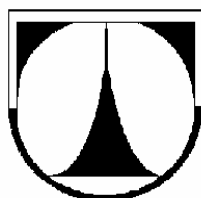


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ
Katedra textilní chemie



Štúdijský odbor: 3106T 011 Chemická technológia textilní

Stabilizace cívek pomocí pojiv

Stabilization of coils using binders

Bc. Mária SPIŠIAKOVÁ

KTC – 623

Vedúci diplomovej práce: Ing. Dagmar Machaňová

Konzultanti diplomovej práce: Ing. Jozef Kaniok, Ph.D., Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Rozsah práce:

Počet strán: 55

Počet obrázkov: 17

Počet grafov: 15

Počet tabuliek: 3

Zadanie

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že predložená diplomová práca je pôvodná a spracovala som ju samostatne. Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, že som v práci neporušila autorské práva (v zmysle zákona č. 121/2000 Sb. o práve autorskom a o práve súvisiacich s právom autorským).

Súhlasím s umiestnením diplomovej práce v Univerzitetnej knižnici TUL.

Bola som oboznámená s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č.121/2000 Sb. o práve autorskom, obzvlášť § 60 (školské dielo).

Beriem na vedomie, že TUL má právo na uzatvorenie licenčnej zmluvy o užívaní mojej diplomovej práce a prehlasujem, že **s ú h l a s í m** s prípadným užívaním mojej diplomovej práce (predaj, zapožičanie apod.).

Som si vedomá toho, že užívanie mojej diplomovej práce, či poskytnutie licencie k jej využitiu môžem iba so súhlasom TUL, ktorá má právo odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, vynaložených univerzitou na vytvorenie diela (až do jej skutočnej výšky).

V Liberci, dňa 17. mája 2010

.....
Podpis

POĎAKOVANIE

Týmto by som rada poďakovala svojej vedúcej diplomovej práce Ing. Dagmar Machaňovej a svojim konzultantom, menovite Ing. Jozefovi Kaniokovi, Ph.D. za technickú pomoc pri vytváraní experimentálnej časti mojej práce a Doc. Ing. Jakobovi Wienerovi, Ph.D. za cenné rady, pripomienky, ochotu a hlavne trpezlivosť, ktorú mi venovali pri vytváraní tejto diplomovej práce.

V neposlednom rade sa musím poďakovať aj svojej rodine, ktorá mi umožnila štúdium na tejto vysokej škole, materiálne a psychicky ma podporovala, bez nej by táto práca nevznikla.

Mária Spišiaková

ANOTÁCIA

Úlohou diplomovej práce bolo stabilizovať šírku návinnu cievok, ktoré sa používajú ako spodná niť do priemyselných šijacích strojov s viazaným stehom. K stabilizácii bolo využité mikrovlnné sušenie, ktorému predchádzal nános vhodného pojiva.

Úvodná časť diplomovej práce sa zaoberá rozborom teórie elektromagnetického poľa a princípom mikrovlnného ohrevu.

Experimentálna časť je venovaná popisu zariadení na pracovisku a testom rôznych druhov pojív od firmy Lybar, a.s. Teplice. Pri mikrovlnnom sušení sa sledoval jeho čas a teplota cievky na povrchu návinnu.

ANNOTATION

The main task of diploma work has been to stabilize a condenser spools width, which are being used as a lower thread for bounded stitch industrial sewers. Microwave heat drying has been used for correction, however prevented by appropriate binder drift.

Introductory phase of diploma work deals with analysis of electromagnetic field as well as principles of microwave heating.

Tentative part has been devoted to devices description at workplace and also to testing different types of binders produced by Lybar, as. Teplice company.

There has been time monitored within microwave heat drying as well as its time and temperature on the surface of build spool.

Klíčové slová

- Elektromagnetické pole
- Mikrovlnný ohrev
- Magnetron
- Pojivo
- Cievka

Key words

- Elektromagnetic field
- Microwave heating
- Magnetron
- Binder
- Coil



OBSAH

1	ÚVOD	9
2	ELEKTROMAGNETICKÉ POLE	10
2.1	Elektromagnetické spektrum	10
2.2	Elektromagnetické vlnenie	13
2.2.1	Interakcia elektromagnetickej vlny s materiálom.....	14
2.2.2	Princíp mikrovlnného ohrevu	15
3	SUŠENIE	20
3.1	Mikrovlnné sušenie.....	23
4	POPIS EXPERIMENTÁLNEHO PRACOVISKA	25
4.1	Navíjacie zariadenie s nánosom pojiva.....	25
4.1.1	Ovládanie navíjacieho zariadenia	26
4.2	Navíjanie cievok	28
4.3	Nanášanie pojiva.....	29
4.4	Lisovacia a fixačná komora s mikrovlnným ohrevom.....	30
4.5	Mikrovlnný generátor MG 803.....	32
4.5.1	Ovládanie mikrovlnného generátora.....	32
4.5.2	Popis zariadenia	33
4.6	Magnetron	34
4.6.1	Princíp.....	35
4.7	Vlnovodový aplikátor R32.....	35
5	POUŽITÉ POJIVÁ	36
6	EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	38
6.1	Nastavenie parabolickej odrazky	38
6.2	Optimalizácia nánosu pojiva.....	41
7	VYHODNOTENIE	43
8	ZÁVER	51
9	POUŽITÁ LITERATÚRA	53



ZOZNAM SKRATIEK A SYMBOLOV

Skratky

MG	Mikrovlnný generátor
RF	Rezonančná frekvencia
RTG	Röntgenové žiarenie

Symboly

Symboly	Názov
B	Intenzita magnetického poľa
<i>c</i>	Rýchlosť svetla vo vákuu
E	Intenzita elektrického poľa
<i>f</i>	Vlnová frekvencia
<i>h</i>	Planckova konštanta
P	Energia absorbovaná v jednotke objemu
λ	Vlnová dĺžka
ϵ_0	Permitivita vákua
ϵ''	Dielektrický stratový faktor materiálu
ϵ_0	Permitivita vákua
μ_0	Permeabilita vákua
λ	Vlnová dĺžka



1 ÚVOD

Medzi progresívne technológie, ktoré sa v posledných rokoch úspešne uplatňujú v rôznych priemyselných odvetviach, patrí aj využitie mikrovlnného žiarenia. Príkladom aplikácie mikrovlnného žiarenia v laboratórnych podmienkach je urýchlenie procesu sušenia.

Z historického hľadiska boli mikrovlny objavené na začiatku 40 rokov v Anglicku na univerzite v Birminghame. Prvé využitie mikrovln sa uskutočnilo počas 2.svetovej vojny vo forme radaru. Táto udalosť zohrala významnú úlohu v bitke o Britániu.

K prechodu od vyhľadávania nepriateľov k vareniu došlo jedného dňa v roku 1946, keď inžinier radarových systémov Percy Spencer testoval nový magnetrón. Pocítil zvláštne šteklenie a zrazu si uvedomil, že sa mu vo vrecku rozpustila čokoláda. Potom umiestnil popcorn, vajíčka a iné jedlo pred magnetrón a všetky sa uvarili - vlastne vajce sa rozprsklo po celej tvári jeho kamaráta. To ho prinútilo k myšlienke skonštruovať mikrovlnnú rúru.

Prvý patent sa teda objavil v roku 1946. O rok neskôr, v roku 1947 bola vyrobená prvá, zatiaľ dosť primitívna mikrovlnná rúra, ktorá používala vodné chladenie magnetrónu a musela byť pripojená k vodovodu. Bola veľká ako skriňa a stála 5000 dolárov.

V roku 1963 otvorili v New Yorku prvú reštauráciu, v ktorej sa podávali jedlá pripravované v mikrovlnnej rúre. K väčšiemu rozšíreniu mikrovlnných rúr začalo dochádzať až keď bol vyvinutý nový, ľahší, menší a vzduchom chladený magnetrón. V USA sa začali mikrovlnné rúry presadzovať v domácnostiach okolo roku 1975 a v Európe sa začali používať až po roku 1980. Bolo to v dôsledku vyriešenia japonskej technológie sériovej výroby magnetrónov.

Najväčšie uplatnenie našli mikrovlny hlavne v komunikácii, a to v radaroch, mobilných telefónoch, satelitnom vysielaní a pod. Ďalej tiež pri ohreve a spracovaní potravín (rozmrázovanie, pečenie, ohrievanie) a pri sušení rôznych materiáloch, ako sú keramika, drevo, liečivá, ...

V chémii sa uplatňovanie mikrovln rozvíjalo pomaly. Výraznejší rozvoj sa dosiahol v posledných rokoch.

[1]



2 ELEKTROMAGNETICKÉ POLE

Elektromagnetické pole je fyzikálne pole, ktoré zodpovedá miere pôsobenia elektrickej a magnetickej sily v priestore. Je zložené z dvoch navzájom prepojených polí, a to elektrického a magnetického. Hoci elektromagnetické pole je nekonečné, obyčajne sa uvažuje len tá jeho časť, ktorá má význam na pohyb telies v okolí nabitého telesa, ktoré pole vytvára.

Rýchlosť šírenia elektromagnetického poľa závisí na prostredí. Vlnenie sa v priestore ohýba, láma, rozptyľuje a je polarizované. Merítkom účinnosti nie je len intenzita, ale aj čas pôsobenia. Súčinom skutočnej intenzity poľa a času jeho pôsobenia môžeme nazvať ožiarenie.

[2]

2.1 Elektromagnetické spektrum

Elektromagnetické spektrum (nazývané aj Maxwellova dúha) je rozsah elektromagnetického žiarenia, ktoré objekt emituje, odráža alebo prepúšťa.

Elektromagnetické žiarenie je prenos energie v podobe elektromagnetického vlnenia.

Elektromagnetické žiarenie o vlnovej dĺžke λ (vo vákuu) má frekvenciu f a jemu pripisovaný fotón má energiu E .

Vzťah medzi nimi sa dá vyjadriť pomocou rovníc:

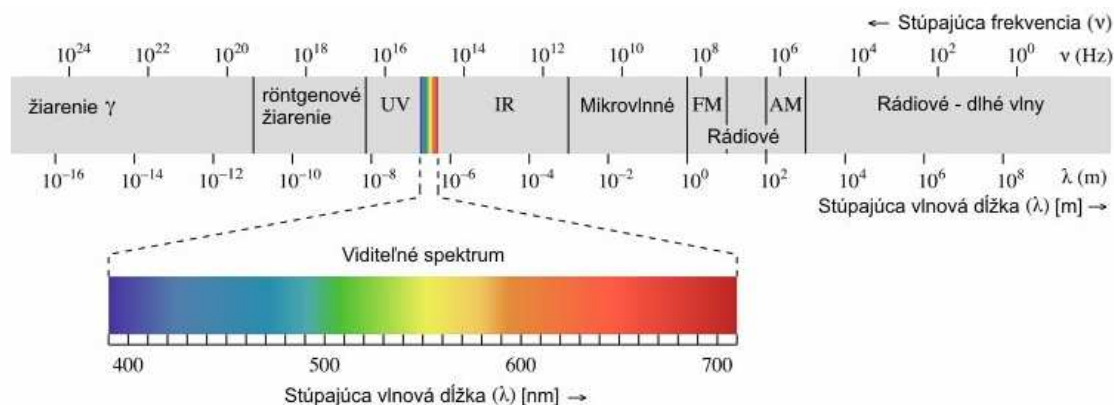
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

$$E = h \cdot f \quad (2)$$

pričom c je rýchlosť svetla (299 792 458 m/s) a $h = 6.6252 \times 10^{-34}$ J·s = 4.1 μ eV/GHz je Planckova konštanta.



Z obrázka 2.1 je zřejmé, že elektromagnetické žiarenie zahŕňa elektromagnetické spektrum: *gama žiarenie, röntgenové žiarenie, ultrafialové žiarenie, viditeľné žiarenie, infračervené žiarenie, mikrovlnné žiarenie a rádiové žiarenie.*



Obr.2.1 Elektromagnetické spektrum /3/

Napriek tomu, že jednotlivé druhy elektromagnetického žiarenia sú vymedzené presne, v skutočnosti dochádza k vzájomnému prekrývaniu jednotlivých oblastí. Je to spôsobené tým, že lúče určujeme podľa pôvodu a nie podľa frekvencie. Napr. niektoré energetické γ lúče majú v skutočnosti väčšiu vlnovú dĺžku než vysoko energetické RTG žiarenie.

Mikrovlny sú elektromagnetickým vlnením, ktoré zaujímajú v elektromagnetickom spektre oblasť na konci rádiových vln. To znamená, že sú ohraničené z jednej strany pásmom rádiových vln a z druhej strany infračerveným žiarením. Ide teda o frekvencie od 300 MHz do 300 GHz. Tieto frekvencie odpovedajú vlnovým dĺžkam λ od 1m do 1mm. Pre priemyslovú aplikáciu sú povolené vyššie frekvencie, ale nás budú zaujímať hlavne frekvencie 2450 MHz o vlnovej dĺžke 12,2 cm, ktoré využívame v našich aplikáciách.

Mikrovlnná energia patrí k neionizujúcim druhom elektromagnetickej energie. Nevyvoláva žiadne chemické zmeny, na rozdiel od ionizujúcich lúčov.

[4] [5][6]



Tab. 2.1 Elektromagnetické spektrum v číslech /7/

slovenský názov	frekvencia	vlnová dĺžka	Anglické označenie
extrémne dlhé vlny	0,3 - 3 kHz	103 - 102 km	Extremely Low Frequency (ELF)
veľmi dlhé vlny	3 - 30 kHz	102 - 10 km	Very Low Frequency (VLF)
dlhé vlny (DV)	30 - 300 kHz	10 - 1 km	Low Frequency (LF)
stredné vlny (SV)	0,3 - 3 MHz	1 - 0,1 km	Medium Frequency (MF)
krátke vlny (KV)	3 - 30 MHz	100 - 10 m	High Frequency (HF)
veľmi krátke vlny	30 - 300 MHz	10 - 1 m	Very High Frequency (VHF)
ultra krátke vlny	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 žiarenie	10 ¹⁰ - 10 ¹⁴ Hz	1 mm - 1 mm	Infra Red (IR)
viditeľné žiarenie	10 ¹⁴ Hz	400 - 900 nm	Visible (VIS)
ultrafialové žiarenie	10 ¹⁴ - 10 ¹⁶ Hz	400 - 10 nm	Ultra Violet (UV)
rentgenové žiarenie	10 ¹⁶ - 10 ¹⁹ Hz	10 - 0,1 nm	X-Rays
gama žiarenie	10 ¹⁹ - 10 ²⁴ Hz	10 ⁻¹⁰ - 10 ⁻¹⁴ m	Gamma Rays

Mikrovlnné pásmo, pretože leží medzi kmitočtami klasickej rádiotechniky a optickými kmitočtami, má v spektre elektromagnetických vln celkom zvláštne postavenie. Vzhľadom k svojej polohe sa u neho prejavujú vlastnosti klasických rádiových vln, a tiež niektoré optické vlastnosti.

Najrozšírenejšie využitie mikrovln je pri prenose správ, obrazov a ďalších informácií v telekomunikáciách a v navigácii.

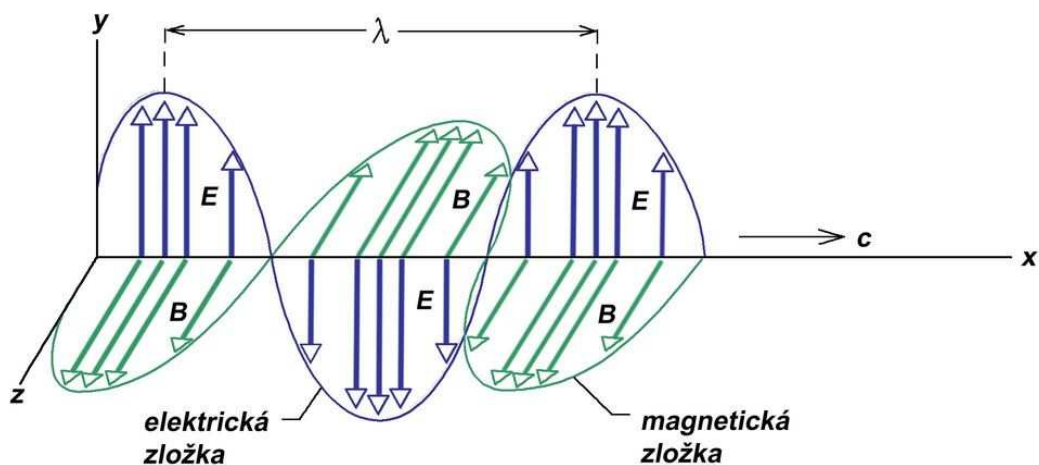
V priemysle, službách a domácnostiach sa využíva hlavne ich ďalšia vlastnosť, ohrev. V domácnostiach, reštauráciách a v potravinárskom priemysle sa využívajú hlavne k ohrevu a rozmrazovaniu potravín, prípadne k sušeniu ovocia, zeleniny, cestovín a pod. V priemysle sa pomocou mikrovln suší textil, koža, bavlna, keramika, tabak, drevo, liečivá, chemikálie, papier a pod.

[6] [7]



2.2 Elektromagnetické vlnenie

Elektromagnetické vlnenie alebo elektromagnetická vlna je lokálne vzniknutá zmena elektromagnetického poľa, periodický dej, pri ktorom dochádza k priestorovej a časovej zmene vektorov dvoch zložiek. Je to vektor intenzity elektrického poľa \mathbf{E} a súčasne vektor magnetickej indukcie \mathbf{B} (obr.2.2). Obidve tieto zložky sú na seba navzájom kolmé a sú tiež kolmé na smer šírenia vlnenia. To znamená, že každé elektromagnetické vlnenie je priečne vlnenie.



Obr. 2.2 Elektromagnetická vlna

Jednotlivé druhy elektromagnetického vlnenia sa od seba líšia napr. vlnovou dĺžkou, schopnosťou prenikať látkami alebo vznikom. Majú však aj veľa spoločných vlastností. Všetky majú dve zložky - elektrickú a magnetickú, ktoré nemôžu existovať nezávisle a všetky sa vo vákuu pohybujú rovnakou rýchlosťou ako svetlo. Táto rýchlosť je vo vákuu daná permitivitou ϵ_0 a permeabilitou μ_0 .

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}} \quad (3)$$



Amplitúdy vln majú konštantný pomer, teda platí vzťah:

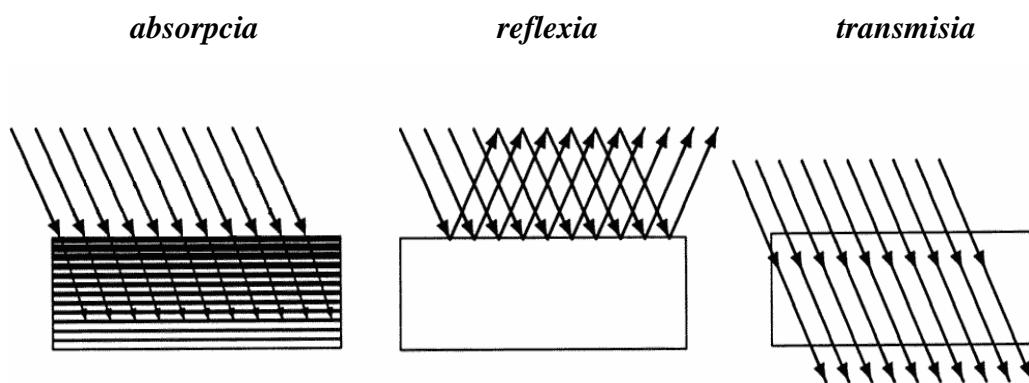
$$c = f \cdot \lambda, \quad (4)$$

kde f je vlnová frekvencia a λ je vlnová dĺžka.

[5] [8]

2.2.1 Interakcia elektromagnetickej vlny s materiálom

Rozhodujúcim predpokladom mikrovlnného ohrevu u všetkých látok je absorpcia uvedeného druhu energie, teda pohlcovanie energie vlnenia. Absorpcia predstavuje prvú zo základných interakcií látok s mikrovlnami. Ďalšie dve tvorí reflexia a transmisia mikrovln.



Obr. 2.3 Interakcia magnetickej vlny s materiálom [9]

- Absorpcia* – pri tejto vlastnosti materiálu, dochádza k premene energie elektromagnetických vln na teplo. Mikrovlny sú absorbované molekulami vody, v ktorých urýchľujú pohyb molekúl. Toto zrýchlenie vyvoláva teplo. Túto schopnosť majú napr. voda a polárne rozpúšťadlá.
- Reflexia* – túto vlastnosť majú napr. kovy, ktoré odrážajú elektromagnetické vlny späť do prostredia. Na tomto princípe je založená funkcia radaru.



- c) *Transmisia* - napr. sklo, nepolárne látky, porcelán, niektoré plasty, papier. Týmito materiálmi prejdú elektromagnetické vlny bez reakcie, nedochádza k ich ohrievaniu.

Pri interakcii elektromagnetického poľa s materiálom dochádza však aj k stratám. Tie delíme na :

- **Straty spôsobené vodivosťou látky** – spôsobujú ich prúdy, ktoré sú vyvolané elektromagnetickým poľom.
- **Polarizačné straty** – vznikajú vzájomným trením molekúl pri polarizácii a najviac sa podieľajú na vzniku tepla.
- **Magnetizačné straty** – sú spôsobené zložitým mechanizmom strát pri magnetizácii.

Všetky tieto zložky sa podieľajú na vzniku a ohreve tepla.

[8] [10]

2.2.2 Princíp mikrovlnného ohrevu

Princíp mikrovlnného ohrevu spočíva v premene elektromagnetickej energie na tepelnú energiu, ktorá vzniká pôsobením poľa na polárne molekuly materiálu. Bipolárne molekuly vody sa natáčajú podľa zmeny striedavého elektromagnetického poľa, čo je až 10^9 krát za sekundu. Pritom dochádza k medzimolekulárnemu treniu a prekonávaniu medzimolekulárnych síl (k dielektrickej strate), čím vzniká teplo a dochádza tak k rýchlemu ohrevu materiálu.

[11]



Mikrovlnný ohrev je jednou z možností ako nedeštruktívnym spôsobom znížiť obsah voľnej vody v materiále. Výhodou tejto metódy je redukcia vlhkosti v konštrukcii v relatívne veľmi krátkom časovom úseku. Prínosom je priestorová nenáročnosť a použitie metódy na stávajúcu konštrukciu bez zásahu do nej.

Mikrovlny však môžu prenikať len do určitej hĺbky materiálu podľa jeho dielektrických parametrov, čím sa materiál ohrieva súčasne vo vnútri a aj na povrchu. Na tepelnej vodivosti materiálu teda tento proces nezávisí. To znamená, že materiály s nízkou tepelnou vodivosťou sa dajú veľmi rýchlo ohriať v celom objeme, čo by klasickým spôsobom nebolo možné.

Rozsah mikrovlnného ohrevu danej látky sa dá posudzovať na základe absorbovaného výkonu mikrovln (P_{ab}) podľa vzťahu:

$$P_{ab} = 2 \pi \cdot \epsilon_0 \cdot f \cdot \epsilon'' \cdot E^2 \quad (5)$$

ϵ_0 - permitivita vákua [$8,859 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$],

f - frekvencia použitého elektromagnetického poľa [2450 MHz],

ϵ'' – dielektrický stratový faktor materiálu

E - intenzita elektrického poľa vo vnútri materiálu [V.m^{-1}].[12]

P - energia absorbovaná v jednotke objemu (W.m^{-3})

Rozhodujúcu úlohu pri premene mikrovlnnej energie na teplo podľa (5) hrá stratový faktor materiálu. Ostatné parametre sú dané alebo ich možno ovplyvniť výberom prístrojového zariadenia.

[12] [13]



Mikrovlnný ohrev sa na rozdiel od klasického ohrevu vyznačuje vlastnosťami, ktoré sa prejavujú ako mikrovlnné efekty. Sú to teplotné a neteplotné efekty.

Teplotné efekty

Pri premene mikrovlnnej energie na teplo hovoríme o teplotných efektoch. Poznáme viaceré druhy teplotných efektov:

- *Prehriatie*
- *Horúce a studené zóny (tzv. Hot spots)*
- *Objemový ohrev*
- *Selektívny ohrev*
- *Teplotný úlet*
- *Simultánne chladenie*
- *Ostatné (napr. iskrenie ceruzky, rozsvietenie výbojky, vypaľovanie CD,...)*

Prehriatie

Môže byť buď celkové alebo lokálne. Napr. polárne rozpúšťadlá (propanol, acetón) vrú pri atmosférickom tlaku až o 30-50 °C nad bodom varu. Je to spôsobené tým, že dodaná mikrovlnná energia je oveľa vyššia než odoberaná energia, ktorú reprezentuje výparné teplo. K tomuto efektu dochádza najčastejšie v dôsledku nehomogenity mikrovlnného poľa.

Horúce a studené zóny

Keďže mikrovlnné pole rozptýlené v priestore rúry nie je nikdy celkom homogénne, nachádzajú sa v ňom miesta s vyššou a nižšou intenzitou. Sú to tzv. „hot spots“, ktoré môžu spôsobiť až miestne prepálenie hlavne tuhých materiálov. Tento jav sa v priemyselných zariadeniach potlačuje bežiacim pásom, v kuchynských mikrovlnných rúrach rotačným tanierom.

[10]



Objemový ohrev

Pri klasickom ohreve dochádza k ohrevu prestupom tepla od povrchu dovnútra. Pri mikrovlnnom ohreve sa materiál ohrieva v celom objeme, tj. zvnútra k povrchu. To prospieva k rovnomernosti ohrevu. Záleží však aj na zložení, veľkosti a tvaru materiálu. Teplotný profil je opačný než pri klasickom ohreve. Najnižšia teplota je na povrchu a smerom dovnútra rastie. Vzhľadom k objemovému ohrevu je mikrovlnný ohrev niekoľkonásobne rýchlejší než ohrev klasický.

Selektívny ohrev

Pri ohrievaní viac zložkového materiálu dochádza k ohrevu len zložky, ktorá absorbuje mikrovlny. Neabsorbujúca zložka sa teda neohrieva, prípadne len vedením od zložky ohriatej (napr. zmes voda – tuk, v tomto prípade sa bude ohrievať len voda). Tento efekt má význam pre prevádzanie chemických reakcií a v ďalších procesoch, ako sú napr. sušenie, katalýza.

Teplotný úlet

K tomuto efektu dochádza len vo výnimočných prípadoch. Je to vtedy, ak schopnosť absorpcie mikrovln prudko rastie s teplotou (napr. pri práškových kovoch, oxidoch,...). Pri vode sa však s týmto prípadom nestretáme, pretože absorpcia mikrovln vodou s teplotou naopak klesá. Tu ale môže dôjsť k prehriatiu vody nad 100°C.

Neteplotné efekty

Sú to efekty, ktoré sú vyvolané priamym účinkom mikrovlnnej energie na chemickú väzbu. Nedajú sa teda vysvetliť žiadnym z vyššie uvedených teplotných efektov. Zaujímavosťou je, že ich existencia dodnes nebola vedecky celkom dokázaná.

[10]



Výhody mikrovlnného ohrevu v chemických reakciách

- Vysoká rýchlosť ohrevu v celom objeme
- Urýchlenie chemických reakcií prehriatím reakčnej zmesi
- Umožnenie prevedenia reakcie pri vyšších teplotách bez použitia tlaku
- Možnosť zvýšenia selektivity chemických reakcií
- Prevedenie reakcie, ktoré prebieha ťažšie pri klasických podmienkach
- Úspory energie

Problémy mikrovlnného ohrevu

- Homogenita, resp. nehomogenita mikrovlnného poľa
- Meranie teploty
- Kvantitatívna detekcia nehomogenity mikrovlnného poľa
- Reprodukovateľnosť výsledkov

[14] [15]



3 SUŠENIE

Ide o fyzikálny dej, pri ktorom sa účinkom tepla znižuje obsah kvapaliny (najčastejšie vody alebo rozpúšťadla) v látkach. Chemické zloženie látok sa však nemení. Kvapalina sa odstraňuje odparovaním, vyparovaním alebo sublimáciou. Iný spôsob odstraňovania kvapaliny ako tepelný, napr. mechanický spôsob, tj. filtrácia, cedenie, žmýkanie, atď. sa za sušenie nepovažuje.

Účelom procesu sušenia je teda znížiť obsah kvapaliny vo vysušovanej látke za súčasnej zmeny jej technologických vlastností :

- Dosiahnuť určité fyzikálne - chemické vlastnosti (chemické produkty)
- Zlepšiť štruktúru a tepelné vlastnosti materiálu (drevo, keramika, izolačné materiály)
- Zvýšiť výhrevnosť a zlepšiť spaľovanie (palivá)
- Zlepšiť konzervačné schopnosti
- Zlepšiť biochemické vlastnosti

Sušenie je veľmi rozšírený technologický proces, uplatňujúci sa temer v každom priemyselnom odvetví. V chemickom priemysle predstavuje jednu z najdôležitejších základných operácií.

Statika sušenia

Údáva súvislosť medzi veličinou charakterizujúcou začiatkový a konečný parameter látky, ktorá sa zúčastňuje na sušiacom deji. Okrem materiálovej a energetickej bilancie sušiaceho deja hodnotí statika deja danú látku z hľadiska sušenia, zvlášť jej väzbu s vlhkosťou.

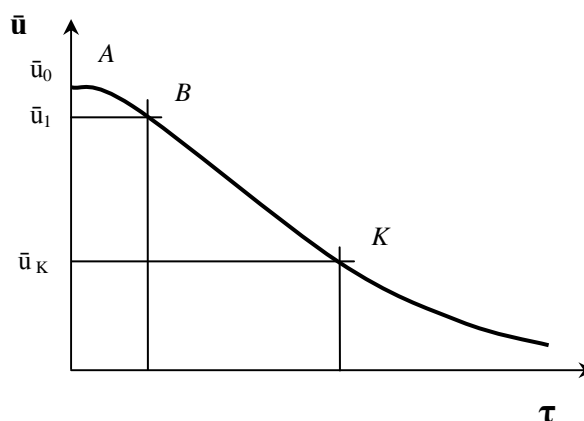
[16]



Dynamika sušenia

Určuje súvislosť medzi zmenou vlhkosti vysušeného materiálu a parametrami sušiaceho procesu. Jej úlohou je všeobecne určiť zmenu vlhkosti vysušeného materiálu v mieste a čase v závislosti od mernej vlhkosti a väzby vlhkosti s daným materiálom, od rozdelenia teploty v látke, spôsobu sušenia a od druhu a konštrukcie sušiarne.

Pretože na priebeh sušenia vplýva veľa činiteľov a dynamický výpočet je veľmi zložitý, často sa uspokojíme so základnou dynamickou závislosťou, ktorú vyjadruje stredná merná vlhkosť sušeného materiálu ako funkcia času $\bar{u} = f(\tau)$, ktorú nazývame *krivka sušenia* (obr. 3.1).



Obr. 3.1 Krivka sušenia v obecnom tvare

Krivka sušenia sa delí na tri časti. V úseku AB dochádza najskôr k spotrebovaniu energie na ohriatie materiálu a v ňom obsiahnutej vody a k premene vody na paru. V lineárnej časti BK je úbytok vlhkosti konštantný. Bod K je kritický bod a za ním sa proces odparovania už spomaľuje. Povrchová vlhkosť je odstránená, ale vlhkosť vo vnútri materiálu ešte nedospela kapilármi k povrchu.

Krivka sušenia sa obecně zachycuje priebeh ohrevu materiálu pri konvenčnom sušení. Pri mikrovlnnom sušení sa úsek AB neprejaví, pretože ohrev materiálu a vody prebehne takmer okamžite.

[16]



Typy sušenia

- **Konvenčné** (konvenčne – radiačné) – ide o voľno priestorové sušenie alebo sušenie, ktoré využíva ohrev za pomoci infračerveného žiarenia alebo prúdenie horúceho vzduchu.
- **Elektroodporové** – uniformný ohrev celého objemu; používa sa pri veľkých telesách, prebieha hlavne nad hodnotou perkolačného prahu, tzn. pokiaľ je systém pórov vzájomne prepojený vodou.
- **Mikrovlnné** – vid' kapitola 3.1

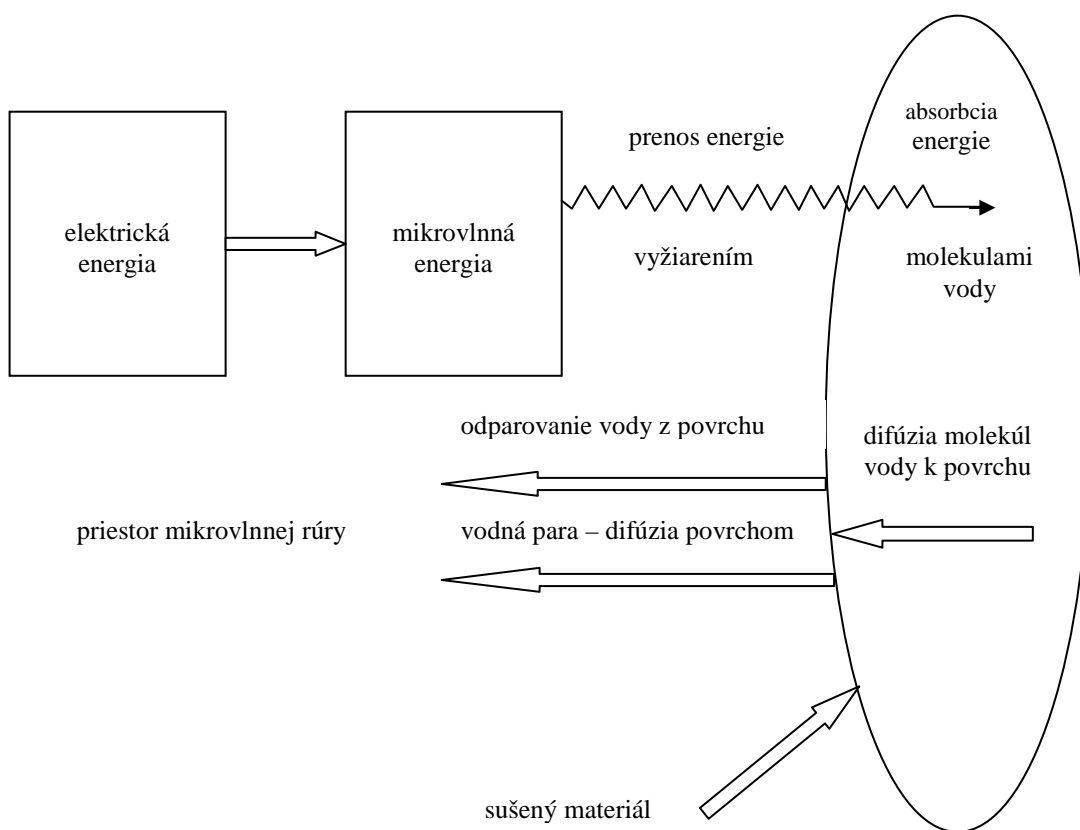
[17]



3.1 Mikrovlnné sušenie

Na rozdiel od konvenčného sušenia, kedy teplo postupuje z povrchu materiálu dovnútra a vlhkosť vystupuje na povrch, kde sa odparuje, pri hĺbkovom pôsobení mikrovln sa ohrieva aj vnútro produktu a vlhkosť je vytlačovaná smerom k miestu nižšieho tlaku, teda na povrch materiálu, ktorý je chladný, pretože okolitý vzduch sa mikrovlnami neohrieva. Touto vodnou pumpou sa dosiahne rýchly a efektívny odvod vody.

[18]



Obr. 3.2 Mechanizmus mikrovlnného sušenia [18]



Výhody mikrovlnného sušení

Vysoká energetická účinnosť

Voda je vysoko polárna látka, veľmi dobre teda absorbuje mikrovlnnú energiu a teplota bez toho zvyšuje sa mení na teplo. V princípe sa nedá podobná účinnosť dosiahnuť iným spôsobom ohrevu, aj keď si jeho použitie často vynúti iné faktory než účinnosť.

Rovnomernosť ohriatia v celom objeme produktu

Mikrovlny pôsobia zo všetkých zložiek základného materiálu výhradne na molekuly vody a vôbec nepôsobia na suché oblasti produktu. Pokiaľ je vlhkosť materiálu pred spracovaním nerovnomerná, dá sa to využiť pre jej vyrovnanie.

Umožňuje to tiež aj odstránenie poslednej kvapalnej zložky a samoreguláciu prehriatia na konci sušenia.

Rýchly odvod vody

Pri klasickom sušení sa na povrchu kusových produktov môže vytvoriť suchá vrstva, ktorá preruší kapilárny tok zvnútra materiálu a začne produkt tepelne izolovať. Dôjde k zhoršeniu priestupnosti vody materiálom. Naopak pri mikrovlnnom sušení sa suchá vrstva nevytvára, pretože voda, ktorá je vypudzovaná z jadra materiálu udržiava povrch vždy vlhký.

[18] [19]



4 POPIS EXPERIMENTÁLNEHO PRACOVISKA

Diskontinuálny proces je zložený z navíjacieho zariadenia s nánosom pojiva a lisovacej a fixačnej komory s mikrovlnným ohrevom.

4.1 Navíjacie zariadenie s nánosom pojiva

Navíjanie nití je realizované pomocou asynchrónnych motorov a frekvenčných meničov. Pre riadenie asynchrónneho motora pre pohon vretena a asynchrónneho motora pre pohon nanášacieho valčeka sú použité frekvenčné meniče Control Techniques rady SK s výkonom 750 W (viď obr. 4.1), doplnené odrušovacími filtrami. Meniče sú označené U1 (vreteno) a U2 (valček).



Obr.4.1 Navíjacie zariadenie



Pohon vretena je regulovaný na konštantné otáčky. Otáčky nanášacieho valčeka sú úmerné obvodovej rýchlosti vretena. Túto rýchlosť je možné snímať pomocou meracieho kolieska s presne definovaným obvodom. Indukčným snímačom je snímaný počet impulzov, ktoré sú generované dvoma otvormi na rozstupovej kružnici kolieska. Impulzy sú zavedené do čítačky frekvenčného meniča valčeka, ktorého vyhodnocovací algoritmus dokáže počet načítaných impulzov prepočítať na frekvenciu. V tomto prípade je výhodnejšie prevádzať načítané impulzy priamo na navinutú dĺžku nite. Pretože pomer medzi maximálnou a minimálnou obvodovou rýchlosťou je definovaný pomerom medzi konečným a počiatočným priemerom návynu, stačí experimentálne zistiť navinutú dĺžku pre danú hrúbku nite a požadovaný konečný priemer návynu. Zistená dĺžka slúži ako žiadaná hodnota komparátora pre vypnutie navíjania.

[20]

4.1.1 Ovládanie navíjacieho zariadenia

Pohony vretena a valčeka sú ovládané pomocou tlačidiel na ovládacom paneli. Ako je vidieť z obrázka 4.2 ovládací panel obsahuje jedno signalizačné znamenie a päť tlačidiel.



Obr. 4.2 Ovládací panel



Zelené signalizačné znamenie DRIVES HEALTHY – indikuje funkčnosť oboch meničov. V prípade poruchy nesvieti a na displeji príslušného meniča bliká hlásenie chyby.

Zelené S1 START – týmto tlačidlom zahájime navíjanie

Červené (dolné) S2 STOP – slúži na zastavenie navíjania

Červené (horné) S3 STOP/RESET – zastaví navíjanie a vynuluje pozíciu počítania

Čierne (horné) S4 – zvýši počet otáčok vretena

Čierne (dolné) S5 – zníži počet otáčok vretena

Technické parametre

Motor 1 - pohon vretena

Menovitý prúd	2,15 A
Menovité otáčky	1400/min
Maximálna frekvencia	50 Hz

Otáčky vretena riadi v rozsahu frekvencií motora 0–50Hz softwarový motorpotenciometer meniča U1. Tento signál zaisťuje aj väzbu medzi meničmi U1 a U2. Väzbový signál je možné vynásobiť konštantou nastavenou na displeji meniča U1 parametrom 61. Hodnotou tohto parametra je možné meniť pomer otáčok motorov 1 a 2.

Motor 2 – pohon valčeka

Menovitý prúd	0,35 A
Menovité otáčky	2700/min
Maximálna frekvencia	100 HZ



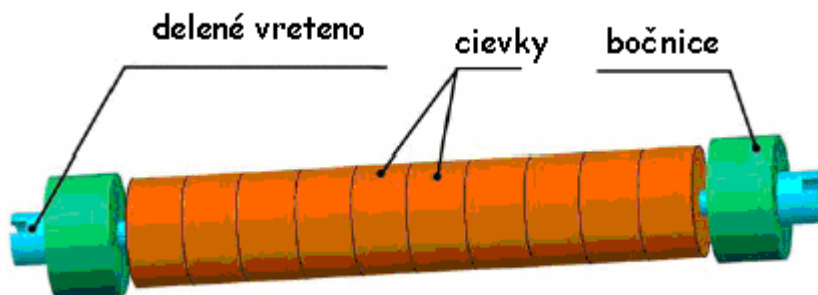
Impulzný signál z indukčného snímača je privedený na frekvenčný vstup. V menu 3 je rozsah pozície počítania upravený na hodnotu 0-200 impulzov, čo odpovedá 0-100% na vstupe komparátora. Pri obvode meracieho kolieska 200 mm snímač vyšle 10 impulzov na jeden meter. Pri navíjaní dĺžky 80 m bolo potrebné nastaviť žiadanú hodnotu kompenzátora na 40%, čo číselne odpovedá polovici navíjanej dĺžky v metroch. Hodnota sa nastavuje na displeji meniča U2 parametrom 61.

Po načítaní predvoleného počtu impulzov komparátor zastaví oba pohony a vynuluje pozíciu počítania. Parameter 61 bol nastavený na hodnotu 40. Pri zmene dĺžky návinu je potrebné toto nastavenie zmeniť.

[20]

4.2 Navíjanie cievok

Keďže ide o diskontinuálny proces, bolo na navíjanie cievok použité tzv. vyberateľné delené vreteno. Jeho výhodou je napr. kvalitnejší povrch vnútorných otvorov spodných nosných cievok, možnosť automatického nadväzovania a výmeny cievok.



Obr. 4.3 Delené vreteno s cievkami

Z obr. 4.3 je vidieť, že na delené vreteno sú vkladané aj tzv. bočnice, s ktorými prebieha samotné navíjanie. Tie sú potrebné z dôvodu ďalšieho spracovania navinutých cievok na lisovacom a fixačnom zariadení. Slúžia ako opierky čiel cievok, pomocou ktorých sa



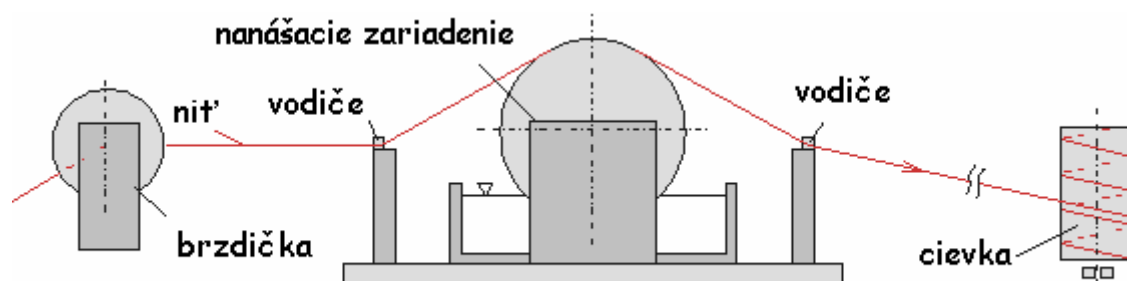
tlačí na cievky v priebehu lisovania. Bočnice musia byť vložené ešte pred navíjaním, pretože k operácii lisovanie by sa nedali dodatočne vložiť z dôvodu väčšieho priemeru koncov delených vretien.

Čo sa týka samotného navíjania, bolo tu uplatnené a realizované nové, tzv. dokonalé krížové vinutie, ktoré navíja oproti presnému krížovému vinutiu v celom objeme cievky nite s rovnakou osovou vzdialenosťou alebo s nastaviteľnou nulovou medzerou medzi navíjanými niťami. To zabezpečuje zvýšenie hustoty návinnu o cca o 20%.

[20]

4.3 Nanášanie pojiva

Nanášanie pojiva bolo realizované v priebehu navíjania pomocou nanášacieho valčeka, ktorý sa brodí v zásobníku s pojivom (obr. 4.4).



Obr. 4.4 Schéma nanášania pojiva

Optimálne množstvo nánosu pojiva na jednotlivé nite bolo zabezpečené troma spôsobmi:

- Elektronickým zadávaním a zabezpečením pomeru otáčok vretena k otáčkam valčeka, vrátane nábehu a zmeny voľby otáčok vretena.
- Zabezpečením konštantného pomeru navíjacej rýchlosti navíjaných nití k obvodovej rýchlosti nanášacieho valčeka, pri zmene priemeru navíjanej cievky.



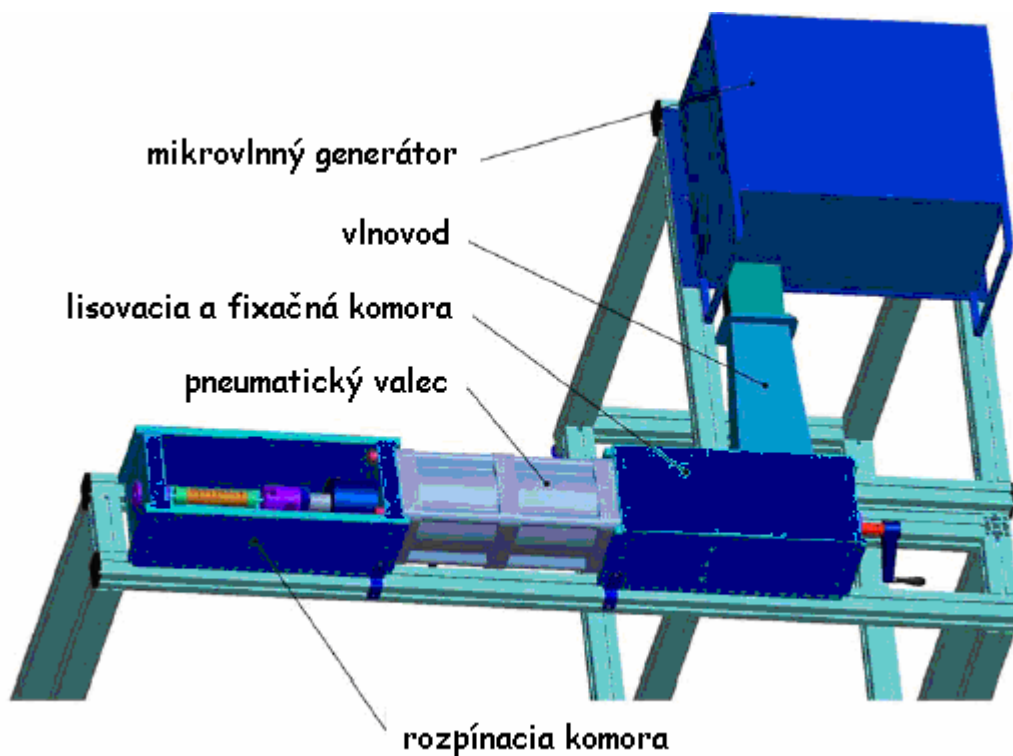
- Hladinou pojiva v zásobníku. Stála hladina bola udržiavaná pomocou princípu infúzných hadičiek.

Tieto spôsoby boli realizované pomocou frekvenčných meničov, popísaných v kapitole 4.1.

[20]

4.4 Lisovacia a fixačná komora s mikrovlnným ohrevom

K operácii lisovanie a fixovanie bola použitá dvojkomorová lisovacia a fixačná jednotka, ktorá bola napojená na mikrovlnný generátor, ako je to vidieť na obr. 4.5.



Obr. 4.5 Lisovacia a fixačná komora s mikrovlnným ohrevom

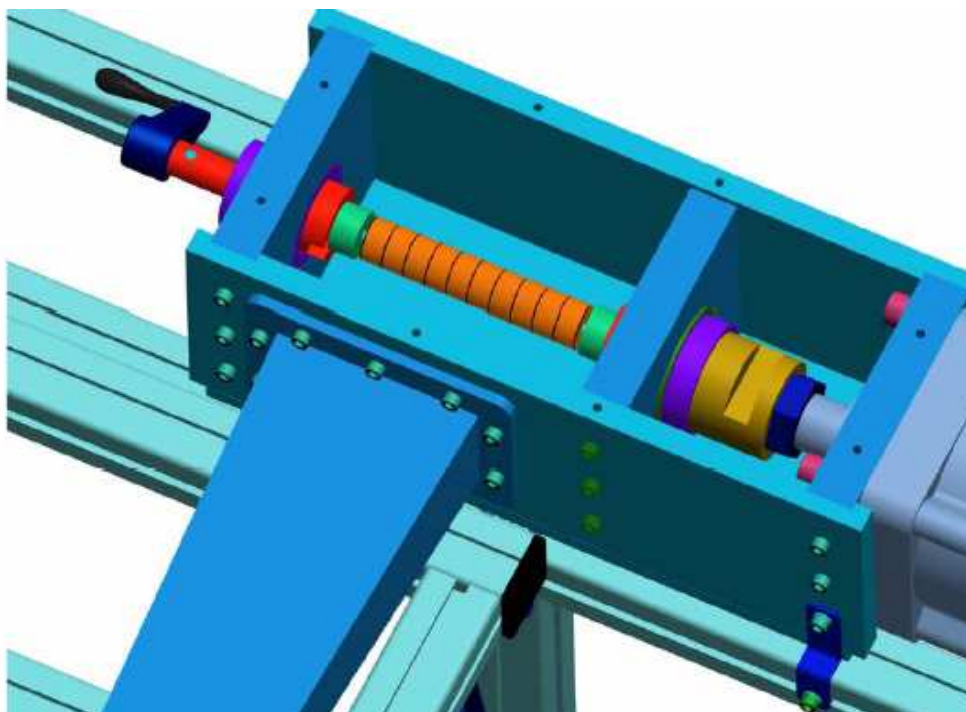
V lisovacej a fixačnej komore, ako je to zrejme už z názvu, dochádza k lisovaniu cievok silou 15000 N. Lisovanie sa robí kvôli ďalšiemu zvýšeniu hustoty vinutia, (obr. 4.6).



Obr. 4.6 Navinuté cievky pred a po lisovaní a sušení

Takto zlisované cievky sú v komore otáčané okolo svojej osi pomocou motorku z dôvodu rovnomerného mikrovlnného ohrevu. Dochádza k mikrovlnnému sušeniu, kedy sa cievky fixujú. Súčasťou komory je aj tzv. parabolická odrazka, ktorá slúži pre zvýšenie účinku mikrovln na cievky.

V rozpínacej komore je možné zlisované a zafixované cievky stiahnuť z deleného vretena.



Obr. 4.7 Otvorená lisovacia a fixačná komora

[20]



4.5 Mikrovlnný generátor MG 803

Zariadenie MG 803 (obr. 4.7) umožňuje jednoduchým spôsobom aplikovať nastaviteľný mikrovlnný výkon na rôzne látky alebo zlúčeniny. Svojou koncepciou je určené predovšetkým do laboratórií, a to aj pre prácu s toxickými látkami.



Obr. 4.8 Mikrovlnný generátor MG 803

4.5.1 Ovládanie mikrovlnného generátora

Ovládanie generátora, vid' obr. 4.7 zaisťuje jednočipový mikroprocesor pomocou jednoduchej klávesnice. Indikácia stavov sa zobrazuje na šesťmiestnom sedemsegmentovom displeji a troch svietiacich diódach.

Ostatné ovládacie prvky:

START – zapnutie mikrovlnného výkonu

STOP – vypnutie

Sieťový – hlavný vypínač

Konektor sériovej linky (RS 232)



Technické parametre

Napájanie	230V / 50Hz \pm 10%
Maximálny príkon	1450 VA
Príkon v režime žhavenia	cca 140 VA
Maximálny mikrovlnný výkon	850 W
Rozsah riadenia mikrovlnného výkonu	cca 5 ÷ 100%
Pracovný mikrovlnný kmitočet	2450 \pm 30 MHz
Pracovný priestor aplikátora	94 x 94 x 120 mm
Vonkajšie rozmery (generátor)	450 x 260 x 410 mm
Vonkajšie elektrické a magnetické pole	zanedbateľné

4.5.2 Popis zariadenia

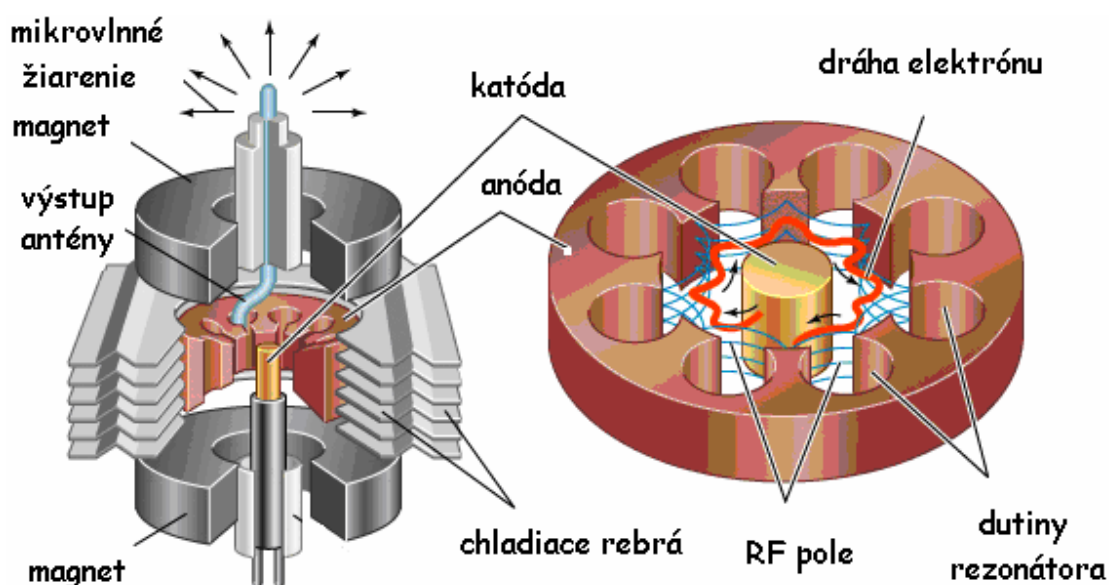
System MG 803 sa skladá z troch základných dielov, ktoré tvoria generátor, vlnovod a koncová sušiacia komora.

Generátor slúži k výrobe mikrovlnnej energie. Je to zariadenie umiestnené v samostatnej skrini. Tvorí ho vlastný zdroj mikrovlnnej energie – magnetrón, jeho napájacie zdroje, ovládacie, pomocné a ochranné obvody (spustenie, regulácia a indikácia mikrovlnného výkonu, chladenie, tepelná poistka). Výstup energie je vyvedený vlnovodom R32.

[21]

4.6 Magnetron

Magnetron je zariadenie, ktoré je schopné vytvoriť vysokú energiu elektromagnetického mikrovlnného žiarenia. Vo vnútri magnetronu dochádza k interakcii elektrónov s vysokofrekvenčným poľom. Na obr. 4.8 je zobrazená konštrukcia magnetronu a jeho podstata.



Obr.4.9 Magnetron [22]

Konštrukcia magnetronu je pomerne jednoduchá. Vo vnútri vákuovanej trubice sa nachádza kovový valček, slúžiaci ako katóda. Katóda je obklopená kovovým blokom – anódou s členitou štruktúrou, ktorá vytvára párny počet komôr – dutín. Od anódy vedie k vrcholu trubice kovový pásik. Ten tvorí anténu. K trubici sú zvonku pripevnené ešte hliníkové chladiace rebrá a celá trubica je vložená medzi dva silné feritové magnety.

[22]



4.6.1 Princíp

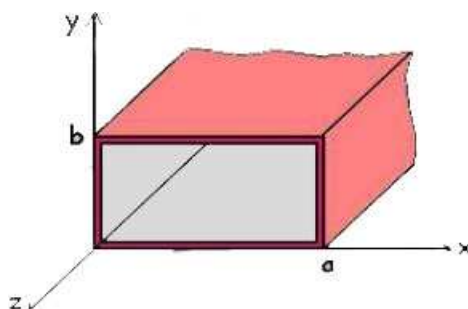
Pokiaľ je valček tvoriaci katódu zohrievaný elektrickým prúdom, dochádza k uvoľňovaniu elektrónov, ktoré majú tendenciu pohybovať sa smerom k anóde. Externé magnetické pole, ktoré vytvárajú feritové magnety prechádza skrz trubicu a zabraňuje elektrónom dosiahnuť anódu a núti ich krúžiť v dutine trubice. Elektróny pritom čerpajú prirodzenú rezonančnú frekvenciu dutín. Prúdy okolo rezonančných dutín spôsobujú vyžarovanie elektromagnetickej energie vysielané anténou do priestoru mikrovlnnej rúry.

[22] [23]

4.7 Vlnodovový aplikátor R32

Vlnodovový aplikátor slúži k prenosu vysokofrekvenčnej energie. Jeho účelom je absorpcia, čo najväčšieho množstva energie v materiáli, a teda zabránenie väčším stratám energie do okolia.

Vlnodovy majú ľubovoľný tvar priečného prierezu. V našom prípade bol použitý obdĺžnikový vlnodov, (viď obr. 4.9).



Obr. 4.10 Obdĺžnikový vlnodov [8]



5 POUŽITÉ POJIVÁ

V tejto diplomovej práci bolo k stabilizácii, tj. šírke cievok použitých viac druhov liehových pojív. Experiment bol zameraný na testovanie lakov na vlasy.

Spoločným znakom použitých pojív bola rovnaká hustota a nízka viskozita.

LUISET CA 66

Chemická podstata : *Vinyl acetát crotonic acid kopolymér*

Luiset CA 66 je vyrábaný fy BASF SE, Ludwigshafen, Nemecko. Dodáva sa vo forme transparentných jemných perličiek, bez prídavku formaldehydu.

Pripravuje sa v bezvodnom etanole neutralizáciou alebo čiastočnou neutralizáciou s amínmi alebo amíno alkoholmi. Vo vodnom alkoholickom systéme závisí jeho rozpustnosť na stupni neutralizácie, na použitom alkohole a na teplote. Obsahuje 75 g/l sušiny.

Luiset CA 66 by mal byť uchovávaný v tesne uzatvorených nádobách.

Aplikácie

Luiset CA 66 sa používa ako fixačný film v starostlivosti o vlasy. Jeho vlastnosti sa môžu značne líšiť stupňom neutralizácie. Zvýšením stupňa neutralizácie sa filmy stávajú pružnejšími, a zároveň sa zvyšujú hygroskopické vlastnosti a rozpustnosť vo vode.

[24]



AMPHOMER HC

Chemická podstata : *Akrylát / oktylakrylamid kopolymér*

Amphomer HC, predtým Versatyl – 42 patrí k vysoko efektívnym a rentabilným zložkám sprejov na vlasy. Filmy týchto polymérov sú tvrdé, ale pružné, majú vynikajúce držanie vlasov , a taktiež sa dobre rozpúšťajú. Obsahujú 68 g/l sušiny. Ich uplatnenie je hlavne v aerosólových lakoch na vlasy, penách, tužidlách a géloch.

DYNAMAMA X

Chemická podstata: *Polyuretán – Akrylát kopolymér*

Dynama X je aniónový polymér. Dodáva sa pre neutralizáciu hydroalkoholických roztokov. Má jednoduché použitie. Možno ho aplikovať do lakov na vlasy, gélov, kondicionérov, krémov a ďalších stylingových prostriedkov. Má najnižší obsah sušiny (55 g/l).

Polymér tohto typu poskytuje silné, pružné a trvanlivé držanie, preto sa hodí pre dynamické účesy. Vlasy sú schopné sa pohybovať voľne, ale napriek tomu sa vracajú do svojho pôvodného tvaru.

Oba typy pojív sú vyrábané fy Akzo Nobel so sídlom v Amsterdame.

[25]

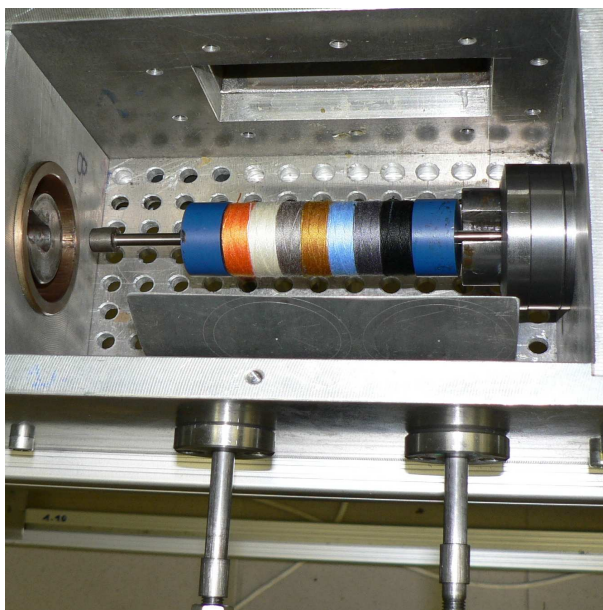


6 EXPERIMENTÁLNÁ ČASŤ

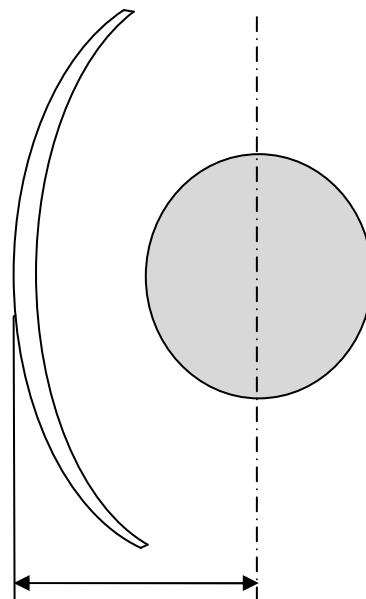
Úlohou experimentálnej časti bolo stabilizovať šírku návinu cievok vhodným pojivom s aplikáciou mikrovlnného sušenia.

6.1 Nastavenie parabolickej odrazky

Kvôli zvýšeniu účinku mikrovln na cievky, bolo potrebné nájsť optimálnu polohu parabolickej odrazky. Jej posúvanie, a tým nastavovanie ohniskovej vzdialenosti bolo možné pomocou vodiacich tyčiek, obr.6.1. Ako je ďalej vidieť z obrázka, parabolická odrazka je umiestnená proti vstupu mikrovln z prírodného vlnovodu.



Obr. 6.1 Parabolická odrazka uchytená na vodiacich tyčkách

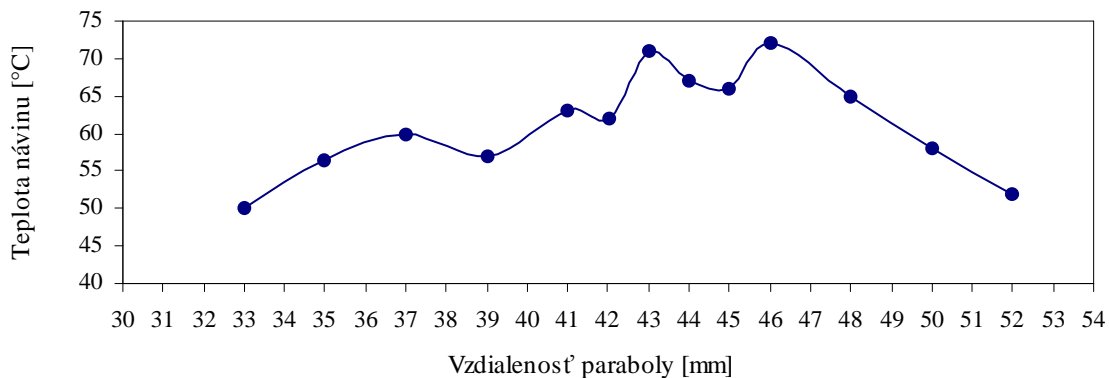


Obr. 6.2 Vzdialenosť parabolickej odrazky

Pri testovaní polohy parabolickej odrazky bol za dobu mikrovlnného sušenia zvolený konštantný čas 90 sekúnd a bolo vybraté pojivo Luviset CA 66 s neutralizáciou. Po tomto čase ohrevu sa merala teplota návinu. Na základe dosahovania najvyšších teplôt bola vyhodnotená ohnisková vzdialenosť parabolickej odrazky 44 mm (obr. 6.2).



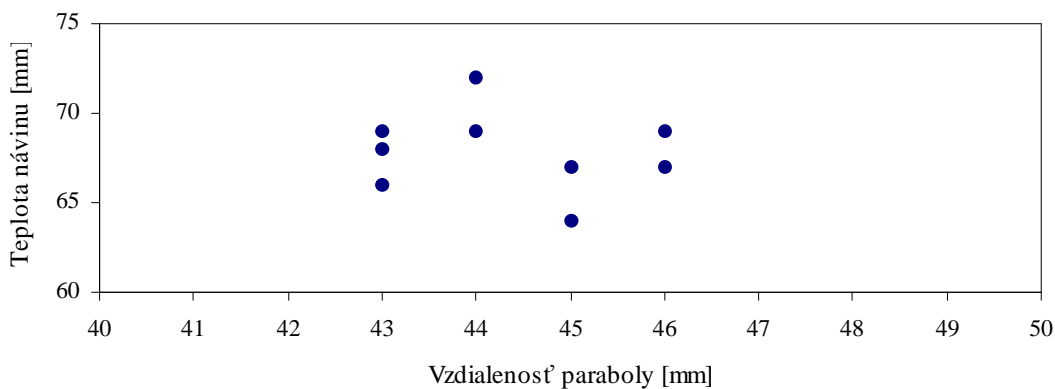
Vplyv vzdialenosti paraboly na povrchovú teplotu návinu



Graf 6.1 Závislosť teploty návinu na vzdialenosti paraboly

Z grafu vyplýva, že najvyššie hodnoty teplôt dosahuje ohnisková vzdialenosť v rozmedzí 43 - 46 mm.

Oblasť paraboly v rozmedzí 43-46 mm

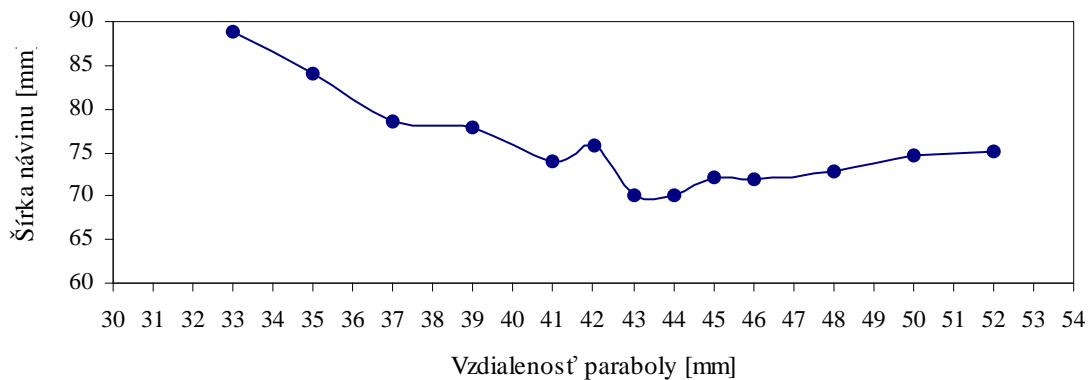


Graf 6.2 Závislosť teploty návinu na vzdialenosti paraboly

Na základe dôkladnejšieho testovania bola za optimálnu polohu parabolickej odrazky zvolená ohnisková vzdialenosť 44 mm



Vplyv vzdialenosti paraboly na šírku návinu



Graf 6.3 Závislosť šírky návinu na vzdialenosti paraboly

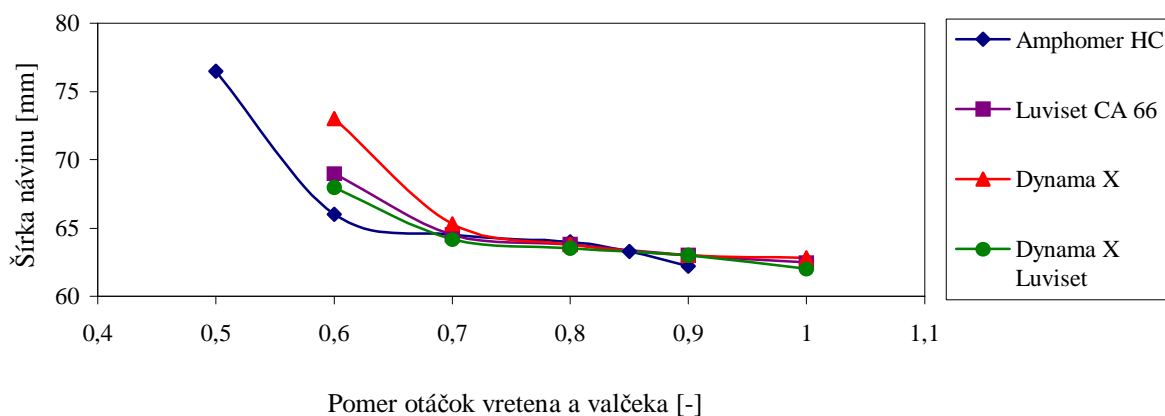
Ako vidieť z grafu 6.3, hodnoty ohniskovej vzdialenosti v rozmedzí 43-46 mm vykazujú tiež najmenšiu šírku návinu.



6.2 Optimalizácia nánosu pojiva

V kapitole 4.3 je popísané nanášanie optimálneho množstva pojiva. Tento nános je regulovaný pomerom otáčok vretena navíjacieho zariadenia a valčeka. Nastavovanie pomeru otáčok je realizované parametrom 61 na meniči vretena.

Vplyv pomeru otáčok vretena a valčeka na šírku návinnu



Graf 6.4 Závislosť šírky návinnu na zmene pomeru otáčok vretena a valčeka

Pomer otáčok vretena a valčeka [-]	Priemerný nános kvapalného pojiva [g]
0,6	2,5
0,7	3,3
0,8	4,5
0,9	5,6
1	7

Tab. 6.1 Priemerný nános pojiva

Pre zistenie optimálneho nánosu pojiva bol menený pomer otáčok vretena k otáčkam nanášaciemu valčeku. Experimentálne bolo zistené, že ako vhodný sa javil pomer otáčok s hodnotou 0,9 (viď graf 6.4), čo znamená, že valček sa oproti navíjaciemu vretenu spomaľuje.



Pomer s hodnotou 1 sa prejavoval obdobne, ale jeho nános bol väčší, čo spôsobovalo vytekanie pojiva už pri prvotnom zlisovaní.

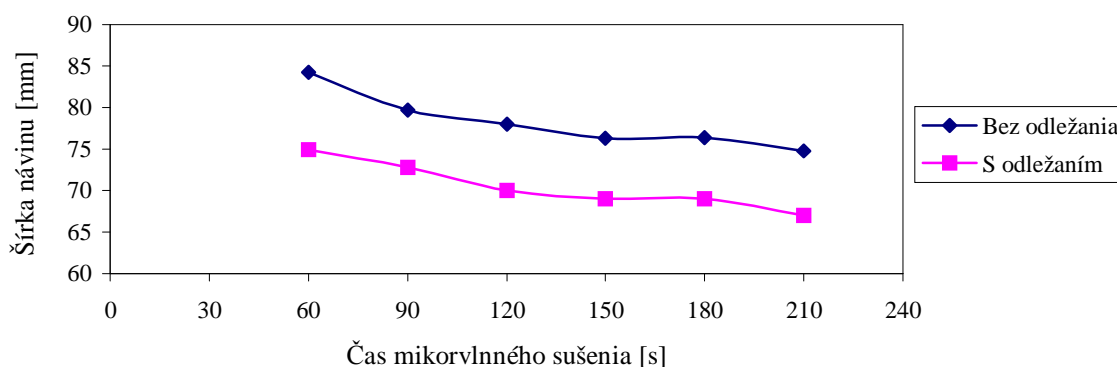
Pri pomeroch s nižšími hodnotami dochádzalo k menšiemu nánosu, návin neobsahoval dostatočné množstvo pojiva pri lisovaní, čo sa prejavilo po sušení na jeho šírke.

Čas mikrovlnného sušenia bol 100 sekúnd a doba odležania 1 min.

Doba odležania

Dobou odležania sa myslí čas, kedy návin zotrval v zlisovanom stave v lisovacej komore po mikrovlnnom sušení. Má výrazný vplyv na konečnú šírku návinu.

Vplyv doby odležania na šírku návinu



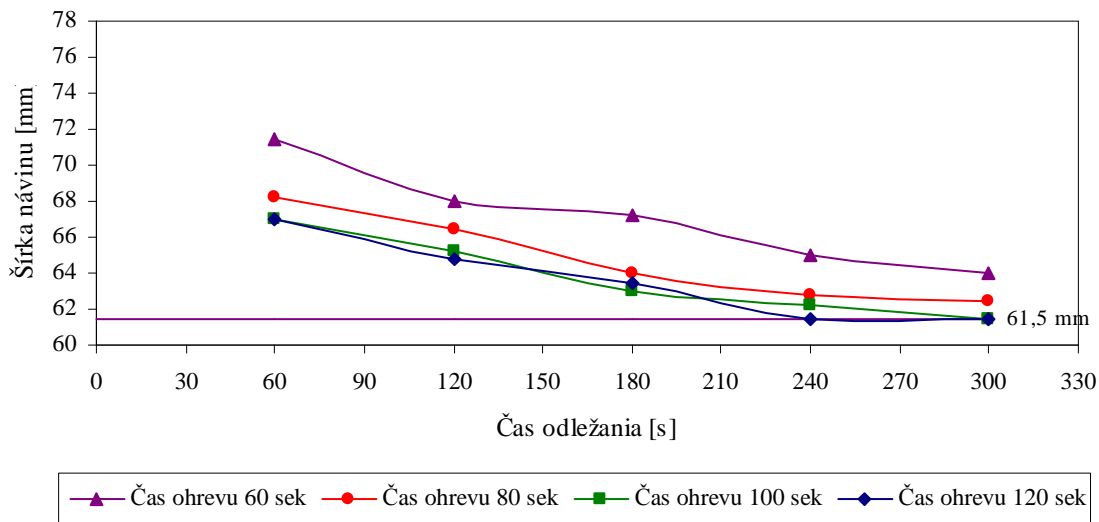
Graf 6.5 Závislosť šírky návinu na dobe odležania

Pri ďalšom pôsobení lisovacieho zariadenia dochádzalo k stabilnejšiemu zafixovaniu šírky návinu. Ako je vidieť z grafu 6.5, rozdiely v šírkach návinu sú výrazné. Doba odležania v tomto prípade 1 min, ohnisková vzdialenosť parabolickej odrazky 44 mm, pojivo Luviset CA 66 s neutralizáciou.



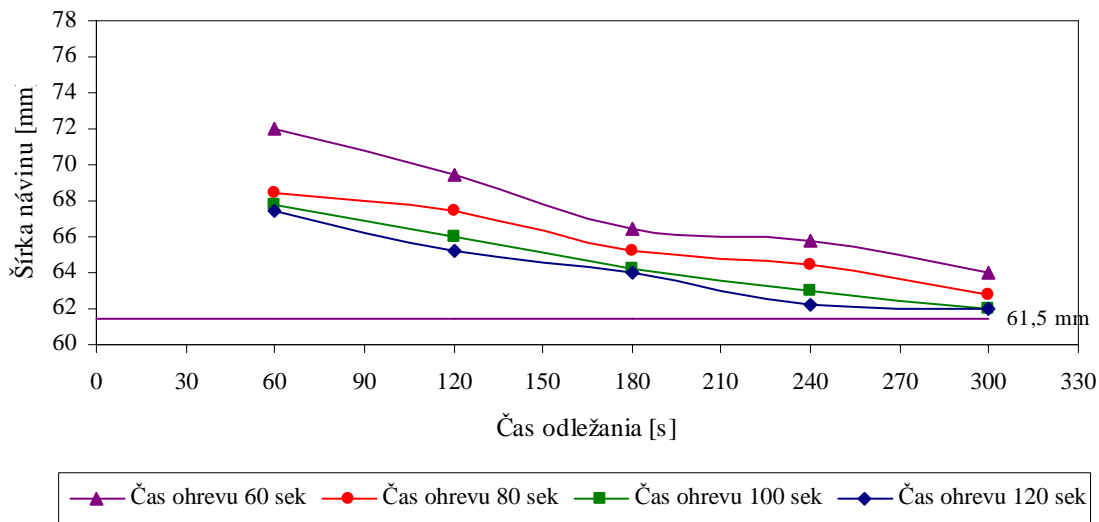
7 VYHODNOTENIE

AMPHOMER HC s neutralizáciou



Graf 7.1 Závislosť šírky návinu na dobe odležania

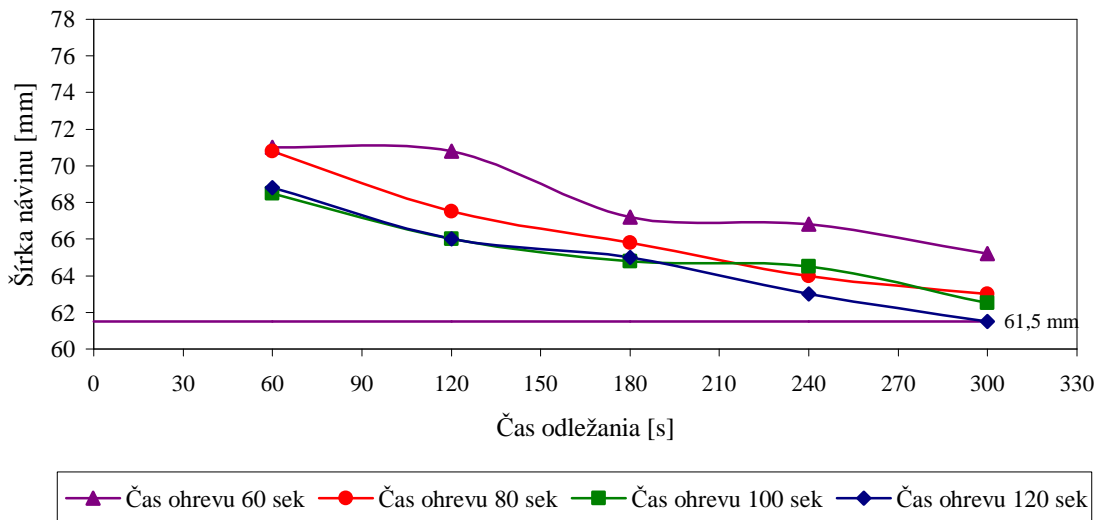
AMPHOMER HC s polovičnou neutralizáciou



Graf 7.2 Závislosť šírky návinu na dobe odležania



AMPHOMER HC bez neutralizácie



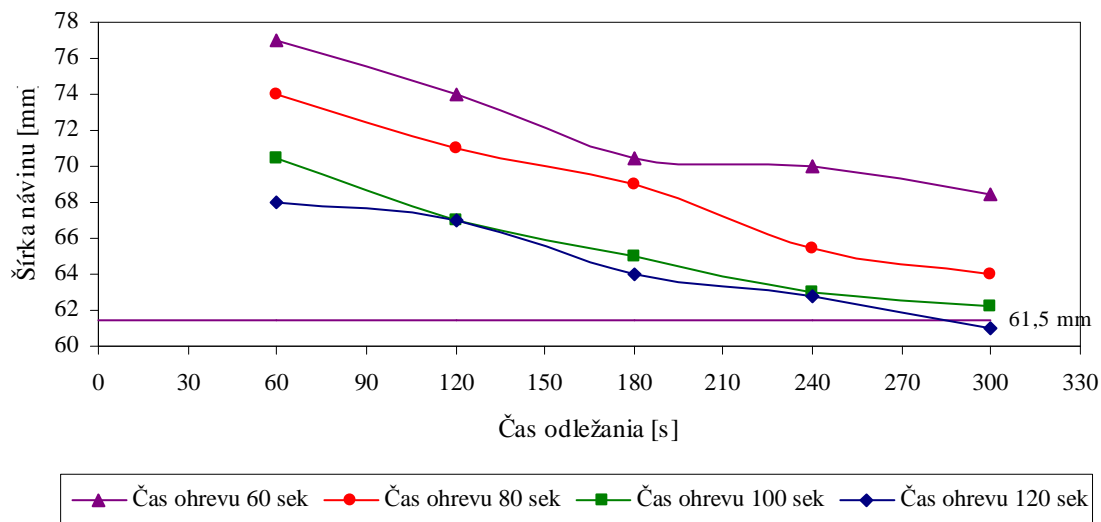
Graf 7.3 Závislosť šírky náviny na dobe odležania

Na vyššie uvedených grafoch môžeme pri jednotlivých pojivách, ktoré sa líšia stupňom neutralizácie sledovať vplyv doby odležania na konečnú šírku náviny. Je zrejmé, že so zvyšujúcim sa časom odležania v zlisovanom stave si náviny zachováva svoj tvar. Taktiež teplota, ktorá vzniká uprostred náviny pri pôsobení mikrovln hrá veľkú rolu na konečnú šírku náviny, kedy dochádza k odparovaniu rozpúšťadla.

Z grafov je ďalej vidieť už len nepatrné rozdiely medzi časom ohrevu 100 a 120 sekúnd.

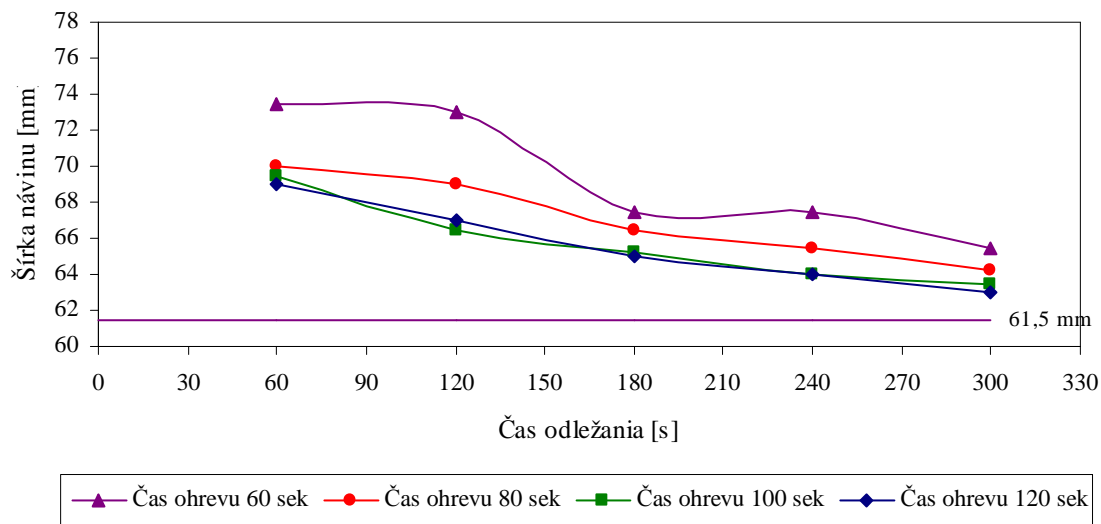


LUVISET CA 66 s neutralizáciou



Graf 7.4 Závislosť šírky návínu na dobe odležania

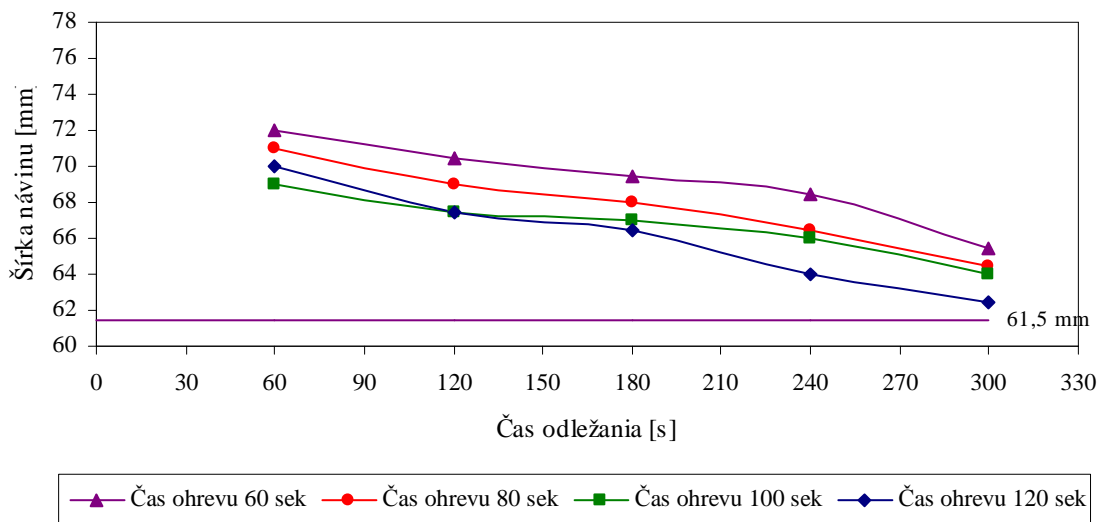
LUVISET CA 66 s polovičnou neutralizáciou



Graf 7.5 Závislosť šírky návínu na dobe odležania



LUVISET CA 66 bez neutralizácie

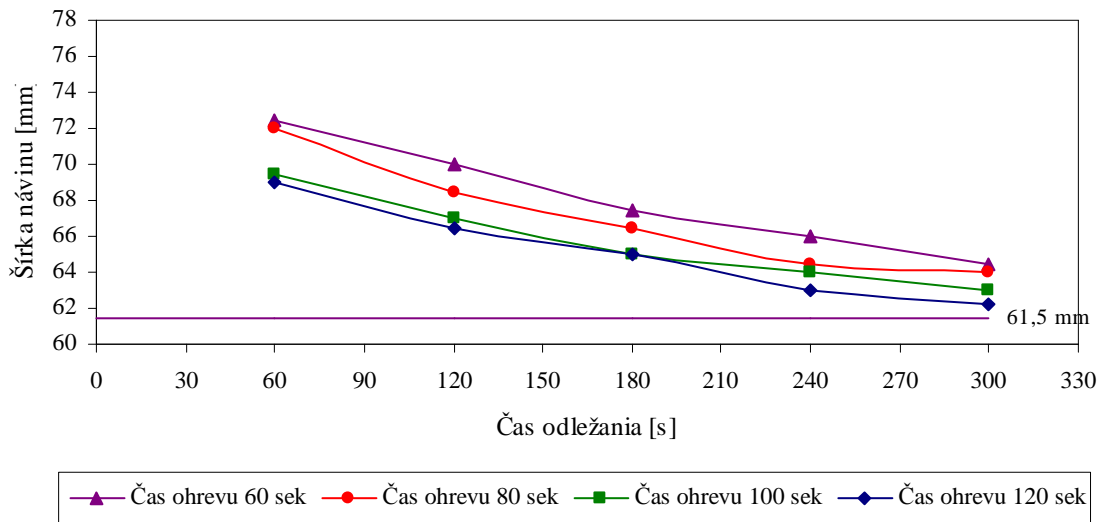


Graf 7.6 Závislosť šírky návínu na dobe odležania

Obdobne ako pojivo Amphomer HC, sa správa aj pojivo Luviset CA 66. Pri zneutralizovanom pojive sa šírka návínu dostala pod hodnotu 61,5 mm, čo je šírka, na ktorú sa zlisuje návín po vložení do lisovacieho zariadenia. V tomto prípade došlo ešte k dolisovaniu vplyvom dlhšieho pôsobenia mikrovln a odparovaním rozpúšťadla. Rozdiely medzi časom pôsobenia mikrovln 100 a 120 sekúnd pri polovičnej neutralizácii pojiva sú nepatrné.

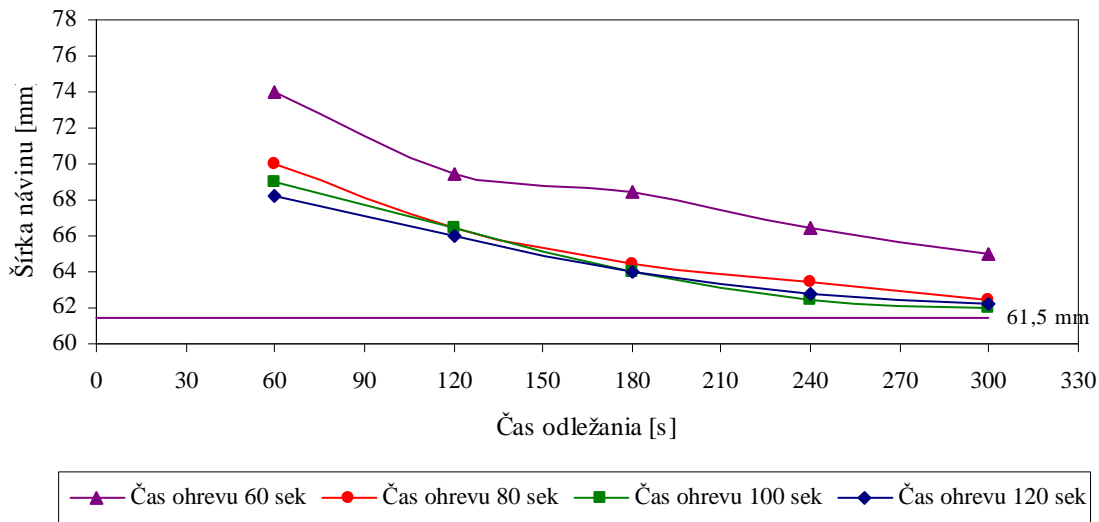


DYNAMAMA X LUVISET s neutralizáciou



Graf 7.7 Závislosť šírky návínu na dobe odležania

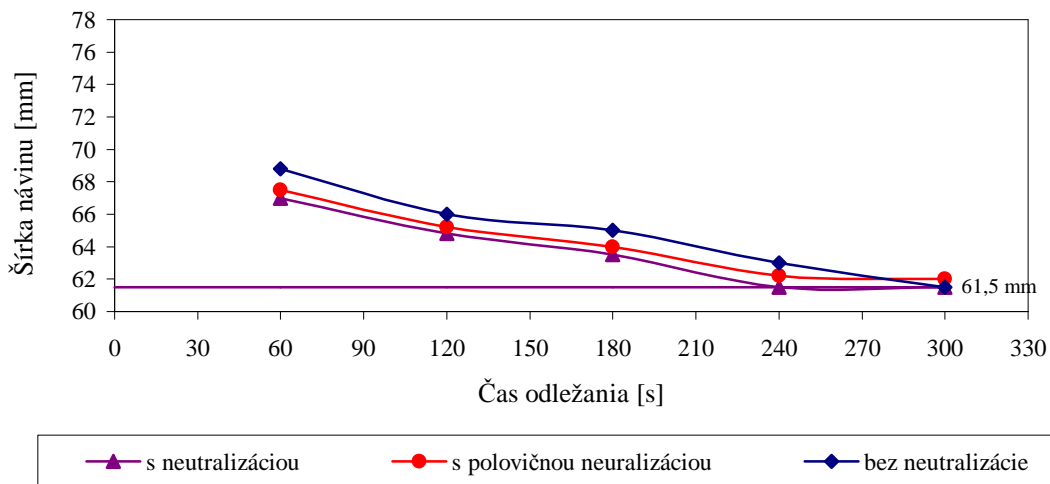
DYNAMAMA X



Graf 7.8 Závislosť šírky návínu na dobe odležania

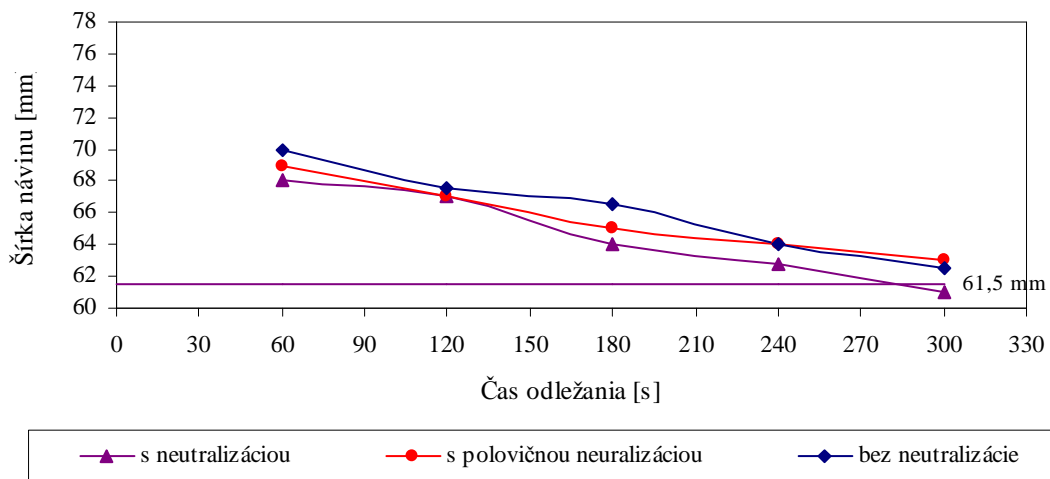


Vplyv neutralizácie pojiva AMPHOMER HC na konečnú šírku návínu



Graf 7.10 Závislosť šírky návínu na dobe odležania

Vplyv neutralizácie pojiva LUISET CA 66 na konečnú šírku návínu

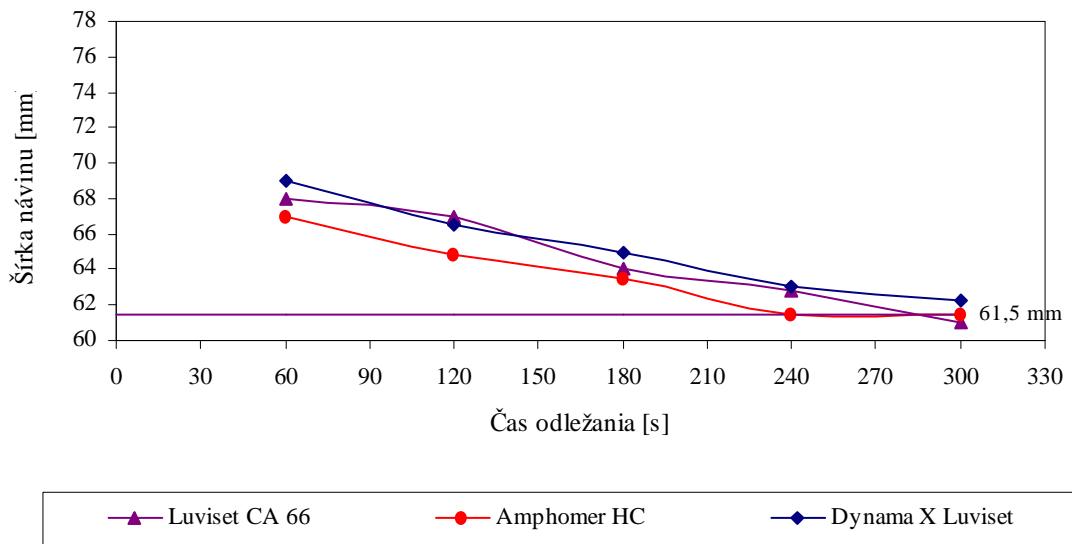


Graf 7.11 Závislosť šírky návínu na dobe odležania

Ak porovnáme jednotlivé pojivá podľa stupňa neutralizácie, v oboch prípadoch sa ako vyhovujúce javia pojivá zneutralizované.



Porovnanie pojív s neutralizáciou pri mikrovlnnom ohreve 120 sek



Graf 7.9 Závislosť šírky návínú na dobe odležania

Z neutralizovaných pojív sa ako najlepšie javilo pojivo Amphomer HC, ktoré dosahovalo hodnoty 61,5 mm už pri dobe odležania 240 sekúnd. Povrch návínú však po vysušení vykazoval lepidlý film a kazil tak celkový vzhľad. Naproti tomu pojivo Luviset CA 66 ako jediné prekročilo hodnotu 61,5 mm.



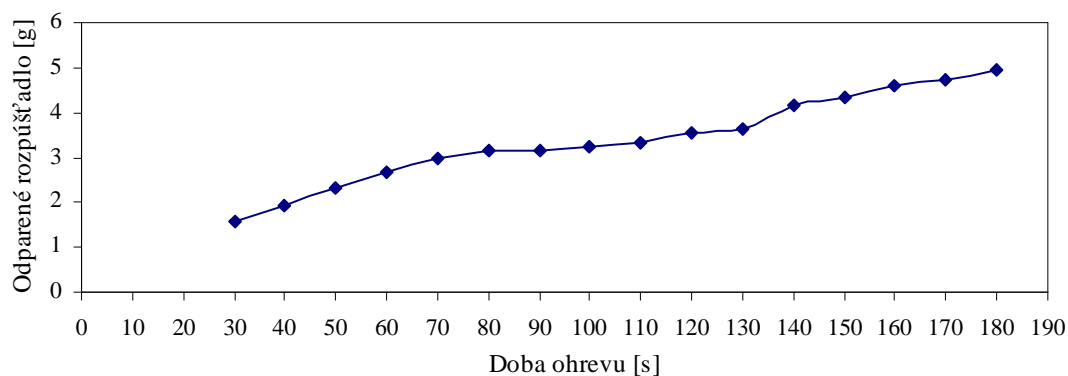
Čas mikrovlnného ohrevu [s]	Teplota na povrchu návinu [°C]	
	T min	T max
60	61	65
80	67	71
100	73	75
120	77	79

Tab. 7.1 Teplota na povrchu návinu pri mikrovlnnom ohreve

So vzrastajúcim časom pôsobenia mikrovln dochádzalo k nárastu teploty na povrchu návinu. Pri ohreve 120 sekúnd dosahoval návin najvyššiu teplotu povrchu oproti ohrevu 60 sekúnd.

Všetky experimenty boli realizované do doby ohrevu 120 sekúnd. Ako je vidieť z tabuľky 7.1, pri tomto čase dosahoval povrch návinu teplotu blížiacu sa teplote 80°C. Predpokladom je, že vo vnútri dosahovali cievky oveľa vyššiu teplotu, čo by v prípade dlhšieho pôsobenia mikrovlnného ohrevu viedlo k nárastu teploty aj uprostred návinu a mohlo by dôjsť k termického poškodeniu vlákien. Vzhľadom k tomu, že boli použité akrylátové pojivá nedošlo k prekročeniu teploty 80°C, teda nebolo zaznamenané žiadne viditeľné poškodenie.

Vplyv doby ohrevu na odparené rozpúšťadlo



Graf 7.10 Závislosť množstva odpareného rozpúšťadla na dobe ohrevu

Z grafu 7.10 je zrejmé, že so zvyšujúcou sa teplotou dochádza k výraznejšiemu odparovaniu rozpúšťadla z použitého pojiva Luviset CA 66.



8 ZÁVER

Úlohou tejto diplomovej práce bolo využiť mikrovlnné sušenie k stabilizácii šírky návinu spodných nosných cievok. Na to, aby boli jednotlivé cievky súdržné, bolo potrebné použiť vhodné pojivo. Bolo testovaných viac druhov liehových pojív, z ktorých sa ako vyhovujúce javili laky na vlasy. Celý experiment sa skladal z niekoľkých testov.

V prvom rade bolo potrebné nastaviť parabolickú odrazku na zvýšenie účinku mikrovln v priebehu sušenia. Ohnisková vzdialenosť parabolickej odrazky bola nastavená na základe najvyšších dosahovaných teplôt na povrchu návinu. V tejto vzdialenosti pôsobili mikrovlny najviac, teda dochádzalo k najintenzívnejšiemu ohrievaniu. Ako sa ukázalo ďalej, hodnoty nastavenej ohniskovej vzdialenosti vykazovali aj najmenšiu šírku návinu.

Ďalšou experimentálnou úlohou bolo zaistiť optimálny nános pojiva v priebehu navíjania. Tento nános bol regulovaný elektronickým zadaním pomeru otáčok vretena k otáčkam nanášacieho valčeka.. So vzrastajúcim pomerom otáčok - vreteno valček, (kde sa vreteno spomaľuje za valčekom) dochádzalo k nárastu množstva pojiva, čo sa prejavovalo pri lisovaní jeho vytekaním. U pojiva Amphomer HC sa vytvoril po sušení lepidlo film, ktorý znehodnocoval vzhľad návinu. Hodnota pomeru otáčok bola nastavená so spomaľujúcim sa nanášacím valčekom.

Dôležité pri nánose bolo zabezpečiť aj stálu hladinu v zásobníku s pojivom, ktorá bola udržiavaná princípom infúzných hadičiek.

V priebehu testovania bolo zistené, že okrem množstva nánosu, vplyva na šírku návinu, tj. stabilizáciu aj čas mikrovlnného sušenia a čas odležania v zlisovanom stave. Čím dlhšie pôsobili mikrovlny na cievku, tým viac rozpúšťadla sa odparilo, a teda šírka návinu sa zmenšila.

Pri počiatočnom zlisovaní sa šírka návinu dostala na hodnotu 61,5 mm. V priebehu ohrievania dochádzalo síce ešte k čiastočnému dolisovaniu, ale túto šírku si cievky po vyňatí nezachovali. Bolo teda potrebné podrobiť ich určitej dobe odležania v zlisovanom stave. Tým, že bol návin dlhšiu dobu zlisovaný, dochádzalo k stabilizácii



jeho šířky. S narastajúcou dobou odležania v lisovacej komore si návin zachovával svoj tvar aj po vyňatí.

Vzhľadom k tomu, že šlo o komplikovaný systém, bolo by vhodné v budúcnosti sledovať každý bod v návale, jeho okamžitú teplotu, vlhkosť, množstvo kvapalného pojiva a popísať ho adekvátnym matematickým modelom.



9 POUŽITÁ LITERATÚRA

1. *Mikrovlnná rúra* [online] [cit. 2010-04-01] dostupné na [www: http://fyzikadoma.aronde.net/9a.htm](http://fyzikadoma.aronde.net/9a.htm)
2. Otvorená encyklopédia: *Elektromagnetické pole* [online] [2010-02-17] Dostupné na [www:http://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_pole](http://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_pole)
3. Otvorená encyklopédia: *Elektromagnetické žiarenie* [online] [2010-02-18] Dostupné na [www:http://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_%C5%BEiarenie](http://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_%C5%BEiarenie)
4. HRABKOVSKÁ, J.: *Základňové stanice a ich vyžarovanie* [online] [cit. 2010-02-17] Dostupné na [www: http://www.bozpinfo.cz/knihovnabozp/citarna/tema_tydne/vyžarovanie09.html](http://www.bozpinfo.cz/knihovnabozp/citarna/tema_tydne/vyžarovanie09.html)
5. HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER.: *Fyzika: Elektromagnetické vlny – Optika – Relativita*. 1. vyd. Praha: Vitium a Prometheus, 2006. ISBN 80-214-1868-0
6. ROŠČÁK, J.: *Prístup k riešeniu problematiky elektromagnetických polí vo vzťahu k zdraviu ľudí*. Enviromagazín [online] 2006, roč.2 [cit. 2010-03-03] Dostupné na [www: http://www.sazp.sk/slovak/periodika/enviromagazin/enviro2006/enviromc2/09.pdf](http://www.sazp.sk/slovak/periodika/enviromagazin/enviro2006/enviromc2/09.pdf)
7. *Elektromagnetické spektrum* [online] [cit. 2010-02-17] Dostupné na [www: www.fsmark.cz/zzz/el_spektrum.doc](http://www.fsmark.cz/zzz/el_spektrum.doc)
8. MRAKIČOVÁ, S.: *Mikrovlnný ohrev plošných izolačných materiálov pomocou stojatých vln ve vlnovodu*. Liberec, 2008. Diplomová práca na fakulte mechatroniky a mezioborových inženýrských študií Technickej univerzity katedry elektrotechniky. Vedúci diplomovej práce Ing. Martin Truhlář.
9. GEORGIEVA, O. I.: *Využití mikrovlnného ohřevu při barvení ttilí*. Liberec, 2010. Diplomová práca na textilnej fakulte Technickej univerzity katedry textilnej chémie. Vedúci diplomovej práce Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.
10. HÁJEK, M.: *Mikrovlny v akci* [online] [cit. 2010-04-10] Dostupné na [www: http://archiv.otevrenaveda.cz/users/Image/default/C2Seminare/MultiObSem/112.pdf](http://archiv.otevrenaveda.cz/users/Image/default/C2Seminare/MultiObSem/112.pdf)



11. *POUROVÁ, M.: Využití mikrovlnného vysoušení v textilním průmyslu* [online] c2007 [cit. 2010-04-22] Dostupné na [www:http://www.3pod.cz/131-Vyuziti-mikrovlneho-vysouseni-v-textilnim-prumyslu.html](http://www.3pod.cz/131-Vyuziti-mikrovlneho-vysouseni-v-textilnim-prumyslu.html)
12. *ALEXA, T., NOVOTNÝ, M., ZEJDA, P.: Odstraňování vlhkosti mikrovlnným ohřevem* [online] c2005 Dostupné na [www:http://www.estav.cz/zpravy/juniorstav/js06-odstranovani-vlhkosti-mw.html](http://www.estav.cz/zpravy/juniorstav/js06-odstranovani-vlhkosti-mw.html)
13. *FLOREK, I.: Mikrovlnný ohrev nerastných surovin pre úpravnicke účely* [online] c1997 [cit. 2010-04-22] Dostupné na [www:http://actamont.tuke.sk/pdf/1997/n3/11florek.pdf](http://actamont.tuke.sk/pdf/1997/n3/11florek.pdf)
14. *Püschner – Microwave Power systems. Microwave heating* [online] [cit. 2010-04-17] Dostupné na [www:http://www.pueschner.com/downloads/MicrowaveHeating.pdf](http://www.pueschner.com/downloads/MicrowaveHeating.pdf)
15. *Murugan,R., Senthilkumar,M., Ramachandran,T.: IE Journal-TX,: Study on the Possibility of Reduction in Dyeing Time using Microwave Oven Dyeing Technique* [online] c2007 [cit 2010-03-17] Dostupné na [www:http://www.ieindia.org/pdf/87/87TX204.pdf](http://www.ieindia.org/pdf/87/87TX204.pdf)
16. *Procesné strojnictví II.* [cit. 2010-04-30] Dostupné na [www:http://www.kchsz.sjf.stuba.sk/pedagogika/Ucebnice/Procesne_strojnictvo/3.doc](http://www.kchsz.sjf.stuba.sk/pedagogika/Ucebnice/Procesne_strojnictvo/3.doc)
17. *GREGOROVÁ, E.: Sušení a vyhořívání pojiv* [online] [cit. 2010-04-30] Dostupné na [www:http://www.vscht.cz/sil/keramika/Ceramic_Technology/SM-Lect-3-C.pdf](http://www.vscht.cz/sil/keramika/Ceramic_Technology/SM-Lect-3-C.pdf)
18. *ŠÁRKA, E.: Mikrovlnný ohřev – sušení: teorie* [online] [cit. 2010-03-17] Dostupné na [www:http://www.vscht.cz/sch/www321/7T.html](http://www.vscht.cz/sch/www321/7T.html)
19. *Mikrovlnné sušené* [online] c2004 [cit. 2010-03-10] Dostupné na [www:http://www.romill.cz/cz/vyhody-mikrovlne-technologie](http://www.romill.cz/cz/vyhody-mikrovlne-technologie)
20. *KANIOK, J.: Zařízení pro výrobu samonosných spodních cívek.* Liberec 2006, 2009. Priebežná správa o realizácii projektu na Technickej univerzite fakulty textilných a jednoúčelových strojov.
21. *Radan s.r.o.Mikrovlnné díly a systémy* [online] [cit. 2010-04-11] Dostupné na [www:http://www.volny.cz/radan-vf/produkty.htm#2](http://www.volny.cz/radan-vf/produkty.htm#2)



22. Encyklopédia Britannica: *Magnetron* [online] [cit. 2010-05-03] Dostupné na
www: <http://mainland.cctt.org/istf2008/images/magnetron.jpg>
 23. *The Magnetron* [online] [cit. 2010-05-03] Dostupné na www:
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/waves/magnetron.html>
 24. *Luviset CA 66* [online] [cit. 2010-02-25] Dostupné na www: http://www.personal-care.basf.com/pdf/Statements/Technical%20Informations/EN/Cosmetic%20Ingredients/04_050414e_Luviset%20CA%2066.pdf
 25. *Amphomer HC, Dynama X* [online] [cit. 2010-02-25] Dostupné na www:
<http://www.personalcarepolymers.com/PCP/Products/ProductOverview.htm?id=1>
- 50