

Vlastnosti netkaných textilií a možnosti jejich testování

Tomáš Ošťádal

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Ošťádal**
Osobní číslo: **T16100**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vlastnosti netkaných textilií a možnosti jejich testování**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární rešerše na dané téma.
2. Příprava zkušebních vzorků pro experiment.
3. Testování vybraných typů netkaných textilií.
4. Vyhodnocení naměřených výsledků.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **SODOMKA, Lubomír. Struktura, vlastnosti, diagnostika a nové technologie oddělování, spojování a pojení textilií. Liberec: Technická univerzita, 2002, 181 s. ISBN 80-7083-645-8.**
2. **KUMAR, R. Senthil. Textiles for industrial applications. Boca Raton: CRC Press, c2014, xix, 386 s. ISBN 978-1-4665-6649-1.**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Bednařík, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

24. května 2019

Ve Zlíně dne 19. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 23. 5. 2019

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce popisuje praktické využití netkaných textilií a způsoby jejich zhotovení. V práci jsou uvedeny charakteristiky materiálů vláken i pojiv. Jsou rozebrány jednotlivé starší i moderní technologické postupy výroby vlákenných struktur, jejich přípravy i konečného pojení a zpevňování. Experimentální část se zabývá přípravou zkušebních vzorků, zkoumáním jejich chování při provádění mechanických i materiálových testů a vyhodnocením jejich vlastností.

Klíčová slova: Netkaná textilie, vlákno, vlákenná vrstva, spunbond, meltblown technologie

ABSTRACT

The bachelor thesis describes the practical use of nonwovens and method of their production. In thesis are listed characteristic of fibers and binder materials. The thesis outlines individual older and modern technological processes production of fiber layers, their preparation and final bonding and firming. The experimental part deals with the preparation of test specimens, their behavior in mechanical and material tests and evaluation their properties.

Keywords: Nonwoven fabric, fiber, fiber layer, spunbond, meltblown technology

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Martinu Bednařikovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a trpělivost při řešení této práce.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu věnovanou během celého mého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE.....	12
2 VYUŽITÍ A APLIKACE	13
3 SUROVINY PRO NETKANÉ TEXTILIE	17
3.1 VLÁKENNÉ SUROVINY	17
3.1.1 Polypropylenová vlákna.....	19
3.1.2 Polyetylenová vlákna.....	19
3.1.3 Polyesterová vlákna.....	19
3.1.4 Polyamidová vlákna	20
3.2 POJIVA.....	20
3.2.1 Pojiva tuhé konzistence	21
3.2.2 Pojiva tekuté konzistence.....	22
4 VÝROBA NETKANÝCH TEXTILIÍ.....	23
4.1 TYPY VLÁKEN	23
4.1.1 Monokomponentní.....	23
4.1.2 Bikomponentní	24
4.2 PŘÍPRAVA VLÁKENNÉ STRUKTURY	26
4.2.1 Mechanická příprava vlákenné struktury.....	27
4.2.2 Aerodynamická příprava vlákenné struktury	29
4.2.3 Hydrodynamická příprava vlákenné struktury	30
4.2.4 Příprava vlákenné struktury z taveniny polymeru.....	30
4.3 POJENÍ VRSTEV.....	35
4.3.1 Tepelné pojení	35
4.3.2 Chemické pojení.....	36
4.3.3 Mechanické pojení.....	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	38
5 CÍLE PRÁCE	39
6 HYDROFOBNI NETKANÉ TEXTILIE.....	40
6.1 PŘÍPRAVA A TESTOVÁNÍ ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ	40
6.1.1 Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti.....	41
6.1.2 Zjišťování pevnosti v dalším trhání	46
6.2 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ.....	50
7 HYDROFILNÍ NETKANÉ TEXTILIE	53
7.1 PŘÍPRAVA A TESTOVÁNÍ ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ	53
7.1.1 Zjišťování doby absorpce kapalin	53
7.1.2 Absorpce kapalin	54
7.1.3 Rychlost knotového efektu kapalin (vzlínavost).....	55
7.2 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ.....	56
ZÁVĚR.....	59

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	60
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	64
SEZNAM OBRÁZKŮ	66
SEZNAM TABULEK	68

ÚVOD

Netkané textilie jakožto jedno z odvětví textilního průmyslu se vyznačují progresivními, ve svém principu novými technologickými řešeními výroby. To dalo za příčinu vyvinout výkonné výrobní stroje, sestavené do moderních automatizovaných výrobních linek, pro co největší zefektivnění samotné produkce textilií. Úspěšný pokrokový vývoj technologií v naší krajině zachytil včasný trend, kdy výsledky výzkumů českých textilních a strojírenských odborníků dosahují celosvětového významu. Značným příspěvkem do tohoto pokroku bylo založení samostatné textilní fakulty na Technické univerzitě v Liberci s katedrou, specializující se na netkané textilie a nanovláknenné materiály.

Orientace ve vývoji netkaných textilií vyžaduje praktické znalosti jednak o výchozích vláknenných surovinách, jejich technologickém zpracování do vláknenných struktur a nakonec zajištění vhodného postupu pro konstrukci samotných výrobků.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE

Průmysl výroby netkaných textilií se postupem času vyvinul z průmyslu textilního, papírenského a kožedělného, aby se stal samostatným nezávislým výrobním odvětvím. Hlavním důvodem výroby nových textilních materiálů byl nedostatek běžných surovin, používaných v textilním průmyslu. Stalo se to díky specifitějším a náročnějším požadavkům spotřebitelů. Zpětně je možné na tyto počátky výroby pohlédnout jako na několik období, které je možné od sebe rozeznat dle důvodů, vedoucích k jejich samotné výrobě:

1) Prehistorie

Na počátku dějin byla používána technologie zplst'ování živočišné srsti, společným působením tepla a vody. Takovéto výrobky byly používány pro stavbu tehdejších lidských obydlí i jako první lůžkoviny. Díky archeologickým důkazům, konkrétně zbytkům staveb na území Mezopotámie můžeme nalézt využití vyztužujících rohoží, jakožto lineárních útvarů propletené slámy.[9; 10]

2) 19. století

Jakákoliv výroba textilií stejně tak jako čištění a zpracování přírodních vláken s sebou přináší i poměrně značné množství odpadních materiálů (zhruba 10 - 20 % z původních vstupních surovin), které už nenajdou další využití pro výrobu nití. Důvodem může být příliš vysoký obsah nečistot nebo nedostatečná délka vláken. Úsilí o zpracování tohoto materiálu vedlo k vývinu nových technologií, vpichování - textile vykazující podobné charakteristiky, jako výrobky z plsti.[9]

3) Polovina 20. století a současnost

Zvyšující se poptávka po plošných textiliích, vyráběných efektivněji a s menšími náklady při výrobním procesu vedla k rozvoji doposud netradičních postupů, zejména metod přímé tvorby vlákenné struktury a její následné tepelné a mechanické zpevnění nebo zpevnění s použitím speciálních adheziv.

Současná doba si žádá vývoj a výrobu textilií se zcela novými průvodními vlastnostmi, připravované novými technologiemi, zejména je možné zmínit nehořlavé výrobky, textile určené k tepelné i hlukové izolaci či například výrobky pro kosmický a letecký průmysl. Přední světový výrobci se zaměřují na ofenzivní politiku, kdy nečekají na podněty a reakce konkurence či ostatních oborů průmyslu, ale sami studují nové možnosti a kroky svého technologického rozvoje si pečlivě chrání. [9; 10]

2 VYUŽITÍ A APLIKACE

Je třeba mít na paměti, již při návrhu a výrobě, že může být předpokládána životnost výrobků z netkaných textilií měřena v sekundách, minutách, dnech nebo i letech, v závislosti na konkrétním využití výrobku. Pro představu může být příklad očekávané životnosti jednorázové kuchyňské utěrky v porovnání s životností ochranných textilií využitých v zahradnictví. Netkané výrobky mohou být určeny pro:

- a) jedno použití s krátkou životností (např. čajový sáček),
- b) jedno použití s dlouhou životností (např. zahradní mulčovací folie) nebo
- c) vícenásobné použití s proměnlivou životností (např. filtr dávkovače pitné vody).

Pro pěstitelské použití je hojně využívána propustnost netkaných textilií, a to pro vzduch, vodu i světlo. Pro vytvoření optimálního mikroklima pro klíčení a růst rostlin, zamezení tepelných ztrát z půdy i ochranu rostlin před drobnými škůdci, deštěm i přízemními mrazíky se využívá netkaná textilie nižších gramáží. Při poklesu teploty vzduchu pod teplotu rosného bodu vzdušná vlhkost, stejně tak i vláha z půdy zkondenzuje a molekuly vody uzavřou mezivláknenné prostory textilie. Při dalším poklesu teploty pod bod mrazu voda zmrzne a vytvoří ledový krunýř chránící plodiny, tzv. iglú - efekt. [1]



Obr. 1. Netkaná zakrývací textilie proti mrazu. [32]

Během posledních let se z důvodu zvyšování produktivity a kvality v zahradnictví a zelinářství stále více uplatňuje netkaná mulčovací textilie z polypropylenu. Pokládá se přímo na půdu a je odolná proti hmyzu, mikroorganismům a vytváření plísní. Vlivem použitých

UV stabilizátorů, nejčastěji sazí, textilie UV záření nepropustí nebo jej absorbuje a tím zabraňuje rovněž prorůstání a rozmnožování plevelů. Významně se tak redukuje používání rostlinných herbicidů a tím příznivě působí na životní prostředí. Díky této mulčovací textili se v půdě mnohem lépe zadržuje vlaha a teplo a zároveň se nevytváří tvrdý vyschlý půdní škraloup, protože textilie dokáže propouštět vodu.[1; 11]



Obr. 2. Netkaná podkladová agrotexilie. [30]

Využití v odvětví hygieny jsou netkané textilie využívány jako jednorázové dětské pleny, dámské hygienické vložky, odličovací tampony nebo vlhčené utěrky. Modifikací základních materiálů a typů kapalin jsou výrobci schopni přizpůsobit vlastnosti konečných výrobků konkrétním potřebám uživatelů. Například u ubrousků na obličej a ubrousků pro kojence je nutná maximální měkkost, příjemný pocit na omak a celkově nadýchanější charakter. Proplachovatelné ubrousky musí být zase navrženy tak, aby vykazovaly jak dostatečnou pevnost za mokra, tak i dobré dezintegrační vlastnosti po opakovaném kontaktu s tekutinou, tedy jinak řečeno, aby se nerozpadaly. Ačkoliv se například hygienické ubrousky neliší podle vzhledu, jsou vyrobeny tak, aby vyhovovaly požadavkům všech specifických aplikací. Ubrousky více namáhané, s vyšší požadovanou odolností proti roztržení obsahují dlouhá vlákna, zatímco ubrousky jednorázové jsou vyrobeny z krátkých vláken, aby byly lépe a rychleji biologicky rozložitelné a minimálně zatěžovaly životní prostředí. [13]

Ve zdravotnictví najdou široké uplatnění jako jednorázové podložky pro pacienty, namísto praných ručníků či prostěradel. Za další najdou tyto jednorázové textilie uplatnění ve vy-

bavení operačních sálů jako pokrývky hlavy, obličejové masky, chirurgické zástěry a další ochranné oděvy doktorů. Textilie vynikající skvělými bariérovými vlastnostmi najdou uplatnění i jako ochranné obleky, kombinézy a roušky, například proti agresivním tekutinám, různým chemickým a biologickým činitelům a mikroorganismům, kde musí splňovat vysoké ochranné nároky na rizikových průmyslových pracovištích. [13]



Obr. 3. Vybavení operačního sálu z netkané textilie (ochranné zástěry doktorů, operační čepice, obličejové roušky). [29]

Dále jsou netkané textilie čím dál hojněji používány v oděvním a módním průmyslu. Mladí designéři používají netkané textilie jako kreativní a universální nový materiál. Elegance, styl a především funkčnost outdoorových a sportovních oděvů do značné míry závisí na přítomnosti kvalitních podšívek. Netkané textilie se ideálně hodí pro mezipodšívky, protože přinášejí univerzálnost a schopnost konstruovat do tkanin mnoho různých vlastností jako lehkost a prodyšnost, možná antistatická a změkčující úprava a nakonec snadná přizpůsobivost charakteristikám tkaného textilu. [11; 12]

Se stále se zvyšujícími nároky jak na ochranu životního prostředí, regulacemi skleníkových plynů, stavebními a protipožárními předpisy, tak na potřebu snižování nákladů na konstrukční a stavební projekty poskytují netkané textilie ideální řešení. Neperforované netkané polymerní textilie využité jako podklad pro střešní konstrukce snižují úniky tepla a pronikání vzduchu, což má za následek energetickou úsporu a kontrolu pronikání vlhkosti konstrukcí. Jsou taktéž využívány jako obložení pro sádkartonové desky, pro zvýšení tepelné i zvukové izolace, pro panely v dutinových stěnách a rovněž jako podklady podlahových krytin nebo rovnou součástí spodních vrstev kobereců. Ve stavebnictví dále slouží

netkané textilie jako lepší základ pro budování asfaltových liniových staveb - dálnic, letišť, železničních spodků, jako podklady parkovišť a chodníků nebo jako mezní membrány přehrad a hrází. V neposlední řadě jsou tyto materiály, označované jako geotextilie, využívány jako protierozní ochrana skalních stěn a strmých svahů. Textilie s vyšší gramáží naleznou uplatnění při budování skládek a odvodňování plošných staveb jako součásti vrstev drenážních systémů. [13; 17]



Obr. 4. Netkaná textilie jako součást drenážního systému (vlevo); jako podklad při stavbě pozemní komunikace (vpravo). [28; 31]

Aplikace netkaných textilií v posledních letech podstatně vzrostla i na poli automobilového průmyslu. V dnešní době je více než 40 automobilových dílů vyrobených z netkaných textilií nebo jsou alespoň jejich většinou součástí. S netkanými textiliemi se snadno manipuluje během montáže. Pro svoji funkci jsou připravené na míru a jsou lehce tepelně tvarovatelné, ražené, lemované nebo potiskovatelné. Díky svým vlastnostem jsou nezbytné pro bezpečnost, pomáhají snižovat samotnou hmotnost vozu, zvyšují komfort a estetiku či poskytují pokročilou zvukovou nebo tepelnou izolaci. V interiéru mohou být využité jako podšívky koberečků, sedadel a čalounění, výztuhy sedáků a pěnových opěrek nebo jako součásti dveřních obložení či airbagů. Z hlediska funkčních prvků automobilů se netkané textilie vyskytují jako součásti membrán vzduchových, kabinových filtrů nebo filtrů technických kapalin. Dokonalejší filtrační vlákna netkaných textilií s jemnější strukturou mohou zachycovat nejen nečistoty jako pevné částice, ale pomáhají odlučovat vodu a tak s ještě větší účinností chránit celý palivový systém i spalovací prostory před nežádoucí korozi a poruchami spalovacího procesu s ní spojenými. [13; 14;18]

3 SUROVINY PRO NETKANÉ TEXTILIE

3.1 Vlákenné suroviny

Proces výroby netkaných textilií zpracovává vlákna různých forem. Může se jednat o prostorově tvarovaná vlákna ve tvaru vloček i útvary dále textilně zpracované, a to formovaná rouna, pavučiny, příze nebo pleteniny. Využívané jsou prakticky všechny druhy vláken, jak přírodní, tak syntetická. Jelikož mají vlastnosti použitých materiálů vláken největší vliv na vlastnosti výsledné textilie, je jejich volba důležitá v závislosti na konkrétním použití.[8]

Koncem minulého století byla nejvyužívanější vstupní surovinou výroby netkaných textilií viskóza. Tu v posledních letech nahradil polypropylen, který je na první příčce využitelnosti dodnes. V průběhu vývoje tohoto odvětví textilního průmyslu se používané materiály měnily v závislosti na dostupnosti, ceně, i konkrétním využití výsledných produktů. Z ekologických důvodů, které stáhly do ústraní materiály jako je vlna i viskóza, a rovněž také z důvodu prudkého rozmachu technologie, kdy se vlákenná struktura získává zvlákněním přímo z polymeru, polypropylen převládá jako vstupní surovina. [1]

Jelikož jsou vlákna prvopočáteční surovinou pro textilie dále zpracovávané, tedy vyšších generací, můžeme samotná vlákna nazvat textilie nulté generace. Jsou definována jejich geometrickými rozměry. Ve valné většině případů, kdy jsou jejich příčné rozměry zanedbatelné oproti jejich délce, dá se poté hovořit o ideálním vlákně. Tehdy jsou jejich charakteristickými rozměry poměr délky vlákna L k maximálnímu příčnému rozměru, v případě vláken kruhového průřezu je to průměr d . Jedná se tedy o veličinu $p=L/d$. Dle tohoto poměru lze vlákna rozeznávat v několikarozměrových kategoriích. S poměrem $p=10$ až 50 se jedná o vlákna krátká, s poměrem 50 až 500 nazýváme vlákna střední, s poměrem od 500 do 5000 jsou to vlákna dlouhá a s poměrem nad 5000 se jedná o vlákna nekonečná. Tyto definice jsou konvenční, avšak dle potřeby mohou být pozměněny. Průměry jednotlivých vláken jsou ve velké míře dány samotnými metodami zpracovatelských operací. Konkrétně jsou tyto rozdíly znázorněné v tabulce (*Tab. 1.*).[15]

Tab. 1. Znárodnění průměrů vláken v závislosti na použité zpracovatelské metodě.

Metoda/typ vlákna	Velikost vlákna (průměr); svazku
Elektrostatické zvlákňování	10 až 1000 nm; mále vláknenné svazky
Spunbond metoda	10 až 35 μm ; malé až střední vláknenné svazky
Meltblown metoda	500 nm až 10 μm ; velké vláknenné svazky
Bikomponentní vlákna	200 až 1000 nm

Jemnost, anebo též tloušťka vláken, je další důležitá geometrická vlastnost. Je předmětem zkoumání vzhledem k hodnocení, měření, rovnoměrnosti nebo i způsobu použití vláken. Jemnost většiny vláken není možné přímo měřit, a to vzhledem k nepravidelnosti průměru vláken po celé jejich délce. Jemnost se dá zkoumat dvěma způsoby, a to hodnocením na principu délkové hmotnosti a specifické délky. Specifická délka je určena poměrem délky a hmotnosti. Délková hmotnost je určena hmotností vlákna, připadající na jednotku délky. V textilním průmyslu se v současnosti pro určení jemnosti vláken používá pouze délková hmotnost. Je vyjádřena jednotkou tex a představuje konkrétně hmotnost v gramech na jeden kilometr vlákna. Hodnota délkové hmotnosti je tedy:

$$T [\text{tex}] = \frac{M[\text{g}]}{L[\text{km}]} = \frac{m[\text{mg}]}{l[\text{m}]} \quad (1)$$

Kde:

- T – jemnost v tex,
- L – délka v kilometrech, l – délka v metrech
- M – hmotnost v gramech, m – hmotnost v miligramech

Jelikož je základní jednotka jemnosti syntetických textilních vláken pro obecné použití v praxi příliš velká, pro pohodlnost se proto nejčastěji vyjadřuje v desetínách texu, tedy decitexu (dtex).[15; 16]

3.1.1 Polypropylenová vlákna

Polypropylenová vlákna si drží první příčku využitelnosti hlavně z důvodů nízké hustoty a tudíž specifické hmotnosti umožňující výrobu lehkých tkanin. Minimální navlhavost a ne možnost povrchového barvení způsobuje, že pro docílení barevných textilií je nutné barviva míchat ve formě granulátu již před extruzí při tavení. Teplota tání polypropylenu je 170°C, teplota měknutí zhruba 145-155°C. Samotné výrobky z tohoto polymeru jsou tepleně odolné zhruba do 110 °C a vykazují velmi dobrou chemickou odolnost, oděruodolnost a jeho objemná vlákna zajišťují dobré krytí. Tyto prakticky pozitivní průvodní vlastnosti se využijí při aplikaci v medicíně jako pracovní oděvy doktorů, vybavení operačních sálů, u výrobků pro hygienické potřeby nebo např. pro vzduchové či kapalinové filtry. [4]

3.1.2 Polyetylenová vlákna

Samotná vlákna získáváme zvlákněním buď z taveniny nebo v prostředí za sucha z roztoku etylen v xylenu. Navlhavost polyetylenových vláken je za normálních klimatických podmínek takřka nulová. Tažnost za sucha i za mokra se pohybuje kolem 20 až 30 %. Neorientované (nedloužené) vlákno má tažnost až 500 %. Vlákna měknou zhruba kolem 90 °C, teplota tání se pohybuje od 105 – 120 °C. Polyetylen má velmi dobrou odolnost vůči kyselinám, výbornou odolnost vůči zásadám a také proti organickým rozpouštědlům za běžných pokojových teplot. Polyetylenová vlákna vykazují střední až dobrou stálost na světle. Tato vlastnost je ve velké míře ovlivněna použitím některých pigmentů. Ač mají polyetylenová vlákna dobrou odolnost proti chemikáliím, nedají se dobře barvit. Pigmenty se proto přidávají již do taveniny polymeru. Polyetylenová vlákna se využívají k výrobě filtračního materiálu, obuvnických textilií a plstí. Pro jejich neobyčejnou odolnost proti slané vodě, mořským mikroorganismům a vysoké elektroisolační schopnosti se osvědčují jako materiál pro izolaci mořských kabelů. [17]

3.1.3 Polyesterová vlákna

Samotný výchozí polymer - polyester (PES) se vyrábí polykondenzací. Jedná se o termoplast, který se po zvláknění dluží a konkrétně pro další zpracování jako netkaná textilie se dále řeže na stříž. Tímto pojmem se rozumí vlákenný materiál, který vznikne krácením nekonečných dlouhých vláken (filamentů) na stroji, který je většinou součástí zvláknovacího zařízení. Ke krácení se využívá kotoučových nožů či jednoho nože, sekajícího po celé šířce zvláknovacího zařízení. Stříž je zhotovena v možných délkách o 3 do 150 mm s

tím, že je každé jedno zkrácené vlákno stejně dlouhé. Pozitivní vlastnosti u polyesterových vláken jsou vysoká pružnost a odolnost vůči vysokým teplotám (až 200°C). Samotná polyesterová vlákna značně odolávají vůči většině minerálních kyselin, bělidlům a dalším oxidačním činidlům. Nejvíce rozšířený polyester, polyethyltereftalát (PET) absorbuje jen velmi málo vody, vykazuje vysokou pevnost za mokra, rozměrovou stabilitu a dobré bariérové vlastnosti vůči plynům. [5;6]

3.1.4 Polyamidová vlákna

Mezi požadované kladné vlastnosti polyamidových vláken patří vysoká odolnost vůči oděru, pevnost a pružnost, čehož hojně využívá textilní oděvní průmysl, kde si našla tato vlákna uplatnění jak při výrobě dámského spodního prádla a punčochových kalhot, které jsou vyráběné z formy polyamidového hedvábí, tak i jako materiál svrchních vrstev sportovního oblečení. Dále se tato vlákna využívají v kombinaci např. s viskózovými vlákny či s bavlnou. Odolnost výrobků z polyamidových vláken je do teploty 160°C. Navlhavost polyamidových vláken za normálních klimatických podmínek je 3,8 – 4,5 %. Tažnost se pohybuje v rozmezí od 20 – 30 % v závislosti na vlhkosti vlákna. Polyamidová vlákna nejsou příliš stálá za působení UV záření. Všeobecně mají zhruba stejnou stálost na světle jako dobrá bavlna. Protože mají tato vlákna vcelku nízkou navlhavost, je obtížně umožněn samovolný svod statické elektřiny, tudíž mají polyamidy obecně tendenci hromadit statický náboj. Pro další zpracování textilií z polyamidových vláken je proto nutnost, aby tato vlákna prošla antistatickou úpravou. U polyamidu jako takového se zjistilo, že neobyčejně dobře odolává mikroorganismům, hlavně plísním, které odbourávají celulózu. Proto jsou výrobky z polyamidových vláken využívány tam, kde je důležitá hygienická a zdravotní nezávadnost. Pokud jsou ovšem polyamidy ošetřeny prostředky, které mohou mikroorganismům sloužit jako potrava, mohou na takových výrobcích začít bujet plísně, kde ovšem vlastní substance polyamidu zůstává nedotčena. [7; 17]

3.2 Pojiva

V průběhu výroby vrstvených pojených textilií je druhou z nejdůležitějších součástí právě pojivo. Vlastnosti zvolených a využívaných pojiv by měly odpovídat důležitým podmínkám. [7; 8]

Po vytvrzení nutné dobré mechanicko-fyzikální vlastnosti, ve spolupráci na momentálně použité typy vláken. Při porovnání průběhu deformace pojiva při zatížení s deformací pou-

žitých vláken by mělo mít samotné pojivo větší protažení při zatížení než vlákno. V neposlední řadě by pojivo mělo vyhovovat zvýšenou odolností vůči okolním vlivům a podmínkám, kterým bude vystaven konečný produkt. Za což se rozumí zvýšená odolnost při mechanickém namáhání, odolnost vůči stárnutí, UV záření, vodě nebo například chemickým přípravkům.

U technologie, při které dochází k pojení vlákenné struktury chemickým způsobem, můžeme rozdělit dva základní typy pojiv. Pojiva tuhé konzistence jsou k dostání ve formě prášků, vláken, fólií atd. Pojiva tekuté konzistence jsou potom dodávány jako vodní disperze a chemické roztoky.[7;8]

3.2.1 Pojiva tuhé konzistence

Aby tento typ pojiv splňoval stoprocentní funkčnost, musí vykazovat jednu velice zásadní vlastnost - musí být termoplastické. Aby došlo k bezprostředně dokonalé soudržnosti látky pojené s látkou pojivou. Pokud se tak nestane a pojivo pouze plastifikuje, v takovém případě je zapotřebí při výrobě vyvinutí určitého tlaku.

Prášková pojiva jsou rozlišována jak pro svoje přesně určené chemické složení, ale i velikostí jednotlivých částic a rovněž teplotou tání. [7]

Termoplastické fólie se ve výrobě využívají prakticky jen u výrobků menších rozměrů, protože se s vlákennou strukturou spojují celoplošně a mívají za následek výraznou změnu vlastností, konkrétně nežádoucí zvýšenou tuhost konečného produktu. Plné fólie se proto moc nevyužívají a rovněž pro snížení spotřeby samotného pojiva se fólie modifikují, nejčastěji do tvaru mřížky.

Pojivá vlákna se dělí na dva základní typy. A to jednokomponentní vlákna, sestavená z homopolymeru a vlákna vícekomponentní. U jednokomponentních vláken většinou dojde při působení tlaku a tepla ke zborcení vlastní vlákenné struktury, tudíž přestávají plnit u textilního produktu svoji funkci vláken, ale fungují pouze jako pojivý prvek. V případě vícekomponentních vláken, která jsou složena ze dvou, popřípadě více typů polymerních látek, rozlišujeme tato vlákna pouze podle způsobu rozmístění jednotlivých polymerů v průřezu samotného vlákna. O těchto způsobech rozmístění je pojednáváno v kapitole 4.1.2 o bikomponentních vláknech. [7]

Tab. 2. Formy termoplastických pojiv. [9]

Typ pojiva	Teplota tání [°C]	Forma
POP	155	Vlákna, bikomponentní vlákna
POE	110 - 126	Prášek, vlákna
kopolyester	110 - 256	Vlákna, bikomponentní vlákna
kopolyamid	110 - 190	Prášek

3.2.2 Pojiva tekuté konzistence

U technologie výroby netkaných textilií chemicky spojených se nejčastěji využívají pojiva vodných disperzí. Mezi nejvíce používaná pojiva patří:

Butadien-akrylonitrilová pojiva jsou vyhledávána pro jejich dobrou pevnost, oděruodolnost a stálost při působení UV záření. Vůči rozpouštědlům jsou odolná v závislosti na stupni vulkanizace.[7]

Butadien-styrenová pojiva mají dobrou pružnost, závislou na koncentraci polystyrenu. Polybutadien má na druhou stranu kaučukovité vlastnosti a je měkký. Jelikož tyto polymerní složky nejsou odolné vůči stárnutí, je nutno takováto pojiva obohacovat o aditiva, konkrétně antioxidanty a další antidegradanty. V důsledku přimíchání těchto přísad vykazují výsledná pojiva nepříjemný zápach.

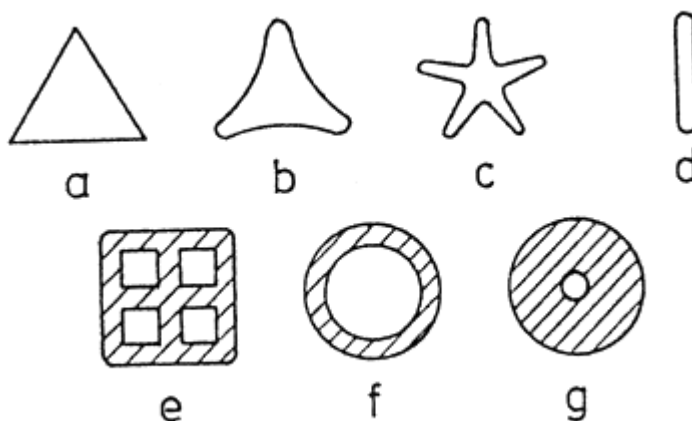
Akrylátová pojiva a jejich zájem o ně v poslední době narůstá pro jejich dobrou odolnost proti povětrnostním podmínkám a dobré stabilitě na světle. Nevykazují sice takovou elasticitu jako butadien-akrylonitrilová pojiva, při stárnutí ovšem nevykazují zápach.[7]

4 VÝROBA NETKANÝCH TEXTILÍ

4.1 Typy vláken

4.1.1 Monokomponentní

Podrobnostmi o návrhu, výrobě a využití monokomponentních vláken, tedy vláken, která jsou tvořena pouze jedním druhem polymeru (též nazývaná jednokomponentní) pojednává kapitola 3.1 Vláknenné suroviny. Tato vlákna se však mohou z mnoha důvodů vyrábět s různými tvary průřezů, nežli pouze kruhové. Potom tato vlákna nazýváme příčně profílovaná. Různými tvary zvláknovacích hubic lze vytvořit vlákna s libovolným tvarem profilu. Finanční náročnosti na tuto výrobu, hlavně ceny samotných specifických zvláknovacích hubic jsou ovšem velmi vysoké a s tím i spojená obtížná zpracovatelnost některých typů polymerů, neumožňuje výrobu těchto typů vláken v běžném provozu. Nejčastější profily vláken jsou zobrazeny na obrázku (Obr. 5.) Výrobky z vláken s trojúhelníkovým průřezem a) se využívají díky lomu a odrazu světla od jednotlivých ploch pro vytvoření efektu odlesku a třpytu. Vlákna profílovaná s průřezy b), c), d) se vyznačují obvykle menší pevností, vyšší křehkostí a obtížnější zpracovatelností. Jejich vlastnosti se srovnávají s vlastnostmi folií. Profily vláken e), g) vynikají vyšší tuhostí v ohybu a také lepší schopností zotavení po namáhání, využívanou např. u výroby kobereců. Výrobky s profilem vlákna f) mohou dlouhodobě odolávat vyšším tlakům. Jejich výroba z polopropustných polymerů navíc umožňuje využití například u systémů pro odsolování mořské vody.



Obr. 5. Přehled profílovaných průřezů vláken. [9]

4.1.2 Bikomponentní

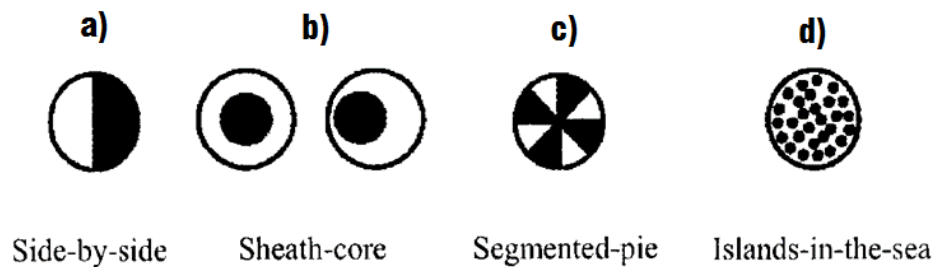
Bikomponentní vlákna, jinak řečeno dvousložková, mohou být vyráběna v jak mikro, tak i nano měřítku. Tato vlákna jsou vyráběna současnou koextruzí dvou polymerů z jedné specifické zvláknovací trysky. Tento technologický krok byl vytvořen pro zajištění a kombinaci vlastností obou materiálů a přináší nové možnosti uspokojení stále se zvyšujících náročných požadavků trhu. Dvousložkové vlákno může být klasifikováno podle průřezové geometrie nebo vzoru. Kromě typických dvousložkových vláken kruhového průřezu existuje mnoho profilovaných vláken, která mohou být vyrobena obětováním jedné složky z vlákna, použité jako rozpustná matrice, chemickými nebo fyzikálními metodami. To velmi rozšiřuje aplikace, zejména výrobu ultra jemných vláken a nanovláken. Na obrázku (Obr. 6.) můžeme pozorovat jednotlivé typy vláken, podle konfigurace jednotlivých složek v průřezu. [20]

U vláken typu *strana/strana* (angl. Side by side) a rovněž u typu *excentrický obal/jádro* (sheath/core) zaujímají oba polymery stejný nebo různý objem v průřezu vlákna. Tato konfigurace, při použití polymerů s odlišnou teplotou tání, způsobuje při různých aplikacích vlivem smrštění typické zvlnění samotných vláken a tím se dostaví efekt příjemné hebkosti na dotek. Spojení vláken adhezí se tvoří v místech křížení jednotlivých vláken, pojmenované jako spojení bodové. Menší rozměry pojících bodů ve srovnání s celkovou velikostí výsledné textilie napomáhají vytvářet výrobky s náležitou ohebností a malým prvotním modulem v tahu. S tím souvisí i větší části vláken s pohyblivými sekcemi mezi spoji. U bikomponentních vláken s konfigurací *strana/strana* je ve valné většině případů více než nutné zajistit, aby použité typy polymerů vykazovaly skvělou vzájemnou přilnavost. Aby v opačném případě nedocházelo k nežádoucímu vytváření dvou různých vláken z jedné společné trysky, neboli kapiláry. [9; 20]

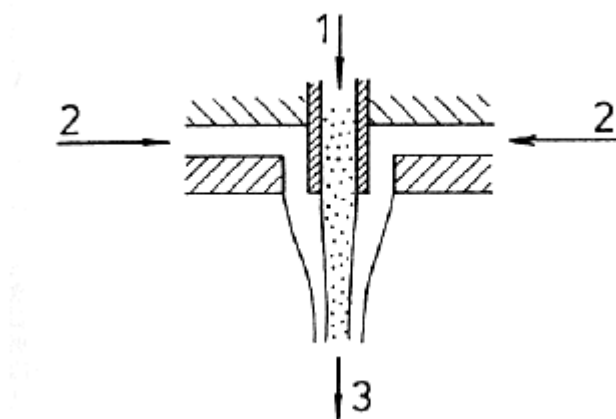
Bikomponentní vlákna s průřezem typu *segmentový koláč* (angl. segment pie) mohou tvořit 3, 4 až 64 segmentů dvou a více různých polymerů s konfigurací podobně podle obrázku (Obr. 6 c). Volba druhů polymerů, stejně jako způsob extruze z kapiláry, je navržena tak, aby došlo při určitém mechanickém namáhání k rozštěpení segmentů vlákna na jemné fibrily. Toto je jeden ze způsobů, jak vyrábět tenká vlákna nanometrových tloušťek, která by se jinými metodami zpracovávala velice obtížně. Výrobky z takto rozštěpených segmentových vláken vykazují příjemné jemnosti na omak. Nejčastěji volenými polymery pro tuto konfiguraci bikomponentních vláken jsou polyester a nylon, které vykazují nízkou mezifá-

zovou adhezi. Specifické aplikace pro tato rozdělitelná vlákna jsou syntetické semiše, syntetické kůže, tepelné izolace a speciální filtry. [9; 20]

Vlákna v průřezu s uspořádáním *ostrovy v moři* (angl. Islands in the sea) jsou tvořena jedním polymerem tvořícím fibrily (ostrovy) a druhým polymerem, který představuje pojící matrici (moře). Matrici mohou tvořit materiály jako polystyren nebo polyvinylalkohol. Toto uspořádání umožňuje, stejně jako segmentový koláč, vytvářet z rozpustného polymeru matrice spoustu samostatných jemných vláknenných struktur, vynikajících dobrou poddajností a pružností, které by se jinými způsoby vyráběly obtížně. Vysoká výsledná hustota vláknenné struktury vyniká bariérovými schopnostmi vůči vodě, nečistotám nebo bakteriím. [9; 19; 20]



Obr. 6. Přehled konfigurací bikomponentních vláken (a - strana/strana, b - obal/jádro, excentricky obal/jádro, c - segmentový koláč, d - ostrovy v moři). [20]



Obr. 7. Zvláknovací hubice pro výrobu bikomponentního vlákna typu obal/jádro (1, 2 - přívod taiveniny dvou různých polymerů, 3 - výsledné bikomponentní vlákno). [9]

4.2 Příprava vlákenné struktury

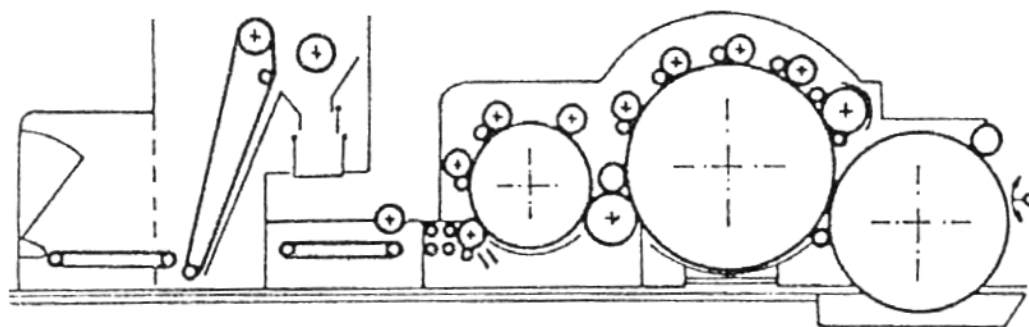
- *Požadavky kladené na rouno*

Na rouno, myšlené jako soubor vláken, určených k vícevrstvému propojení nebo provázání, je kladeno několik základních technických požadavků.

- a) *Stejnoměrnost rouna.* Jedná se o jedno z nejdůležitějších požadavků obzvláště u výrobků nižších gramáží. Tento požadavek závisí na kvalitě předchozí úpravy vstupní suroviny, rovnoměrnosti surovin dodávaných do stroje, správném seřízení stroje a v neposlední řadě na způsobu zhuštění rouna. Nejsou-li totiž vstupní vlákenné svazky rozvolněny v dostatečné míře na jednotlivá vlákna, ve výsledném rounu se mohou projevit jako mrakovitě sloučené chomáčky.
- b) *Soudržnost rouna.* Nejvíce žádaná soudržnost rouna je při diskontinuální výrobě netkané textilie. U výroby rouna s malou soudržností dochází při odvíjení k přilepování pavučiny a tím zeslabování struktury, což se projevuje jako nestejnorodost výsledného produktu. Soudržnost z velké části závisí na ojednocení vlákenných surovin a kvalitě zpracování, což platí především pro pneumatické stroje a v neposlední řadě pro stroje mykací.
- c) *Orientace vláken v rouně.* Zvláště významný důraz se při výrobě netkaných textilií klade na orientaci vláken v rouně. Z tohoto požadavku vychází dvě důležité vlastnosti, a to pevnost a tažnost v jednotlivých směrech orientace vláken. Podélně orientovaná vlákna získáváme ze zařízení s mykacím účinkem, kde se pavučina mechanicky snímá a vrství na zahušťovací pás. Rouno má nepochybně větší pevnost v tahu v tomto podélném směru než ve směru příčném, a to až šestinásobně. Příčně orientovaných vláken můžeme dosáhnout podélným zpevněním soustavou nití. Konkrétně potom proplétáním nebo prošíváním. Příčnou orientaci vlákenných roun užívá také výroba jehlových plstí. Zkombinováním příčného a podélného zhuštění pavučin a získání oboustranné pevnosti se využívá u způsobech impregnačních a také opět při prošívání. Rouna s nahodilým uspořádáním, s názvy jako neorientovaná nebo izotropická, mají rovnoměrné zastoupení vláken do všech směrů a tudíž i stejné vlastnosti.[15]

4.2.1 Mechanická příprava vlákenné struktury

Základem mechanické přípravy vlákenné struktury je vytvoření pavučiny. K tomu se využívají zařízení zvané jako mykací stroje, vytvořených speciálně pro tvorbu netkaných textilií. Dva základní typy jsou mykací stroje bavlnářské a vlnářské. Mezi častěji používané stroje patří vlnářské (též válcové) kvůli svým značně vyšším výkonům až 1000 kg/hod. Množství materiálu, které zpracují stroje bavlnářské (též víčkové), se pohybuje od 5 do 30 kg/hod. Hlavními částmi mykacího stroje jsou speciálně upravené soustavy válců s drátkovou nebo pilkovou pracovní vrstvou. Pilkové vrstvy, nebo též potahy, se využívají častěji pro svou delší životnost než povlaky drátkové. Hroty na válcích ve vzájemné poloze proti sobě postupně rozvolňují a rozvlákňují chomáče vstupní suroviny až na jednotlivá vlákna, která se srovnávají ve směru procesu. Za posledním válcem je tvořena souvislá pavučinová vrstva, která může být navíc stahována prstenci do pramenů.[9; 15; 23]

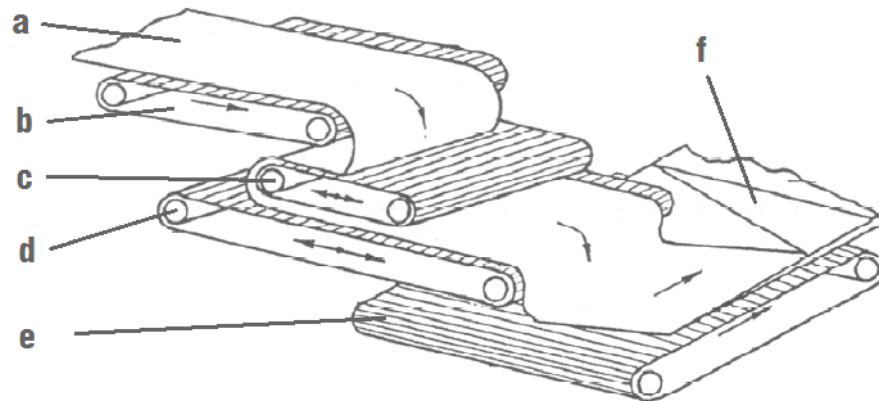


Obr. 8. Uspořádání mykacího stroje. [9]

Kvůli poměrně malé plošné hmotnosti vytvořené souvislé pavučinové vrstvy, obvykle maximálně do 30 g/m², přichází na řadu její nanášení do vrstev na sebe, a to v různých směrech:

- a) *Podélné vrstvení* využívá zařazení několika mykacích strojů, tandemově v řadě za sebou, kde se jednotlivé souvislé pavučinové vrstvy ukládají na společný unášecí pás. Při takovém uspořádání se získávají netkané textilie plošných hmotností do 100 g/m². [9; 15]
- b) *Příčné kladení*. Zařízení pro příčné kladení pavučinových vrstev obsahuje přiváděcí pás, výkyvný kompenzační pás, výkyvný ukládací pás a pás odvádějící hotovou pavučinovou vrstvu. Úhel, při kterém je pavučina při výrobě křížena v příčné vrstvě, závisí na poměru rychlostí pohybu ukládacího a odváděcího pásu. Plošná hmot-

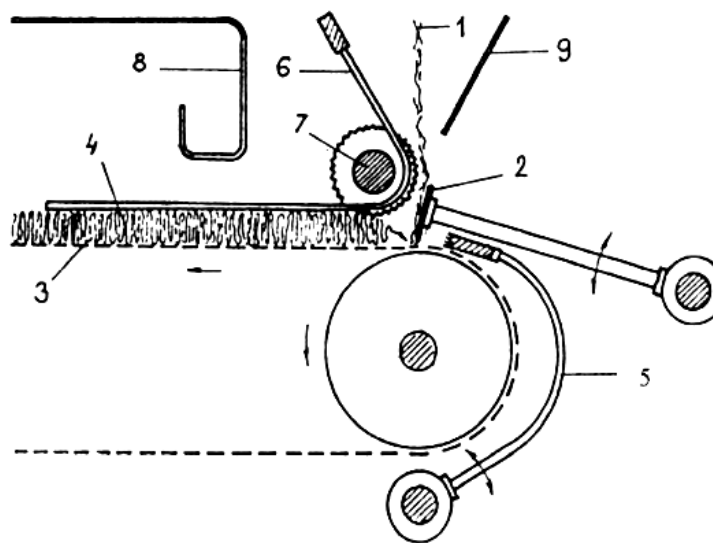
nost výsledného produktu je závislá jednak na množství vstupní suroviny a rychlosti jejího přívodu a jednak na rychlosti odváděcího dopravníku.



Obr. 9. Horizontální příčný kladeč pavučinové vrstvy (a - pavučina, b - přiváděcí pás, c - výkyvný kompenzační pás, d - výkyvný ukládací pás, e - odváděcí pás, f - hotové, příčně vrstvené pavučinové rouno). [9]

- c) *Kolmé kladení.* Tento způsob kladení jednotlivých vrstev patří k nejnovějším využívaným technologiím při vrstvení vlákněných struktur vyráběných mechanickým způsobem. Tato technologie si dala za cíl připravit vrstvy značně odolné proti stlačení. Tato schopnost je prakticky využívána především jako tepelně izolační vlastnost. Toto je dáno tím, že vlákna v jednotlivých vrstvách jsou orientována převážně kolmo k vlastní rovině vlastní textilie. Na rozdíl od vlákněných struktur s horizontálním kladením jsou tato jednotlivá vlákna namáhána než na ohyb, především na vzpěr.

Hojně využívaným zařízením je vibrační kolmý kladeč. Kolmo ze shora je do zařízení přiváděna z mykacího stroje vlákněná pavučina, která je následně strhávána vibrační pilkou a soustavou jehel směrem k dopravníku. Takto kladená pavučina je pěchována a dorážena kolmo do prostoru mezi pohybujícím se dopravníkem a drátovým roštem vibrační pěchovací lištou. Kolmo utvořená vlákněná struktura dále na dopravníku prochází teplovzdušnou komorou, kde je zpevněna díky přítomnosti přídatných termoplastických vláken, které se v této části zařízení teplem roztaví a přemění na pojivo. [9; 15; 23]



Obr. 10. Vibrační kolmý kladeč pavučiny (1 - pavučina, 2 - vibrační kladeční pilka, 3 - dopravník do teplovzdušné komory, 4 - kolmo kladená vlákenná vrstva, 5 - vibrační pýchovací lišta, 6 - drátový rošt, 7 - tvořící válec, 8 - kryt teplovzdušné komory, 9 - vodící plech). [9]

4.2.2 Aerodynamická příprava vlákenné struktury

Rozdíl ve vlastnostech vlákenné vrstvy připravené aerodynamicky je od mechanické přípravy patrný především kvůli nahodile orientovaným vláknům. Tím se dosáhne izotropických vlastností výsledné struktury. Výrobky tedy vykazují podobné chování při mechanickém namáhání jak v podélném, tak i v příčném směru. Vlákna jsou z hlavního pracovního šhubacího válce snímána díky přivedenému vzduchovému proudu spolu zároveň s odstředivou silou otáčejícího se válce. Ten je opatřen speciálním pracovním povrchem, rozvolňujícím vstupní vlákennou surovinu. Tato technologie umožňuje výrobu textilií s velkou plošnou hmotností a rovněž i výrobky s objemnějšími vrstvami.

Nevýhodou, která značně limituje rychlost výroby vlákenných vrstev je pomalé ojednocení dávkované suroviny a vznik nežádoucí mrakovité struktury. Rovněž i nerovnoměrné rozložení vlákenné suroviny na ploše výrobkulze redukovat zvýšením poměru vzduch/vstupní vlákna. [9; 23]

4.2.3 Hydrodynamická příprava vlákenné struktury

Tvorba výchozí vlákenné struktury hydrodynamicky, neboli naplavováním suspenze vláken, či mokrou cestou, vznikla z postupů papírenské technologie výroby. Vývoj této technologie ovšem vede ke zpracování vláken delších, než je u papírenského průmyslu obvyklé. Světové zastoupení výroby netkaných textilií touto mokrou cestou je zhruba 5 - 10 %. Výrobní linky v České republice se s touto metodou zaměřují na výrobu filtrů ze skleněných mikrovláken. Na strojích papírenského průmyslu lze běžně zpracovávat vlákna do délky 2 mm. Pro výrobu netkaných textilií mokrou cestou k dodržení potřebných mechanicko-fyzikálních vlastností, zejména pevnosti v dalším trhání, je nutnost zpracovávat vlákna větších délek. [9; 23]

Výrobní proces hydrodynamické výroby vlákenné struktury zahrnuje *příprava vodní suspenze*. Tou se rozumí semílání a smočení vláken ve vodě. Dále *transport* neboli samotné naplavování vlákenné suspenze na síťový pás nebo síťový buben. Následné *odvodnění* a tvorba vlákenné vrstvy je zajištěno odsáváním, ždímáním a filtrací suspenze na bubnu či pásu. V posledním kroku *sušení* dochází v případě celulózových vláken i ke zpevnění vrstev, kdy mezi jednotlivými vlákny působí mezimolekulové síly. V případě výroby textilií ze syntetických vláken je nutnost použití samostatných přímísených pojiv. Po sušení mohou následovat dodatečné úpravy povrchu či další zpevnění. Jedním z nejdůležitějších požadavků na vstupní vlákenné suroviny je vodní smáčitelnost. Ta je zajištěna použitím hydrofilních povrchových úprav. Nejčastější pole aplikací pro textilie vytvořené hydrodynamicky jsou bateriové separátory, elektroizolační papíry a v neposlední řadě taktéž výrobky pro zdravotnický průmysl jako pleny či sanitární přípravky. [9; 23]

4.2.4 Příprava vlákenné struktury z taveniny polymeru

- *Výroba technologii spunbond*

Většina z prvních spunbond systémů vznikla výrobcí vláken jako DuPont ve Spojených státech, Rhone-Poulenc ve Francii a Freudenberg v Německu. Společnost DuPont je považovaná za první, která v polovině šedesátých let minulého stěně úspěšně komercializovala spunbondings jejich produktem Typar - všívaným kobercem. Technologie je celosvětově známá s označením *tufting*. Samotný jeden vlas koberce je všíván do podkladové tkániny, připravené z juty či polypropylenových vrstev.

Dalším významným krokem směrem k celosvětové komercializaci výroby textilií spunbond procesem bylo představení první generace německé Reifenhäuser Reicofil technologie v roce 1984. Tento systém umožnil vstoupit na trh mnoha dalším výrobcům s rychle rostoucí produkcí výrobní linky, počítanou na kilogramy netkané textilie 1. jakosti za hodinu a metr šířky. [1]

Slovo "spunbond" vychází z anglického jazyka jako "zvlákňování" a "pojení". V českém jazyce tento výraz svůj přesný ekvivalent nemá. Jelikož tato technologie spadá do výroby vlákněné vrstvy přímo z polymeru, výchozím materiálem tedy nejsou vlákna, ale polymer, nejčastěji ve formě granulátu, jenž je taven ve vytlačovacím stroji. V této části výrobního zařízení je možné polymerní granulát, jako hlavní vstupní surovinu, podle požadavků smíchat s dalšími aditivami, jako jsou stabilizátory, antidegradanty, barviva a další. Tato směs je uvnitř rotujícího šnekového dopravníku homogenizována, stlačována a díky topným tělesům podél válce šnekového vytlačovacího stroje ohřívána na požadovanou teplotu. Následně se směs, teď již polymerní tavenina, dostane k zubovému čerpadlu. [2; 3]

Zde nejprve projde tavenina přes filtr, který zachytí nežádoucí částice, ať se již jedná o nečistoty, či části neroztaveného polymeru. Tyto případné nečistoty nebo částečně nehomogenizovaná nepřefiltrovaná tavenina by mohla mít za následek zanesení a poškození dalších částí zvlákňovacího zařízení.

Zubové čerpadlo slouží jako pohonný prvek s přesnou regulací objemového průtoku polymerní taveniny.

Tavenina se následně dostane ke zvlákňovací hlavě. Tu tvoří dvě části. V první části je polymer rovnoměrně dávkován po celé šířce zvlákňovací hlavy, kde je následně přiveden k trysce, či jinak řečeno také zvlákňovací hubici. Tou je myšlen dlouhý ocelový blok stisící kapiláry, které jednak udávají konečný tvar vlákna a jednak ovlivňují a zajišťují rovnoměrnou distribuci jednotlivých vláken po celé šířce výrobní linky. [2;3]

Pod zvlákňovací tryskou mohou být vlákna odtahována a dlužena několika způsoby.

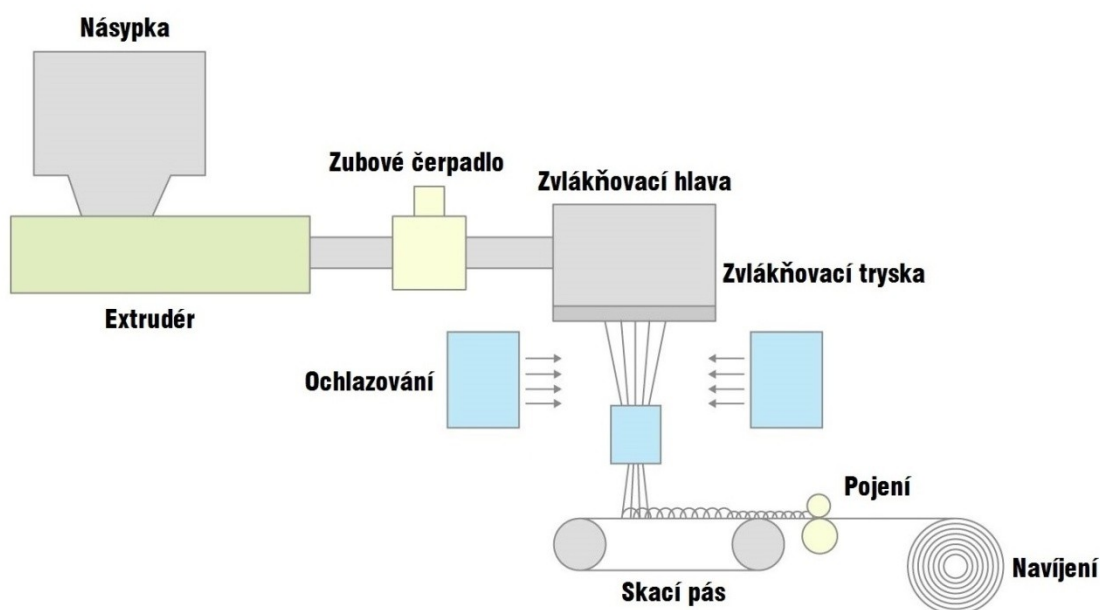
- gravitační silou, která ovšem nezajistí dostatečnou pevnost
- aerodynamickou odtahovou silou, často využívaná metoda, díky které je možné dosáhnout částečně dlužených vláken se zbytkovou tažností 100 - 250 %

V tomto místě pod zvlákňovací tryskou se nachází odtahová vzduchová šachta, která může být ve svislé poloze dlouhá až čtyři metry. Jedná se o jednu z nejdůležitějších částí spunbond systému. Všechna vlákna z tisíce kapilár jsou v této šachtě pod zvlákňovací hla-

vouchlazenavzduchem okolí a unášenatlakovým teplým proudem vzduchu. Jednotlivá vlákna mohou být od sebe držena mechanickou či aerodynamickou silou, nejčastěji však silou elektrostatického náboje. Na konci tohoto formovacího systému jsou vlákna strhávána a ukládána na skací dopravníkový pás. Gramáž neboli plošná hmotnost se řídí právě poměrem množství zvlákněného polymeru k rychlosti skacího dopravníkového pásu.[4; 9; 23]

Tab. 3. Přehled generací Reifenhäuser Reicofil technologie s rostoucí produktivitou. [1]

Generace Reicofil systému	Rok	Produkce [kilogram za hodinu a metr šířky]
1 system	1986	50
	1992	100
2 systém	1992	125
	1995	145
3 system	1995	150
	2002	195
4 system	2002	225
5 system	2017	270

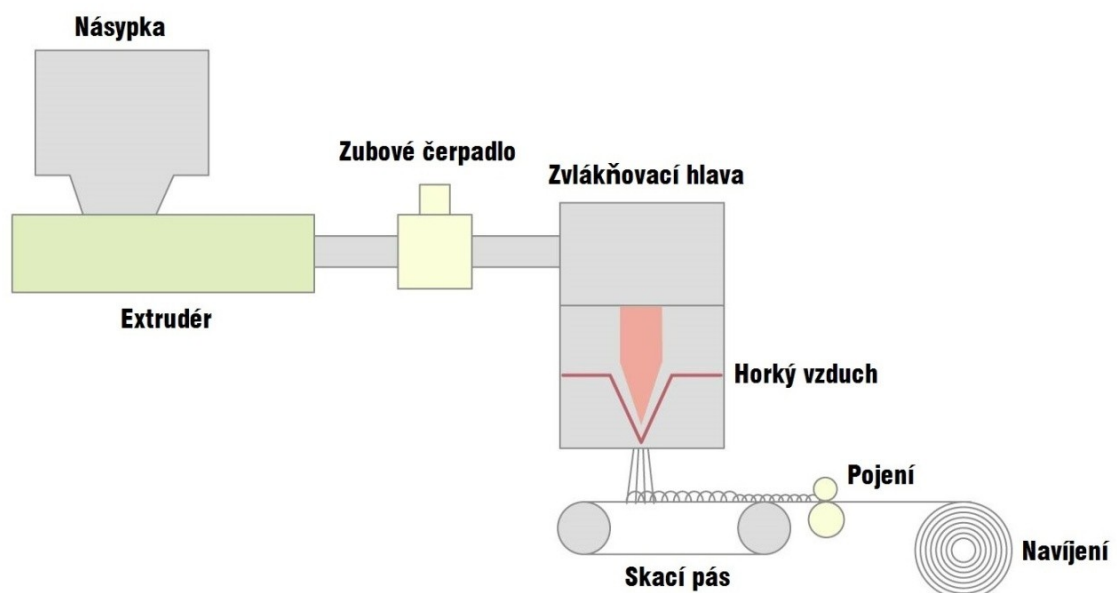


Obr. 11. Schéma spunbond linky. [26]

- *Výroba technologií meltblown*

Prvopočátky zpracování termoplastů technologií na základě meltblown do formy mikrovláken tenčích než 10 mikrometrů byl poprvé demonstrován v 50. letech minulého století. Zasloužila se o to Americká námořní výzkumná laboratoř US Naval Research Laboratory. Ta byla zaměřena na vývoj mikrovláken pro sběr a detekci radioaktivních částic ve vyšší atmosféře, konkrétně kvůli monitorování celosvětově testovaných nukleárních zbraní. Pro celosvětové komerční využití byl vývoj této technologie dokončen až v 80. letech minulého století. [9; 21]

Vyvinutý proces výroby mikrovláken využívá částilinky podobné jako systém spunbond. Rozdíl je patrný až u extrudéru s nastavitelnou výstupní silou roztaveného polymeru skrz řadu zvláknovacích otvorů umístěných vždy mezi dvěma proudy horkého vzduchu pod vysokým tlakem. Tím je roztavený polymer strháván a formován do tvaru mikrovlákna a doslova "rozfoukáván" po celé šíři výrobní linky. Teplota stlačeného vzduchu je přibližně stejná, jako teplota taveniny polymeru. Trysky systému meltblown jsou umístěny jen několik desítek centimetrů od sběrného skacího pásu, pod kterým napomáhá k tvorbě vlákenné vrstvy navíc vakuum. Vlákenná struktura je nakonec pásem unášena, stejně jako u technologie spunbond, k další části výrobní linky, kterou je systém pojení. [9; 21; 23; 24]



Obr. 12. Schéma meltblown linky. [27]

- *Kombinace SMS*

Pro získání lepších vlastností, co se týče pevnosti, pevnosti v dalším trhání, či filtračních bariérových vlastností, se vlákenné vrstvy obou technologií spunbond a meltblown často sdružují a následně pojí do jedné struktury. Vrstva nebo více vrstev meltblown je vložena mezi kombinace vrstev, vytvořených technologií spunbond. Počet a kombinace písmen u výrobního označení znamenají posloupnost vrstev v konečně vytvořené textili: SM, SMS, SMSMS, SMMS, SSMS apod. Při takové kombinované výrobě jsou na jedné výrobní lince v činnosti zvláknovací systémy obou technologií současně.



Obr. 13. Průřez textilií s kombinací SMS. [22]

- *Elektrostatické zvláknování*

Tento způsob formování vláken elektrostatickou metodou (angl. electrospinning) z polymeru se začal vyvíjet koncem 70. let minulého století. Základem je vytvoření silného elektrostatického pole, které jednak tvoří samotná vlákna a zároveň jej ukládá a vytváří souvislou vláknennou vrstvu na podložku protielektrody. Základem zařízení je několik odporových drátů uchycených na řetězech. Konce drátů jsou ve styku s elektrickými kontakty s nastavitelným napětím (až 30 kV), kterými se reguluje teplota drátů. V prvním úseku se dávkuje polymer v podobě prášku, který je ve druhém úseku natavován na rozeřáté dráty. V dalším úseku již elektrostatické pole taveninu formuje do podoby vláken, která jsou následně unášena pohybující se podložkou. Touto metodou je možné zpracovávat prakticky všechny druhy termoplastů. Výsledkem jsou textilie s vysoce rovnoměrně rozloženou hmotou po celé ploše výrobku. Další důvod výroby netkaných textilií touto metodou je dlouhodobě udržitelný elektrostatický náboj materiálu, čehož se využívá především u výroby filtrů, kde náboj napomáhá k vazbě drobných nečistot. [23; 24]

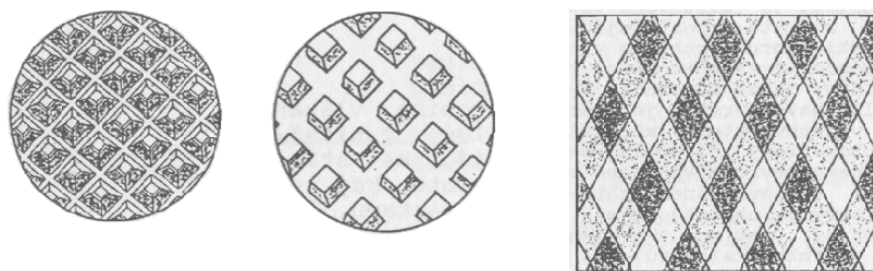
4.3 Pojení vrstev

4.3.1 Tepelné pojení

Pojení vrstev netkaných textilií pomocí tepla je proces, jehož cílem je učinit textilii rozměrově stabilní, zejména toto platí u syntetických látek. Hlavní účel tepelného pojení je zlepšit a zhomogenizovat strukturu a eliminovat vnitřní pnutí vláken během výroby, minimalizovat smrštění, zlepšit rozměrovou stabilitu. Účinek tepelného pojení je lepší u vláken s hydrofobním charakterem. Běžně je aplikováno u vláken z polyolefinů, polyesterů, polyuretanů, dále pak u polyakrylonitrilových, polyamidových a viskosních vláken.

Podstatou tohoto kroku výroby netkané textilie je nanesení pojícího materiálu, ať se jedná o pojivo ve formě prášku nebo pasty na vrstvu vlákenné struktury nebo se může jednat o pojivo plošné, ve formě fólie nebo mřížky. Dalším krokem je tavení pojiva na požadovanou teplotu formování pojících míst a následné zpevnění pojiva jeho ochlazením. Důležitá vlastnost u tepelného pojení je adheze, vzhledem k relativně malé stykové ploše pojiva a pojené struktury, ve srovnání například s textiliemi pojenými chemicky. Obecné pravidlo pro adhezi je, že je tím lepší, čím jsou si materiály pojiva a pojené vlákenné struktury chemicky podobnější.[18; 23; 24]

Kalandrování je jedním z často využívaných způsobů zpevnění vlákenných vrstev a pojení účinkem teploty i tlaku. Při tomto procesu probíhá vlákenná vrstva štěrbinou mezi dvěma vyhřívanými pojíciemi válci - kalandry. Tyto válce mohou mít hladký nebo dezénovaný povrch podle toho, je-li požadováno spojení plošné nebo bodové. Dalším zvláštním typem mohou být válce se šroubovicovým povrchem. Válce jsou většinou konstruovány pro vyhřívání do 250 °C. Neméně důležitým požadavkem pro spolehlivé spojení vrstev je i přítlak válců, který se pohybuje kolem 300 000 N/m. Tento způsob pojení se využívá u textilií s plošnou hmotností do 100 g/m². Pro netkané textilie vyšších gramáží je nutné vlákenné vrstvy předeřhát horkým vzduchem nebo infračerveným zařízením nebo využít více kalandrových válců v sérii. [23; 24]



Obr. 14. Rastrované povrchy kalandru (vlevo, uprostřed), schéma textilie pojené kalandry sešroubovicovým povrchem. [9]

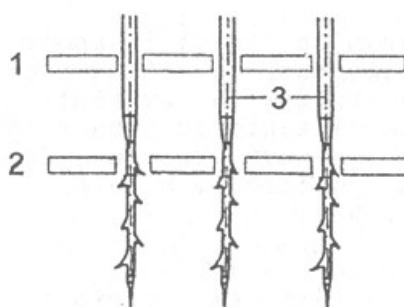
4.3.2 Chemické pojení

Tato forma pojení využívá chemická pojiva, umožňující vytvoření velkých adhezních sil. Vytvořené vláknenné vrstvy jsou pojeny v procesech impregnace pojiva, sušení struktury a vytvrzování. Pojivo může potahovat vlákna, na povrchu může tvořit film, ale pro spolehlivé spojení je nutné, aby pojivo proniklo do bodů křížení vláken a vytvořilo adhezivní spojení. Pevnost této vazby závisí na mezimolekulárních silách mezi samotným vláknem a pojivou vrstvou. Pojící polymery bývají rozpouštěny nejčastěji ve vodě nebo mohou být alternativně aplikovány jako disperze nebo emulze. Nejčastěji se používají pojící systémy na bázi latexu, běžná používaná polymerní pojiva jsou akrylátová, kopolymery butadienstyrenu a etylenvinylacetátu.

Různé metody nanášení pojiv zahrnují nasycení, pěnové a sprejové spojování a spojování tiskem. Metoda nasycení zahrnuje úplné ponoření vrstvy do pojivové lázně. Přebytečné pojivo je odstraněno průchodem vláknenné vrstvy válcovou štěrbinou. Pěnové pojení zahrnuje ředění pojiva ve směsi vzduchu a vody, což napomáhá následnému sušení. Způsob sprejového pojení, jak už název napovídá, znamená rozprášení a nanesení jemných částic. Tento způsob se uplatňuje u výroby objemných textilií. Nanášení pojiva tiskem má za cíl vytvořit nesouvislou pojivou vrstvu. Zahrnuje aplikaci pojiva v předem určených oblastech, zajišťujících vzájemnou kompaktnost vláken. Zbývající plochy zůstávají nespojené. Sušení probíhá v konvekčních, lineárních a infračervených sušičkách, během něhož se použité rozpouštědlo odpaří. [9; 23; 24]

4.3.3 Mechanické pojení

Pojení vlákných vrstev mechanickými silami zahrnuje několik různých způsobů. Jedním z nejstarších, ale i nejrozšířenějších způsobů je *Vpichování*. Jedná se o proplétání vláken nebo svazků vláken mezi jednotlivými vrstvami pomocí vpichovacích jehel s ostny. Vlákná struktura je přivedena mezi děrované rošty, kterými přes vrstvy proniká soustava jehel. Pracovní část jehel, jejich ostny, strhávají svazky vláken napříč vrstvami. Soudržnost jednotlivých vrstev je dána třením mezi vlákny. Výrobky, jejichž vlákné vrstvy jsou pojeny mechanickým vpichováním, mají plošné hmotnosti od 100 do 2000 g/m². [23]



Obr. 15. Znárodnění jehel při vpichování
(1 - stírací rošt, 2 - opěrný rošt, 3 - vpichovací jehla). [9]

Forma pojení a zpevnování vlákné struktury pomocí paprsku vody (angl. spunlaced) vznikla v 80. letech minulého století. Vlákna jsou mechanicky zapletena dohromady vysokorychlostními proudy vody, směřovanými kolmo na vláknou vrstvu. Tlak vody se pohybuje od 2 do 60 MPa. Výsledná struktura spojených míst na ploše textilie je závislá na provedení a tvaru formujícího pásu, síta či roštu, na kterém vlákné vrstvy leží. Běžné plošné hmotnosti textilií, pojených a zpevněných technologií vodního paprsku jsou do 100 g/m². Jedna z největších výhod této technologie je vysoká výrobní rychlost a hygienická nezávadnost. Použitá voda musí mít neutrální pH, musí být odvápněna a nesmí obsahovat bakterie či jiné látky. [23]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo srovnání a vyhodnocení vlastností vybraných netkaných textilií, připravených odlišnými výrobními technologiemi. Ke zkoumání byly k dispozici textilie vyrobené technologií spunbond s označením S, kombinací spunbond a meltblown ve formaci s označením SMS a spunbond textilie s bikomponentními vlákny typu obal/jádro s označením BIKO. Všechny tři typy netkaných textilií byly k dispozici ve formě hydrofobní i ve formě s hydrofilní úpravou. Hydrofobní textilie byly testovány na pevnost v tahu, těžnosti a pevnosti v dalším trhání. Zkoušky textilií s hydrofilní úpravou byly zaměřeny na jejich chování v kontaktu s kapalinou. Konkrétně se jednalo o zkoušky absorpce kapalin, dobu trvání absorpce kapalin a rychlost knotového efektu kapalin.

6 HYDROFOBNI NETKANÉ TEXTILIE

Zkoušky hydrofobních vzorků netkané textilie probíhaly na univerzálním zkušebním trhačím stroji Zwick/Roell 1456 s maximální silou 20 kN. Maximální možný posuv příčnicku činil 800 mm/min. Použité testovací softwarové vybavení příslušného počítače bylo testXpert II. Zkoušky probíhaly v normálním ovzduší při teplotě 22 °C.



Obr. 16. Univerzální zkušební stroj (trhačí) Zwick/Roell 1456.

6.1 Příprava a testování zkušebních vzorků

Pro testování hydrofobních textilií byly připraveny a použity vzorky stejné gramáže 14 g/m² třech různých kombinací technologií a typů vláken:

- řada 1: polymer PP, technologie spunbond, monokomponentní vlákna
- řada 2: polymer PP, technologie s kombinací spunbond/meltblown/spunbond (SMS), monokomponentní vlákna
- řada 3: polymer PP/PE, technologie spunbond, bikomponentní vlákna typu *obal/jádro*

Uvedené typy vláken a technologie byly podrobně rozebrány v kapitole 4.4, resp. 4.2.4.

6.1.1 Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti

První ze zkoušek hydrofobní netkané textilie bylo zjišťování tahových vlastností metodou vystřiženého pásku. Podstatou zkoušky, provedené dle normy ČSN EN 29073-3, je působící zatížení s konstantním přírůstkem prodloužení ke zkušebnímu vzorku určitých stanovených rozměrů. Výsledkem je stanovení hodnoty maximální síly, kterou je schopen vzorek přenést a rovněž zjištění tažnosti z křivky zatížení.

Z důvodu obav, aby nedošlo k přetrhu testovaných vzorků v rýhovaných čelistech, bylo nutné instalovat svorky s čelistmi, určené přímo pro zkoušení textilií, které umožnily bezpečné pevné upnutí po celé šířce bez poškození.

V souladu s normou, která předepisuje postupy pro řádné provedení zkoušky, bylo připraveno a testováno deset vzorků v podélném směru o šířce 50 mm a o takové délce, aby bylo možné bezpečné upnutí do svorek s čelistmi a vzdálenost mezi čelistmi byla 200 mm. Rychlost příčnicku byla dána dle normy 100 mm/min. [33]



Obr. 17. Vzorek upnutý v čelistech pro testování textilních materiálů.

Na základě provedených měření a vyhodnocení výsledků byly sestaveny tabulky (Tab.: 4, 5, 6), obsahující pro každé z deseti měření dané řady vzorků, maximální sílu při přetržení, prodloužení při maximální pevnosti. Nakonec je znázorněna vykonaná práce do samotného přetržení. Dále byly z dat softwaru testXpert II sestrojeny křivky zatěžující síly a tažnosti pro jednotlivé řady vzorků (Obr. 18, 19, 20).

Výsledné hodnoty pro porovnávání jednotlivých vybraných řad vzorků budou představovat aritmetický průměr, vypočítaný podle vzorce:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

kde

- x jsou naměřené hodnoty
- n je počet měření

Dalším vypočteným údajem je odhad směrodatné odchylky aritmetického průměru:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

kde

- \bar{x} je aritmetický průměr
- x_i je i -tá hodnota měřené veličiny
- n je počet měření

Nakonec byl vypočítán variační koeficient hodnot podle vzorce:

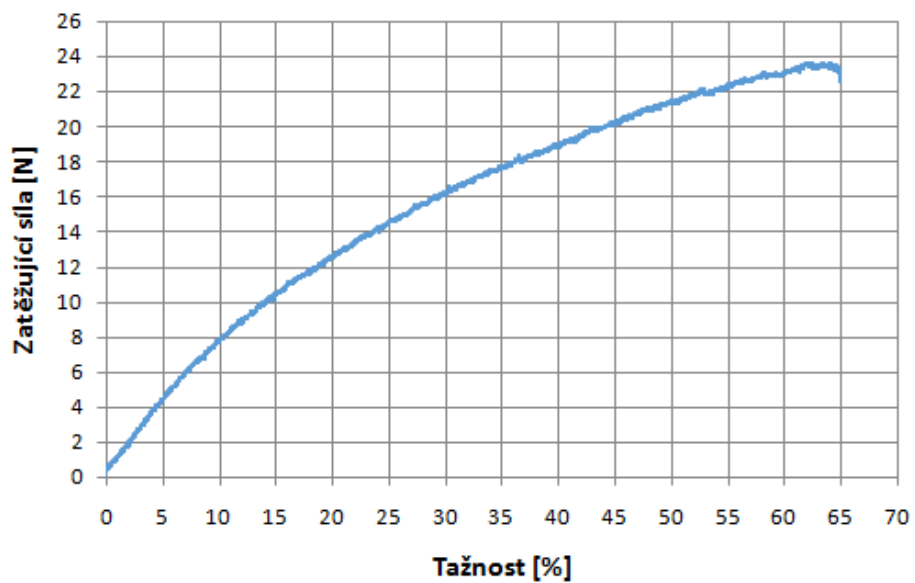
$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

kde

- s je směrodatná odchylka
- \bar{x} je aritmetický průměr

Tab. 4. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v tahu pro vzorky řady 1.

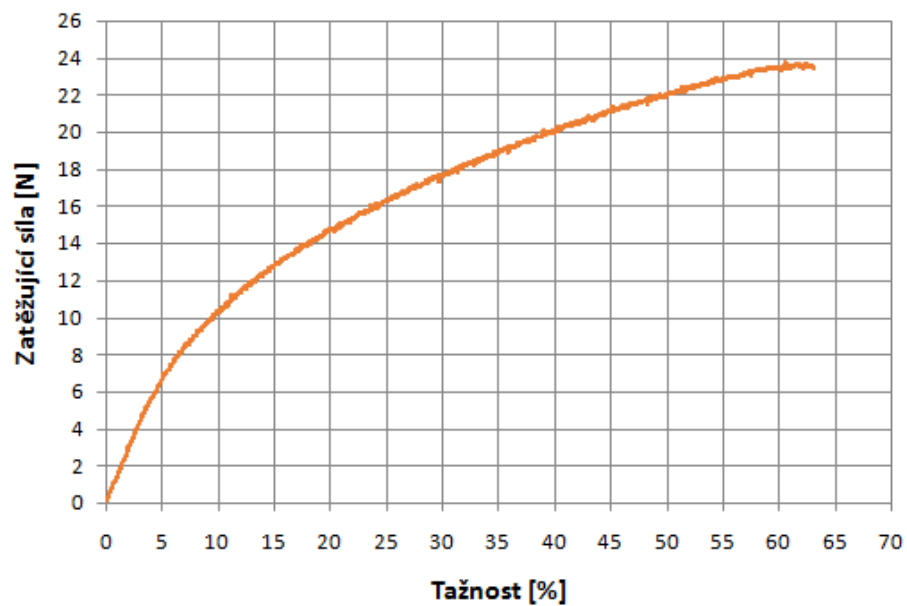
Řada 1: polymer PP, technologie S, mono vlákna			
číslo měření	Maximální síla při přetržení [N]	Maximální tažnost při přetržení [%]	Práce do přetržení [J]
1	22,4	59,0	1,70
2	27,6	75,7	2,71
3	23,6	62,2	1,89
4	22,7	54,7	1,57
5	24,3	60,0	1,84
6	22,3	53,0	1,40
7	26,2	63,8	2,12
8	25,2	64,4	1,94
9	24,6	67,3	2,12
10	25,6	72,9	2,38
x	24,5	63,3	1,97
s	0,5	2,2	0,12
V [%]	2,1	3,4	5,9



Obr. 18. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 3 řady 1.

Tab. 5. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v tahu pro vzorky řady 2.

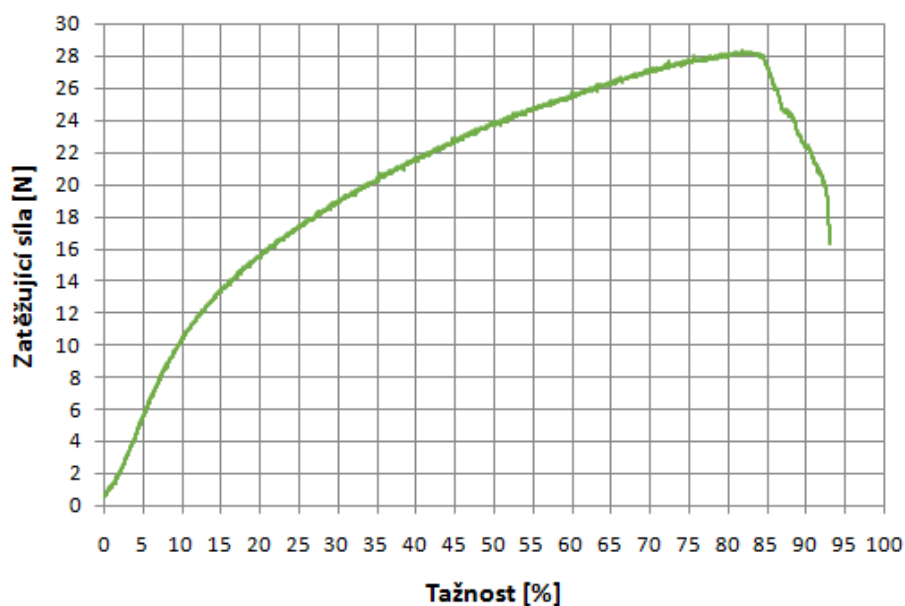
Řada 2: polymer PP, technologie SMS, mono vlákna			
číslo měření	Maximální síla při přetržení [N]	Maximální tažnost při přetržení [%]	Práce do přetržení [J]
1	24,2	59,5	2,04
2	24,3	75,7	2,92
3	23,2	63,0	2,08
4	21,6	52,9	1,57
5	23,8	60,5	1,98
6	25,5	72,3	2,59
7	23,5	57,4	1,87
8	24,6	59,8	2,03
9	23,8	65,7	2,01
10	25,2	42,6	1,21
x	24,0	60,9	2,03
s	0,3	2,7	0,14
V [%]	1,3	4,4	6,7



Obr. 19. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 5 řady 2.

Tab. 6. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v tahu pro vzorky řady 3.

Řada 3: polymer PP/PE, technologie S, biko vlákna			
číslo měření	Maximální síla při přetržení [N]	Maximální tažnost při přetržení [%]	Práce do přetržení [J]
1	24,7	77,8	2,7
2	28,4	81,7	3,2
3	27,8	71,0	2,7
4	28,1	88,2	3,5
5	31,3	95,2	4,2
6	26,4	75,6	2,8
7	28,4	70,9	2,7
8	31,0	100,4	4,5
9	29,3	96,8	4,1
10	28,4	75,0	3,0
x	28,4	83,3	3,3
s	0,6	3,2	0,2
v [%]	2,0	3,8	5,9



Obr. 20. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 2 řady 3.

Z tabulek (Tab.: 6, 5, 6) lze pozorovat, že z průměrných hodnot zjištěné maximální síly při přetržení si nejlépe vedly vzorky textilií řady 1 a 3, vyrobené technologií spunbond. Tato technologie obsahuje strukturu lépe orientovaných dlouhých vláken, které textilie dodávají lepší pevnost v tahu. U vzorků řady 3 s bikomponentními vlákny je patrný nárůst maximální tažnosti při přetržení, způsobený umožněným pohybem jádra vlákna v jeho obalu.

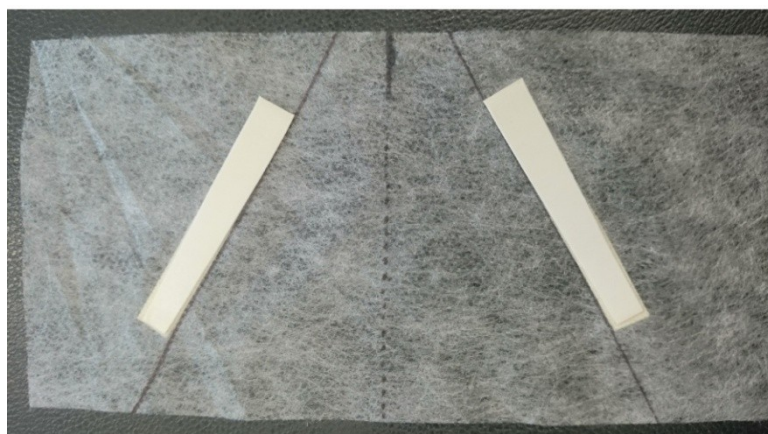
Tyto skutečnosti pro porovnání lépe graficky znázorňují uvedené grafy (Obr.: 18, 19, 20).

6.1.2 Zjišťování pevnosti v dalším trhání

Podstatou této zkoušky, provedené dle normy ČSN EN ISO 9073-4, je zjištění pevnosti v tahu u výrobků z netkané textilie, které vykazují natržení či nastřížení z nějakého důvodu. Ať se již jedná o záměrně vytvořenou funkční část výrobku nebo neúmyslně vytvořené trhliny, například vlivem poruchy při mechanickém namáhání či opotřebení. [34]

Pro zkoušku bylo připraveno deset zkušebních vzorků v podélném směru. Na každý testovaný vzorek o rozměrech 75 mm x 150 mm byl narýsován rovnoramenný lichoběžník, který se na jedné straně nastříhl podle obrázku (*Obr. 21*). Jelikož se jednalo o vzorky menších rozměrů než u předešlé zkoušky a dle normy bylo předepsáno počáteční nastavení čelistí na vzdálenost 25 mm, bylo nutné použít čelisti s pneumatickým upínáním. Vzorek byl připraven tak, aby jej čelisti trhacího stroje upínaly podél nerovnoměrných stran narýsovaného lichoběžníku. Jeho krátká strana s nastřížením uprostřed byla napnutá, na delší straně se tvořily zvlněné záhyby. Opět, stejně jako u předešlé zkoušky, se do konečného vyhodnocování neregistroval výsledek, pokud došlo přetržení v čelistech stroje, nikoliv v nastříženém místě. Aby se tomuto předešlo, bylo nutné na upínací místa každého vzorku nalepit proužky pěnové lepicí pásky (viz. *Obr. 21*).

Zjišťování prodloužení a pevnost v dalším trhání bylo nutné zaznamenávat až do úplného přetržení vzorku. Výsledek lze brát za platný, pouze pokud bylo dosaženo vzdálenosti čelistí 64 mm. To v případě původního nastavení vzdálenosti 25 mm odpovídá 256% prodloužení. Bylo proto třeba brát v úvahu pouze nejvyšší dosaženou hodnotu zatěžovací síly, která byla zaznamenána právě do vzdálenosti čelistí 64 mm. Po překročení této vzdálenosti se tahová síla snižovala v důsledku přibližování se okraji zkoušeného vzorku. [34]



Obr. 21. Připravený vzorek s nástřihem pro zjišťování pevnosti v dalším trhání.



Obr. 22. Vzorek upnutý podél nerovnoměrných stran lichoběžníku.

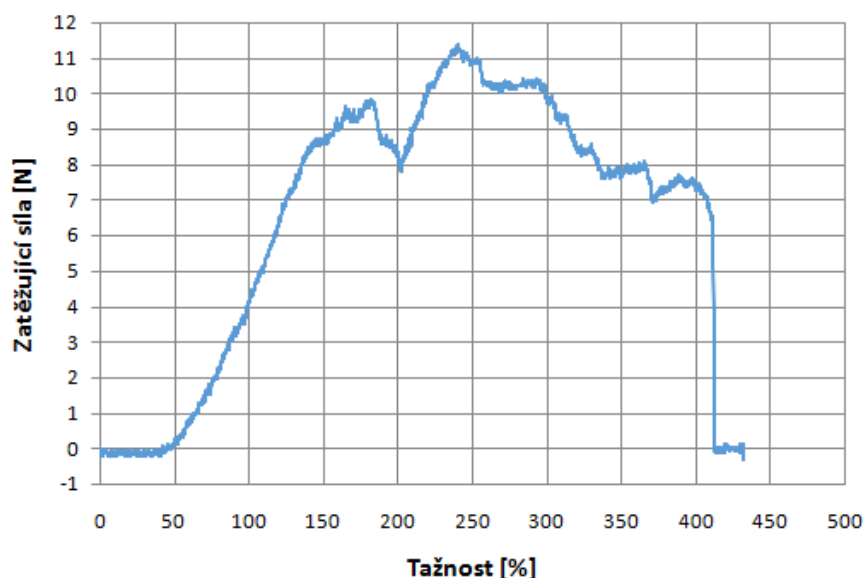


Obr. 23. Vzorek v průběhu dalšího trhání.

Získané a vypočítané hodnoty z měření každé řady zkušebních vzorků byly opět zaneseny do tabulky (Tab.: 7, 8, 9). Hlavní zjišťované veličiny byly maximální síla v dalším trhání a poměrné prodloužení při maximální síle v dalším trhání. V neposlední řadě byla zjišťována práce do maximální síly v dalším trhání. Následně byly ze získaných dat softwaru testX-pert sestrojeny křivky zatěžující síly a tažnosti jednotlivých řad vzorků (Obr.: 24, 25, 26).

Tab. 7. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v dalším trhání pro vzorky řady 1.

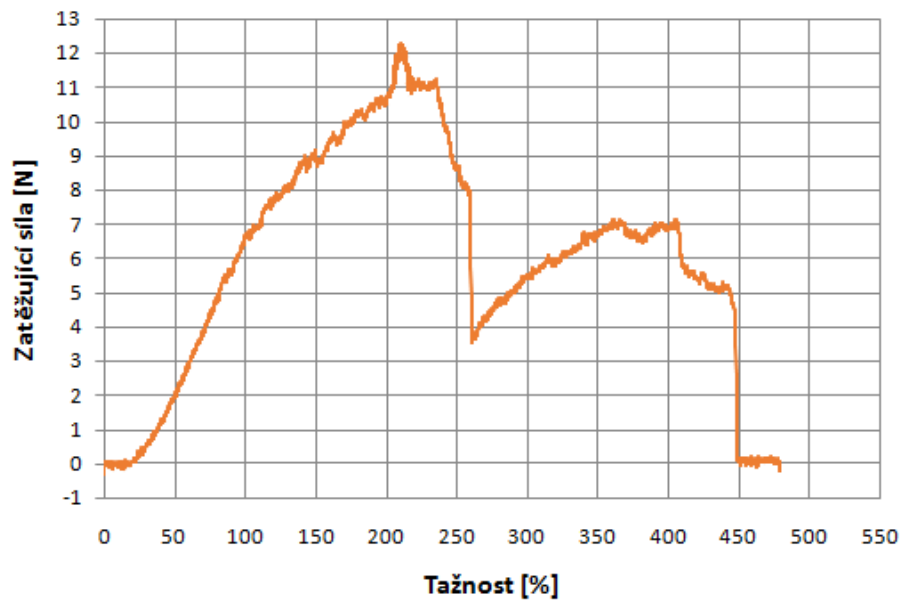
Řada 1: polymer PP, technologie S, mono vlákna			
číslo měření	Maximální síla v dalším trhání [N]	Prodloužení při maximální síle v dalším trhání [%]	Práce do maximální síly v dalším trhání [J]
1	11,8	117,9	0,19
2	12,4	242,6	0,36
3	9,1	263,9	0,30
4	11,6	175,9	0,19
5	10,4	243,1	0,29
6	12,3	242,5	0,30
7	9,8	277,2	0,34
8	10,9	261,5	0,39
9	10,0	272,5	0,39
10	11,4	265,4	0,37
x	11,0	236,3	0,31
s	0,3	14,5	0,07
V [%]	2,9	6,1	23,7



Obr. 24. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 10 řady 1.

Tab. 8. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v dalším trhání pro vzorky řady 2.

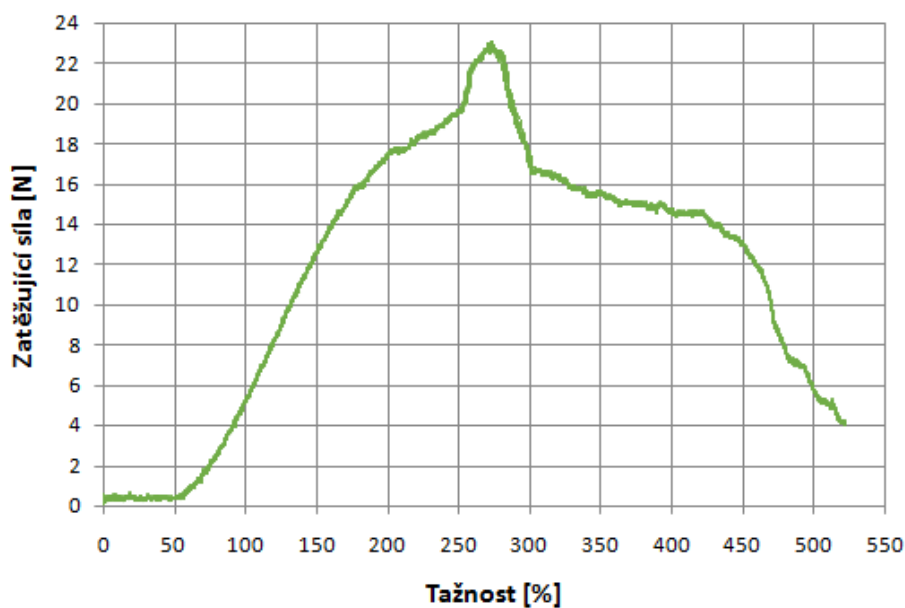
Řada 2: polymer PP, technologie SMS, mono vlákna			
číslo měření	Maximální síla v dalším trhání [N]	Prodloužení při maximální síle v dalším trhání [%]	Práce do maximální síly v dalším trhání [J]
1	13,7	235,8	0,40
2	12,9	173,5	0,26
3	12,1	199,7	0,32
4	13,0	185,2	0,29
5	10,1	167,2	0,25
6	11,5	313,3	0,64
7	14,9	226,5	0,36
8	11,6	210,9	0,31
9	11,6	184,7	0,26
10	12,3	181,8	0,29
x	12,4	208	0,34
s	0,4	13	0,03
V [%]	3,2	6,3	10,3



Obr. 25. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 8 řady 2.

Tab. 9. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v dalším trhání pro vzorky řady 3.

Řada 3: polymer PP/PE, technologie S, biko vlákna			
číslo měření	Maximální síla v dalším trhání [N]	Prodloužení při maximální síle v dalším trhání [%]	Práce do maximální síly v dalším trhání [J]
1	25,3	209,4	0,67
2	23,1	250,4	0,77
3	30,1	274,9	0,94
4	23,3	304,0	0,84
5	23,1	354,4	0,73
6	26,0	287,3	0,75
7	22,4	297,2	0,88
8	20,5	267,5	0,65
9	20,3	276,1	0,65
10	17,3	269,5	0,53
x	23,14	279,07	0,74
s	1,05	11,23	0,12
V [%]	4,6	4,0	16,6

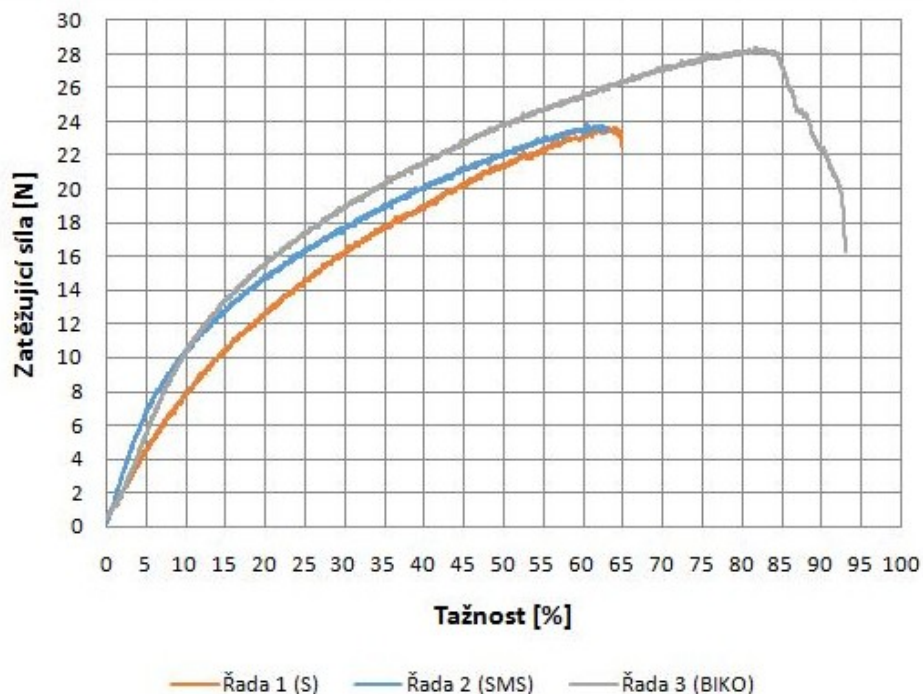


Obr. 26. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 9 řady 3.

Z hodnot, které uvádějí v tabulky (Tab.: 7, 8, 9) je patrné, se že při zjišťování pevnosti v dalším trhání nejlépe jeví textilie řady 3, obsahující bikomponentní vlákna. Mezi jednotlivými vlákny i mezi obalem a jádrem vlákna je to způsobeno třecím mechanismem, který je pro typ deformace dalšího trhání typický a také zásadní. Lépe lze toto chování vypořadovat z příložených grafů (Obr.: 24, 25, 26).

6.2 Vyhodnocení výsledků

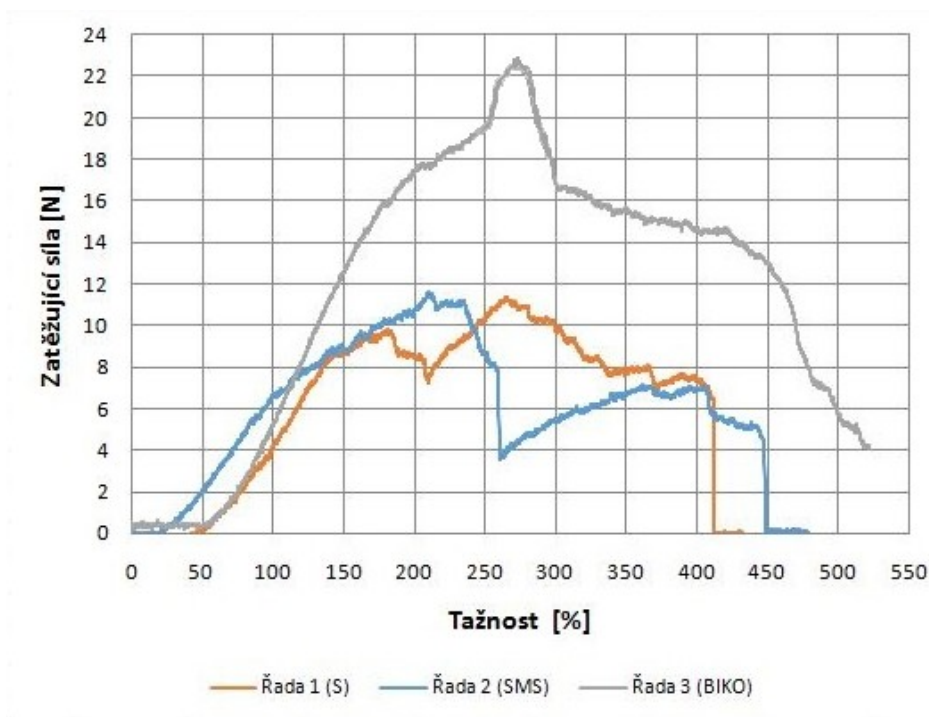
U netkané textilie řady 3, vytvořené technologií spunbond z bikomponentních vláken konfigurace obal/jádro můžeme pozorovat u většiny vzorků výrazně větší tažnosti, než u zbylých dvou typů. To je dáno u tohoto typu vlákna žádoucím pohybem a tím vyvolaným třením mezi oběma složkami. Tedy jádro tohoto bikomponentního vlákna nelpí na obalu z polyetylenu, ale volně v něm klouže, a dodává tak výrobkům příjemnou hebkost na omak, stejně jako zmiňovanou tažnost. U samotné pevnosti v tahu textilie z bikomponentních vláken lze pozorovat jen malý nárůst oproti vzorkům, tvořeným vláknem jednoduchým, tedy monokomponentním.



Obr. 27. Grafické porovnání tahových křivek zkoumaných materiálů při zjišťování pevnosti v tahu.

U druhé z provedených zkoušek je mechanismus dalšího trhání unetkaných textilií značně ovlivněn třecími silami mezi jednotlivými vlákny. Ve velké míře se liší od mechanismu dalšího trhání u tkaného textilu, kde tento druh deformace závisí především na sledu přetrhů namáhaných nití. Vzorky textilie řady 2, obsahující vrstvu vyrobenou technologií meltblown, lze pozorovat mírně zvýšenou maximální sílu v dalším trhání. Meltblown vrstva totiž obsahuje větší množství jemně rozfoukaných vláken, které výslednému produktu propůjčují zvýšenou pevnost v dalším trhání vlivem právě třecích sil mezi těmito vlákny.

Při pozorování bikomponentních vláken u této zkoušky je již vidět rozdíl patrnější. Konfigurace tohoto typu vláken, tvořených jádrem z PP a obalem z PE navíc strukturu zajišťuje až 280% tažnost při maximální síle v dalším trhání. To může přinášet při dalším zpracování z této technologie čím dál větší zájem výrobců. Tyto vlákenné struktury umožňují diametrálně odlišné vlastnosti a chování, než struktury připravené např. samotnou technologií spunbond navíc i tím, čím přispívá obal vlákna z polyetylenu. Především jeho výborná odolnost vůči chemikáliím a mikroorganismům.



Obr. 28. Grafické porovnání tahových křivek zkoumaných materiálů při zjišťování pevnosti v dalším trhání.

7 HYDROFILNÍ NETKANÉ TEXTILIE

7.1 Příprava a testování zkušebních vzorků

Předmětem testování vybraných netkaných textilií s hydrofilní úpravou bylo zkoumání některých aspektů chování při kontaktu s kapalinou. Tu u všech tří typů zkoušek představovala destilovaná voda, dostatečně dlouho klimatizovaná, aby byla v rovnovážném stavu s ovzduším laboratoře. Jmenovitě se jednalo o:

- dobu trvání absorpce kapalin;
- absorpci kapalin;
- rychlost knotového efektu kapalin neboli vzlínavost.

Typy použitých zkušebních vzorků třech různých kombinací technologií a typů vláken byly stejné, jako je popisuje kapitola 6.1. Jediný rozdíl byl v jejich hydrofilní úpravě přidanou aviváží, která zajistila nasákavost textilie kapalinou.

7.1.1 Zjišťování doby absorpce kapalin

U této zkoušky hydrofilních netkaných textilií byl dle normy ČSN EN ISO 9073-6 zjišťován čas, potřebný k celkovému smočení zkoušeného vzorku. Bylo vystřiženo pět vzorků šířky 76 mm v podélném směru. Délkamusela být taková, aby byla dosažena požadovaná hmotnost vzorku 5 g. Vzorek byl volně svinut do vyrobeného drátěného košíku ve tvaru válce s výškou 80 mm a průměrem 50 mm. Košík musel být vyroben z takového materiálu, aby jeho hmotnost byla 3 g. Tomuto vyhovoval nerezový ocelový drát o průměru 0,5 mm spojený tak, aby tvořil pevnou strukturu. Při průběhu zkoušky se košík se smotaným vzorkem spustil do nádoby se stanovenou kapalinou, kdy se zaznamenával čas potřebný k tomu, aby se košík zcela ponořil pod hladinu. Výsledky zkoušky pro jednotlivé řady materiálů uvádí tabulka (*Tab. 10*). [35]

Tab. 10. Naměřené a vypočítané hodnoty doby trvání absorpce kapalin.

Vzorky řady 1		Vzorky řady 2		Vzorky řady 3	
číslo měření	čas [s]	číslo měření	čas [s]	číslo měření	čas [s]
1	10,1	1	7,4	1	10,5
2	9,7	2	7,7	2	10,2
3	10,3	3	6,9	3	10,8
4	9,5	4	7,2	4	10,1
5	9,5	5	7,0	5	10,9
x	9,8	x	7,2	x	10,5
s	0,4	s	0,3	s	0,4

7.1.2 Absorpce kapalin

Touto metodou bylo dle normy ČSN EN ISO 9073-6 zjišťováno množství kapaliny, které na sebe naváže zkušební vzorek po normou stanoveném čase smočení a následném odvodnění. Doba odvodnění je velmi krátká z důvodu případného použití těkavé kapaliny, kdy by mohla vzniknout ztráta částečným odpařením.[35]

Pro tuto zkoušku bylo opět od každé řady materiálů vystřiženo pět vzorků o rozměrech 100 mm x 100 mm. Jelikož by vážil jednotlivý vzorek méně než 1 g, bylo nutné na sebe vzorky vrstvit, dokud nebyla dosažena hmotnost nejméně 1 g. Po zvážení připravených vrstev vzorku v navažovací misce s víčkem na laboratorních vahách se vzorek upevnil svorkami na vyrobenou síťovou mřížku z korozivzdorné oceli. Při průběhu zkoušky byla mřížka s upevněným vzorkem po dobu 60 s ponořena pod hladinu kapaliny. Po vyjmutí byl smočený vzorek zavěšen za jeden roh po dobu 120 s pro odkapání a následně opět zvážen. [35]

Pro vyhodnocení bylo nutné vypočítat absorpci kapaliny (LAC) v procentech podle vzorce:

$$LAC = \frac{m_n - m_k}{m_k} \cdot 100 \quad (5)$$

kde

- m_k je hmotnost suchého zkušební vzorku (nebo vrstvy) v gramech;
- m_n je hmotnost zkušební vzorku (nebo vrstvy) a absorbované kapaliny na konci zkoušky v gramech. [35]

Naměřené a vypočítané výsledky zkoušky uvádí tabulky (Tab.: 11, 12, 13).

Tab. 11. Naměřené a vypočítané hodnoty absorpce kapalin vzorků řady 1.

Vzorky řady 1			
číslo měření	hmotnost suchého vzorku [g]	hmotnost smočeného vzorku [g]	absorpce kapaliny [%]
1	1,10	12,64	91,3
2	1,02	12,62	91,9
3	1,12	12,57	91,1
4	1,11	12,72	91,3
5	1,11	12,78	91,3
\bar{x}			91,4
s			0,3

Tab. 12. Naměřené a vypočítané hodnoty absorpce kapalin vzorků řady 2.

Vzorky řady 2			
číslo měření	hmotnost suchého vzorku [g]	hmotnost smočeného vzorku [g]	absorpce kapaliny [%]
1	1,20	14,32	91,6
2	1,16	14,48	92,0
3	1,02	14,40	92,9
4	1,07	14,44	92,6
5	1,18	14,39	91,8
\bar{x}			92,2
s			0,5

Tab. 13. Naměřené a vypočítané hodnoty absorpce kapalin vzorků řady 3.

Vzorky řady 3			
číslo měření	hmotnost suchého vzorku [g]	hmotnost smočeného vzorku [g]	absorpce kapaliny [%]
1	1,23	11,04	88,86
2	1,33	11,99	88,91
3	1,26	11,42	88,97
4	1,30	11,59	88,78
5	1,28	11,64	89,00
\bar{x}			88,90
s			0,09

7.1.3 Rychlost knotového efektu kapalin (vzlínavost)

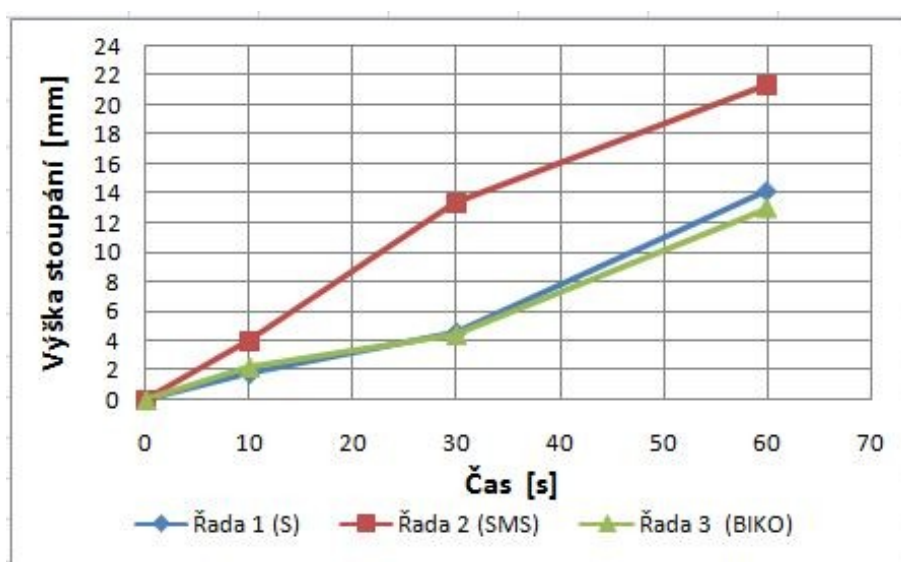
Dle normy ČSN EN ISO 9073-6 je podstatou této zkoušky zjištění rychlosti stoupání kapaliny proužku zkušební vzorku ve svislém směru, zavěšeného v kapalině.

Bylo připraveno pět zkušebních vzorků šířky 30 mm a délky 250 mm v podélném směru, opět od každé řady materiálů. Každý vzorek byl zavěšen vedle měřítka se stupnicí na vodorovné rameno připraveného zařízení. Na dolním konci byl vzorek zatížen závažím, které zajišťovalo napnutí ve svislé poloze. Po svěšení a ponoření vzorku 15 mm pod hladinu byla zaznamenávána výška stoupání kapaliny po 10 s, 30 s a 60 s.

Vyhodnocována a zanesena to tabulky (Tab.14.) byla průměrná výška stoupání u zkušebních vzorků všech řad materiálů. Ze získaných údajů byla zakreslena křivka knotového efektu kapalin zjištěné výšky stoupání pro dané časy pozorování. [35]

Tab. 14. Naměřené a vypočítané hodnoty knotového efektu kapalin.

Výška stoupání pro každý stanovený čas t [mm] vzorků řady 1				Výška stoupání pro každý stanovený čas t [mm] vzorků řady 2				Výška stoupání pro každý stanovený čas t [mm] vzorků řady 3			
čas t	10 s	30 s	60 s	čas t	10 s	30 s	60 s	čas t	10 s	30 s	60 s
vzorek č. 1	1	4	12	vzorek č. 1	4	12	20	vzorek č. 1	3	3	12
vzorek č. 2	2	5	15	vzorek č. 2	4	13	21	vzorek č. 2	2	5	14
vzorek č. 3	1	4	16	vzorek č. 3	4	14	22	vzorek č. 3	1	4	11
vzorek č. 4	3	6	13	vzorek č. 4	3	13	19	vzorek č. 4	3	6	13
vzorek č. 5	2	4	15	vzorek č. 5	5	15	25	vzorek č. 5	2	4	15
\bar{x}	1,8	4,6	14,2	\bar{x}	4	13,4	21,4	\bar{x}	2,2	4,4	13
s	0,8	0,9	1,6	s	0,7	1,1	2,3	s	0,8	1,1	1,6



Obr. 29. Křivka knotového efektu kapalin pro zkoumané řady materiálů.

7.2 Vyhodnocení výsledků

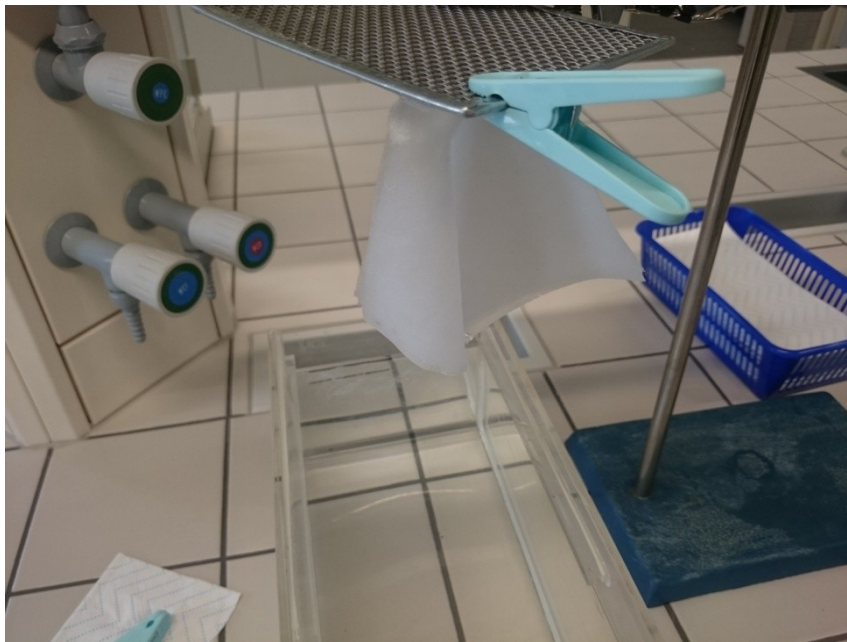
Při pohledu na průměrné hodnoty tabulek (Tab.: 10 - 14) u všech tří zkoumaných aspektů chování netkané textilie s hydrofilní úpravou vynikaly zkušební vzorky řady 2. Tedy netkané textilie vyrobené kombinací technologií spunbond a meltblown, přičemž druhá jmenovaná měla zastoupení ve vlákenné struktuře SMS vrstvou uprostřed. U doby trvání absorpce, stejně tak při zkoumání rychlosti knotového efektu tuto skutečnost mohlo zapříčinit větší množství utkvěné aviváže v jemnější mikrostruktuře meltblown vrstvy a tím poté lepší distribuci kapaliny po celé ploše textilie. U procentuální absorpce potom tato vrstva pomáhala netkané textilii zadržet vodu i po době odkapání a tím prokázala rovněž lepší sorpční schopnosti, využívané při velké škále odborných technických aplikacích.



Obr. 30. Připravené vzorky s košíkem pro zjištění doby absorpce kapalin.



Obr. 31. Smáčení vzorku při zkoušce absorpce kapalin.



Obr. 32. Odvodňování vzorku při zkoušce absorpce kapalin.



Obr. 33. Upnutý vzorek při zkoušce knotového efektu.

ZÁVĚR

V teoretické části této bakalářské práce bylo charakterizováno odvětví textilního průmyslu zkoumající výrobu a využití netkaných textilií. Byly vyjmenovány aplikace a využití výrobků z netkaných textilií napříč širokým spektrem průmyslových odvětví. Dále byly v práci uvedeny charakteristiky výchozích surovin pro výrobu vlákněných vrstev textilií. Konkrétně se jednalo jednak o výrobu nebo další zpracování samotných vláken a jejich typů a také pojivových materiálů. V další části byly rozebrány technologie přípravy vlákněných struktur a možnosti jejich pojení a zpevňování. Důraz byl kladen na problematiku přípravy vlákněné struktury z taveniny polymeru, jelikož byly touto technologií vyrobeny textilie zkušebních vzorků, zkoumaných v praktické části této bakalářské práce.

Praktická část popisovala přípravu zkušebních vzorků a vyhodnocení dosažených výsledků experimentu. Ten se dělil podle chování textilie při kontaktu s vodou. Jednalo se tak o textilie hydrofobní a hydrofilní. U pevnosti v tahu a tažnosti lehce vynikaly hydrofobní textilie s bikomponentními vlákny vyrobené technologií spunbond. Struktura této textilie obsahuje lépe orientovaná dlouhá vlákna, propůjčující výrobku lepší vlastnosti. U pevnosti v dalším trhání byla u všech tří typů textilie pozorována větší míra protažení. Zkoumané výsledky mohly být ovšem zaznamenány pouze do hodnoty tažnosti zhruba 250 %. Při překročení a dalším protahování totiž tahová síla klesala v důsledku přibližování se okraji vzorku. Kvůli mechanismu dalšího trhání, který je u netkaných textilií výrazně ovlivněn třecími silami mezi jednotlivými vlákny opět mírně vynikala textilie s bikomponentními vlákny.

U testovaných textilií s hydrofilní úpravou vykazovala výrazně lepší výsledky netkaná textilie, vyrobená kombinací technologií spunbond a meltblown. Právě vrstva meltblown, charakteristická strukturou velmi jemných, horkým vzduchem rozfoukaných mikrovláken, dokázala lépe pojmout a udržet aviváž pro hydrofilní látky. Tím byla zajištěna schopnost textilie lépe zadržet kapalinu, stejně tak zajistit lepší vzlínavost.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MALKAN, S. R. a BHAT G. S.. *Handbook of Nonwovens* [online]. Woodhead-Publishing, 2007 [cit. 2018-11-21]. ISBN 9781855736030. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781855736030500044>
- [2] LIM, Hosun. *A Review of spunbond process: Journal of textile and apparel* [online]. 2010 [cit. 2018-11-21]. Dostupné z: <http://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/JTATM/article/view/513/602>
- [3] ALBRECHT, W., Hilmar FUCHS, Walter KITTELMANN a J. LÜNENSCHLOSS. *Nonwovenfabrics*. [New, updated, extendeded.]. Weinheim: Wiley-VCH, 2003. ISBN 978-352-7304-066.
- [4] K BATRA, Subhash. *Introduction to nonwovens technology*. Lancaster, PA, DEStechPubl., 2012. ISBN 9781605950372
- [5] *Faserproduktion* [online]. Lenzing, Austria [cit. 2018-12-07]. Dostupné z: <https://www.lenzing.com/nachhaltigkeit/produktion/faserproduktion/>
- [6] *StarizCorp.: POLYESTER SHORT-CUT FIBER* [online]. [cit. 2018-12-07]. Dostupné z: <http://www.stariz.co.kr/shortcut.htm>
- [7] POSPÍŠIL, Z. *Průručka textilního odborníka, 2. část*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1981. ISBN 40091422.
- [8] KRČMA, R. *Technologie textilu: Netkané Textilie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1977. Řada textilní literatury.
- [9] JIRSÁK, O; KALINOVÁ K. *Netkané textilie*. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-708-3746-2.
- [10] VARGOVÁ, M. *Materiály a technológie*. V Nitre: Pedagogická fakulta UKF, 2002. ISBN 80-805-0538-1.
- [11] *Produkty a použití - PFNonwovens Czech s.r.o.* [online]. [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <http://www.pfnonwovens.cz/produkty-a-pouziti>
- [12] *Využití netkaného textilu ve zdravotnictví* [online]. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <http://www.pervin.cz/blog/vyuziti-netkaneho-textilu-ve-zdravotnictvi-2/>

- [13] EDANA: PRODUCTS & APPLICATIONS [online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.edana.org/discover-nonwovens/products-applications>
- [14] Celanese Corporation: NONWOVENS [online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.celanese.com/Industries/textiles-fibers-and-filtration/Nonwovens.aspx>
- [15] KRČMA, R. *Netkané textilie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962.
- [15] SODOMKA, L. *Struktura, vlastnosti, diagnostika a nové technologie oddělování, spojování a pojení textilií*. Liberec: Technická univerzita, 2002. ISBN 80-708-3645-8.
- [16] BLAŽEJ, A; ŠUTÁ, Š. *Vlastnosti textilných vláknien*. Bratislava: Alfa, 1982. Edičia literatúry prespotrebný priemysel (Alfa)
- [17] PILLER, B; TRÁVNÍČEK Z. *Synthetická vlákna, zpracování a použití v průmyslu*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1957. Řada textilní literatury.
- [18] KUMAR, R. Senthil. *Textiles for industrial applications*. Boca Raton, Florida, [2014]. ISBN 978-1-4665-6649-1.
- [19] BHATTACHARYYA, D. a Stoyko FAKIROV. *Synthetic polymer-polymer composites* [online]. Cincinnati: Hanser, c2012 [cit. 2019-05-13]. ISBN 978-344-6422-773. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSPPC0007/synthetic-polymer-polymer/synthetic-polymer-polymer>
- [20] YINGJIE OU. *Evolution of Emergent Technologies for Producing Nonwoven Fabrics for Air Filtration* [online]. Severní Karolína, USA, 2016 [cit. 2019-05-13]. Disertační práce. North Carolina State University. Dostupné z: <https://repository.lib.ncsu.edu/bitstream/handle/1840.20/33250/etd.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [21] CHAPMAN, R. A. *Applications of Nonwovens in Technical Textiles* [online]. 2010 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpANTT0002/applications-nonwovens/applications-nonwovens>

- [22] *Netkaná textilie Pegatex SMS* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.pfnonwovens.cz/netkana-textilie-pegatex-sms>
- [23] *Textile and Clothing Design Technology* [online]. CRC Press, 2018 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011N3AD1/textile-clothing-design/nonwoven-f-introduction>
- [24] KALINOVÁ, Klára. *THERMAL AND CHEMICAL TECHNOLOGIES OF NONWOVENS PRODUCTION 1/2* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/1016/mod_resource/content/1/tct%201.pdf
- [25] KALINOVÁ, Klára. *THERMAL AND CHEMICAL TECHNOLOGIES OF NONWOVENS PRODUCTION 2/2* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/1017/mod_resource/content/1/tct%202.pdf
- [26] *Spunbond* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.kasen.co.jp/english/product/nonwoven-production-part/nozzle-for-spunbond.php>
- [27] *Meltblown* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.kasen.co.jp/english/product/nonwoven-production-part/meltblown-nozzle.php>
- [28] *Geotextilie ve stavbách pozemních komunikací* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://tvstav.cz/clanek/1569-geotextilie-ve-stavbach-pozemnich-komunikaci>
- [29] *Operační sál - FN Motol* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.fnmotol.cz/kliniky-a-oddeleni/cast-pro-dospele/oddeleni-spondylochirurgicke/fotogalerie/operacni-sal/>
- [30] *Mulčovací hnědá netkaná textilie* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.travnik-realizace.cz/produkt/mulcovaci-hneda-netkana-textilie-45-g-m2-rozmer-1-6-m-x-100-m/>
- [31] *Odvodnění domu* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.venkovskydum.cz/drenaz-kolem-domu/>
- [32] *NETKANÁ ZAKRÝVACÍ TEXTILIE PROTI MRAZU* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.geomall.cz/netkana-zakryvaci-textilie-proti-mrazu-agrotextilie-n-17-50g>

- [33] ČSN EN 29073-3. *Textilie. Zkušební metody pro netkané textilie. Část 3: Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti*. Český normalizační institut, 1994.
- [34] ČSN EN ISO 9073-4. *Textilie - Zkušební metody pro netkané textilie - Část 4: Zjišťování pevnosti v dalším trhání*. Český normalizační institut, 1998.
- [35] ČSN EN ISO 9073-6. *Textilie - Zkušební metody pro netkané textilie - Část 6: Absorpce*. Český normalizační institut, 2003.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

%	procento
např.	například
S	Spunbond
SMS	Spunbond/meltblown/spunbond
BIKO	Bikompomentní vlákno
UV	ultrafialové
L	Délka vlákna
d	Průměr vlákna
p	Poměr délky a průměru vlákna
m	metr
mm	milimetr
μm	mikrometr
nm	nanometr
km	kilometr
g	gram
mg	miligram
T	Jemnost vlákna
tex	Jednotka jemnosti
dtex	decitex
m	množnost
t	čas
PP	polypropylen
PE	polyetylen
PES	polyester

PET	polyetylentereftalát
POE	polyetylenglykol
kV	kilowatt
N	newton
min	minuta
s	sekunda
x	Naměřené hodnoty
n	Počet měření
\bar{x}	Aritmetický průměr
s	Směrodatná odchylka
Σ	suma
V	Variační koeficient
J	joule
LAC	Absorpce kapaliny
m_k	Hmotnost suchého vzorku
m_n	Hmotnost zkušebního vzorku a absorbované kapaliny na konci zkoušky

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Netkaná zakrývací textilie proti mrazu. [32]</i>	13
<i>Obr. 2. Netkaná podkladová agrotexilie. [30]</i>	14
<i>Obr. 3. Vybavení operačního sálu z netkané textilie (ochranné zástěry doktorů, operační čepice, obličejové roušky). [29]</i>	15
<i>Obr. 4. Netkaná textilie jako součást drenážního systému (vlevo); jako podklad při stavbě pozemní komunikace (vpravo). [28; 31]</i>	16
<i>Obr. 5. Přehled profilovaných průřezů vláken. [9]</i>	23
<i>Obr. 6. Přehled konfigurací bikomponentních vláken (a - strana/strana, b - obal/jádro, excentricky obal/jádro, c - segmentový koláč, d - ostrovy v moři). [20]</i>	25
<i>Obr. 7. Zvlákňovací hubice pro výrobu bikomponentního vlákna typu obal/jádro (1, 2 - přívod taveniny dvou různých polymerů, 3 - výsledné bikomponentní vlákno). [9]</i>	25
<i>Obr. 8. Uspořádání mykacího stroje. [9]</i>	27
<i>Obr. 9. Horizontální příčný kladeč pavučinové vrstvy (a - pavučina, b - přiváděcí pás, c - výkyvný kompenzační pás, d - výkyvný ukládací pás, e - odváděcí pás, f - hotové, příčně vrstvené pavučinové rouno). [9]</i>	28
<i>Obr. 10. Vibrační kolmý kladeč pavučiny (1 - pavučina, 2 - vibrační kladecí pilka, 3 - dopravník do teplovzdušné komory, 4 - kolmo kladená vlákenná vrstva, 5 - vibrační pěchovací lišta, 6 - drátový rošt, 7 - tvořící válec, 8 - kryt teplovzdušné komory, 9 - vodící plech). [9]</i>	29
<i>Obr. 11. Schéma spunbond linky. [26]</i>	32
<i>Obr. 12. Schéma meltblown linky. [27]</i>	33
<i>Obr. 13. Průřez textilií s kombinací SMS. [22]</i>	34
<i>Obr. 14. Rastrované povrchy kalandru (vlevo, uprostřed), schéma textilie pojené kalandry se šroubovicovým povrchem. [9]</i>	36
<i>Obr. 15. Znázornění jehel při vpichování (1 - stírací rošt, 2 - opěrný rošt, 3 - vpichovací jehla). [9]</i>	37
<i>Obr. 16. Univerzální zkušební stroj (trhací) Zwick/Roell 1456.</i>	40
<i>Obr. 17. Vzorek upnutý v čelistech pro testování textilních materiálů.</i>	41
<i>Obr. 18. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 3 řady 1.</i>	43
<i>Obr. 19. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 5 řady 2.</i>	44

<i>Obr. 20. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 2 řady 3.</i>	45
<i>Obr. 21. Připravený vzorek s nástřihem pro zjišťování pevnosti v dalším trhání.</i>	46
<i>Obr. 22. Vzorek upnutý podél nerovnoměrných stran lichoběžníku.</i>	47
<i>Obr. 23. Vzorek v průběhu dalšího trhání.</i>	47
<i>Obr. 24. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 10 řady 1.</i>	48
<i>Obr. 25. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 8 řady 2.</i>	49
<i>Obr. 26. Křivka zatěžující síly a tažnosti pro vzorek 9 řady 3.</i>	50
<i>Obr. 27. Grafické porovnání tahových křivek zkoumaných materiálů při zjišťování pevnosti v tahu.</i>	51
<i>Obr. 28. Grafické porovnání tahových křivek zkoumaných materiálů při zjišťování pevnosti v dalším trhání.</i>	52
<i>Obr. 29. Křivka knotového efektu kapalin pro zkoumané řady materiálů.</i>	56
<i>Obr. 30. Připravené vzorky s košíkem pro zjištění doby absorpce kapalin.</i>	57
<i>Obr. 31. Smáčení vzorku při zkoušce absorpce kapalin.</i>	57
<i>Obr. 32. Odvodňování vzorku při zkoušce absorpce kapalin.</i>	58
<i>Obr. 33. Upnutý vzorek při zkoušce knotového efektu.</i>	58

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Znázornění průměrů vláken v závislosti na použité zpracovatelské metodě.</i>	18
<i>Tab. 2. Formy termoplastických pojiv. [9]</i>	22
<i>Tab. 3. Přehled generací Reifenhäuser Reicofil technologie s rostoucí produktivitou. [1].....</i>	32
<i>Tab. 4. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v tahu pro vzorky řady 1.</i>	43
<i>Tab. 5. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v tahu pro vzorky řady 2.</i>	44
<i>Tab. 6. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v tahu pro vzorky řady 3.</i>	45
<i>Tab. 7. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v dalším trhání pro vzorky řady 1.</i>	48
<i>Tab. 8. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v dalším trhání pro vzorky řady 2.</i>	49
<i>Tab. 9. Naměřená a vypočítaná data pevnosti v dalším trhání pro vzorky řady 3.</i>	50
<i>Tab. 10. Naměřené a vypočítané hodnoty doby trvání absorpce kapalin.</i>	53
<i>Tab. 11. Naměřené a vypočítané hodnoty absorpce kapalin vzorků řady 1.</i>	54
<i>Tab. 12. Naměřené a vypočítané hodnoty absorpce kapalin vzorků řady 2.</i>	55
<i>Tab. 13. Naměřené a vypočítané hodnoty absorpce kapalin vzorků řady 3.</i>	55
<i>Tab. 14. Naměřené a vypočítané hodnoty knotového efektu kapalin.</i>	56