.

Tab. 9: Významnost celkového vlivu faktoru

teplota °C	120	160	200
Efektivní sráživost	V	V	V
Efektivní srážecí síla	V	V	n

V = statisticky významný rozdíl

n = statisticky nevýznamný rozdíl

Tab. 10: Efektivní sráživost - párové porovnání při teplotě 120°C

120°C	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
1. místo	n	V	n	V
2. místo		V	n	n
3. místo			V	n
4. místo				n

Tab. 11: Efektivní sráživost - párové porovnání při teplotě 160°C

160°C	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
1. místo	n	V	n	V
2. místo		V	n	n
3. místo			V	n
4. místo				n

Tab. 12: Efektivní sráživost - párové porovnání při teplotě 200°C

200°C	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
1. místo	n	n	n	n
2. místo		n	n	V
3. místo			n	V
4. místo				n

Tab. 13: Efektivní srážecí síla – párové porovnání při teplotě 120°C

120°C	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
1. místo	n	n	V	n
2. místo		n	V	n
3. místo			V	n
4. místo				V

Tab. 14: Efektivní srážecí síla – párové porovnání při teplotě 160°C

160°C	2. místo	3. místo	4. místo	5. místo
1. místo	n	n	n	n
2. místo		n	n	V
3. místo			n	V
4. místo				n

Z tabulky 9 je zřejmé, že po testu významnosti celkového vlivu faktoru vyšlo, že faktor tj. místo, má významný vliv na sráživost při všech teplotách, tzn., že multifil z různých míst cívky se sráží různě. U srážecí síly je nevýznamný rozdíl pouze u nejvyšší teploty, tj. 200°C.

U párového porovnání efektivní sráživosti vyšlo, že 1. místo a 2. místo mezi sebou nemají žádné statisticky významné rozdíly při všech teplotách. S rostoucí teplotou klesal počet statistických rozdílů u měřených míst.

Obecně lze konstatovat, že u srážecí síly vyšel významně menší počet statistických rozdílů mezi jednotlivými místy. Odchýlení hodnot bylo zjištěno jen u 4. a 5. místa. Místo 4 při měření teploty 120°C vykazovalo statisticky významné rozdíly ke všem místům.

3.5. Diskuze výsledků

Z výsledných hodnot efektivní sráživosti (viz obr. 17) je patrné, že sráživost roste v závislosti na teplotě. Čím je vyšší teplota, tím je vyšší sráživost, a to u všech míst.

Na obr. 18, tj. na grafu efektivní srážecí síly, lze také pozorovat rostoucí trend, avšak při nejvyšší měřené teplotě (200°C) dochází k poklesu v místě 1, 2 a 3. Nejvyšší naměřená hodnota efektivní srážecí síly (střední hodnota 7,66 cN) byla naměřena u místa 3. Nejvyšší maximální rychlost srážení byla vypočtena u místa 4. Naopak nejmenší hodnotu vykazovalo místo 3.

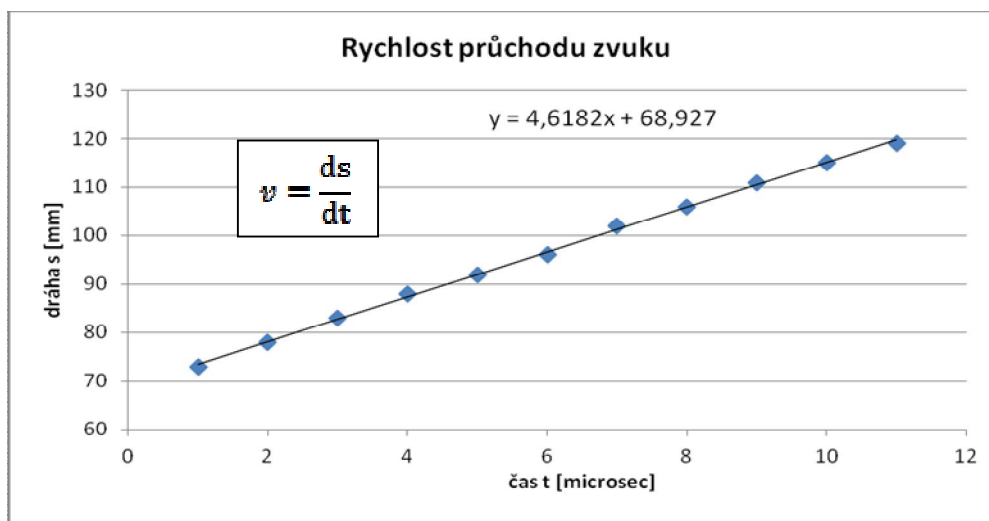
Při provedení párového porovnání u efektivní sráživosti bylo zjištěno, že 3. místo vyšlo jako místo s největším počtem statistických rozdílů v porovnání k ostatním místům. Při teplotě 120°C a 160°C vykazuje významný rozdíl ke všem místům kromě 5. místa. Párové porovnání u efektivní srážecí síly vykazovalo významné statistické rozdíly u 4. místa při 120°C. Při 160°C byl zjištěn rozdíl pouze v 5. místě k místům 2 a 3.

Materiál se vlivem teploty sráží. Z toho důvodu lze soudit, že materiál byl nedostatečně a nerovnoměrně fixován. Při správné a přesné fixaci by nedocházelo ke srážení multifilu a směrnice citlivosti srážení by byla nižší.

4. RYCHLOST PRŮCHODU ZVUKU A AKUSTICKÝ MODUL

Toto měření bylo provedeno na stroji DMT. Princip spočívá v měření času, který je potřeba k průchodu signálu od vysílače k přijímači na určité délce vzorku. Multifil byl naveden do čidel, na jedné straně upevněn a na druhé zatížen předpětím. Bylo použito předpětí 10 g pro všechna měřená místa. Každé místo bylo proměřeno desetkrát. U každého vzorku byl měřen čas potřebný k projití signálu na dané vzdálenosti. Začínalo se na vzdálenosti 10 cm a končilo na 20 cm. Krok posunutí byl vždy jeden centimetr.

Pro získání statistických charakteristik výběru dat byla použita analýza malých výběrů (Hornův postup). Závislost dráhy na čase byla vynesena do grafů a proložena lineární funkcí, viz obr. 26. U každého místa bylo zjištěno 10 směrnic, které byly zprůměrovány. Tato průměrná směrnice přímky odpovídá rychlosti průchodu zvuku materiálem c . Byla provedena analýza rozptylu, která ukázala, že rychlost průchodu zvuku u měřených míst nevykazuje žádný statisticky významný rozdíl.



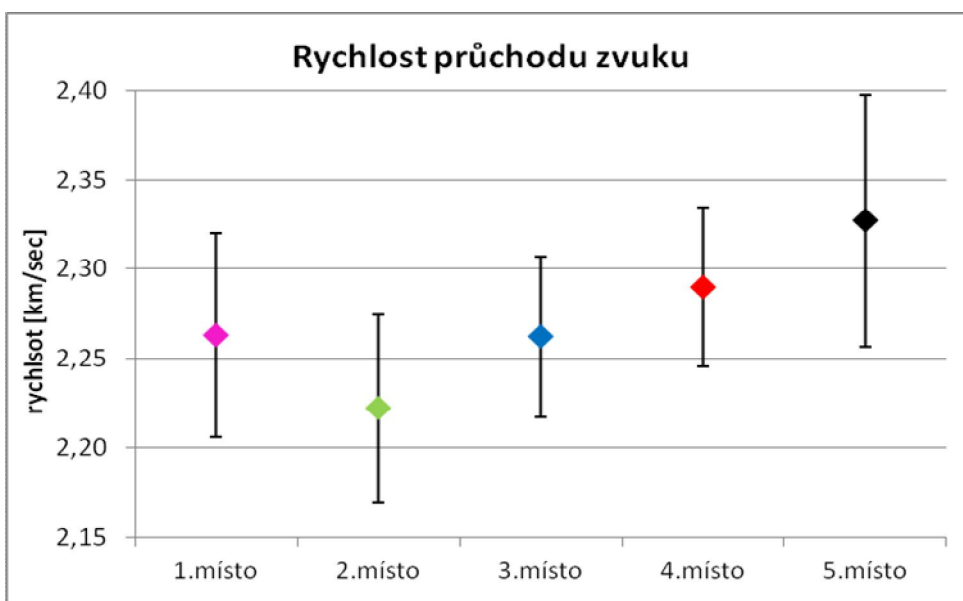
Obr. 26: Směrnice rychlosti průchodu zvuku - ukázka

Akustický modul E byl vypočítán podle vztahu (3). V tabulce 15 jsou uvedeny vypočtené průměrné rychlosti zvuku a akustického modulu spolu s 95 % intervaly spolehlivosti.

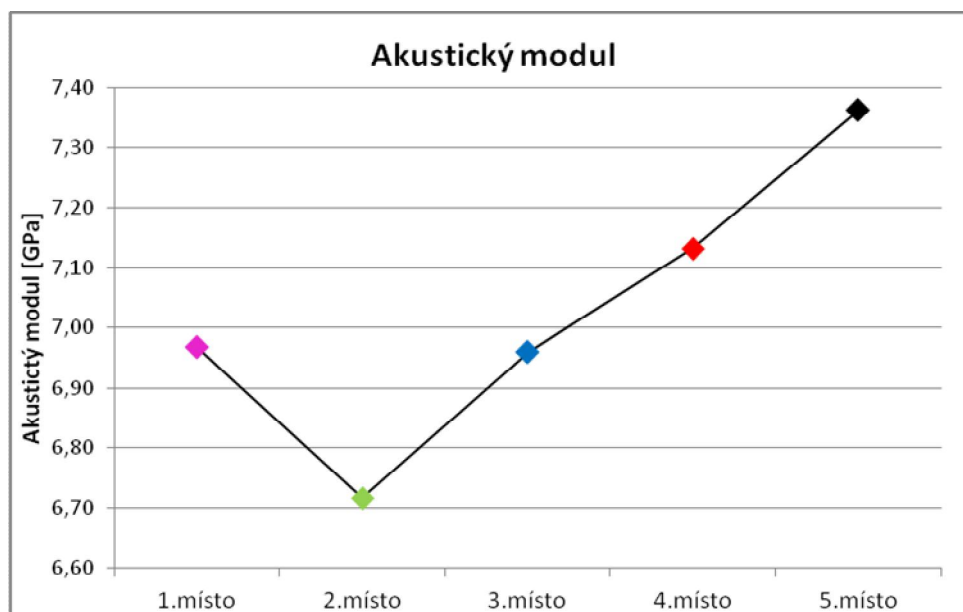
Na obr. 27 jsou zobrazeny průměrné hodnoty rychlosti zvuku spolu s chybovými úsečkami. Hodnoty akustického modulu jsou znázorněny na obrázku 28.

Tab. 15: Rychlost průchodu zvuku a akustický modul

vzorek	Rychlost zvuku [km/s]			Akustický modul [GPa]		
	průměr	spodní mez	horní mez	průměr	spodní mez	horní mez
1. místo	2,26	2,21	2,32	6,98	6,63	7,33
2. místo	2,22	2,17	2,28	6,73	6,40	7,05
3. místo	2,26	2,22	2,31	6,97	6,69	7,24
4. místo	2,29	2,46	2,33	7,14	6,87	7,41
5. místo	2,33	2,26	2,40	7,38	6,92	7,84



Obr. 27: Rychlost průchodu zvuku s chybovými úsečkami



Obr. 28: Akustický modul

4.1. Diskuze výsledků

Při vyhodnocování experimentu byly vyhledány a převzaty hodnoty měření rychlosti zvuku a akustického modulu u polyesterového monofilu, viz seznam literatury [17]. Pro přehlednost jsou převzaté hodnoty uvedeny v tabulce 16. V uvedené práci byl zkoumán vliv deformace monofilu na akustický modul. Byla sledována rychlost průchodu zvuku a akustický modul monofilu, monofilu vytaženého z nefixované tkaniny a monofilu vytaženého z fixované tkaniny. Hodnoty měření měly stejné předpětí. Poslední zmíněný monofil byl díky fixaci tkaniny zobloučkovaný. Z tabulky 16 je patrné, že vlivem zvlnění monofilu klesá rychlost zvuku a tím i akustický modul. Zvuk se zřejmě šíří po monofilu a tím, že je monofil zvlněný musí zvuk projít delším úsekem. V této diplomové práci byl zkoumán provířený multifil, tzn., že jednotlivé fibrily byly také zvlněné. Proto se hodnoty stanového akustického modulu blíží hodnotám akustického modulu monofilu vytaženého z tkaniny.

Čím větší je orientace vláken, tím vyšší je rychlost průchodu zvuku. Z grafů je zřejmé, že kromě prvního místa, rychlosti průchodu zvuku multifilem rostou u jednotlivých míst směrem k dutince. Důvodem může být, že jednotlivá místa jsou napjatá a tlačí na návin nejbližší k dutince, to je na místo 5. Multifil je v tomto místě stlačený, tím pádem je jeho provířenost částečně potlačena a zvuk tudy může procházet rychleji.

Tab. 16: Převzaté hodnoty PES monofilu

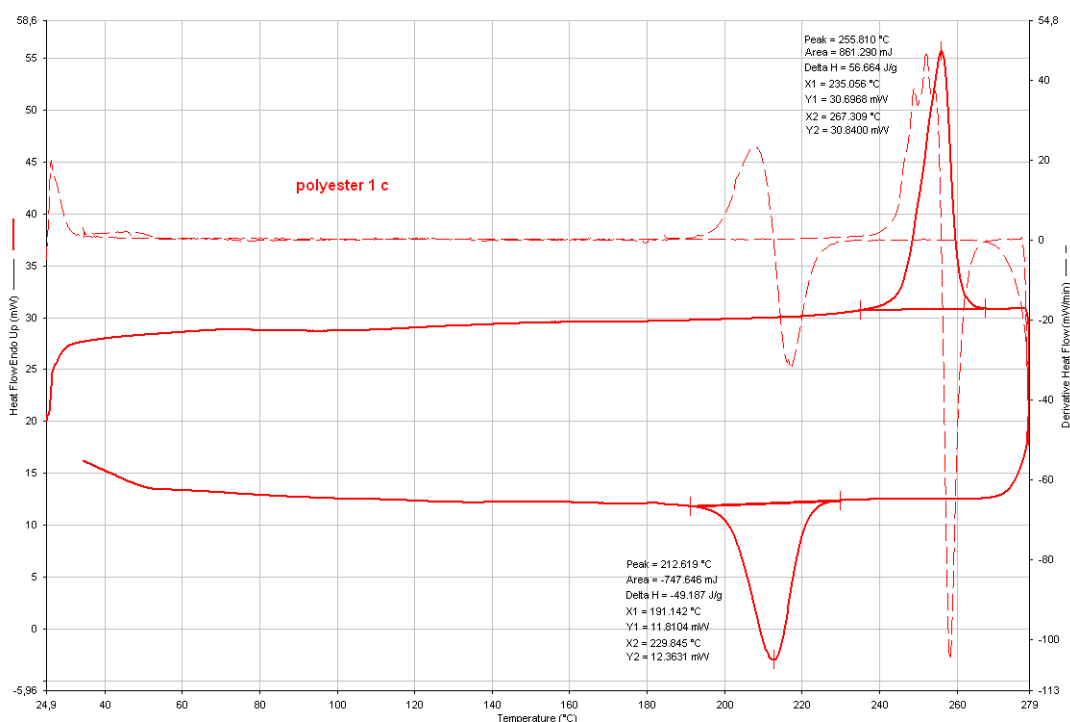
Monofil původní		Monofil vytažený z osnovy nefixované tkaniny		Monofil vytažený z osnovy fixované tkaniny	
rychlost zvuku [km/sec]	akustický modul [GPa]	rychlost zvuku [km/sec]	akustický modul [GPa]	rychlost zvuku [km/sec]	akustický modul [GPa]
3,8	19,9	3,5	16,2	2,3	7,8

5. ZMĚNY ENTALPIE V MULTIFILU

Měření bylo provedeno pomocí metody DSC na přístroji DSC 6 od firmy Perkin Elmer. Hmotnost jednoho naváženého měřeného vzorku byla 15 mg. Odvážená část materiálu byla vložena do hliníkové kapsle a slisována. Takto připravené vzorky byly vkládány do vzorkové komory k referenčnímu vzorku. Rychlost růstu teploty byla 15°C/min. U každého místa byla provedena tři měření. Při výskytu nestandardního průběhu měření (rozklepaná křivka apod.) bylo toto měření vyloučeno.

Měření bylo provedeno pro zjištění tepelné stability multifilu a pro stanovení počtu krystalitů v multifilu v různých místech návinnu.

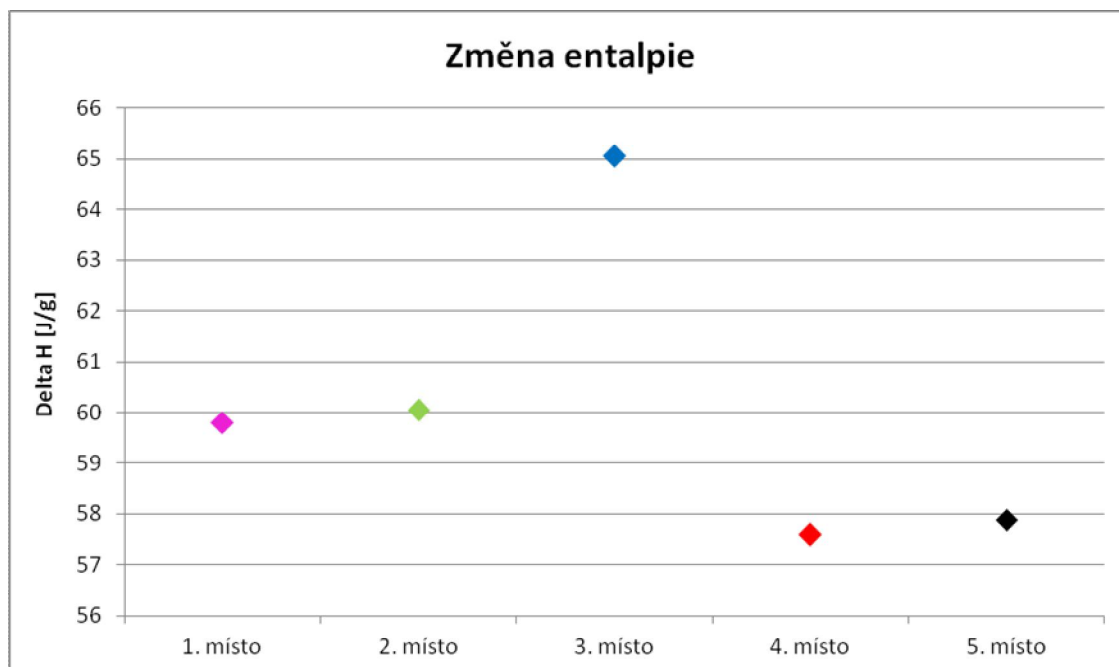
U naměřených křivek byla provedena derivace, pomocí které je možné detekovat změny na křivce. Dále byly stanoveny tzv. peak hodnoty, což jsou nejvyšší naměřené hodnoty v oblasti ohřevu i chlazení. Nejdůležitější zjištěnou hodnotou byla hodnota ΔH [J/g]. Na obrázku 29 je znázorněn průběh křivky u 1. místa. Křivky z ostatních míst jsou uvedeny v příloze 2. Naměřené hodnoty byly vyneseny do tabulky 17 a zobrazeny na obr. 30. Hodnoty označené v tabulce žlutě jsou hodnoty z nestandardního měření a v průměru nejsou zahrnuty.



Obr. 29: Graf DSC analýzy v místě 1

Tab. 17: Naměřené hodnoty entalpie

		Ohřev			Chlazení	
		Tm1 [°C]	Tm [°C]	Delta H [J/g]	Tc [°C]	Delta H [J/g]
1. místo	vzorek a	249,14	256,26	65,5	211,16	-58,60
	vzorek b	249,26	256,32	58,25	209,87	-50,23
	vzorek c	253,97	255,81	55,66	212,62	-49,19
	průměr			59,8		-52,67
2. místo	vzorek a	195,50	256,30	58,99	208,37	-52,18
	vzorek b	190,25	256,52	61,13	208,63	-54,41
	vzorek c	239,98	256,04	55,92	212,16	-58,84
	průměr			60,06		-55,14
3. místo	vzorek a	192,25	255,28	64,45	209,63	-55,31
	vzorek b		256,03	65,67	210,40	-58,38
	vzorek c	203,00	255,80	57,17	210,12	-51,86
	průměr			65,06		-55,10
4. místo	vzorek a	190,01	254,57	54,51	209,88	-52,08
	vzorek b	252,74	255,55	60,70	209,38	-55,70
	vzorek c	253,83	256,25	69,12	206,61	-53,96
	průměr			57,60		-53,91
5. místo	vzorek a		257,77	54,63	209,08	-48,38
	vzorek b	249,98	256,30	59,82	209,89	-52,55
	vzorek c		255,27	59,20	210,89	-55,65
	průměr			57,89		-52,19



Obr. 30: Změna entalpie – v závislosti na místě odběru vzorku

5.1. Diskuze výsledků

Z výsledných hodnot a grafů je patrné, že místo 3 vykazuje výrazně vyšší hodnoty než ostatní místa. V případě, že multifil byl fixován na cívce, dalo by se usuzovat, že na cívce byla provedena fixace nesprávně, tzn., že nedošlo k rovnoměrnému „prohřátí“ fixovaného materiálu. Materiál při stabilizaci mohl být prudce ohřátý, a jelikož je 3. místo z obou stran izolováno, je pravděpodobné, že docházelo k velice pomalému chladnutí, na rozdíl od krajních míst. Mohlo zde tedy dojít k vytvoření vyššího počtu krystalů.

Dalším možným důvodem této odchylky mohl být způsob skladování, kdy cívka mohla být vystavena tepelnému či světelnému záření.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjistit vliv uložení materiálu na cívce na vlastnosti PES hedvábí a zhodnotit jejich rozdíly.

Praktická část ukázala, že naměřená experimentální jemnost je ve skutečnosti vyšší než jemnost jmenovitá, a to o 4 dtex, tzn., že jsou mezi nimi statisticky významné rozdíly. U jemnosti bylo sledováno její kolísání, které by mohlo zapříčinit pruhování osnovní pleteniny. Nebylo však prokázáno.

U pevnosti i tažnosti byl vyzorován klesající trend, a to od místa 1 k místu 5, tzn., místa ležící blíže k dutince vykazala nižší hodnoty než místa na povrchu cívky.

U pevnosti byly naměřeny statisticky vyšší hodnoty pouze u místa 1. U zbylých míst se intervaly spolehlivost překrývaly a nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. Rostl však variační koeficient pevnosti směrem k dutince cívky. To by mohlo být způsobeno napětím na povrchu cívky, kde je materiál vystaven většímu napětí než místo nacházející se u dutinky. Napětí mohlo způsobit, že se 1. místo při měření chovalo jako by bylo předpjaté, a tím pádem u něj byla naměřena nižší hodnota pevnosti. Nejvyšší hodnota byla zjištěna u místa 5, kde je napětí velmi malé.

Podobně tomu bylo u měření tažnost. Přesto, že byl u měření zjištěn klesající trend, naměřené hodnoty u všech míst ležely v těsné blízkosti a nevykazovaly žádný statisticky významný rozdíl. Odchýlení jednotlivých hodnot mohlo být způsobeno náhodnými vlivy, např. nepřesností měření. U modulu na 0,5% poměrného prodloužení byl zjištěn rostoucí trend až k pátému místu.

Z těchto důvodů se dá usuzovat, že rozdíl může spočívat v různé napjatosti náviny na cívce, tzn., že materiál byl navíjen za konstantního napětí bez ohledu na rostoucí průměr cívky (náviny).

Vyhodnocování tepelné sráživosti délkové textilie bylo zaměřeno na zjištění efektivní sráživosti a efektivní srážecí síly. Z grafu je patrné, že sráživost roste s rostoucí teplotou. Hodnoty efektivní sráživosti u všech míst leží velmi blízko sebe. U žádné ze zkoušených teplot nedošlo k výraznému odchýlení hodnot. Až při párovém porovnávání bylo zjištěno, že místo 3 vyšlo jako místo s největším počtem statistických rozdílů v porovnání k ostatním místům. Při vyhodnocování efektivní srážecí síly je také patrný rostoucí trend, avšak jen do teploty 160°C. U měření při teplotě 200°C došlo k výraznému poklesu v místě 1, 2 a 3. Nejvyšší maximální rychlost srážení byla vypočtena u místa 4. Naopak nejmenší hodnotu vykazalo místo 3.

Bylo prokázáno, že se testovaný materiál vlivem teploty sráží. Důvodem by mohla být nedostatečná a nerovnoměrná fixace materiálu.

Nežádoucí sráživost multifilu by se ve výsledné osnovní pletenině mohla projevit hlavně při dalších tepelných úpravách. Vysrážení multifilu by mohlo ovlivnit vzhled a především tvar celé pleteniny.

Při porovnání převzatých a naměřených hodnot rychlosti průchodu zvuku a akustického modulu, bylo zjištěno, že hodnoty experimentální se blíží svou velikostí hodnotám monofilu vytaženého z fixované tkaniny. Jelikož je testovaný multifil provířený, podobá se svým tvarem monofilu z fixované tkaniny, proto jsou jejich naměřené hodnoty velmi totožné.

Nejvyšší naměřené hodnoty rychlosti zvuku a akustického modulu byly u 5. místa. Rychlost průchodu zvuku je vyšší u více orientovaných vláken. Z toho důvodu by se dalo usuzovat, že místo 5, tj. místo nejbližší k dutince, bylo stlačeno a „přeorientováno“ ostatními vrstvami návínů a jeho provířenost byla tlakem vrstev částečně potlačena. Proto v tomto místě mohl zvuk procházet rychleji než v místech ostatních.

Při měření změn entalpie byly výrazně vyšší hodnoty naměřeny u 3. místa. Důvodem takového odchýlení od ostatních hodnot by pravděpodobně mohlo opět být nerovnoměrné prohřátí fixovaného materiálu.

Pokud by byla prováděna fixace materiálu na cívce, je možné, že při fixaci došlo k prudkému ohřátí materiálu a jelikož je 3. místo z obou stran izolováno dalšími vrstvami materiálu, teplo se z něj uvolňovalo velmi pomalu a došlo zde k dodatečnému vytvoření dalších krystalů. Hypoteticky by se dalo usuzovat, že vyšší počet krystalů odlišuje vlastnosti multifilu ve 3. místě od míst ostatních. To může mít za následek, že místo 3 se při namáhání či zahřívání chová jinak. Například při barvení by kvůli odlišnému počtu krystalů mohlo dojít k jinému vybarvení a tím pádem ovlivnění výsledného vzhledu osnovní pleteniny z multifilu vyrobené.

Podle výsledků získaných při testování multifilu lze konstatovat, že pruživost pletenin by mohla být zapříčiněna nestejnými vlastnostmi materiálu, které jsou způsobeny nestabilitou multifilu v různých vrstvách návínů cívky. Tato nestabilita mohla být způsobena různou napjatostí návínů na cívce a nedostatečnými tepelnými procesy při výrobě multifilu.

Téma diplomové práce je obsáhlé. Bylo by vhodné s testováním pokračovat a zjistit informace o provedených tepelných úpravách na multifilu. Zaměřit se a sledovat podmínky fixace a zajistit rovnoměrné namáhání při navíjení na cívky.

SEZNAM LITERATURY

- [1] KOVÁŘ, R.: Pletení. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1997. 62 s. ISBN 80-7083-244-4
- [2] SOVADNÍK, F.: Technologie osnovního pletení. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982. 338 s.
- [3] LENFELDOVÁ, I.: Ústrojí přivádějící osnovu. [online]. [cit. 11.1.2012]
Dostupné z WWW:
http://www.ktt.tul.cz/index.php?page=predmety&action=detail&id_predmet=18
- [4] LENFELDOVÁ, I.: Ústrojí odvádění pleteniny. [online]. [cit. 11.1.2012]
Dostupné z WWW:
http://www.ktt.tul.cz/index.php?page=predmety&action=detail&id_predmet=18
- [5] LENFELDOVÁ, I.: Technologie výroby osnovního pletení.[online]. c2007
[cit. 11.1.2012] Dostupné z WWW:
http://www.ktt.tul.cz/index.php?page=predmety&action=detail&id_predmet=18
- [6] PLUHÁČKOVÁ, J.: Hmotová nestejnóměrnost dvojmo skaných přízí. [online].
[cit. 10.1.2012] Dostupné z WWW: http://knihovna-opac.tul.cz/zaznam.php?detail_num=344312&vers=3&lang=cze&user_hash=2001229870a6e952d1e5bbf6387f02c42d05384a7cc167&ascdesc=0&sortby=
- [7] Uloz.to. Hmotná nestejnóměrnost. [online]. c [cit.6.1.2012] Dostupné z WWW:
<http://www.uloz.to/xDYe3MY/2-hmotna-nestejnomernost-pdf?captcha=no#cpt>
- [8] KOVAČIČ, V.: Textilní zkušebnictví II. [online]. [cit. 3.2.2012] Dostupné z
WWW: <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/ZKT2dil.pdf>
- [9] KOVAČIČ, V.: Textilní zkušebnictví I. [online]. [cit. 3.2.2012] Dostupné z
WWW: <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/ZKT1dil.pdf>
- [10] MILITKÝ, J., KŘEMENÁKOVÁ, D.: Techniky řízení jakosti s aplikací
v textilu. [online]. [cit. 19.2.2012] Dostupné z WWW:
<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060106/japis.pdf>
- [11] ŠAŠEK, P.: Analýza příčin pruhovitosti. [online]. c2006 [cit. 24.1.2012]
Dostupné z WWW: http://knihovna-opac.tul.cz/zaznam.php?detail_num=365460&vers=3&lang=cze&user_hash=20120326c9a3a34c3d25feb8507fc299d1c44aa206bfcc04&ascdesc=0&sortby=

- [12] Interní materiál. Technická univerzita v Liberci. Katedra textilních technologií. 10.12.2010.
- [13] Katedra textilních materiálů. Zkoušení textilií – přednáška 5. [online]. [cit. 14.2.2012] Dostupné z WWW: http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20080401/ZKB_prednaska_5.pdf
- [14] Lenzing-instruments. Thermal shrinkage tester. [online]. [cit. 20.2.2012] Dostupné z WWW: <http://www.lenzing-instruments.com/products/tst-2>
- [15] Lawson-Hemphill. Dynamic modulus tester. [online]. c2007 [cit.20.2.2012] Dostupné z WWW: <http://lawsonhemphill.com/dynamic-modulus-testers.html>
- [16] Ústav technologie ropy a alternativních paliv. Diferenciální skenovací kalorimetrie. [online]. [cit.1.3.2012] Dostupné z WWW: <http://cesmina.vscht.cz/trp/>
- [17] Kolektiv, KŘEMENÁKOVÁ, D.: Textilie v novém tisíciletí VIII. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. 141 s. ISBN 978-80-7372-590-7

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Paralelní tvarovací princip	20
Obr. 2: Jádrový tvarovací princip.....	21
Obr. 3: The Thermal Shrinkage Tester.....	24
Obr. 4: The Dynamic Modulus Tester.....	26
Obr. 5: Znázornění přístroje DSC	27
Obr. 6: Typická DSC křivka	28
Obr. 7: Cívka s polyesterem	29
Obr. 8: Čelo cívky	29
Obr. 9: Schematické znázornění cívky.....	30
Obr. 10: Naměřená jemnost multifilů.....	31
Obr. 11: Průměrné tahové křivky bez předpětí a intervaly spolehlivosti	32
Obr. 12: Pevnost multifilů s chybovými úsečkami	33
Obr. 13: Tažnost multifilů s chybovými úsečkami	33
Obr. 14: Modul na 0,5% poměrného prodloužení.....	34
Obr. 15: Obecné znázornění křivky	37
Obr. 16: Průměrné kinetické křivky sráživosti při 120°C – všechna místa.....	38
Obr. 17: Efektivní sráživost – všechna místa	39
Obr. 18: Efektivní srážecí síla – všechna místa při daných teplotách.....	40
Obr. 19: Závislost maximální rychlosti srážení na teplotě	41
Obr. 20: Závislost maximální rychlosti srážení na teplotě	41
Obr. 21: Závislost maximální rychlosti srážení na teplotě	42
Obr. 22: Závislost maximální rychlosti srážení na teplotě	42
Obr. 23: Závislost maximální rychlosti srážení na teplotě	43
Obr. 24: Maximální rychlost srážení a směrnice regresivní přímky	43
Obr. 25: Citlivost maximální rychlosti srážení bez teploty 50°C	44
Obr. 26: Směrnice rychlosti průchodu zvuku - ukázka	47
Obr. 27: Rychlost průchodu zvuku s chybovými úsečkami	48
Obr. 28: Akustický modul	48
Obr. 29: Graf DSC analýzy v místě 1	50
Obr. 30: Změna entalpie – v závislosti na místě odběru vzorku.....	51

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Experimentální jemnost multifilů.....	30
Tab. 2: Hodnoty pevnosti	32
Tab. 3: Hodnoty tažnosti	32
Tab. 4: Modul na 0,5 % poměrného prodloužení	34
Tab. 5: Efektivní sráživost [%]	38
Tab. 6: Efektivní srážecí síla [cN].....	39
Tab. 7: Maximální rychlost srážení (v)	40
Tab. 8: Citlivost maximální srážecí rychlosti v závislosti na teplotě.....	44
Tab. 9: Významnost celkového vlivu faktoru.....	45
Tab. 10: Efektivní sráživost - párové porovnání při teplotě 120°C	45
Tab. 11: Efektivní sráživost - párové porovnání při teplotě 160°C	45
Tab. 12: Efektivní sráživost - párové porovnání při teplotě 200°C	45
Tab. 13: Efektivní srážecí síla – párové porovnání při teplotě 120°C	45
Tab. 14: Efektivní srážecí síla – párové porovnání při teplotě 160°C	45
Tab. 15: Rychlost průchodu zvuku a akustický modul	48
Tab. 16: Převzaté hodnoty PES monofilu	49
Tab. 17: Naměřené hodnoty entalpie	51

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA 1 – TEPELNÁ SRÁŽIVOST A TEPELNÁ SRÁŽECÍ SÍLA

Tab. 1: Tepelná sráživost multifilu – 1. místo

místo 1	Tepelná sráživost [%]								
	efektivní			zbytková			maximální		
teplota [°C]	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez
50	0,045	0,015	0,048	0,030	0,030	0,030	0,050	0,050	0,050
90	0,655	0,618	0,692	0,610	0,570	0,650	0,655	0,618	0,692
120	1,655	1,637	1,673	1,630	1,603	1,657	1,665	1,647	1,683
160	3,370	3,357	3,383	3,340	3,332	3,348	3,380	3,372	3,388
200	6,780	6,733	6,827	6,780	6,733	6,827	6,795	6,744	6,846

Tab. 2: Tepelná sráživost multifilu – 2. místo

místo 2	Tepelná sráživost [%]								
	efektivní			zbytková			maximální		
teplota [°C]	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez
50	0,060	0,052	0,068	0,045	0,041	0,049	0,075	0,071	0,079
90	0,605	0,578	0,632	0,580	0,555	0,605	0,620	0,597	0,643
120	1,690	1,656	1,724	1,660	1,620	1,700	1,700	1,660	1,740
160	3,415	3,391	3,439	3,395	3,365	3,425	3,425	3,395	3,455
200	6,710	6,695	6,725	6,735	6,709	6,761	6,750	6,721	6,779

Tab. 3: Tepelná sráživost multifilu – 3. místo

místo 3	Tepelná sráživost [%]								
	efektivní			zbytková			maximální		
teplota [°C]	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez
50	0,060	0,052	0,068	0,045	0,041	0,049	0,060	0,052	0,068
90	0,660	0,620	0,700	0,625	0,588	0,662	0,670	0,630	0,710
120	1,785	1,728	1,842	1,755	1,704	1,806	1,795	1,744	1,846
160	3,380	3,346	3,414	3,360	3,333	3,387	3,395	3,365	3,425
200	6,695	6,644	6,746	6,730	6,663	6,797	6,740	6,673	6,807

Tab. 4: Tepelná sráživost multifilu – 4. místo

místo 4	Tepelná sráživost [%]								
	efektivní			zbytková			maximální		
teplota [°C]	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez
50	0,060	0,052	0,068	0,035	0,031	0,039	0,060	0,052	0,068
90	0,655	0,618	0,692	0,615	0,578	0,652	0,665	0,628	0,702
120	1,675	1,654	1,696	1,640	1,615	1,665	1,685	1,656	1,714
160	3,425	3,374	3,476	3,405	3,354	3,456	3,445	3,394	3,496
200	6,790	6,723	6,857	6,795	6,724	6,866	6,810	6,736	6,884

Tab. 5: Tepelná sráživost multifilu – 5. místo

místo 5	Tepelná sráživost [%]								
	efektivní			zbytková			maximální		
teplota [°C]	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez
50	0,045	0,042	0,048	0,035	0,032	0,038	0,060	0,053	0,067
90	0,640	0,586	0,694	0,600	0,546	0,654	0,650	0,596	0,704
120	1,730	1,694	1,766	1,725	1,668	1,782	1,770	1,716	1,824
160	3,465	3,421	3,509	3,440	3,400	3,480	3,480	3,440	3,520
200	6,815	6,758	6,872	6,820	6,759	6,881	6,840	6,786	6,894

Tab. 6: Tepelná srážecí síla multifilu – 1. místo

místo 1	Tepelná srážecí síla [cN]								
	efektivní			zbytková			maximální		
teplota [°C]	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez
50	0,245	0,194	0,296	0,045	0,015	0,075	0,355	0,318	0,392
90	1,780	1,651	1,909	1,405	1,333	1,477	1,840	1,711	1,969
120	4,320	4,176	4,464	3,555	3,430	3,680	4,365	4,209	4,521
160	6,260	5,316	7,204	5,010	4,194	5,826	6,305	5,365	7,245
200	4,695	2,110	7,280	3,840	1,764	5,916	5,255	2,583	7,927

Tab. 7: Tepelná srážecí síla multifilu – 2. místo

místo 2	Tepelná srážecí síla [cN]								
	efektivní			zbytková			maximální		
teplota [°C]	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez
50	0,335	0,305	0,365	0,160	0,120	0,200	0,400	0,366	0,434
90	1,425	1,327	1,523	1,080	0,986	1,174	1,490	1,382	1,598
120	4,360	4,200	4,520	3,590	3,464	3,716	4,415	4,251	4,579
160	7,590	7,422	7,759	6,120	5,952	6,289	7,620	7,465	7,775
200	6,060	4,388	7,732	4,975	3,705	6,245	6,540	4,747	8,333

Tab. 8: Tepelná srážecí síla multifilu – 3. místo

místo 3	Tepelná srážecí síla [cN]								
	efektivní			zbytková			maximální		
teplota [°C]	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez
50	0,300	0,246	0,354	0,100	0,046	0,154	0,345	0,294	0,396
90	1,605	1,332	1,878	1,230	1,021	1,439	1,705	1,459	1,951
120	3,890	3,385	4,396	3,140	2,688	3,592	3,945	3,429	4,461
160	7,665	7,502	7,828	6,135	6,010	6,260	7,725	7,554	7,896
200	6,280	4,986	7,574	5,165	4,151	6,179	6,780	5,358	8,202

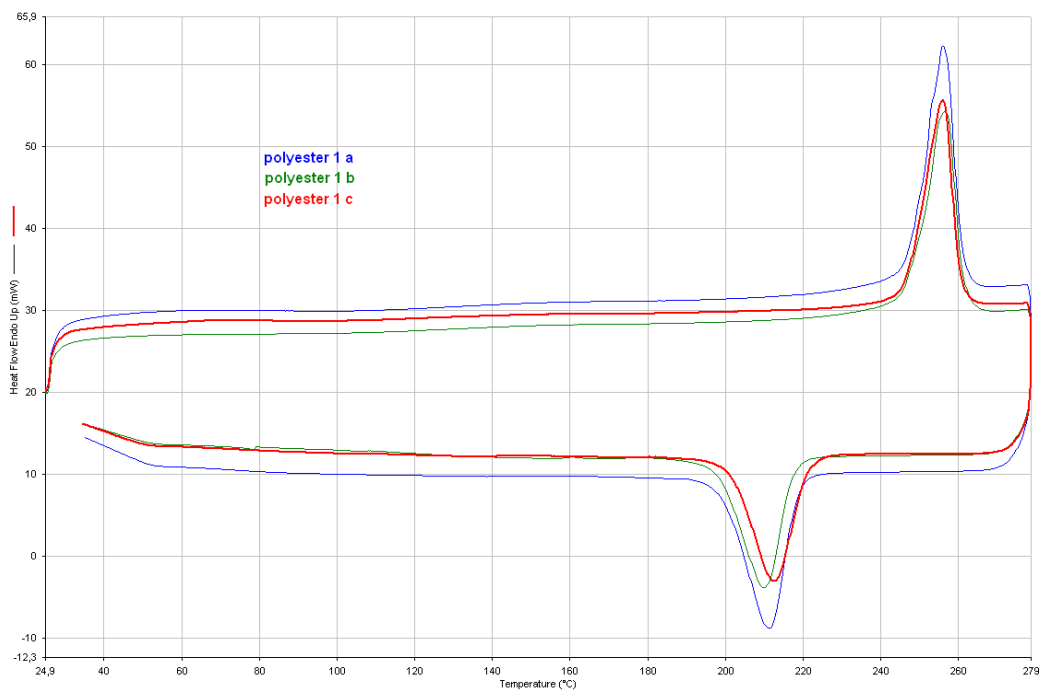
Tab. 9: Tepelná srážecí síla multifilu – 4. místo

místo 4	Tepelná srážecí síla [cN]								
	efektivní			zbytková			maximální		
teplota [°C]	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez
50	0,300	0,276	0,324	0,080	0,057	0,103	0,375	0,328	0,422
90	1,730	1,571	1,889	1,265	1,113	1,417	1,765	1,613	1,917
120	3,805	3,599	4,011	3,045	2,846	3,244	3,850	3,655	4,045
160	5,310	3,625	6,995	4,295	2,883	5,707	5,585	4,072	7,098
200	7,615	6,904	8,326	6,295	5,752	6,838	8,300	7,540	9,060

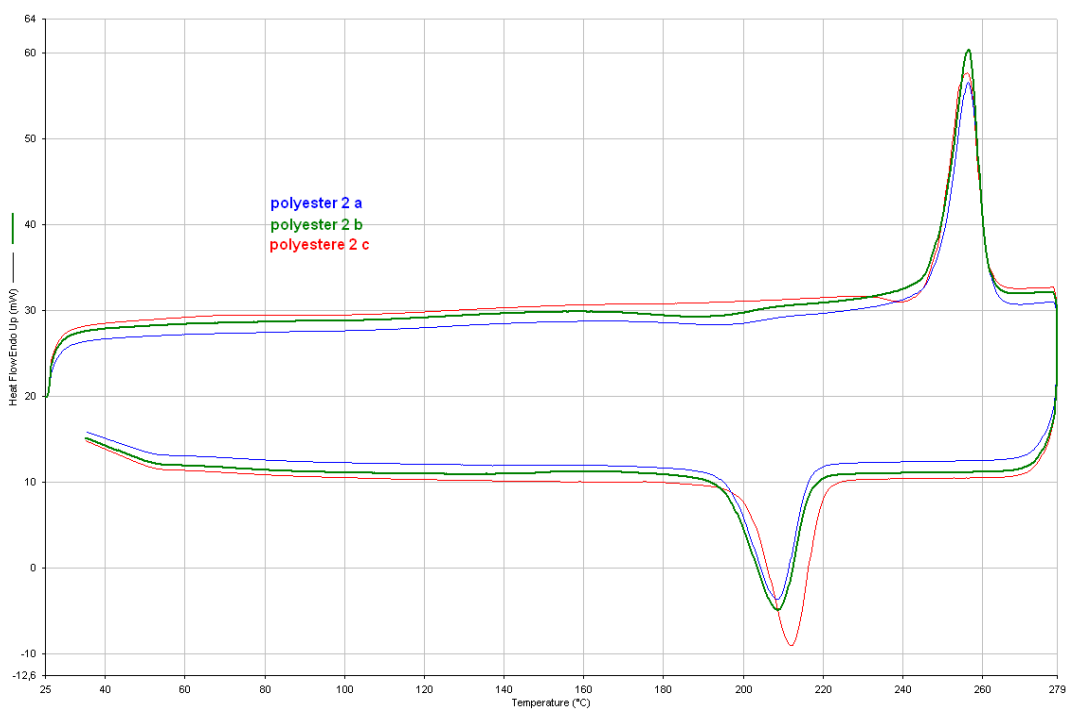
Tab. 10: Tepelná srážecí síla multifilu – 5. místo

místo 5	Tepelná srážecí síla [cN]								
	efektivní			zbytková			maximální		
teplota [°C]	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez	Střední hodnota	Spodní mez	Horní mez
50	0,250	0,162	0,338	0,085	0,045	0,125	0,360	0,307	0,413
90	1,075	0,660	1,490	0,780	0,456	1,104	1,145	0,764	1,526
120	4,270	4,039	4,501	3,480	3,314	3,646	3,670	3,009	4,331
160	4,655	2,663	6,647	3,685	1,990	5,380	4,725	2,720	6,730
200	6,255	4,573	7,937	5,135	3,790	6,480	6,850	5,017	8,683

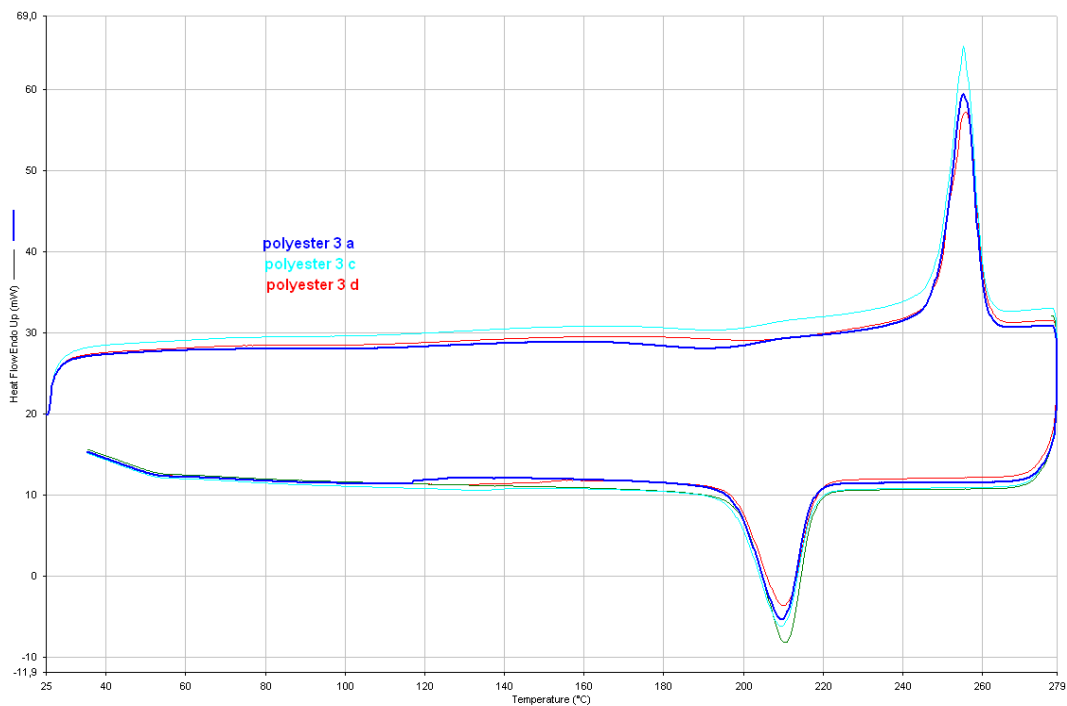
Příloha 2 – Diferenční skenovací kalorimetrie



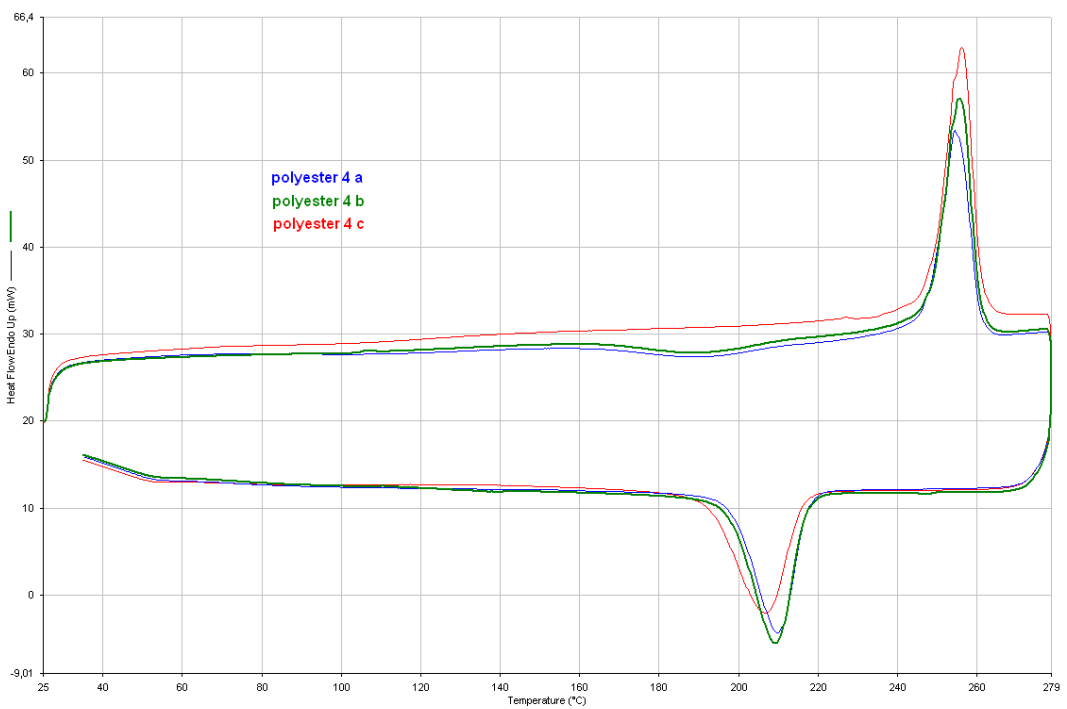
Obr. 1: DSC křivka místo 1 – tři měření



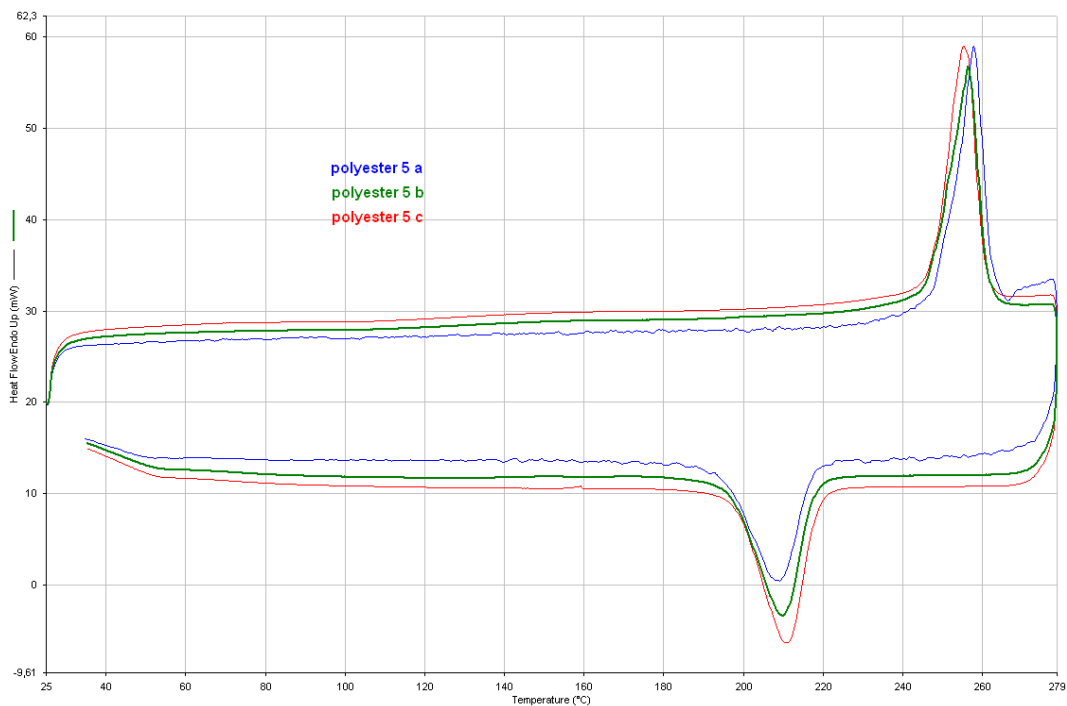
Obr. 2: DSC křivka místo 2 – tři měření



Obr. 3: DSC křivka místo 3 – tři měření



Obr. 4: DSC křivka místo 4 – tři měření



Obr. 5: DSC křivka místo 5 – tři měření