

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní

DIPLOMOVÁ PRÁCE

*Studium pojivých míst v objemové termicky pojené textilii namáhané ve
stlačení*

*Study of bonded spots in the volumed thermal-bonded textile stressed in
compression*

2002

Kadlecová Martina

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Katedra netkaných textilií

Školní rok 2001 - 2002

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro Martinu K A D L E C O V O U
obor: 3126 - 53 Textilní technologie zaměření: netkané textilie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Studium pojivých míst v objemově termicky pojené textilií namáhané ve stlačení.**

Zásady pro vypracování :

1. Prostudujte teoretické poznatky v oblasti horkovzdušně pojené netkané textilie.
2. Připravte sérii vzorků kolmo kladené termicky pojené netkané textilie s různou plošnou hmotností a různou koncentrací pojivých vláken.
3. Navrhněte způsob vyhodnocení koncentrace pojivých míst při různém stlačení ve směru kolmém na rovinu textilie.
4. Proměřte charakteristiky vzorků
5. Diskutujte závěry

Rozsah práce: 20 - 40

Seznam odborné literatury:

1. Krčma, R., Jirsák, O., Hanuš J., Saunders, T.: What is new in Highloft Productin. Nonwoven Industry 28, 1997, 10
2. Bareš, R. A.: Kompozitní Materiály, SNTL, 1988
3. Laboratory Imagine (ČR): Luicia M, Uživatelská Příručka, 1993

Vedoucí diplomové práce: Ing. Věra Soukupová
Konzultant: Doc. RNDr. Oldřich Jirsák, CSc.

Zadání diplomové práce: 30.7.2001

Termín odevzdání diplomové práce: 31. 5. 2002



Vedoucí katedry:

Děkan

Doc. RNDr. Oldřich Jirsák, CSc.

Prof. Ing. Radko Kovář, CSc.

V Liberci dne 15. 8. 2001

Anotace

Studium pojivých míst v objemově termicky pojené textilii namáhané ve stlačení

Diplomová práce se zabývá ověřováním teoretických poznatků souvisejících s chováním vnitřní struktury kolmo kladené netkané textilie STRUTO v závislosti na materiálové proměnné. Práce shrnuje dosavadní teoretické poznatky v oblasti teplovzdušně pojených kolmo kladených netkaných textilií a poskytuje základní informace o pojivých vláknech.

Co se týče zkoumání vnitřní struktury KKNT, jde především o stanovení počtu pojivých míst pomocí stereologických metod a poměrů propojené části : celkové testovací ploše v 2d objektu a jak se tyto hodnoty mění při stlačování.

Jednotlivé vzorky jsou zpracovány pomocí obrazové analýzy LUCIA. Závěrem jsou diskutovány zjištěné výsledky.

Annotation

Study of bonded spots in the volumed thermal-bonded textile stressed in compression

This diploma paper deals with verification of theoretical presumption in relation to the behaviour of the inner structure of the perpendicularly laid nonwoven STRUTO depending on the material parameter. The diploma paper summarises existing theoretical knowledge in the field of hot-air bonded perpendicularly laid nonwovens and provides basic information about the bonded fibres.

Concerning research of the inner structure of the perpendicularly laid nonwoven, first of all it involves the number of the bonded spots determination by means of the stereological methods and the relation of the bonded spots areas : all testing area in 2d object and also it determines the way how the values change during compression.

Individual samples are processed by means of the picture analyses LUCIA . In the conclusion determined results are discussed.

Prohlášení :

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.“

Datum : 27.5.2002

Martina Kader

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěla poděkovat především své vedoucí diplomové práce, paní Ing. Věře Soukupové, za odborné vedení, podporu, cenné připomínky, čas a trpělivost. Dále pak děkuji všem pracovníkům a odborným pedagogům Katedry netkaných textilií za pomoc a čas, který mi věnovaly, svému příteli a své rodině, za jejich podporu, lásku a péči.

Obsah

1. ÚVOD	12
2. TEORETICKÁ ČÁST	14
2.1. ZÁKLADNÍ DEFINICE A POJMY	14
2.1.1. Netkaná textilie	14
2.1.2. Objemné materiály	14
2.2. POJENÉ NETKANÉ TEXTILIE	15
2.2.1. Základy teorie adheze	15
2.2.2. Základní fáze procesu pojení	16
2.2.3. Vlivy ovlivňující proces pojení	17
2.3. VLÁKENNÉ SUROVINY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU NETKANÝCH TEXTILIÍ	18
2.3.1. Základní vlákna pro výrobu termicky spojených netkaných textilií	19
2.3.1.1. Syntetická vlákna a jejich chování v kolmo kladených netkaných textiliích	20
2.3.2. Pojivá vlákna pro výrobu termicky spojených netkaných textilií	22
2.3.2.1. Monokomponentní vlákna	23
2.3.2.2. Bikomponentní vlákna	23
2.3.2.2.1. Typické tvary příčných řezů bikomponentních vláken	24
2.4. KOLMO KLADENÁ NETKANÁ TEXTILIE – STRUTO	25
2.4.1. Struktura kolmo kladené netkané textilie	26
2.4.2. Oblasti použití kolmo kladených netkaných textilií	27
2.4.3. Vibrační kolmý kladeč	28
2.4.4. Rotační kolmý kladeč	29
2.4.5. Teplovzdušné (termické) zpevňování vlákenné vrstvy	30
2.4.6. Lamelová struktura kolmo kladené netkané textilie	31
2.5. TEORIE STLAČENÍ	33
2.5.1. Vliv jemnosti vláken na odpor proti deformaci textilie STRUTO	34
2.6. TYPY DEFORMAČNÍHO CHOVÁNÍ	35
2.7. DEFINICE VZTAHU MEZI STLAČOVÁNÍM A ZAPLNĚNÍM TEXTILNÍCH VLÁKENNÝCH SVAZKŮ	37
2.7.1. Součinitel zaplnění	37
2.7.2. Jednodimenzionální deformace vlákenného svazku	38
2.8. ŘEZY A VÝBRUSY	40
2.9. URČOVÁNÍ POČTU IZOLOVANÝCH ČÁSTÍ OBJEKTŮ V 2d	41
3. EXPERIMENT	42
3.1. PLÁN EXPERIMENTU	42
3.2. POUŽITÝ VLÁKENNÝ MATERIÁL	43
3.2.1. Parametry vlákenného materiálu pro výrobu kolmo kladené netkané textilie	43
3.2.2. Parametry kolmo kladené netkané textilie, jejich výroba a označení	43
3.3. PARAMETRY VÝROBY	44

3.4. PARAMETRY VZORKŮ	45
3.4.1. Stanovení plošné hmotnosti KKNT	45
3.4.2. Stanovení tloušťky KKNT	45
3.4.3. Stanovení objemové hmotnosti KKNT	46
3.5. TEORETICKÝ PŘEDPOKLAD ZÁVISLOSTI POČTU POJIVÝCH MÍST NA STLAČOVÁNÍ	47
3.6. OBRAZOVÁ ANALÝZA LUCIA	48
3.6.1. Sledování vnitřní struktury příčných řezů KKNT pomocí obrazové analýzy LUCIA	48
3.6.1.1. Stanovení koncentrace pojivých míst v 2d objektu pomocí sondy s vylučovací linií a pozorování změn počtu vazných míst při stlačování	49
3.6.1.2. Stanovení poměru propojené části : celkové ploše testovacího systému v 2d pohledu a jak se tento poměr mění při stlačování	51
4. DISKUSE VÝSLEDKŮ	54
5. ZÁVĚR	58
6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	59

Seznam použitých zkratk a symbolů

NT	netkaná textilie
KNT	katedra netkaných textilií
KKNT	kolmo kladená netkaná textilie
PAD	polyamid
PES	polyester
PP	polypropylen
f_1	optimální (svislá struktura) KKNT
f_2	nízká (šípová struktura) KKNT
f_3	vysoká (šikmá struktura) KKNT
β	úhel skladu lamely
f	frekvence kolmého kladeče
E_{pr}	pružná deformace
E_v	viskoelastická deformace
E_p	plastická deformace
μ	zaplnění po deformaci
μ_0	zaplnění vzorku před deformací
$[N_A]$	odhad počtu vazných míst v oblasti A
$S(A)$	plocha testovací sondy
$\bar{Q}$	střední počet izolovaných částí objektu připadajících na sondu testovacího systému
t	tloušťka vzorku
m_s	plošná hmotnost vzorku
m_v	objemová hmotnost vzorku
$\bar{x}$	průměrná hodnota
s	směrodatná odchylka
s^2	rozptyl
v	variační koeficient
T_t	teplota tání
N	počet pojivých míst na jednotku plochy
stl.	Stlačení

P_p	procento propojené části 2d objektu
P_i	plocha průmětu pojivého místa
A	plocha testovací sondy

1. Úvod

Z historického hlediska můžeme datovat výrobu netkaných textilií již od druhé poloviny devatenáctého století.

Již v prehistorii lidstva byly zpracovávány pěstitelné zvířecí srsti postupy plstění[1], tj. současným působením vody, tepla a mechanických vlivů (případně chemikálií). Takto vyrobené textilní útvary byly používány jako příkrývky, součásti textilních oděvů a materiály pro stavbu obydlí. Tyto postupy jsou ještě v současné době využívány některými stepními národy, ale i v průmyslu při výrobě plstí.

Nejstarší a nejrozšířenější je bezesporu technologie vpichování, kterou byla v počátcích výroby zpracovávána především odpadní lýková vlákna. Teprve později přišly na řadu i jiné druhy vláken.

V průběhu 30. – 50. let 20. století vzrostla se zvyšujícími se nároky průmyslu a celkové životní úrovně spotřeba plošných textilních útvarů. Hledaly se technologie, které by levnějšími a rychlejšími postupy zefektivnily, zastoupily nebo zcela nahradily poměrně komplikovanou výrobu nití a následně plošných útvarů. Technologie netkaných textilií se tak mohla neustále rozvíjet.

Vzhledem k tomu, že systém zpracování druhotných materiálů je v těchto dnech již na opravdu vysoké úrovni dnešní rostoucí důležitost výroby netkaných textilií s narůstajícími problémy v oblasti zdrojů, energie a surovin. Nezanedbatelnou úlohu hraje totiž také vliv jiných, zejména rozvojových zemí (např. Indie, Tai-wan, Thajsko, Čína), na celkovou tržní ekonomiku v oblasti textilií. Zatímco tyto ekonomicky výhodné výrobky a materiály dovážené z výše uvedených východních zemí neposkytují většinou ani základní požadovanou kvalitu, netkané textilie přinášejí při své finanční nenáročnosti díky novým a neustále se vyvíjejícím technologiím (namátkou jmenujme např. spun-bond, melt-bow) svým výrobkům neustále nové vlastnosti a výhody. Kromě již zmiňované energetické a surovinové nenáročnosti bych chtěla vyzdvihnout zejména vlastnosti hygienické, filtrační, izolační a odolnost proti stlačování. Novinkou na současném trhu již nejsou ani agrotexilie, které našly značné uplatnění v zemědělství a díky jednoduchosti aplikace a výborným výsledkům, kterých se jejich používáním v zemědělství všeobecně stejně jako v pěstitelství a zahrádkářství dosahuje, se těší nesmírné oblibě běžných

spotřebitelů jak v malo tak i ve velkovýrobě . Z dalších typů netkaných textilií namátkou jmenujme geotextilie, používané zejména při stavbě silnic, zakládání staveb nebo budování drenáží, filtry všech možných druhů i velikostí, tepelně izolační vložkové materiály, které se používají jak do oblečení tak např. také do spacích pytlů, široké spektrum zdravotnických výrobků a textilií, do kterého patří materiály pro osobní hygienu dětí i dospělých, chirurgické obleky a ostatní obleky pro jednorázové použití, různé druhy obalových materiálů a čistících textilií, atd. V neposlední řadě také nacházejí netkané textilie obrovské uplatnění v automobilovém průmyslu.

V letech 1988 – 1992 byla na katedře netkaných textilií VŠST v Liberci vyvinuta technologie výroby vláknenných vrstev kolmým kladením pavučiny STRUTO, což je předmětem zkoumání diplomové práce. Cílem vývoje této technologie byla snaha připravit objemné vláknenné vrstvy s lamelovou strukturou a s vyšší odolností ve stlačení.

První část diplomové práce se zabývá studiem vnitřní struktury kolmo kladené netkané textilie při stlačování. Konkrétně se jedná o stanovení počtu pojivých míst na jednotku plochy a změny tohoto počtu při stlačování, což je v závěrečné fázi srovnáno s níže uvedeným teoretickým předpokladem, kap.3.5.. V druhé části diplomové práce jde především o stanovení poměru propojené plochy 2d řezu : celkové testovací ploše a o znázornění změny tohoto poměru při stlačování.

2. Teoretická část

2.1. Základní definice a pojmy

K tomu, abychom se mohli věnovat speciálním netkaným kolmo kladeným textiliím, je potřeba objasnit základní pojmy.

2.1.1. Netkaná textilie

Netkaná textilie je vrstva vyrobená z jednosměrně nebo náhodně orientovaných vláken, spojených třením a/nebo kohezí a/nebo adhezí s výjimkou papíru a výrobků vyrobených tkaním, pletením, všíváním, proplétáním nebo plstěním[1].

2.1.2. Objemné materiály

Objemné materiály lze definovat několika způsoby. Jedná se o vlákenné struktury nízké objemové hmotnosti s vysokým poměrem tloušťky k plošné hmotnosti. Objemné textilie obsahují méně než 10 objemových procent pevné složky a jejich tloušťka přesahuje 3 mm a je možné vyrábět ze staplových nebo nekonečných vláken, pojivých nebo nepojivých [9].

Hlavními oblastmi použití jsou následující : čalouněný nábytek, výplně matrací, polštáře, spací pytle, oděvní tepelně izolační vložky, filtry, výztužné materiály, technické izolace (a to jak hlukové tak i tepelné), hračky, dekorace, leštící textilie atd.[10].

Objemnost, pevnost a pružnost těchto materiálů má vliv na spotřebu a využití vlákenných surovin, propustnost plynů a par, stlačitelnost a tepelně-izolační vlastnosti[12].

2.2. Pojené netkané textilie

Pojené netkané textilie jsou textilie vzniklé z vlákenné suroviny (adherenda) a pojiva (adheziva). Vlastnosti pojených textilií jsou ovlivňovány především [9]:

- vlastnostmi vláken,
- vlastnostmi pojiv,
- distribucí a strukturou míst pojení.

2.2.1. Základy teorie adheze

Základní pojmy

Adheze je soubor povrchových sil, kterými se navzájem poutají částice různých látek.

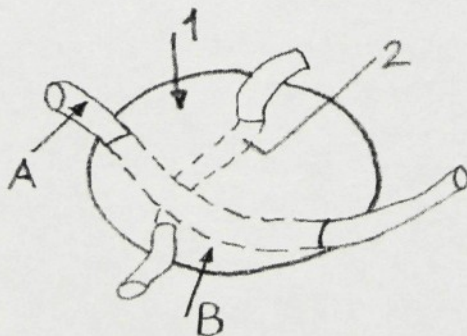
Koheze je soubor sil, kterými se navzájem poutají částice téže látky.

Autoheze se vztahuje k povrchovým silám téže látky.

Adherendum je těleso, které je drženo u druhého tělesa adhezí.

Adhezivum je materiál schopný držet při sobě povrchy tuhých látek adhezními a kohezními silami.

Výše uvedené pojmy jsou využity pro popis soudržnosti tunelového spoje netkané textilie[3].



Obr.1.: Tunelový spoj netkané textilie. Vlákná (A) i pojivo (B) jsou pevná tělesa díky kohezním silám (1), které vážou jejich částice. Vazba mezi adherendem (v tomto případě vláknem) a adhezivem (pojivem) se uskutečňuje v místě styku jejich povrchů prostřednictvím adhezních sil (2).

2.2.2. Základní fáze procesu pojení

Při pojení vlákenných roun adhezivy můžeme v procesu pojení vymezit následující fáze [12].

1. fáze : uvedení základních vláken a pojiva do vzájemného styku. U KKNT je tato fáze realizována prostřednictvím mykacího stroje, který vlákna obou typů rovnoměrně rozptýlí v pavučině
2. fáze : smočení povrchu vláken nebo vlákenných útvarů adhezivem. U KKNT nastává smočení až po zahřátí adheziva(tedy pojivých vláken) v pojící komoře do viskózně tekutého stavu
3. fáze : nutnou fází k vytvoření spoje je ztužení adheziva, ke kterému u KKNT dochází ochlazením termoplastických pojiv ihned po výstupu s pojící komory.
4. fáze : migrace pojiva v průběhu ztužení, u termoplastických vláken k tomu dochází směrem k tepelnému zdroji. Zde se nám při výrobě ukazují první nedostatky, protože kvůli proudícímu vzduch v teplovzdušné pojící komoře se nahřívá ocelový dopravníkový pás a vlákna, která k němu doléhají jsou pak vystavena vyšším teplotám. Důsledkem je větší počet propojených míst na straně výrobku, která přiléhala k dopravníkovému pásu pojící komory a tedy nestejnoměrnost ve struktuře výrobku.
5. fáze : deformace pojeného útvaru v průběhu ztužení.

2.2.3. Souhrn vlivů na proces pojení

Proces pojení ovlivňuje celá řada vlivů, což se projevuje na kvalitě adhezního spoje. Vlivy můžeme podle jejich povahy rozdělit na fyzikální a chemické [3].

Fyzikální vlivy :

1. povrchové napětí mezi základními vlákny a pojivem
2. velikost povrchu adherenda
3. drsnost povrchu adherenda
4. tloušťka vrstvy pojiva
5. tlak a teplota použité v procesu pojení
6. viskozita pojiva, která je funkcí teploty, typu a molekulové hmotnosti polymeru
7. vzájemné uspořádání vláken ve vrstvě (objemnost, míra předzpevnění materiálu, orientace vláken)

Chemické vlivy

1. chemické složení adheziva a adherenda
2. polymerační stupeň a polydisperzita adheziva
3. čistota povrchu adherenda
4. polarita adheziva a adherenda

2.3. Vláknenné suroviny používané pro výrobu netkaných textilií

Základními vlákny podle [9] rozumíme běžně vyráběné vláknenné suroviny pro textilní průmysl, zejména ve formě stříží. Textilní vlákna určená k výrobě netkaných textilií se svým původem a složením neliší od vláken zpracovávaných klasickými technologiemi (tkaní, pletení). Pro výrobu netkaných textilií se mohou vlákna zvlášť upravovat, například intenzivněji tvarovat s cílem dosažení vyšší objemnosti výrobků, speciální úpravou povrchu a podobně. Některé typy vláken vznikají v procesu tvorby vláknenné vrstvy přímo z polymeru. Významnou součástí surovinové základny jsou také sekundární vláknenné suroviny pocházející z technologických odpadů ve všech stupních zpracování vláken v textilním a oděvním průmyslu a ze sběrových textilií.

Vlastnosti výsledného výrobku především závisí na vlastnostech použitých vláken:

- geometrických (průřez, délka vlákna, jemnost, obloučkovitost),
- mechanických (pevnost v tahu, tažnost, elasticita v tahu, tuhost v ohybu, tuhost v krutu)
- sorpčních (hydrofóbnost, hydrofilnost),
- termických (rozdělení vláken na termoplasty a termosety),
- optických a elektrických vlastnostech.

Základní surovinou pro netkané textilie jsou tedy vlákna a to vlákna přírodní, syntetická, chemická i speciální[5]. Posuzujeme je ze dvou závažných pohledů :

- a) podle zpracovatelnosti v jednotlivých výrobních technologiích
- b) podle vlivu vlastností vláken na vlastnosti netkané textilie

Zastoupení jednotlivých vláken se mění s vývojem cen, dostupností zdrojů a vývojem nových technologií. V letech 1990-99 se upouštělo například od zpracování vlny kvůli její vysoké ceně – jako materiálu z přírodních surovin, v posledních dvou letech se situace u vlny naprosto nečekaně

obrátila a pokles její ceny se projevil tak, že je kvůli nízké ceně v současné době přidávána např. do izolačních vrstev spolu se skelnou vatou. Poklesl podíl viskózy a viskóзовých vláken a to zejména z ekologických důvodů. Vyrůstá zejména podíl polypropylenových a polyesterových vláken s rozvojem technologií výroby přímo z polymeru. Objevují se stále pokusy pracovat s dalšími typy vláken nebo jejich směsi a využívat jejich specifické vlastnosti, pro příklad je možné uvést kokosová vlákna nebo vlákna z juty.

2.3.1. Základní vlákna pro výrobu termicky spojených netkaných textilií

Jako základní vlákna je možné použít téměř všechny druhy vláken, které posuzujeme ze dvou důležitých hledisek:

- zpracovatelnost v jednotlivých výrobních technologiích,
- vliv vlastností vláken na vlastnosti netkané textilie.

Základní vlákna se mohou podle [2] vyskytovat zejména ve formě stříží a jako sekundární vláknenné suroviny pocházející z technologických odpadů za předpokladu, že :

- vytváří kvalitní rouno při směšování s pojivými vlákny
- jsou stabilní při teplotě tání daných pojivých vláken
- neznečišťují při tepelném ohřevu ovzduší, což se týká zejména druhotných surovin, kde může být koncentrace preparace až 5%
- jejich srážlivost je minimální

Většina sledovaných vlastností termicky spojené KKNT, jako je například objemnost, stlačitelnost, relaxační chování, splývavost, izolační schopnosti, a už zvukově nebo tepelně izolační, vlastnosti tepelné, elektrické a termické, je závislá právě na použitých základních vláknech a technologii výroby.

2.3.1.1. Syntetická vlákna a jejich chování v kolmo kladených netkaných textiliích

POLYPROPYLENOVÁ VLÁKNA

Vlákna mají poměrně velkou pevnost, odolnost v oděru (blíží se odolnosti polyamidových vláken), nízkou měrnou hmotnost (což má následně vliv na odlehčení výrobku), jsou odolná vůči chemikáliím s výjimkou dlouhodobého působení olejů, mají minimální navlhavost, nižší tepelnou odolnost a nižší schopnost zotavení po deformaci [5]. Vodu sají velmi málo, dá se říci, že jsou téměř hydrofobní. Nejsou nemačková, jsou však dostatečně objemná a nezaručují splývavost. Výchozí výrobní surovinou je ropa, při jejíž rafinaci vznikají plyny propan a propylenové směsi, ze které se pomocí katalyzátorů a rozpouštědel (benzínu) dá zajistit polymerací surovina pro výrobu vláken. Polymerací pak vznikají makromolekuly. Protože mají poměrně nízkou teplotu tání, dají se použít i jako pojivá vlákna. Teplota tání je 170°C, teplota měknutí je 145 - 155°C.

V KKNT se používají jako základní vlákna i jako pojivá. Jejich velkou výhodou je nízká cena vláken.

POLYESTEROVÁ VLÁKNA

Tato vlákna se používají nejčastěji pro výrobu KKNT. Jsou také obzvlášť vhodná pro směšování vláknenných roun. (používá se hlavně směs polyester + vlna, případně PES+bavlna). Polyesterová vlákna se vyrábějí polykondenzací dimetylesteru, kyseliny tereftalové a etylénglykolu. V autoklávu se vyrobí polyesterový polymer, ze kterého se lije PES páska. Ta se pak rozřeže na drť, suší, mísí s několika polykondenzačními látkami a pak vkládá do násypek tavících a zvlákňovacích oddílů. Dávkovací čerpadlo pak nasává taveninu z násypek a protlačuje ji tryskou s otvůrkou. Vlákna se pak ještě dodatečně dále dluží při teplotách asi 70 až 90 °C na strojích na několikanásobek původní délky, čímž několikrát vzroste pevnost a dosáhne se také úměrné tažnosti. Poté se vlákna tepelně

stabilizují. Mají dobré mechanické vlastnosti a jsou tepelně odolná, čehož se využívá u technické výroby – například pro výrobu filtrů, papírenských plstěnců a k výrobě vysoceobjemných materiálů použitelných jak v oblasti oděvnictví v případě tepelných objemných nebo tenčích pružných vložek, tak například i ve stavebnictví. Vlákna nenapadají moli.

Vlákna jsou velmi pružná a málo hygroskopická. Odolávají chemikáliím včetně dlouhodobého účinku s výjimkou silných kyselin a zásad. Nepoškozuje ho ani sluneční světlo. Při zapálení vlákno uhýbá plameni, měkne, taví se a tvoří světle až tmavě hnědou kuličku. Hoří pomalu čadivým plamenem a vydává aromatický zápach. Poměrně náročně se barví a kvůli velkým elastickým silám má sklon ke žmolkování. Teplota tání je 256°C, výrobky jsou tepelně odolné do 180 - 200°C.[5]

POLYAMIDOVÁ VLÁKNA

Polyamidová vlákna jsou poměrně pevná za mokra, mají dobrou stálost na světle jsou pružná. Po spálení se vlákna taví, jsou cítit po éteru a vzniká natavený zbytek v podobě tmavohnědé slzy. Mají malou navlhavost, přijmou maximálně okolo 4% vody. Vláknem také proto téměř nebotná a snadno se suší. Působením vroucí vody se sráží. Vlákna mají také nižší objemnost a jsou dobře barvitelná. Jsou také dobře odolná proti oděru a lze je použít i při pojení teplem. Teplota tání je 220°C, výrobky z PAD jsou tepelně odolné asi do 160°C [5].

2.3.2. Pojivá vlákna pro výrobu termicky spojených netkaných textilií

Nároky na pojiva pro netkanou textilii jsou specifikovány podle technologických podmínek výroby. Potřeba vyhovět praktickým nárokům na výslednou netkanou textilii vede ke studiu faktorů ovlivňující adhezi a kohezi pojiva. Tyto vlastnosti určuje především chemické složení a struktura základního polymeru.

Pojivá vlákna jsou nejpožívanější formou pojiva v technologii termického pojení. Tato vlákna musí splňovat určité specifické vlastnosti:

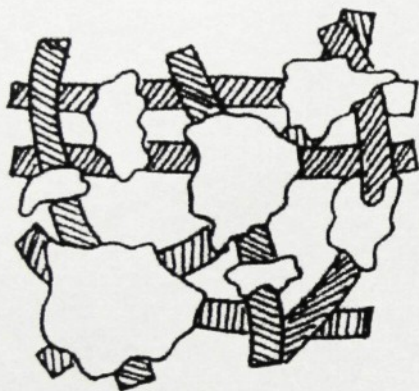
- vhodná teplota tání vzhledem k tepelné odolnosti základních vláken a požadavkům na tepelnou odolnost výrobku
- odolnost vůči tepelné a tepelně oxidační degradaci při tepelném zpracování (termickém pojení)
- nízká srážlivost
- dobrá adheze k základním vláknům
- nízká viskozita taveniny

Jako pojivo lze v podstatě použít libovolná termoplastická vlákna s teplotou tání nižší než je teplota tání základních vláken. Pojivá vlákna dělíme na dvě skupiny, a to na vlákna monokomponentní a bikomponentní.

2.3.2.1. Monokomponentní vlákna

Monokomponentní vlákna se teplem roztaví, přičemž ztrácejí podobu vláken a vzniklá tavenina se soustřeďuje v místech překřížení základních vláken, kde se vytváří tzv. aglomerační struktura (obr.2). Pojivo tvoří shluky mezi vlákny a na vlákních. Monokomponentní vlákna se vyrábějí zvlákněním pouze jednoho polymeru.

Velkou výhodou je jejich nízká cena a široké spektrum výrobků.



Obr. č.2.: Aglomerační struktura

2.3.2.2. Bikomponentní vlákna

Bikomponentní vlákno se skládá z výše a níže tající polymerní složky[12]. Při působení tepla v průběhu pojení se roztaví pouze níže tající složka a vzniká bodové propojení (jde o adhezní spoj, který vzniká v místech křížení vláken). Vlákno si díky výše tající složce zachovává identitu a výrobky mají tak vyšší objemnost. Větší část vláken pak tvoří poměrně pohyblivé úseky mezi spoji, což vede k výrobkům s dobrou ohebností a nízkým počátečním modulem v tahu. Malý rozměr pojících míst ale zvyšuje nároky na vzájemnou adhezi polymerů, což může být v některých případech problém. Při pojení dvousložkovými vlákny se používá nejčastěji vláken typu jádro plášť nebo bok po boku a ve funkci výše tající složky je polyester a níže tající složky je kopolyester nebo polypropylen. Bikomponentní vlákna se aplikují do směsi, ale lze je použít i samotná. Jsou dražší než monokomponentní vlákna a s variabilitou průřezu jejich cena ještě roste, ale jejich použití je zcela účelné a vlastnosti, které jejich aplikací výrobek získá, jsou pro uživatele směrodatné.

V současnosti jsme schopni vyrobit vlákna různých tvarů a průřezů, přesného druhu, typu i požadovaných parametrů.

2.3.2.2.1. Typické tvary příčných řezů bikomponentních vláken

Jádro/plášť (concentric sheath/core)



Je jedním z velmi často používaných typů pojivých vláken. Plášť má nižší teplotu tání a je nejčastěji tvořen ko-PES nebo PP. Jádro tvoří polymer s vyšší teplotou tání, protože pak představuje nosnou složku vlákna. Nejčastěji se jako jádrové části používá PES. Jde o výhodnou konfiguraci i pro případ drahých nebo dokonce velmi drahých surovin a/nebo málo pevných polymerů, kdy se na plášť použije polymer cenově náročný a jako jádrová část pak levný, ale dostatečně pevný polymer.

Bok po boku (side by side)



Další velmi častá konfigurace bikomponentních vláken, kdy každý z polymerů má část povrchu rozpadne na mikroválkna o jemnosti 0,1 – 0,2 den(to je asi 0,1 – 0,2 dtex). Tento typ vláken dává pak výslednému výrobku perfektní omak.

Ostrovky v moři : (Islands in the sea)



Tento typ vláken se v technologii KKNT STRUTO v podstatě nepoužívá. Je určen pro velmi jemné vláknenné struktury, které vzniknou extrakcí matrice (the sea). Běžně se u tohoto typu vláken nachází právě 24 ostrovů. Tohoto typu vláken se v průmyslu NT používá zejména pro výrobu vysoce kvalitních syntetických usní.

2.4. Kolmo kladená netkaná textilie - STRUTO

Cílem vývoje této technologie byla snaha připravit vlákenné vrstvy s vyšší odolností vůči stlačení a minimální trvalou deformací po dynamickém namáhání [1].

Výrobek STRUTO patří mezi nejnověji využívané materiály v oboru netkaných textilií, jejíž technologií se začali zabývat na katedře netkaných textilií Technické univerzity v Liberci již v letech 1988 – 1992. Jde o objemnou textilií, která se způsobem výroby řadí mezi textilie, u nichž se ke zpevnění vlákenné struktury využívá tepla.

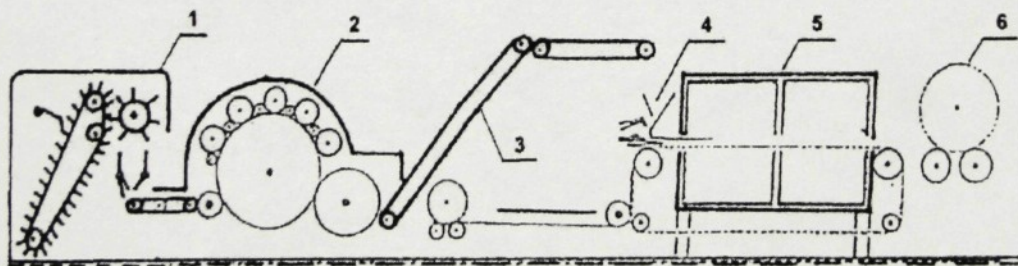
Netkané textilie, které jsou vyráběny touto technologií, se skládají ze směsi základních a pojivých vláken. Jako základní vlákna se mohou zpracovávat všechny druhy vláken o délkách, ze kterých je rounotvořič schopen vytvořit soudržnou pavučinu. Kolmo kladené netkané textilie mohou být vytvořeny na dvou různých typech kladečů, které byly vyvinuty na KNT a budou níže popsány. Jedná se o vibrační kolmý kladeč a rotační kolmý kladeč.

Zvýšení odporu vůči stlačení se u kolmo kladených textilií dosahuje tím, že vlákna jsou ve vrstvě orientována převážně kolmo k rovině textilie. Propojení a zafixování struktury v celém objemu textilie dovoluje dosáhnout vysokých užitných vlastností.

2.4.1. Struktura kolmo kladené netkané textilie, její výroba, vlastnosti a parametry související s orientací vláken do kolmého směru

Obecně lze konstatovat, že vlastnosti pojené textilie jsou do značné míry ovlivněny vlastnostmi základních vláken a použitou technologií výroby. Většina sledovaných vlastností NT, jako je objemnost, stlačitelnost, relaxační chování, splyvavost, izolační schopnosti, absorpční vlastnosti, termické a elektrické, je závislá na použitých vláknech. Pevnost NT ovlivňuje orientace vláken, typ a pevnost jednotlivých vláken a v neposlední řadě stupeň a kvalita vláken. Mezi základními vlákny má výsadní postavení PES. Jedním z důvodů je jeho dobrá tepelná odolnost v průběhu pojení.

Vlastnosti kolmo kladené netkané jsou ovlivněny především výrobou, která bude dále popsána. Zdrojem vláknenné pavučiny k výrobě kolmo kladené netkané textilie je válcový mykací stroj. Kolmý kladeč formuje výslednou strukturu netkané textilie a v teplovzdušné pojící komoře dochází ke zpevnění a zafixování netkané textilie. Příklad uspořádání linky na výrobu KKNT je znázorněn na obr. č.3.



Obr.č.3.:Příklad uspořádání linky na výrobu KKNT

1 – přivádění vláknenného materiálu, 2 – mykací zařízení, 3 – odvádění vláknenné pavučiny, 4 – kolmý kladeč, 5 – teplovzdušná komora, 6 – navijecí zařízení

Mezi charakteristické vlastnosti kolmo kladených netkaných textilií patří především vysoká objemnost výrobku, odpor vůči stlačení, elastické zotavení a z toho vyplývající dobré vlastnosti, které jsou funkcí tloušťky, což je velmi významné zejména pro tepelně izolační a výplňkové účely. Tloušťka KKNT se pohybuje od 18 do 40 mm. Dalšími významnými vlastnostmi KKNT je mechanická soudržnost z hlediska manipulační pevnosti, která je i pro náročná uplatnění dostatečná v příčném směru. Za velkou výhodu z ekonomického hlediska se u KKNT považuje toho, že se při výrobě spotřebuje méně základního materiálu než u klasických textilií pro získání srovnatelných vlastností [15]. Lze také použít recyklovaných vláken a to jak přírodních, tak i syntetických.

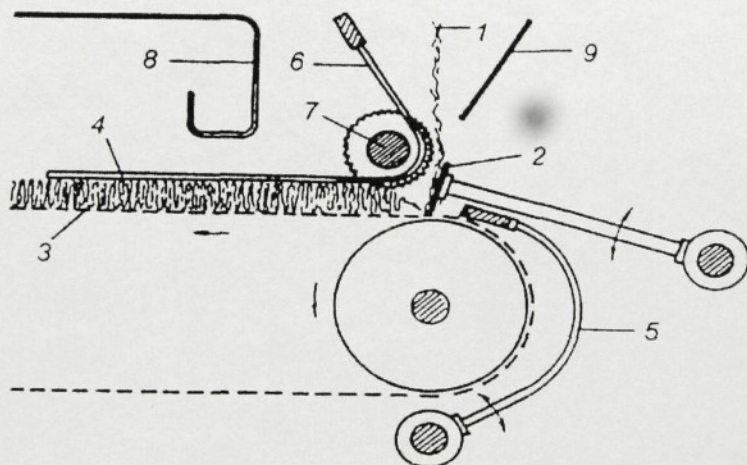
2.4.2. Oblasti použití kolmo kladených netkaných textilií

Použití kolmo kladených netkaných textilií je velmi pestré z důvodu výše uvedených vyhovujících vlastností. Pro ukázkou si uvedme některé oblasti využití[9].

- spodní zvukově izolační materiál pod pružinové kostry,
- spodní a vnitřní tvarovací materiál v kombinaci s ostatními čalounickými materiály,
- horní kypřicí materiál,
- kypřicí a separační materiál pod potahové textilie a přírodní usně,
- materiál do čalouněných pokrývek,
- plnicí materiál do polštářů,
- tepelně – izolační materiál pro různé účely,
- tepelně – izolační a objemový vložkový materiál,
- plnicí materiál do prošívaných pokrývek s možností odlišení letních a zimních podle tepelně – izolačních vlastností určitého rouna,
- plnicí materiál – kombinace více druhů vrstvených na sebe,
- nosný materiál pro ortopedické matrace,
- tepelně a zvukově izolační materiál v automobilovém průmyslu,
- filtry.

2.4.3. Vibrační kolmý kladeč

U vibračního kolmého kladeče (obr.4) je shora přiváděna pavučina 1, která obsahuje podíl termoplastického vlákna stahována vibrující pilkou 2 k pohybujícímu se dopravníku teplovzdušné komory 3. Tím se vytvoří sklad pavučiny, který je z hrany pilky snímán soustavou hladkých jehel, umístěných na spřažené vibrující pěchovací liště 5. Sejmutý sklad je pěchovací lištou doražen k vláknenné vrstvě 4 tvořící se a postupující mezi dopravníkem a drátovým roštem 6. Dopravník s vláknennou vrstvou prochází teplovzdušnou pojící komorou 8, kde je vrstva zpevněna roztavením podílu termoplastických vláken a jejich přeměnou na pojivo.

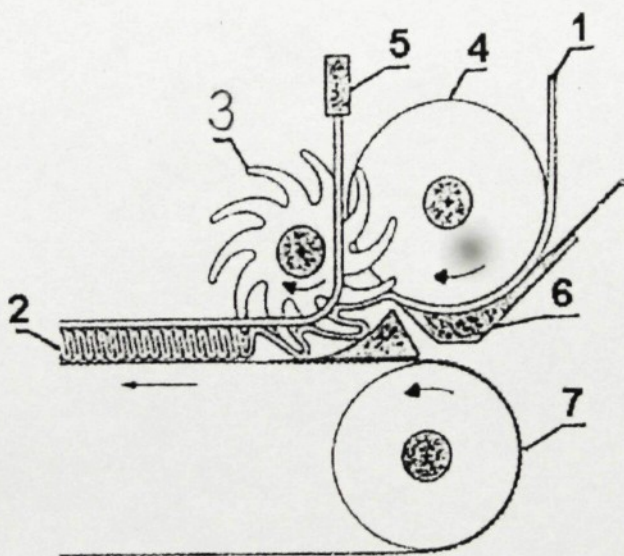


Obr.4.: Vibrační kolmý kladeč pavučiny 1 - pavučina z mykacího stroje, 2 - kladecí pilka, 3 - dopravník teplovzdušné komory, 4 - kolmo kladená vláknenná vrstva, 5 - pěchovací lišta, 6 - drátový rošt, 8 - kryt teplovzdušné pojící komory

2.4.4. Rotační kolmý kladeč

Cílem vývoje rotačního kolmého kladeče v letech 1993 – 1994 bylo dosažení neomezené výrobní rychlosti vzhledem k výkonům, současných mykacích strojů.

Vláknenná pavučina 1 je v tomto případě přiváděna za pomoci přiváděcích disků 4 k soustavě pracovních kotoučů 3, jejichž hroty je formována do vláknenné vrstvy tvořené kolmými sklady 2. Sklady jsou snímány z hrotů soustavou drátů roštu 5, umístěných mezi jednotlivými pracovními kotouči. Následuje zpevnění vláknenné vrstvy v teplovzdušné pojící komoře 7.



Obr.5.: Rotační kolmý kladeč

1 - vláknenná pavučina, 2 - kolmo kladená vláknenná vrstva, 3 - pracovní disky, 4 - přiváděcí disky, 5 - drátový rošt, 6 - přiváděcí pánev, 7 - dopravník pojící komory

2.4.5. Teplovzdušné (termické) zpevňování vlákenné vrstvy

Jedná se o jeden z nejpoužívanějších způsobů zpevňování vlákenných vrstev v současnosti. Důvodem je jeho vysoká produktivita, poměrně nízká spotřeba energie a nízký stupeň znečišťování životního prostředí. Proces teplovzdušného pojení podle [12] vyžaduje směsování zpracovávaných vláken s pojivými mono- nebo bikomponentními pojivými vlákny. Pojení probíhá v teplovzdušných pojících komorách, které jsou vyhřívány elektricky nebo plynem. Pro pojení kolmo kladených netkaných textilií byla vyvinuta pojící komora s horizontálním síťovým dopravníkem, která se vyznačuje vysokou rovnoměrností teplot a proudění ohřevného média (vzduchu) v ohřevné zóně. Vlákenná vrstva prochází teplovzdušnou pojící komorou s cirkulujícím horkým vzduchem. Horký vzduch, jehož teplota je udržována vhodným ohřevným médiem a regulačním systémem na hodnotě, která stačí k roztavení pojiva, je pomocí ventilátoru proháněn vlákennou vrstvou. Vzniklé teplo je tak efektivně transportováno k povrchu každého vlákna. Použití bikomponentních pojivých vláken dává výrobkům při teplovzdušném pojení obzvláště příznivé vlastnosti.

Nejčastěji se používají komory s horizontálním síťovým pásem, dále je možné použít také komory s jedním nebo více perforovanými bubny.

Velkou výhodou teplovzdušného pojení je hlavně úspora energie, vysoké výrobní hmotnosti, poměrně jednoduchá sestava strojů v lince, jejíž výrobnost závisí na produkci rounotvořiče, snadná a poměrně rychlá regulace plošných hmotností, ekologická a hygienická nezávadnost.

Teplovzdušné pojení má však i několik nevýhod jako např. vysoká cena termoplastických vláken, omezený výkon rounotvořiče jehož výkon klesá úměrně s obsahem pojivých vláken, což má především vliv na směsování vlákenného materiálu atd.

Na strukturu teplovzdušně pojených textilií a následně i na vlastnosti má vliv především :

- typ a základní vlastnosti vláken, hlavně jemnosti a také zejména schopnosti jejich adheze,
- vlastnosti pojiv,
- tvar, rozmístění a četnost vazných míst,
- hustota vlákenné vrstvy,
- míra izotropie vláken ve vlákenné vrstvě,
- sklon lamel nakladené pavučiny.

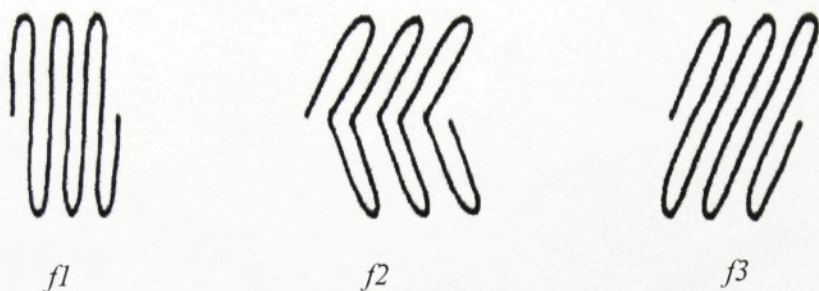
2.4.6. Lamelová struktura kolmo kladené netkané textilie

Struktura kolmo kladené textilie je ovlivněna podle [6] z velké části frekvencí kladeče, která ovlivňuje tvar skladů a nevhodně zvolená rychlost kladeče má za následek výrazné prohnutí skladů nebo nerovnoměrnost výrobku. Příliš nízká rychlost vzhledem ke vstupní rychlosti pavučiny vede k šípovité struktuře, kdy se do mezery kladeče dostává příliš velké množství materiálu. Vysoká rychlost naopak neumožňuje tvorbu rovnoměrného výrobku, protože délka vstupující pavučiny nestačí na vytvoření jednotlivých „dokonalých“ skladů plné délky.

Na velikost dotykové plochy a provázání lamel má vliv zkosení a příčné zvlnění skládaných lamel, způsobené přechovými trny. Objemovou hmotnost a ohybovou tuhost ovlivňuje vlnočet (tedy počet lamel v určité délce) a tvar lamel.

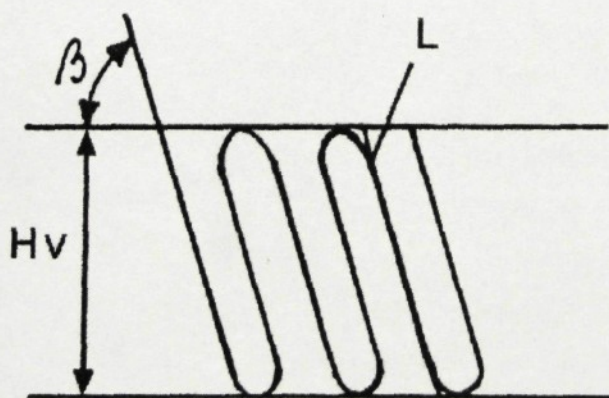
Vlnočet může být řízen :

- vstupní rychlostí pavučiny,
- výstupní rychlostí dopravníku teplovzdušné komory,
- plošnou hmotností pavučiny,
- frekvencí pohybového ústrojí (frekvencí kmitů kolmého kladeče).



Obr. 6.: Schéma kolmo kladené netkané textilie při různých frekvencích kladeče. $f1$ optimální (svislá struktura), $f2$ nízká (šípová struktura), $f3$ vysoká (šikmá struktura)

Úhel skladu lamely (β) z rotačního kladeče je menší než u vibračního kladeče. Vrstva s menším úhlem skladu lamely má lepší rozměrové vlastnosti a vyšší podélnou pevnost lamelové struktury, ale má nižší odpor proti stlačení [7].



Obr. 7.: Úhel skladu lamely

L – výška lamely, H_v – tloušťka vrstvy, β – úhel skladu

Strukturu kolmo kladené netkané textilie lze ovlivňovat tzv. optimální frekvencí kolmého kladeče, kterou můžeme vyjádřit pomocí vztahu:

$$f = \frac{v_1}{2,2 \cdot h} \quad (1)$$

kde **f**frekvence kolmého kladeče v kmitech/min

v₁.....výstupní rychlost pavučiny z mykacího stroje [mm/min]

h.....výška lamely kolmého kladeče [mm]

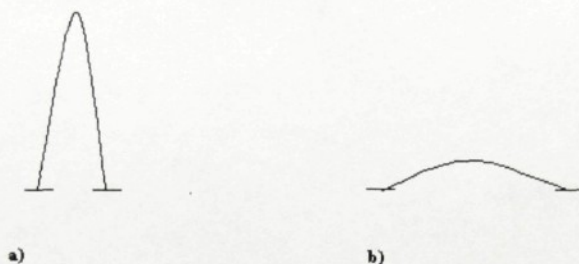
2.5. Teorie stlačení

Stlačitelnost vlákenných materiálů je základní součástí dějů, které probíhají nejen v mechanické textilní technologii, ale hlavně při běžném používání výrobků. Vzhledem k tomu, že vlákna jsou ve vrstvě orientována převážně kolmo k rovině textilie, jsou pak v průběhu stlačování namáhána spíše na vzpěr než na ohyb, na rozdíl od vrstev s převážně horizontálně uloženými vlákny.

Proces stlačování ovlivňují tyto hlavní faktory:

- vlastnosti použitých vláken,
- vlastnosti použitého pojiva,
- zaplnění textilními vlákny,
- délky volných úseků vláken mezi vaznými místy,
- orientace vláken v netkané textilii,
- druh a distribuce vazných míst.

Pokud vyloučíme poměrně známý vliv geometrických vlastností vláken i distribuci pojiva v textilii, je možné považovat z hlediska stlačitelnosti za rozhodující uložení vláken a jejich zakotvení ve dvou charakteristických polohách, převážně horizontální nebo vertikální.



Obr.č.8.: Horizontální (a) a vertikální (b) uložení vláken v netkané textilii

Při vertikálním uložení klade vlákno značně vyšší odpor proti stlačování než při horizontálním. Dále závisí stlačitelnost vlákenné vrstvy na tvaru vláken a jejich mechanických vlastnostech, tzn. na jejich deformaci skládající se z elastické, viskoelastické a plastické[8].

2.5.1. Vliv jemnosti vláken na odpor proti deformaci

Jemnost obou druhů vláken (základních i pojivých) používaných při výrobě textilií technologie STRUTO ovlivňuje do značné míry vlastnosti výrobků. Mezi tyto vlastnosti patří např. relaxační chování, splývavost, objemnost a stlačitelnost.

Stlačitelnost ovlivňuje především jemnost vláken základních, mezi kterými zaujímá výsadní postavení PES. Důvodem je i jeho výborná tepelná odolnost v průběhu pojení.[13]. U jemnějších pojivých vláken klesá pojící schopnost s rostoucí viskozitou taveniny a rostoucím titrem vláken základních. Jsou-li spoje méně pevné, dochází po dynamickém namáhání k jejich porušení. Pro základní vlákna platí obecně, že jemnější vlákna s menším kruhovým průřezem, jsou schopna se lépe smočit v roztaveném polymeru, než vlákna hrubší. Spoje vzniklé z jemnějších základních vláken jsou tak pevnější a vůči mechanickému namáhání více odolné.

2.6. Typy deformačního chování

Elastická (hookovská) deformace – okamžitá, časově nezávislá a dokonale vratná [9]. U vysoce krystalických polymerů je velmi malá a uplatňuje se především při velmi krátkých časech měření. U textilních vláken se téměř nevyskytuje.

$$E_{pr} = \frac{H_1 - H_2}{H_0} \quad (2)$$

kde E_{pr} pružná deformace v [%]

H_0 tloušťka před stlačením v [mm]

H_1 tloušťka dosažená stlačením v [mm]

H_2 tloušťka po odlehčení v [mm]

Viskoelastická deformace je deformace časově zpožděná za jejím podnětem. V průběhu doby zatížení narůstá , po odlehčení postupně, v závislosti na čase mizí. Ve svém principu je dokonale vratná. Doba návratu do původního, nedeformovaného stavu je však u některých polymerů velmi dlouhá.

$$E_v = \frac{H_3 - H_2}{H_0} \quad (3)$$

E_v ... viskoelastická deformace v [%]

H_0 ... tloušťka před stlačením [mm]

H_2 ... tloušťka po odležení [mm]

H_3 ... tloušťka po relaxaci [mm]

Plastická deformace je časově závislá a dokonale nevratná

$$E_p = \frac{H_0 - H_3}{H_0} \quad (4)$$

E_p ...plastická deformace [%]

V reálné látce se tyto deformace nevyskytují odděleně. Zpravidla je možné nalézt oblasti namáhání, ve kterých je za určitých podmínek jeden typ deformace převažující. Viskoelastické chování je typické pro polymerní látky.

2.7. Definice vztahu mezi stlačováním a zaplněním textilních vláknenných svazků

Vlákna ve vláknenném útvaru mohou být uspořádána s převážnou orientací do jednoho směru nebo neuspořádaná, tzn. že jsou uložena v různých směrech. Vlákna se vzájemně dotýkají a v místech dotyku vzniká kontakt. Zde dochází k přenosu sil a energii. Hustota kontaktů je dána typem a vlastnostmi vláken a rovněž hustotou (objemovou hmotností) vláknenného útvaru. Tyto kontakty mají svůj význam pro zajištění potřebné pružnosti a odolnosti netkané textilie vůči stlačování[14].

2.7.1. Součinitel zaplnění

Jedná se o pojem používaný především při sledování struktury přízí. Odtud byl převzat také do oblasti netkaných textilií[14].

Zaplnění charakterizuje hustotu vláken ve vláknenném útvaru a můžeme jej definovat jako podíl objemu vláken a pojiva z textilního útvaru ku celkovému objemu tohoto útvaru.

Součinitel zaplnění μ můžeme podle [14] definovat vztahem :

$$\mu = \frac{V_v}{V_c} \quad (5)$$

μzaplnění [1]

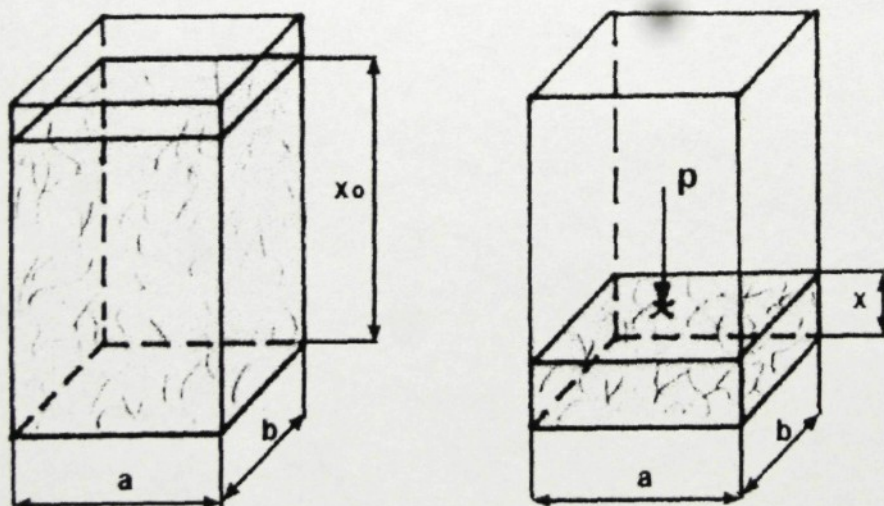
V_vobjem vláken [m^3]

V_ccelkový objem vláknenného útvaru [m^3]

2.7.2. Jednodimenzionální deformace vlákenného svazku

Výsledné chování vlákenného útvaru je podle [9] dáno především morfologií jeho vlákenné struktury. Morfologicky orientovaný výzkum se přitom vždy nějak dotýká dvou problémů: orientace vláken a tvarů vláken v útvaru. Stlačení vlákenných svazků je složitý mechanický proces. Za určitých předpokladů je však možné zjednodušeně chápat vlákenný svazek jako systém, ve kterém je vynaložena deformační energie závislá jen na výsledné deformaci. Jednodimenzionální deformace tady pak představuje stlačení vlákenného materiálu v nedeformovaném boxu ve tvaru hranolu o rozměrech a, b, c .

Působením tlaku p na plochu ab dochází ke stlačení vlákenného materiálu. Hodnoty a, b se nemění. Výška boxu se však zmenší z hodnoty x_0 na x a mění se i zaplnění μ_0 na μ .



Obr. č. 9: Vlákenný materiál v nedeformovatelném boxu

Jestliže mluvíme o jednodimenzionální deformaci, působí na materiál pouze tlak p , potom výchozí stav μ_0 lze vyjádřit jako

$$\mu_0 = \frac{V_{vp}}{V_{co}} = \frac{V_{vp}}{a \cdot b \cdot x_0} \quad (6)$$

kde μ_0 ... je počáteční zaplnění [1]

a, b ... půdorysná plocha boxu [m^2]

x_0 ... výška nestlačeného vlákenného materiálu [m]

V_{vp} objem vláken a pojiva [m^3]

V_{co} ... celkový objem nestlačeného vlákenného materiálu [m^3]

Po zatížení tlakem p nedojde ke změně půdorysu a rozměry a, b se tedy nemění..Změní se ale výška boxu a to z x_0 na x . Zaplnění stlačeného boxu pak můžeme charakterizovat jako

$$\mu = \frac{V}{V_{cos}} = \frac{V}{a \cdot b \cdot x} \quad (7)$$

kde μ ...zaplnění po stlačení vlákenného materiálu [1]

V_{cos} ...objem vlákenného materiálu po stlačení [m^3]

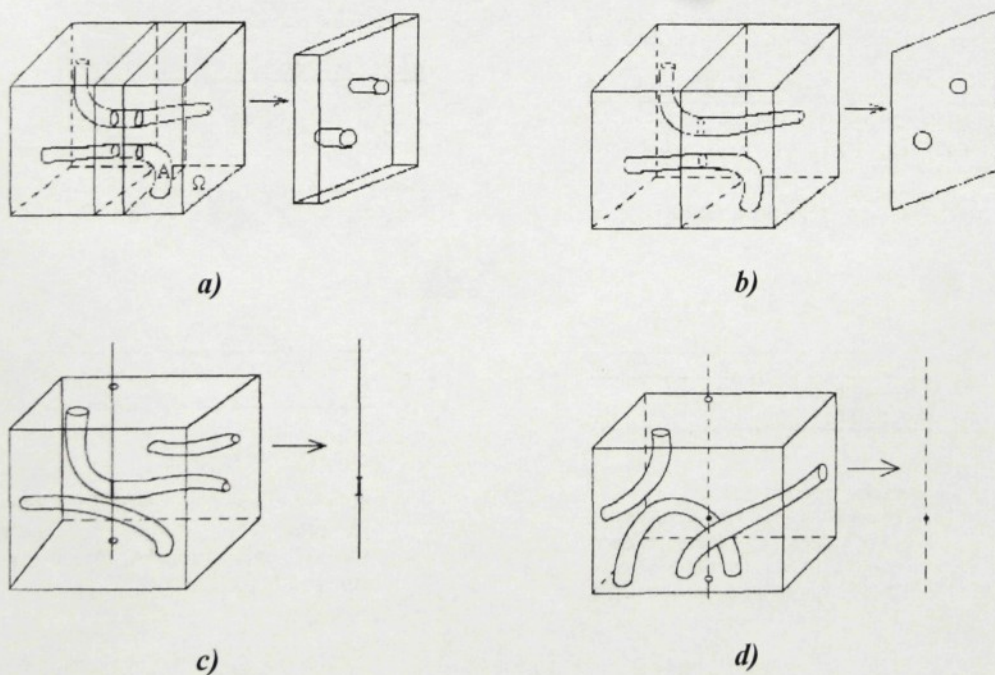
xvýška vlákenného materiálu po stlačení [m]

Při zachování stejného způsobu deformování, jsou tlak p a zaplnění μ vzájemně jednoznačně přiřazeny funkčním vztahem $p = p(\mu)$. Základní modelové řešení této funkce navrhnul C.M. van Wyk[14], který vyšel z představy náhodného charakteru kontaktů mezi vlákny a odpor vůči stlačování chápal jako důsledek ohybové deformace vláken ve struktuře vlákenného útvaru.

2.8. Řezy a výbrusy

Řezem či výbrusem obvykle rozumíme dvourozměrný rovinný řez trojrozměrného tělesa [4]. Použití řezů pro vyšetřování materiálů je velmi výhodné. Pomocí nich jsme schopni proniknout k jinak neviditelné vnitřní struktuře. Při správném postupu jsou v řezu zachovány vzájemné pozice strukturních prvků. Obecně definici řezu je tedy možno chápat jako průnik dvou těles.

Pomocí volby dimenze těchto těles rozlišujeme různé typy řezů. První typ řezu získáme průnikem trojrozměrného tělesa jiným trojrozměrným tělesem. Zpravidla je tímto řezem vrstva mezi dvěma paralelními rovinami. Hovoříme pak o trojrozměrném řezu nebo o tenkém řezu. Dvojměrný řez získáme průnikem tělesa rovinou. Necháme-li tělesem pronikat přímku, hovoříme o jednorozměrném řezu. Vybereme-li z průniku přímky a tělesa jediný bod, hovoříme o řezu dimenze nula, obr.č.10.



Obr.č.10: Trojrozměrný objekt A a jeho řezy v oblasti Ω **a**- trojrozměrný řez, **b**- dvojměrný řez, **c**- jednorozměrný řez, **d**- nularozměrný řez.

2.9. Určování počtu izolovaných částic objektu v 2d

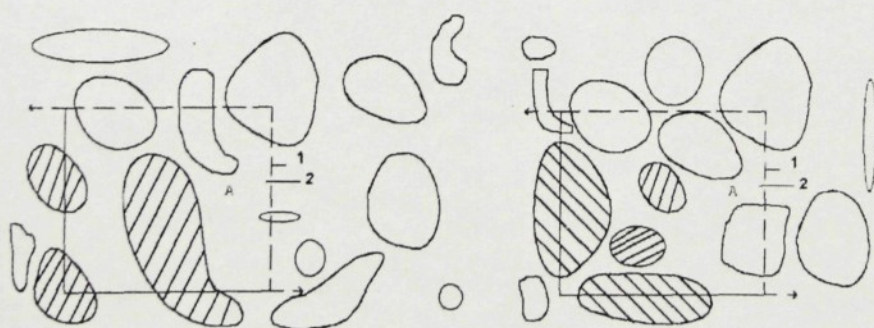
Pro odhad izolovaných částí objektu, v našem případě počtu vazných míst, v jednotkové ploše dvojrozměrného prostoru podle [4] užíváme testovací systém s vylučovací čarou. Sonda A tohoto systému je dvojrozměrná, zpravidla ve tvaru obdélníka. Její plošný obsah je označen $S(A)$. Vylučovací čára (linie) je pak nekonečná, spojitá, dvakrát zalomená linie procházející částí hranice sondy A, jmenovitě dvěma sousedními stranami obdélníka viz obr.č.11. Popsanou sondu s vylučovací čarou umístíme translačně symetricky do mříže základních oblastí, tím vznikne testovací systém.

Samotné zjišťování počtu izolovaných částí objektu v jednotkové plošné oblasti N_A provádíme podle následujících pravidel: Součtem všech izolovaných částí studovaného dvojrozměrného objektu, které mají neprázdný průnik se sondou a prázdný průnik s vylučovací linií téže sondy. Jejich počet označíme Q . Postup opakujeme pro každou sondu testovacího systému a pro jeho náhodné polohy.

Počet částic v jednotkové ploše N_A pak odhadujeme dle relace

$$[N_A] = \frac{\bar{Q}}{S(A)} \quad (8)$$

kde $\bar{Q}$ je střední počet izolovaných částí objektu připadajících na sondu testovacího systému.



Obr.č.11: Testovací systém pro měření počtu částic N_A v jednotkové ploše. Započítáváme pouze vyšrafované oblasti řezu struktury. Vylučovací čára (1) je znázorněna přerušovanou linií. Dvojrozměrné sondy A (2) jsou rozmístěny translačně symetricky do mříže základních oblastí

3. Experiment

3.1. Plán experimentu

Hlavním cílem experimentu je prostudovat chování vnitřní struktury kolmo kladené netkané textilie STRUTO při stlačování, v závislosti na materiálových proměnných, kterými jsou v této práci odlišné jemnosti vláken základních a pojivých, procentuální zastoupení pojivých vláken a různé plošné hmotnosti KKNT. Jde především o ověření teoretického předpokladu a o porovnání tohoto předpokladu s naměřenými hodnotami.

Byly vyrobeny čtyři série vzorků KKNT, k jejichž výrobě bylo použito výchozí vlákenné pavučiny o stejné plošné hmotnosti. Parametry jednotlivých vzorků jsou uvedeny níže.

Jednou ze základních zásad pro vypracování diplomové práce je navrhnout způsob vyhodnocení koncentrace pojivých míst při různém stlačení ve směru kolmém na rovinu textilie. Vzhledem k tomu, že se práce věnuje především zkoumání vnitřní struktury KKNT, bylo pro zefektivnění snímků vytvořených obrazovou analýzou LUCIA použito jako základních vláken černého polypropylenu obarveného ve hmotě. Zkoumanými parametry vnitřní struktury KKNT je počet pojivých míst v 2d objektu na jednotku plochy a změna tohoto počtu v závislosti na stlačování, dále stanovení poměru propojené části : celkové testovací ploše v 2d řezu na a změnu tohoto poměru při stlačování.

Celý experiment je zaměřen na ověření vlivu procesu stlačování KKNT na počet pojivých míst a velikost poměru propojené části : celkové testovací v 2d pohledu. Objekt je považován za 2d z důvodu určení třetího rozměru, čímž je hloubka ostrosti, za nulový.

3.2. Použitý vlákenný materiál

Na výrobu vzorků kolmo kladené netkané textilie byla použita černě ve hmotě obarvená polypropylenová vlákna, která představovala vlákna základní a jako pojivo bylo použito bikomponentní vlákno HERCULES.

3.2.1. Parametry vlákenného materiálu pro výrobu kolmo kladené netkané textilie

- a) základní vlákna : 6,7 dtex PP, jmenovité délky 65mm (černé barvy), $T_t = 155^{\circ}\text{C}$
- b) pojivá vlákna : 3,3 dtex Hercules, jmenovité délky 38 mm (bílé barvy), $T_t = 140^{\circ}\text{C}$

3.2.2. Parametry kolmo kladené netkané textilie, jejich výroba a označení

Ze zvoleného vlákenného materiálu byly připraveny navážky po 80 gramech, které byly namíchány v poměru základní vlákno : pojivému 80 : 20 a 60 : 40.

Pavučina pro výrobu KKNT byla vyrobena na válcovém mykacím stroji BEFAMA a následně navrstvena pomocí příčného kladeče a předzpevněna vpichováním. Vytvořené předvpichované rouno bylo dále zpracováno na kolmém kladeči, kterému předcházela ještě jeden menší válcový mykací stroj BEFAMA z důvodu rovnoměrnějšího promísení vlákenných komponent. Do vlastních kolmých skladů, pak bylo rouno formováno vibrující pilkou kolmého kladeče. Pomocí dopravníkového pásu, byla nezpevněná KKNT vedena do teplovzdušné pojící komory, kde došlo pomocí působení horkého vzduchu k roztavení níže tající složky pojivých bikomponentních vláken a tím ke zpevnění KKNT.

Kromě výroby KKNT o různých koncentracích základní vlákno : pojivo, byly vyrobeny KKNT o dvou různých plošných hmotnostech, tím jsme tedy dostaly čtyři druhy KKNT o různých parametrech.

Vzorky byly označeny následovně:

- A..... PP / HERCULES, 80 : 20, 300 g.m^{-2}
- B.....PP / HERCULES, 80 : 20, 500 g.m^{-2}
- C.....PP / HERCULES, 60 : 40, 300 g.m^{-2}
- D.....PP / HERCULES, 60 : 40, 500 g.m^{-2}

3.4. Parametry vzorků

3.4.1 Stanovení plošné hmotnosti KKNT

Plošná hmotnost byla stanovena podle normy EDANA 40,3 – 90[16].
Průměrné hodnoty byly vypočteny z 10-ti měření pro každý materiál podle vztahu
(9). Vzorky o ploše $0,01 \text{ m}^2$ byly zváženy na digitálních vahách s přesností $0,001 \text{ g}$.
Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.1, kterou obsahuje příloha č.2.

$$m_s = \frac{m}{A} \quad (9)$$

m_s plošná hmotnost vzorku [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$]

m hmotnost vzorku [g]

A plocha vzorku [m^2]

3.4.2. Stanovení tloušťky KKNT

Tloušťka byla stanovena podle normy DIN 53 855[18]. Tloušťka plošné textilie je vzdálenost mezi lícovou a rubovou stranou plošné textilie, která se nachází mezi dvěma rovnoběžnými deskami pod daným tlakem. Průměrné hodnoty byly opět vypočteny z 10-ti měření pro každý materiál o velikosti vzorků $0,01 \text{ m}^2$ pomocí milimetrového pravítka. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze č.2.

3.4.3. Stanovení objemové hmotnosti KKNT

Objemová hmotnost KKNT byla stanovena podle normy ČSN 80 0845[19] podle vztahu (10). Průměrné hodnoty byly opět vypočteny z 10-ti měření pro každý materiál. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č.3, kterou obsahuje příloha č.2.

$$m_v = \frac{m}{a_v \cdot b_v \cdot t} \tag{10}$$

- m hmotnost vzorku [g]
- m_v objemová hmotnost vzorku [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
- ttloušťka vzorku [mm]
- a_v délka vzorku [m]
- b_v šířka vzorku [m]

3.5. Teoretický předpoklad závislosti počtu pojivých míst na stlačování

Z teoretického předpokladu závislosti počtu pojivých míst na stlačování je zřejmé, že počet pojivých míst na jednotku plochy roste, graf č. 1. Z počátku je závislost lineární a v oblasti úrovně stlačení 0,3 exponenciálně roste. Teoretický předpoklad vychází z hodnoty počtu pojivých míst na cm^2 , která je rovna 1000.

Závislost byla vypočítána dle následujícího vztahu:

$$\frac{N}{S} = \frac{N}{S_0} \cdot \frac{1}{(1 - stl.)} \quad [\text{cm}^{-2}] \quad (11)$$

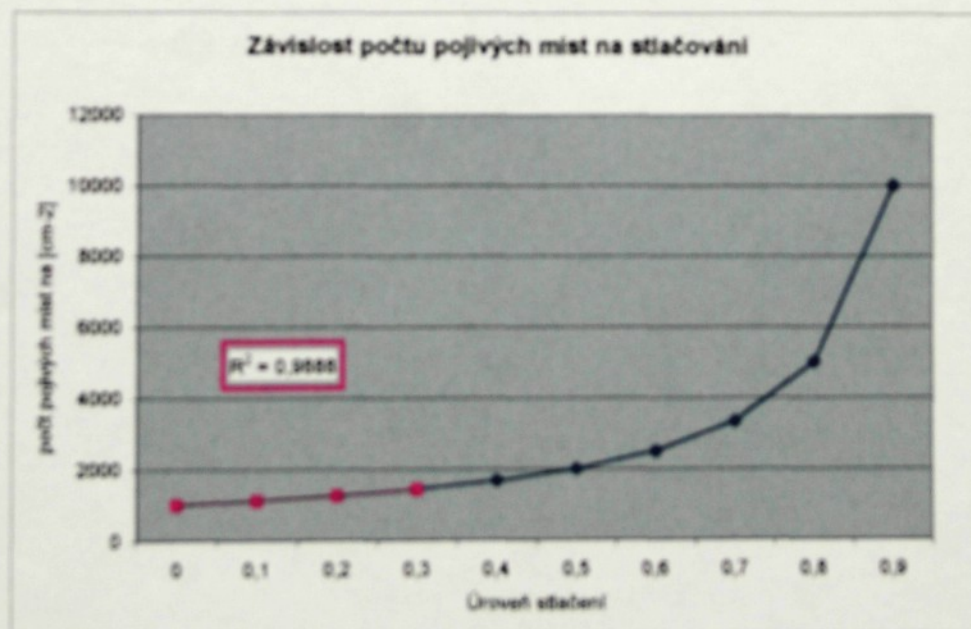
N.....počet pojivých míst $[\text{cm}^{-2}]$

S.....plocha $[\text{cm}^2]$

S_0plocha odpovídající hodnotě 1 cm^2

stl.....úroveň stlačení

Graf č.1:



3.6. Obrazová analýza LUCIA

Pro mikroskopické zkoumání vzorků bylo použito optické mikroskopie a grafické obrazové analýzy LUCIA 32 G.

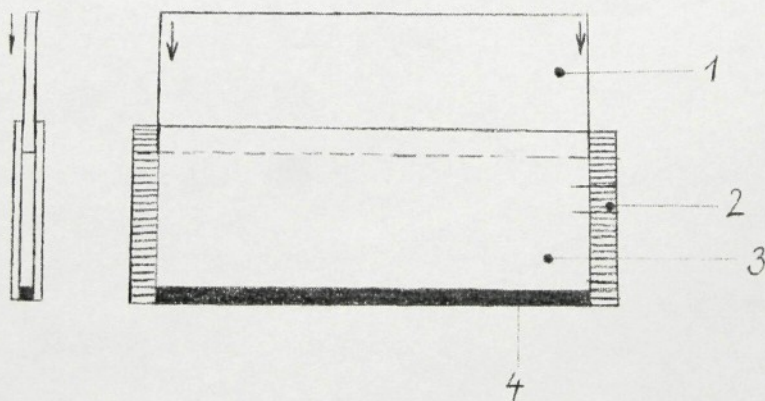
3.6.1. Sledování vnitřní struktury příčných řezů KKNT pomocí obrazové analýzy LUCIA

Pro pozorování vnitřní struktury byly použity příčné řezy kolmo kladené netkané textilie STRUTO umístěné do stlačovacího rámečku obr.č.12. Vnitřní struktura materiálu byla nasnímana pomocí kamerového systému, který byl propojen s optickým mikroskopem a obrazovou analýzou LUCIA. K zefektivnění snímků bylo použito načerno obarveného polypropylenu přidaného k základním vláknům. Záměrem bylo nasnímat vláknennou strukturu při vhodném zvětšení tak, aby bylo možno rozlišit jednotlivá pojivá místa. V mém případě byl použit objektiv č.10, přičemž došlo k stonásobnému zvětšení. Nezbytnou součástí k získání efektivních snímků bylo přeostrvování čočky na různé hladiny viditelnosti, čímž byla získána jasná koncentrace pojivých míst v 2d pohledu. Preparát bylo rovněž možno prosvítit horním nebo dolním osvitom, což se dalo dle potřeby regulovat. Vyhovující snímky byly postupně ukládány a použity pro následné měření.

3.6.1.1. Stanovení počtu pojivých míst v 2d objektu pomocí sondy s vylučovací linií a pozorování změn počtu vazných míst při stlačování

Princip stanovení počtu pojivých míst v 2d objektu je popsán v kap.2.9.. Příčné řezy KKNT určené pro stanovení počtu pojivých míst byly nasnímány pomocí výše uvedené optické mikroskopie a zpracovány obrazovou analýzou LUCIA. Proměřeno bylo vždy 10 příčných řezů z každého druhu materiálu (A,B,C,D). Na každém řezu byla vždy proměřena 2 náhodná místa a to při stlačení, které bylo rovno 0%; 15%; 30% z tloušťky vzorku. Stlačování příčných řezů KKNT bylo prováděno ve speciálně připraveném skleněném rámečku zobrazeném na obr.č.12. Pro vlastní experiment byla použita testovací sonda s vylučovací linií o celkové ploše $455714,63 \mu^2$. Do tabulky č.4, která je uvedena v příloze č.2 pak byly zaznamenány naměřené počty vazných míst.

Tabulka č.1 nám udává jak se mění počet pojivých míst na plochu testovací sondy v 2d objektu při stlačování a uvedené hodnoty jsou zpracovány do grafu č.2.



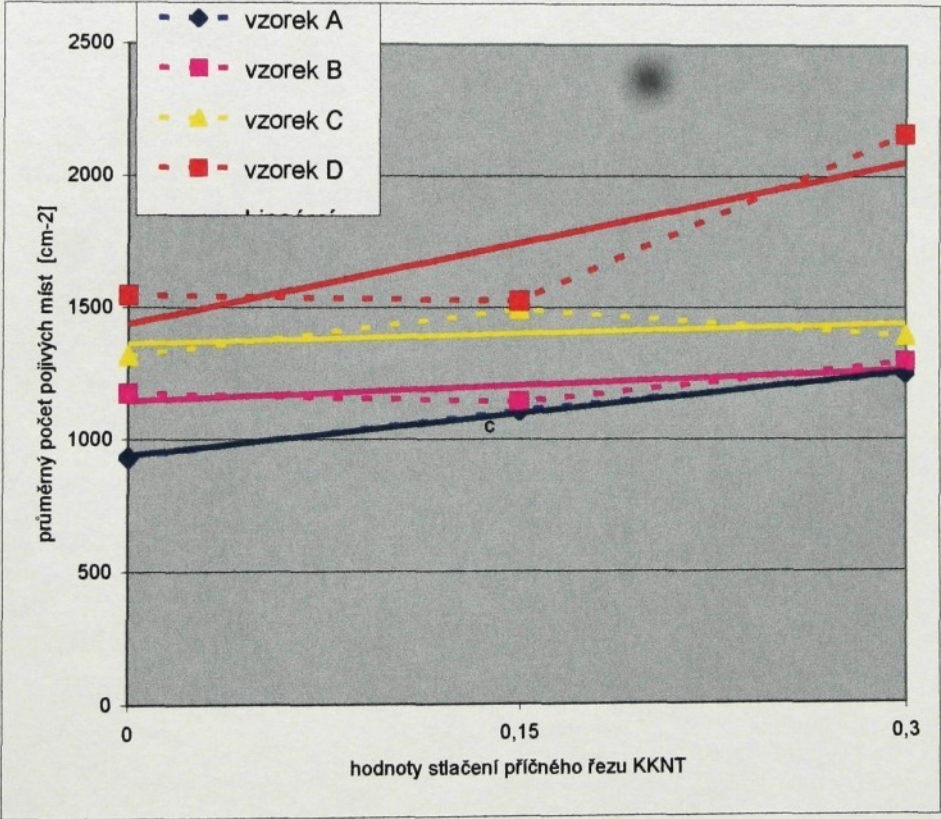
Obr.č.12: Schématický náčrt stlačovacího rámečku.

1 – skleněná stlačovací destička, 2 – spoj dvou skleněných stěn stlačovacího rámečku, 3 – skleněná stěna, 4 – opěrná lišta

Tabulka č. 1:

průměrné hodnoty počtu pojivých míst při třech úrovních stlačení [cm ²]			
vzorek	stlačení o 0 0%	stlačení o 15%	stlačení o 30%
A	932,6	1108,15	1250,78
B	1173,98	1141,07	1294,67
C	1316,61	1492,16	1393,42
D	1547,02	1525,08	2161,44
- X	1242,55	1316,62	1525,08

Graf č.2: Závislost počtu pojivých míst na stlačování pro jednotlivé typy materiálu



regresní koeficienty :

$$R^2(\text{vzorek A}) = 0,976$$

$$R^2(\text{vzorek B}) = 0,863$$

$$R^2(\text{vzorek C}) = 0,732$$

$$R^2(\text{vzorek D}) = 0,721$$

3.6.1.2. Stanovení poměru propojené části : celkové ploše testovacího systému v 2d pohledu a jak se tento poměr mění při stlačování

Pro stanovení těchto poměrů bylo použito snímků vytvořených na obrazové analýze LUCIA z předešlého měření 3.6.1.1.. K proměření bylo k dispozici 240 obrázků, z nichž některé jsou uvedeny v příloze č.1. Pomocí funkce na měření ploch zkoumaných objektů bylo proměřeno každé pojivé místo na snímku. Součet ploch průmětů pojivých míst na jednotlivých snímcích byl dán do poměru s celkovou plochou testovací sondy dle vztahu (12), z čehož bylo získáno procento propojené části zkoumaného 2d objektu obr.č.13. Vše bylo opět měřeno při postupném stlačování vzorků o 0%; 15%; 30% z původní tloušťky vzorku.

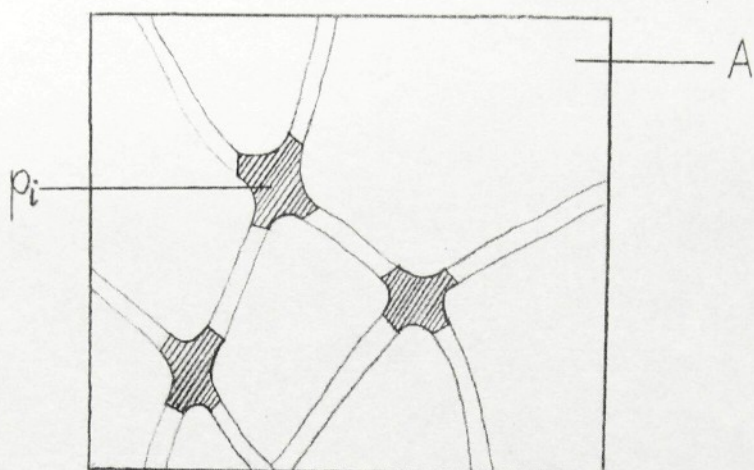
Tabulka č.2 nám udává jak se toto procento mění při výše uvedených úrovních stlačování a uvedené hodnoty jsou zpracovány do grafu č.3.

$$P_p = \frac{\sum p_i}{A} \cdot 100 \quad [\%] \quad (12)$$

P_p procento propojené části 2d objektu

p_i plocha průmětu pojivého místa [μ^2]

A.....plocha testovací sondy



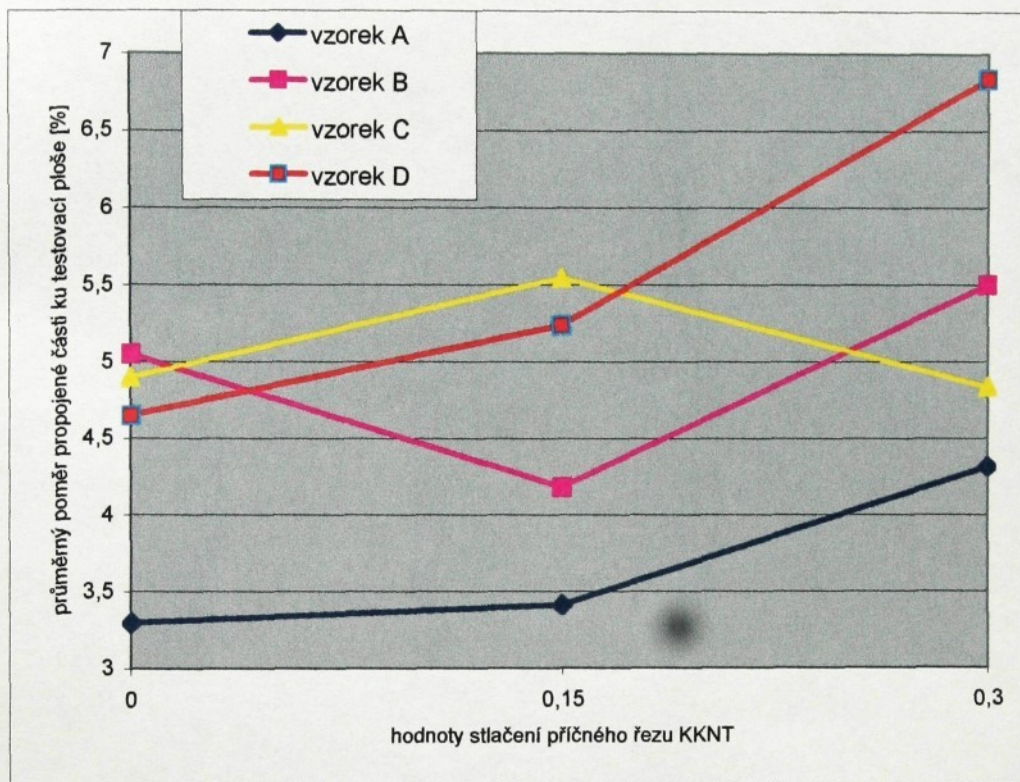
Obr.č.13: Způsob určování poměru propojené části ku celkové testovací ploše 2d objektu.

A – plocha testovací sondy, p_i – plocha průřezu pojivého místa

Tabulka č.2:

průměrné hodnoty propojených částí v testovací ploše při třech úrovních stlačení v [%]			
Vzorek	stlačení o 0%	stlačení o 15%	stlačení o 30%
A	3,295611	3,410167	4,313861
B	5,05085	4,180619	5,50137
C	4,899221	5,546541	4,834664
D	4,65025	5,237743	6,835671
– X	4,47398	4,59377	5,37139

Graf č.3: Závislost procenta propojené části 2d objektu na stlačování pro jednotlivé typy materiálu



4. Diskuse výsledků

Cílem diplomové práce bylo ověření teoretických poznatků souvisejících s chováním vnitřní struktury kolmo kladené netkané textilie STRUTO při stlačování. Předmětem zkoumání byla pojivá místa u nichž se zjišťoval jejich počet na testovanou plochu v 2d pohledu a velikost ploch jejich průmětů, které sloužily k určení poměru propojené plochy : celkové testovací ploše, což bylo závislé na parametru prvním, tedy jejich počtu.

Nezbytnou součástí bylo navrhnout způsob jak proniknout do této struktury a jak ji zobrazit. Důležitým krokem bylo rovněž určit vhodný materiál, ze kterého by byla KKNT vyrobena. Při prvním pokusu bylo použito STRUTO vyrobené z polyesteru bílé barvy o jemnosti 6,7 dtex o délce vláken 60 mm. Jako pojivo byl použit coPES/PES bico UXD 4 Tden. Při použití optické mikroskopie a této KKNT nebyl znatelný rozdíl mezi pojivým místem a pouhým překřížením vláken, což bylo pro tento experiment velmi podstatné. Dělo se to z důvodu prosvícení PES vláken horním a dolním osvitem makroskopu, přičemž se vlákna jevila jako průsvitná. To bylo hlavním důvodem použít pro výrobu KKNT jiná vlákna a to vlákna obarvená ve hmotě. Při pokusu druhém bylo použito STRUTO vyrobené z polypropylenu černé barvy o jemnosti 6,7 dtex a jmenovité délky vláken 65 mm. Pojivem v tomto případě bylo bikomponentní vlákno HERKULES o jemnosti 3,3 dtex a jmenovité délky 38 mm. Pojivo bylo bílé barvy z důvodu lepší orientace ve struktuře ve struktuře. Rozdílná jemnost vláken základních a pojivých hrála rovněž podstatnou roli v efektivním zobrazení struktury příčných řezů kolmo kladené netkané textilie. Tento materiál byl zcela vyhovující pro tento experiment, ale zcela nevyhovující pro jeho běžné použití z důvodu jeho špatných mechanických vlastností. Pro vlastní měření z něj byly vyrobeny KKNT A,B,C,D o výše uvedených parametrech kap.3.2.2..

Proces stačování příčných řezů KKNT byl prováděn ve speciálně připraveném stlačovacím rámečku, kap.3.6.1.1., přímo při snímání preparátu makroskopem a převádění pomocí kamerového systému do obrazového analyzátoru LUCIA, kde probíhalo následné měření. Bylo vytvořeno 20 snímků pro každý druh materiálu A,B,C,D a to vždy pro každou úroveň stlačení. Počty pojivých míst na

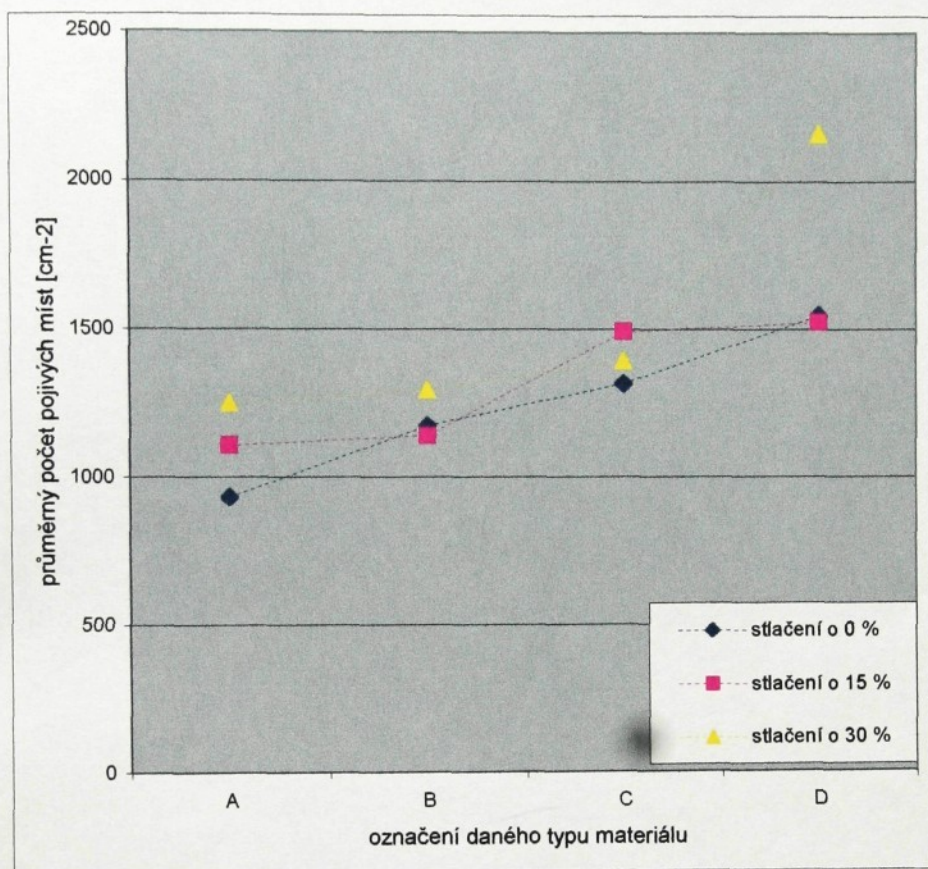
testovací plochu byly určeny přímo ze snímků. Plochy průmětů pojivých míst byly měřeny pomocí funkce na měření ploch zkoumaných objektů, která byla součástí obrazové analýzy LUCIA.

Z měření a výsledků rovněž vyplývá fakt, že tyto parametry závisí nejen na stlačování, ale i na výše uvedené materiálové proměnné, čímž je myšleno procentuální zastoupení pojivých vláken a plošná hmotnost textilie.

Maximální hodnota stlačení, tzn. stlačení příčného řezu o 30%, byla volena z důvodu vhodného prosvícení preparátu, kde se jevila vnitřní struktura ještě viditelná. V případě vyšší hodnoty stlačení by světlo horního a dolního osvitu makroskopu strukturou neprošlo, tudíž by nebylo možné rozeznat, kde se pojivá místa nacházejí. Tento problém bude další otázkou zkoumání, jak by měly vypadat příčné řezy kolmo kladené netkané textilie co se týče tloušťky, aby mohlo dojít k ještě většímu stlačení a struktura KKNT byla viditelná. Záviset bude také především na plošné hmotnosti materiálu. Čím je plošná hmotnost materiálu nižší, tím světlo vzorkem lépe prochází, ale naopak je složitější vytvořit tenké řezy, což v případě materiálů o vyšší plošné hmotnosti jde snadněji.

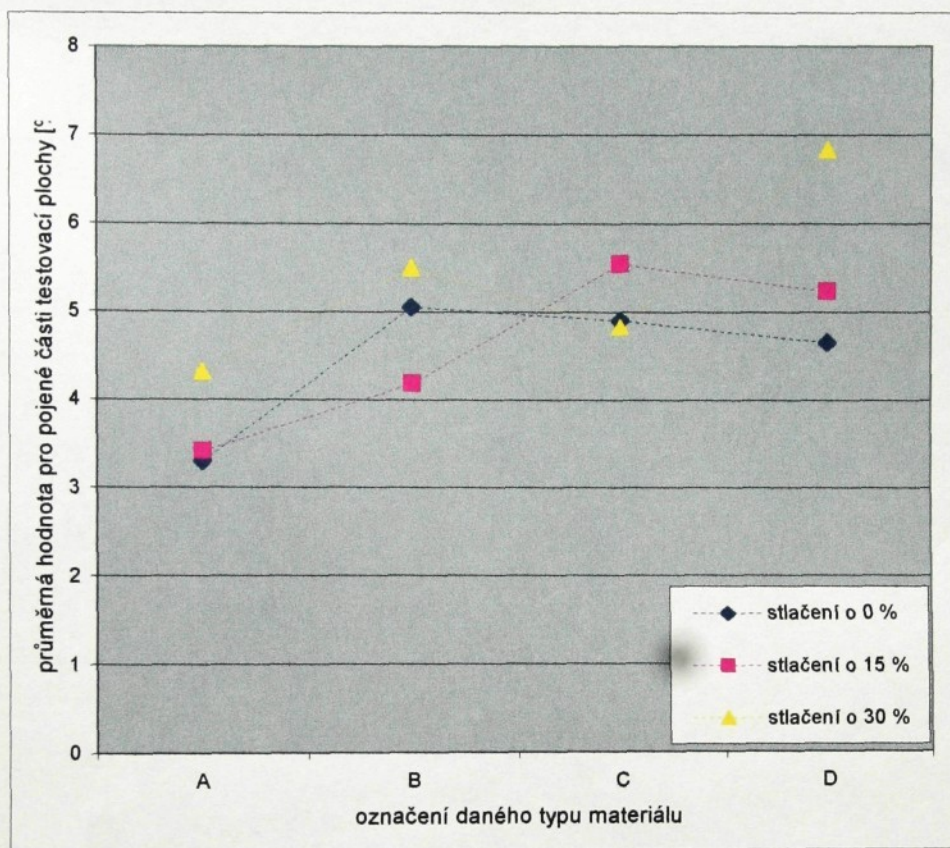
V prvním případě, kdy se jednalo o stanovení počtu pojivých míst na jednotku plochy, bylo zjištěno, že tento počet ovlivňuje především stlačování materiálu, ale také typ materiálu, jak už bylo výše uvedeno, graf č.4. Po zpracování naměřených hodnot byl ověřen fakt, že při procesu stlačování počet pojivých míst na jednotku plochy v 2d pohledu u jednotlivých typů materiálu roste. Podle předpokladu se počet pojivých míst úměrně zvyšuje s procentuálním zastoupením pojivých vláken a se zvyšující se plošnou hmotností jednotlivých KKNT jak je patrné u v grafu č.2 a 4. V případě stlačení o 30% u vzorku D dochází k větší odchylce, která by nebyla zcela určitě tak vysoká při mnohem vyšším počtu proměřených míst preparátu, což je pouze mou domněnkou. Ostatní hodnoty jsou zcela vyvážené a výrazně se neodchylují od lineární spojnice trendu, která znázorňuje teoretický předpoklad růstu pojivých míst v závislosti na stlačování, graf č.2. Lineární průběh teoretického předpokladu byl zvolen z důvodu toho, že po úroveň stlačení 0,3 je závislost počtu pojivých míst na cm^2 lineární, viz kap.3.5., graf č.1. Hodnoty regresního koeficientu R^2 určují jak se naměřené hodnoty odchylují od teoretického předpokladu, graf č.2.

Graf č.4: Závilost počtu pojivých míst na typu materiálu



V případě druhého experimentu, kdy se jednalo o stanovení poměru propojené části : celkové testovací ploše opět v 2d pohledu, tedy procenta propojení, měl proces stlačování na tento poměr také výrazný vliv. Jak je viditelné z grafu č.3 procento propojení v závislosti na zvyšující se úroveň stlačení roste. Tato skutečnost je dána nejen počtem pojivých míst na testovací plochu, ale hlavně velikostí ploch jejich průmětů, což je typické v případě grafu č.3 u vzorků B a C, kde velikosti ploch průmětů pojivých míst značně ovlivnily lineární průběh křivek. Z grafu č.3 je patrné, že velikosti ploch průmětů pojivých míst mají skutečně větší vliv na procento propojení než počet pojivých míst. Procento propojené části je rovněž ovlivňováno typem materiálu. Opět v případě vyššího procentuálního zastoupení pojivých vláken a vyšší plošné hmotnosti KKNT procento propojené části 2d objektu roste, jak je patrné z grafu č.5.

Graf č.5: Závislost procenta propojené části testovací plochy na typu materiálu



Při samotném měření mohlo dojít samozřejmě k několika chybám měření a to především v průběhu zhotovování snímků při zaostřování hladin na 2d pohled. To však podle mého názoru konečné souhrnné výsledky neovlivnilo. Naměřené hodnoty u jednotlivých typů materiálu jsou však velmi různorodé, což nám potvrzuje hodnoty variačního koeficientu, které jsou uvedeny v tabulkách přílohy č.2.

5. Závěr

Z výsledků měření a na základě výše uvedené diskuse lze konstatovat, že počet pojivých míst na jednotku plochy a procento propojené části 2d objektu je do značné míry ovlivněno procentuálním zastoupením pojivých vláken a plošnou hmotností použitých vzorků. Hlavním cílem diplomové práce bylo však zjistit, jak se tyto parametry mění v závislosti na stlačování. Nešlo ani tak o zkoumání vlastností KKNT, ale spíše vystihnout vnitřní chování KKNT při tomto procesu a navrhnout metodu jak toto zjistit a znázornit.

Po velmi časově náročném měření pomocí obrazové analýzy LUCIA, byl ověřen teoretický předpoklad, že počet pojivých na jednotku plochy a poměr propojené části : celkové testovací ploše v 2d objektu přímo úměrně roste se zvyšující se úrovní stlačení. Při měření mohlo rovněž dojít k nepřesnostem způsobeným lidským faktorem, kdy se jednalo hlavně o přestřování makroskopu na 2d pohled.

Tato práce by měla být výchozí pro zkoumání termicky pojené struktury netkaných textilií, a to nejenom při zkoumání koncentrace pojivých míst, ale také změn tvarů ploch průmětů pojivých míst nebo změn orientace volných úseků vláken mezi pojivými místy v závislosti na stlačování.

5. Seznam použité literatury

- [1] Jirsák, O., - Macková, I. : Netkaná textilie, TU v Liberci, 1997
- [2] Krčma, R.-Jirsák, O.-Hanuš, J.: What's New Higloft Production, Nonwovens Industry 28, USA, 1997
- [3] Lukáš, D.: Teorie netkaných textilií, TU v Liberci, 1999
- [4] Lukáš, D.: Stereologie textilních materiálů, TU v Liberci, 1999
- [5] Košková, B.: Struktura a vlastnosti vláken, TU Liberec, 1989
- [6] Jirsák, O., Macková, I., Tunegová, M. : Strukturní parametry a stlačitelnost kolmo kladených textilií
- [7] Jahodová, P.: Vybrané vlastnosti kolmo kladených textilií (diplomová práce), TU v Liberci, 1995
- [8] Kovářová, J.: Vliv technologie výroby pojených netkaných textilií na jejich stlačitelnost (diplomová práce), TU v Liberci, 1996
- [9] Kotišová, R.: Vybrané vlastnosti kolmo kladené netkané textilie STRUTO (diplomová práce), TU v Liberci, 1999
- [10] Čechová, B.: Vybrané vlastnosti kolmo kladených netkaných textilií v závislosti na materiálové proměnné (diplomová práce), TU v Liberci, 2001
- [11] Šimerová, B.: Souvislosti mezi množstvím a velikostí spojů mezi vlákny vertikálně skládaných netkaných textilií a jejich odpor proti deformaci (diplomová práce), TU v Liberci, 1994
- [12] Macurová, K.: Monokomponentní a bikomponentní pojivá vlákna v objemných termicky pojených netkaných textilií (diplomová práce), TU v Liberci, 2002
- [13] Martinová, L.: Struktura a vlastnosti tepelně pojených netkaných textilií (disertační práce), VŠST Liberec, 1994
- [14] Neckář, B.: Morfologie a strukturní mechanika obecných vlákenných útvarů, TU v Liberci, 1998
- [15] Macková, I., Saunders, T.: Struto and Its Industrial Applications, Beltwide cott. conf., Atlanta Georgia, 2002
- [16] EDANA, 40.3 – 90.
- [17] ČSN 80 0845
- [18] DIN 53 855
- [19] ČSN 64 5441

SEZNAM PŘÍLOH

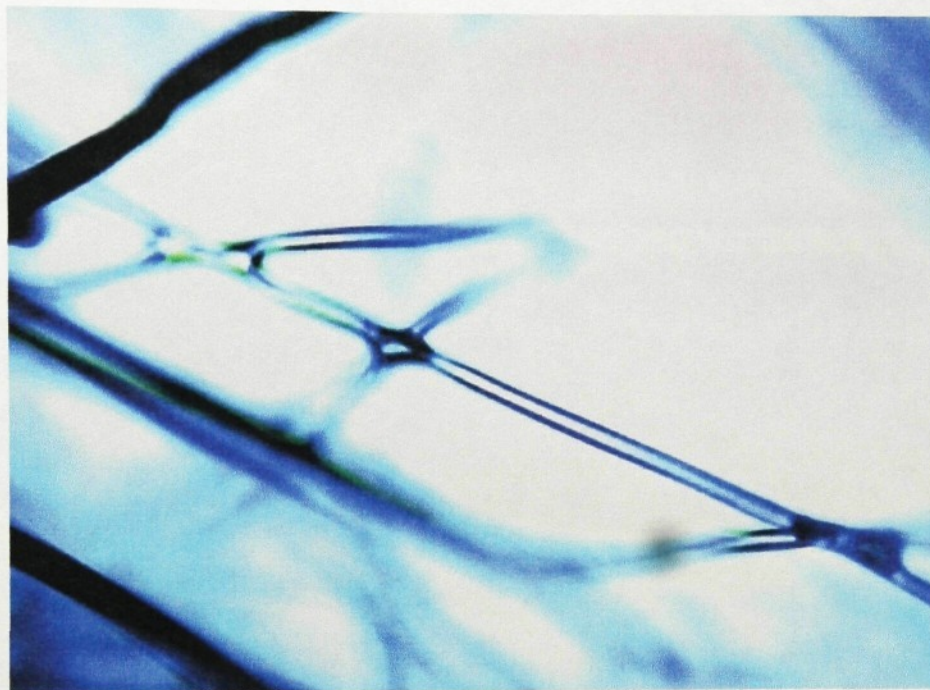
Příloha č.1: Snímky vnitřní struktury KKNT

Příloha č.2: Tabulky

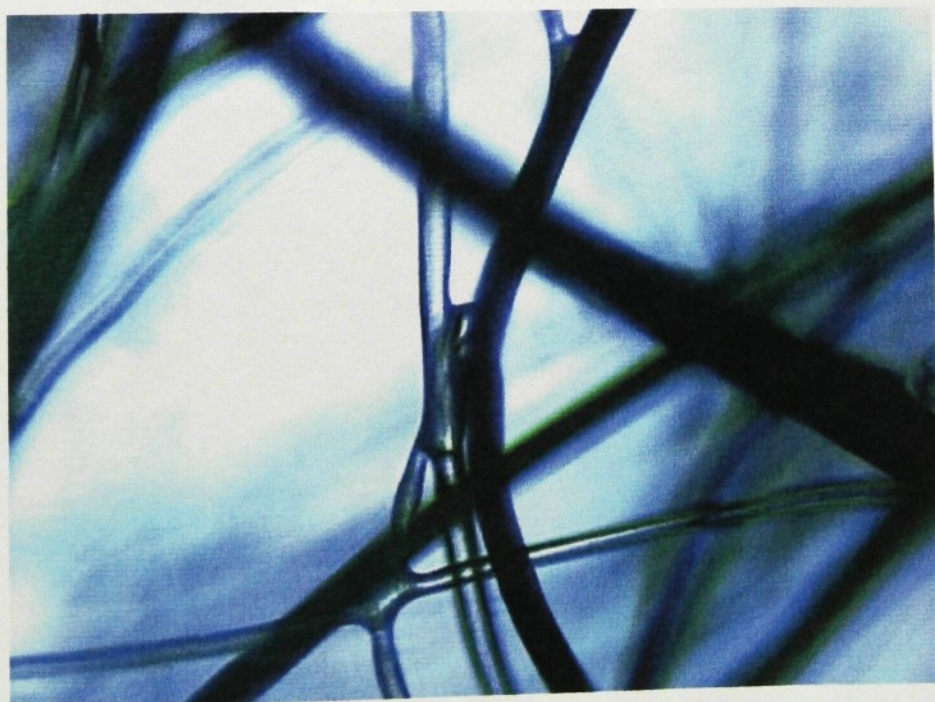
Příloha č.3: Grafy

Příloha č.1: Snímky vnitřní struktury KKNT

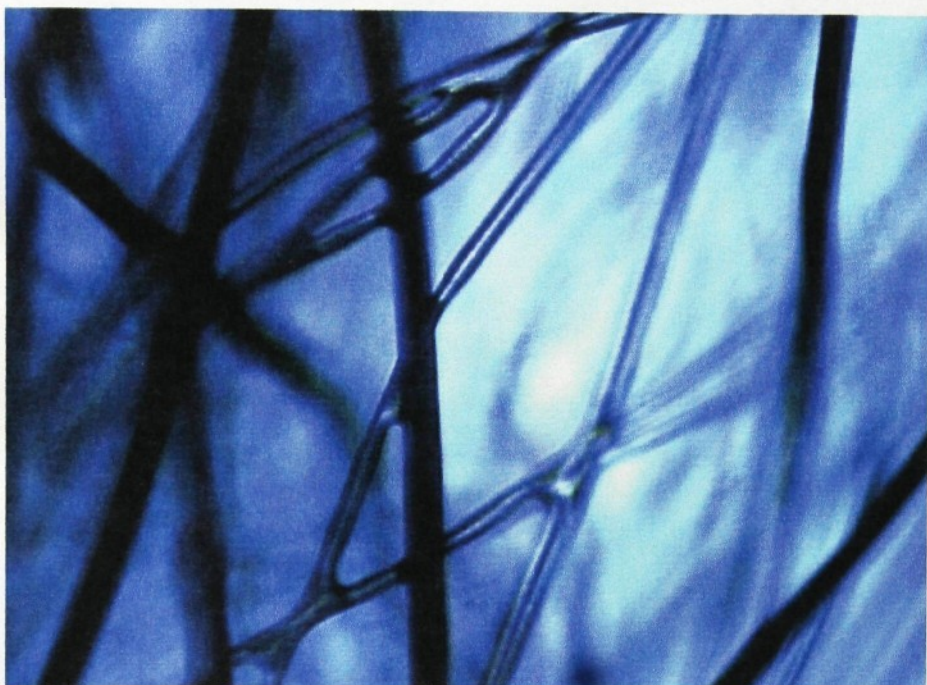
Obrázek č.1: Snímek vnitřní struktury vzorku A při nulovém stlačení



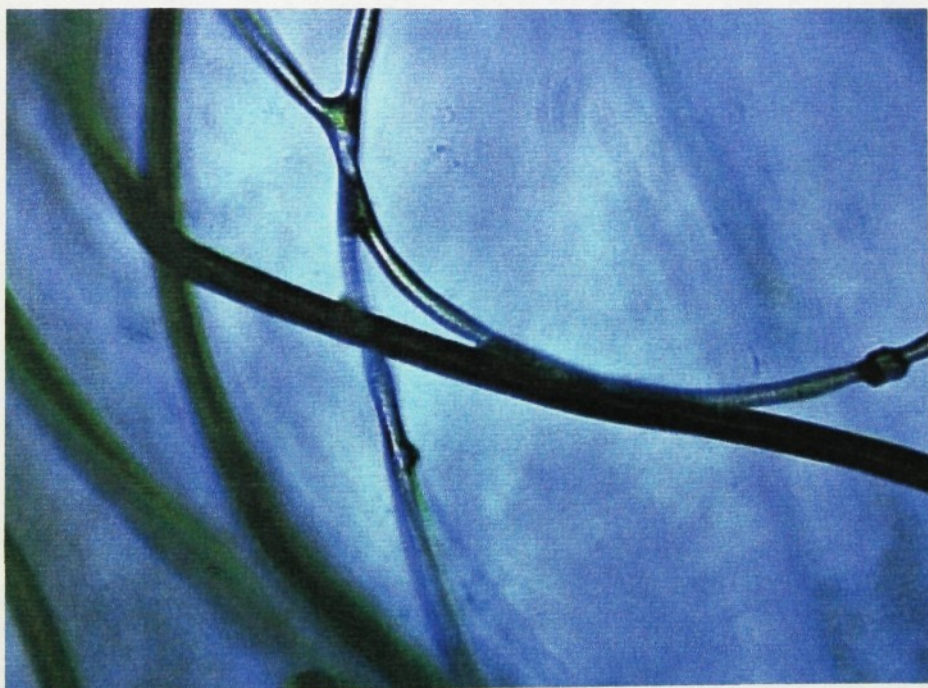
Obrázek č.2: Snímek vnitřní struktury vzorku A při stlačení o 0,5 cm



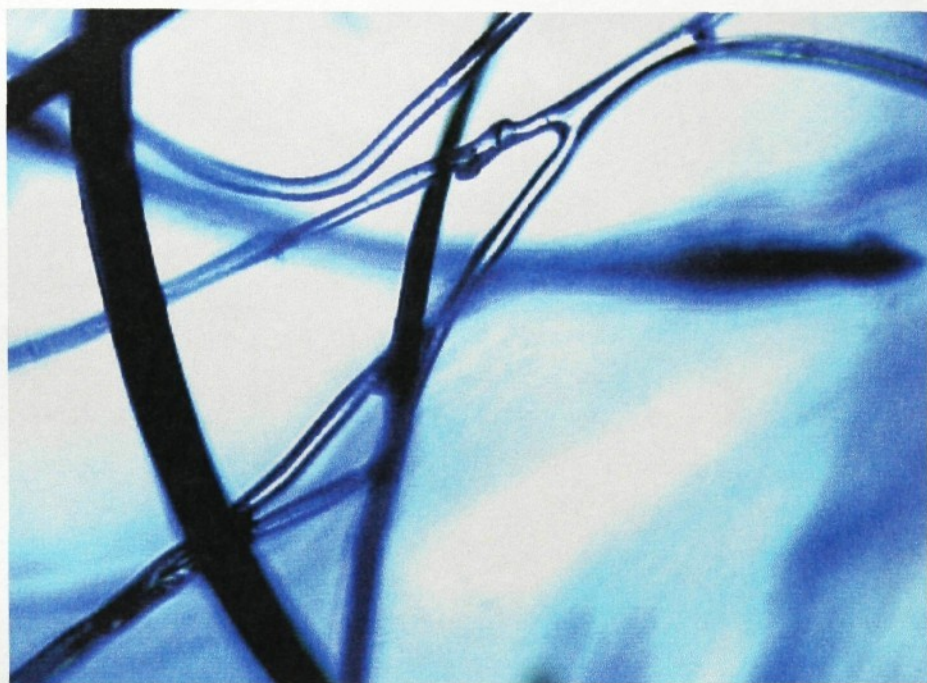
Obrázek č.3: Snímek vnitřní struktury vzorku A při stlačení o 1 cm



Obrázek č.4: Snímek vnitřní struktury vzorku B při nulovém stlačení



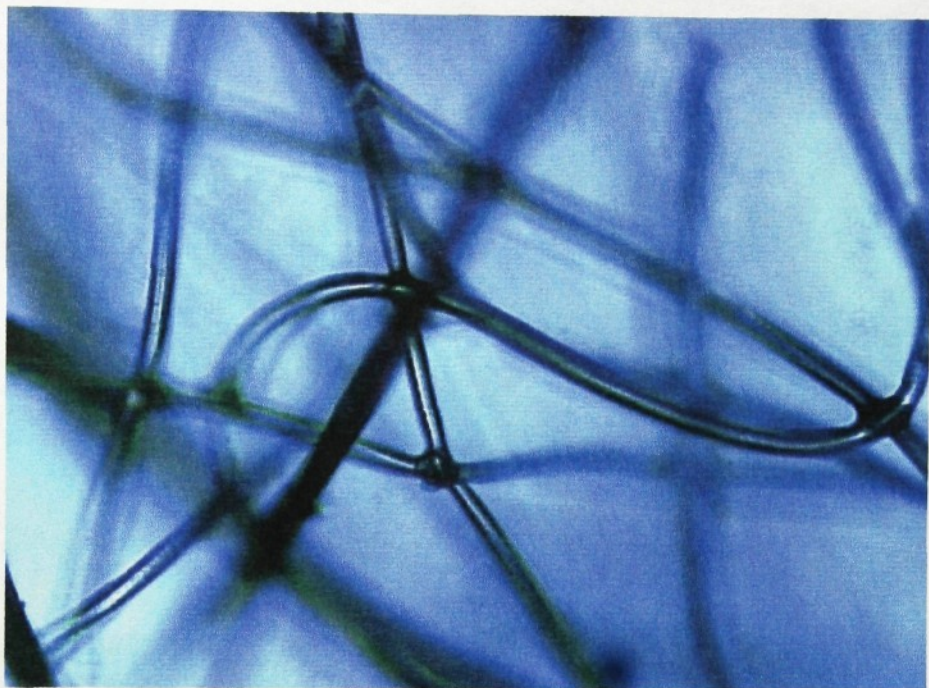
Obrázek č.5: Snímek vnitřní struktury vzorku B při stlačení o 0,5 cm



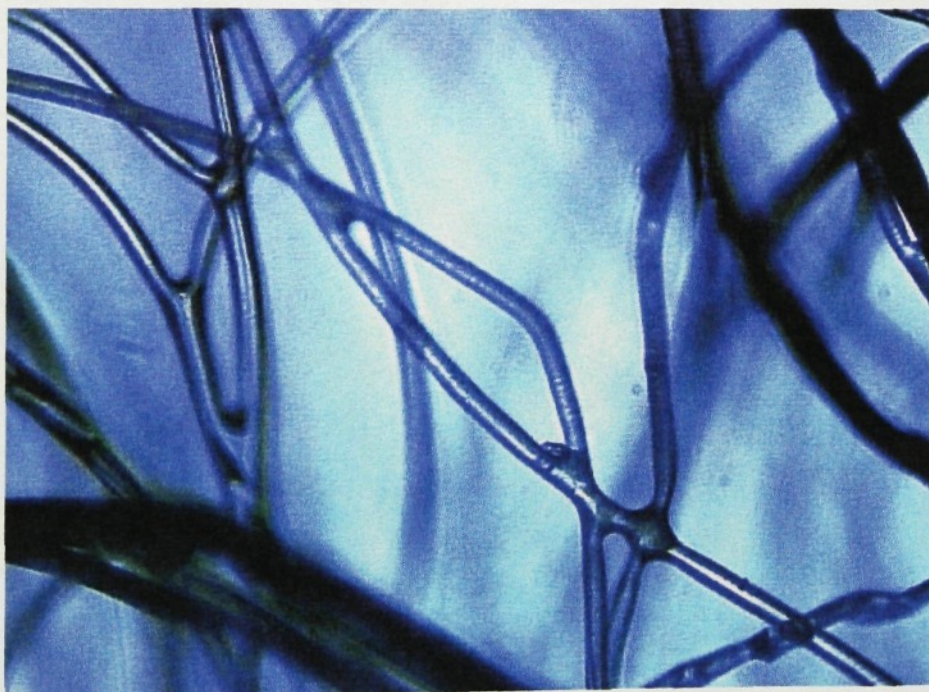
Obrázek č.6: Snímek vnitřní struktury vzorku B při stlačení o 1 cm



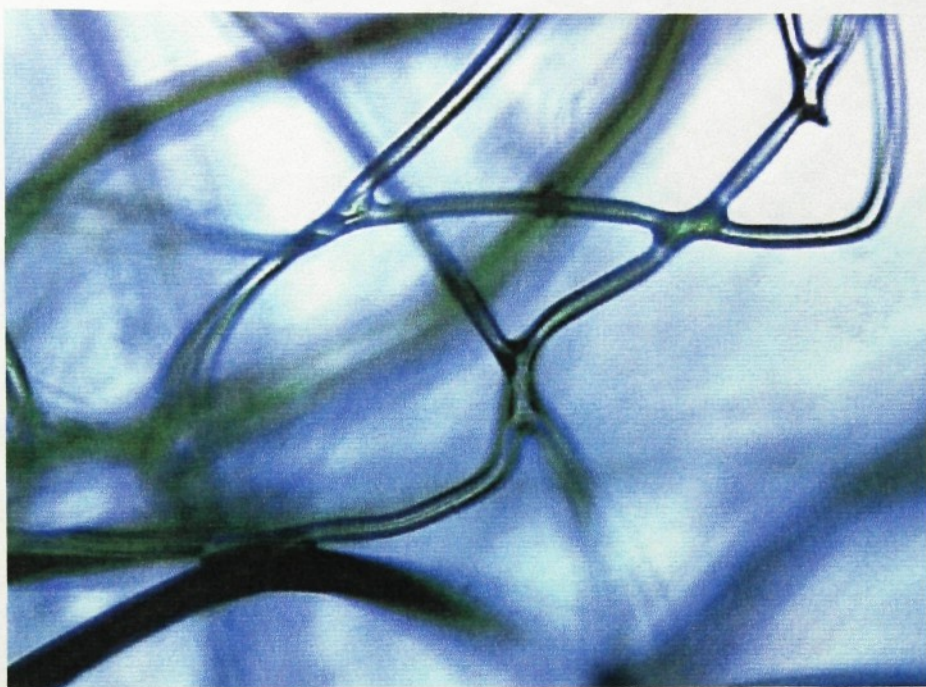
Obrázek č.7: Snímek vnitřní struktury vzorku C při nulovém stlačení



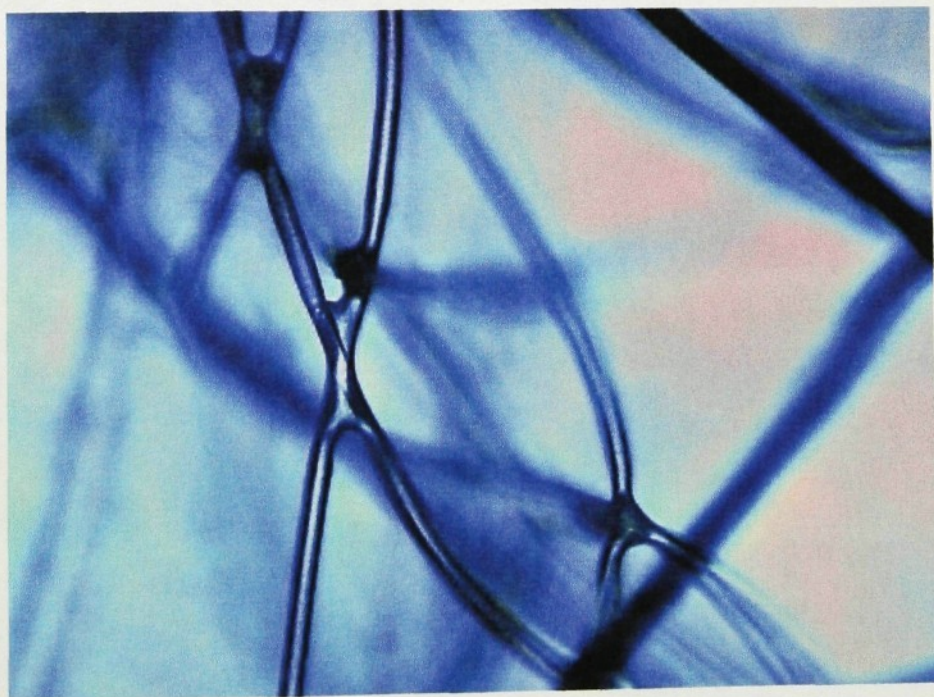
Obrázek č.8: Snímek vnitřní struktury vzorku C při stlačení o 0,5 cm



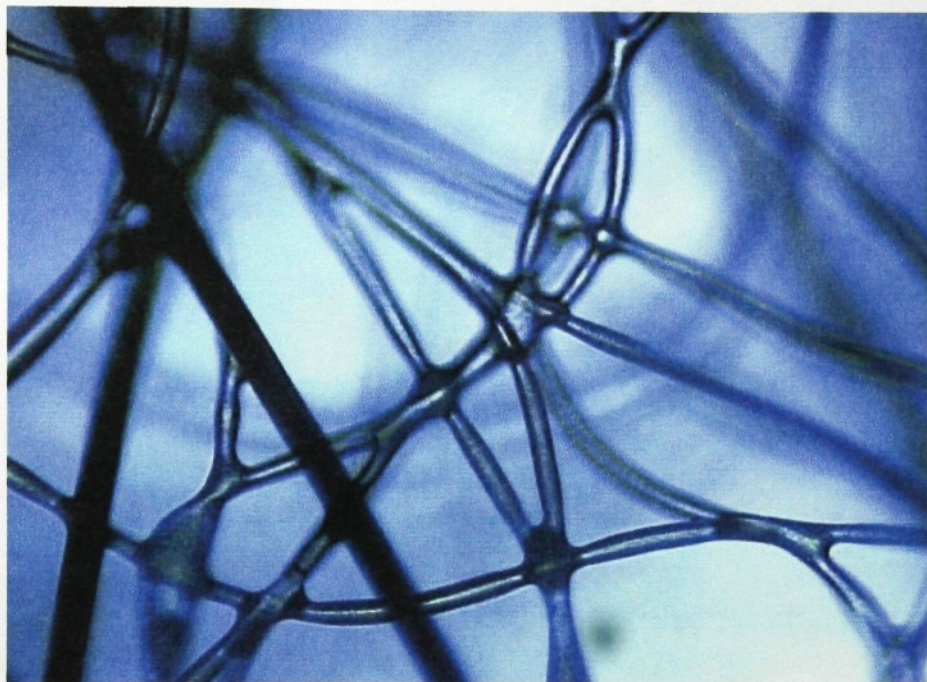
Obrázek č.9: Snímek vnitřní struktury vzorku C při stlačení o 1cm



Obrázek č.10: Snímek vnitřní struktury vzorku D při nulovém stlačení



Obrázek č.11: Snímek vnitřní struktury vzorku D při stlačení o 0,5 cm



Obrázek č.12: Snímek vnitřní struktury vzorku D při stlačení o 1 cm



Příloha č.2: Tabulky

Tab.č.1

vzorek	Tloušťka [mm]												$\bar{x}$	s	s^2	v
	31	32	31	31	30	31	31	31	31	29	31	30				
A	31	32	31	31	30	31	31	31	31	29	31	30	30,7	0,781025	0,61	2,54
B	32	32	31	31	32	31	31	31	31	31	32	33	31,5	0,806226	0,65	2,56
C	31	30	31	30	30	30	30	30	31	29	31	30	30,2	0,6	0,36	1,99
D	32	31	30	30	29	30	30	30	30	31	30	30	30,3	0,781025	0,61	2,58

Tab.č.2

vzorek	Plošná hmotnost $g \cdot m^{-2}$												$\bar{x}$	s	s^2	v
	352,3	354,1	333,2	324,1	314,4	365,3	382,1	354,2	396,1	330,2	551,2	509,76				
A	352,3	354,1	333,2	324,1	314,4	365,3	382,1	354,2	396,1	330,2	551,2	509,76	350,6	24,57295	603,83	7,01
B	502,5	503,8	454,2	465,1	453,5	534,8	521,2	544,5	566,8	551,2	551,2	509,76	509,76	39,07739	1527,042	7,67
C	300,5	304,2	311,8	282,3	332,8	311,5	322,5	299,3	300,4	323,8	300,4	308,91	308,91	13,99274	195,7969	4,53
D	514,2	488,9		496,3	489,2	523,1	514,4	542,8	513,5	522,4	522,4	509,99	509,99	16,54693	273,8009	3,25

Tab.č.3

vzorek	Objemová hmotnost $kg \cdot m^{-3}$												$\bar{x}$	s	s^2	v
	11,37	11,07	10,75	10,46	10,48	11,78	12,33	11,43	12,45	11,01	16,7	16,182				
A	11,37	11,07	10,75	10,46	10,48	11,78	12,33	11,43	12,45	11,01	16,7	16,182	11,313	0,667189	0,445141	5,89
B	15,7	15,74	14,65	15,5	14,17	17,25	16,81	17,02	18,28	16,7	18,28	16,7	16,182	1,191434	1,419516	7,36
C	9,69	10,14	10,06	9,41	11,9	10,38	10,75	9,66	10,36	10,79	10,79	10,314	10,314	0,683201	0,466764	6,62
D	16,07	15,77	16,5	15,88	16,87	17,44	17,15	18,09	16,57	17,41	17,41	16,775	16,775	0,717638	0,515005	4,28

Tab.č.4: Počty pojivých míst pro jednotlivé materiály při třech úrovních stlačení a jejich statistické zpracování

vzorek snímek	A			B			C			D		
	0%	15,00%	30,00%	0%	15,00%	30,00%	0%	15,00%	30,00%	0%	15,00%	30,00%
1.	3	5	5	6	7	11	10	4	12	8	3	9
2.	4	6	7	3	4	6	9	7	6	14	4	15
3.	5	6	3	4	4	5	6	8	5	4	7	11
4.	3	6	11	6	5	4	5	7	5	6	12	10
5.	4	4	4	5	3	4	4	12	11	8	4	10
6.	1	9	6	3	6	7	3	6	3	8	10	7
7.	5	4	3	7	6	5	3	8	4	3	6	8
8.	3	4	2	7	6	5	9	5	5	8	4	12
9.	3	7	4	3	6	3	4	4	3	4	4	15
10.	4	3	7	9	4	4	4	8	10	4	5	12
11.	4	4	6	8	7	7	7	5	2	9	2	9
12.	5	5	5	6	6	7	8	7	6	5	14	8
13.	6	4	4	5	5	6	7	6	5	4	17	11
14.	5	4	4	4	4	9	5	10	6	5	6	8
15.	1	4	8	5	6	5	7	6	7	14	10	10
16.	9	6	6	3	6	7	6	5	6	7	6	8
17.	5	6	7	6	6	5	6	8	9	11	8	6
18.	3	5	10	3	6	6	4	7	5	6	7	10
19.	5	4	6	5	3	7	7	7	7	4	6	8
20.	7	5	6	9	4	5	6	6	10	9	4	10
$\bar{x}$ cm	4,25	5,05	5,7	5,35	5,2	5,9	6	6,8	6,35	7,05	6,95	9,85
s cm	1,790382	1,359179	2,21004	1,8988	1,1357	1,3873	1,749286	1,774373	2,356177	3,130514	3,678093	2,299906
s ² cm ²	3,2055	1,8474	4,8843	3,6054	1,2898	1,9246	3,06	3,1484	5,5516	9,8	13,5283	5,2896
v %	42,13	26,91	38,77	35,49	21,84	23,51	29,16	26,1	37,11	44,4	52,9	23,35

Tab.č.5: Hodnoty ploch průmětů pojivých míst pro vzorek A při nulovém stlačení [μ 2]

P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\sum p_i$	$\sum p_i/A$	$\sum p_i/A \cdot 100$
S												
1	3023,5	1492,83	2881,2							7397,53	0,016	1,623
2	7141,18	2454,55	6707,29	9684,46						25987,48	0,057	5,703
3	2117,84	5934,12	5833,65	2996,1	3625,72					20507,43	0,045	4,500
4	2029,15	7689,24	7875,19							17593,58	0,039	3,861
5	1534,59	1205,09	1518,93	5751,44						10010,05	0,022	2,197
6	1535,24									1535,24	0,003	0,337
7	2803,62	5115,29	1777,95	11820,62	2508,06					24025,54	0,053	5,272
8	3383,66	816,88	1828,19							6028,73	0,013	1,323
9	6584,63	2874,09	2205,97							11664,69	0,026	2,560
10	2673,78	5125,07	10266,46	6453,48						24518,79	0,054	5,380
11	2580,48	10610,31	2061,12	1442,59						16694,5	0,037	3,663
12	9848,23	4705,54	1218,14	3002,62	4593,97					23368,5	0,051	5,128
13	4267,74	2235,98	1058,29	2027,19	1294,48	1506,53				12390,21	0,027	2,719
14	2167,47	2898,23	2152,47	1026,97	2675,75					10920,89	0,024	2,396
15	5727,29									5727,29	0,013	1,257
16	5207,94	2413,45	1694,44	1834,72	4127,46	3907,58	1276,86	4367,57	1615,49	26445,51	0,058	5,803
17	1877,13	1933,89	9173,59	4028,29	953,9					17966,8	0,039	3,943
18	2383,44	1961,29	1712,71							6057,44	0,013	1,329
19	1130,06	1314,05	8084,41	3103,1	2304,49					15916,11	0,035	3,493
20	4156,82	1426,28	1648,11	1744,03	1040,02	1254,03	4346,04			15615,33	0,034	3,427
										průměr [%]		
Ppočet pojivých míst										směrodatná odchylka [%]		
Ssnímek										rozptyl [%]2		
										variační koeficient [%]		
										3,296		
										1,62		
										2,621		
										49,15		

Tab.č.7: Hodnoty ploch průmětů pojivých míst pro vzorek A při stlačení o 30% [μ2]

P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	$\sum p_i$	$\sum p_i / A$	$(\sum p_i / A) \cdot 100$
S														
1	1668,34	1914,97	2044,16	1403,44	2971,96	5846,69						15849,56	0,035	3,478
2	1482,39	1308,83	1160,07	2271,21	7518,3							13740,8	0,030	3,015
3	1958,03	2566,13	1901,92	1328,41								7754,49	0,017	1,702
4	2652,25	2692,22	1736,2	5933,47								13014,14	0,029	2,856
5	3884,09	1391,7	15238,86	4295,14	3284,48	888	4338,21	6225,77				39546,25	0,087	8,678
6	2735,11	3835,16	1502,62	1756,42	5639,86	2260,12						16226,67	0,036	3,561
7	1879,08	1529,37	1267,73	4618,11	1471,95	2661,38	4394,97					17822,59	0,039	3,911
8	4582,88	713,14	1295,13	1160,07	4742,73	4124,2	2239,9	3581,35	3022,19	2124,41		27586	0,061	6,053
9	2377,56	3044,38	9073,11	4269,7	6630,3	3827,33						29222,38	0,064	6,412
10	2686,83	3065,91	1715,97	2092,44	3231,63	2949,12						15741,9	0,035	3,454
11	2533,5	1423,67	3467,83	3408,45	2389,96							13223,41	0,029	2,902
12	2989,57	7962,62	2923,02	2121,15	3759,47	1911,71	3145,51					24813,05	0,054	5,445
13	1344,07	4946,95	5731,21									12022,23	0,026	2,638
14	1858,21	2587	2129,63	4025,03	11994,17	6082,23	1943,03	3859,3	1700,31	4779,27	2800,36	43758,54	0,096	9,602
15	6106,37	1216,84	4535,9	2642,59								14501,7	0,032	3,182
16	3245,99	3360,17	3211,41	2171,39	4843,21	1390,39						18222,56	0,040	3,999
17	1488,91	2520,45	12092,69									16102,05	0,035	3,533
18	10248,19	9493,29										19741,48	0,043	4,332
19	3357,56	1805,36	1460,86	1133,32								7757,1	0,017	1,702
20	5597,45	1283,39	1439,33	2069,6	10811,92	3454,78	1874,52					26530,99	0,058	5,822
průměr [%]														
směrodatná odchylka [%]														4,314
rozptyl [%]2														2,054
variační koeficient [%]														4,219
47,61														

Ppočet pojivých míst

Ssnímek

Tab.č.8: Hodnoty ploch průmětů pojivých míst pro vzorek B při nulovém stlačení [μ2]

P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\sum p_i$	$\sum p_i / A$	$(\sum p_i / A) \cdot 100$
S												
1	9116,17	2457,82	3221,85	1541,11	991,74	1757,73				19086,42	0,042	4,188
2	2272,52	2577,22	3208,8							8058,54	0,018	1,768
3	5665,96	4344,08	2198,14	7235,78						19443,96	0,043	4,267
4	3169	2099,62	7131,39	4187,49	2953,69	3852,12				23393,31	0,051	5,133
5	3687,7	2657,16	1487,61	1377,34	9280,59					18490,4	0,041	4,057
6	4755,78	11086,6	5333,86							21176,24	0,046	4,647
7	5793,85	3066,56	5265,35	3961,74	1789,7	1229,23	5515,24			26621,67	0,058	5,842
8	5409,55	6876,93	3591,79	8480,68	4527,42	3552,64	4430,86			36869,87	0,081	8,091
9	7428,26	2530,89	2964,78							12923,93	0,028	2,836
10	1714,01	2448,03	2588,31	2537,42	8155,75	4845,82	8259,49	5741	2273,17	38563	0,085	8,462
11	5006,33	2138,11	1858,86	4970,44	763,38	2321,45	4967,18	5655,52		27681,27	0,061	6,074
12	4072	1445,2	2658,12	3627,03	1703,57	7018,51				20524,43	0,045	4,504
13	6016,99	2595,49	3150,08	3276	6523,3	5411,5	4387,79	2122,45	2095,7	35579,3	0,078	7,807
14	4648,13	25706,93	4138,55	1898,66	1054,38					37446,65	0,082	8,217
15	19614,25	7583,54	5726,64	1896,05						34820,48	0,076	7,641
16	3473,7	10019,18	1030,23	1167,9	4004					19695,01	0,043	4,322
17	1950,86	4306,89	3956,52							10214,27	0,022	2,241
18	2525,02	3105,71	2740,98	5120,51	2401,05	1258,6				17151,87	0,038	3,764
19	7351,27	2721,41	3593,75							13666,43	0,030	2,999
20	2354,73	1576,34	3989,79	3633,55	7387,81					18942,22	0,042	4,157
										průměr [%]		
P.....počet pojivých míst										směrodatná odchylka [%]		
S.....snímek										rozptyl [%]2		
										variační koeficient [%]		
										5,051		
										2,006		
										4,024		
										39,72		

Tab.č.10: Hodnoty ploch průmětů pojivých míst pro vzorek B při stlačení o 30% [μ2]

P S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	$\sum p_i$	$\sum p_i / A$	$(\sum p_i / A) \cdot 100$
1	5953,87	1730,98	6657,05	4167,91	6869,1	4410,63	674,64	3144,86	3442,38	2127,67	4398,89	43477,98	0,095	9,541
2	4102,67	1698,35	2181,83	1334,28	7094,85	2438,9						18850,88	0,041	4,137
3	5468,27	3592,44	2598,1	4552,87	2294,7							18506,38	0,041	4,061
4	1892,13	7658,58	8027,87	4592,67								22171,25	0,049	4,865
5	4468,05	4376,7	3268,82	3342,55								15456,12	0,034	3,392
6	1926,06	8679,02	4181,62	3743,82	3412,37	5817,33	9788,21					37548,43	0,082	8,239
7	5110,72	13449,81	6505,03	4666,39	3621,81							33353,76	0,073	7,319
8	6659,66	2347,55	8724,04	2656,16	5221,64							25609,05	0,056	5,620
9	9795,38	1736,85	2517,19									14049,42	0,031	3,083
10	3116,8	3730,77	6380,41	2447,38								15675,36	0,034	3,440
11	3645,95	3743,16	1823,63	2410,84	3068,52	2267,95	3709,24					20669,29	0,045	4,536
12	3279,92	2177,91	6357,57	3241,42	6230,34	3744,47	1764,9					26796,53	0,059	5,880
13	8178,59	9567,02	5720,77	2297,31	2388	2855,82						31007,51	0,068	6,804
14	4710,11	11716,22	2289,48	3102,45	2080,7	7205,12	2979,79	5488,49	6080,28			45652,64	0,100	10,018
15	3400,62	1819,71	6799,29	4522,2	2297,31							18839,13	0,041	4,134
16	2785,35	3512,19	4061,56	3260,34	2086,57	1734,89	10110,52					27551,42	0,060	6,046
17	2669,21	3550,04	1214,88	3732,07	2836,9							14003,1	0,031	3,073
18	7327,78	6083,54	3979,35	4027,64	2170,08	2540,68						26129,07	0,057	5,734
19	2312,32	3069,17	1941,07	2801,01	2865,6	5585,06	3928,46					22502,69	0,049	4,938
20	3153,34	4925,42	2645,07	3892,58	8944,57							23560,98	0,052	5,170
P.....počet pojivých míst												průměr [%]		5,501
S.....snímek												směrodatná odchylka [%]		1,972
												rozptyl [%]2		3,889
												variace koeficient [%]		35,85

Tab.č.11: Hodnoty ploch průmětů pojivých míst pro vzorek C při nulovém stlačení [$\mu 2$]

P S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\sum p_i$	$\sum p_i / A$	$(\sum p_i / A) \cdot 100$
1	2262,08	1288,61	2132,24	1892,13	1814,49	1262,51	1905,18	2933,46	2523,06	1617,45	19631,21	0,043	4,308
2	2976,52	1550,25	2242,51	4545,69	5346,91	1319,93	3632,25	2310,36	2380,83		26305,25	0,058	5,772
3	5359,31	1368,86	6236,87	1439,98	1753,81	5611,81					21770,64	0,048	4,777
4	2708,36	1736,2	1443,89	1214,88	1561,34						8664,67	0,019	1,901
5	1668,34	1627,24	3345,16	2326,67							8967,41	0,020	1,968
6	11575,95	1424,32	2917,8								15918,07	0,035	3,493
7	12426,1	2799,05	4334,29								19559,44	0,043	4,292
8	2434,33	4107,24	4984,79	3090,05	5375,62	2511,97	3143,55	1948,9	7956,75		35553,2	0,078	7,802
9	8928,26	1835,37	2580,48	6867,79							20211,9	0,044	4,435
10	15450,91	4997,84	8198,81	1118,97							29766,53	0,065	6,532
11	1850,38	4694,45	3807,76	1436,72	1889,52	2127,67	1387,13				17193,63	0,038	3,773
12	6703,37	3281,87	1126,15	3646,6	2006,31	2097,66	1869,3	2892,36			23623,62	0,052	5,184
13	2856,47	5557	2281	1201,83	1145,72	8282,98	5688,8				27013,8	0,059	5,928
14	2464,99	1055,68	1337,54	3121,37	5679,01						13658,59	0,030	2,997
15	5633,99	14036,37	2145,94	1534,59	1214,23	1798,18	1873,21				28236,51	0,062	6,196
16	6622,47	4807,98	15236,9	1901,27	3195,75	3613,98					35378,35	0,078	7,763
17	8746,23	1849,72	2059,82	8748,84	2998,71	2796,44					27199,76	0,060	5,969
18	1822,97	8806,91	6132,47	10058,98							26821,33	0,059	5,886
19	2597,44	7182,93	3155,95	2605,27	2330,59	2198,79	1680,08				21751,05	0,048	4,773
20	2065,04	4218,81	3271,43	4513,07	2774,91	2461,08					19304,34	0,042	4,236
											průměr [%]		
P											směrodatná odchylka [%]	1,594	
S											rozptyl [%]2	2,541	
											variační koeficient [%]	32,54	

Tab.č.12: Hodnoty ploch průmětů pojivých míst pro vzorek C při stlačení o 15% [μ2]

P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\sum p_i$	$\sum p_i / A$	$(\sum p_i / A) \cdot 100$
S													
1	6655,75	3196,4	2382,78	3162,47							15397,4	0,034	3,379
2	2816,67	2252,29	4539,82	2429,76	2265,99	3992,4	1308,18				19605,11	0,043	4,302
3	2525,02	1668,34	1580,91	3227,07	1672,91	1267,08	2052,64	2113,32			16107,29	0,035	3,535
4	4336,9	3354,95	1651,38	1979,56	2023,28	6511,55	547,41				20405,03	0,045	4,478
5	3505,67	1465,43	4766,22	6649,22	3670,09	3683,79	4672,27	9695,56	1808,62	1585,48	41502,35	0,091	9,107
6	3961,71	1736,2	1347,33	8336,48	6879,54	2626,8					24888,06	0,055	5,461
7	4155,52	1647,46	1516,97	4132,68	2396,49	2593,53	1827,54	417,57			18687,76	0,041	4,101
8	2070,91	2620,93	4613,55	4939,78	8213,17						22458,34	0,049	4,928
9	5900,2	6385,63	3733,38	5743,61							21762,82	0,048	4,776
10	3942,82	17155,78	7877,8	6970,23	6875,62	3220,54	2309,06	3940,21			52292,06	0,115	11,475
11	2281	1721,19	5930,21	3318,41	2294,05						15544,86	0,034	3,411
12	5877,36	2422,58	1920,19	5301,89	3507,63	2071,56	10665,76				31766,97	0,070	6,971
13	1755,12	6296,24	2139,42	7742,74	3501,1	8776,24					30210,86	0,066	6,629
14	642,02	2404,97	4039,38	2476,09	1875,82	7319,95	2682,92	1281,43	1041,33	5911,94	29675,85	0,065	6,512
15	5911,94	3892,58	931,71	5953,05	1877,78	4391,06					22958,12	0,050	5,038
16	2354,73	1277,52	4358,43	12762,12	7174,45						27927,25	0,061	6,128
17	1485,65	4316,02	2770,35	2754,03	2195,53	4470,66	3593,1	6008,5			27593,84	0,061	6,055
18	3272,09	3436,51	2239,9	3068,52	2056,55	1781,87	5926,95				21782,39	0,048	4,780
19	2776,22	1427,58	3212,06	3779,7	8052,01	1933,99	2637,24				23818,7	0,052	5,227
20	3079,61	4613,54	2414,75	3075,04	6488,06	1471,95					21142,95	0,046	4,640
											průměr [%]		5,547
											směrodatná odchylka [%]		1,916
											rozptyl [%]2		3,671
											variální koeficient [%]		34,54

Ppočet pojivých míst

Ssnímek

Tab.č.13: Hodnoty ploch průmětů pojivých míst pro vzorek C při stlačení o 30% [μ2]

P S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\sum p_i$	$\sum p_i / A$	$(\sum p_i / A) \cdot 100$
1	1491,52	1826,24	3317,11	4567,87	1310,14	4148,99	1710,75	3291,01	6463,92	2352,77	2825,8	3713,15	37019,27	0,081	8,123
2	1378	1541,76	5495,02	9949,36	2018,71	2466,95							22849,8	0,050	5,014
3	2016,1	2083,96	2587,66	2437,59	5868,88								14994,19	0,033	3,290
4	1369,51	2239,9	2229,46	1858,86	3214,02								10911,75	0,024	2,394
5	1227,28	5769,05	5035,03	2038,94	2204,66	1803,4	2174	3267,52	2611,15	2675,74	2220,32		31027,09	0,068	6,808
6	3604,19	6028,73	2780,78										12413,7	0,027	2,724
7	2742,29	2115,28	5494,37	3826,68									14178,62	0,031	3,111
8	1966,53	7100,07	3234,24	3058,08	2588,96								17977,88	0,039	3,945
9	2377,56	8358,01	2738,37										13473,94	0,030	2,957
10	1438,02	1962,6	1792,96	5728,6	2617,02	3677,26	7191,41	6508,94	374,51	427,36			31718,68	0,070	6,960
11	3593,75	11459,16											15052,91	0,033	3,303
12	8738,4	7184,24	8165,54	1775,34	3384,96	5383,45							34631,93	0,076	7,599
13	2387,35	8625,52	1650,07	1757,73	1514,36								15935,03	0,035	3,497
14	8697,29	7776,67	3514,15	3442,38	1576,34	10774,73							35781,56	0,079	7,852
15	1863,43	4014,59	2759,91	3146,81	4874,53	4261,87	5796,46						26717,6	0,059	5,863
16	3006,54	2027,85	1616,14	3993,06	1391,7	2446,73							14482,02	0,032	3,178
17	2327,98	1293,18	1987,39	1819,71	6602,9	4180,96	2124,41	3087,44	3465,87				26889,84	0,059	5,901
18	2666,6	4364,31	2892,36	2082	3550,04								15555,31	0,034	3,413
19	3932,38	2286,22	1914,32	1916,93	1993,27	1546,33	1509,79						15099,24	0,033	3,313
20	1148,33	1871,91	1980,22	3586,57	6389,54	6461,96	3158,56	2947,16	3044,38	3346,47			33935,1	0,074	7,447
													průměr [%]		4,835
P.....počet pojivých míst													směrodatná odchylka [%]		1,955
S.....snímek													rozptyl [%]2		3,822
													variační koeficient [%]		40,43

Tab.č.14: Hodnoty ploch průmětů pojivých míst pro vzorek D při nulovém slačení [$\mu 2$]

P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$\sum p_i$	$\sum p_i / A$	$(\sum p_i / A) \cdot 100$
S																	
1	1062,2	3113,54	5307,76	3460	3388,22	1105,27	1408,01	1633,76							20478,76	0,045	4,494
2	3712,5	1351,24	2806,88	2392,57	2617,02	7321,91	4473,27	1921,49	2110,06	3082,22	1197,26	2944,55	2916,5	1597,22	40444,69	0,089	8,875
3	11158,37	4272,96	1363,64	1807,31											18602,28	0,041	4,082
4	5236,64	1727,06	2016,75	6894,55	2098,96	1847,77									19821,73	0,043	4,350
5	3165,08	2564,17	1401,48	1567,21	2023,93	1911,06	3209,45	1342,11							17184,49	0,038	3,771
6	8297,33	2407,58	1839,94	2419,97	4088,97	4455,65	1597,87	1304,92							26412,23	0,058	5,796
7	2292,74	2113,32	6128,56												10534,62	0,023	2,312
8	2373,65	1550,25	4107,89	2457,82	3959,13	1865,38	1859,51	2457,16							20630,79	0,045	4,527
9	1856,9	2059,16	8569,41	3396,71											15882,18	0,035	3,485
10	3454,78	3907,58	1785,13	1685,96											10833,45	0,024	2,377
11	3963,69	2560,25	4488,27	1941,72	1652,68	2793,83	2639,2	6086,15	3630,29						29756,08	0,065	6,530
12	1821,67	1680,08	7424,34	1704,88	1456,94										14087,91	0,031	3,091
13	2868,87	4012,63	3981,96	2167,47											13030,93	0,029	2,859
14	2138,85	1793,61	8344,96	1849,72	2109,4										16236,54	0,036	3,563
15	1612,23	1388,43	1396,92	1550,9	2566,13	1025,67	1622,02	1204,44	2720,76	3267,52	1684	2344,94	1630,5	4467,39	28481,85	0,062	6,250
16	4023,07	14131,63	4512,41	4954,13	4122,24	1745,33	2776,22								36285,03	0,080	7,958
17	1711,4	1578,95	3763,39	3051,56	1521,54	10414,57	1664,43	1942,37	1691,18	2212,49	1831,46				31383,34	0,069	6,887
18	1323,19	1618,75	1599,18	1820,36	2281,65	4950,87									13594	0,030	2,983
19	1299,7	2840,81	2618,32	3182,05											9940,88	0,022	2,181
20	4092,88	1406,05	2045,46	5058,52	5585,06	2083,3	2009,58	5975,88	1978,91						30235,64	0,066	6,635
P	průměr [%]																
S	směrodatná odchylka [%]																
	rozptyl [%]2																
	variační koeficient [%]																

Tab.č.15: Hodnoty ploch průmětů pojivých míst pro vzorek D při stlačení o 15% [μ2]

P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\sum p_i$	$\sum p_i / A$	$(\sum p_i / A) \cdot 100$
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	6133,78	2457,16	3310,58													11901,52	0,026	2,612
2	5109,41	3401,93	2966,74	3455,43												14933,51	0,033	3,277
3	2711,62	6312,55	2545,9	1546,98	2130,93	2943,9	1665,08									19856,96	0,044	4,357
4	2291,44	2609,19	1391,7	4896,71	3968,91	2982,39	6170,31	2473,48	1748,59	3274,04	1556,77	1566,56				34930,09	0,077	7,665
5	1665,73	5979,8	4685,32	3702,06												16032,91	0,035	3,518
6	1342,76	1810,58	3332,11	1479,78	4336,9	742,74	2442,16	2612,45	1722,49	3967,61						23789,58	0,052	5,220
7	2432,37	5915,86	1413,88	2303,84	1441,94	3674										17181,89	0,038	3,770
8	1730,98	7748,62	2313,62	4234,47												16027,69	0,035	3,517
9	8042,22	7895,42	2892,36	4524,81												23354,81	0,051	5,125
10	1567,21	2589,61	3265,56	2299,27	1548,29											11269,94	0,025	2,473
11	6516,77	2157,03														8673,8	0,019	1,903
12	5246,43	3260,34	4145,08	2575,91	4541,77	2622,24	2886,48	3653,78	5612,046	3441,07	3525,89	3219,24	1715,97	2680,96		49127,21	0,108	10,780
13	2719,45	1025,01	1194,65	5071,57	3302,75	4468,7	3405,19	2571,35	2213,8	5378,23	3344,51	2314,93	2269,26	5392,1	6268,8	50940,3	0,112	11,178
14	2594,83	2883,87	4532,64	3155,95	2769,04	2359,95										18296,28	0,040	4,015
15	2395,18	2757,3	2103,53	1957,38	8624,87	5510,68	3548,08	4080,49	3046,34	1660,51						35684,36	0,078	7,830
16	1348,63	1673,56	3424,76	6756,88	4565,26	6094,63										23863,72	0,052	5,237
17	1571,12	1653,33	1396,92	2058,51	2120,5	7547,66	13293,22	3277,96								32919,22	0,072	7,224
18	6608,77	2308,4	1177,69	5423,9	2654,21	2819,28	3552,64									24544,89	0,054	5,386
19	7447,18	4725,12	4210,32	10797,56	1766,21	1318,62										30265,01	0,066	6,641
20	2535,46	3119,41	3745,77	4396,93												13797,57	0,030	3,028
																průměr [%]		
																směrodatná odchylka [%]		
																rozptyl [%]2		
																variální koeficient [%]		
																5,238		
																2,543		
																6,467		
																48,55		

P.....počet pojivých míst

S.....snímek

Tab.č.16: Hodnoty ploch průmětů pojivých míst pro vzorek D při slačení o 30% [μ2]

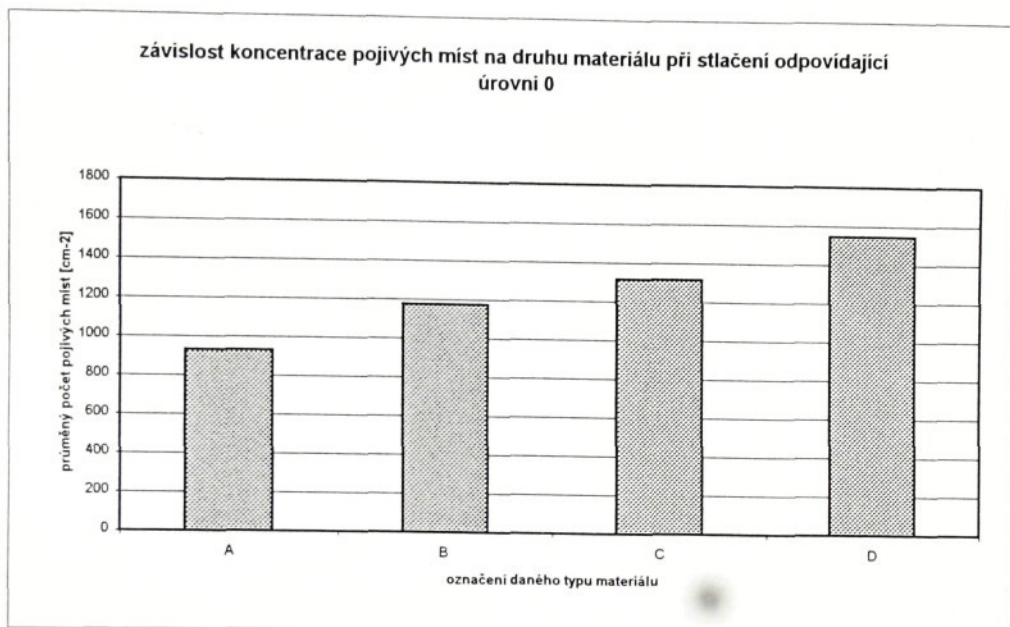
P S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\sum p_i$	$\sum p_i / A$	$(\sum p_i / A) \cdot 100$
1	1776,22	3383,66	1871,91	1035,88	3260,34	2058,51	3433,9	2371,04	2388							21579,46	0,047	4,735
2	3653,78	3456,04	1850,38	1415,84	1691,18	6077,01	1973,69	4073,96	1381,91	1679,43	3405,84	3116,15	3514,8	2852,56	2357,99	42500,56	0,093	9,326
3	3148,77	3374,52	2714,23	2429,76	1319,27	2986,08	4133,99	2847,99	10407,36	6091,37	3631,59					43064,93	0,094	9,450
4	1845,16	1933,89	1796,87	2270,56	4124,2	4959,35	1597,87	1695,09	1996,53	4033,51						26253,03	0,058	5,761
5	2192,92	2727,94	7772,76	3925,2	2584,39	4059,61	1512,4	2092,44	1953,47	1637,02						30458,15	0,067	6,684
6	2229,46	3118,11	3713,15	3683,79	4595,93	2421,93	3235,55									22997,92	0,050	5,047
7	1986,09	2290,79	4898,67	4321,24	2189,66	3297,53	3285,14	5079,4								27348,52	0,060	6,001
8	1702,92	7638,35	1898,01	3011,76	5806,24	4854,3	3101,8	1368,21	3998,93	4045,25	10581,6	1302,31				49309,68	0,108	10,820
9	1078,52	5415,42	2569,39	4860,83	4734,25	3195,1	4516,33	2320,8	1525,45	1488,26	2575,91	1347,33	3935,64	1505,23	2561,56	43630,02	0,096	9,574
10	978,69	2245,12	3364,08	3244,68	3064,6	3636,16	3841,68	2008,92	1639,63	1858,86	5891,06	3716,41				35489,89	0,078	7,788
11	2128,98	1775,34	1734,24	3510,89	4830,81	1390,39	2478,04	5722,73	5143,99							28715,41	0,063	6,301
12	5438,25	2299,27	1858,86	3446,29	1901,27	1947,59	2399,1	1340,15								20630,78	0,045	4,527
13	4023,07	2067,65	1831,46	1697,05	3084,18	2849,29	3559,82	2207,92	4265,78	3371,91	1255,99					30214,12	0,066	6,630
14	2018,71	4141,16	803,18	2814,06	1672,91	1825,58	2737,07	3735,99								19748,66	0,043	4,334
15	1962,6	2439,55	1463,47	1462,16	2723,37	2133,54	2685,53	2009,58	2672,48	1791,66						21343,94	0,047	4,684
16	4691,84	2662,04	2283,61	8853,23	1305,57	4389,1	5451,96	1650,72								31288,07	0,069	6,866
17	6042,43	5125,73	8095,07	4608,33	3171,61	1589,39										28632,56	0,063	6,283
18	3662,91	3317,76	2118,54	3059,39	1697,7	11999,39	8209,9	1764,25	3722,28	4228,03						43780,15	0,096	9,607
19	4731,64	2502,18	3330,81	4205,1	5968,7	3541,55	1565,9	3321,67								29167,55	0,064	6,400
20	4429,55	2258,82	3188,57	2583,09	2097,66	1781,87	3928,46	2092,44	1330,37	3178,79						26869,62	0,059	5,896
																průměr [%]		6,836
																směrodatná odchylka [%]		1,903
																rozptyl [%]2		3,621
																variální koeficient [%]		27,84

P.....počet pojivých míst

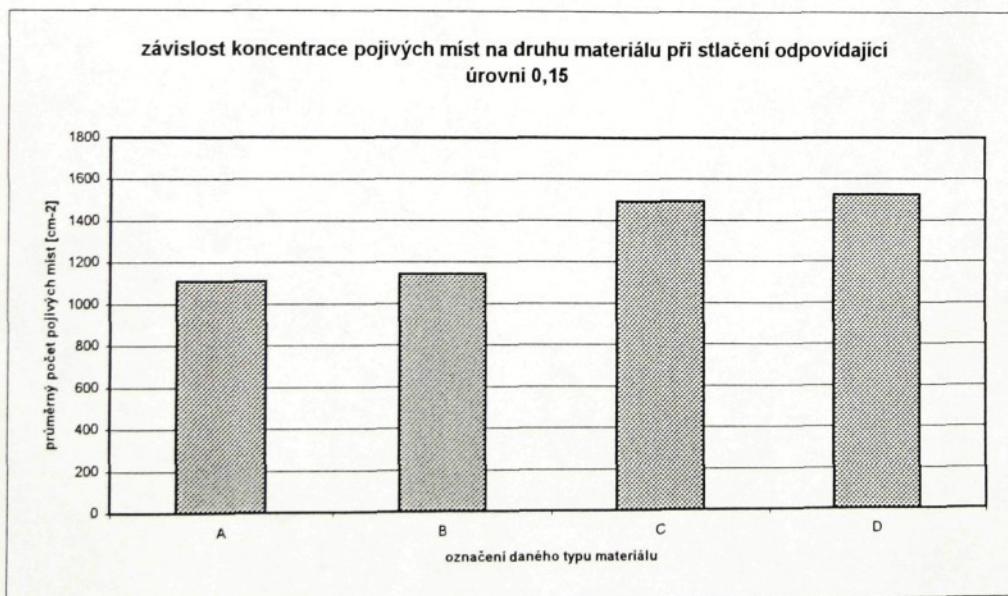
S.....snímek

Příloha č.3: Grafy

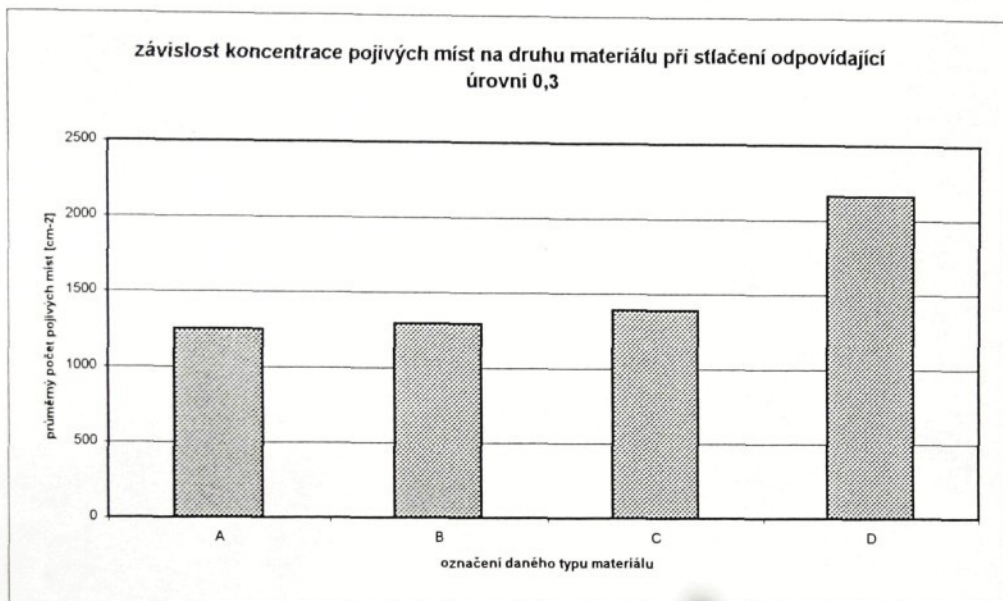
Graf č.1



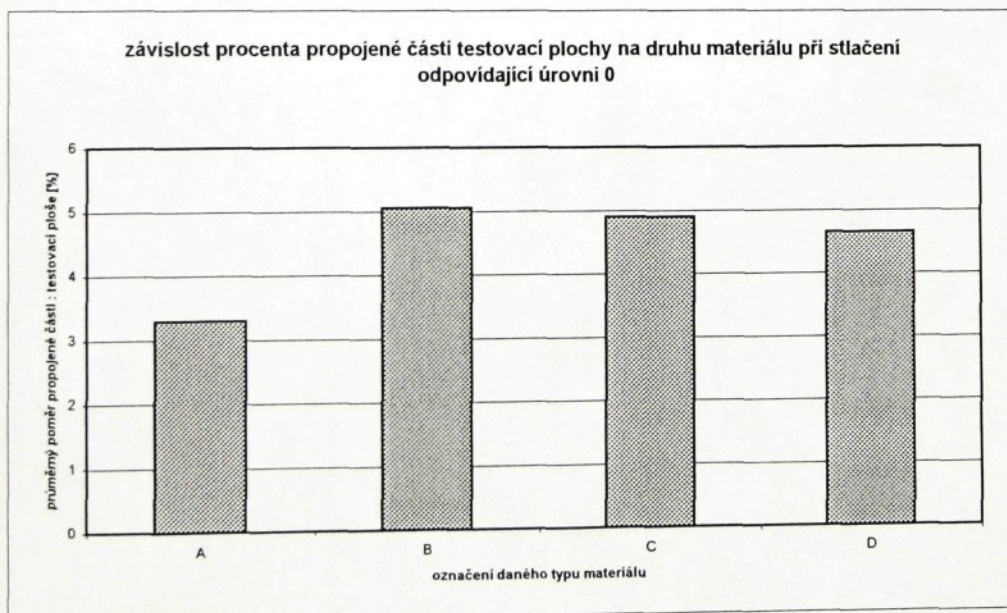
Graf č.2



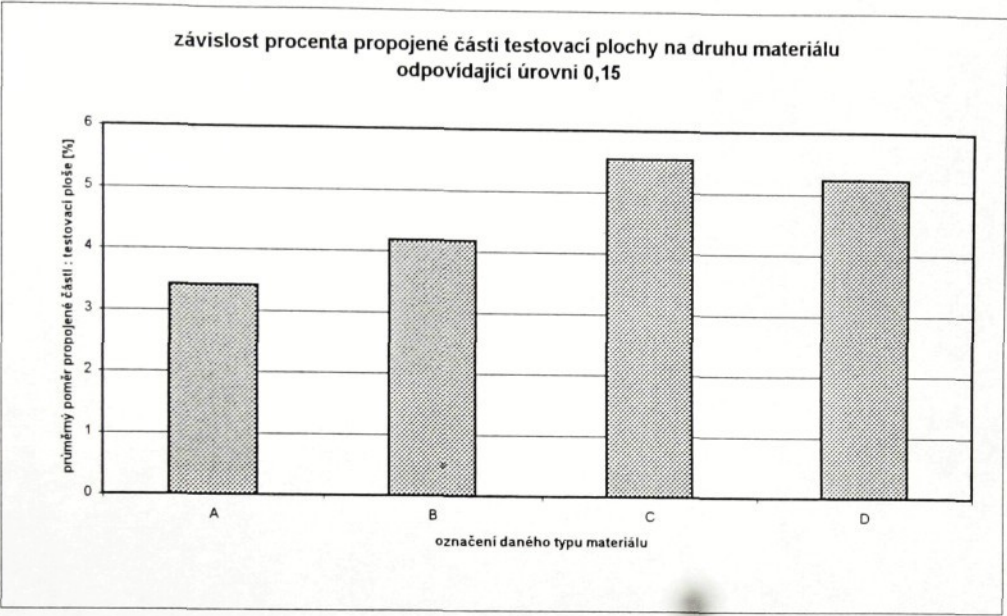
Graf č.3



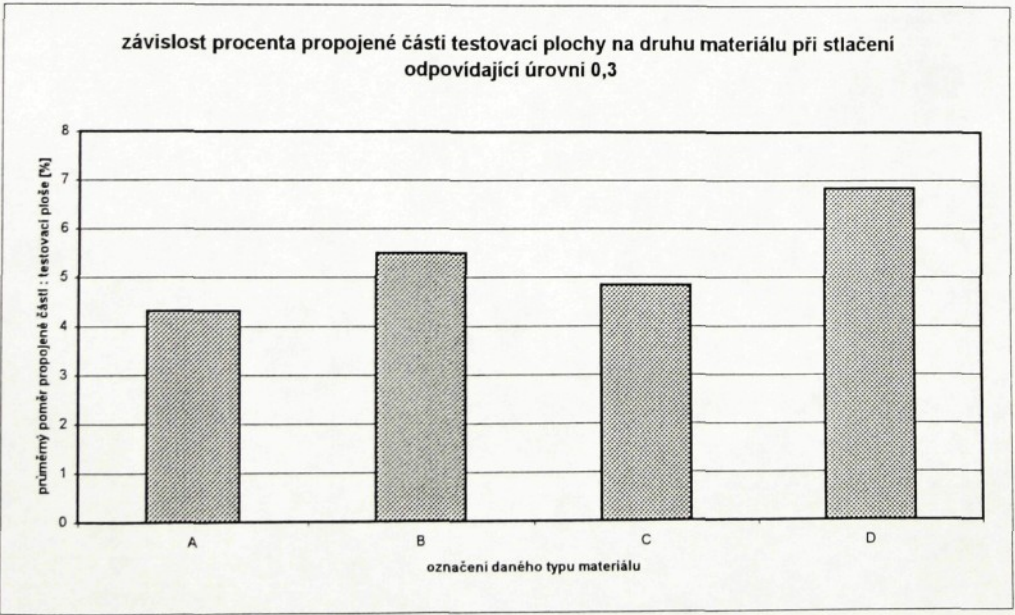
Graf č.4



Graf č.5



Graf č.6



Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou (*bakalářskou, doktorskou*) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

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

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

Datum 27.5.2002

Podpis

MARTINA KADLECOVÁ

Martina Kadlecová