

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Bakalářský studijní obor: **Technologie a řízení oděvní výroby - 3107R004**

Katedra: **Technologie a řízení konfekční výroby**

Zaměření: **Konfekční výroba**

Bakalářský studijní program: **TEXTIL**

Název bakalářské práce:

**Porovnání mikrovlnného a konvenčního způsobu podlepování
textilních materiálů**

„Comparison of microwave and conventional way of textile material mounting“

Autor:

Podpis autora:

Lenka PADĚROVÁ

Vedoucí práce: **RNDr. Ludmila Brichtová**

Konzultant: **Ing. Radim Šubert, Ph.D.**

Kód bakalářské práce: **419/08**

Počet stran	Počet tabulek	Počet obrázků	Počet příloh
54	5	15	1

V Prostějově dne: 12. 5. 2008

PROHLÁŠENÍ

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

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

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

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

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

V Prostějově, dne 15. května 2008

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Je mou milou povinností poděkovat touto cestou vedoucí mé bakalářské práce paní RNDr. Ludmile Brichtové za odborné vedení a cenné rady. Dále panu Ing. Milanu Hájkovi, CSc. a panu Ing. Jiřímu Sobkovi z Ústavu chemických procesů, Akademie věd ČR za poskytnutí veškerých informací týkajících se dané problematiky.

ANOTACE

Téma: Porovnání mikrovlnného a konvenčního způsobu podlepování textilních materiálů

Cílem řešení bakalářská práce je zjistit, zda je možné podlepovat jednotlivé druhy textilních materiálů pomocí mikrovln.

Úvodní část popisuje vlastnosti a podmínky nutné pro podlepování textilních materiálů, dále teoretické informace o jednotlivých způsobech podlepování a podlepovacích strojích.

Následující část je zaměřena na bližší analýzu mikrovln a jejich využití v průmyslu. Ze získaných informací bylo možné určit, zda jsou mikrovlny vhodné pro využití v textilním odvětví.

Závěrečná část popisuje samotný experiment, který analyzuje rozdílnosti podlepování textilních materiálů na průběžném polepovacím lise a v mikrovlnném zařízení. Na základě zjištěných výstupů jsou získány výsledky, které jsou vyhodnoceny a porovnány s klasickými způsoby podlepování.

KLÍČOVÁ SLOVA:

- textilní materiál
- podlepování
- sorpce vody
- adheze
- koheze
- teplota
- tlak
- čas
- mikrovlny
- elektromagnetické spektrum
- mikrovlnné záření

ANNOTATION

Theme: Comparison of microwave and conventional way of textile material mounting

The objective of this baccalaureate work is to determine whether it is possible to mount some kinds of textile materials by means of microwaves.

The Introduction describes properties and conditions necessary for textile material mounting and also the theoretical information about individual ways of mounting techniques and mounting machines.

The next chapter includes more detailed analysis of microwaves and their industrial utilization. On the basis of the obtained information it was possible to determine whether microwaves are suitable for use in the textile branch.

The final part describes the experiment itself that determines the differences between the textile material mounting on a through mounting press and in a microwave device. On the basis of the determined outputs the results were obtained and subsequently evaluated and compared with conventional ways of mounting.

KEY WORDS

- textile material
- mounting
- water absorption
- adhesion
- cohesion
- temperature
- pressure
- time
- microwaves
- electromagnetic spectrum
- microwave radiation

O B S A H

1. ÚVOD A CÍL	9
2. PODLEPOVÁNÍ TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ.....	10
2.1. <i>Předpoklady tvarování a podlepování.....</i>	11
2.1.1. Sorpční vlastnosti.....	11
2.1.2. Termické vlastnosti.....	14
2.2. <i>Podmínky podlepování.....</i>	19
2.3. <i>Způsoby podlepování.....</i>	20
2.4. <i>Polepovací stroje</i>	22
3. MIKROVLNY A JEJICH VYUŽITÍ V PRŮMYSLU	27
3.1. <i>Elektromagnetické spektrum (Maxwellova duha).....</i>	27
3.2. <i>Mikrovlnné záření</i>	30
3.2.1. Úvod.....	30
3.2.2. Interakce s látkami	31
3.2.3. Mikrovlnná zařízení	32
3.2.4. Mikrovlnné efekty.....	34
3.3. <i>Využití mikrovln v průmyslu.....</i>	36
4. EXPERIMENT.....	37
4.1. <i>Použité materiály</i>	37
4.2. <i>Úvodní experiment</i>	38
4.3. <i>Použitá podlepovací zařízení</i>	40
4.4. <i>Realizace experimentu</i>	41
4.5. <i>Vyhodnocení experimentu.....</i>	42
4.5.1 Trhačka	42
4.5.2. Opotřebením materiálů	49
4.5.3. Ekonomické vyhodnocení.....	50
4.6. <i>Srovnání výsledků</i>	50
5. ZÁVĚR.....	51
 Použitá literatura	53
Dokumentace.....	54

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Zkratka	Název	Jednotka
<i>PAD</i>	polyamid	
<i>PES</i>	polyester	
<i>Ba</i>	bavlna	
Q_d	měrné diferenciální adsorpční teplo	$[Jg^{-1}]$
Q_i	měrné integrální adsorpční teplo	$[Jg^{-1}]$
Q_k	měrné teplo bobtnání	$[Jg^{-1}]$
L_v	latentní teplo vypařování	$[Jg^{-1}]$
<i>S</i>	stupeň bobtnání	
<i>T</i>	teplota	$[^{\circ}C]$
<i>p</i>	tlak	$[Pa]$
<i>t</i>	čas	$[s]$
λ	vlnová délka	$[\mu m]$
<i>f</i>	frekvence	$[Hz]$
<i>h</i>	Planckova konstanta	$[Js]$
<i>E</i>	energie	$[J]$
<i>c</i>	rychlost světla	$[ms^{-2}]$
P_E	energie absorbovaná v jednotce objemu	$[Wm^{-3}]$
ϵ'	permitivita	$[Fm^{-1}]$
ϵ''	dielektrický ztrátový faktor materiálu	
<i>E</i>	intenzita elektrického pole uvnitř materiálu	$[Vm^{-1}]$
t_1	teplota tání	$[^{\circ}C]$
t_2	teplota fixace	$[^{\circ}C]$
c_{pl}	měrné teplo lepení	$[Jg^{-1}K^{-1}]$
<i>P</i>	příkon mikrovlnného zařízení	$[W]$
AVČR	Akademie Věd České republiky	

1. ÚVOD A CÍL

Stěžejním odvětvím textilního průmyslu je výroba oděvů. Tato výroba je ovlivňována stále se zvyšujícími požadavky trhu, zejména z důvodu růstu významu tvarování a podlepování. V minulých letech se začínalo žehlit přes mokré prostěrky, koncem 19. století se objevuje plátno obsahující škrob. Začátkem 20. století se do plátna začaly přidávat koňské žíně a objevuje se nesrážlivá úprava. Objevení polyethylenu v roce 1940 a následně dalších syntetických materiálů ovlivnilo řadu oborů, textilní průmysl nevyjímaje. První podlepovací vložky byly použity roku 1958. O devět let později se objevují nové způsoby nanášení pojiv na nosné textilie. Dnes se v těchto oblastech využívá již nejmodernějších technik.

Předložená bakalářská práce navrhuje novou moderní technologii podlepování, která dosud není známa. Jedná se o prvotní rozpracování této problematiky, kde je nastíněn nový způsob využití mikrovln pro textilní průmysl. Je ovšem zapotřebí tuto problematiku podrobněji analyzovat a zkoumat všechny možné parametry, ovlivňující podlepování v mikrovlnném zařízení.

Úvodní část práce specifikuje podmínky a vlastnosti nutné pro podlepování textilních materiálů a zdůrazňuje nutnost sorpčních a termických vlastností. Dále teoretické informace o možných způsobech podlepování a podlepovacích strojích.

Následující část definuje mikrovlny a jejich vhodnost využití v textilním průmyslu pro podlepování. Blíže je zkoumána problematika materiálů z hlediska interakce s mikrovlnami, elektromagnetické spektrum, mikrovlnné záření a mikrovlnné efekty.

V závěrečné části práce je experimentálně ověřena vhodnost využití mikrovln v textilním průmyslu, kdy na jednotlivé druhy textilních materiálů působí mikrovlnné záření. Na základě zkušebních vzorků je experiment realizován, vyhodnocen a výsledky jsou následně srovnány.

Největším přínosem této práce je důkazní experiment, který prokazuje, že i za několik minut dojde ke spojení vrchového materiálu s výztužnou vložkou.

2. PODLEPOVÁNÍ TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ

Podlepování je jedním z možných způsobu tvarování. Tvarováním se rozumí technologický, fyzikálně - chemický nebo fyzikálně – mechanický proces, který napomáhá k vytvoření požadovaného rovinného nebo prostorového útvaru [2]. Tvarovatelnost závisí na [6]:

- tepelně - fyzikálních a mechanických vlastnostech materiálu,
- podmínkách tvarování (teplotě, času, působící síle a vlhkosti),
- potřebě uchování dosaženého tvaru (dnes řešeno převážně podlepováním).

Cílem technologie podlepování je zpevnit výrobek – dát mu požadovaný tvar a schopnost si tento tvar udržet.

Při podlepování se vytváří za působení teploty, tlaku po určitou dobu trvalé spojení vrchového materiálu s výztužnou vložkou pomocí termoplastických pojiv (nerozebíratelné spoje). Za podlepování se nepovažuje lepení, které znamená pouze spojení dvou částí, popř. zajištění okrajů proti třepení [2].

Podmínky podlepování jsou specifické podle druhu vrchového materiálu, použité vložky a polepovacího stroje [8].

Teplota	116 – 138°C
	82 – 93°C pro kůži
Tlak	15 – 30 kPa
Doba aplikace	8 – 12 s

Tab.1. Parametry nutné při podlepování

- **teplota** T [°C] – měří se v mezeře mezi spojovanými textiliemi,
- **tlak** p [kPa, Ncm^{-2}] – vyvinutý přitlačným mechanismem polepovacího stroje,
- **čas** t [s] – působení zvýšené teploty a tlaku na polymerní pojivo.

Technologie podlepování dodává výrobkům čisté a hladké vypracování, držení tvaru vložkovaných částí a sníženou mačkavost [5]. Dalším z mnoha důvodů zavedení podlepování je podstatné zvýšení produktivity práce, snížení hmotnosti výrobku, vyšší ohebnost výrobku a měkčí provedení.

Podlepování má i své nevýhody, a to: snížení prodyšnosti v místě podlepení, obtížná údržba a chemické čištění, případné zmačkání nebo odlepení vložky je trvalé.

Materiály nevhodné pro podlepování [5,19]:

- s řídkou dostavou (prosvítání termoplastického pojiva)
- obsahující kovová vlákna
- na rubu počesané do delšího vlasu, který znemožňuje proniknutí termoplastického pojiva do základu
- citlivé na teplotu (s nízkou teplotou tání)
- s větším procentem srážlivosti

Některé materiály, které kladou odpor podlepování, je možno podlepovat za mírného zvýšení teploty, tlaku a doby podlepování.

2.1. Předpoklady tvarování a podlepování**2.1.1. Sorpční vlastnosti**

Přestože u klasických způsobů podlepování textilií nemá příliš smysl zabývat se sorpčními vlastnostmi, z hlediska technologie podlepení pomocí mikrovlnného záření je nezbytné vzít je v úvahu, protože mikrovlnné zařízení pracuje na principu rozkmitání molekul kapaliny (vody) a tím vytváří ohřev uvnitř materiálu.

Z obecného hlediska těchto vlastností je možný kontakt i s prostředím plynným. Nelze opomenout rozpouštědla (chemické čištění oděvů), plyny (vodní páry vzduchu a vlhkost uvolňovaná pokožkou), popřípadě kapaliny s vyšší měrnou hmotností (tmely atd.) [3]. Ke spojení těchto médií dojde, jestliže makromolekuly mají volné hydrofilní skupiny, na které se může reaktivní molekula navázat. Mechanismus navazování vody na hydrofilní skupiny vlákna zobrazuje sorpční isoterma.

Textilní vlákna jsou schopná za určitých podmínek přijímat do své struktury určité množství plynů, par, kapalin nebo roztoků. Kvantita, rychlost, mechanismus i druh vazeb mezi sorbentem a sorbovanou látkou, doprovodné jevy a analýza sorpce jsou dány podmínkami sorpce [2].

Sorpce a sorpční vlastnosti textilních vláken je možné hodnotit z následujících hledisek:

- Faktory podmiňující sorpci
- Mechanismus sorpce
- Kinematika sorpce
- Spřízněné jevy při sorpci
- Vliv struktury na sorpci
- Stanovení sorpce

➤ **Faktory podmiňující sorpci**

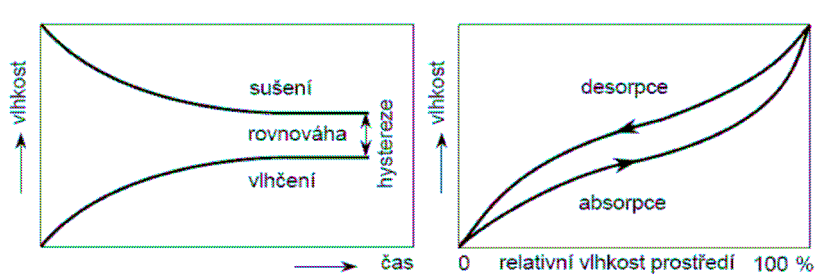
Základním předpokladem pro uskutečnění sorpce je přítomnost sorpčních center ve vláknech, která jsou schopna vázat sorpční látky. Podstatou existence center jsou atomy s dostatečně velkou volnou energií. Tyto se nejčastěji nachází na vnitřním a vnějším povrchu vláken. Sorpční centra jsou nejčastěji tvořené funkčními skupinami.

Při vlhkotepelném zpracování je sorbovanou látkou vodní pára. Sorpci vlhkosti ve vláknech podmiňují hydrofilní skupiny v makromolekule vlákna a jejich přístupnost pro molekuly vody.

Nasákavost – schopnost absorpce vody do struktury textilie, tj. schopnost vodu přijímat a fyzikální cestou vázat za podmínek dané teploty a času.

➤ **Mechanismus sorpce**

Sorpce a desorpce vlhkosti neprobíhají u textilních vláken stejně. To znamená, že vlhkost vlákna, která je za daných podmínek (teplota, tlak, relativní vlhkost vzduchu) v rovnováze s okolím, bude různá jak bude suché vlákno navlhat nebo vysychat [2]. Absorpce se uskutečňuje přednostně v amorfních oblastech. Vlákno, které je na začátku suché, bude sorbovat menší množství molekul (sorpce) jako vlákno vlhké (desorpce).



Obr.1. Závislost vlhkosti na čase sorpce (sušení, vlhčení) [2]

➤ **Kinetika sorpce**

Zkoumání rychlosti sorpce a desorpce má svoje opodstatnění především při klimatizaci vláken či textilií, sušení, zušlechťování, vlhkotepelném tvarování a čištění [6]. Kinematiku sorpce různých látek je možné využívat při zkoumání struktury vláken.

Sorpce patří mezi heterogenní procesy, skládá se z několika částečných dějů:

- Difuze sorbujících látek k povrchu vláken
- Sorpce látek na povrchu vláken

- c) Desorpce z povrchu
- d) Difuze z povrchu dovnitř vláken
- e) Sorpce

Na celkovou rychlost sorpce má rozhodující vliv nejpomalejší stupeň - difúze látek z povrchu do nitra vláken, v případě desorpce - difúze látek z vnitra vláken na povrch.

➤ *Spřízněné jevy při sorpci*

Pro hodnoty sorpce jsou důležité vedlejší reakce či změny sorpce. Jde především o uvolňování tepla, bobtnání vláken a změnu téměř všech mechanických a fyzikálních vlastností vláken.

Adsorpční teplo

Sorpce vody je exotermický děj. Uvolněné sorpční teplo je podobné kondenzačnímu teplu. Podle podmínek rozlišujeme adsorpční teplo na **diferenciální** Q_d (teplo sorpce) a **integrální** Q_i (teplo smáčení). Diferenciální teplo Q_d je teplo uvolněné při sorpci vody na 1g suchého vlákna $[Jg^{-1}]$. Voda se může sorbovat z vodní páry Q_p nebo kapaliny Q_k (měrné teplo bobtnání). Vývoj tepla se v obou případech liší latentním teplem vypařování $L_v [Jg^{-1}]$. Z termodynamiky platí [2]:

$$Q_d = Q_k + L_v$$

Bobtnání vláken

Jiným důležitým jevem je bobtnání vláken, které jsou ve většině případů přímo úměrné množství sorbované vody. Jako bobtnání se nejčastěji označují změny rozměrů vláken vlivem sorpce vody či jiných látek. Stupeň bobtnání (S) se vyjadřuje jako poměr změny určité rozměrové veličiny k původní veličině:

$$S = \frac{\Delta X}{X}$$

Při bobtnání se X může vyskytovat [9]:

- v příčném směru

Průměr d , (S_d)

Plocha průřezu A , (S_A)

- v podélném směru

Délka l , (S_l)

➤ *Vliv struktury na sorpci*

Sorpce je uskutečňována v amorfních oblastech a na povrchu krystalitů. V krystalických oblastech jsou molekuly vlákna silně vázané mezimolekulovými vazbami do pravidelného krystalu. Aktivní skupiny tvoří mezimolekulové vazby formou vodíkových můstků v celulóse, vlně, PAD nebo disperzní síly v PES [2]. Sorpce se uskuteční jen v tom případě, pokud jsou aktivní skupiny volné.

Bylo zjištěno, že sorpce je přímo úměrná pohyblivosti segmentů molekul vlákna v amorfních oblastech. Pohyblivost segmentů polymerních řetězců může mimo chemické změny ovlivnit i krystalitu a orientaci [8].

Vzhledem na krystalitu se hodnotí 4 parametry:

- velikost krystalických oblastí,
- krystalické orientace,
- velikost krystalitů,
- orientace krystalických oblastí.

➤ *Stanovení sorpce*

Stanovení množství sorbované látky je nutné hodnotit vzhledem na způsobů měření a kvalitativní vyjádření množství sorbované látky.

Množství sorbované látky a je možné určit různými způsoby. Metoda založená na jeho určení rozdílu hmotností vláken se sorbátem m_1 a bez sorbátu m_0 se využívá vždy, když jsou přírůstky či úbytky sorbátů dostatečně přesně vážitelné a při odstranění sorbátů se neuskutečňují žádné vedlejší reakce sorbentu [2]. Potom:

$$a = m_1 - m_0 [g]$$

2.1.2. Termické vlastnosti

Projev termických vlastností je u textilních výrobků velmi častý, neboť působení tepla je principem ustalování tvaru vláken, zejména syntetických, a tím i výrobků z nich.

Jde o vztahy mezi teplem a textilním materiálem [3]. Tyto vztahy se posuzují podle odolnosti vláken při různých teplotách, změně ve vlastnostech a struktuře vláken vlivem tepelného působení.

Při působení tepla na vysokomolekulární látku dochází ke změně její struktury, která se jeví jako změna tvaru a později jako změny fáze (skupenství) [6].

Podle průběhu změn při působení tepla se polymery rozdělují na **termoplasty** a **termosety**.

➤ **Termoplasty** (termo = teplo)

Při ohřevu vzrůstá pohyb jejich molekul. Polymer působením tepla měkne a při ochlazení se vrací do výchozího stavu [2]. Jde o reverzibilní - vratný děj. Příkladem termoplastických látek je většina syntetik, jako polyester a polyamid.

➤ **Termosety**

Působením tepla se vazby ještě více propojují [2]. Dochází k vytvrzování polymeru. Jde o ireversibilní - nevratný děj. Příkladem jsou epoxidové pryskyřice, bakelit. Řadíme sem i všechny celulózy a bílkoviny [3].

Termostabilita vláken

Vliv tepla na vlákna je možné rozdělit do dvou tématických skupin

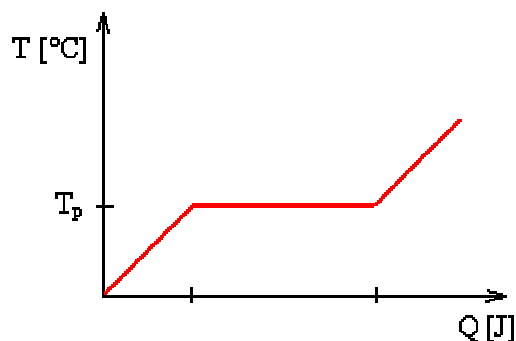
- **termofixace** - fixace vláken při jejich výrobě, jde především o vliv tepla na dloužená nefixovaná vlákna [2]. Technologický proces termofixace má dvě fáze: vnucenou změnu geometrie vlákna v textilií nebo v multifilu za současného a krátkodobého ohřevu kolem teploty měknutí, a náhlé ochlazení tzv. tepelný šok [3]. Aby měla termofixace optimální průběh, je nutné, aby přestup tepla do vlákenného výrobku byl dokonalý a časově krátkodobý. Proto jako doprovodné médium je používána pára nebo voda.
- **termostabilita** - vliv tepla na fixovaná vlákna při jejich zpracování nebo používání.

Tepelné přechody

Pozorováním chování vláken při působení teploty se zjistilo, že některé vlastnosti vláken se při určitých teplotách prudce mění. Projevy hmoty při vnějším působení tepla jsou rozdílné podle toho, zda se jedná o nízkomolekulární nebo vysokomolekulární látku.

a) nízkomolekulární látky

Molekula nízkomolekulární látky, jenž je stavební jednotkou krystalické struktury, při ohřevu rozrušuje pouze jeden typ vazeb. Pro tyto látky je charakteristická časová prodleva při konstantní teplotě, kdy se meziatomové vazby rozrušují dodávaným teplem a teprve se po rozrušení všech vazeb dojde ke zvýšení teploty [2]. Typickým příkladem je led - voda.



Obr.2. Graf ohřevu nízkomolekulární látky (vody)

b) vysokomolekulární látky

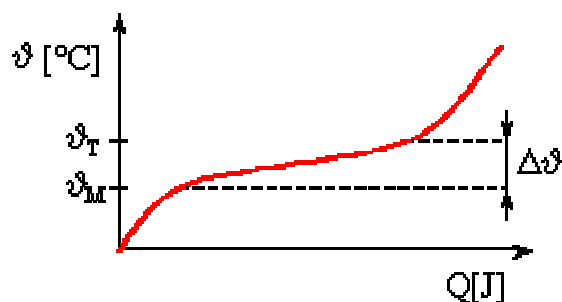
Molekulová struktura vysokomolekulárních látek je mnohem složitější. Tvar molekul, tuhost řetězců, stupeň krystalinity to jsou faktory pro změny vlastností při působení tepla. Teploty prudkých změn jsou pro jednotlivá vlákna specifické a jsou spojené se změnou pohybu molekulového řetězce. V některých případech je možné hovořit o vícero tepelných přechodech, ve většině případů se hodnotí a pozorují fázový přechod 1.řádu a fázový přechod 2.řádu [2].

Nejobvyklejší **fázový přechod I. řádu** je tavení. Zahrnuje změnu pravidelného uspořádání krystalitů na neuspořádanou formu – taveninu se strukturou kapaliny. Charakterizovaný je teplotou tavení, nebo také teplotou zvratu 1.řádu ϑ_1 .

Fázový přechod II. řádu nevyvolává změny molekulového uspořádání řetězců, ale mění se reakce struktury. Charakterizován je teplotou zesklňování T_g - teplotou, při níž je dodaná tepelná energie v rovnováze s energií mezimolekulových sil tvořících potenciální bariéru rotace segmentů řetězce. Nad teplotu zesklňování se mezimolekulové síly uvolňují, segmenty řetězce jsou schopné rotovat. Tento přechod je důležitý u polymerů, neboť v této fázi má polymer vlastnosti podobné jako vysoce pružný kaučuk s výbornou tažností. Se stoupající krystalinitou se T_g zvyšuje, intenzita projevu se zmenšuje [6]. Úplné krystalické polymery přechod 2.řádu nemají.

Mohou nastat tyto stavy:

- Skelný stav** – polymer se jeví jako tvrdý a křehký, vykazuje Hookovské elastické deformace. Platí do teploty T_g (ϑ_{II}).
- Kaučukový stav** – vykazuje při mechanickém namáhání elastické a současně plastické deformace. Tento stav se také nazývá viskoelastická deformace.
- Plastický stav** – polymer vykazuje vysokou plastickou deformaci.



Obr.3. Ohřev vysokomolekulární látky

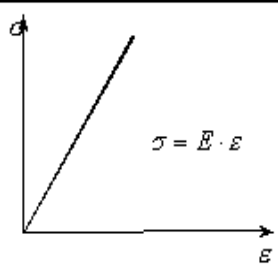
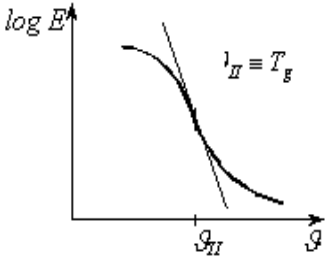
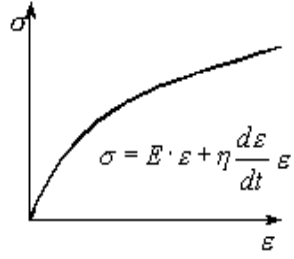
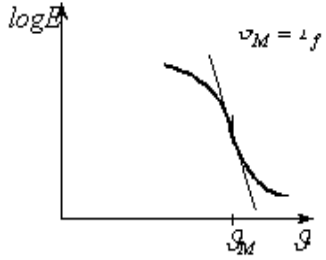
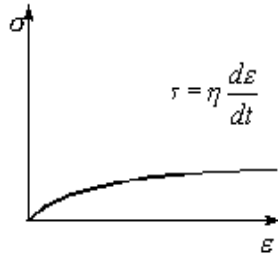
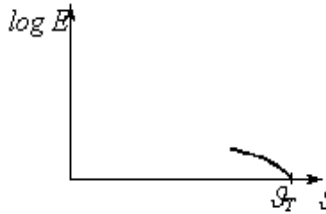
Pro termoplastická vlákna jsou nejdůležitější tyto teploty:

- ϑ_{II} - *teplota zvratu II. řádu*, nad níž se provádí dloužení syntetických vláken, žehlení a tvarování oděvních výrobků (viskoelastické deformace),
- ϑ_M - *teplota měknutí* - oblast termofixace, ustálení tvaru vláken a plošných textilií, odstranění pnutí,
- ϑ_I - *teplota zvratu I. řádu* - teplota tání.

Nejjednodušší zjištění teploty tání vlákna se provádí na speciálním mikroskopu s výhřevným stolek.

vlákno	ϑ_{II} ($^{\circ}\text{C}$)	ϑ_M ($^{\circ}\text{C}$)	ϑ_I ($^{\circ}\text{C}$)
acetát	80	175 - 205	232
triacetát	105	225	290 - 300
polyamid 6.	40	170 - 190	215 - 218
polyamid 6.6.	47	235	245 - 255
polyester	80	230 - 240	250 - 260
polypropylén	-10	149 - 160	163 - 175
polyakrylonitril	104	190 - 220	-
polyuretan	-	170	183

Tab.2. Charakteristické teploty syntetických vláken

<i>dodané teplo</i>	<i>stav polymeru</i>	<i>termodynamická charakteristika</i>
	<i>Sklovitý stav</i> • tvrdý polymer • vibrace atomů kolem rovnovážných poloh • elastická deformace ϵ_E	 $\sigma = E \cdot \epsilon$
	<i>Přechodová oblast</i> teplota zvratu II. řádu (ϑ_{II}) = teplota skelného přechodu (T_g)	 $\vartheta_{II} \equiv T_g$
	<i>Kaučukovitý stav</i> • přemísťování amorfních segmentů molekul • různé konformace molekul • viskoelastické deformace $\epsilon_E + \epsilon_P$	 $\sigma = E \cdot \epsilon + \eta \frac{d\epsilon}{dt} \epsilon$
	<i>Přechodová oblast</i> • počátek tání krystalitů teplota měknutí (ϑ_M) = teplota tečení (T_f)	 $\vartheta_M = T_f$
	<i>Plastický stav</i> • translační pohyb molekul, jejich změna je nevratná • viskózní tok • plastická deformace ϵ_P	 $\tau = \eta \frac{d\epsilon}{dt}$
	teplota zvratu I. řádu (ϑ_I) = teplota tání (T_T) • roztavení všech krystalitů	 ϑ_I

Tab.3. Přehled působení tepla na vlákno [2]

2.2. Podmínky podlepování

ADHEZE

Jestliže dvě látky různého složení (části) spojíme prostřednictvím jejich povrchů v jediný samovolně neoddělitelný celek, říkáme takovému spoji adhezní, a jevu, který spojení způsobil adheze [4].

Působí síly *fyzikální* (mezi molekulami: $0,03 - 0,04 \mu\text{m}$) a *chemické* síly (uvnitř molekul: $0,01 - 0,02 \mu\text{m}$). Energie chemických přitažlivých sil je $10 \div 15$ násobně větší než energie sil fyzikálních.

Adhezní spojení textilie a polymerního pojiva je zajištěno převážnou měrou fyzikálními silami [2]. Je nezbytné pojivo převést do kapalné fáze, která musí povrch vláken smočit. Toho můžeme dosáhnout rozpuštěním, převedením do disperze nebo roztavením [6]. Nejpoužívanější způsob v technologii podlepovacích vložek je roztavení termoplastických pojiv.

Vznik a tvar adhezního spoje

1. Žádné spojení

Částice je spojena se základní textilií vložky. Následuje dodání energie, které je nedostatečující pro vznik spojení a vzniká tak nedokonalé spojení mezi podlepovací vložkou a vrchovým materiálem

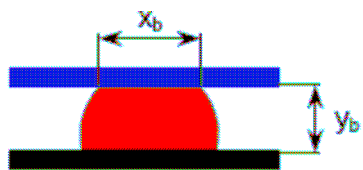
Legenda:

- – vrchový materiál
- – termoplastické pojivo
- – nosná textilie



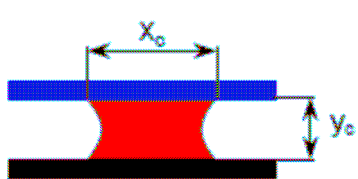
2. Nedostatečné spojení

Určující vlastností spoje je styková plocha částice pojiva s vrchní textilií.



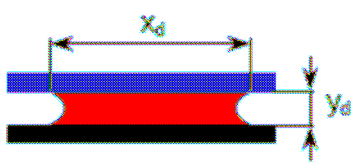
3. Optimální spojení

Styková plocha s oběma textiliemi je stejná. Tloušťka částice zaručuje její dobrou odolnost v chemickém čištění.



4. Nestabilní spojení

Při dodání další energie se zvětší plocha částice pojiva x_d , ale výrazně se zmenší její tloušťka y_d , což negativně ovlivní odolnost spoje v chemickém čištění. Plocha textilie je větší než u předešlých případů. Je tu větší bobtnání.



KOHEZE

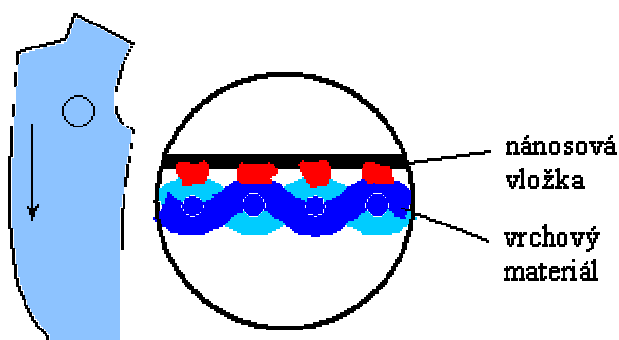
Každá pevná látka a částečně i kapalina jsou drženy pohromadě silami (vnitřní soudržnost), které brání pohybu makročásti těchto látek bez vnějšího působení. Síly (spoje) se nazývají kohezní a jev zodpovědný za tyto vazby se nazývá koheze [4].

Koheze bývá většinou větší než adheze.

2.3. Způsoby podlepování

Jednoduché podlepování

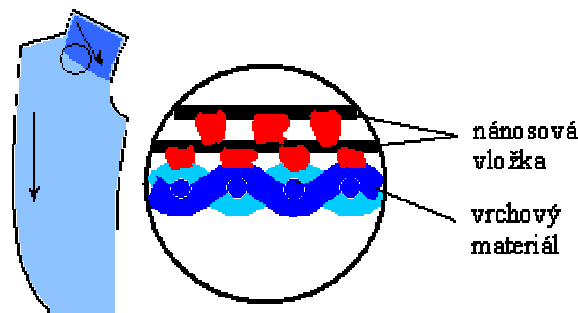
Vložka leží nánosovanou stranou na vrchové látce. Ta je asi o 5 mm menší (přistřižená) než vrchová látka, aby nedocházelo k znečišťování polepovacího stroje a následně znečišťování podlepených dílů.



Obr.4. Jednoduché podlepování [2]

Dvojité podlepování

Toto podlepování se používá k tvarování a stabilizaci určité oblasti oděvu, kde jsou potřebné dvě vložky přes sebe nalepené na vrchní látku (např. zpevňování prsní části předních dílů pánských sak). Je třeba brát na zřetel, že čas podlepování musí být prodloužen. Spodní a vrchní látka musí vykazovat harmonické změny rozměrů, tím bude dosažen hladký povrch výrobku [2]. Předběžná zkouška dvojitého podlepování je velice důležitá pro dosažení požadované kvality podlepení.

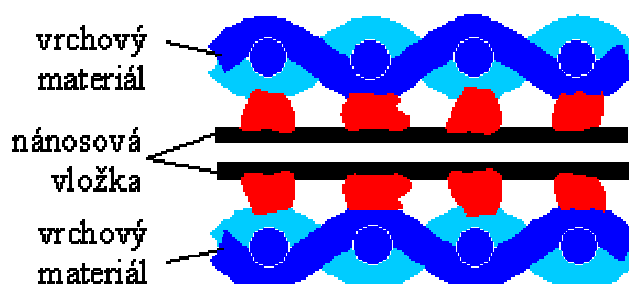


Obr.5. Dvojité podlepování [2]

Sendvičový typ podlepování s vložkou uvnitř

Mezi dva vrchové materiály jsou vloženy dvě nánosované vložky, teplo se přivádí přes vrchový materiál. Při podlepování tímto způsobem může dojít k poškození vrchových materiálů citlivějších na teplo, nebo spojení obou vložek v případě, že pojivo prostoupí nosní textilií vložky [2]. Na druhé straně tento způsob zabezpečuje lepší průnik pojiva do vrchového materiálu, protože pojivo proniká ke zdroji tepla. U vrchových materiálů s nízkou adhezí (např. materiály s hydrofobní úpravou) lze dosáhnout vyšších pevností spoje. Další přednost tohoto způsobu spočívá v jednodušším skládání částí do stroje.

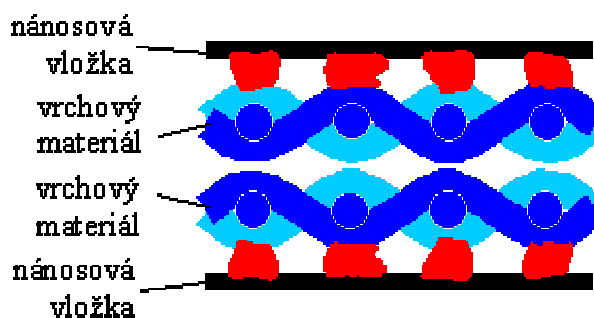
Nejdříve se položí jeden díl vrchového materiálu rubem nahoru, pak oba díly nánosované vložky pojivem směrem ven a nakonec se položí lícem nahoru vrchový materiál. Všechny vrstvy musí ležet přesně na sobě.



Obr.6. Sendvičový typ podlepování s vložkou uvnitř [2]

Sendvičový typ podlepování s vložkou vně

Dva vrchové materiály jsou položeny lícem k sobě mezi dvě nánosované vložky. Tento způsob je vhodný pro materiály s plastickým povrchem a materiály citlivější na teplotu. Při jejich podlepování nedochází k tak výrazným změnám povrchu jako při jednoduchém podlepování. Vrchový materiál není vystaven přímému působení tepla čím je méně tepelně namáhán a nedochází k jeho poškození [6].



 Obr.7. Sendvičový typ podlepování s vložkou vně [2]

Podlepování do bloku

Tento typ podlepování se používá všude tam, kde je potřeba dosáhnout přesného podlepení i se švovými záložkami – límce, manžety atd. Nejprve je podlepen vrchový materiál a potom teprve vystřiženy oděvní díly. Lze tím zabránit i případnému sražení dílů.

2.4. Polepovací stroje

K podlepování oděvních dílů výztužnými vložkami se dnes používají speciální podlepovací stroje. Podlepovací stroj (lis) je zařízení provádějící spojení vrchového materiálu s podlepovací vložkou za vzniku nerozebíratelného spoje. Podlepovací stroj je zařízení, které musí vytvořit optimální podmínky vlastního podlepení a zajistit jejich přesnou reprodukovatelnost [6]. Musí být technicky řešen a vybaven tak, aby byla možná přesná regulace parametrů podlepování (teploty, tlaku a času) [2].

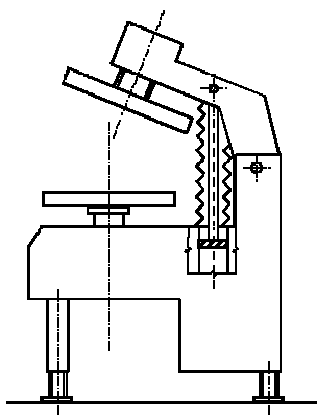
Podlepovací stroje rozdělujeme na diskontuální a kontinuální [7].

DISKONTINUÁLNÍ PODLEPOVACÍ STROJE

Pracují přetržitým způsobem. Na těchto typech podlepovacích strojů mívají někdy podlepené oděvní součásti poněkud tužší omak, ale bývá dosaženo zpravidla vyšší pevnosti spojení vrchového materiálu s nánosovanou vložkou.

a) *Deskové podlepovací stroje se sklopným přítlakem*

Od žehlicích strojů se liší pouze tím, že podlepovací čelist je rovinná a podlepovací parametry jsou seřiditelné podle druhu používaných podlepovacích vložek [2]. Vyvolání potřebného tlaku se provádí přítlakem horního tělesa na spodní. Tlak působí postupně od osy sklápění, a proto nelze dost dobře udržet rovnoměrný tlak po celé podlepovací ploše [6].



Obr.8. Diskontinuální podlepovací stroj se sklopným přítlakem [2]

- b) *Deskové podlepovací stroje s kolmým přítlakem,*
- c) *Deskové podlepovací stroje s kombinovaným přítlakem,*
- d) *Podlepovací stroje pro tvarové podlepení,*
- e) *Karuselové podlepovací stroje.*

KONTINUÁLNÍ PODLEPOVACÍ STROJE

Proces podlepování má při tomto způsobu 4 pracovní fáze:

1 fáze - nakládání oděvních součástí (vrchových materiálů) s nánosovými vložkami na pracovní nakládací plochu podlepovacího stroje (zóna nakládání),

2 fáze - nahřívání podlepovaných součástí na potřebnou podlepovací teplotu (zóna teplotního nahřívání),

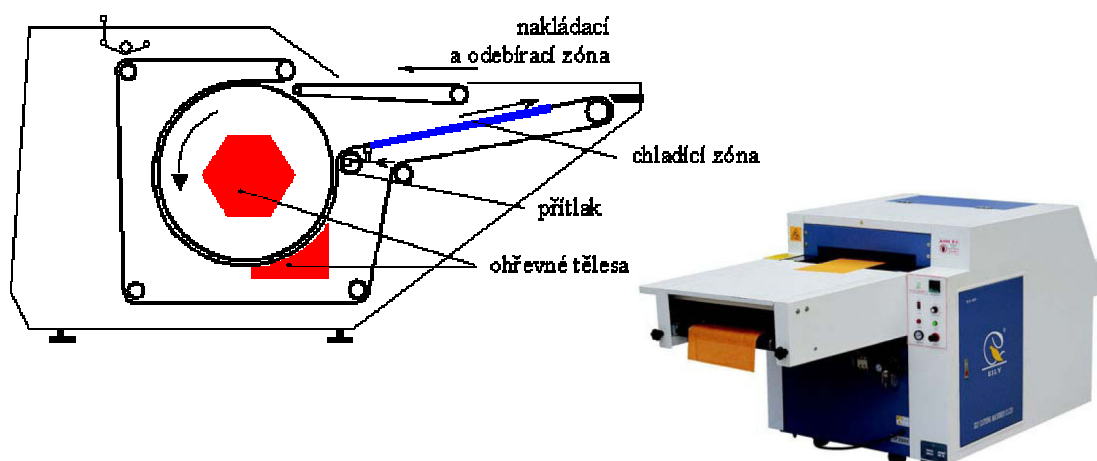
3 fáze - lisování podlepených součástí potřebným přtlakem lisovacími válci (zóna lisování),

4 fáze - ochlazování podlepených oděvních součástí a následné odebrání (zóna ochlazování a odebrání).

Kontinuální podlepovací stroje se rozdělují na:

➤ **bubnové podlepovací stroje**

Vyhřívání oděvních součástí probíhá u tohoto typu stroje pouze z jedné strany. Vnitřní ohřev je hlavním a zajišťuje nahřívání dílů směrem od vrchního materiálu. Podlepené díly se ochlazují na $40 \div 30^\circ\text{C}$. Použití tohoto podlepovacího stroje je vhodné především na podlepování malých oděvních součástí jako např. patky, manžety, kapsy apod.



Obr.9. Bubnový podlepovací stroj (nakládání i odběr oděvních součástí na stejném místě) [2]

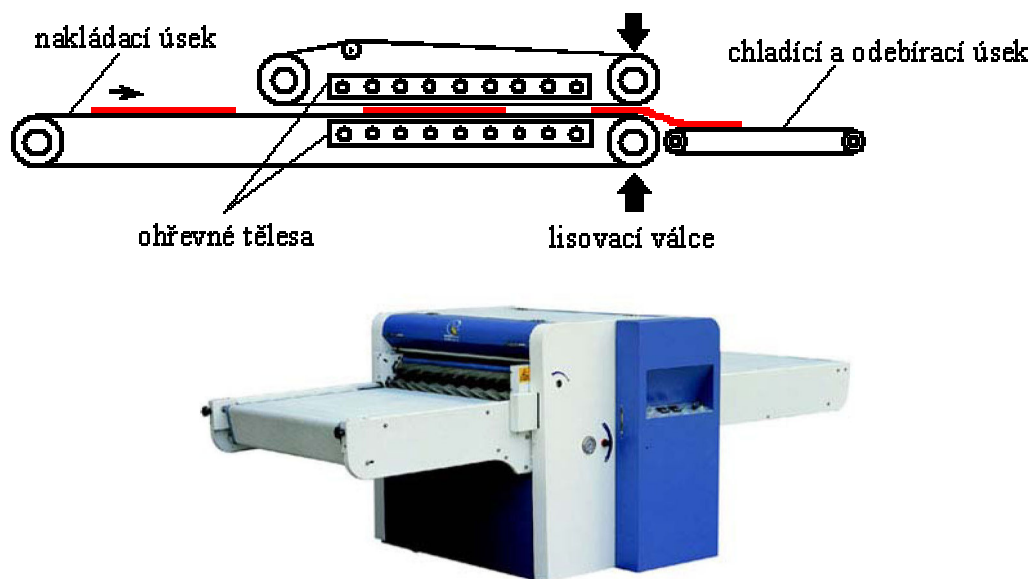
➤ **pásové podlepovací stroje**

Oděvní součásti s nánosovanou vložkou se dopravují pohybujícím se dopravním zařízením, které se skládá ze dvou transportních pásů pokrytých teflonem nebo silikonem [2]. Obsahují dvě vyhřívací tělesa (plotny), která leží mezi transportními pásy a v této oblasti není na oděvní součásti vyvíjen tlak.

Jeden transportní pás je veden podél vyhřívacího tělesa umístěného nad ním a druhý podél tělesa umístěného pod ním.

Při průchodu vyhřevnou zónou je vyvinuto takové teplo, že na konci této zóny dosáhne termoplastická vrstva (pojivo) na vložce viskozity, která umožňuje slepení vrchového materiálu a vložky působením následného krátkodobého lisovacího tlaku.

Výhřevný systém by měl být schopen zahřívat podlepované oděvní součásti po celé délce výhřevné zóny současně z obou stran [2].



Obr.10. Pásový podlepovací stroj [2]

NOVÉ ZPŮSOBY PODLEPOVÁNÍ TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ

Výrobci strojů a zařízení pro podlepování oděvních součástí se stále více zaměřují na vývoj takových strojů, které by dosáhly snížení spotřeby energie a aby se zvýšila kvalita i kvantita podlepovaných součástí.

Dnes již nazýváme podlepování vrchových materiálů nánosovanými vložkami klasickou metodou [10]. Pro klasickou metodu hledají konstruktéři stále nové způsoby, které by odstranily nebo snížily některé nepříznivé vlivy, které jsou způsobeny vlivem vysoké teploty nebo tlaku na vrchové materiály.

Používají se zejména pro podlepování různých součástí v průběhu výrobního procesu. Jsou konstruovány buď pro podlepování konkrétních součástí (kalhotové límce) nebo pro podlepování různých malých dílků (manžety, podsádky, lišty, spony, patky, ...).

➤ Vysokofrekvenční podlepovací stroje

Pracují na principu, kde působením stálého a rychlého přepólování elektrického pole (střídání elektrického náboje) mezi elektrickými plotnami (čelistmi) podlepovacího stroje, které jsou napojeny na zdroj střídavého proudu o vysoké frekvenci, dochází k ustavičnému natáčení dipólů obsažených v oděvním materiálu.

Tím vzniká tření a to hlavně v bodovém nánosu termoplastického pojiva vložky a tak dochází k ohřevu a roztavení pojiva. Teplo vzniká v těch zónách, kde je potřebné a vrchový materiál není ohříván jako při podlepování na klasických podlepovacích strojích [10].

Vysokofrekvenční podlepovací stroj se skládá z *vysokofrekvenčního generátoru*, programově řízené *podlepovací jednotky*, *dopravního systému*, z *pokládacího stanoviště* a *stanoviště odběru*. Stlačení oděvního materiálu se provádí hydraulickým lisem mezi jehož čelistmi je materiál vystaven působení elektrického pole s frekvencí 27 a 12 MHz.

Výhody:

- Vrchový materiál a nosná textilie podlepovací vložky se téměř vůbec neohřívají. Nejsou tedy tepelně namáhány, čímž se prakticky zamezí vzniku srážení, vysušení, lesku a změny barvy vrchového materiálu,
- Nedochází ke ztrátám vlhkosti materiálu a podlepené vrchové materiály mají tímto zpracováním měkčí omak,
- Příjemnější klima na pracovišti, protože stroj nevyzařuje teplo,
- Zahřívání pojiva jen do 120 °C,
- Výhodné podlepování objemnějších materiálů vrstveným (sendvičovým) způsobem,
- Energeticky méně náročné oproti klasickým strojům.

Nevýhody:

- Dlouhá doba ohřevu, tedy vlastního podlepení, které trvá až 3 minuty,
- Malá produktivita práce a flexibilita,
- Vysoké pořizovací náklady,
- Nejvíce se tento způsob podlepování využívá na podlepování špičkových oděvů, kde se klade velký důraz na kvalitu (aby nenastaly změny struktury oděvního materiálu).

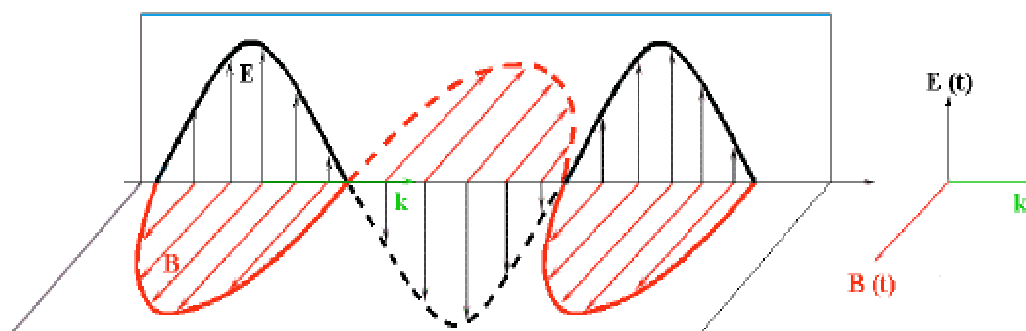
Problematikou vysokofrekvenčních lisů se dříve podrobněji zabývala firma KIEFEL Mnichov, která od tohoto způsobu podlepování opustila. V současnosti se těmito otázkami zabývají LIBERECKÉ KOTLÁRNY – Hötler, s.r.o. se sídlem Rychnov u Jablonce nad Nisou.

3. MIKROVLNY A JEJICH VYUŽITÍ V PRŮMYSLU

3.1. Elektromagnetické spektrum (Maxwellova duha)

Jedním z klíčových úspěchů Jamese Clearka Maxwella bylo zjištění, že světelný paprsek je postupná vlna tvořená elektrickým a magnetickým polem – **elektromagnetická vlna** – a že tedy optika, studující viditelné světlo, je součástí elektromagnetismu [1].

Elektromagnetická vlna je tvořena dvěma složkami - elektrickou a magnetickou, a ty jsou popisovány vektorem elektrické intenzity E a vektorem magnetické indukce B . Tato dvě pole se sinusově mění, přičemž výsledné sinusové změny těchto polí se šíří jako elektromagnetická vlna. Směr vektoru E jednoznačně určuje směr vektoru B a jejich okamžité hodnoty jsou svázány rovnicí $E = B \cdot c$. Oba tyto vektory jsou kolmé na směr šíření určený vektorem k a navíc jsou kolmé navzájem [15].

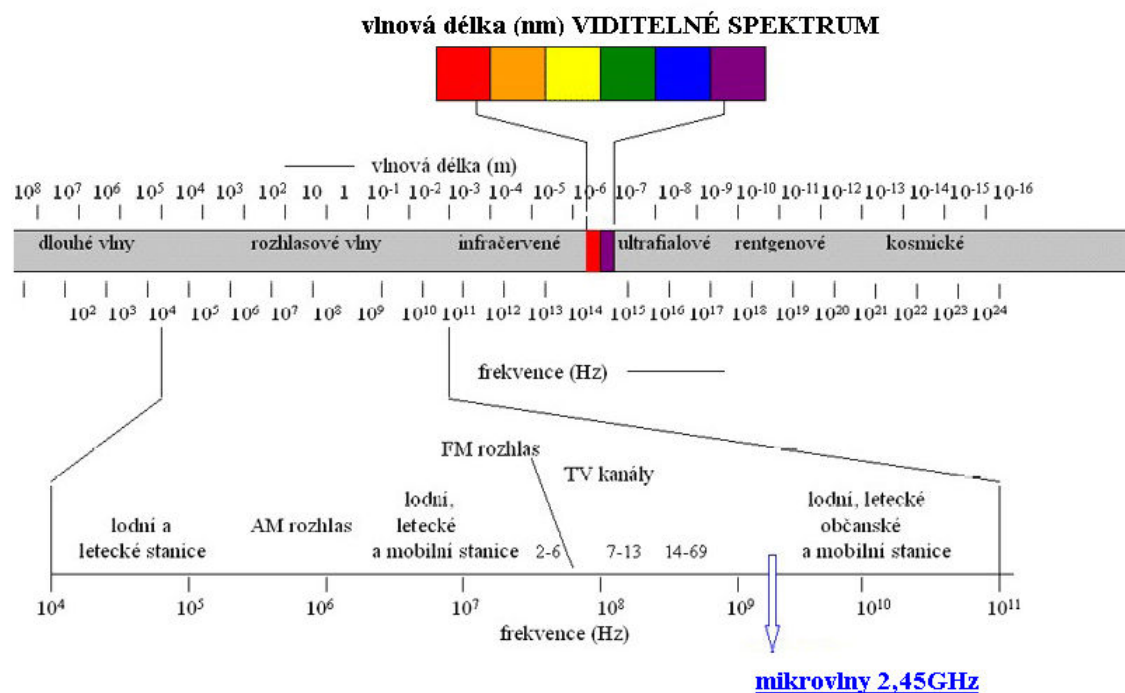


Hlavním zdrojem záření je pro nás Slunce. To určujícím způsobem ovlivňuje prostředí, ve kterém jsme se vyvinuli a kterému jsme přizpůsobeni. Jsme též stále skrz naskrz pronikáni rádiovými a televizními signály. Zasahují nás mikrovlny radarových systémů a telefonních spojů. Jsou zde i elektromagnetické vlny od světelných zdrojů, od elektrických strojů a aut, od rentgenových přístrojů a radioaktivních materiálů. Kromě toho k nám zasahuje kosmické záření. Některé oblasti v elektromagnetickém spektru jsou označeny známými názvy jako rentgenové záření nebo rádiové vlny.

Elektromagnetické záření o vlnové délce λ (ve vakuu) má frekvenci f a jemu připisovaný foton má energii E . Vztah mezi nimi vyjadřují následující rovnice [10]:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad E = hf$$

Kde c je rychlost světla $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ a Planckova konstanta h $6,65 \times 10^{-34} \text{ Js} = 4,1 \mu\text{eV} / \text{GHz}$.



Obr. 11. Spektrum elektromagnetických vln

Mezi jednotlivými druhy elektromagnetického záření není ostrá hranice, přechody mezi nimi jsou plynulé nebo se oblasti jednotlivých druhů záření překrývají. Každý druh elektromagnetického záření má určité charakteristické vlastnosti. Je zřejmé, že viditelné světlo je jen velmi malou částí celého elektromagnetického spektra, které zaujímá podivuhodných 25 řádů ve vlnových délkách (nebo ve frekvencích) [17].

Dělení

Český název	Frekvence	Vlnová délka	Anglické označení
extrémně dlouhé vlny	0,3 - 3 kHz	$10^3 - 10^2$ km	Extremely Low Frequency (ELF)
velmi dlouhé vlny	3 - 30 kHz	$10^2 - 10$ km	Very Low Frequency (VLF)
dlouhé vlny (DV)	30 - 300 kHz	10 - 1 km	Low Frequency (LF)
střední vlny (SV)	0,3 - 3 MHz	1 - 0,1 km	Medium Frequency (MF)
krátké vlny (KV)	3 - 30 MHz	100 - 10 m	High Frequency (HF)
velmi krátké vlny (VKV)	30 - 300 MHz	10 - 1 m	Very High Frequency (VHF)
ultra krátké vlny (UKV)	0,3 - 3 GHz	1 - 0,1 m	Ultra High Frequency (UHF)
mikrovlny	3 - 30 GHz	100 - 10 mm	Super High Frequency (SHF)
mikrovlny	30 - 300 GHz	10 - 1 mm	Extremely High Frequency (EHF)
infračervené záření	$10^{10} - 10^{14}$ Hz	1 mm - 1 μ m	Infra Red (IR)
viditelné záření	10^{14} Hz	400 - 900 nm	Visible (VIS)
ultrafialové záření	$10^{14} - 10^{16}$ Hz	400 - 10 nm	Ultra Violet (UV)
rentgenovo záření	$10^{16} - 10^{19}$ Hz	10 - 0,1 nm	X-Rays
gama záření	$10^{19} - 10^{24}$ Hz	$10^{-10} - 10^{-14}$ m	Gamma Rays

Tab.4. Dělení elektromagnetického spektra [18]

3.2. Mikrovlnné záření

3.2.1. Úvod

Mikrovlny byly objeveny počátkem 40-let v Anglii. První využití mikrovln se uskutečnilo během 2. světové války ve formě radaru. První patent se objevil v r. 1952 a první mikrovlnná trouba (zatím dosti primitivní) se objevila v r. 1961. O rok později byla v New Yorku otevřena první restaurace, kde se podávala jídla připravená v mikrovlnné troubě. Pro domácnosti se mikrovlnné trouby začaly rozšiřovat až v 80-tých letech, jako výsledek japonské technologie sériové výroby magnetronů [15].

Mikrovlny nejsou ionizačním zářením, jak jsou někdy mylně nazývány, ale jsou to elektromagnetické vlny, které zaujímají v elektromagnetickém spektru oblast mezi infračerveným zářením a radiovými vlnami [20]. Jedná se o oblast frekvencí od **300 MHz** do **30 GHz**, což odpovídá vlnovým délkám od 1 cm do 1 m. Pro použití v mikrovlnných troubách je povolena frekvence **2450 MHz**, to odpovídá vlnové délce 12,2 cm. K tomu, proč byla zvolena tato frekvence jsou dva důvody. Jednak je to velmi vhodná oblast pro ohřev vody a za druhé je to vymezená frekvence z důvodu vyloučení interference s telekomunikačními frekvencemi (navigace letadel, televizní vysílání, mobily atd.).

Mikrovlnné záření má mnoho podobných vlastností s viditelným zářením. Platí pro ně optické zákony. Šíří se přímočaře, může se lámat, odrážet a v určitých případech koncentrovat do jednoho bodu. K lomu a odrazu mikrovln dochází na rozhraní dvou materiálů rozdílných dielektrických vlastností, tedy na přechodu mikrovln ze vzduchu do ohřívané látky, ale i na přechodu jedné složky heterogenního materiálu do složky druhé. O podílu odraženého a dále postupujícího mikrovlnného záření rozhoduje především rozdíl elektrických vlastností obou prostředí, ale i úhel dopadu mikrovln na plochu rozhraní [16].

3.2.2. Interakce s látkami

Mikrovlnný ohřev vzniká při přeměně mikrovlnné energie na teplo. Existují tři typy materiálů z hlediska interakce s mikrovlnami.

a. transparentní – průsvitné (např. sklo, nepolární látky)

Touto vlastností se vykazují materiály bez bipolárního elektrického náboje, jako je vzduch, některé druhy skla, polyetylén, teflon, polystyrén aj. Ty na elektromagnetické pole nereagují.

b. odrážející (např. kovy)

Materiály, které elektromagnetické vlny neabsorbují, ale odrážejí, nelze mikrovlnami ohřívat, avšak detekce odraženého výkonu slouží k radiolokaci, která se široce uplatňuje v dopravě, průmyslu i v obraně.

c. absorpční (např. voda, polární rozpouštědla)

Tuto vlastnost mají materiály obsahující i malé množství polárních molekul schopných absorbovat elektromagnetické pole (např. voda, soli, uhlík apod.). Přičemž hloubka vniku je limitována hodnotou jejich ztrátového činitele. Tento typ materiálu elektromagnetické vlny ohřívají - procházejí jím podobně jako světlo různě tmavým barevným sklem [14].

Voda je polární látka (tj. se záporným nábojem na kyslíku a kladným na vodíku). V normálním stavu jsou molekuly vody v neuspořádaném stavu, v elektrickém poli dojde k orientaci molekul podle polarity (kladná část k zápornému pólu, záporné ke kladnému pólu). Co se stane s molekulami vody při vystavení v elektromagnetickém, tj. v mikrovlnném poli. Polarita vysokofrekvenčního elektromagnetického pole se mění více než 10^9 krát za sekundu. To nutí polární molekulu přizpůsobit se těmto rychlým změnám, ale sotva se přizpůsobí, již se polarita opět změní. To vyvolá oscilační vibrace, kdy dochází ke srážkám molekul vody (a k dielektrické ztrátě). To se projeví jako teplo, tj. dojde k přeměně mikrovlnné energie na tepelnou [15].

Mechanismus přeměny mikrovlnné energie na teplo je dán vztahem:

$$P_E = 2\pi f e' e'' E^2$$

P_E ... energie absorbovaná v jednotce objemu $[Wm^{-3}]$

f ... frekvence mikrovlnného pole $[2450MHz]$

e' ... permitivita $[Fm^{-1}]$

e'' ... dielektrický ztrátový faktor materiálu

E ... intenzita elektrického pole uvnitř materiálu $[Vm^{-1}]$

Rozhodující úlohu při přeměně mikrovlnné energie na teplo hraje ztrátový faktor (ostatní hodnoty jsou dány).

Uvedené vlastnosti jsou velmi často závislé na teplotě. Někdy se stává, že materiál, který je při pokojové teplotě zdánlivě transparentní, je při teplotách nad $1000\text{ }^{\circ}C$ možné dielektricky ohřát. To je typické např. pro oxid hliníku, oxid křemíku, skleněnou keramiku [13]. Také jsou ovlivněny kmitočtem - např. suchá porcelánová hmota se může na frekvenci 2,45 GHz chovat jako téměř transparentní, zatímco při kmitočtu kolem 30 GHz se během minuty může ohřát až na sintrovací teplotu (spékání) [15].

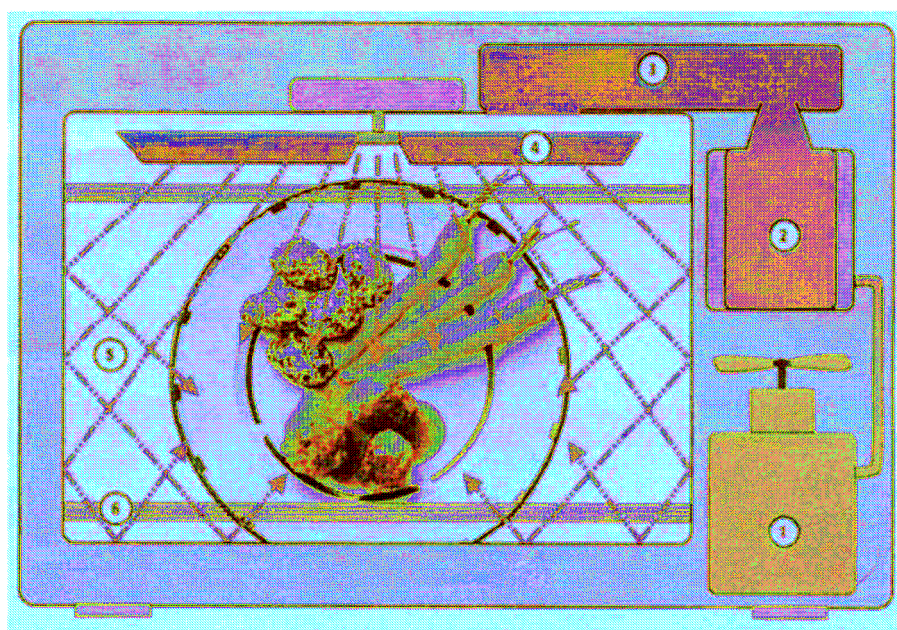
3.2.3. Mikrovlnná zařízení

Mikrovlnná zařízení jsou konstruována pro kontinuální, diskontinuální nebo stacionární ohřev kusových, sypkých, kašovitých nebo tekutých materiálů. Jsou určena k nepřetržitému provozu.

Obr. 12 popisuje stručné schéma mikrovlnného zařízení, kde mikrovlny jsou generovány magnetronem (2) a poté se vedou vlnovodem (3) do prostoru trouby (kavity) (5). Tam se mikrovlny rozptýlí (4), odrážejí se od stěn a vytvářejí zde mikrovlnné pole (5,6). Mikrovlny se spotřebovávají pohlcením v absorpčních materiálech za vzniku tepla. Pokud se v mikrovlnném poli vyskytuje materiál s nízkou nebo žádnou absorpční schopností, mikrovlny se nemají kde pohltit, dochází k jejich zpětnému odrazu do magnetronu, což snižuje jeho životnost, případně hrozí jeho zničení. Proto se nesmí mikrovlnná trouba zapínat prázdná.

Účinnost magnetronů při přeměně elektrické energie na mikrovlnnou je maximálně 65-70 %. Většina ztrát připadá na uvolněné teplo v magnetronu, který se proto musí intenzivně chladit.

Při úpravě kuchyňské mikrovlnné trouby pro laboratorní použití (vyvrtání děr např. pro chladič či teploměr), je třeba pravidelně kontrolovat detektorem mikrovln zda nedochází k úniku mikrovln do prostoru obsluhy.



Obr.12. Schéma mikrovlnné trouby

(1) vysokofrekvenční zdroj; (2) magnetron; (3) vlnovod; (4) rozptylovač mikrovln;
(5,6) varný prostor

U některých aplikací lze pořizovací cenu za mikrovlnné zařízení výrazně snížit použitím koncepce s komerčními typy magnetronů chlazenými vzduchem, jež jsou sice méně nákladné, ale mají krátkou životnost, a musí se proto často měnit.

Existují 2 základní druhy mikrovlnných zařízení:

- *S rozptýleným polem (multimode)* - vedení více paprsků světla.
- *S fokusovaným polem (monomode)* - vysílání světla jen v jednom paprsku.

Většinou se používají jak v laboratoři, tak v průmyslovém měřítku zařízení s rozptýleným polem. Fokusové pole je výhodnější pro výzkum v malém měřítku (vzorek se umísťuje do vlnovodu).

3.2.4. Mikrovlnné efekty

Mikrovlnný ohřev má některé vlastnosti, které neexistují u klasického ohřevu. Projevují se jako **mikrovlnné efekty**. Mikrovlnné efekty jsou takové efekty, které nelze dosáhnout klasickým ohřevem. Jsou 2 druhy mikrovlnných efektů:

I. Teplotní

II. Neteplovní

I. Teplotní efekty

Teplotní efekty jsou vyvolány přeměnou mikrovlnné energie na teplo. Rozeznáváme následující druhy teplotních efektů:

- *přehřátí*
- *horké a studené zóny* (tzv. hot spots)
- *objemový ohřev*
- *selektivní ohřev*
- *teplotní úlet*
- *simultánní chlazení* (při mikrovlnném ohřevu)
- *ostatní efekty* (i zábavného charakteru, např. jiskření tužky, vypalování CDčka, rozsvícení výbojky a další).

Přehřátí

Může být celkové či lokální. Například polární rozpouštědla (aceton, propanol) vřou za atmosférického tlaku až o 30 až 50 °C nad bodem varu neboť dodaná mikrovlnná energie je mnohem vyšší, než odebraná energie reprezentovaná výparným teplem. Nejčastěji k přehřátí dochází v důsledku nehomogenity mikrovlnného pole. Mikrovlnné pole rozptýlené v prostoru trouby není nikdy zcela homogenní, tj. existují místa s vyšší a nižší intenzitou (tzv. "hot spots"), která mohou způsobit až místní přepálení zejména tuhých materiálů. V kuchyňských mikrovlnných troubách se tento jev potlačuje rotačním talířem, u průmyslových zařízení běžícím pásem.

Objemový ohřev

K ohřevu materiálu dochází v celém objemu, tj. zevnitř k povrchu a nikoliv přestupem tepla od povrchu dovnitř, jak je tomu u klasického ohřevu. To může přispívat k rovnoměrnosti ohřevu, avšak záleží na tvaru, velikosti a složení materiálu.

Teplotní profil je opačný než u ohřevu klasického. Nejvyšší teplota je uvnitř a klesá směrem k povrchu.

Vzhledem k objemovému ohřevu je mikrovlnný ohřev několika násobně rychlejší než ohřev klasický a nezávisí na tepelné vodivosti materiálu. To znamená, že materiály s nízkou tepelnou vodivostí lze velmi rychle ohřát v celém objemu, což klasickým ohřevem není možné.

Selektivní ohřev

K ohřevu u více složkového materiálu dochází jen u složky, která absorbuje mikrovlny. Neabsorbující složka se neohřívá nebo jen vedením od ohřáté složky (např. směsi voda - tuk, voda - olej, voda - chlorid uhličitý atp.). V těchto případech se ohřívá jen voda. To má dalekosáhlý význam pro provádění chemických reakcí a v dalších procesech (sušení, katalýza).

Teplotní úlet

Dochází k němu jen ve výjimečných případech, kdy schopnost absorpce mikrovln prudce stoupá s teplotou (např. u práškových kovů, či oxidů). U vody tento případ nehrozí, neboť absorpce mikrovln vodou s teplotou naopak klesá. Může však dojít k přehřátí vody nad 100 °C.

II. Neteplotní efekty

Neteplotní efekty jsou efekty vyvolané přímým účinkem mikrovlnné energie na chemickou vazbu, tj. které se nedají vysvětlit žádným z výše uvedených teplotních efektů. Jejich existence však nebyla dosud vědecky plně prokázána.

3.3. Využití mikrovln v průmyslu

Mikrovlnná technologie se v dnešní době uplatňuje téměř ve všech odvětvích průmyslu. Mikrovlnný ohřev umožňuje nárůst teploty v celém objemu materiálu současně, čímž je možno dosáhnout výrazné úspory energie a získat vyšší kvalitu výrobku [11].

Vynikající vlastnosti mikrovlnného ohřevu se uplatňují v textilním průmyslu zejména při sušení všech druhů textilu a textilních výrobků během výrobního procesu. Jak při sušení, tak i při ostatních aplikacích se dosahuje urychlení, snížení nákladů, zlepšení kvality a snížení zátěže na životní prostředí. Mikrovlnný ohřev většinou nahrazuje nebo doplňuje odpovídající současné technologie [12].

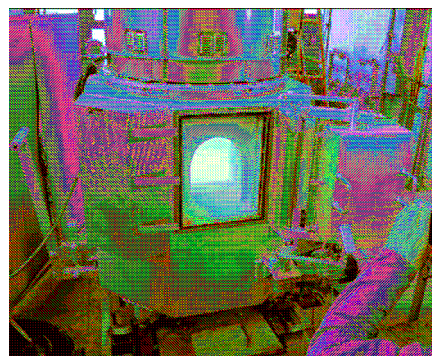
Řada aplikací využívá kromě mikrovlnného ohřevu i ohřevu na nižších kmitočtech, tzv. radiofrekvenčního ohřevu, nebo kombinace s konvenčním ohřevem. Lidé znají mikrovlny převážně ve spojení s mikrovlnnými troubami, ale jsou využívány v nejrůznějších odvětvích:

- Komunikace – rozhlasové a televizní vysílání, mobilní telefony, satelitní vysílání, Wi-Fi a další sítě,
- sklářství, stavebnictví,
- ohřev a zpracování potravin (rozmrazování, pečení, ohřívání),
- sušení různých materiálů - archiválie, dřevo, keramika, léčiva, kůže, sterilizace zdravotnických přístrojů a potřeb.

Sušení se začalo uplatňovat v řadě operací v textilním průmyslu, např. při kontinuálním sušení plochých a trubkových pletenin a látek. Při sušení froté ručníků se dosahuje vysoké měkkosti i bez použití změkčovadel. Mikrovlnami se s výhodou mohou sušit i koberce, potištěné a polakované látky, kompozitní a laminované struktury.



Obr.13. Mikrovlnná kontinuální sušička



Obr.14. Mikrovlnná sklářská pec

4. EXPERIMENT

Cílem experimentální části bylo zjistit, zda je možné navrhnout nový způsob podlepování textilních materiálů v mikrovlnných zařízeních. Experiment probíhal na pracovišti KKV v Prostějově. Před vlastní realizací byl proveden úvodní experiment, při kterém byl stanoven potřebný čas nutný ke spojení vrchového materiálu s výztužnou vložkou. Byly použity tři druhy vrchových materiálů (přírodní, syntetické, ve směsi) z důvodu určení, jak se dané materiály chovají při podlepení v mikrovlnném zařízení. Byla použita výztužná vložka s polyamidovým nánosem pojiva. Na základně zkušebních vzorků byla provedena realizace experimentu. Materiály byly podlepeny na průběžném polepovacím lise a v mikrovlnném zařízení. Ze získaných výstupů byly zvoleny tři způsoby vyhodnocení:

1. Trhačka
2. Opatření materiálů po praní v automatické pračce
3. Ekonomické vyhodnocení

4.1. Použité materiály

	Vrchový materiál	Výztužný materiál
Složení	100% vlna	100% PAD
	45% vlna / 55% PES	
	100% PES	
	100% bavlna	
	65% Ba / 35% konopí - <i>neupravený povrch</i>	
	65% Ba / 35% konopí - <i>upravený povrch</i>	
	50% Ba / 50% konopí – <i>upravený, barevný povrch</i>	
	100% len – <i>upravený povrch</i>	
	100% len – <i>neupravený povrch</i>	

Tab.5. Použité textilní materiály

4.2. Úvodní experiment

Před realizací experimentu byly provedeny *zkušební vzorky*, na kterých byla odhadnuta doba nutná k podlepení v mikrovlnném zařízení. Byly použity různé doby podlepení a následně vyhodnoceny.

Podlepení bylo provedeno dvěma možnými způsoby, a to:

- Lepení bylo položeno přímo na talíř mikrovlny
- Lepení nebylo položeno na talíř mikrovlny, na ohřívacím talíři byl vrchový materiál

Legenda:



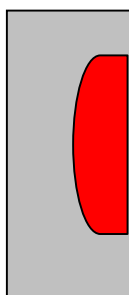
V této části došlo ke spojení vrchového materiálu s výztužnou vložkou.



V tomto místě ke spojení nedošlo.

Lepení položeno směrem nahoru

1. doba působení 2 min

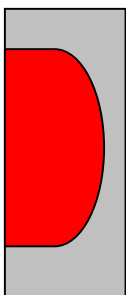


K podlepení došlo, ale výztužná vložka držela velice málo a šla snadno oddělat.

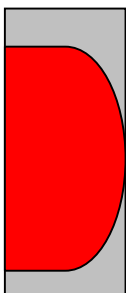
2. doba působení 3 min



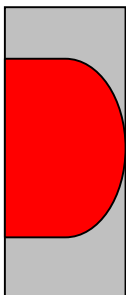
Došlo k velice slabému spojení vrchového materiálu s výztužnou vložkou.

3. doba působení 4 min

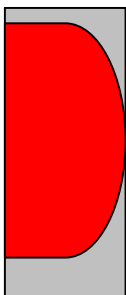
Nánosy pojiva držely větší silou než v předešlých případech. Výztužná vložka šla snadno oddělit od vrchového materiálu.

4. doba působení 5 min

Nánosy pojiva držely nejpevněji s porovnáním všech předešlých případů.

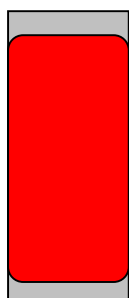
Lepení položeno směrem dolů**5. doba působení 3 min**

Došlo k stabilnějšímu spojení.

6. doba působení 4 min

Nánosy pojiva držely dobře a výztužná vložka se při oddělení začínala trhat.

7. doba působení 5 min



V tomto případě byla podlepena největší plocha. Výztužná vložka držela velice dobře a nešla ani oddělit. Při snaze oddělení došlo k přetrhu výztužné vložky.

Na základě úvodního experimentu byla zvolena doba potřebná ke spojení vrchového materiálu s výztužnou vložkou, a to 5 min. Lepení drželo lépe v případě, pokud bylo položeno na talíři mikrovlny.

4.3. Použitá podlepovací zařízení

1. Podlepovací lis OSHIMA OP – 450 GS



Jednostranně otevřený univerzální průběžný lis umožňuje fixování menších vliselínů na dílech, které přesahují širší vyhřívací zóny. Nekonečné teflonové pásy jsou bezpečně vedeny a je zabráněno jejich vyjetí nebo cestování a tak zaručují dlouhou životnost. Případné nutné výměny pásů se provádí během minut. Díky přítlačnému tlaku a elektronické regulaci teploty dosáhne velmi kvalitního a trvanlivého spojení látky s vliselinem. Otáčivé škrabky zabrání přilnutí materiálu a jeho vsunutí dolů.

Podlepení na průběžném polepovací lise:

- Čekání na zahřátí stroje
- Vhodnější na podlepování většího počtu kusů materiálů
- Rychlejší způsob

Parametry:

Příkon: 3,6 kW	Maximální teplota: 230°C
Rozsah tlaku: 0 – 1,5 kg/cm ²	Napájecí napětí: 230V
Čas tavení: 5-22 s	Šíře pásu: 45cm
Rozměry: 1700*910*360	Hmotnost: 135kg
Dolní pás (mm): 460*1840	Horní pás (mm): 460*1530

2. Mikrovlnné zařízeníParametry:

Příkon: 1700 W
Napětí přípoje: 230 V
Max. výkon mikrovlnného zařízení: 900 W

Způsob podlepení v mikrovlnném zařízení

Tento způsob podlepování se v textilním průmyslu nepoužívá, jde pouze o experiment, který může do budoucna navrhnout a usnadnit novou technologii podlepování drobných textilních materiálů.

Podlepení v mikrovlnném zařízení:

- Žádná čekací doba na zahřátí stroje
- Vhodné na podlepení drobných kusů (příprava – patky, lišty, ...)
- Chybějící tlak lze nahradit delší dobou ohřívání v mikrovlně
- Ekonomicky výhodnější

4.4. Realizace experimentu

Na základě úvodního experimentu byla provedena vlastní realizace podlepení v mikrovlnném zařízení. Pro tento prvotní experiment byly zkonstruovány formy o průměru 17 cm, které byly navrženy a vyrobeny z polyamidového materiálu. Vzorky materiálů byly vloženy na talíř mikrovlny lepením dolů a zatíženy formami. Chybějící tlak působení na tvarovku byl nahrazen nastavením delšího ohřevu (5 min). V mikrovlnném zařízení byly podlepeny materiály s 1g vody, 2g vody a se 4g vody. Dále byly jednotlivé vzorky materiálů podlepeny na průběžném polepovacím lise.

Podlepené vzorky materiálu, jak na průběžném polepovacím lise a v mikrovlnném zařízení byly následně porovnány. Vyhodnocené vzorky textilních materiálů jsou vloženy v příloze.

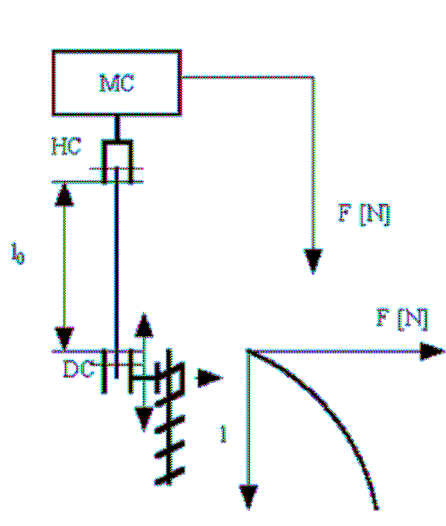
4.5. Vyhodnocení experimentu

4.5.1 Trhačka

Pro první způsob vyhodnocení byla použita trhačka. Vzorky materiálů byly vloženy do čelistí a nastaveny tak, aby se lepení oddělilo od vrchového materiálu do vzdálenosti 6 cm.

Při namáhání v tahu nazýváme odezvu materiálu pevností v tahu. Tuto vlastnost zkoušíme na dynamometru – přístroji pro definované namáhání vzorků a registraci síly a deformace (natažení) [11].

Vzorek je upnut do horní čelisti HC a spodní čelisti DČ. Dolní čelist je spojena s pohybovým šroubem, který ji svým otáčením stahuje dolů (napíná vzorek) nebo zdvíná (uvolňuje vzorek). Napětí, resp. síla, která je natahováním ve vzorku vyvíjena, je měřena měřicím členem MČ. Natažení a jemu odpovídající síla je vykreslována do grafu závislosti pevnost – tažnost, který je též nazýván tahovou nebo též pracovní křivkou. To proto, že je obrazem práce, kterou jsme na napětí ve vzorku museli vynaložit.



Obr.15. Uspořádání zkoušky na dynamometru [11]

Vzorky materiálů byly zhotoveny na základě normy ČSN EN ISO 2411 – Textilie povrstvené pryží nebo plasty – Zjišťování přilnavosti povrstvení.

Trhačka (Firma: PROMINENT)

Pro vyhodnocení byl použit počítačem řízený univerzální zkušební systém, který je určen pro zkoušky v tahu, tlaku, ohybu, pro testování pružin a další typy zkoušek. Systém se skládá ze zkušebního stojanu s digitalizovaným motorickým posuvem a z řídicí jednotky na bázi PC.

Dodávaný řídicí program umožňuje vytvářet jednoduchým způsobem své aplikační programy pro různé typy tahových, tlakových nebo ohybových zkoušek, zkoušení pružin, folií, drátů, plastů, atd.

Je možné naprogramovat řadu způsobů a průběhů provádění zkoušky (předzatížení, zatížení, cyklování, opakování části zkoušky, atd. Řídicí program umožňuje provádět zkoušky v dynamickém režimu.

Po ukončení zkoušky je možné provést vyhodnocení a výpočty. Výsledky lze potom vytisknout na připojené tiskárně ve formě tabulky naměřených a vypočtených hodnot, nebo grafického zobrazení průběhu zkoušky. Je možné exportovat tyto hodnoty do jiných programů.

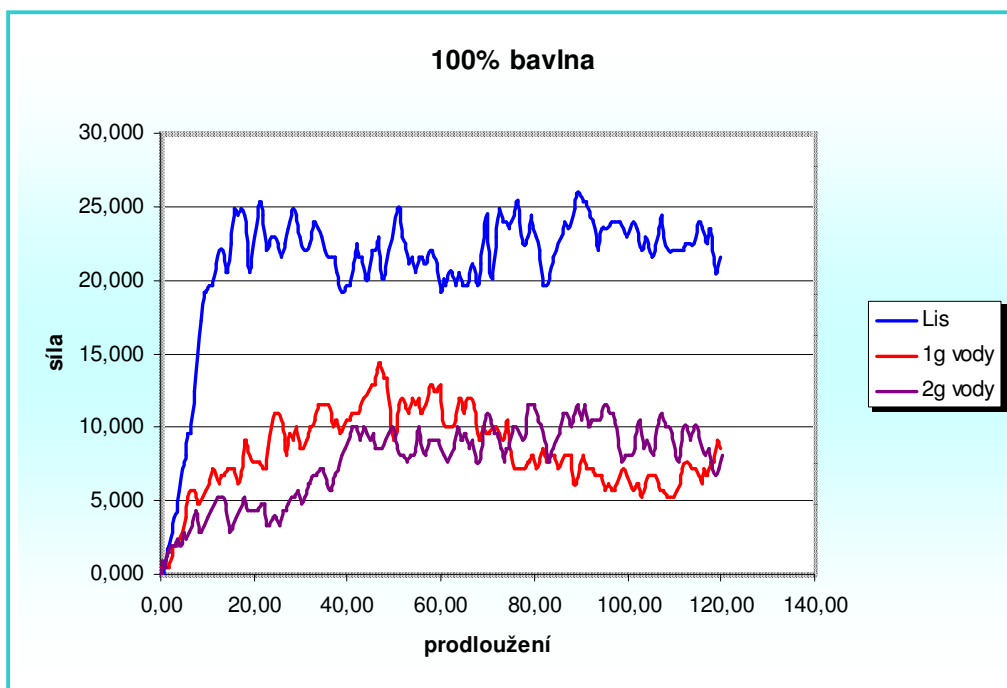
Upínací stůl XY umožňuje upnutí a přesné napozicování zkoušeného dílce vůči vertikální ose měřícího stojanu.

Hlavní znaky:

- Manuálně posuvný pracovní stůl XY
- Základní pracovní zdvih 450 mm
- Programovatelná rychlost posuvu
1 - 750mm/min
- Vestavěný LCD display ve stojanu
- Možnost samostatného programování
z klávesnice stojanu (provoz bez PC)
- Pracovní zatížení 0 – 300N
- Vysoká přesnost měření
- Velmi snadné programování a ovládání
- Uživatelský příjemný řídicí software
- Posuv vyvozen přesným kuličkovým
šroubem
- Snadná montáž externích siloměrných snímačů



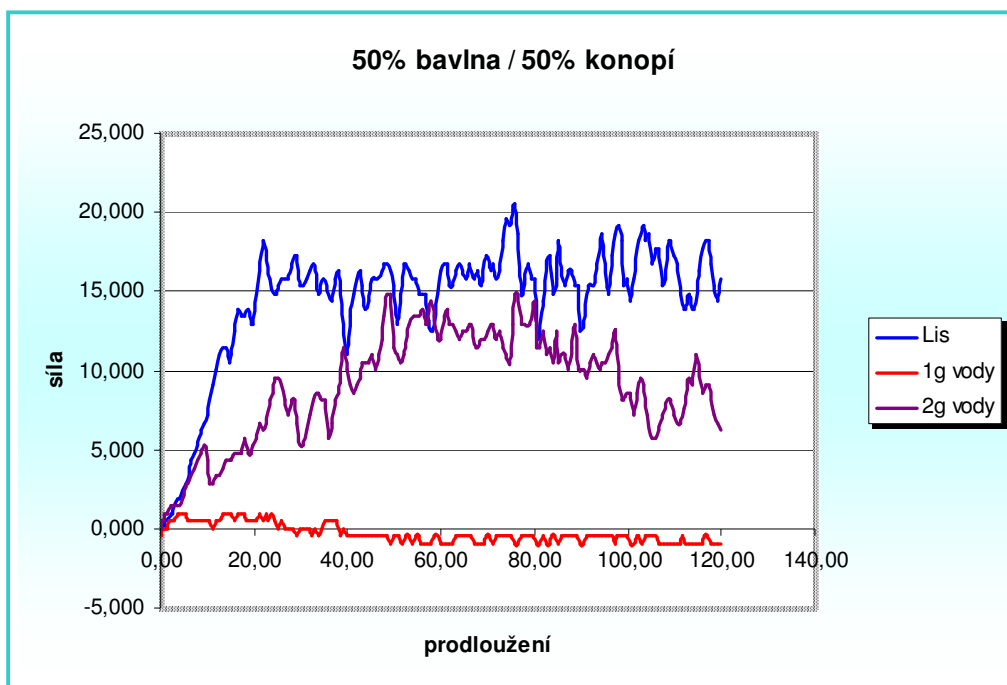
Výstupy z dynamometru jsou zobrazeny v následujících grafech:



Průměrná hodnota lis: 20,625

Průměrná hodnota 1g vody: 7,997

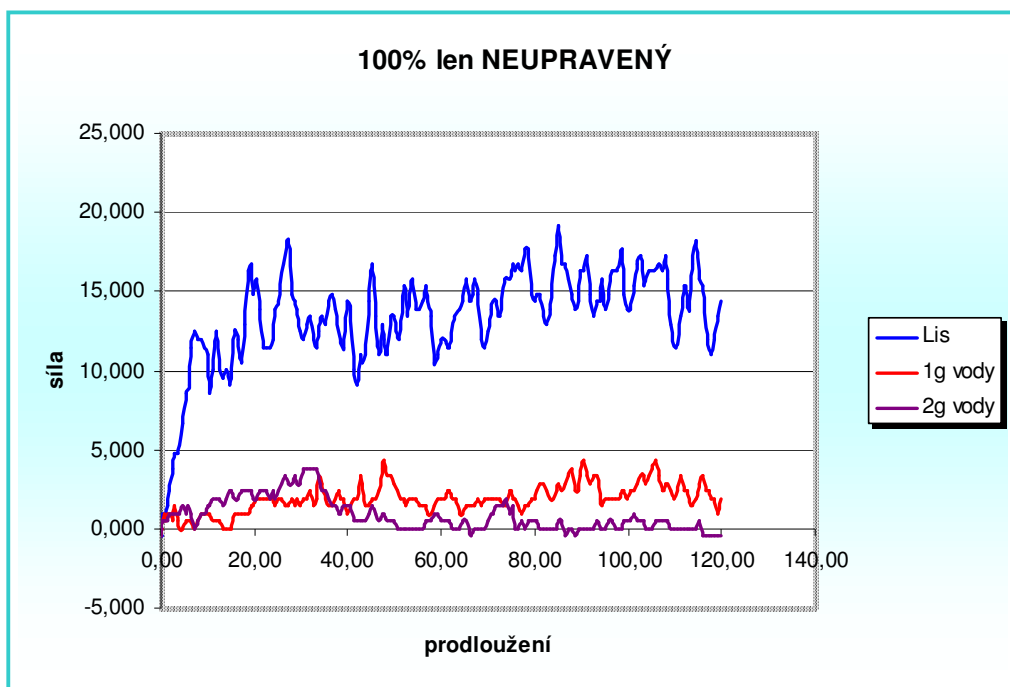
Průměrná hodnota 2g vody: 7,525



Průměrná hodnota lis: 14,374

Průměrná hodnota 1g vody: 0,443

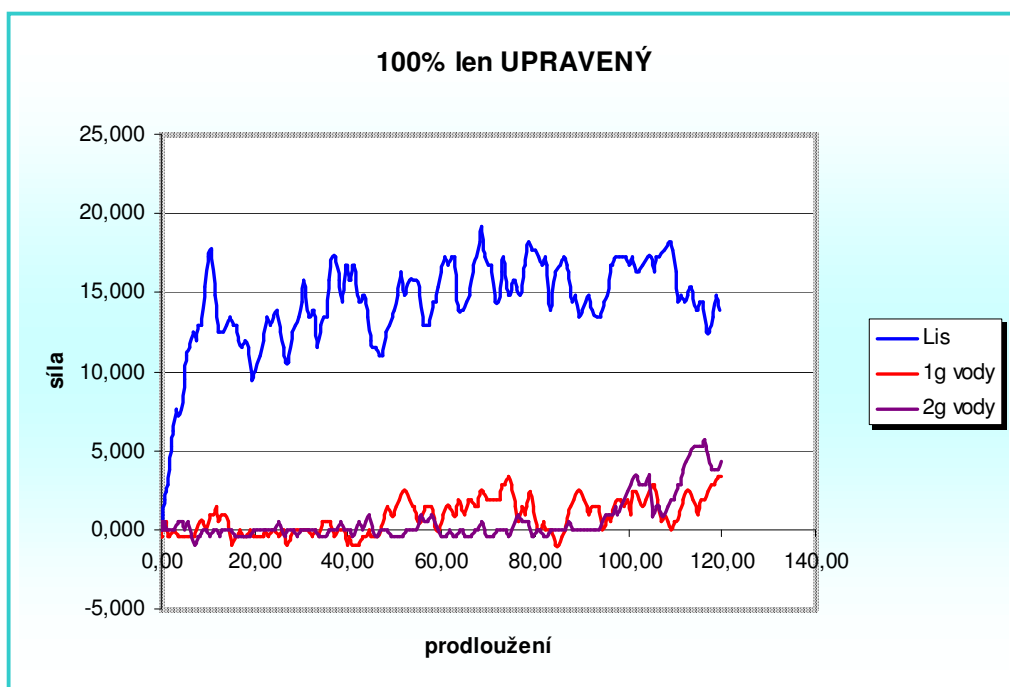
Průměrná hodnota 2g vody: 8,295



Průměrná hodnota lis: 13,049

Průměrná hodnota 1g vody: 1,882

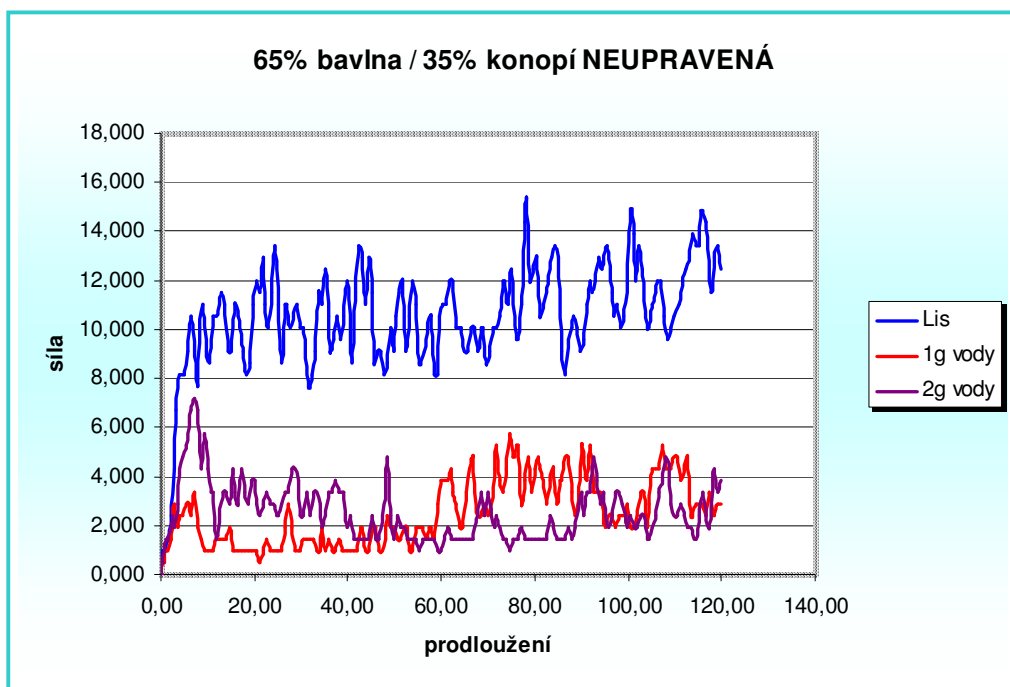
Průměrná hodnota 2g vody: 0,867



Průměrná hodnota lis: 13,877

Průměrná hodnota 1g vody: 0,799

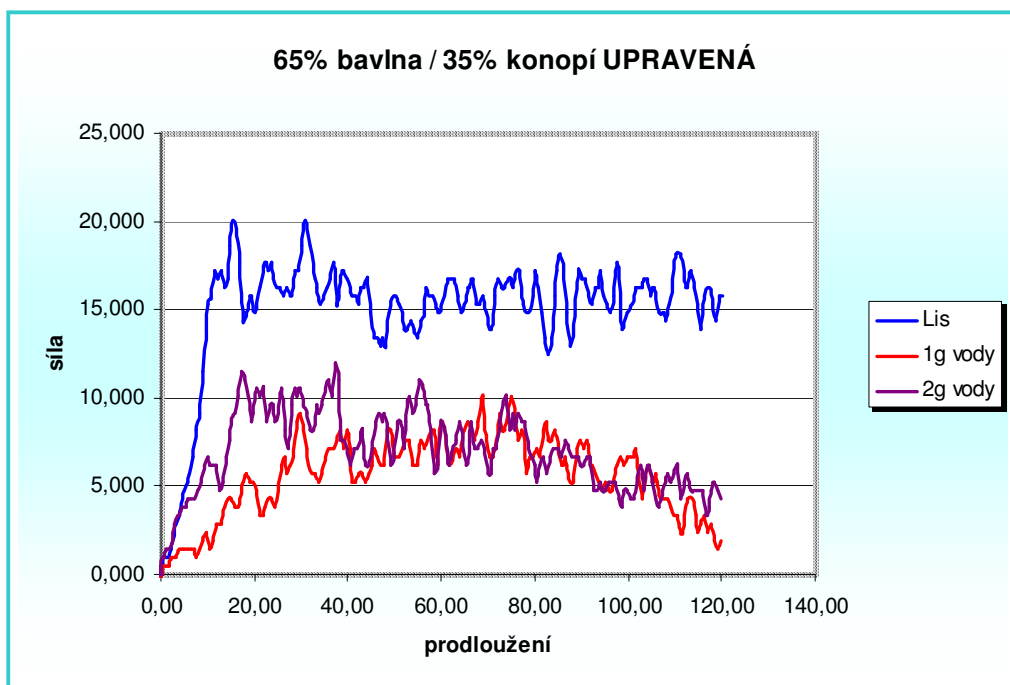
Průměrná hodnota 2g vody: 0,538



Průměrná hodnota lis: 10,303

Průměrná hodnota 1g vody: 2,460

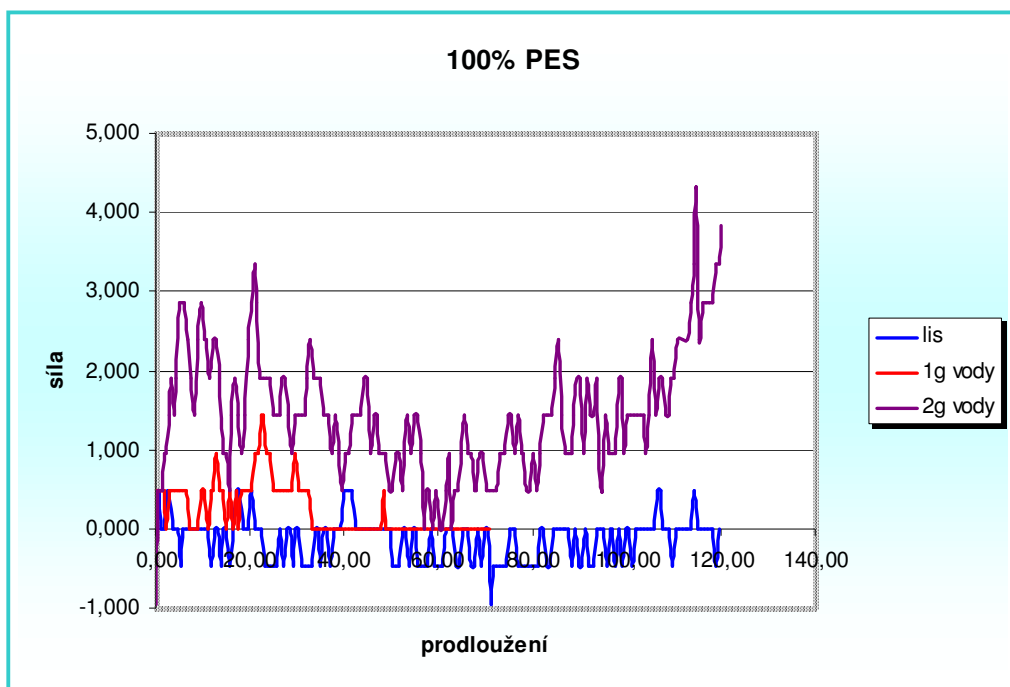
Průměrná hodnota 2g vody: 2,522



Průměrná hodnota lis: 14,245

Průměrná hodnota 1g vody: 5,579

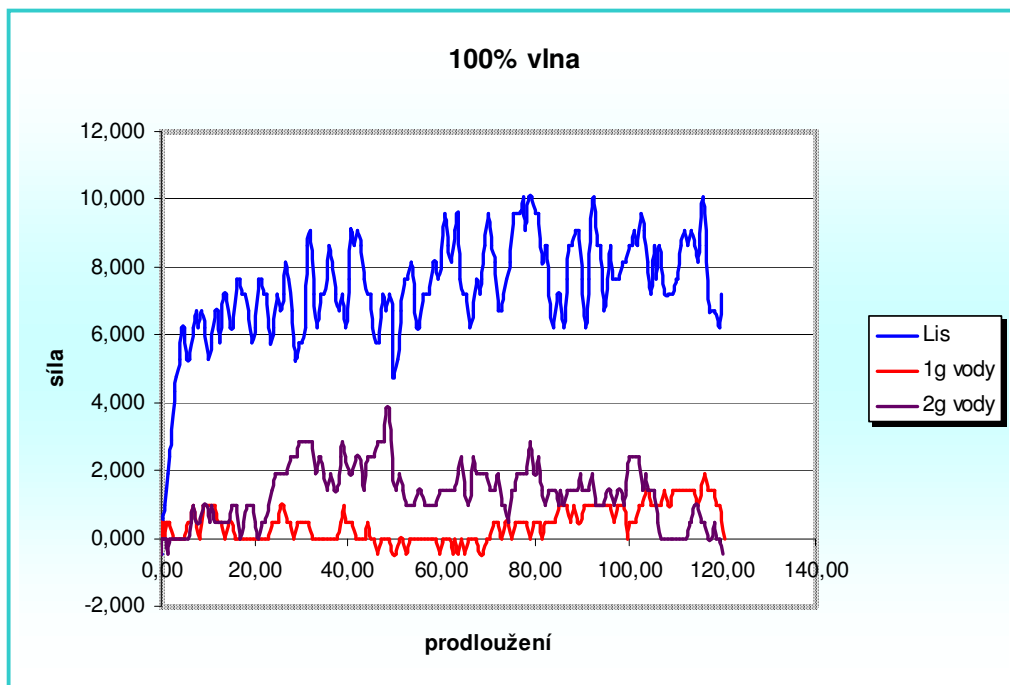
Průměrná hodnota 2g vody: 6,743



Průměrná hodnota lis: -0,121

Průměrná hodnota 1g vody: 0,344

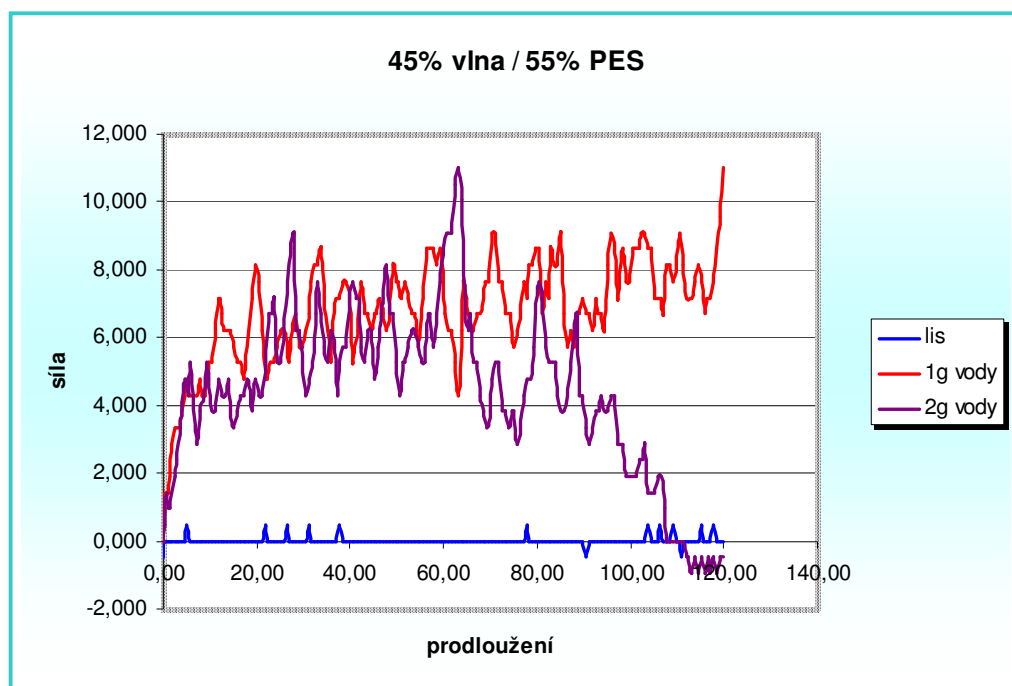
Průměrná hodnota 2g vody: 1,457



Průměrná hodnota lis: 7,297

Průměrná hodnota 1g vody: 0,429

Průměrná hodnota 2g vody: 1,414



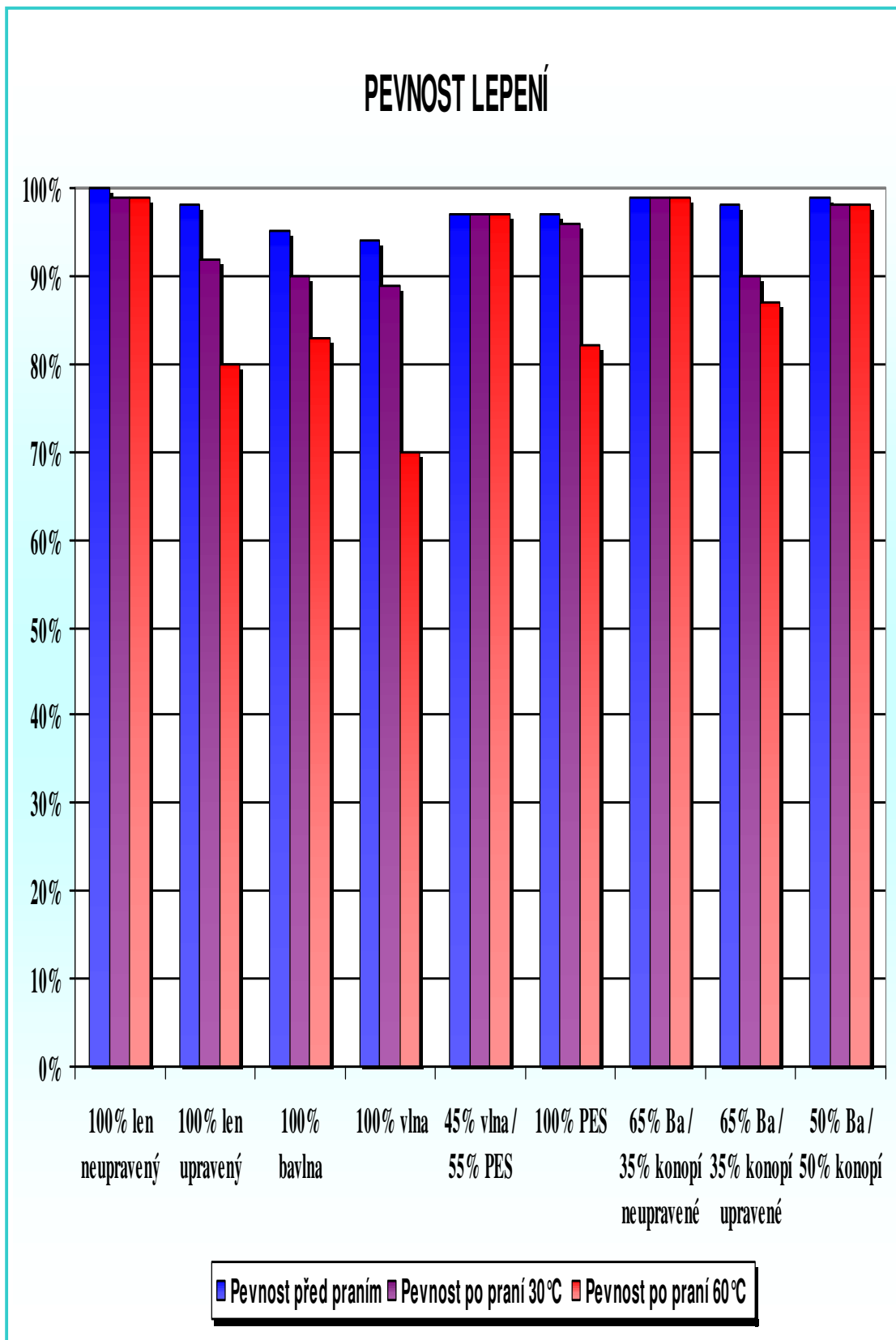
Průměrná hodnota lis: 0,025

Průměrná hodnota 1g vody: 6,612

Průměrná hodnota 2g vody: 4,906

4.5.2. Opotřebení materiálů

Vzorky se 4g vody byly vyprány v automatické pračce na 30°C a následně na 60°C. Výsledky jsou vyhodnoceny a zobrazeny v následujícím grafu.



4.5.3. Ekonomické vyhodnocení

Ceny elektrické energie s platností od 1.1.2008.

Dodavatel	E.ON
Cena za 1 kWh	4,62947 Kč

Mikrovlnné zařízení:

Datum měření: 3.3.2008

Čas měření: 8.15 – 10.50

Spotřeba: 3,995 kWh

Cena E.ON: $3,995 \cdot 4,62947$ ~~≈~~ 18,50 Kč

Průběžný podlepovací lis:

Datum měření: 13.3.2008

Čas měření: 9.10 – 10.13

Spotřeba: 3,708 kWh

Cena E.ON: $3,708 \cdot 4,62947$ ~~≈~~ 17,17 Kč

4.6. Srovnání výsledků

Dle provedených pokusů je prokazatelné, že materiály podlepené na lisu drží lépe než v mikrovlnném zařízení, a to sedm případů z devíti. Co se týče obsahu vody na materiálu, více případů poukazuje, že v pěti případech jsou materiály pevnější s 2g vody. Na lise nejvíce drží materiál ze 100% bavlny, nejméně 100% PES. S 1g vody je nejpevnější také 100% bavlna, nemnoho drží 100% PES. S 2g vody je nejlépe podlepen materiál ve směsi 50% ba / 50% konopí. Nejméně 100% len neupravený.

Z daných výsledků vyplývá, že závisí na složení jednotlivých druhů materiálů. Materiály přírodní se podlepují mnohem lépe než syntetické, zejména materiály ve složení konopí. Přírodní materiály jsou více navlhavé a přijmou do své struktury více vody než materiály syntetické.

Výsledky opotřebení materiálů v automatické pračce ukazují, že materiály přírodní jsou více odolnější, zvláště materiály ve složení s konopím.

Dle vypočtených sazeb elektrické energie se jako výhodnější ukázal podlepovací lis, ovšem při podlepení v delších intervalech je ekonomicky výhodnější mikrovlnné zařízení.

5. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce vznikla jako prvotní experiment, zabývající se problematikou, řešící rozdílnosti podlepování textilních materiálů v mikrovlnném zařízení a na průběžném polepovacím lise.

Úvodní část této práce se zabývala tvarovacím procesem, obzvláště byla podrobněji zkoumána problematika podlepování textilních materiálů.

Součástí práce jsou kapitoly, zaměřující se na mikrovlny, jejich způsoby a možnosti využití v průmyslu, dále jednotlivé části elektromagnetického spektra a mikrovlnného záření.

Praktickou částí je experiment, který byl vykonáván na katedře KKV v Prostějově. Byly zvoleny materiály přírodní, syntetické a ve směsi s diametrálně odlišnými parametry. Vzorky byly podlepeny v mikrovlnném zařízení a na průběžném polepovacím lise. Výsledky byly zkoumány a následně vyhodnocovány pomocí dynamometru, dále dle opotřebení materiálů vypraných v automatické pračce. Za poslední způsob porovnání byl zvolen ekonomický způsob vyhodnocení.

Zkoumané vzorky materiálů byly navlhčeny 1g vody, 2 g vody a 4g vody. Vyrobenými formami byly zatíženy a následně vloženy na pět minut do mikrovlnného zařízení, lepení s polyamidovým nánosem pojiva bylo na talíři mikrovlny. Toto lepení bylo použito z důvodu nejlepšího roztavení částecek pojiva.

Z této práce vyplývá, že o této nové možnosti se dá do budoucna uvažovat. Je ovšem zapotřebí, aby se v této práci dále pokračovalo a podrobněji bylo analyzováno, které parametry ovlivňují podlepování textilních materiálů v mikrovlnách.

Jde o novou metodu podlepování, která je velice zajímavá a do budoucna by mohla být přínosem pro spoustu firem. Mikrovlny jsou vhodné zejména proto, že jsou levnější než dosavadně využívané lisovací a ekonomicky výhodnější.

Pro další experimenty doporučuji vyrobit formy pouze z teflonu, zabrání se tím roztavení forem, zajistí se větší zatížení a v neposlední řadě nebude docházet k zahřátí a deformaci forem a materiály se na dané formy nebudou lepit.

Dále by bylo dobré provádět dané experimenty v mikrovlnném zařízení značky Panasonic z důvodu, že tyto mikrovlny nám nabízejí technologii *inverter*, což je pro podlepování textilních materiálů v mikrovlnách velice důležité v případě, kdybychom podlepovali na nižší výkon mikrovlnné trouby. Jedná se o jedinou firmu, která dodává běžné mikrovlnné trouby s *lineární* regulací výkonu.

Předložená práce zmiňuje problematiku, týkající se výpočtu doby působení v mikrovlně a otázkou, jak zjistit teplotu v mikrovlnném zařízení během prováděného podlepování. Tyto parametry nejvíce ovlivňují samotný experiment. Řešením daného problému by bylo zvolení správného typu mikrovlnného zařízení, které umožňuje zmíněné parametry měnit a monitorovat v průběhu experimentu. Tato zařízení jsou k dispozici prozatím na specializovaných pracovištích, kde jsou upravena pro laboratorní a výzkumné účely.

Provedené zkoušky prokazují, že během několika minut lze materiál podlepit. Z dosažených výsledků je zřejmé, že se lépe podlepují materiály přírodní, protože do své struktury přijmou více vody. Nejlépe obstály u všech zkoušek materiály ve složení s konopím.

Na základě konzultace průběhu měření a získaných výsledků s Ústavem chemických procesů při AVČR bylo objasněno, že mikrovlny samotné se podílí na podlepování jen z malé části, podlepování je realizováno díky teple uvolněnému v mikrovlně z absorbované vody a textilie samotná se chová jako transparentní látka. Tento problém je možné řešit přídavnými zařízeními, které se v mikrovlnách ohřívají a tím účinně předávají teplo materiálu. Řešení této situace však přesahuje rámec a možnosti BP.

POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] HALLIDAY, D.: Fyzika IV – Elektromagnetické vlny, Optika, Relativita. 1. vyd. Brno: Vutium, 2003. ISBN 80-214-1868-0.
- [2] HAVELKA, A.; HALASOVÁ, A.: Tepelné a vlhkotepelné tvarování v konfekci. 1. vyd. FT TUL, Liberec 2003. ISBN 80-7083-713-6.
- [3] STANĚK, J.: Textilní zbožíznalství - Vlákenné suroviny, příze, nitě. 2. vyd. FT TUL, Liberec 2006. ISBN 80-7372-147-3.
- [4] SODOMKA, L.: Struktura, vlastnosti, diagnostika a nové technologie oddělování, spojování a pojení textilií. 1.vyd. FT TUL, Liberec 2002. ISBN 80-7083-645-8.
- [5] ZOUHAROVÁ, J.: Výroba oděvů II. 3. vyd. FT TUL, Liberec 2004. ISBN 80-7083-782-9.
- [6] HALASOVÁ, A.: Vybrané kapitoly tepelného a vlhkotepelného tvarování v konfekci, FT TUL, Liberec.
- [7] RŮŽIČKOVÁ, D.: Oděvní materiály. 1. vyd. FT Liberec, Liberec 2003. ISBN 80-7083-682-2
- [8] HALASOVÁ, A.: Konfekční tvarování, FT TUL, Liberec.
- [9] KREJČÍŘOVÁ, L.: Analýza podmínek technologie mikrovlnného tvarování textilních materiálů [bakalářská práce] Liberec: TUL, fakulta textilní 2007
- [10] REC, V., HAMPL, M. a SMUTNÝ, J. Podlepování součástí svrchních oděvů. 1. čes. vyd. Praha: SNTL, 1991. ISBN 80-03-00242-7
- [11] KOVAČIČ, V.: Textilní Zkušebnictví – díl 1, 1. vyd. TU Liberec 2002. ISBN 80-7083-823-X
- [12] stránky encyklopedie Wikipedia: www.wikipedia.cz (21.8.2007)
- [13] stránky projektu Tripod: www.3pod.cz (1.9.2007)
- [14] stránky firmy Romill: www.romill.cz (20.8.2007)
- [15] stránky firmy BioSystems: www.biosystems.cz (12.9.2007)
- [16] stránky společnosti eStav.cz: www.estav.cz (12.9.2007)
- [17] stránky Matematicko-fyzikálního webu: www.mfweb.wz.cz (15.8.2007)
- [18] stránky Laboratorního průvodce: www.labo.cz (20.8.2007)
- [19] stránky společnosti Najdiservis: www.najdiservis.cz (15.8.2007)
- [20] stránky Fyzika v kostce: www.sweb.cz (8.2.2008)

DOKUMENTACE

Seznam tabulek:

Tab.1.	Parametry nutné při podlepování	10
Tab.2.	Charakteristické teploty syntetických vláken	17
Tab.3.	Přehled působení tepla na vlákno	18
Tab.4.	Dělení elektromagnetického spektra	29
Tab.5.	Použité textilní materiály	37

Seznam obrázků:

 Obr.1.	Závislost vlhkosti na čase sorpce (sušení, vlhčení)	12
 Obr.2.	Graf ohřevu nízkomolekulární látky (vody)	16
 Obr.3.	Ohřev vysokomolekulární látky	17
 Obr.4.	Jednoduché podlepování	20
 Obr.5.	Dvojitě podlepování	21
 Obr.6.	Sendvičový typ podlepování s vložkou uvnitř	21
 Obr.7.	Sendvičový typ podlepování s vložkou vně	22
 Obr.8.	Diskontinuální podlepovací stroj se sklopným přitlakem	23
 Obr.9.	Bubnový podlepovací stroj	24
 Obr.10.	Pásový podlepovací stroj	25
 Obr.11.	Spektrum elektromagnetických vln	28
 Obr.12.	Schéma mikrovlnné trouby	33
 Obr.13.	Mikrovlnná kontinuální sušička	36
 Obr.14.	Mikrovlnná sklářská pec	36
 Obr.15.	Uspořádání zkoušky na dynamometru	42