

# Vplyv rýchlosti miešania kaučukových zmesí na parametre miešacieho zariadenia

Michal Vandelia

---

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: **Michal VANDELIA**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Vliv rychlosti míchání kaučukových směsí na parametry míchacího zařízení**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literárne štúdium na danú tému
2. Navrhните technologický postup merania vplyvu rýchlosti miešania kaučukových zmesí na parametre miešacieho zariadenia
3. Prevedte experimentálne skúšky v laboratórnych podmienkach
4. Prevedte vyhodnocovanie experimentálnych skúšiek

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího bakalářské práce**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Richard Pospíšil**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**20. února 2009**

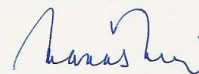
Termín odevzdání bakalářské práce:

**3. června 2009**

Ve Zlíně dne 12. února 2009



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*vedoucí katedry*

## **ABSTRAKT**

Cieľom bakalárskej práce bolo vyhodnotenie vplyvu rýchlosti miešania kaučukovej zmesi na parametre miešacieho zariadenia. Meranie prebiehalo na laboratórnom hnetiči Werner a Pfleider Luk 1/0.5. Získané dáta zaznamenával program Easy-Drive. Grafy získané z tohto programu boli exportované do programu Microsoft Excel, kde boli pomocou funkcie klzavého priemeru upravené.

Klíčová slova: kaučuk, kaučuková zmes, miešanie, hnetič

## **ABSTRACT**

The Aim of bachelor work is to evaluate effect of rubber mixture blending on parameters of mixture machine. Measurement was proceeded on laboratory kneader Werner and Pfleider Luk 1/0.5. Gained data were recorded by program Easy-Drive. Charts gained from this program were exported to Excel, where they were modified by running average function.

Keywords: rubber, rubber mixture, stirring, kneader

## POĎAKOVANIE

Touto cestou vyslovujem poďakovanie vedúcemu bakalárskej práce Ing. Richardovi Pospíšilovi za pomoc, poskytnuté materiály, cenné rady a usmernenia pri tvorbe mojej bakalárskej 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, 27.5.2009

.....

Vandelina Michal

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>I TEORETICKÁ ČASŤ</b> .....	<b>8</b>
<b>1 ELASTOMERY</b> .....	<b>9</b>
1.1 DELENIE ELASTOMEROV .....	9
1.1.1 Prírodný kaučuk (NR) .....	10
1.1.2 Syntetické kaučuky.....	11
<b>2 PRÍPRAVA KAUKOVÝCH ZMESÍ PRED ZPRACOVANÍM</b> .....	<b>14</b>
2.1 PLASTIKÁCIA KAUKUKU .....	14
2.2 MECHANIZMUS PLASTIKÁCIE.....	15
2.3 ZLOŽENIE KAUKOVEJ ZMESI .....	16
<b>3 ZPRACOVANIE KAUKOVÝCH ZMESÍ</b> .....	<b>19</b>
3.1 MIEŠANIE KAUKOV .....	19
3.1.1 Dvojvalcový stroj .....	20
3.2 HNETIČE.....	21
3.2.1 Kontinuálne hnetiče.....	22
3.2.2 Diskontinuálne hnetiče.....	27
3.3 HNETADLÁ .....	28
<b>4 EFEKT A SPRÁVANIE KAUKUKU</b> .....	<b>30</b>
4.1 GOUGH-JOULOV EFEKT.....	30
4.2 SPRÁVANIE KAUKUKU .....	31
<b>II PRAKTICKÁ ČASŤ</b> .....	<b>33</b>
<b>5 POSTUP MERANIA PRAKTICKEJ ČASTI</b> .....	<b>34</b>
5.1 PRÍPRAVA ZMESI NA MERANIE .....	34
5.2 CHARAKTERISTIKA ZMESI.....	34
5.3 PRÍPRAVA LABORATÓRNEHO ZARIADENIA.....	35
5.4 OTÁČKY HNETADIEL.....	36
5.5 POSTUP MERANIA .....	41
<b>6 VYHODNOTENIE MERANIA</b> .....	<b>44</b>
<b>ZÁVER</b> .....	<b>48</b>
<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY</b> .....	<b>49</b>
<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A ZKRATIEK</b> .....	<b>50</b>
<b>ZOZNAM OBRÁZKOV</b> .....	<b>51</b>
<b>ZOZNAM TABULIEK</b> .....	<b>52</b>
<b>ZOZNAM GRAFOV</b> .....	<b>53</b>

## ÚVOD

Oproti klasickému priemyslu je obor spracovania kaučukov veľmi mladý, zhruba 170 rokov. S kaučukom sa Európania zoznámili však už pred viac ako 500 rokmi, krátko po objavení Ameriky. Prvé zmienky o kaučuku hovoria o Amerických indiánoch, ktorý si zhotovovali pružné gule z vyschnutej tekutiny, vytekajúcej z poranených stromov, voľne rastúcich v subtropickom pásme amerických ostrovov.

V súčasnosti sú kaučuky dôležitým materiálom a pre jeho výnimočné vlastnosti je nenahraditeľný. Veľa z týchto vlastností sa dosahuje pridaním prísad. Počet druhov prísad používaných pri výrobe kaučukových zmesí ide do stoviek. Účelom miešania je zaistiť čo najpresnejšie rozmiestnenie týchto prísad v kaučukovej zmesi.

Miešanie kaučukov je teda dôležitý proces v oblasti gumárskeho priemyslu. V praxi sa miešanie kaučukových zmesí prevádza na dvojvalcoch, hnetacích strojoch alebo kontinuálnych zariadeniach.

Tieto stroje v gumárskom priemysle dosahujú veľkých rozmerov a je teda jasné, že je potrebné veľkého množstva energie na chod týchto strojov, z čoho vyplýva aj veľká spotreba energie a vysoké náklady. Práve preto je dôležité venovať sa tejto téme.

Cieľom tejto bakalárskej práce bude zistiť aký vplyv má zmena rýchlosti miešania kaučukovej zmesi pri jej homogenizácii na výkon motora, resp. spotrebovanú energiu. Výsledky by mohli pomôcť k úspore energie ako aj k zníženiu nákladov pre firmu, ktorá kaučuk spracováva.

## **I. TEORETICKÁ ČASŤ**



## 1 ELASTOMERY

Elastomery sú materiály, ktoré môžu byť pri použití relatívne malej sily veľmi rozťažné. Vďaka ich štruktúre majú elastomery vysokú elasticosť a pružnosť, čo znamená, že konečná deformácia je veľmi malá. Existujú dve hlavné skupiny elastomerov, materiály s krížovými chemickými väzbami (pryžové materiály) a termoplastické elastomery.

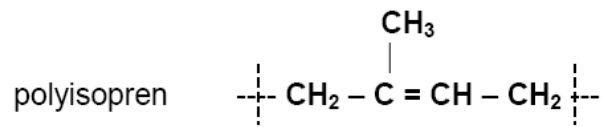
Termoplastické elastomery predstavujú charakteristické vlastnosti elastomerov v širokom rozsahu teplôt. Sú krížovo previazané fyzikálne, ale nie chemicky a preto môžu byť tavené pri vyšších teplotách a môžu byť spracované bežnými metódami pre spracovanie termoplastov. Termoplastické elastomery sú rozpustné a v porovnaní s ich obdobami s krížovými chemickými väzbami sa obecné rozpínajú menej.

Pryžové materiály, alebo elastomery sú polymery, ktoré sú vytvárané krížovo viazanými makromolekulami a obsahujú rôzne vulkanizačné aditíva. Vďaka ich chemickým krížovým väzbám nie sú tavné a pri vyšších teplotách sa začínajú rozpadávať. Ďalej krížové väzby zaisťujú, že sa pryžové materiály nerozpúšťajú a v závislosti na médiu prekonávajú intenzívne rozpínanie alebo zmršťovanie.[7]

### 1.1 Delenie elastomerov

- Prírodný kaučuk
- Syntetické kaučuky

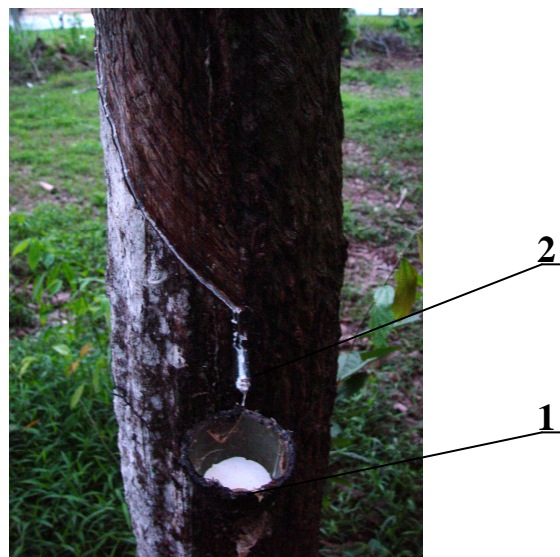
### 1.1.1 Přírodní kaučuk (NR)



Kaučuk sa v podobe latexu nachádza mnohých rastlinách v okolí rovníku. Do roku 1890 bol všetok kaučuk dovážaný z Južnej Ameriky z povodia Amazonky. Po aklimatizácii kaučukovníkových semien sa teraz pestuje v pruhu širokom asi 2000km okolo rovníka, hlavne v Afrike, Amerike a Ázii. Až 90% svetovej produkcie kaučuku je ale z Ázie.

Latex sa získava "čapovaním" zo stromovej kôry. Tá sa nareže asi 1m nad zemou šikmým rezom, tak aby bolo prerezaných čo najviac latexových buniek a pod rez sa podloží nádoba alebo polyetylénový sáčik. Kaučuk je možné z latexu získať rôznymi spôsobmi. Na plantážach sa získava zrážaním. V závodoch sa spracováva koaguláciou kyseliny octovej alebo mravčej, kedy vzniknú tenké listy, alebo zahustením, kedy vznikne latexová látka vhodná na výrobu pryžových výrobkov.

Pri novom spôsobe výroby sa postupuje tak, že koagulovaný kaučuk sa prevedie na drobné častice, tie sa potom perú, rýchlo sušia prúdom teplého vzduchu, zlisujú a balia to polyetylénových obalov. Balíky si ľahšie, presne dimenzované a uľahčujú manipuláciu, dopravu aj skladovanie.

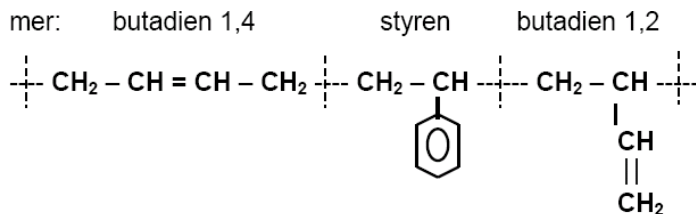


Obr. 1 Čapovanie latexu [8]

1 - latex, 2 - kaučukovník

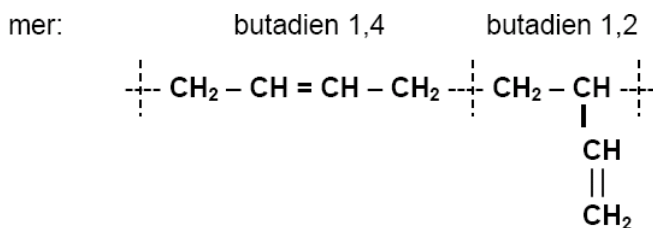
### 1.1.2 Syntetické kaučuky

#### Butadien-styrenový kaučuk (SBR)



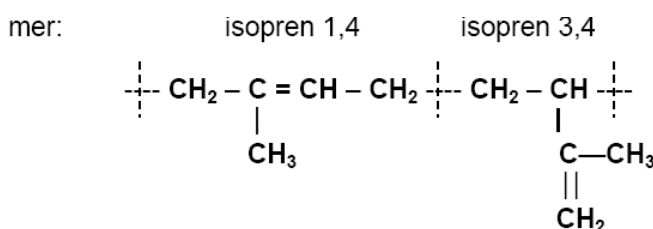
SBR sa vyrába z ropy. Je najdôležitejším druhom syntetických kaučukov. Vyrába sa z rôznym obsahom styrénu, v emulzii (E-SRB) aj v roztoku (S-SBR). Vyrábajú sa emulznou polymeráciou. Používajú sa pre gumárenský priemysel.

#### Butadienový kaučuk (BR)



BR je samostatne obtiažne spracovateľný. Preto sa používa v zmesiach s nepolárnymi kaučukmi ako je NR a SBR. Zlepšuje tak odolnosť proti oderu, odolnosť za nízkych teplôt a elasticitu. Hlavná oblasť použitia je pri výrobe pneumatík. Používa sa tiež k príprave húževnatého PS.

#### Izoprénový kaučuk (IR)

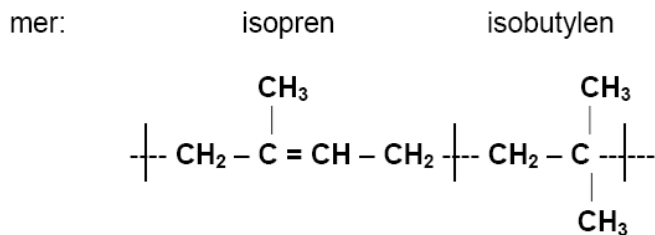


IR sa vyrába roztokovou polymeráciou a vlastnosťami je najviac podobný prírodnému polyizoprenu (NR). Uplatňuje sa na vstrikované výrobky. Je výhodné ho použiť pre



NBR je kopolymer butadienu a akrylonitrilu. Vyrába sa emulznou polymeráciou za studena alebo za tepla. Má významné využitie v automobilovom priemysle, pretože sa postupne vyžaduje materiál so zlepšenou odolnosťou proti stárnutiu za tepla.

### Butylkaučuky (IIR)



IIR kopolymery izobutilénu s 1 až 3% izoprénom. IIR neobsahujú dvojné väzby a preto sa pri polymerácii pridáva izoprén. Uplatňujú sa najmä v stavebníctve pre strešné krytiny, izolačné fólie a pri výrobe pogumovaného textilu.

### Akrylátové kaučuky

Patria tu polymery esterov kyseliny akrylovej a ich kopolymery s inými monomermi. Používajú sa pre lepenie skla, oceli, textilu, pre tesnenie v automobilovom a leteckom priemysle, ďalej pre teplovzdorné dopravné pásy a pre izoláciu káblov.

### Silikonové kaučuky (Q)

Špeciálny druh kaučukov. Pevnosť silikónu je pomerne nízka. Bežne sa používa v rozmedzí teplôt od -60 do +180°C, majú vynikajúcu odolnosť proti ozónu, poveternosti, výborne elektroizolačné vlastnosti a zlepšenú odolnosť proti horeniu. Odolnosť voči kyselinám a zásadám nieje dobrá. Používa sa tam, kde sa vyžaduje vysoká tepelná odolnosť alebo veľká ohybnosť za nízkych teplôt. Hlavné použitie je pre letectvo, kozmonautiku, zdravotníctvo. Ďalej aj pre automobilový priemysel na zapaľovacie káble, tesnenia a hadice.

## 2 PRÍPRAVA KAUČUKOVÝCH ZMESÍ PRED ZPRACOVANÍM

Surový kaučuk, ktorý prichádza do gumárenských závodov, je nutné pred ďalším spracovaním plastikovať do určitého stupňa, aby bol schopný prijímať prísady a bol dobre spracovateľný danou technológiou.[6]

### 2.1 Plastikácia kaučuku

V priebehu plastikácie sa znižuje molekulová hmotnosť kaučuku, čo umožňuje a zlepšuje priebeh ďalších technologických operácií – miešanie, vytlačovanie, lisovanie, nadúvanie, konfekcia a príprava roztokov. Plastikáciu je treba viesť len do takého stupňa, ktoré je nevyhnutné pre úspešné spracovanie. Nadmernou plastikáciou sa zhoršujú mechanické vlastnosti vulkanizátov a zhoršuje sa i odolnosť proti únave a starnutiu. Plastikácia na dvojvalci, v hnetiči alebo v šnekovom plastikačnom stroji vyžaduje značné množstvo energie, nákladné strojné zariadenie, veľký počet pracovných síl. Sú dve možnosti, ako odstrániť alebo zmenšiť tieto nároky: buď spracovávať kaučuky regulované pri polymerácii tak, aby boli priamo spracovateľné alebo maximálne skrátiť dobu plastikácie. Čo dosiahneme zavedením plastikačných činidiel. [6]

Hlavné faktory ovplyvňujúce výslednú plasticitu kaučuku:

Pri plastikácii na dvojvalci:

- množstvo kaučuku na valcoch
- priemer valcov
- obvodová rýchlosť valcov
- sklzový pomer
- šírka štrbiny medzi valcami
- teplota kaučuku
- druh a koncentrácia plastikačného činidla
- doba plastikácie

Pri plastikácii v hnetiči:

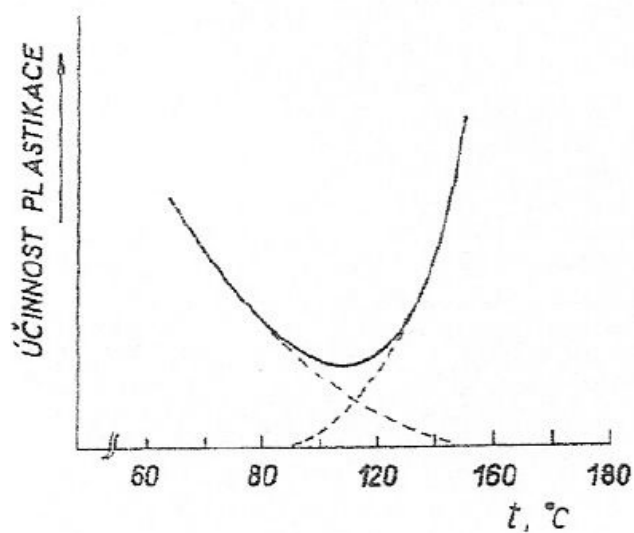
- rozmery hnetiča
- geometria hnetadiel
- šírka štrbiny medzi chrbtom rotorov a stenou komory
- stupeň zaplnenia hnetiča
- tlak na horný uzáver
- otáčky hnetadiel
- teplota kaučuku
- druh a koncentrácia plastikačného činidla
- doba plastikácie [6]

## 2.2 Mechanizmus plastikácie

Mechanizmus plastikácie 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 rekombinovať za vzniku stabilnej molekuly. Tento prípad nastáva v inertnej atmosfére, keď nedochádza k plastikácii. V atmosfére obsahujúcej kyslík dochádza k rýchlej reakcii voľných radikálov s molekulami kyslíka. Kyslík tak bráni rekombinácii voľných radikálov vzniknutých pretrhnutím molekúl kaučuku.

Pretože účinnosť mechanického trhania molekúl kaučuku s teplotou klesá, plastikácia sa spomaľuje. Konce molekúl sa ľahko vyvliekajú z okolitého zovretia, takže pri určitej teplote, šmykovým rýchlostiam a prístupu kyslíku 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 sa vysvetľuje tým, že v ľavej vetve krivky sa znižuje účinnosť mechanického trhania molekúl a v pravej vetve krivky sa zväčšuje účinok tepelnej oxidačnej degradácie polyizoprénových reťazcov.

Preto sa kaučuk plastikuje na dvojvalci pri pokiaľ možno nízkej priemernej teplote, čo však vyžaduje účinné chladenie. [6]



Obr. 2 Účinnosť plastikácie v závislosti na teplote

### 2.3 Zloženie kaučukovej zmesi

Kaučuková zmes sa z pravidla skladá zo zložiek:

- elastomer
- vulkanizačné činidlo
- urýchľovač vulkanizácie
- aktivátor vulkanizácie
- ochranné látky proti únave a starnutiu
- plnivá
- zmäkčovadlá
- pigmenty
- nadúvadlá



### **Vulkanizačné činidlá**

Sú látky, ktoré vytvárajú pomocou chemických reakcií medzi molekulami kaučuku priečne väzby. Pomocou nich sa zlepšujú vlastnosti kaučuku ako pevnosť, pružnosť, odolnosť voči teplotám, rastie tvrdosť a znižuje sa ťažnosť a trvalá deformácia. Najbežnejšie používané činidlá sú napr.: síra, selén, telúr, peroxidy, kovové kysličníky, diamíny, atď.

### **Urýchľovače vulkanizácie**

Význam urýchľovača spočíva najmä v urýchlení vulkanizácie. Ďalším dôvodom je zvýšená efektívnosť viazania síry a tým aj zlepšenie tepelnej odolnosti a odolnosti voči starnutiu. Delíme ich podľa rýchlosti vulkanizácie od pomalých (aminy, guanidiny) po ultraurýchľovače (ditiokarbamáty, xantogenáty). Samozrejme sú kladené nároky, aby nemali nepriaznivé účinky na vlastnosti zmesí.

### **Aktivátory vulkanizácie**

Aktivátory sa používajú pre zvýšenie sieťovacej účinnosti vulkanizačného systému, pretože síra ako taká by bola nedostatočným vulkanizačným činidlom. Ako aktivátory sa používajú rôzne typy oxidov kovov: ZnO, PbO, MgO, CaO, atď.

### **Ochranné látky proti starnutiu a únave (antidegradanty)**

Starnutie elastomerov a vulkanizátov je prirodzené. Našou úlohou je spomaliť alebo dočasne spomaliť priebeh starnutia. Dosahujeme to povrchovou úpravou alebo pridaním antidegradentov. Rozdeľujeme ich na antioxidanty, antiozonanty, UV absorbéry, atď.

### **Plnivá**

Hlavným dôvodom použitia plnív je úprava spracovateľnosti zmesí a fyzikálne mechanických vlastností vulkanizátov. Ďalší dôvod je ekonomický. Použitím lacnejších

plnív sa znižuje cena výrobku. V praxi rozdeľujeme plnivá na sadze, svetlé plnivá a ostatné.

### **Zmäkčovadlá**

Zmäkčovadlá sa pridávajú do zmesí z dôvodu lepšej spracovateľnosti pri miešaní. Ďalšie dôvody sú: zlepšenie disperzie plnív a prísad, zníženie teploty pri miešaní a tým aj zníženie spotreby energie, úprava fyzikálnych a mechanických vlastností.

### **Pigmenty**

Pigmenty sa používajú k zafarbovaniu zmesí. Najskôr boli používané minerálne pigmenty, ktoré umožňovali iba obmedzené odtiene zafarbenia. Teraz sa viac používajú organické pigmenty, ktoré sú síce drahšie, ale umožňujú väčší rozsah zafarbenia. Pigmenty nesmú mať nepriaznivý vplyv na fyzikálne a mechanické vlastnosti kaučuku.

### **Nadúvadlá**

Požívame niekoľko druhov nadúvadiel. Sú to látky, ktoré sa pri vyšších teplotách počas vulkanizácie rozkladajú, za vzniku plynov. Teplota rozkladu a objem plynov závisí predovšetkým na druhu použitého nadúvadla.

### 3 ZPRACOVANIE KAUČUKOVÝCH ZMESÍ

#### 3.1 Miešanie kaučukov

Miešanie kaučukov je najdôležitejší výrobný proces gumárenskej technológie, pretože spracovanie zmesi, vlastnosti výrobku a ekonomika výroby závisí na kvalite zmesi. Miešanie musí byť prevedené tak, aby boli jednotlivé zložky v každom objeme zmesi rovnomerne rozložené. Naopak u niektorých zmesí sa vyžaduje nerovnomerné rozloženie pre zlepšenie niektorých vlastností ako napríklad odolnosť voči oderu a vysoká elektrická vodivosť. Problém pri miešaní nastáva kvôli rozdielnym vlastnostiam jednotlivých zložiek.

Kaučuky sa za pokojovej teploty chovajú ako podchladené kvapaliny. V priebehu miešania vykazujú viskoelastické chovanie, ktorého charakteristiky značne závisia na teplote.

Plnivá sú prášky, ktoré po zamiešaní do kaučuku významne ovplyvnia jeho tokové chovanie. Behom miešania sa musia aglomeráty tvorené časticami plniva rozpadnúť. Vzniknuté častice musia byť zapracované do kaučuku a rovnomerne rozdelené v zmesi.

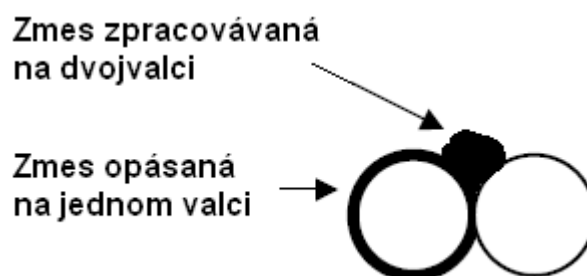
Zmäkčovadlá sú najčastejšie kvapaliny alebo pasty. Pri miešaní je potreba zaistiť čo najväčšiu plochu dotyku medzi kaučukom a zmäkčovadlom, aby difúzia zmäkčovadla do kaučuku prebehla čo najrýchlejšie. Difúzia nasledovne prebieha v mikroskopickom merítku aj v zamiešanej kaučukovej zmesi, takže zmes po zamiešaní niekoľko dní „dozrieva“.

Gumárenské chemikálie sa dávajú v rôznych podobách (od práškov cez pasty až po kvapaliny). Tiež chemikálie je nutné v kaučukovej zmesi dôkladne rozmiešať, čo je komplikované tým, že sa chemikálie do zmesí pridávajú v malých množstvách a sú často tepelne nestále. Aj malý rozdiel v koncentrácii chemikálií môže pritom spôsobiť veľký rozdiel v kvalite kaučukovej zmesi. [3]

Pri miešaní sa vyžaduje dobré riadenie teploty behom miešania a čo najkratšia doba miešania. Miešanie kaučukových zmesí je možné pripravovať na dvojvalcových strojoch, v hnetičoch či v kontinuálnych hnetičoch.

### 3.1.1 Dvojvalcový stroj

Miešanie na dvojvalci je najstarší spôsob prípravy kaučukových zmesí, ktorý sa používa už od vzniku gumárenského priemyslu. Príprava zmesí je však týmto spôsobom relatívne pomalá a veľkosť miešanej dávky je malá. Dnes patrí už k prekonaným technológiám. Používa sa iba pre prípravu špeciálnych zmesí v malom množstve, pre farebné zmesi s vysokými nárokmi na dodržanie odtieňa a zmesí pre hubovú pryž. Dvojvalce pozostávajú z dvoch masívnych horizontálnych navzájom rovnobežných kovových valcov, ktoré sa otáčajú proti sebe. K temperovaniu valcov sa používa para alebo voda. Vzdialenosť medzi valcami, tzv. štrbina a niekedy aj rýchlosti valcov sú nastaviteľné. Pri priechoch štrbinou medzi valcami dochádza k miešaniu materiálu za vysokých šmykových rýchlostí. Zadný valec sa zvyčajne otáča rýchlejšie než predný valec, čo ďalej zvyšuje šmyk v spracovávanom materiály. Spracovávaný materiál vytvára pás na prednom, pomalšom valci. Niektoré materiály majú tendenciu prechádzať na zadný valec, čomu sa zamedzuje vhodnou povrchovou teplotou alebo zmenou rýchlosti jednotlivých valcov.



Obr. 3 Schéma dvojvalca

Pomer rýchlostí obidvoch valcov, tzv. frikčný pomer je najčastejšie daný konštrukciou dvojvalca, zvyčajne 1:1,05 až 1:1,2. Pre každú hmotu a účel vyhovuje iný sklz. [3]

### Výkon a kvalita

Výkon pri príprave kompletných zmesí na dvojvalci je nízky. Typické doby miešania je 20 až 40 minút a pripravovaná dávka neprekročí 200kg. Rýchlosť valcov sa volí s obsadím na bezpečnosť práce.

U pomalšieho valca býva 0,4 až 0,47 m.s<sup>-1</sup>, u rýchlejšieho 0,47 až 0,58 m.s<sup>-1</sup>. K pohonu sú použité asynchrónne motory, a to u malých strojov motory s kotvou nakrátko, u veľkých s kotvou krúžkovou o príkone 60 až 160 kW.

Zlepšiť kvalitu zmesí z dvojvalca je možné použitím dopredu pripravenej predzmesi kaučuku s prísadami. Rozdiely v kvalite zamiešaných kaučukových zmesí je tiež možné zmeniť čiastočnou automatizáciou procesu miešania na dvojvalci.[3]

## 3.2 Hnetiče

Hnetiče boli vyvinuté predovšetkým pre miešanie kaučukových zmesí, kedy miešanie na dvojvalcoch nestačilo plniť požiadavky výroby.

V gumárenskom priemysle sa hnetacie stroje používajú k:

- míchání směsí
- plastikaci přírodního a syntetického kaučuku
- regeneraci pryžového odpadu.

Miešanie zmesí je na rozdiel od dvojvalce do istej miery automatické. Hlavný miešací účinok nastáva medzi rotormi a stenou komory, kde v dôsledku zbiehavého tvaru rotoru ku stene dochádza k najväčšiemu strihovému účinku. Šírka štrbiny býva 6 – 7 mm. Určitá svetlosť medzi rotorom a komorou je predpokladom miešania, veľká svetlosť zhoršuje výkon a kvalitu zmesi. Rozdielna rýchlosť otáčania oboch rotorov a ich profil umožňuje

neustále prevracanie miešanej zmesi vo vnútri pracovného priestoru vo všetkých smeroch, čo urýchľuje jej homogenizáciu. K tomu prispieva aj čiastočné rozdelenie priestoru komory spodným uzavieracím trámcom na dve časti. Horný trámec drží zmes pod tlakom. Zmes je miešaná dvomi profilovými telesami, ktoré sa otáčajú proti sebe rôznou rýchlosťou, t.j. zo sklzom. Priemerná rýchlosť otáčania telies býva u provozných strojov 20, 30 alebo 40 otáčok za minútu. U laboratórnych strojov je rýchlosť otáčania oveľa vyššia, aby sa dosiahlo rovnakej obvodovej rýchlosti.

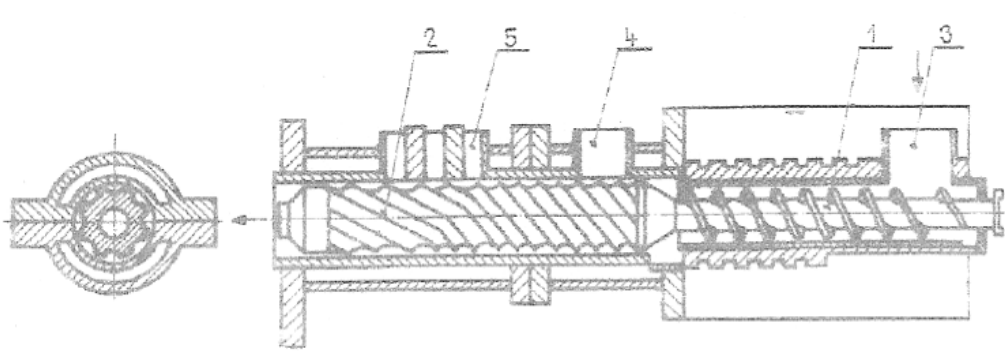
Aby zmes bola dobre zamiešaná, musí byť pracovný priestor stroja optimálne vyplnený. Množstvo zmesi sa volí v súlade s objemom komory a hustotou zmesi. Menšie dávkovanie neumožňuje rovnomerný tlak trámca na zmes, čo sa prejavuje ľahkou možnosťou jej rozpadu na drobnejšie kúsky. Pri veľmi malom dávkovaní stroj zmes nemieša vôbec. Naopak príliš veľké dávky sťažujú jej prevracanie vo všetkých smeroch, zhoršuje sa homogenita a stupeň disperzie. Vhodná dávka sa overuje porovnávacími skúškami. Priemerná doba miešania na štandardnom hnetacom stroji je 8 – 10 minút. [5]

### 3.2.1 Kontinuálne hnetiče

Požiadavky na zvyšovanie produkcie aj kvality pri príprave zmesí a úspor energie viedli k vývoju hnetičov a miešadiel s plynulým prevozom. Jedná sa o stroje pracujúce na princípe vytlačovacích strojov šnekových, u nich boli najrôznejšími úpravami odstránené niektoré nedostatky, ako napr. nedostatočný hnetací výkon atď. [2]

#### Hnetic Rotomil a Gordon

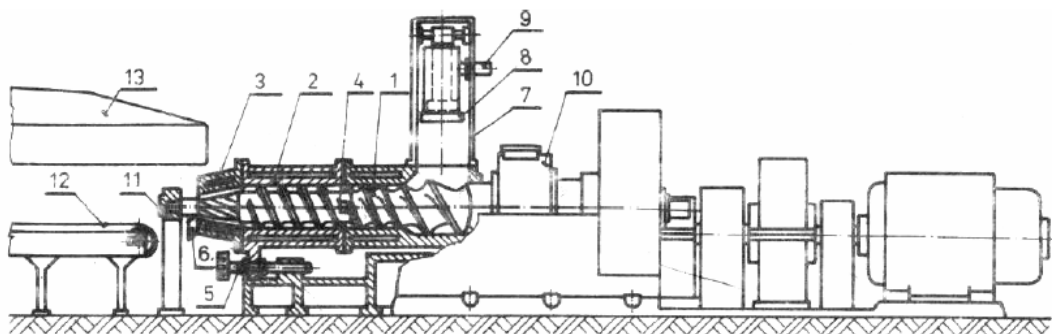
K príprave kaučukových zmesí bol vyvinutý jednošnekový hnetič Rotomil firmy Goodrich. Kaučuk vstupuje násypkou 3 do šneku 1, v ktorom sa rozpracuje a dopraví do miešacieho šneku 2, ktorý má závit s veľkým uhlom stúpania. Potrebné zložky zmesí sa dávkujú pomocnými plniacimi otvormi 4 a 5. Zamiešaná zmes sa plynule dodáva do vytlačovacej hlavy, kde sa formuje do vhodnej formy ( pás, granule apod.). [2]



Obr. 4 Hnetič „Rotomil“

1-šnek, 2-miešací šnek, 3-nárypka, 4,5- pomocné plniacie otvory

K plastikácii prírodného kaučuku sa používa šnekový hnetič Gordon. 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 polovine ja závit šneku prerušený a do tohto priestoru zasahujú profily 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 pneumaticky baran 8. K zaisteniu 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. [2]

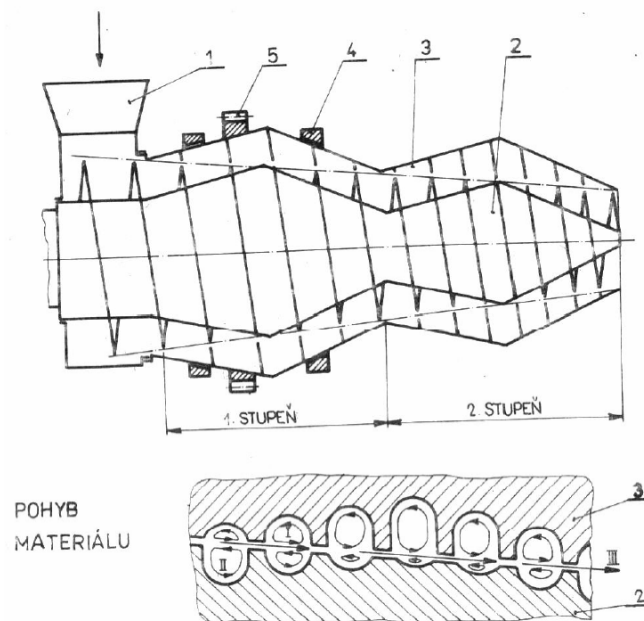


Obr. 5 Hnetič Gordon

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

## Hnetič Transfermix

Tento typ hnetiča má šnek kužeľového tvaru a hĺbka šnekového profilu sa po dielcoch 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. [2]



Obr. 6 Hnetič Transfermix

1-násypka, 2-šnek, 3-valec,

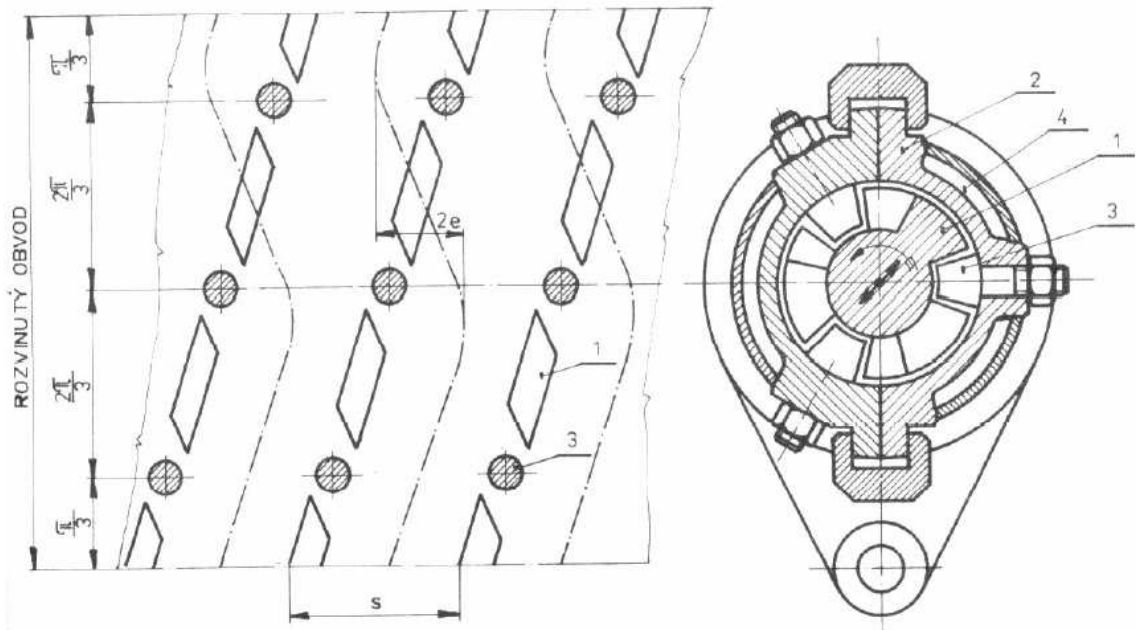
4-uloženie valca, 5-pohon valca

## 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. Hriadeľ 1 prechádza drážkovaným púzdom 2 a je uchytený v axiálnom uložení 5, ktoré je spojené ojnicami 4 s výstredníkmi 3. Otáčavý pohyb od



remence sa prenáša ozubenými prevodmi na výstredníkový hriadeľ a kužeľovými kolesami na púzdro 2. Hriadeľ 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. [2]



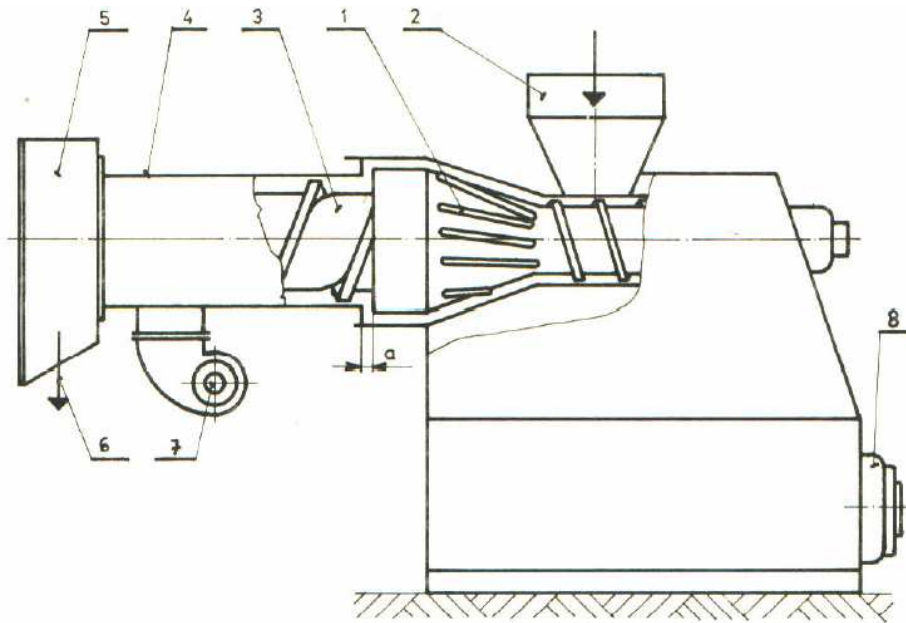
Obr. 7 Funkcia hnetiča KO

1-šnek, 2-pracovný valec,

3-čap, 4-temparačná komora

### Hnetiče pre prípravu granulátu

K príprave granulátu z mäkkého PVC sa používa plastikátor Wacker. V podstate ide o stroj s jedným šnekom špeciálnej konštrukcie. Z násypky 2 sa sypká zmes PVC a prísady dopravujú šnekom, ktorý je rozšírený do tvaru kolmého kužeľa. Na kuželi sú usporiadané šikmé výstupky. Želatinácia prebieha v tenkej vrstve, ktorá sa dá nastaviť axiálnym posuvom šneku. Želatinované častice sa dostávajú do šneku 3, ktorý sa ďalej homogenizuje a dopravuje do granulovacej hlavy 5. Pracovný valec 4 má elektrický ohrev a chladienie vzduchom, ktorý dodáva ventilátor 7. [2]



Obr. 8 Schéma plastikátora Wacker

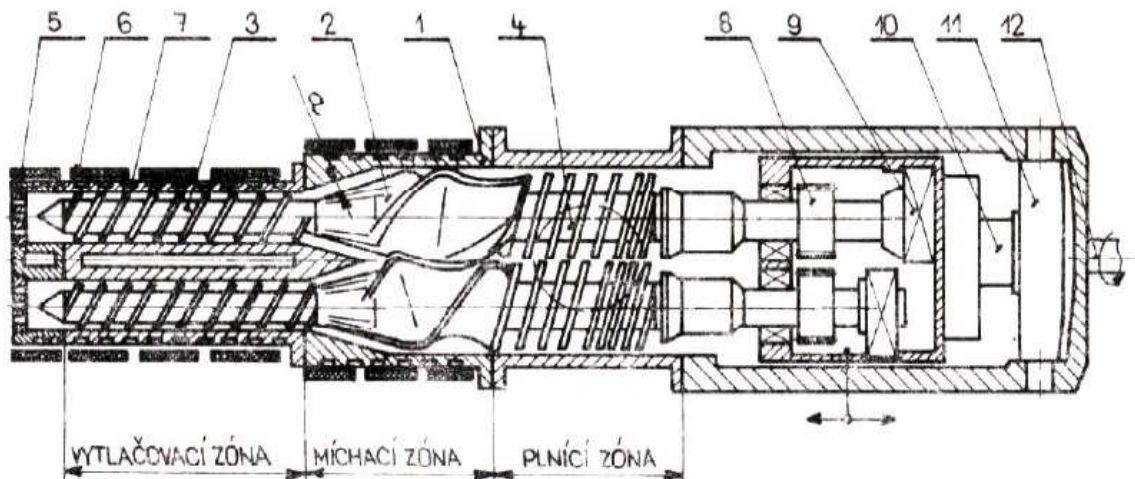
- 1- kužel so šikmými rebrami, 2-nárypka, 3- šnek, 4-valec,  
5-granulovacia hlava, 6-výstup granulátu, 7-chladiaci ventilátor, 8-pohon

### Hnetiče s dvoma šnekmi

Šneky môžu mať súhlasný alebo opačný zmysel otáčania a môžu mať rovnakú alebo rozdielnu dĺžku.

### Dvojšnekový stroj DSM

Šneky majú rovnaký zmysel otáčania a sú rovnako dlhé. V strednej časti sú vytvorené hnetadlá. Výstupné pásma tvoria šneky s menšími priermi. Prietok materiálu sa riadi nastavovaním štrbiny a axiálnym posuvom šneku pomocou hydraulického valca 10. Pohon šneku je riešený tak, aby sa ozubené kola 8 otáčali v rovnakom zmysle. Hnetacie a výstupné pásmo je opatrené vyhrievacími pásmi 6 a chladiacimi drážkami 7. [2]

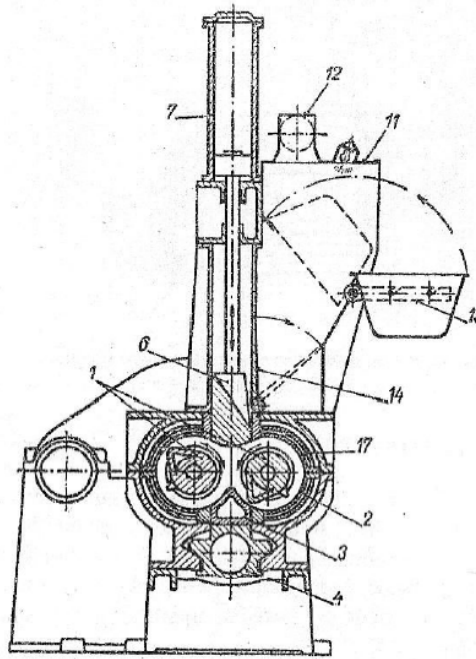


Obr. 9 Dvojšnekový stroj DSM

- 1-fréza, 2-hnetadlo, 3-vytlačovací šnek, 4-šnek, 5-vytlačovací hlava,  
 6-vyhrievací pás, 7-chladiace drážky, 8-ozubené kola, 9-axiálne ložiská,  
 10-hydraulický systém, 11-opierka, 12-centrálny pohon

### 3.2.2 Diskontinuálne hnetiče

Medzi diskontinuálne stroje patria hnetacie stroje typu BANBURY, ktoré sa využívajú od roku 1923. Ak ide behom miešania pôsobiť na spracovanú zmes tlakom, hovoríme o hnetacom stroji tlakovom. V opačnom prípade sa jedná o hnetacie stroje beztlakové, ktoré nepoužívajú horný uzáver a svojou koncepciou sa blížia koncepcií ťažkých miešacích strojov ramenových.



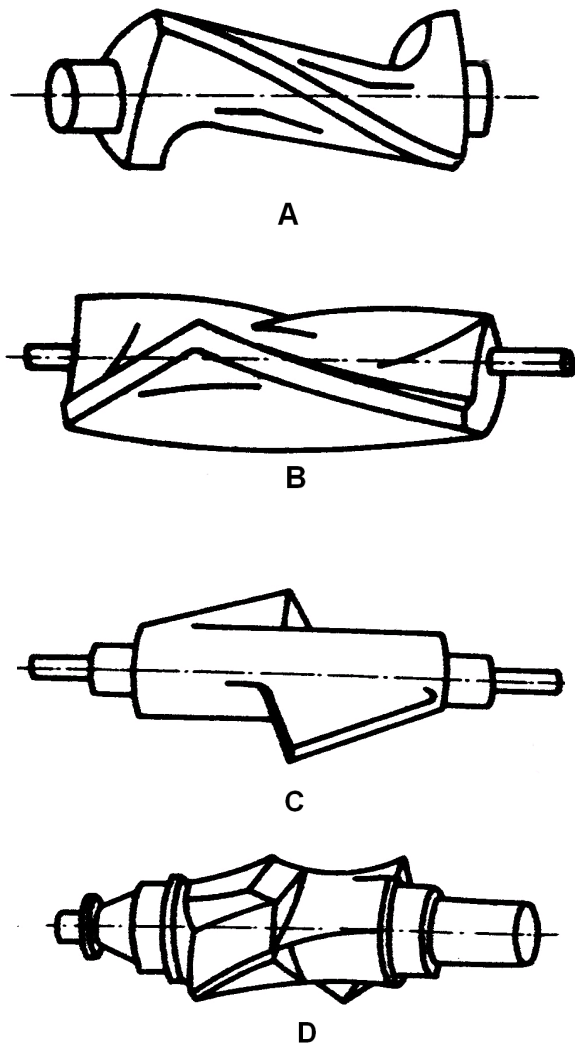
Obr. 10 Hnetací stroj typu Banbury

Werner a Pfleiderer)

- 1 – hnetadlá, 2 – hnetacia komora, 3 – spodný uzáver, 4 – pneumatický valec,  
 6 – horný uzáver, 7 – pneumatický valec, 11 – násypka, 12 – odsávacie potrubie,  
 14 – klapka, 15 –výklopné ústroje, 17 – priestor pre temperovacie médium

### 3.3 Hnetadlá

Pre miešanie kaučukových zmesí sa používajú rôzne druhy miechadiel a hnetadiel. Hnetadlá bývajú zhotovené v tvare skrutkový plôch, ktorými je spracovávaný materiál rozotieraný po vnútornom povrchu komory. Na každom hnetadle býva jedna plocha pravochoďá a druhá ľavochoďá. Tým dochádza k premiestňovaniu materiálu aj pozdĺž osy hnetadiel. Na prácu hnetadiel má vplyv ako vôľa medzi hnetadlami, tak vôľa medzi stenou hnetacej komory a hnetadlom. Hnetadlá sú buď oceľovo kované alebo liate z kokilovej liatiny. Za účelom zvýšenia odolnosti proti opotrebeniu sú veľakrát najviac namáhané hrany oceľových hnetadiel navarované tvrdým kovom - stelitom. Hnetadlá sú uložené pomocou klzných alebo valivých ložísk, ktoré sú od hnetacej komory oddelené upchávkou.



Obr. 11 Niektoré typy hnetadiel

A – jednoduché (štandardné, univerzálne), B– dvojlpatkové,

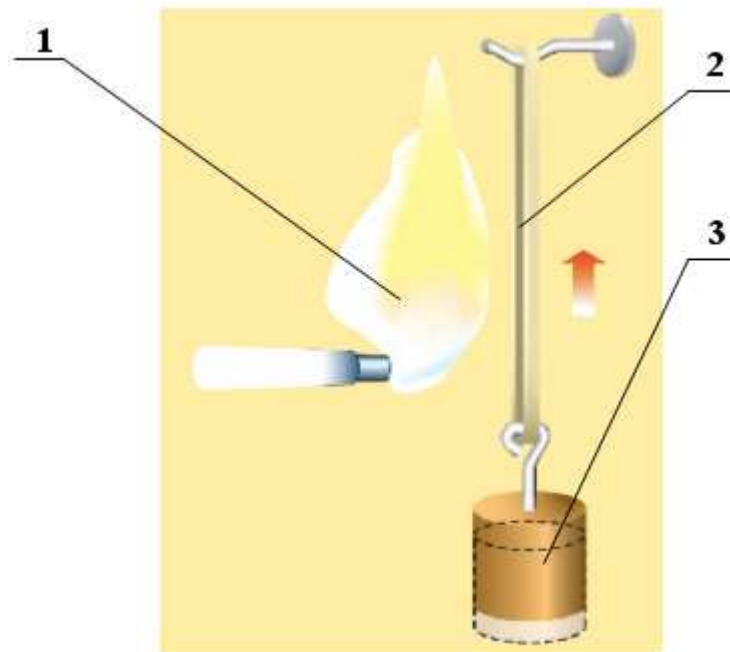
C – dvojlpatkové pre ťažko spracovateľné hmoty,

D – jednoduché pre spracovanie vláknitých hmôt,

## 4 EFEKT A SPRÁVANIE KAUČUKU

### 4.1 Gough-Joulov efekt

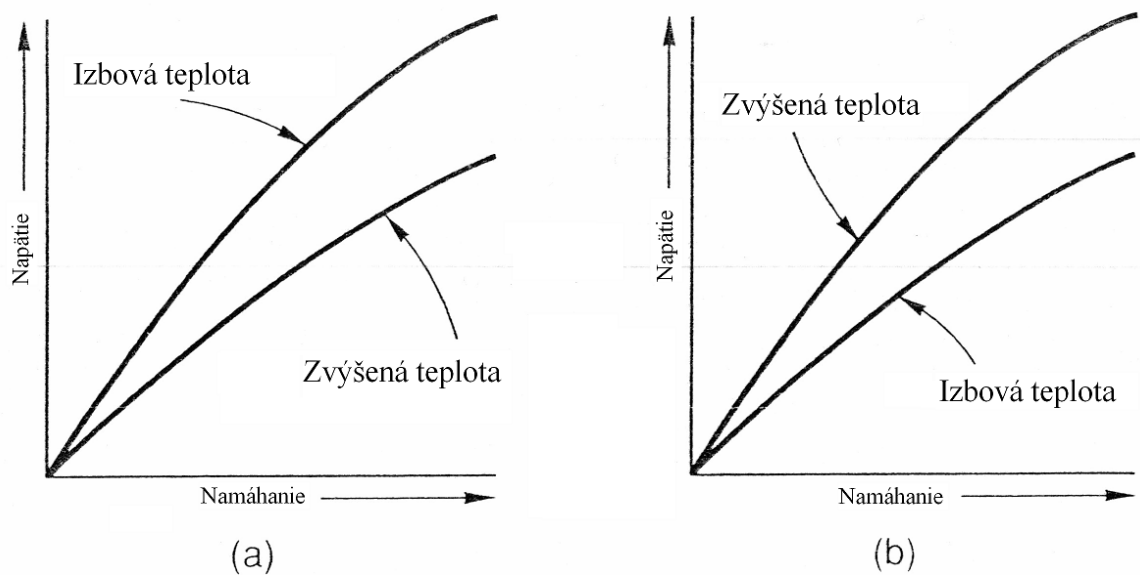
Pri spracovávaní kaučukov sa stretávame z javom zvaným Gough-Joulov efekt. Gough-Joulov efekt je založený na dvoch súvisiacich javoch. Prvý jav je, že na rozdiel od mnohých materiálov sa guma pri natiahnutí rýchlo ohrieva. Druhý jav je, že guma, ktorá je na jednom konci pevne upnutá a natáňovaná daným zaťažením sa stiahne pokiaľ je na nejakom mieste ohrievaná. Deje sa tak, pretože sa makromolekulárne reťazce v gume snažia dostať späť do menej napätového stavu. Gough-Joulov efekt je asi najdôležitejší pri navrhovaní tesniacich krúžkov, kde prílišné aplikované napätie v spojení s teplom v systéme môže spôsobiť stiahnutie tesniaceho krúžku, zadretie rýchlo sa točiaceho hriadeľa a zničenie zariadenia.[4]



Obr. 12 Gough-Joulov efekt

1 – plameň, 2 – guma, 3 - závažie

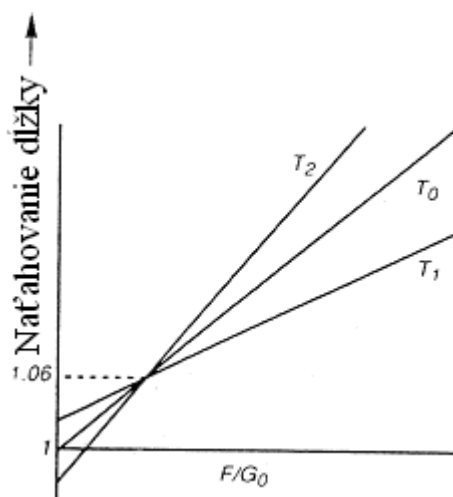
## 4.2 Správanie kaučuku



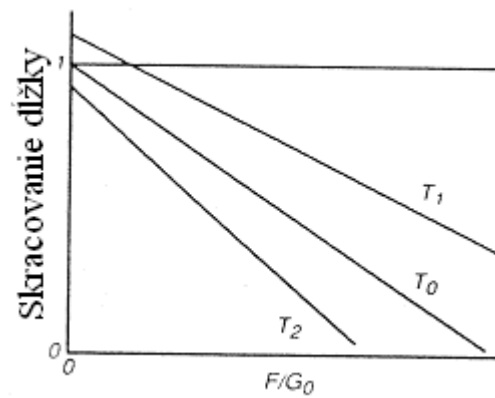
Obr. 13 Typické krivky závislosti napätie vs. namáhanie v izbovej a zvýšenej teplote.

Graf (a) ukazuje, že Gough-Jouleov efekt nemožno aplikovať.

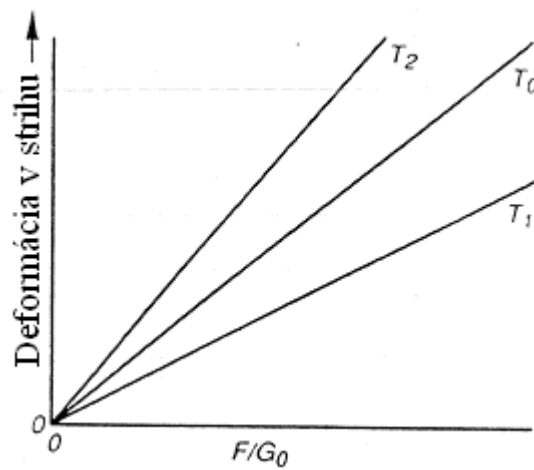
Graf (b) sa stotožňuje s Gough-Joulovým efektom.



Obr. 14 Naťahovanie



Obr. 15 Skracovanie



Obr. 16 Strih

Grafy popisujú vzťahy medzi silou a deformáciou kaučuku pod napätím pri rôznych teplotách, kde  $T_1 > T_0 > T_2$ . Sklon čiary je nepriamo úmerný absolútnej teplote.



## **II. PRAKTICKÁ ČASŤ**

## 5 POSTUP MERANIA PRAKTICKEJ ČASTI

### 5.1 Príprava zmesi na meranie

Vzorku kaučukovej zmesi dodala firma Barum Continental, spol. s.r.o. Zmes bola vo forme pásu o šírke 50 cm a hrúbke cca. 1 cm. Z dôvodu presnejšieho dávkovania a veľkosti hnetacej komory som zmes nastrihal na menšie kúsky.



Obr. 17 Nastrihané vzorky zmesi final NR/SR

### 5.2 Charakteristika zmesi

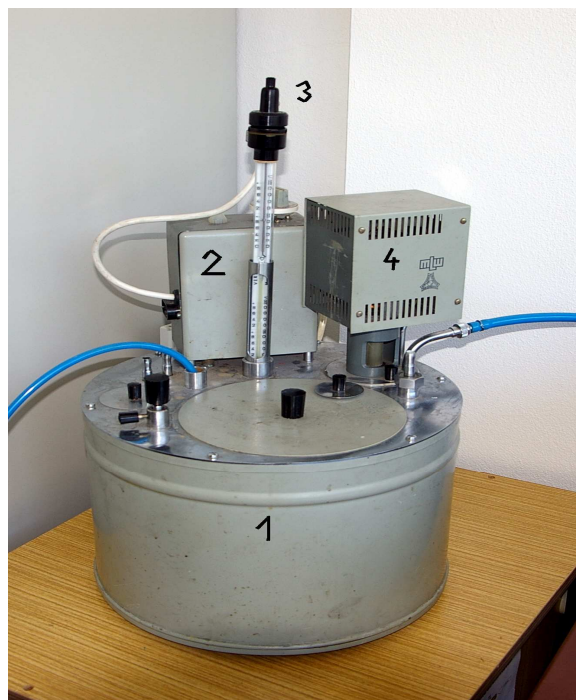
Na požiadavku firmy Barum Continental, spol. s.r.o. nebudem uvádzať názov zmesi podľa jej označenia. Vo svojej práci budem názov zmesi uvádzať ako zmes final NR/SR. Spolu so zmesou firma dodala aj zloženie zmesi, ale z dôvodu ochrany výrobného tajomstva neuviedli o aké hodnoty v zložení jednotlivých prísad sa jedná. Hodnoty sú teda iba orientačné, vid' Tab. 1.

Tab. 1 Zloženie kaučukovej zmesi final NR/SR

	final NR/SR
Prírodný kaučuk	29,4
Syntetický kaučuk	19,6
Sadze	36,8
Zmäkčovadlá	6,1
Aktivátory	3,2
Spracovateľské prísady	4,0
Vulkanizačné činidlá	0,9

### 5.3 Príprava laboratórneho zariadenia

Pred začatím samotného merania bolo nutné vytemperovať hnetaciu komoru na teplotu 80 °C. Teplota na požadovanú teplotu trvala asi 1 hodinu. Na vytemperovanie komory som použil temperačné zariadenie, ktoré sa skladá z teplomera, nádoby na vodu, vyhrievacieho zariadenia a miešadla s čerpadlom.



Obr. 18 Temperačné zariadenie

1-nádoba na vodu, 2-vyhrievacie zariadenie, 3-teplomer, 4-miešadlo s čerpadlom

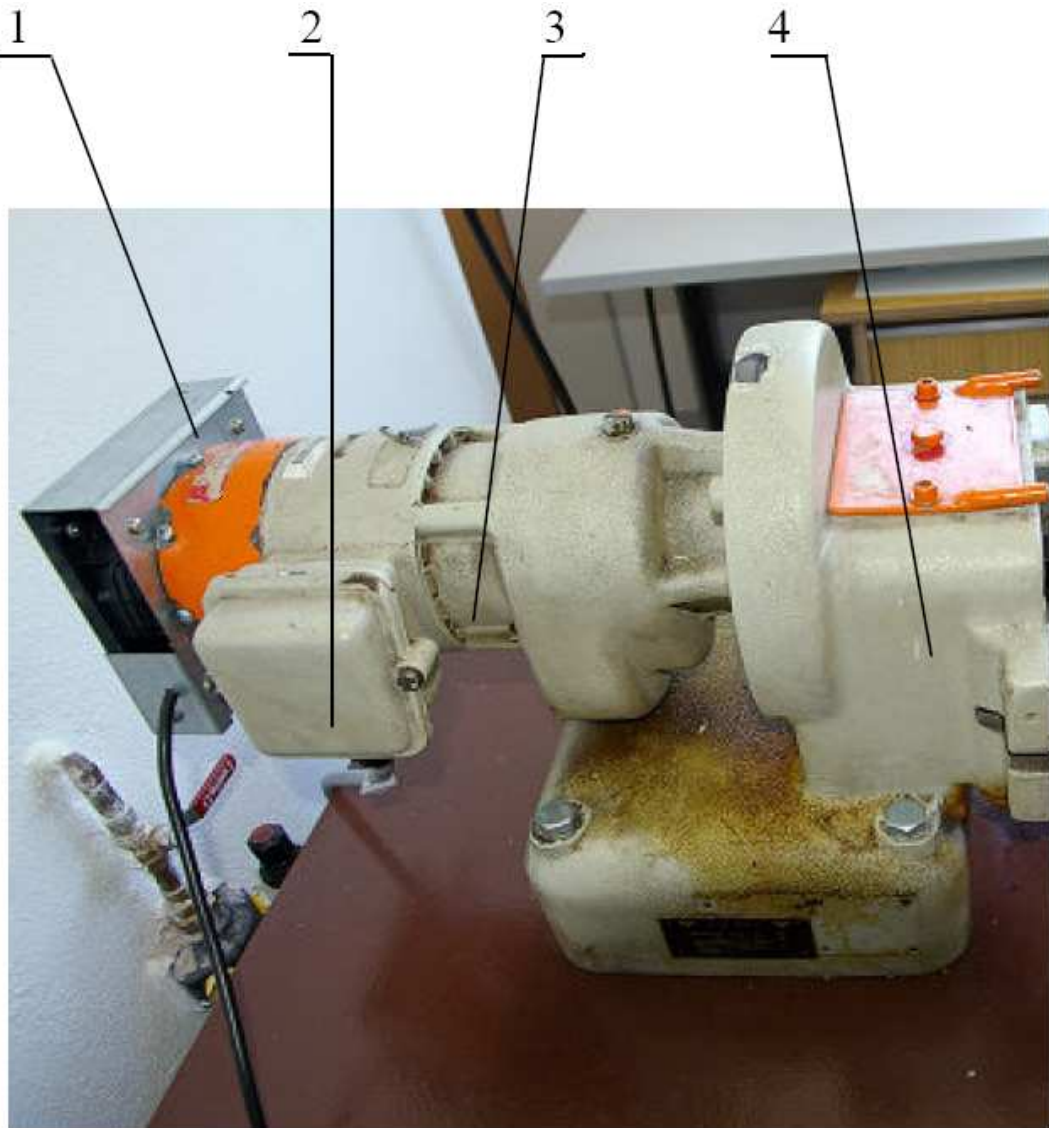
Počas temperovania som si navažoval vzorky zmesi na digitálnej váhe od firmy DENVER Instrument o presnosti 0,1g. Z dôvodu porovnateľnosti výsledkov museli mať vzorky rovnakú hmotnosť. Po dohode s mojím vedúcim bakalárskej práce, sme sa na základe objemu hnetacej komory rozhodli pre hmotnosť  $40 \pm 0,5$ g. Hnetacia komora by mala byť zaplnená zo 75% objemu.



Obr. 19 Digitálna váha

#### 5.4 Otáčky hnetadiel

Otáčanie hnetadiel zabezpečoval laboratórny miešací stroj typu Werner a Pfleider Luk1/0.5, ku ktorému bol napojený frekvenčný menič firmy EDTS. Frekvenčný menič slúžil na zmenu rýchlosti otáčania hnetadiel a na spustenie resp. zastavenie motora miešacieho zariadenia.



Obr. 20 Miešacie zariadenie typu Werner a Pfleider Luk1/0.5  
1-ventilátor, 2-prívod elektrickej energie, 3-motor, 4-prevodovka



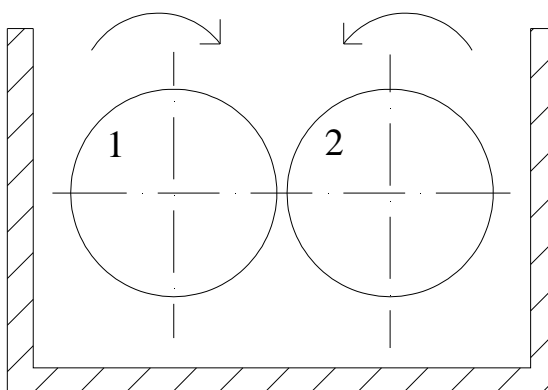
Obr. 21 Skriňa frekvenčného meniča

1-spustenie motora, 2-zastavenie motora, 3-zmena otáčok

Na miešanie zmesi v miešacej komore boli použité dve hnetadlá s protichodným smerom otáčania o rýchlosti otáčania v pomere 1/1,3.



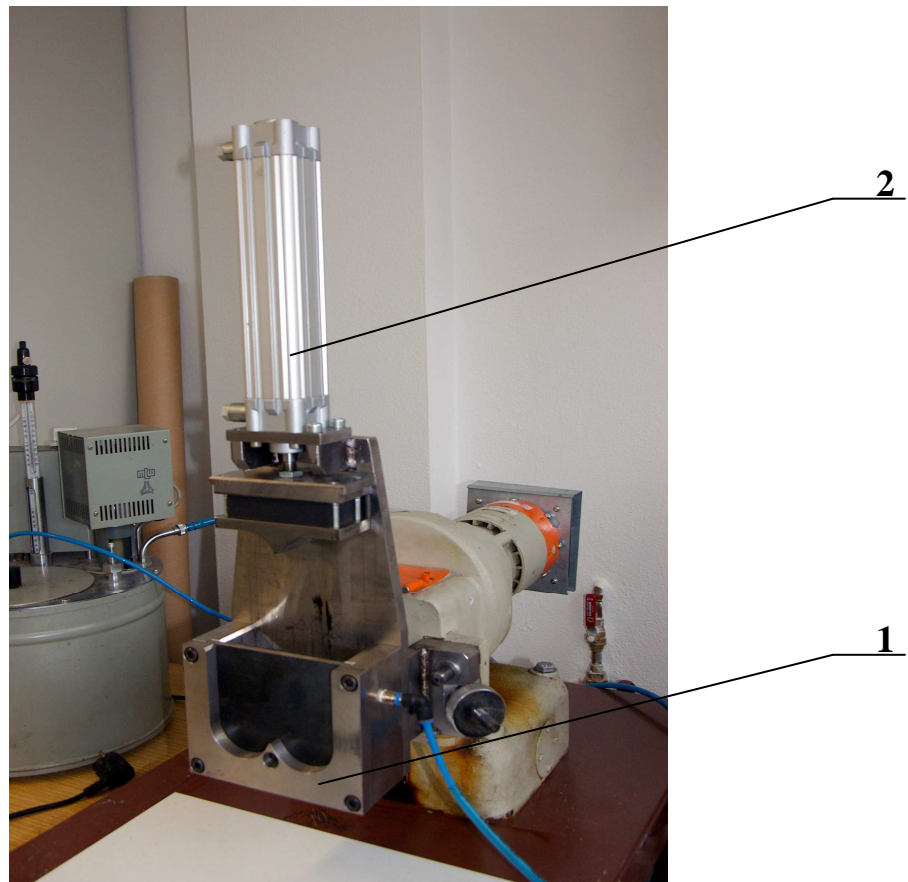
Obr. 22 Hnetadlá v hnetacej komore



Obr. 23 Zmysel otáčania hnetadiel

Tab. 2 Rýchlosti otáčania hnetadiel pri rôznych otáčkach motora

Hodnoty na frekvenčnom meniči	1. Hnetadlo [min <sup>-1</sup> ]	2. Hnetadlo [min <sup>-1</sup> ]	Priemerné otáčky [min <sup>-1</sup> ]
1.0	5,5	8,5	<b>7,00</b>
2.0	10,5	16,0	<b>13,25</b>
3.0	15,5	23,5	<b>19,50</b>
4.0	20,5	31,0	<b>25,75</b>
5.0	25,5	38,5	<b>32,00</b>
6.0	30,5	46,0	<b>38,25</b>
7.0	35,5	53,5	<b>44,50</b>
8.0	40,5	61,0	<b>50,75</b>
9.0	45,5	68,5	<b>57,00</b>



Obr. 24 Hnetacia komora

1-hnetacia komora, 2-pneumatický klát

Na frekvenčný menič bol napojený počítač, ktorý obsahoval program Easy-Drive. Tento software slúžil na zaznamenávanie a vyhodnocovanie hodnôt získaných z frekvenčného meniča.

Jeho pomocou môžeme zaznamenávať :

- otáčky motora
- zaťaženie motora
- výstupné napätie na motore
- prúd prechádzajúci motorom





Obr. 25 Teplomer s vpichovacím čidlom

Na odmeranie teploty vzorky som použil teplomer TESTO 110 s vpichovacím čidlom. Čidlo je vhodné na odmeranie teploty vo vnútri elastického materiálu. Jeho rozsah je  $-50$  až  $150$  °C a presnosť  $\pm 0,2$  °C.

## 5.5 Postup merania

Nastrihané vzorky zmesi som si navážil na hmotnosť  $40\text{g} \pm 0,5\text{g}$ . Vzorku som vložil do vytemperovanej hnetacej komory. Komoru som následne uzavrel pneumatickým klátom. Na frekvenčnom meniči som nastavil otáčky a spustil motor. Zároveň som spustil nahrávanie dát na programe Easy-Drive, ktorý snímal zaťaženie motora v závislosti na čase. Toto meranie prebiehalo cca 400 sekúnd. Po uplynutí časového intervalu som meranie ukončil tlačidlom STOP na frekvenčnom meniči a ukončením nahrávania dát na programe Easy-Drive. Následne som z komory vybral vzorku a pomocou teplomera TESTO 110 s vpichovacím čidlom som zmeral teplotu vzorky. Meranie som opakoval 4-krát, pre 5 rôznych rýchlostí otáčok.

Tab. 3 Namerané teploty zmesi final NR/SR pre priemerné otáčky 25,75 min<sup>-1</sup>

Č. merania	T vstupná[°C]	T výstupná [°C]			m vzorky [g]
1	23	67,6	65,9	61,8	39,8
2		70,1	74,6	73,8	40,3
3		67,8	74,4	73,4	40,5
4		67,8	72,4	72,6	39,8
		Ø T = 70,18 ± 4,02 °C			Ø m = 40,10 ± 0,36 g

Tab. 4 Namerané teploty zmesi final NR/SR pre priemerné otáčky 32,00 min<sup>-1</sup>

Č. merania	T vstupná[°C]	T výstupná [°C]			m vzorky [g]
5	23	75,4	72,8	76,0	40,5
6		73,8	82,8	82,2	40,1
7		79,8	80,7	76,7	39,5
8		77,6	80,5	80,7	40,1
		Ø T priemerná = 78,25 ± 3,32 °C			Ø m = 40,05 ± 0,41 g

Tab. 5 Namerané teploty zmesi final NR/SR pre priemerné otáčky 38,25 min<sup>-1</sup>

Č. merania	T vstupná[°C]	T výstupná [°C]			m vzorky [g]
9	23	79,9	81,2	81,3	39,8
10		80,6	82,6	82,3	39,7
11		82,7	86,0	84,5	39,7
12		78,5	80,2	81,5	40,3
		Ø T = 81,78 ± 2,04 °C			Ø m = 39,88 ± 0,29 g

Tab. 6 Namerané teploty zmesi final NR/SR pre priemerné otáčky 44,50 min<sup>-1</sup>

Č. merania	T vstupná[°C]	T výstupná [°C]			m vzorky [g]
13	23	87,2	87,0	86,7	40,5
14		83,9	86,3	86,0	40,3
15		83,5	87,0	85,4	40,4
16		82,6	84,7	83,0	40,0
		Ø T = 85,28 ± 1,68 °C			Ø m = 40,30 ± 0,22 g

Tab. 7 Namerané teploty zmesi final NR/SR pre priemerné otáčky 50,75 min<sup>-1</sup>

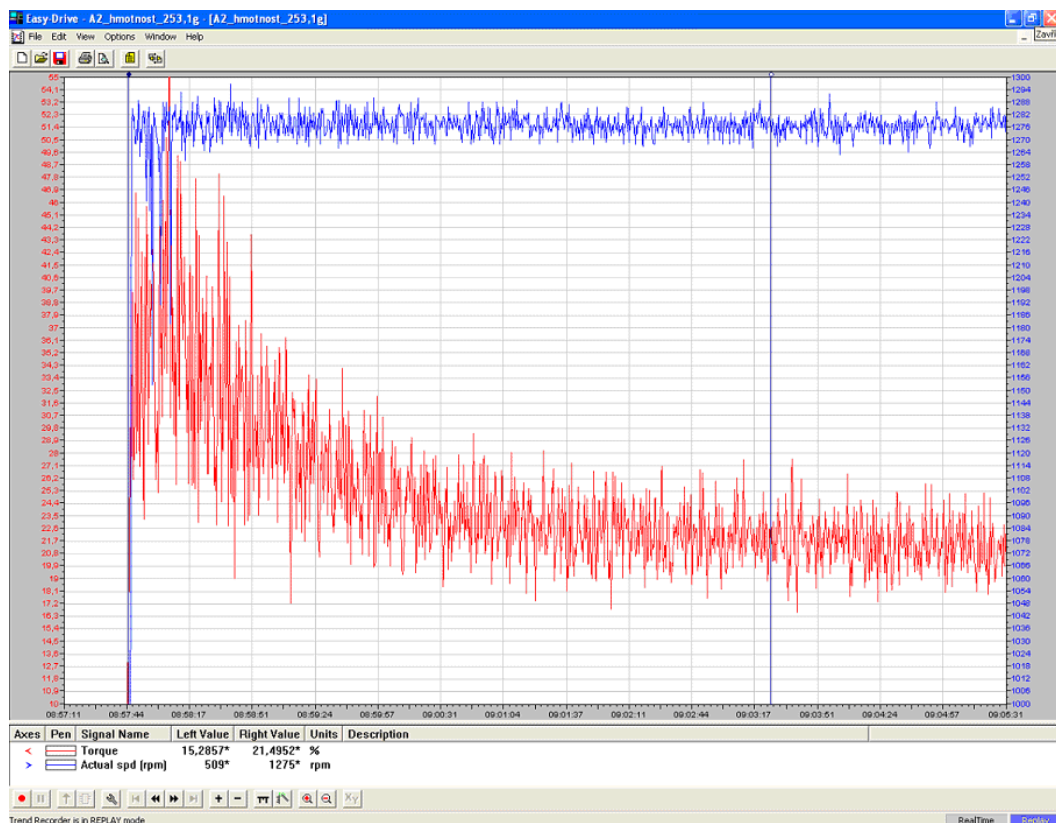
Č. merania	T vstupná[°C]	T výstupná [°C]			m vzorky [g]
5	23	86,0	86,4	88,2	40,0
6		87,9	90,9	90,8	40,3
7		87,1	88,7	88,4	39,7
8		87,6	86,0	87,5	40,2
		Ø T = 87,96 ± 1,62 °C			Ø m = 40,05 ± 0,26 g

## 6 VYHODNOTENIE MERANIA

Výsledkom merania boli grafy zaznamenávané programom Easy-Drive. Tieto grafy bolo nutné upraviť z dôvodu veľkého množstva hodnôt, nakoľko program Easy-Drive zaznamenáva vyše 20 hodnôt za sekundu. Dáta som teda exportoval do programu Microsoft Excel, kde som pomocou funkcie kľzavý priemer 255 krivky z grafu vyhladil. Kľzavý priemer v grafe spriemeruje kolísavé dáta a krivku z grafu znázorní zreteľnejšie.

Postup pridania kľzavého priemeru do grafu:

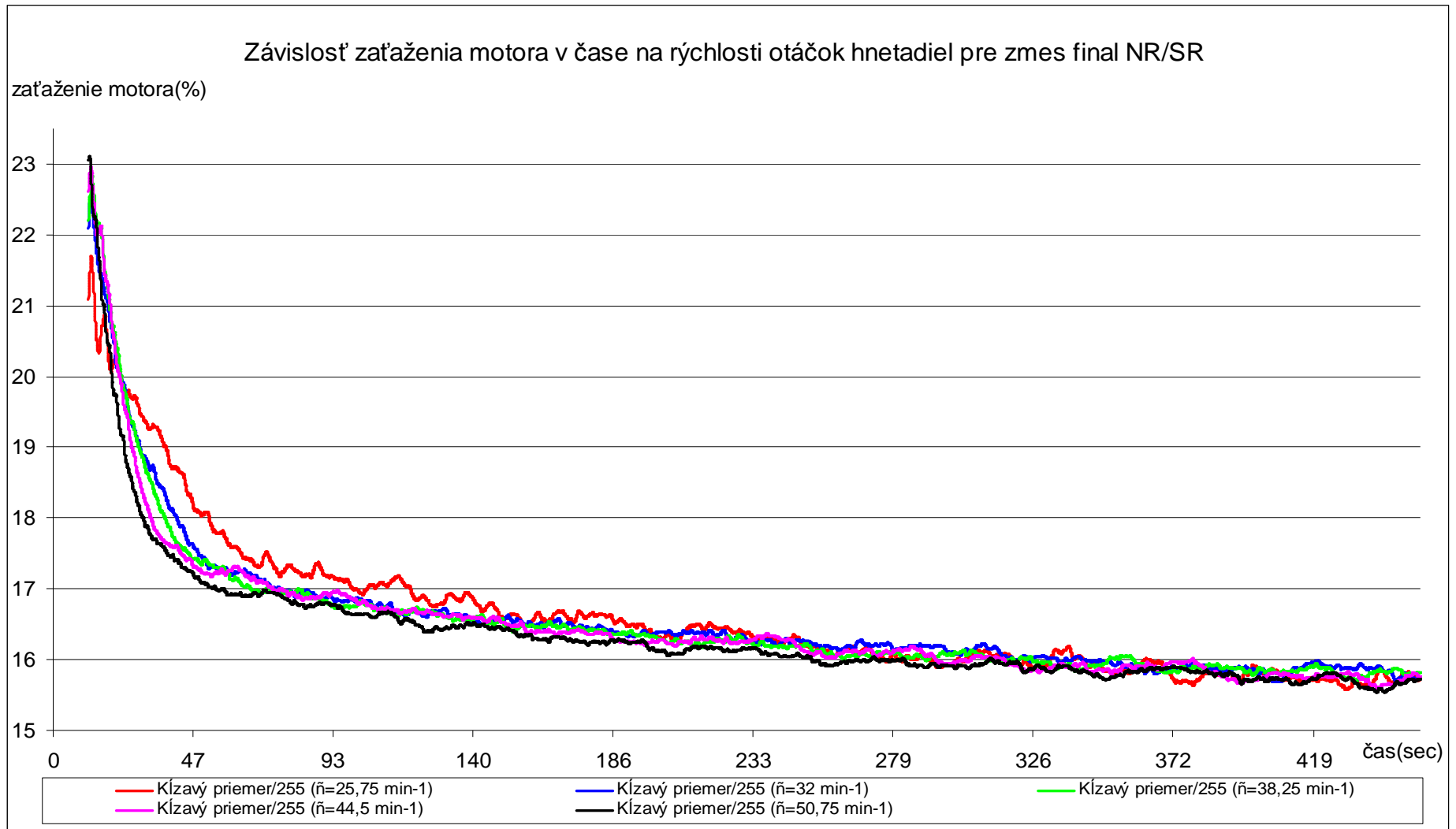
1. klikneme na dátovú radu, ku ktorej chceme pridať kľzavý priemer
2. v ponuke **Graf** klikneme na príkaz **Pridať spojnicu trendu**
3. v záložke **Typ** vyberieme **Kľzavý priemer**



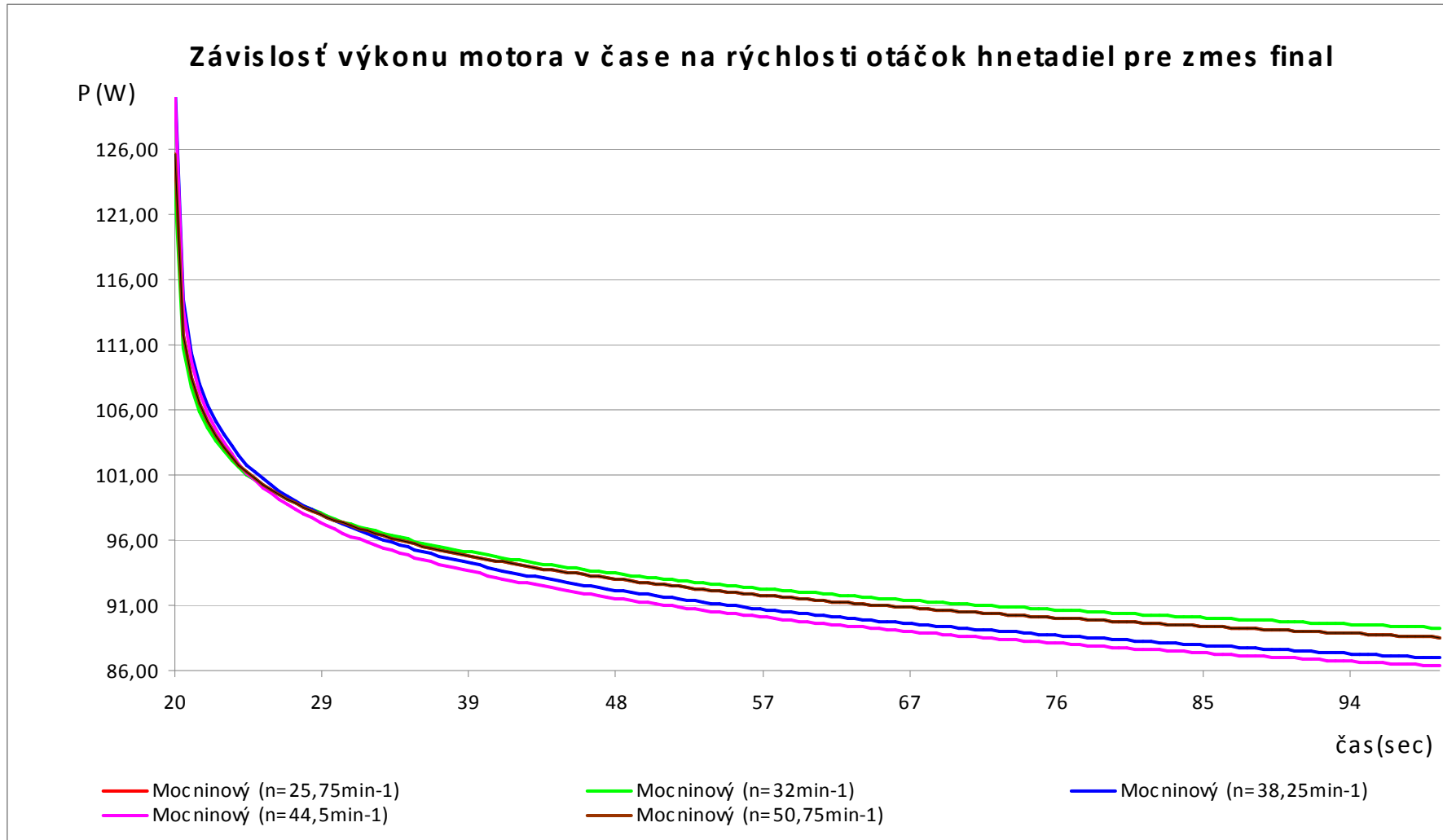
Obr. 26 Náhodný graf z programu Easy-Drive

Červená krivka znázorňuje zaťaženie motora a modrá krivka znázorňuje otáčky motora, vid' obr.23.

Graf 1 Závislost' zařazenia motora v čase na rýchlosti otáčok hnetadiel pre zmes final NR/SR



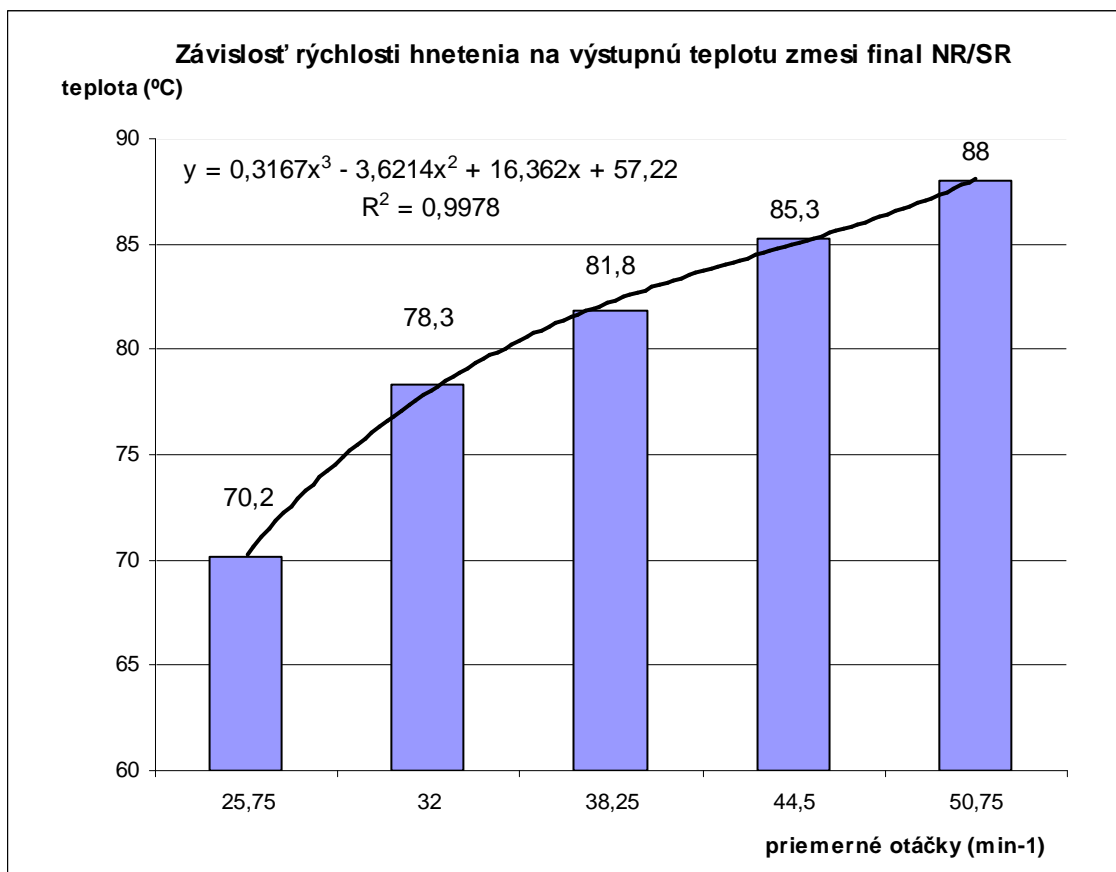
Graf 2 Závislost výkonu motoru v čase na rychlosti otáček hnetadiel pre zmes NR/SR



Pre jednotlivé otáčky som previedol štyri merania. Z nameraných hodnôt som získal priemerné hodnoty pre jednotlivé otáčky motora. Tieto hodnoty som použil na zhotovenie grafu závislosti zaťaženia motora v čase na rýchlosti otáčok hnetadiel pre zmes final NR/SR, vid' Graf 1. Z grafu je vidno, že pri priemerných otáčkach  $25,75 \text{ min}^{-1}$  je priebeh ustálenia zaťaženia motora zo začiatku nestabilnejší. Je to zapríčinené nízkymi otáčkami a tým aj pomalšou homogenizáciou kaučukovej zmesi. Z celkového hľadiska je tento rozdiel zanedbateľný.

Pre zreteľnejšie porovnanie kriviek z grafu 1 som zostrojil graf závislosti výkonu motora v čase na rýchlosti otáčok hnetadiel pre zmes final NR/SR, vid' Graf 2, ktorý zobrazuje meranie v úseku 20 až 100 sekúnd, čiže úsek v ktorom sú odchýlky kriviek najväčšie. Z grafu 2 vidíme, že po prepočítaní zaťaženia motora na výkon je rozdiel zanedbateľný. Plocha pod krivkami zobrazuje vykonanú prácu.

Graf 3 Závislosť rýchlosti hnetenia na výstupnú teplotu zmesi final NR/SR



## ZÁVER

Pri písaní mojej bakalárskej práce som sa zoznámil s druhmi kaučukov, ich vlastnosťami a využitím v praxi. Ďalej som sa venoval prísadám, spôsobom spracovania a rôznym typom zariadení, ktoré sa využívajú na miešanie kaučukových zmesí.

V praktickej časti som sa zaoberal vplyvom rýchlosti miešania kaučukových zmesí na parametre miešacieho zariadenia. Vzorku kaučukovej zmesi zabezpečila firma Barum Continental spol. s.r.o., ku ktorej dodala aj orientačné zloženie zmesi. Meranie som prevádzkal na laboratórnom hnetacom stroji typu Werner a Pfleider Luk 1/0.5. Zaznamenávanie nameraných hodnôt zabezpečoval program Easy-Drive. Priebeh experimentu trval do ustáleného stavu zaťaženia motora cca. 400 sekúnd.

Z grafu závislosti rýchlosti hnetenia na výstupnú teplotu zmesi final NR/SR môžeme vidieť, že zvyšovaním otáčok sa zvyšuje aj výstupná teplota kaučukovej zmesi, je to zapríčinené disipáciou kaučukovej zmesi v hnetacej komore. Pretože vulkanizačná teplota kaučuku je cca 120 °C, rýchlosť hnetenia by mala byť obmedzená, aby výstupná teplota nepresiahla túto hodnotu a nedošlo preto k nechcenej vulkanizácii .

Z grafu závislosti zaťaženia motora v čase na rýchlosti otáčok hnetadiel pre zmes final NR/SR je vidno, že pri nízkych otáčkach hnetadiel je proces homogenizácie zmesi dlhší a to spôsobuje pomalší prechod do ustáleného stavu zaťaženia motora. Z celkového hľadiska je však rozdiel zanedbateľný.

Z grafu závislosti výkonu motora v čase na rýchlosti otáčok hnetadiel pre zmes final NR/SR je vidno, že plochy pod krivkami sú zrovnateľné so zanedbateľným rozdielom. Z grafov 1 a 2 teda vyplýva, že závislosť rýchlosti miešania na kaučukovú zmes nemá vplyv na výkon motora.



**ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**

[1] **FRANTA, I. A KOLEKTIV:** *Gumárenská technologie I – Gumárenské suroviny*

3. vyd. Praha 1979

[2] **MAŇAS, M. – STANĚK, M. – MAŇAS, D.:** *Výrobní stroje a zařízení I – Stroje gumárenské a plastikářské I.* [Skripta] 1.vyd. Zlín 2007 – UTB ve Zlíně.

[3] **MALÁČ, J.:** *Gumárenská technologie.* Dostupné z WWW

<<http://www.home.karneval.cz/0323339201/>>

[4] **INTERNET:** <http://www.rlhudson.com/O-Ring%20Book/selecting-thermal5.html>

[5] **FRANTA, I. A KOLEKTIV:** *Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže*

2. vyd. Praha 1969

[6] **ŠPAČEK, J.:** *Technologie gumárenská a plastikářská II* [Skripta]

1. vyd. VUT v Brně 1980

[7] **INTERNET:** [http://www.seal-servis.sk/uvod\\_materialy.htm](http://www.seal-servis.sk/uvod_materialy.htm)

[8] **INTERNET:** <http://sk.wikipedia.org/wiki/Kaučukovník>

**ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A ZKRATIEK**

m	hmotnosť	[g]
P	výkon	[W]
n	otáčky	[min <sup>-1</sup> ]
F	sila	[N]
G	gravitačná sila	[N]
T	teplota	[°C]
final NR/SR	označenie kaučukovej zmesi	
PS	polystyrén	
atď.	a tak ďalej	
napr.	napríklad	
tzv.	tak zvané	
t.j.	to jest	
Ø	priemerná hodnota	
cca.	približne	
NR	prírodný kaučuk	
SBR	butadien-styrénový kaučuk	
BR	butadien kaučuk	
IR	izoprénový kaučuk	
EPM	ethylén-propylénový kaučuk	
CR	chloroprenový kaučuk	
NBR	butadien-akrilonitrilový kaučuk	
IIR	butyl kaučuk	
Q	silikónový kaučuk	
a pod.	a podobné	

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obr. 1 Čapovanie latexu [8].....	10
Obr. 2 Účinnosť plastikácie v závislosti na teplote .....	16
Obr. 3 Schéma dvojvalca .....	20
Obr. 4 Hnetič „Rotomil“ .....	23
Obr. 5 Hnetič Gordon .....	23
Obr. 6 Hnetič Transfermix .....	24
Obr. 7 Funkcia hnetiča KO .....	25
Obr. 8 Schéma plastikátora Wacker.....	26
Obr. 9 Dvojšnekový stroj DSM .....	27
Obr. 10 Hnetací stroj typu Banbury .....	28
Obr. 11 Niektoré typy hnetadiel.....	29
Obr. 12 Gough-Joulov efekt .....	30
Obr. 13 Typické krivky závislosti napätie vs. namáhanie v izbovej a zvýšenej teplote. ....	31
Obr. 14 Naťahovanie .....	31
Obr. 15 Skracovanie.....	32
Obr. 16 Strih .....	32
Obr. 17 Nastrihané vzorky zmesi final NR/SR.....	34
Obr. 18 Temperačné zariadenie .....	35
Obr. 19 Digitálna váha.....	36
Obr. 20 Miešacie zariadenie typu Werner a Pfleider Luk1/0.5.....	37
Obr. 21 Skriňa frekvenčného meniča.....	38
Obr. 22 Hnetadlá v hnetacej komore .....	38
Obr. 23 Zmysel otáčania hnetadiel .....	39
Obr. 24 Hnetacia komora.....	40
Obr. 25 Teplomer s vpichovacím čidlom .....	41
Obr. 26 Náhodný graf z programu Easy-Drive .....	44

**ZOZNAM TABULIEK**

Tab. 1 Zloženie kaučukovej zmesi final NR/SR.....	35
Tab. 2 Rýchlosti otáčania hnetadiel pri rôznych otáčkach motora .....	39
Tab. 3 Namerané teploty zmesi final NR/SR pre priemerné otáčky 25,75 min <sup>-1</sup> .....	42
Tab. 4 Namerané teploty zmesi final NR/SR pre priemerné otáčky 32,00 min <sup>-1</sup> .....	42
Tab. 5 Namerané teploty zmesi final NR/SR pre priemerné otáčky 38,25 min <sup>-1</sup> .....	42
Tab. 6 Namerané teploty zmesi final NR/SR pre priemerné otáčky 44,50 min <sup>-1</sup> .....	43
Tab. 7 Namerané teploty zmesi final NR/SR pre priemerné otáčky 50,75 min <sup>-1</sup> .....	43

**ZOZNAM GRAFOV**

Graf 1 Závislost' zat'azenia motora v čase na rýchlosti otáčok hnetadiel pre zmes final NR/SR .....	45
Graf 2 Závislost' výkonu motora v čase na rýchlosti otáčok hnetadiel pre zmes NR/SR .....	46
Graf 3 Závislost' rýchlosti hnetenia na výstupnú teplotu zmesi final NR/SR.....	47