

Vplyv predohrevu kaučkových zmesí na príkone miešacieho zariadenia

Jozef Šimek

Bakalárska práca
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jozef ŠIMEK

Studijní program: B 3909 Procesní inženýrství

Studijní obor: Technologická zařízení

Téma práce: Vliv předehřevu kaučukových směsí na příkonu
míchacího zařízení

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární štúdium na danú tému
2. Navrhnete technologický postup merania vplyvu kaučukových zmesí na príkone miešacieho zariadenia
3. Prevedte experimentálne skúšky v laboratórných podmienkach
4. Prevedte vyhodnocovanie experimentálnych skúšiek

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

podľa doporučení vedúceho práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Richard Pospíšil

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

20. února 2009

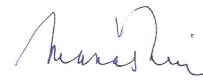
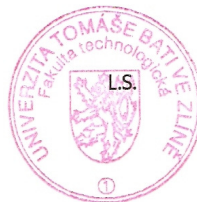
Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2009

Ve Zlíně dne 16. února 2009



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

V mojej bakalárskej práci som sa venoval zisťovaniu vplyvu vstupnej teploty materiálu na energiu, ktorú musíme dodať miešaciemu laboratórnemu zariadeniu na homogenizáciu gumárenskej zmesi. Tieto merania som robil pre jednu konkrétnu rýchlosť otáčania miešadiel a pre tieto otáčky som mal zmes predhriatu alebo schladenú na päť rôznych teplôt.

Kľúčová slova: kaučuk, miešanie, elastomerná zmes, hnetač, predohrev

ABSTRACT

In my bachelor work I tried to find out the influence of entrance temperature of material on energy, which we must do on homogenization of rubber compound on the mixing laboratory machine. I did this experiment with two one speed of the stirres rotation and I had compound reheated or recoolled for five concret temperatures for this the rotation.

Keywords: rubber, stirring, rubbers mixture, kneader, reheating

Pod'akovanie:

Touto cestou by som chcel veľmi pekne poďakovať vedúcemu mojej bakalárskej práce pánovi Ing. Richardovi Pospíšilovi, za obetavý prístup, materiály, pripomienky a cenné rady pri tvorbe mojej práce.

Súhlasím s tým, že s výsledkami mojej práce môže byť naložené podľa uváženia vedúceho bakalárskej práce a riaditeľa ústavu. V prípade publikácie budem uvedený ako spoluautor. Prehlasujem, že som na celej bakalárskej práci pracoval samostatne a použitú literatúru som citoval.

V Senici, 10.12.2008

.....

Jozef Šimek

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 ELASTOMERY	10
1.1 DELENIE ELASTOMEROV	10
1.1.1 Vlastnosti elastomerov	10
1.2 VZNIK PRYŽE.....	10
1.3 PRÍRODNÝ KAUČUK.....	11
1.4 SYNTETICKÉ KAUČUKY.....	11
2 ZLOŽENIE ZMESI	15
2.1 PLASTIKAČNÉ ČINIDLÁ	15
2.2 VULKANIZAČNÉ ČINIDLÁ.....	16
3 PRÍPRAVA KAUČUKOVÝCH ZMESÍ	17
3.1 PLASTIKÁCIA KAUČUKU	17
3.1.1 Hlavné faktory ovplyvňujúce výslednú plasticitu kaučuku	17
3.2 MECHANIZMUS PLASTIKÁCIE.....	18
4 MIEŠANIE KAUČUKOVÝCH ZMESÍ	20
4.1 MIEŠANIE KAUČUKOVÝCH ZMESÍ NA DVOUVÁLCI.....	20
4.1.1 Valce.....	22
4.2 MIEŠANIE KAUČUKOVÝCH ZMESÍ V HNETACOM STROJI	22
4.2.1 Niektoré typy hnetičov	24
5 ZÁKLANÉ PRINCÍPY ZDIEĽANIA TEPLA A OHREVOV	27
5.1 ZDIEĽANIE TEPLA VEDENÍM (KONDUKCIA).....	27
5.2 ZDIEĽANIE TEPLA PRÚDENÍM (KONVEKCIA).....	27
5.3 OHREV INFRAČERVENÝM ŽIARENÍM	27
5.4 DIELEKTRICKÝ OHREV GUMY	27
5.5 GOUGH – JOULOV EFEKT	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
6 CIEĽ BAKALÁRSKEJ PRÁCE	30
7 CHARAKTERISTIKA MATERIÁLU	31
7.1 ZLOŽENIE ZMESI	31
8 PRÍPRAVA NA MERANIE	33
8.1 PRÍPRAVA MATERIÁLU.....	33
8.2 PRÍPRAVA LABORATÓRNEHO ZARIADENIA.....	34
9 POSTUP PRI SAMOTNOM MERANÍ	36

9.1	VYHODNOTENIE DÁT	41
9.1.1	Kľzavý priemer	41
9.2	GRAFY.....	42
ZÁVER	.....	45
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	.....	46
ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A ZKRATIEK	.....	47
ZOZNAM OBRÁZKOV	.....	48
ZOZNAM TABULIEK	.....	49
ZOZNAM GRAFOV	.....	50

ÚVOD

Oblasť gumárenských surovín je veľmi široká. Vývoj ide stále dopredu a počet prísad pri výrobe kaučukových zmesí je mnoho. Veľa z nich sa svojim zložením podobá a preto sa môžu vzájomne nahrádzať, ale niektoré z nich majú nezameniteľné vlastnosti, takže sú jedinečné a nezameniteľné. Pomocou kaučukových zmesí možno vyrábať materiály, ktoré by iným spôsobom s tými vlastnosťami inak doceliť nešlo.

Základným a najdôležitejším procesom v gumárenskej technológii je miešanie. Do procesu miešania gumárenských zmesí vstupuje mnoho faktorov, ktoré ovplyvňujú celkovú spotrebu energie. Energetické hľadisko patrí medzi najdôležitejšie. Patrí sem energia samotnej zmesi, energia na temperáciu komory a pohon hnetadiel. Kaučuková zmes obsahuje okrem samotného kaučuku asi desať ďalších zložiek. Účelom miešania je zaistiť čo možno najpresnejšie rozmiestnenie zložiek v kaučukovej zmesi.

Jednou z najdôležitejších častí spracovania kaučukových zmesí je ich predohrev. Predohrev pred vulkanizáciou urýchľuje tento proces. Pretože gumová zmes je tepelný izolant, najväčšie využitie má mikrovlnný predohrev gummy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ELASTOMERY

Elastomery sú vysoko elastické polymery, ktoré možno deformovať bez porušenia za bežných podmienok aj malou silou. Najpočetnejšiu skupinu tvoria kaučuky, z ktorých sa vyrába pryž.

1.1 Delenie elastomerov

- prírodný kaučuk
- syntetický kaučuk

1.1.1 Vlastnosti elastomerov

1. veľká dĺžka reťazcov
2. amorfná štruktúra v nedeformovanom stave v dôsledku:
 - zníženej symetrie
 - zmenšenie makromolekulárnych síl
3. $T_g < -40^\circ\text{C}$
4. musí mať možnosť riedkeho zasieťovania → zábrana plastickej deformácii pri zaťažení → prechod od plastickej deformácie k elastickej [6]

Kaučuk je nezosieťovaná elastomerná makromolekulárna látka, ktorá v dôsledku zosieťovania prechádza v pryž.

Kaučukovitý stav je definovaný ako vlastnosť hmoty deformovať sa vplyvom pomerne malých vonkajších síl o stovky percent. V tomto rozsahu to iné materiály neumožňujú. Po uvoľnení vracajú túto deformáciu rýchlo späť takmer do úplného stavu. Takéto látky sa nazývajú elastomery.

1.2 Vznik pryže

Pryž vzniká pri premene kaučuku a prebieha pri chemickom procese vulkanizácie, kedy dochádza k prepojeniu lineárnych makromolekúl kaučuku takzvanými disulfidickými mos-

tíkmí. Vulkanizácie sa zúčastňuje aj vulkanizačné činidlo, najčastejšie síra pri teplote 120-140°C alebo chlorid sírny za normálnej teploty.

Pryž patrí medzi elastomery, ktoré sa vyznačujú odolnosťou voči oderu a veľkou ohybnosťou.

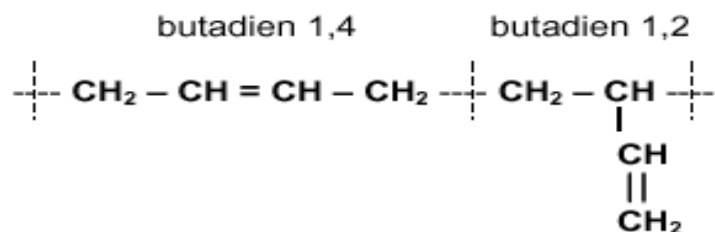
1.3 Prírodný kaučuk

Prírodný kaučuk sa nachádza v mliečne sfarbenej šťave nazývanej latex, ktorú obsahuje najmä strom kaučukovník(*Hevea brasiliensis*) . Ten sa vyskytuje v pásme asi 2000 km širokom pozdĺž rovníku. Kaučukovníky sa vyskytujú hlavne v tropických krajinách juhovýchodnej Ázie, v Afrike a Južnej Amerike..

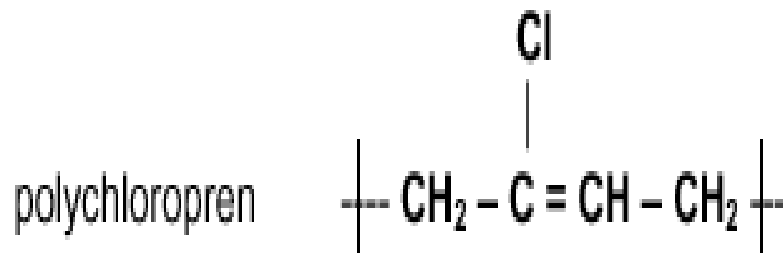
Latex sa získava zo stromu čapovaním. Odreže sa tenký pások kôry šikmým rezom, tým sa narušia steny buniek a latex sa nechá vyteciť do nádoby pod rezom. Spracováva sa zahustením, kedy sa zbaví vody a vznikne latex, látka vhodná k výrobe pryžových výrobkov namáčaním alebo zrážaním pomocou kyseliny mravčej alebo octovej. Pre dlhšie uchovanie a možnosť koncentrovať a prepravovať sa do latexu pridáva amoniak.

1.4 Syntetické kaučuky

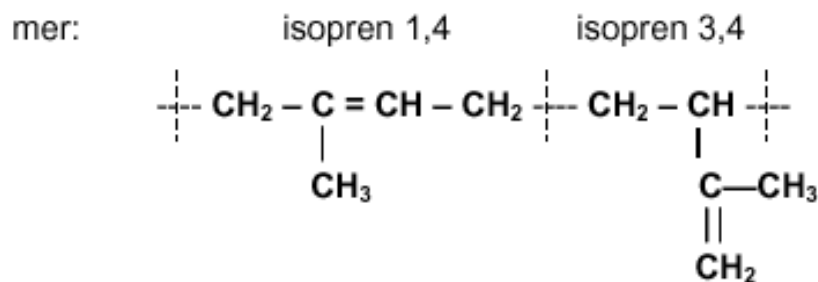
Butadienový kaučuk – je vyrábaný polymeráciou butadienu kovovým sodíkom, bol prvým syntetickým kaučukom určeným pre všeobecné použitie



Chloroprenový kaučuk – má významné postavenie medzi syntetickými kaučukmi vďaka jeho dôležitým vlastnostiam: veľkú elasticitu, malú horľavosť a dobrú odolnosť proti starnutiu

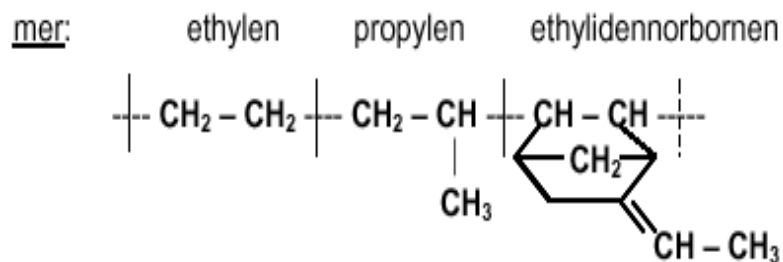


Izoprenové kaučuky – najviac sa svojimi vlastnosťami a zložením podobajú na prírodný kaučuk

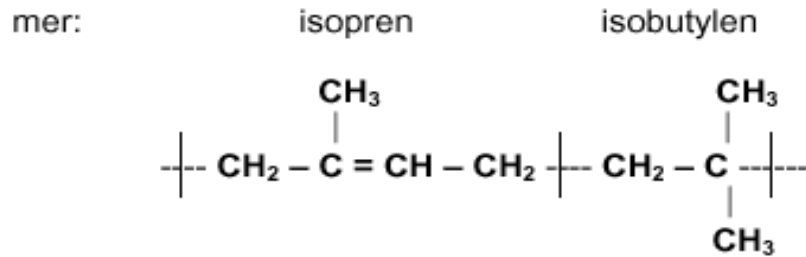


Butadiennitrilové kaučuky – kaučuky pre špeciálne použitie, sú to kopolymery butadienu s akrylonitrilom

Etylénpropylenové kaučuky – kopolymery etylénu s propylénom, majú náhodné rozdelenie jednotlivých merov v reťazci, čím sa ruší ich symetria a tým schopnosť kryštalizácie. Sú to kaučukovité priehľadné hmoty



Butylkaučuk – polymeráciou izobuténu na polymer o vysokej molekulovej hmotnosti vzniká kaučukovitá hmota. Neobsahuje dvojné väzby a preto sa pre získanie možnosti vulkanizácie sírou k izobuténu pri polymerácii pridáva malé množstvo izoprénu (asi do 3 %)



Akrylátové kaučuky – sú odolné proti botnaniu v nepolárnych olejoch a kvapalinách, patria sem polymery esterov kyseliny akrylovej a ich kopolymery s inými monomermi

Polyesterové kaučuky – sú polymery alebo kopolymery derivátov etylénoxidu. Používajú sa v automobilovom a leteckom priemysle k výrobe hadíc, tesnení, membrán, klinových remeňov, pružných uložení a pod.

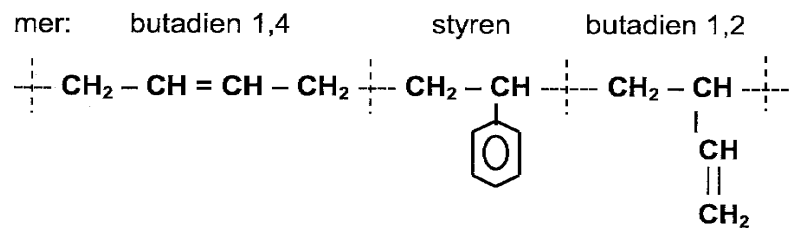
Fluorouhlíkové kaučuky – sú špeciálnym druhom kaučuku s niektorými mimoriadnymi vlastnosťami. Sú úplne odolné proti ozónu, poveternosti, mikroorganizmom, dobre odolávajú tiež oderu a trhaniu, v špeciálnych zmesiach odolávajú i ostrej pare

Silikónové kaučuky – sú špeciálnym druhom kaučukov, dnes už dosť rozšírený. Východiskou látkou pre ich výrobu sú dialkylchloridy, ktoré sa získavajú priamou syntézou

Polysulfidové kaučuky – prvé syntetické kaučuky, ktoré pre svoje špeciálne vlastnosti si svoje postavenie udržujú dodnes i keď ich výroba sa nerozširuje. Sú úplne nasýtené a preto výborne odolávajú ozónu a poveternosti.

Butadiénstyrenový kaučuk – sú jedným z najdôležitejších druhov syntetických kaučukov v minulosti i v súčasnosti. Hlavným spotrebiteľom je priemysel na výrobu pneumatík. Objem jeho výroby je okolo 60% z celkovej svetovej produkcie syntetických kaučukov.

Butadiénstyrenový kaučuk sa vyrába emulznou polymeráciou.



Tento spôsob bol známy už pred druhou svetovou vojnou.. Polymerácia sa uskutočňovala pri teplote 50°C, ale polymery boli tuhé a nedali sa dobre spracovávať. Po druhej svetovej vojne priniesol intenzívny výskum tzv. redukčno-oxidačnú polymeráciu. Teplotu bolo možné znížiť na 5°C . Pri nižšej teplote vzniká polymer z pravidelnejšou štruktúrou a lepšími vlastnosťami. Takmer všetok vo svete vyrábaný emulzný SBR je tohto typu.

Surovinou na výrobu butadiénstyrenoveho kaučuku (SBR) je ropa. SBR sa vyrába s rôznym obsahom styrenu, v emulzii (E-SBR) i roztoku (S-SBR). Sú dodávané i olejom nastavené typy.

Štandardné typy E-SBR majú 23,5% styrénu, sú však aj špeciálne typy SBR s obsahom 15-40% styrénu. Ako stužujúca pryskyrica sa používa u niektorých gumárenských zmesí typ E-SBR s obsahom 60-80% styrenu.

E-SBR vždy obsahuje emulgátor a je vyrábaný pri vyššej teplote alebo nižšej teplote. Studený SBR dáva vulkanizantom lepšiu odolnosť proti odieraniu a lepšie dynamické vlastnosti než teplý SBR.

Ak sa do E-SBR latexu pred koaguláciou pridá olej, vzniknú olejom nastavené typy označované OE-SBR(Oil Extended). Do latexu pred koaguláciou je možné súčasne s olejom pridávať i plnivo. Po koagulácii potom vzniknú plnené predzmesi s vynikajúcou disperziou plnív. [6]

2 ZLOŽENIE ZMESI

- zmes kaučukov
- vulkanizačné činidlo
- urýchľovač vulkanizácie
- aktivátor urýchľovača
- plnivá – aktívne (sadze)
 - pasívne
- pigmenty (ak nie sú plnivom sadze)
- zmekčovadlá(zmekšenie zmesi,príľnavosť)
- antioxidanty (spomaľujú stárnutie pryže spôsobené vzdušným kyslíkom,slniečným žiarením) [1]

2.1 Plastikačné činidlá

Plastikáciu kaučuku urýchľuje celá rada zlúčenín. Sú to látky najrôznejšieho zloženia:

- aromatické merkaptany a ich soli
- disulfidy
- fenoly
- aromatické amíny
- organické kyseliny a ich soli
- peroxidy
- deriváty močoviny

Výber je sťažený požiadavkami. Od dokonalého plastikačného činidla sa požadujú tieto vlastnosti:

- zdravotná nezávadnosť
- nízka cena
- účinnosť pri nízkych teplotách
- dobré vmiešavanie do kaučuku

- neovplyvňovať priebeh vulkanizácie
- nezhoršovať vlastnosti vulkanizantov a priebeh ich stárnutí
- nezafarbovať vulkanizant
- vyhovovať svojou konzistenciou navažovaniu [6]

2.2 Vulkanizačné činidlá

Hlavnou úlohou vulkanizácie je vytváranie chemických väzieb medzi molekulami kaučuku. K zabráneniu neobmedzeného toku molekúl vzhľadom k susedným molekulám stačí pomerne malé množstvo priečných väzieb rozmiestnených pozdĺž reťazca. Menia sa pri tom podstatne vlastnosti kaučuku. Z prevažne plastického stavu prechádzajú v elastickú pryž. Zlepšujú sa vlastnosti ako pevnosť, obrazová pružnosť, odolnosť proti nízkym a vysokým teplotám, rastie tvrdosť a modul, znižuje sa ťažnosť a trvalá deformácia.

Vulkanizačné činidlá sú látky, ktoré majú schopnosť vytvárať chemickú reakciu priečnej väzby medzi molekulami kaučuku. Najbežnejšie vulkanizačné činidlá sú:

- síra
- donory síry
- selén
- telúr
- peroxidy
- kovové kysličníky
- reaktívne pryskyrice
- diamíny [6]

3 PRÍPRAVA KAUČUKOVÝCH ZMESÍ

Surový kaučuk, ktorý prichádza do gumárenských závodov, či už je to kaučuk prírodný alebo niektoré iné druhy syntetického kaučuku, je nutné pred ďalším spracovaním do určitého stupňa splastikovať. [6]

3.1 Plastikácia kaučuku

Plastikáciou nazývame postup, pri ktorom sa plasticita kaučuku zvýši na hodnotu potrebnú pre miešanie a ďalšie spracovanie zmesi. Plasticita sa definuje ako schopnosť materiálu podržať si tvar, ktorý mu bol udelený deformáciou aj po odstránení deformačnej sily.

Plastikácia na dvojválci, v hnetiči alebo v šnekovom plastikačnom stroji vyžaduje značné množstvo energie, nákladné strojné zariadenie, veľký počet pracovných síl. Sú dve možnosti, ako odstrániť tieto nároky. Buď spracovávať kaučuky regulované pri polymerácii tak, aby boli priamo spracovateľné či maximálne skrátiť dobu plastikácie. To je umožnené zavedením plastikačných činidiel. [6]

3.1.1 Hlavné faktory ovplyvňujúce výslednú plasticitu kaučuku

Pri plastikácii na dvojválci:

- množstvo kaučuku na válcach,
- priemer válcov,
- obvodová rýchlosť válcov,
- sklzový pomer,
- šírka šterbiny medzi válcami,
- teplota kaučuku,
- druh a koncentrácia plastikačného činidla,
- doba plastikácie.

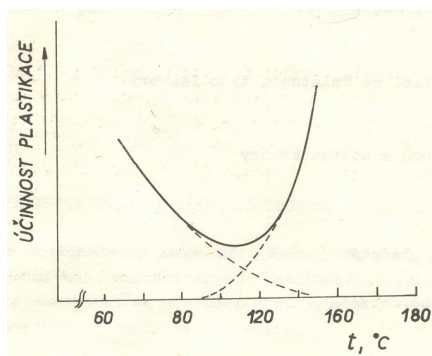
Pri plastikácii v hnetiči:

- rozmery hnetiča,
- geometria hnetadiel,
- šírka šterbiny medzi chrbtami rotorov a stenou komory,
- stupeň zaplnenia hnetiča,
- tlak na horný uzáver,
- otáčky hnetadiel,
- teplota kaučuku,
- druh a koncentrácia plastikačného činidla,
- doba plastikácie. [6]

3.2 Mechanizmus plastikácie

Mechanizmus závisí na tom, v ktorej oblasti teplôt sa kaučuk plastikuje. Pri teplotách do 115°C prevažuje mechanické trhanie molekúl kaučuku vplyvom intenzívnych šmykových síl na dva voľné radikály, ktoré sú veľmi reaktívne a môžu sa opäť rekombinovať za vzniku stabilnej molekuly. Toto platí v inertnej atmosfére, kedy nedochádza k plastikácii. V atmosfére obsahujúcej kyslík dochádza k rýchlej reakcii voľných radikálov s molekulami kyslíku. Kyslík bráni rekombinácii voľných radikálov vzniknutých pretrhnutím molekúl kaučuku.

Účinnosť mechanického trhania molekúl kaučuku s teplotou klesá a tým sa plastikácia spomaluje. Konce molekúl sa ľahšie vyvliekajú z okolného zovretia, takže pri určitej teplote, šmykových rýchlostiach a prístupe kyslíka odpovedá kritická molekulová hmotnosť kaučuku, ktorá sa už ďalej neznižuje ani predĺžením doby plastikácie. Zvláštny priebeh teplotnej závislosti plastikácie s minimom účinnosti v oblasti teplôt 115 – 120°C je daná tým, že v ľavej vetve krivky sa znižuje účinnosť mechanického trhania molekúl a v pravej vetve krivky sa zväčšuje účinok tepelne oxidačnej degradácie polyizoprenových reťazcov. [6]



Graf 1 - Účinnost' plastikácie
v závislosti na teplote

4 MIEŠANIE KAUČUKOVÝCH ZMESÍ

Miešanie a príprava gumárenských zmesí je jedným z najdôležitejších procesov v gumárenskom priemysle. Zmesi, ktoré sa pridávajú do miešania majú odlišné úlohy, preto je treba miešaním zabezpečiť čo najrovnomernejšie rozptýleni týchto zložiek v zmesi.

Gumárenské zmesi je možno pripravovať na dvojvalcoch, v hnetacích strojoch, alebo v dnešnej dobe najviac používaných hnetičoch. [6]

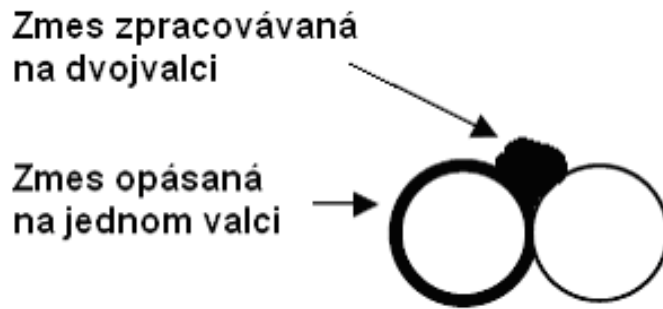
4.1 Miešanie kaučukových zmesí na dvouválci

Miešanie zmesí na dvouválci sa v súčasnej dobe najčastejšie používa k rýchlemu ochladeniu kaučukových zmesí po miešaní v hnetiči a k ich tvárneniu do formy pásu alebo plachet. Okrem toho sú dvojvalce používané k plastikácii kaučukov. Taktiež sa dobre využívajú k domiešavaniu vulkanizačných chemikálií pri nízkej teplote.

V priemyselnom merítku sa na dvojvalcoch najčastejšie miešajú farebné, lepkavé alebo veľmi tvrdé kompetné kaučukové zmesi. Miešajú sa v menších dávkach, aby sa zaistila požadovaná teplota. Dvouválec slúži taktiež jako zásobovacie zariadenie k ohrievaniu už skôr zamiešaných zmesí a k ich plastikácii pred následným spracovaním.

Ďalšou oblasťou použitia dvojvalcov je príprava malého množstva kompletných zmesí. Miešanie zmesí tu môže byť naviazať na plastikáciu kaučuku alebo sa použije priamo miešateľný kaučuk.

Zlepšiť kvalitu zmesí z dvojvalca je možné použitím predom pripravenej predzmesi kaučuku s prísadami. Rozdiely v kvalite zamiešaných kaučukových zmesí je možno zmenšiť tiež čiastočnou automatizáciou procesu miešania na dvouválci. [5]



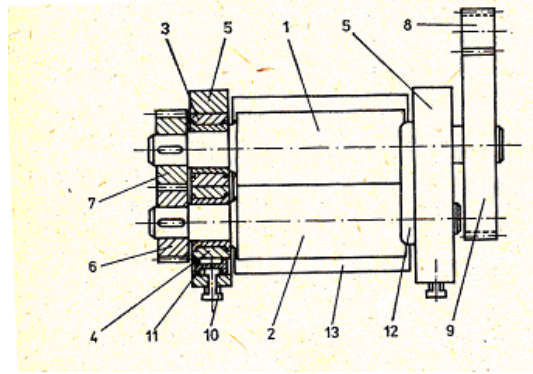
Obr. 1 - Schéma miešania na dvojvalci

Dvojvalec sa skladá z dvoch masívnych horizontálnych rovnoběžných kovových valcov, ktoré sa otáčajú oproti sebe. Vzďalenosť medzi povrchmi valcov (šterbina) a niekedy aj rýchlosť valcov sú nastaviteľné.

Pri priechode materiálu šterbinou sa materiály zmiešavajú za vysokých šmykových rýchlostí. Väčšinou sa väčšou rýchlosťou otáča zadný valec. Pomer rýchlostí obidvoch valcov býva daný konštrukciou dvojvalca. Obvykle to býva 1:1,05 až 1:1,2. S rastúcim frikčným pomerom rastie i teplota spracovanej zmesi.[5]

Dvojvalce sa v gumárenskej technológii obvykle používajú k:

- platikácii kaučukov
- miešaniu zmesí
- chladeniu zmesí
- predohrevu zmesí



Obr. 2 – Dvojválec 1-zadní válec, 2-přední válec, 3,4-ložisko válců, 5-stojan, 6,7-ozubená kola, 8-pastore, 9-velké ozubené kolo, 10-stavěcí šrouby, 11-bezpečnostní tlaková pojistka, 12-stírací desky, 13-vana. [6]

4.1.1 Valce

U gumárenských dvojválcov sú valce obvykle duté s prívodom chladiacej vody. Temperované valce sú obvykle vŕtané pod povrchom. Rozvod temperačného média musí byť riešené tak, aby bolo zaistené rovnomerné rozdelenie teploty po celom obvode a celej šírke valca.[3]

4.2 Miešanie kaučukových zmesí v hnetacom stroji

Najobtiažnejšou a zároveň technologicky najvýznamnejšou operáciou pri miešaní kaučuku s plnivami v hnetacom stroji je vmiešanie sadzí do kaučuku. Ukázalo sa, že vlastnosti pryže závisia do značnej miery na podmienkach miešania kaučuku so sadzami. Miešanie, najmä za vysokých teplôt, má tiež vplyv na tvorbu viazaného kaučuku. Ďalej sa ukázalo, že vysoké tlaky pri miešaní v hnetacom stroji môžu nie len zlepšiť disperziu sadzí v kaučuku, ale tiež zkrátiť dobu miešania až na 2 minút .

Ďalej DROGIN vo svojej štúdii o vplyve miešania na disperziu sadzí ukázal, že krátke doby miešania kaučuku vedú v pryži k vyšším modulom, väčšej pevnosti v

tahu a lepšej odolnosti proti opotrebeniu než dlhšie doby miešania. Jedným zo základných činiteľov je typ hnetacieho stroja. Bežne používané stroje majú 20, 30 alebo 40 otáčiek pomalejšieho valca za minútu. Z technologického hľadiska je dôležitý miešací postup, doba miešania a teplota, pretože ich môže technológ meniť podľa spracovávaného materiálu.

Postup miešania:

V hnetacom stroji sa zmes mieša jednostupňovo alebo dvojstupňovo. Pri jednostupňovom miešaní sa do stroja dá kaučuk a ostatné prísady okrem síry. Síra sa primiešava na dvojvalci pod hnetacím strojom. Nevýhodou tohoto postupu je, že sa síra

dáva do veľmi teplej zmesi, takže sa zmes musí pred pridávaním síry určitú dobu (3 minúty) na dvojvalci chladit. Zamiešanie síry trvá najmenej ďalšie 3 minúty. Niekedy sa pre lepšiu dispergáciu síry používajú dva dvojvalce pod jedným hnetacím strojom. Potom sa musí zmes rozvažovať na dva diely. Celý postup je celkom prijateľný u hnetacích strojov s počtom otáčiek asi 20 za min., doba miešania je okolo 8 minút. U hnetacích strojov s vyšším počtom otáčiek je nutné miešať dvojstupňovo. V jednom hnetacom stroji sa zamieša (kaučuková zmes, v ktorej sú zamiešané všetky prísady okrem síry) a v druhom sa do chladnej zmesi zamieša síra alebo síra s ostatnými vulkanizačnými prísadami. Tento spôsob má priaznivý vplyv na dispergáciu vulkanizačných prísad, pretože sa primiešavajú do chladnej zmesi.

V súčasnom gumárenskom priemysle sa využívajú hnetacie stroje k týmto operáciám:

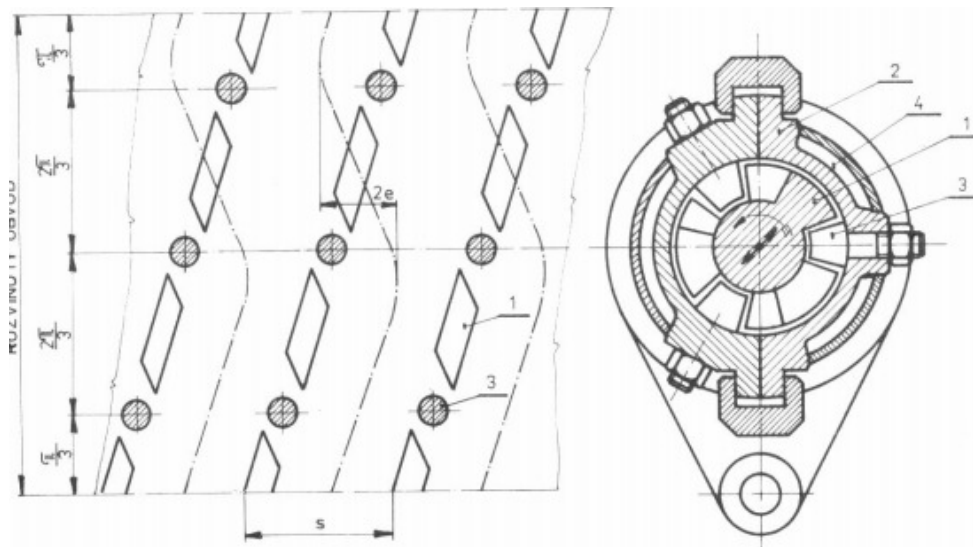
- k miešaniu zmesí
- k plastikácii prírodného a syntetického kaučuku
- k regenerácii pryžového odpadu [4]

4.2.1 Niektoré typy hnetičov

Hnetič KO

Tento hnetič sa používa k príprave zmesí PVC, má šnek s prerušovaným závitom, ktorý koná zložený rotačný a axiálne oscilačný pohyb. Čapy 3 zabraňujú pohybu materiálu so šnekom a vytvárajú so šnekovým závitom štrbiny s intenzívnym hnetením. Šnek 1 je poháňaný cez prevodovku. Hriadel 1 prechádza drážkovaným púzdrom 2 a je uchytенý v axiálnom uložení 5, ktoré je spojené ojnicami 4 s výstredníkmi 3. Otáčavý pohyb od remenice sa prenáša ozubenými prevodmi na výstredníkový hriadel' a kužeľovými kolieskami na púzdro 2. Hriadel' tak dostáva súčasne rotačný a osovo posuvný vratný pohyb. Zdvih je daný veľkosťou výstrednosti e .

Hnetiče KO sa používajú tiež ako zásobovacie jednotky pre valcovacie stroje na fólie. [3]

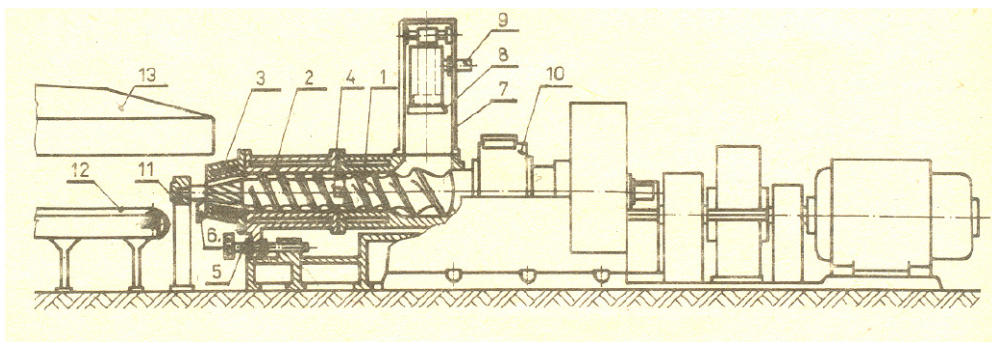


Obr. 3 – Funkcia KO hnetiča, 1 – šnek, 2 – pracovný valec, 3 – čap, 4 – temperačná komora

Hnetič Gordon

K plastikácii prírodného kaučuku sa používa šnekový hnetič. Šnek 1 sa otáča v pracovnom valci 2, ktorý má chladiace komory. Šnek 1 má vrtanie pre vodné chladenie,

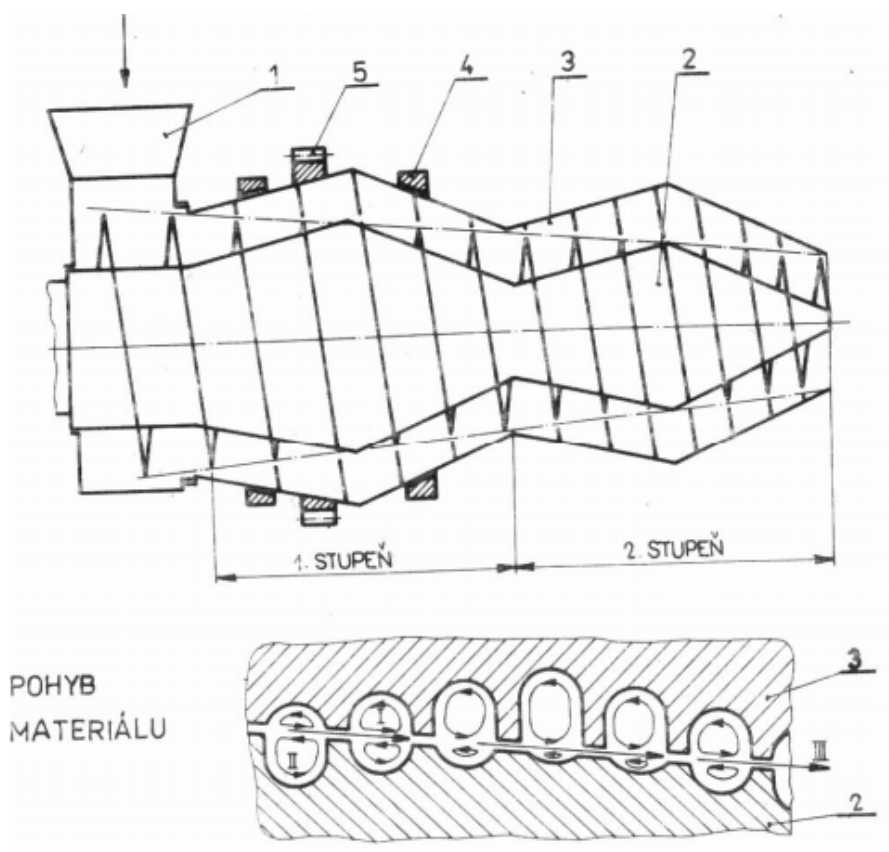
je uložený v robustnom ložisku 10 a pomocnom ložisku 11. Asi v polovici je závit šneku prerušený a do tohto priestoru zasahujú profil 4, ktoré prekladajú kaučuk pred vstupom do druhej časti šneku.. K nastavovaniu polohy hlavy slúži pohybová skrutka 5. Nútené podávanie kaučuku do šneku 1 zaisťuje pneumatický baran 8. K zaistieniu polohy v zdvihnutej polohe slúži západka 9. Plastikovaný kaučuk vystupuje z hlavy 3 v tvare hadice, ktorá sa ihneď rozrezáva nožom 6 a rozvinuje do pásu. Pás sa ďalej chladí na dopravníku 12. [3]



Obr. 4 - Hnetič Gordon 1-šnek, 2-pracovný valec, 3-hlava, 4-profil, 5-pohybová skrutka, 6-nôž, 7-násypka, 8-baran, 9-západka, 10-ložisko, 11-pomocné ložisko, 12-dopravník, 13-odsávací kryt

Hnetič Transfermix

Tento typ hnetiča má šnek kuželového tvaru a hĺbka šnekového profilu sa po dielkoch šneku mení. Pôvodný hlboký profil postupne mizne a jeho hĺbka sa opäť zväčšuje. Závitový profil má však také valce 3, ktoré prípadne môžu mať obrátený zmysel otáčania než šnek 2. Takéto usporiadanie šnekových profilov umožňuje intenzívne hnetanie materiálu v celej hĺbke. [3]



Obr. 5 –Hnetič Transfermix, 1 – násypka, 2 – šnek, 3 – valec, 4 -
uložení valca, 5 - pohon valca

5 ZÁKLANÉ PRINCÍPY ZDIEĽANIA TEPLA A OHREVOV

5.1 Zdieľanie tepla vedením (kondukcia)

Zdieľanie tepla vedením je vzájomné zrážanie stavebných častíc hmôt – atómov a molekúl. To spôsobuje vzájomnú výmenu kinetickej energie, čo sa navonok prejavuje vedením tepla a pri neustálenosti procesu i zmenou teploty. [7]

5.2 Zdieľanie tepla prúdením (konvekcia)

Základom zdieľania tepla prúdením je pohyb v prostredí – prúdenie tekutín a ich kontakt s okolitými tuhými látkami s odlišnou teplotou.

Tepelná konvekcia je prenos tepla doprevádzaný prúdením hmotnosti. [7]

5.3 Ohrev infračerveným žiarením

IR žiarenie

Zdrojom je každé teleso, ktoré má teplotu vyššiu, ako je absolútna nula. Zdrojom IR žiarenia sú zmeny elektromagnetického poľa vyvolané pohybom častíc.

5.4 Dielektrický ohrev gúmy

Zahrňuje ako ohrev na rádiových frekvenciách, tak mikrovlnný ohrev. Elastomery sa vyznačujú nízkou tepelnou vodivosťou. Pri konvenčnom ohreve sa od vonkajšieho zdroja tepla najskôr ohreje povrch a vzniká tepelný gradient, ktorý zťažuje rýchle prehriatie celého objemu materiálu a môže negatívne ovplyvniť jeho vlastnosti. Oproti tomu dielektrický ohrev pôsobí súčasne do celej hĺbky materiálu. Rôzne druhy prírodnej i syntetickej gúmy a používané plnivá majú odlišné dielektrické vlastnosti, tak rôzne reagujú na vysokofrekvenčné elektromagnetické pole. [7]

5.5 Gough – Joulov efekt

Gough-joulov efekt je založený na dvoch súvisiacich javoch. Prvý je, že na rozdiel od mnoho materiálov sa guma pri natiahnutí rýchlo ohrieva. Druhý je, keď guma, ktorá je na jednom konci pevne upnutá a natáhaná daným zaťažením sa stihne, pokiaľ je miestne ohrievaná. Deje sa tak, pretože sa makromolekulárne reťazce v gume snažia dostať zpeť do

menej napät'ového stavu. Gough- Joulov efekt je asi najdôležitejší pri navrhovaní O- krúžku , kde prílišne aplikované napätie v spojení s teplom v systéme môže spôsobiť skrátenie O- krúžku, zadrenie rýchlo sa točiaceho hriadeľa a zničenie zariadenia.[4]



Obr. 6 – Princíp Gough – Joulovho efektu

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CIEĽ BAKALÁRSKEJ PRÁCE

V mojej bakalárskej práci som zisťoval vplyv vstupnej teploty materiálu na energiu, ktorá musí byť vynaložená na homogenizáciu kaučukovej zmesi final NR/SR dodanej od firmy Barum Continental spol. s r.o. na hnetacom zariadení od firmy od firmy Werner Pfleiderer LUK 1/0,5. Toto meranie som robil pre jednu konkrétnu rýchlosť, pre ktorú som si zmes predohrial alebo schladil na päť konkrétnych teplôt. Pre každú konkrétnu teplotu som robil niekoľko meraní pre ich lepšiu presnosť.

7 CHARAKTERISTIKA MATERIÁLU

Materiál používaný pri meraní praktickej časti bakalárskej práce nám bol dodaný od firmy Barum Continental spol. s r.o. v ucelenej forme pásu o hrúbke 10 mm a šírke 500 mm. Tento pás sme si upravili pre dávkovanie do hnetacieho stroja a rozrezali na kúsky rovnakej veľkosti o rozmeroch 20 mm x 12-20 mm x 10 mm.



Obr. 7 – Vzorok materiálu

7.1 Zloženie zmesi

Pre praktickú časť bakalárskej práce som použil behúňovú zmes pre pneumatiky osobných automobilov s označením final NR/SR, ktorá obsahuje:

- prírodný kaučuk.....29,4
- syntetický kaučuk....19,6
- sadze.....36,8
- zmäkčovadla.....6,1
- aktivátory.....3,2
- spracov. prísady.....4
- vulkan. činidlá.....0,9
- SUMA.....100

Pevnost (MPa)	15
Tažnost (%)	300
Modul 300% (MPa)	11
Tvrdost (ShA)	72
Odrazová pružnost (%)	37

Tab. 1–Vlastnosti vulkanizačnej zmesi

8 PRÍPRAVA NA MERANIE

8.1 Príprava materiálu

Pred začiatkom samotného merania som musel určiť množstvo materiálu, ktoré vložíme do hnetacej komory na jednotlivé cykly tak, aby hnetacia komora nebola príliš plná, ale zároveň aj aby bola dostatočne zaplnená. Po niekoľkých pokusoch som zistil, že ideálne množstvo vzorky na jeden cyklus v daných podmienkach je približne 40 g materiálu. Toto množstvo odpovedá približne 75% zaplnenia hnetacej komory. Pri tomto množstve materiálu pracovalo laboratórne zariadenie bez väčších problémov. Pred vložení vzorky do laboratórneho hnetiča som si ju predohrial, respektíve ochladil na požadovanú teplotu v sušiarňi, respektíve v chladničke.



Obr. 8 – Sušiareň typu Binder RD

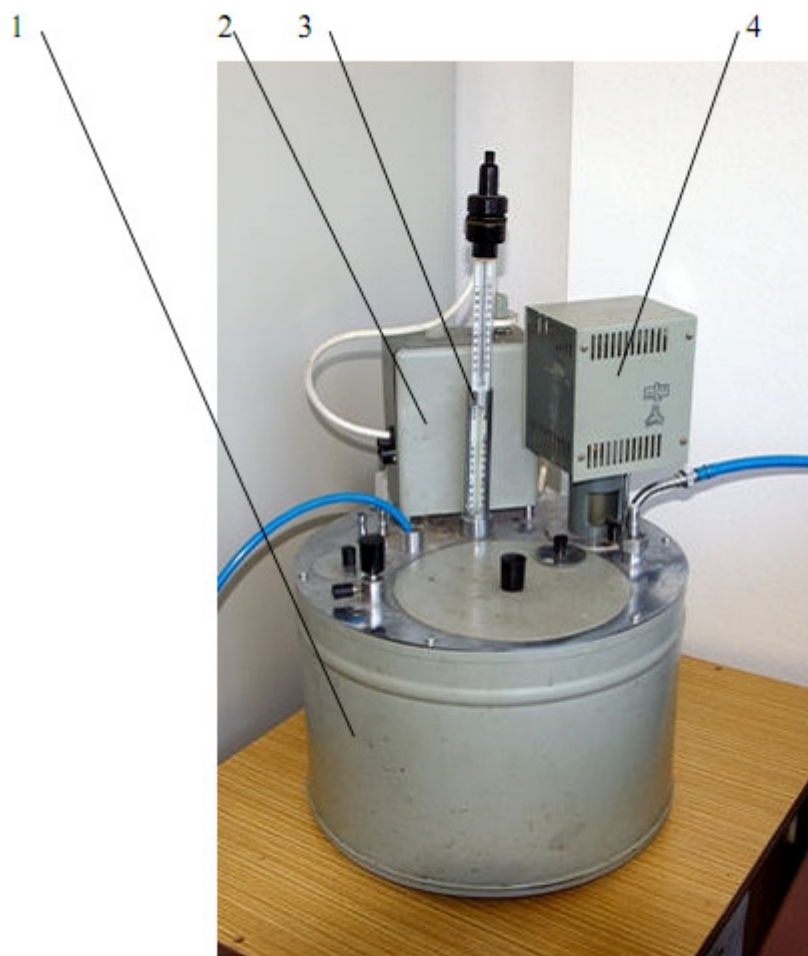
8.2 Příprava laboratorního zariadenia

Predtým, než som vložil vzorku do hnetacieho zariadenia som si dané zariadenie musel pripraviť. To spočívalo v temperácii pracovnej komory na stanovenú teplotu 80°C, ktorá trvala 60 – 90 minút. Laboratórne zariadenie bolo napojené na frekvenčný menič od firmy EDTS (obr. 9), pomocou ktorého som ovládal hnetacie zariadenie, konkrétne mi slúžil na zapnutie a vypnutie hnetenia a na ovládanie otáčok motora hnetacieho zariadenia. V priebehu hnetenia som vyhodnocoval 4 veličiny:

- otáčky motora [min^{-1}]
- výstupné napätie na motore [V]
- zaťaženie motora [%]
- prúd prechádzajúci motorom [A]



Obr. 9 – Frekvenčný menič, zelené tlačílo- zapnutí motora, červené tlačílo- vypnutí motora, čierne kolečko- regulácia otáčiek



Obr. 10 – Temperačné zariadenie, 1- nádoba s vodou, 2- vyhrievacie zariadenie, 3- teplomer, 4- miešadlo s čerpadlom

9 POSTUP PRI SAMOTNOM MERANÍ

- navážil som si vzorku, ktorá bola predohriata alebo ochladená na požadovanú teplotu, pomocou digitálnych váh s odchylkou $\pm 0,1$ g



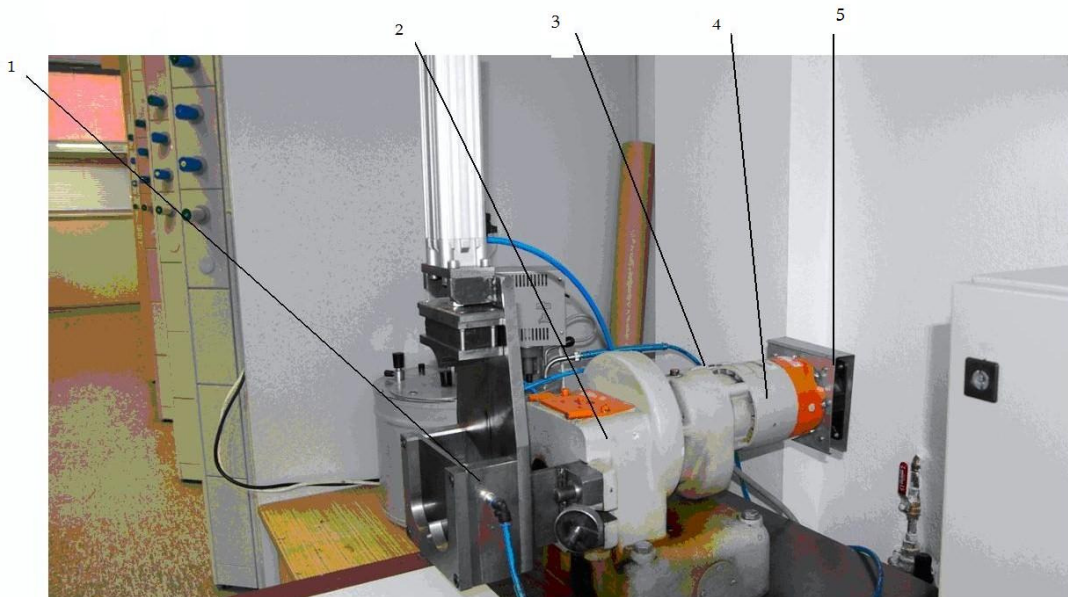
Obr. 11 – Digitálne váhy od firmy Denver Instrument

Otáčky[min^{-1}]	Tvst.[$^{\circ}\text{C}$]	Tvýst.[$^{\circ}\text{C}$]			$T'_{\text{výst.}}[^{\circ}\text{C}]$	Aritm. odch.	$m_{\text{mat}}[\text{g}]$	
6.0	4	68,2	69,4	65,4	68,2	1,6	40,4	
		66,5	71,4	67,5			40,4	
		70,3	68,1	68,5			39,8	
		66,8	68,1	68,2			40,2	
							$m'_{\text{mat}}[\text{g}]$	40,2
Otáčky[min^{-1}]	Tvst.[$^{\circ}\text{C}$]	Tvýst.[$^{\circ}\text{C}$]			$T'_{\text{výst.}}[^{\circ}\text{C}]$	Aritm. odch.	$m_{\text{mat}}[\text{g}]$	
6.0	15	76,7	77,3	79,7	81,4	2,6	40,0	
		79,1	81,2	82,4			40,2	
		83,4	83,2	85,2			39,8	
		82,3	82,6	83,4			39,7	
							$m'_{\text{mat}}[\text{g}]$	39,9

Otáčky[min^{-1}]	Tvst.[$^{\circ}\text{C}$]	Tvýst.[$^{\circ}\text{C}$]			$T'_{\text{výst.}}[^{\circ}\text{C}]$	Aritm. odch.	$m_{\text{mat}}[\text{g}]$
6.0	23	79,9	81,2	81,3	81,8	2,0	39,8
		80,6	82,6	82,3			39,7
		82,7	86,0	84,5			39,7
		78,5	80,2	81,5			40,3
						$m'_{\text{mat}}[\text{g}]$	39,9
Otáčky[min^{-1}]	Tvst.[$^{\circ}\text{C}$]	Tvýst.[$^{\circ}\text{C}$]			$T'_{\text{výst.}}[^{\circ}\text{C}]$	Aritm. odch.	$m_{\text{mat}}[\text{g}]$
6.0	44	69,0	71,7	78,7	76,1	3,4	40,2
		76,8	75,9	74,7			40,1
		73,4	78,5	77,0			40,3
		76,9	81,1	79,1			39,8
						$m'_{\text{mat}}[\text{g}]$	40,1
Otáčky[min^{-1}]	Tvst.[$^{\circ}\text{C}$]	Tvýst.[$^{\circ}\text{C}$]			$T'_{\text{výst.}}[^{\circ}\text{C}]$	Aritm. odch.	$m_{\text{mat}}[\text{g}]$
6.0	67	87,0	89,0	90,0	88,7	1,1	39,8
		88,0	89,5	89,0			39,6
		88,0	90,5	89,0			40,0
		87,0	88,0	89,0			39,8
						$m'_{\text{mat}}[\text{g}]$	39,8

Tab. 2- Hodnoty používané pri meraní a namerané hodnoty

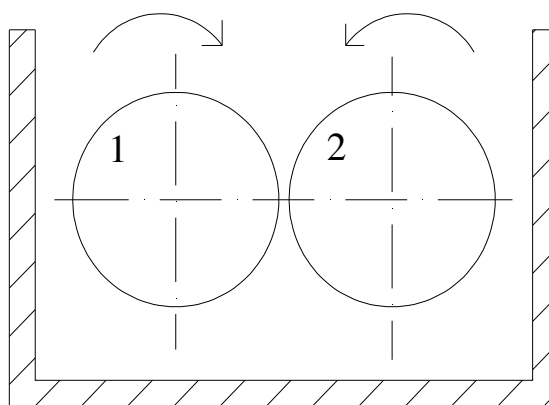
- vložil som vzorku do hnetacej komory



Obr. 12 – Laboratórne zariadenie firmy Werner Pleiderer LUK 1/0,5, 1- komora, 2- prevodovka, 3- motor, 4- prívod el. energie, 5- ventilátor

Hodnoty na frekvenčnom meniči	n_1 [min^{-1}]	n_2 [min^{-1}]	Priemerné otáčky n' [min^{-1}]
1.0	5,5	8,5	7
2.0	10,5	16	13,25
3.0	15,5	23,5	19,5
4.0	20,5	31	25,75
5.0	25,5	38,5	32
6.0	30,5	46	38,25
7.0	35,5	53,5	44,5
8.0	40,5	61	50,75
9.0	45,5	68,5	57

Tab. 3 – Hodnoty frekvenčného meniča a prepočet na otáčky



Obr. 13 – Zmysel otáčania hnetadiel

- po vložení vzorky do hnetacej komory následovalo jej uzatvorenie pomocou pneumatického kládu, ktorý bol pripevnený k hnetacej komore.
- následne sme na frekvenčnom meniči nastavili pomocou regulátoru (obr. 10) potrebné otáčky a tlačidlom štart spustili miešanie na hnetacom zariadení. Súčasne s týmto úkonom sme spustili program EASY DRIVE, ktorý nám snímal hodnoty zaťaženia motoru v závislosti na čase. Tento proces merania trval približne 400 sekúnd. Meranie som ukončil stlačením tlačidla stop na frekvenčnom meniči a súčasne som ukončil nahrávanie hodnôt v programe EASY DRIVE. Potom som vybral vzorku z hnetacej komory a zmeral jej teplotu pomocou vpichovacieho teplomeru s čidlom TESTO 110.

Teplomer TESTO 110:

Merací rozsah: $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $150\text{ }^{\circ}\text{C}$

Presnosť: $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-20 – $80\text{ }^{\circ}\text{C}$) $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (zbytok rozsahu)



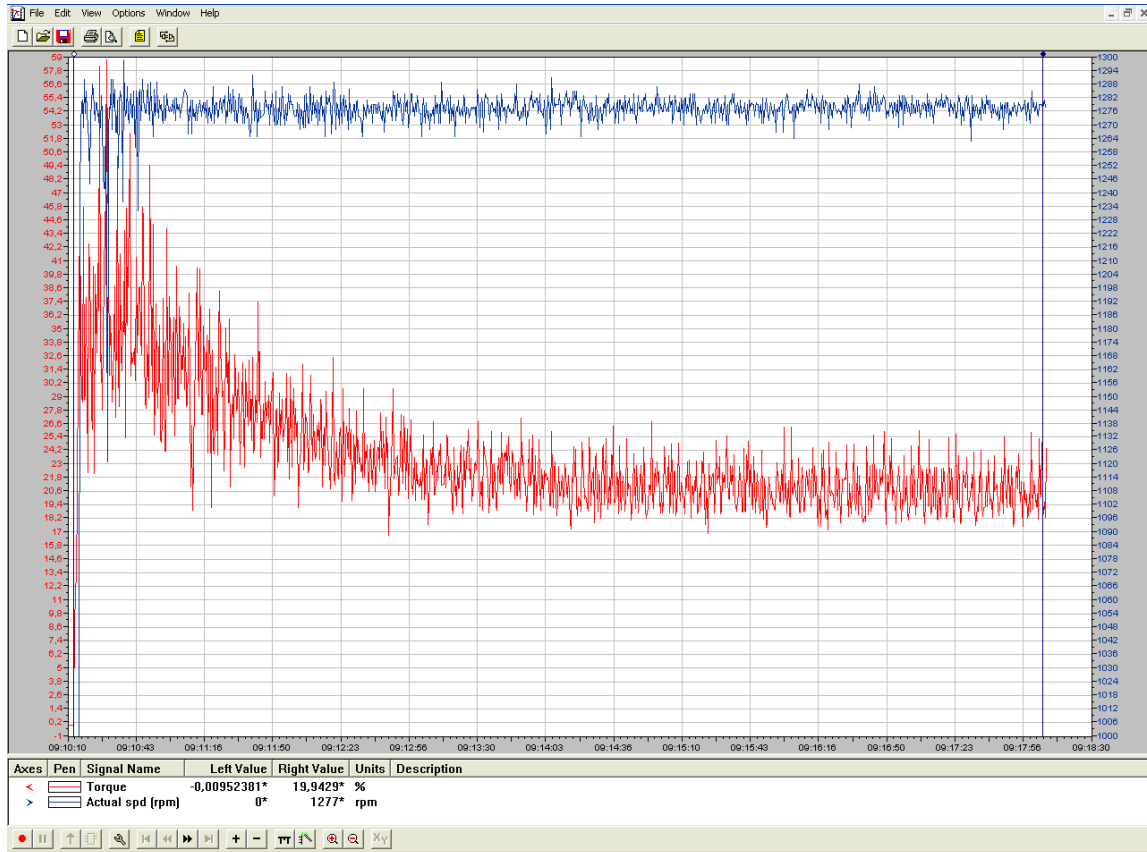
Obr. 14 – Teplomer TESTO 110



Obr. 15 – Počítač v programom EASY DRIVE

9.1 Vyhodnotenie dát

Z programu EASY DRIVE mi vyšiel graf, na ktorom môžeme vyhodnocovať otáčky motoru a krútiaci moment.



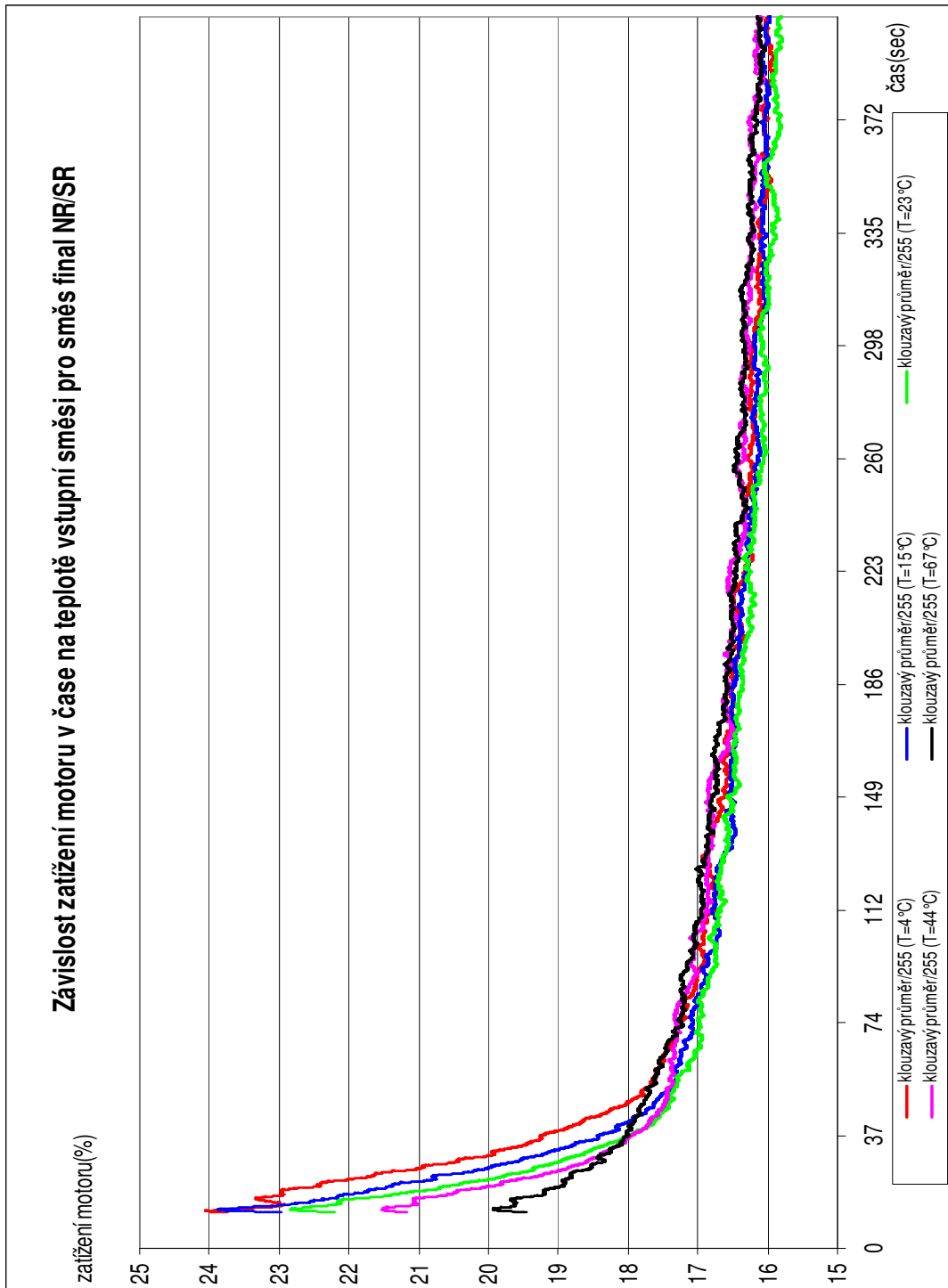
Graf 2 – Graf náhodne nameraných hodnôt z programu EASY DRIVE, červená krivka zobrazuje zaťaženie motora v % v závislosti na čase, modrá krivka zobrazuje otáčky motora

Hodnoty, ktoré som získal z programu EASY DRIVE som vložil do softwaru Microsoft Excel a pomocou kľzavého priemeru/255 upravil tieto hodnoty. Táto operácia musela byť vykonaná z dôvodu veľkého množstva hodnôt, ktoré boli zaznamenané v software EASY DRIVE. Ten zaznamenáva 21 hodnôt za sekundu.

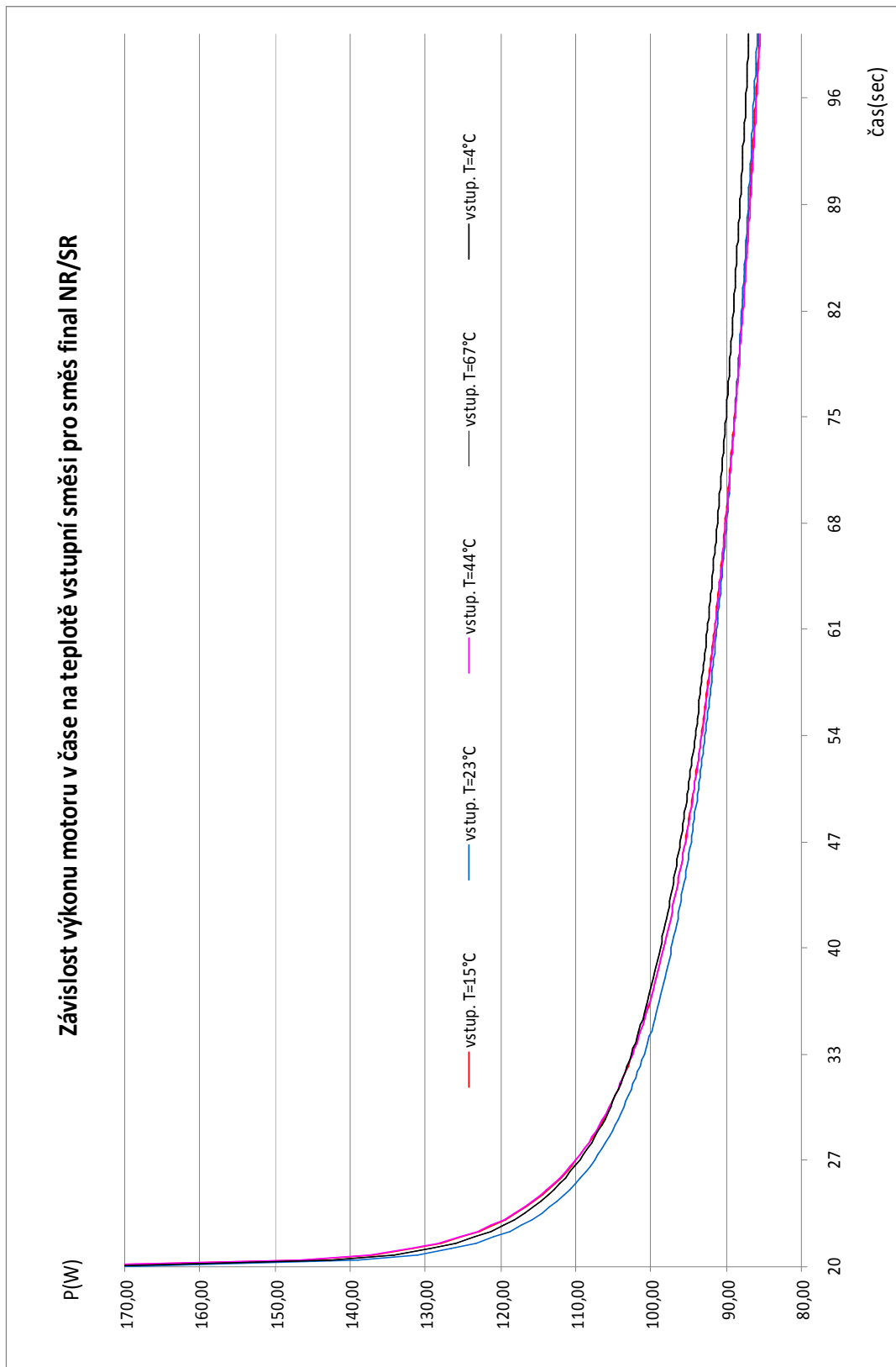
9.1.1 Kľzavý priemer

Je to rada priemerov vypočítaných z časti datovej krivky. V grafe kľzavý priemer vyhladá kolísanie dát a zobrazí vzorok alebo trend zreteľnejšie.

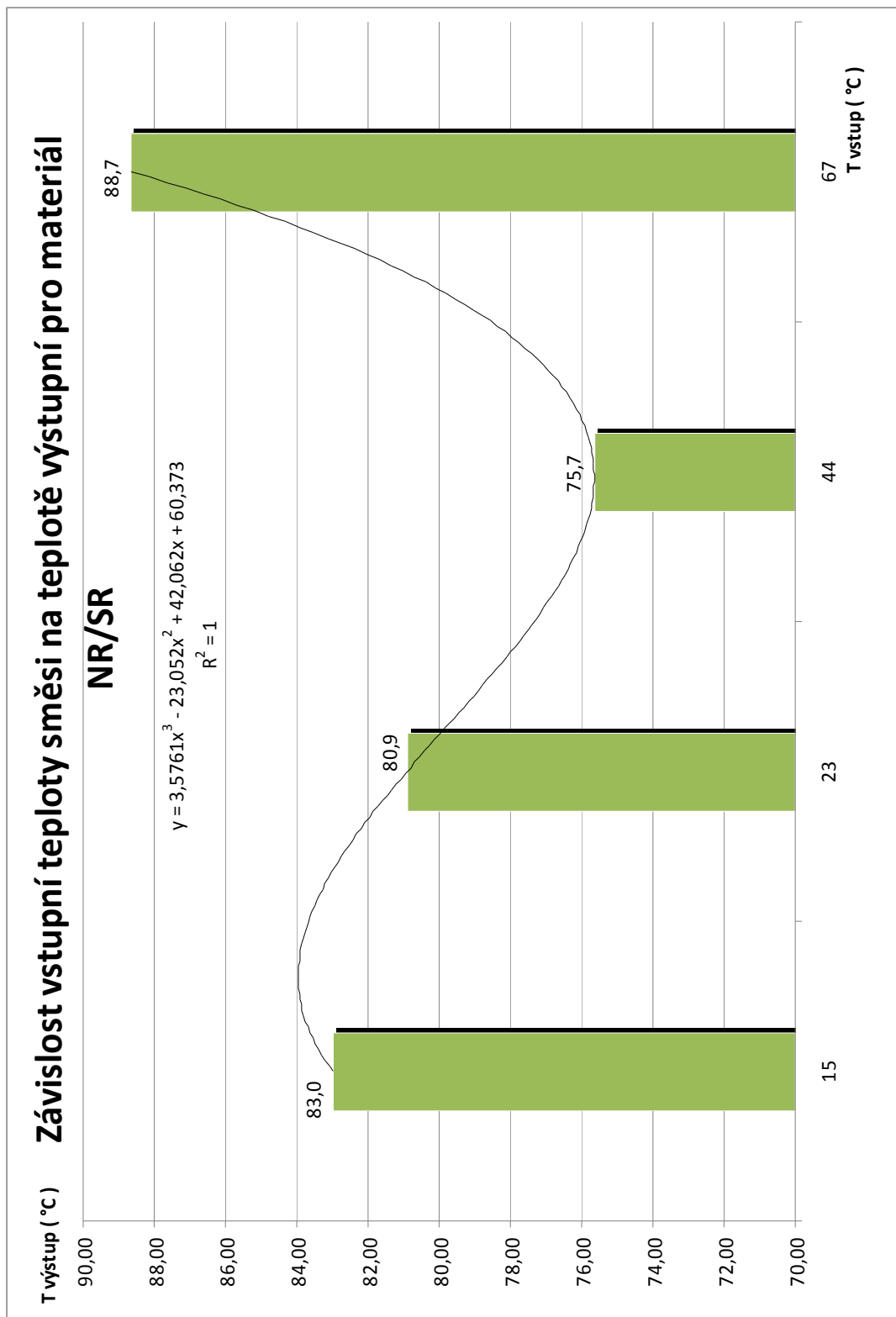
9.2 Grafy



Graf 3. Závislost zaťaženia motoru v čase na teplote vstupnej zmesi pre zmes final NR/SR



Graf 4. Závislost výkonu motoru v čase na teplotě vstupnej zmesi pre zmes final NR/SR



Graf 5. Závislost' vstupnej teploty zmesi na teplote výstupnej pre materiál NR/SR

ZÁVER

V mojej bakalárskej práci som sa venoval vplyvu predohrevu kaučukových zmesí na príkone miešacieho zariadenia.

V úvodnej časti som popísal druhy kaučukov, spôsoby ich spracovania a rôzne druhy prístrojov, na ktorých sa miešajú.

Z výsledkov mojej práce je zrejmé, že vstupná teplota zmesi nemá zásadný vplyv na spotrebu energie motora pri hnetení u zmesi final NR/SR. Ďalej vyplynulo, že na výstupnú teplotu zmesi má veľký vplyv rýchlosť miešania a taktiež teplota, na ktorú je vytemperovaná miešacia komora.

Z grafu závislosti vstupnej teploty na výstupnej možno vyčítať, že existuje optimálna vstupná teplota zmesi, kedy výstupná teplota zmesi je minimálna. Čo sa môže aplikovať v praxi z hľadiska úspory energie. Táto skutočnosť bola potvrdená i v praxi meraním a bolo by vhodné oblasť, kde dochádza ku znižovaniu výstupnej teploty zmesi skúmať podrobnejšie.

Z meraní som vylúčil vstupnú teplotu 4°C, ktorá je príliš nízka a neefektívna. Toto bolo potvrzené aj porovnaním s praxou.

ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

- [1] FRANTA, I A KOLEKTIV : Gumárenská technologie I – gumárenské suroviny,
3. vyd. Praha 1979
- [2] FRANTA, I A KOLEKTIV: Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže,
2. vyd. Praha 1969
- [3] Mañas, M. – Staněk, M. – Mañas, D.: Výrobní stroje a zařízení I – Stroje gumárenské a Platikářské I [Skripta], 1. vyd. Zlín 2007
- [4]INTERNET: <http://www.rlHUDSON.com/O-Ring%20Book/selectingthermal5.html>
- [5] MALÁČ, J.: Gumárenská technologie, dostupné z WWW:
<<http://www.home.karneval.cz/0323339201/>>
- [6] Špaček, J.: Technologie gumárenská a plastikářská II [Skripta] .1. vyd. Brno 1980. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta technologická
- [7] INTERNET: <<http://www.romill.cz>>

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A ZKRATIEK

BR	Butadiénové kaučuky
CR	Chloroprenové kaučuky
IR	Izoprenové kaučuky
EPM, EPDM	Etylénpropylenové kaučuky
IIR	Butylkaučuk
ACM	Akrylátové kaučuky
FPM	Fluorouhlíkové kaučuky
MPQ	Silikonové kaučuky
OT	Polysulfidové kaučuky
SBR	Butadienstyrenový kaučuk
[min ⁻¹]	Otáčky za minútu
A	Ampér
g	Gram
IR	Infrared- Infračervené
kW	Kilowatt
mm	Milimetre
MW	Mikrovlnný
s	Sekunda
final NR/SR	Typ používanej zmesi
T _{vst}	Vstupná teplota
T _{výst}	Výstupná teplota
T _g	Teplota skelného prechodu
V	Volt

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1. Schéma miešania na dvojválci.....	22
Obr. 2. Dvojválec.....	23
Obr. 3. Funkcia KO hnetiča.....	25
Obr. 4. Hnetič Gordon.....	26
Obr. 5. Hnetič Transfermix.....	27
Obr. 6. Princíp Gough- Joulovho efektu.....	29
Obr. 7. Vzorky materiálu.....	32
Obr. 8. Sušiareň typu Binder RD.....	34
Obr. 9. Frekvenčný menič.....	35
Obr. 10. Temperačné zariadenie.....	36
Obr. 11. Digitálne váhy.....	37
Obr. 12. Laboratórne zariadenie firmy Werner Pfleiderer LUK 1/0,5.....	38
Obr. 13. Zmysel otáčania hnetadiel.....	39
Obr. 14. Teplomer TESTO 110.....	40
Obr. 15. Počítač s programom EASY DRIVE.....	41

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1. Vlastnosti vulkanizačnej zmesi.....	33
Tab. 2. Hodnoty používané pri meraní a namerané hodnoty.....	38
Tab. 3. Hodnoty frekvenčného meniča a prepočet na otáčky.....	39

ZOZNAM GRAFOV

Graf 1. Účinnost plastikácie v závislosti na teplote.....	20
Graf 2. Graf náhodne nameraných hodnôt z programu EASY DRIVE.....	42
Graf 3. Závislosť zaťaženia motoru v čase na teplote vst. zmesi pre zmes final NR/SR....	43
Graf 4. Závislosť výkonu motoru v čase na teplote vst. zmesi pre zmes final NR/SR.....	44
Graf 5. Závislosť vstupnej teploty zmesi na teplote výstupnej pre materiál NR/SR.....	45