

# Rýchlosť miešania kaučukových zmesí na parametry miešacieho zariadenia

František Židek

---

Bakalárska práca  
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **František ŽIDEK**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Vplyv rýchlosti miešania kaučukových zmesí na parametry miešacieho zariadenia**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literárne študium na danú tému
2. Navrhните technologický postup merania vplyvu rýchlosti miešania kaučukových zmesí na parametry 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:

**ŠPAČEK, Josef. Technologie gumárenská a plastikářská II 1. Vyd. Brno 1980**

**Vysoké učení technické v Brně, Fakulta technologická**

**FRANTA, I. A KOLEKTIV: Gumárenská Technologie I – gumárenské suroviny. 2.vyd.Praha 1979**

**MAŇAS, M. - TOMIS, F.: Výrobní stroje a zařízení – gumárenské a plastikářské stroje I, 1.vyd. Brno 1987 – VUT v Brně**

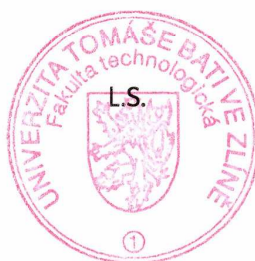
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Richard Pospíšil**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2008**

Termín odevzdání bakalářské práce: **6. června 2008**

Ve Zlíně dne 1. února 2008

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



  
doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Moja bakalárska práca sa zaoberá vyhodnotením vplyvu rýchlosti miešania na materiál T 426 pri jeho homogenizácii. Meranie sa vykonáva na laboratórnom miešacom stroji typu Werner a Pfleiderer Luk1/0,5. Na vyhodnotenie nameraných výsledkov slúži program Easy-Drive. Grafy získané z tohto programu sa exportovali do Microsoft Excel, kde sa upravili.

Kľúčové slová: elastomerné zmesi, kaučuk, hnetič, otáčky motora, miešanie

## **ABSTRACT**

My bachelor work works with the results of speed influence of material stirring T 426 in its homogenization. The measurement carries into effect on a laboratory stirring machine, type Werner and Pfleiderer Luk 1/0,5. There is a program Easy-Drive for evaluation the measured results. The graphs gained from this program were exported to Microsoft Excel, where they were arranged.

The key words: elastomers mixture, rubber, kneader, the motor rotation, stirring

## POĎAKOVANIE

Touto cestou by som rád poďakoval svojmu vedúcemu bakalárskej práce, pánovi Ing. Richardovi Pospíšilovi, za obetavý prístup, pripomienky, materiály a cenné rady pri tvorbe 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 Kysuckom Novom Meste, 10.1.2008

.....

František Židek

# OBSAH

ÚVOD.....	7
<b>I</b> <b>TEORETICKÁ ČASŤ .....</b>	<b>8</b>
<b>1</b> <b>ELASTOMERY.....</b>	<b>9</b>
1.1    PRYŽ .....	9
1.2    DELENIE ELASTOMEROV.....	9
1.2.1    Prírodný kaučuk .....	10
1.2.2    Syntetické kaučuky .....	10
<b>2</b> <b>PRÍPRAVA ZMESÍ A ZÁKLADNÉ SPÔSOBY JEJ SPRACOVANIA.....</b>	<b>13</b>
2.1    PLASTIKÁCIA KAUČUKU .....	13
2.1.1    Mechanizmus plastikácie .....	15
<b>3</b> <b>MIEŠANIE ZMESÍ.....</b>	<b>16</b>
3.1    DVOJVALCOVÝ STROJ.....	16
3.1.1    Valce .....	16
3.1.2    Pohon.....	17
3.2    VIACVALCOVÉ STROJE .....	18
3.3    VÝROBNÉ LINKY S VIACVALCAMI .....	18
3.4    HNETIČE.....	20
3.4.1    Kontinuálne hnetiče .....	21
3.4.2    Diskontinuálne hnetiče.....	26
<b>II</b> <b>PRAKTICKÁ ČASŤ.....</b>	<b>29</b>
<b>4</b> <b>CIEĽ BAKALÁRSKEJ PRÁCE .....</b>	<b>30</b>
<b>5</b> <b>POSTUP EXPERIMENTÁLNEJ ČASTI.....</b>	<b>31</b>
5.1    PRÍPRAVA VZORKU PRE MERANIE .....	31
5.2    ZLOŽENIE ZMESI.....	32
5.3    PRÍPRAVA LABORATÓRNEHO ZARIADENIA.....	33
5.4    ODSKÚŠANIE POŽADOVANÉHO MNOŽSTVA ZMESÍ PRE MERANIE.....	36
5.5    MERANIE.....	38
<b>6</b> <b>VYHODNOCOVANIE .....</b>	<b>40</b>
<b>ZÁVER .....</b>	<b>48</b>
<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....</b>	<b>49</b>
<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....</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

Vývoj v oblasti gumárenských surovin je veľmi rýchly. Počet druhov prísad používaných pri výrobe kaučukových zmesí ide do stoviek, niektoré z nich sú vzájomne zameniteľné, ale v rade prípadov majú jedinečné a nenahraditeľné vlastnosti. Skladba kaučukových zmesí umožňuje vyrábať mnoho materiálov s vlastnosťami, ktorých nie je možno doceliť žiadnym iným nekaučukovým materiálom.[1]

Základný a najdôležitejší proces v gumárenskej technológii je miešanie. Na rozdiel od technológie plastických hmôt, kde sa väčšina základných surovin spracováva priamo alebo len s malým množstvom prímiesí, obsahuje gumárenská zmes okrem kaučuku priemerne až desať zložiek. Účelom miešania je zaistiť čo najpresnejšie rozptýlenie týchto zložiek v kaučukovej zmesi.

Zmesi sa miešajú buď na dvojvalcoch, alebo v hnetacích strojoch, alebo v kontinuálnych zariadeniach.

Hnetacie stroje sa začali používať po roku 1920. Ich zavedením sa sledovalo predovšetkým zvýšenie produktivity pri miešaní. V gumárenskom priemysle sa využívajú k miešaniu zmesí, plastikácií prírodného a syntetického kaučuku a k regenerácii pryžového odpadu.

## **I. TEORETICKÁ ČASŤ**



## 1 ELASTOMERY

Kaučukovitý stav je definovaný ako vlastnosť hmoty deformovať sa vplyvom pomerne malých vonkajších síl o stovky % (niekedy i viac než 1000%), teda v rozsahu, aké iné materiály neumožňujú a po uvoľnení sily, ktoré tuto deformáciu spôsobujú, vrátiť sa do pôvodného stavu veľmi rýchlo a takmer úplne. Látky, ktoré sa správajú kaučukovito v širokom rozsahu teplôt, označujeme súborným názvom elastomery. Ako kaučuky obvykle označujeme tie elastomery, ktoré majú schopnosť sa zosieťovať (vulkanizovať) pôsobením vulkanizačných činidiel. Existujú však i termoplastické elastomery, ktoré nevyžadujú vulkanizáciu. Prepojenie makromolekúl sa u nich dosahuje fyzikálnymi väzbami.

Štruktúrne predpoklady pre kaučukovitú elasticitu sú:

1. Vysoká molekulová hmotnosť polymeru ( $10^4 \div 10^6$ ),
2. prevažne lineárne reťazce,
3. voľná otáčavosť okolo jednoduchých väzieb,
4. riedko rozmiestnené priečné väzby (chemické alebo fyzikálne). [1]

### 1.1 Pryž

Získava sa vulkanizáciou kaučukovitej zmesi, ich zloženie ovplyvňujú vlastnosti pryže.

Patrí medzi elastomery. Vyznačujú sa vysokou ohybnosťou a odolnosťou voči oderu.

### 1.2 Delenie elastomerov

- prírodný kaučuk
- syntetický kaučuk

### 1.2.1 Přírodní kaučuk

Je obsadený v mliečnej šťave latexu rôznych rastlín rastúcich v rovníkovej oblasti. Najväčší význam má strom kaučovník, ktorý sa vyskytuje v pásme pozdĺž rovníka, širokom asi 2000 km. Prevažná časť kaučuku pochádza z juhovýchodnej Ázie, Afriky a Južnej Ameriky.

Latex sa získava zo stromu čapovaním, tj. odrezaním tenkého pásu kôry šikmým rezom, čím sa narušia steny buniek a latex sa nechá pomaly 2-3 hodiny stekať do nádoby upevnenej pod rezom. Potom sa prelieva do vedier, väčších zásobníkov a odváža sa z plantáží do závodov, kde sa spracováva. A to buď zahustením, kde sa zbaví vody a vznikne latex, látka vhodná k výrobe pryžových výrobkov namáčaním, alebo zrážaním pomocou kyseliny mravčej či octovej, vzniknú tenké listy na dne vaničky. [4]

### 1.2.2 Syntetické kaučuky

*Butadienový kaučuk* – bol najprv vyrábaný syntetickým kaučukom vôbec – za katalýzy kovovým sodíkom alebo draslíkom. Význam majú predovšetkým pri výrobe pneumatík.

*Izoprenové kaučuky* – sú prvými syntetickými pripravenými produktmi, ktoré sa vlastnosťami bližia prírodnému kaučuku. Vyrábajú sa roztokovou polymeráciou, používajú sa predovšetkým Zieglerové katalyzátory. Uplatňuje sa pre vstrikované výrobky a taktiež pre výrobu pneumatík.

*Chloroprenový kaučuk* – má medzi kaučukmi výnimočné postavenie, pretože spojuje dôležité vlastnosti: veľkú elasticitu s odolnosťou proti olejom, malú horľavosť a veľmi dobrú odolnosť proti stárnutiu. Vyrábajú sa emulznou polymeráciou chlorbutadienu. Vyrábajú sa z neho dopravné pásy so zníženou horľavosťou, rôzne tesnenia pre automobilový priemysel, hadice, ploché a klínové remene atď.

*Butadiénstyrenové kaučuky* – sú najdôležitejším druhom syntetických kaučukov. Hlavným sprotrebitelom je pneumatikársky priemysel. Vyrábajú sa emulznou polymeráciou za tepla alebo za studena.

*Butadienakrylonitrilové kaučuky* – kopolymery butadienu s akrylonitrilom. Vyrábajú sa studenou emulznou polymeráciou. Majú všeobecné použitie, napr. sa z nich vyrábajú hriadeľové tesnenia a rôzne iné tesnenia odolné voči olejom, používajú sa k lepeniu kože, dreva, papiera.

*Etylénpropylénové kaučuky* – kopolymery etylénu s propylénom, majú náhodné rozdelenie jednotlivých merov v reťazci, čím sa ruší ich symetria a tým schopnosť kryštalizácie. Sú to kaučuky priehľadnej hmoty. Majú všeobecné použitie.

*Butylkaučuk* – roztokovou kationovov kopolymeráciou izobutylénu na polymer o vysokej molekulovej hmotnosti vzniká kaučukovitá hmota. Neobsahuje dvojne väzby a preto sa pri polymerácií pridáva malé množstvo izoprénu (1 – 4%). Používa sa pri výrobe pogumovaného textilu, vyhrievacích duší. V stavebníctve sa uplatňuje pre strešné krytiny a izolačné fólie, k výrobe káblov.

*Akrylátové kaučuky* – patria tu polymery esterov kyseliny akrylovej a ich kopolymery s inými monomermi. Používajú sa pre lepenie skla, hliníka, oceli, textilu, pre tesnenie v automobilovom a leteckom priemysle, ďalej pre teplovzdorné dopravné pásy, ploché remene, pre izoláciu káblov.

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

*Fluorouhlíkové kaučuky* – speciálním druhom kaučuku. Sú odolné proti ozónu, poveternostiam a mikroorganizmov, dobre odolávajú tiež oderu a trhaniu, v špeciálnych zmesiach odolávajú i ostrej pare. Používajú sa k výrobe len špeciálnych dielcov technickej pryže. Vyrábajú sa z nich tesnenia, hadice, manžety, membrány, spojky aparátúr vystavené vysokým teplotám v prostredí organických rozpúšťadiel.

*Polysulfidové kaučuky* – sú nasýtené, a preto výborné odolávajú ozónu a poveternostiam. Sú známe jako prvé synteticky vyrábané kaučuky. Vyrábajú sa polykondenzáciou. Majú všeobecné použitie.

*Silikonové kaučuky* – speciálnym druhom kaučuku. Východiacou látkou pre ich výrobu sú dialkylchlórsilany, ktoré sa získavajú priamou syntézou. Používajú sa v zdravotníctve pre rôzne drenáže a implantáty, špeciálne dopravné pásy pre potravinársky priemysel, pre výrobu tesnení, káblov, membrán atď. [1]

## 2 PRÍPRAVA ZMESÍ A ZÁKLADNÉ SPÔSOBY JEJ SPRACOVANIA

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. [1]

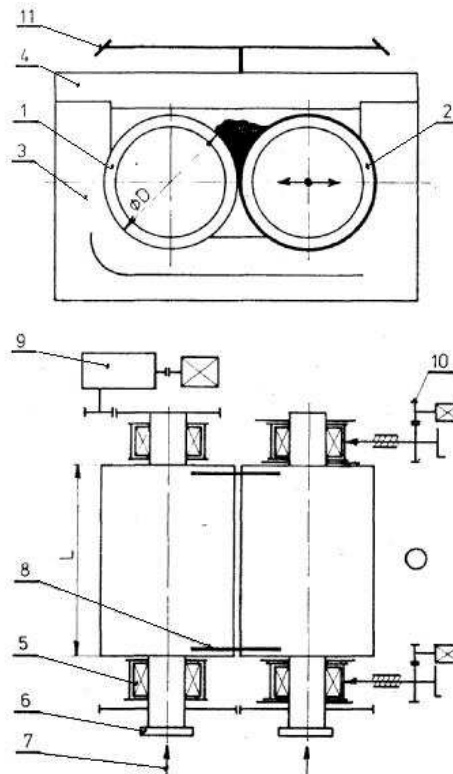
### 2.1 Plastikácia kaučuku

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 stárnutiu.

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 polymerácií tak, aby boli priamo spracovateľné alebo maximálne skrátiť dobu plastikácie. To je umožnené zavedením plastikačných činidiel.

Hlavné faktory, ktoré ovplyvňujú výslednú plasticitu kaučuku pri plastikácií na dvojvalci sú:

- množstvo kaučuku na valcoch
- priemer valcov
- obvodová rýchlosť valcov
- sklízový pomer
- šírka šterbiny medzi valcami
- teplota kaučuku
- druh a koncentrácia plastikačného činidla
- doba plastikácie [1]



Obr. 1. Dvojvalec

1 - zadný valec, 2 - predný valec, 3 - postranice, 4 - strmeň, 5 - ložisko, 6 – vyhrievacia hlava, 7 - prívod temperačného média, 8 - hradítka, 9 - pohon, 10 - stavané valce, 11 - bezpečnostné vypínanie

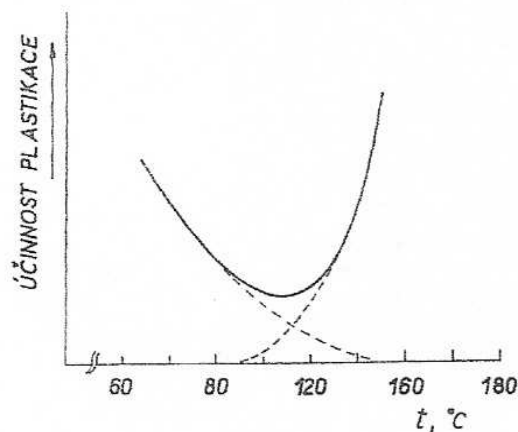
Pri plastikácii v hnetiči sa uplatňujú tieto faktory:

- rozmery hnetiča
- geometria hnetadiel
- šírka šterbiny medzi chrbtom rotora a stenou komory
- stupeň zaplnenia hnetiča
- tlak na horný uzáver
- otáčky hnetadiel
- teplota kaučuku
- druh a koncentrácia plastikačného činidla
- doba plastikácie [1]

### 2.1.1 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.

Účinnosť mechanického trhanie molekúl kaučuku s teplotou klesá, plastikácia sa spomaľuje. Konce molekúl sa ľahko vyvliekajú z okolného 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 trhanie molekúl a v pravej vetve krivky sa zväčšuje účinok tepelnej oxidačnej degradácie polyizoprenových reťazcov.



Obr. 2. Účinnosť plastikácie  
v závislosti na teplote

Preto sa kaučuk plastikuje na dvojvalci pri pokiaľ možno nízkej priemernej teplote, to však vyžaduje účinné chladenie.

V hnetiči sa kaučuk plastikuje pri teplotách 130 až 160°C . [1]

### 3 MIEŠANIE ZMESÍ

Príprava zmesí a zvlášť jej miešanie je jedným z najdôležitejších procesom v gumárenskom priemysle. Gumárenské zmesi je možno pripravovať na dvojvalcových strojoch, v hnetičoch alebo v kontinuálnych hnetičoch. [1]

#### 3.1 Dvojvalcový stroj

Miešanie na dvojvalcoch sa používa pre prípravu špeciálnych zmesí v malých množstvách, pre farebné zmesi s vysokými nárokmi na dodržiavanie otienu a zmesí pre hubovú pryž. Inak bývajú dvojvalce zaradené v linkách za periodicky pracujúce hnetiče a ich účelom je ochladzovanie zmesí, domiešavanie vulkanizačných prísad a homogenizácia zmesí. Taktiež sa používajú k predohrievaniu zmesí pred ďalším spracovaním, k zásobovaniu viacvalcových strojov alebo vytlačovacích strojov a k výrobe jednoduchých fólií a pásov.

Kvalita takto pripravených fólií alebo pásov má však radu nedostatkov – nerovnomerná hrúbka, nerovný povrch, bubliny a nehomogenita. Tento spôsob prípravy sa používa len, ak ide o malé množstvo zmesí (v laboratóriách) alebo kde sú kladené menšie nároky na kvalitu (polotovary pre lisovanie menej náročných výrobkov pásov pre zásobovanie ďalších strojov).

U prevažnej väčšiny strojov sú valce usporiadané horizontálne vedľa seba. Len dvojvalec pre vrstvenie osinkopryžových tesniacich dosiek má valce usporiadané nad sebou.

Pre funkciu dvojvalcov je veľmi dôležitý rozdiel obvodovej rýchlosti valcov nazývanej sklz medzi valcami. Vyjadruje sa pomerom otáčok predného a zadného valca a býva 1 : 1,2 až 1 : 2 (predný valec je pomalší). Pre každú hmotu a účel vyhovuje iný sklz. [3]

##### 3.1.1 Valce

Dĺžka valcov sa volí 2 až 3D (D – priemer valca). Najmenšie dvojvalce majú valce priemeru 200 až 315 mm, najväčšie 560 až 710 mm. Z hľadiska kapacity dvojvalcov by bolo výhodne vyrábať stroje s dlhými valcami. Avšak so zväčšovaním dĺžky valcov rastie namáhanie valca ohybom, ktoré vzhľadom k materiálu valcov a prípustnej hrúbke stien nemôže prekročiť určité hodnoty. Povrch valcov je brúsený. Iba dvojvalec pre drtenie studených pásov kaučukovej zmesi majú valce pozdĺžne rýhované.



Valce sú najčastejšie z kokilovej liatiny, aby mali veľmi tvrdý a odolný povrch. Aby sa mohli temperovať, sú duté. Priemer dutiny sa rovná  $1/3$  až  $1/2$  vonkajšieho priemeru a ich povrch musí byť hladko obrobený. Tým sa zabráni usadzovaniu nečistot z vody a zhoršovaniu prestupu tepla. Temperovacie médium vstupuje a vystupuje hrdlom alebo vstupnou hlavou. Druhý spôsob umožňuje použitie chladiacej vody i vyhrievacej pary. Množstvo hmoty, ktoré ide na dvojvalcoch spracovávať, závisí na množstve činiteľoch, ako sú rozmery valcov, veľkosť sterbiny medzi valcami, vlastnosti hmoty a hlavne technologický pochod, ktorý má byť na dvojvalci prevedený. Na dvojvalci s dĺžkou valcov 1500 mm ide spracovávať dávku objemu 30 až 55 l, na valcoch dlhých 2100 mm sa vojde dávka 120 až 150 l.

Čepy valcov sú najčastejšie uložené v kĺzných ložiskách mazaných tukom. Sú lacnejšie, ľahšie sa montujú a opravujú než ložiska valivé. Dvojvalce, ktoré pracujú za vzťažných podmienok majú ložiská chladené vodou. [3]

### 3.1.2 Pohon

Na dvojvalci je vždy poháňaný zadný, rýchlejší valec, a to dvoma alebo troma ozubenými prevodmi od elektromotorov. Prvý prevod alebo prvé dva prevody sú v prevodovke. Novšie konštrukcie umiestňujú tri prevody do prevodovky. Posledný prevod, ktorý prepojuje zadný valec s predným a určuje sklz medzi valcami je na opačnej strane valcov.

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.

Medzi zvláštnosti patrí tzv. skupinový pohon, v ktorom jedna hnacia jednotka (tj. motor s prevodovkou) poháňa i niekoľko valcov. Ďalšou zvláštnosťou je pohon každého valca samostatnou hnacou jednotkou s možnosťou plynulej zmeny rýchlosti a to buď variátorom alebo komutátorovým motorom. Takto bývajú vybavené len niektoré malé laboratórne dvojvalce.

Pozvolné rozbehnutie stroja je umožnené motorom s kružkovou kotvou alebo s vhodnou trecou spojkou, buď samočinnou alebo riadenou. [3]

### 3.2 Viacvalcové stroje

Viacvalcové stroje používané k príprave kaučukových fólií môžu mať rôzny počet valcov (3 až 5) v rôznom usporiadaní. Najbežnejšie sú trojvalce a štvorvalce, špeciálne sú päťvalce. Trojvalce majú valce usporiadané najčastejšie v rade nad sebou, menej obvyklé je uhlové usporiadanie. Trecie trojvalce majú horizontálne usporiadanie. Štvorvalce môžu byť usporiadané v tvare I, L, obráteného L, Z alebo nakloneného Z. Pri valcovaní sa valce otáčajú buď rovnakou frekvenciou alebo s malým sklízom (1 : 1,05), pričom obvodová rýchlosť vzrastá od prvého valca k poslednému, prípadne posledné dva valce môžu mať rovnakú obvodovú rýchlosť. Pri valcovaní na päťvalci sú prvé dva valce nastavené tak, aby v druhej šterbine (medzi druhým a tretím valcom) vznikal len malý návalok, Tiež v tretej šterbine (medzi tretím a štvrtým valcom) sa vytvára len malý návalok. Medzi štvrtým a piatym valcom prechádza fólia na dotyk.

Štvorvalce a päťvalce možno použiť k výrobe hladkých, tenkých fólií alebo k príprave dezénovaných a profilovaných pásov, ak vymeníme posledný valec za valec špeciálne upravený. Posledný valec býva najčastejšie bočne postavený (napr. usporiadaný obratene L).

Teplotu valcov nejde predom určiť, lebo závisí ako na použitom druhu elastomeru, tak na zložení zmesí. Pre väčšinu elastomerov teplota musí klesať od prvého valca k poslednému.

[3]

### 3.3 Výrobné linky s viacvalcami

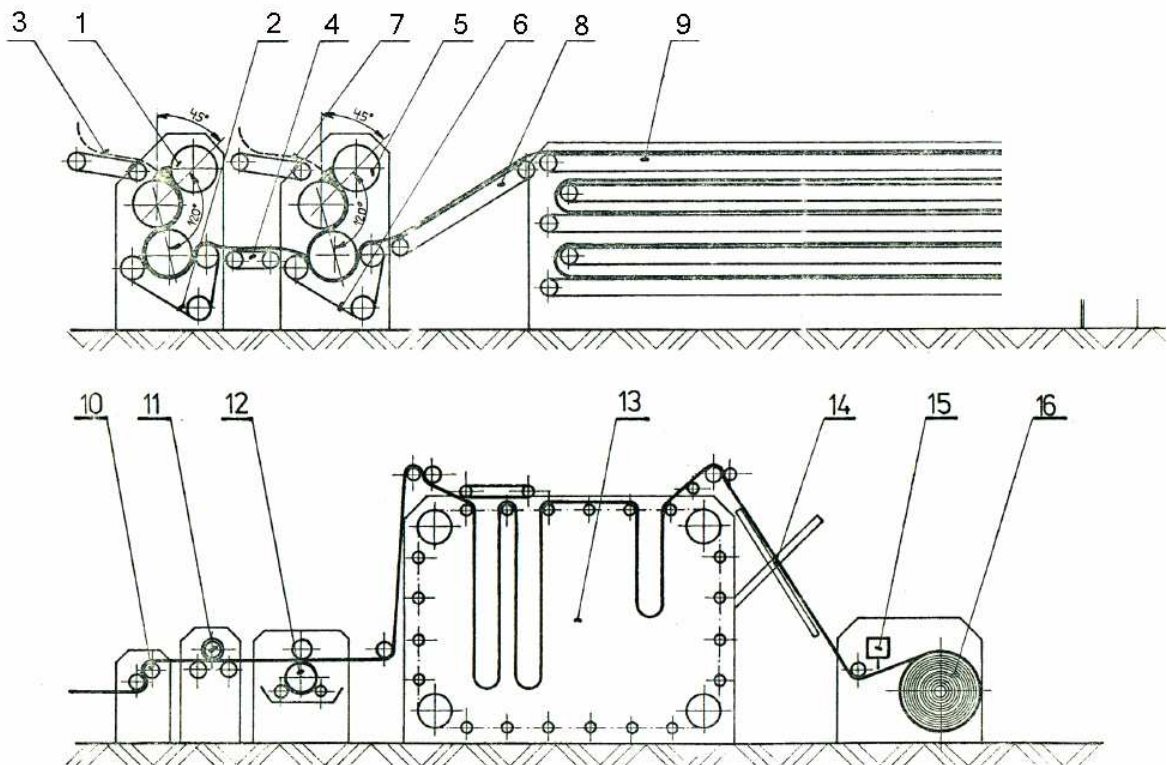
Kontinuálna činnosť viacvalcov vyžaduje ich plynule zásobovanie polotovarmi i plynulé odvádzanie finálneho výrobku.. Mimo to, požiadavky kladené na konštrukciu viacvalcov spôsobuje, že sa viacvalce stávajú drahou investíciou, ktorá sa vyplatí len pri veľkej výkonnosti stroja.

Tieto, ale i ďalšie skutočnosti si vyžadujú usporiadanie viacvalcov do výrobných liniek, v nich všetky úkony spojené s prípravou a spracovaním vlastného materiálu sú mechanizované či automatizované v nepretržitom slede. Pritom treba dbať, aby celková efektívnosť výrobnéj linky bola čo najväčšia (napr. spotreba energie na jednotku množstva spracovaného materiálu má byť čo najmenšia).

Celkové riešenie a usporiadanie výrobných liniek je ovplyvnené predovšetkým finálnym výrobkom, ďalej použitou technológiou výroby a použitým strojným zariadením.

Typickí predstavitelia výrobných liniek s viacvalcami :

- linka s päťvalcom na fólie a pásy
- linka so štvorvalcom na obojstranné pogumovanie kordov
- linka so štvorvalcom na koženky PVC
- linka so štvorvalcom na fólie z mäkkého PVC
- linka so štvorvalcom na fólie z memäkkého PVC
- linka s trojvalcom na podlahovinu



Obr. 3. Linka na podlahovinu

1, 5-trojvalec, 2, 6-pomocný dopravník, 3, 7-zásobovací dopravník, 4-textilný dopravník, 8-vynášací dopravník, 9-chladiace zariadenie, 10-navádacie ústroje, 11-orezávacie ústroje, 12-dezénovacie ústroje, 13-zásobník, 14-zrkadlo, 15-priečné rezanie, 16-navíjanie

Základ výrobné linky na podlahovinu tvoria dva trojvalce umiestnené za sebou. Prvý trojvalec 1 valcuje spodnú vrstvu z mäkkého PVC obsahujúci vysoký podiel plnív. Trojvalec 5 valcuje vysokoakostnú vrchnú vrstvu podlahoviny a zároveň sa tu obe vrstvy spojujú prítlakom opryžovaného valca a pomocného dopravníku 6. Oba trojvalce sú usporiadané do ležateho V vyhrievané horkou tlakovou vodou.

Hotová podlahovina sa dopravuje vynášacím dopravníkom 8 do chladiaceho zariadenia 9 tvoreného vodorovnými dopravníkmi umiestnené nad sebou.

Ochladzovaná a rozmerovo stabilizovaná podlahovina sa privádza navádiacim ústrojom 10 do orezávacieho ústroja 11. Podlahovina sa ďalej môže dezénovať na dezénovacom ústroji 12. Vizuálna kontrola sa prevádza na kontrolnom stole so zrkadlom 14. Plynulosť chodu linky zaisťuje vyrovnávací zásobník 13. Po kontrole je podlahovina navíjaná do balíka na navíjacíom zariadení 16.

Na linke sa vyrába podlahovina až do celkovej hrúbky 3 mm, pričom nášľapná vrstva má hrúbku okolo 0,5 mm. Maximálna šírka je 2000 mm, pracovná rýchlosť sa pohybuje v rozmedzi 0,03 až 0,3 ms<sup>-1</sup>.

### 3.4 Hnetiče

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

Hnetiče alebo tiež hnetiace stroje sú robustné stroje na miešanie a plastikáciu makromolekulárnych látok s prísadami hnetacími profilovanými rotormi, otáčajúce sa v uzavretom priestore. Podľa tlaku pôsobiaceho na hnetený materiál sa rozlišujú beztlaké, nízkotlaké (asi do 0,5 MPa) a vysokotlaké (asi do 1 MPa). Podľa počtu otáčiek sa rozdeľujú hnetiče na pomalobežné (asi do 30 min<sup>-1</sup>) a rýchlobežné (asi do 80 min<sup>-1</sup>, prípadne aj vyšie). Hnetič sa obyčajne skladá z miešacej komory, v ktorej sa otáčajú protibežné rotory. Komora sa uzaviera zhora klatom a vyprázdňuje spodným uzáverom. Materiál sa plní násypkou s využitím odklápacích dverí. Priestor násypky je pripojený na odsávanie. Materiál je hnetený medzi rotormi, medzi rotormi a stenami komory.

Veľkosť hnetiča sa určuje veľkosťou užitočného objemu hnetiacej komory. Malé laboratórne hnetiče majú užitočný objem spravidla až niekoľko litrov, zatiaľ čo prevozné hnetiče majú objem v desiatkach až stovkách litrov. [2]

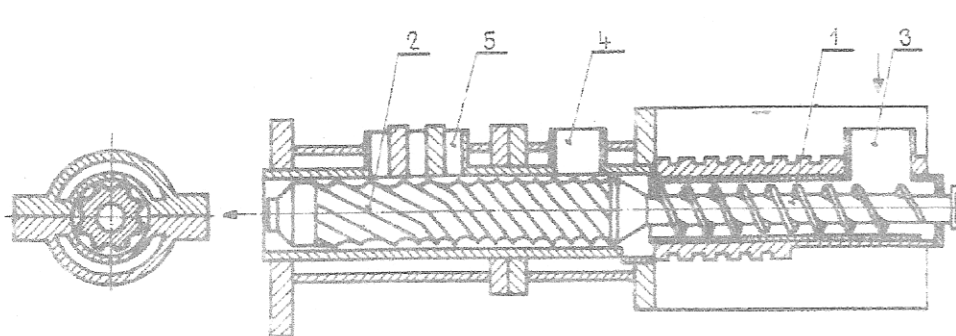
### 3.4.1 Kontinuálne hnetiče

Požiadavky na zvyšovanie produkcie i kvality pri príprave zmesí a úspor energie viedli k vývoju hnetičov a miešadiel s plynulým prevozom.

Jedná sa o stroje pracujúce na princípe vytláčovacích strojov šnekových, u nich boli najrôznejšími úpravami odstránené niektoré nedostatky, ako napr. nedostatočný hnetací výkon atď.

#### - Hnetič 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 úhľom stúpania. Potrebné zložky zmesí sa dávajú pomocnými plniacími otvormi 4 a 5. Zamiešaná zmes sa plynule dodáva do vytláčovej hlavy, kde sa formuje do vhodnej formy ( pás, granule apod.). [2]

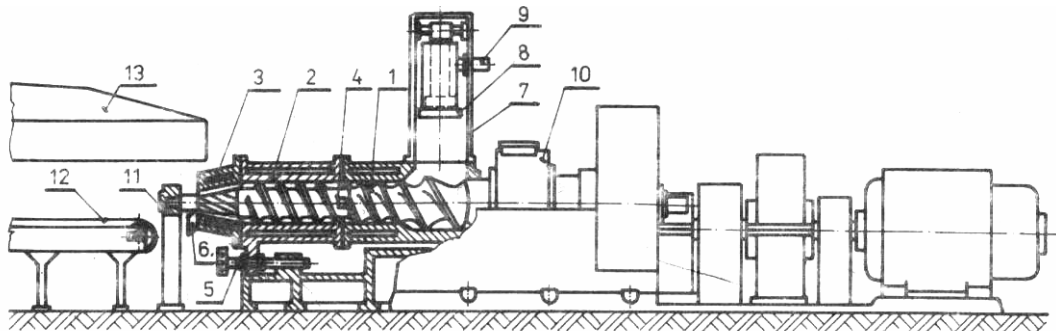


Obr. 4. Hnetič „Rotomil“

1-šnek, 2-miešací šnek, 3-násypka, 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 pohybový šrob 5. Nutené 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]

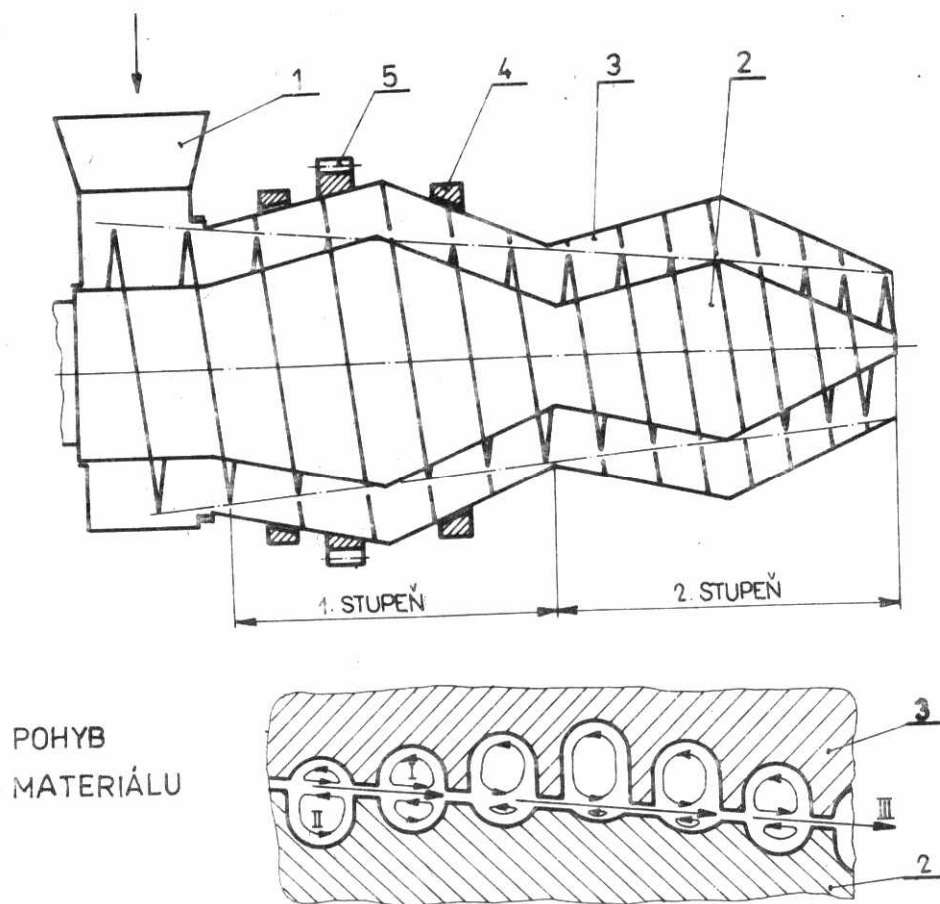


Obr. 5. Hnetič Gordon

1-šnek, 2-pracovný valec, 3-hlava, 4-profil, 5-pohybový šrob, 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 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]



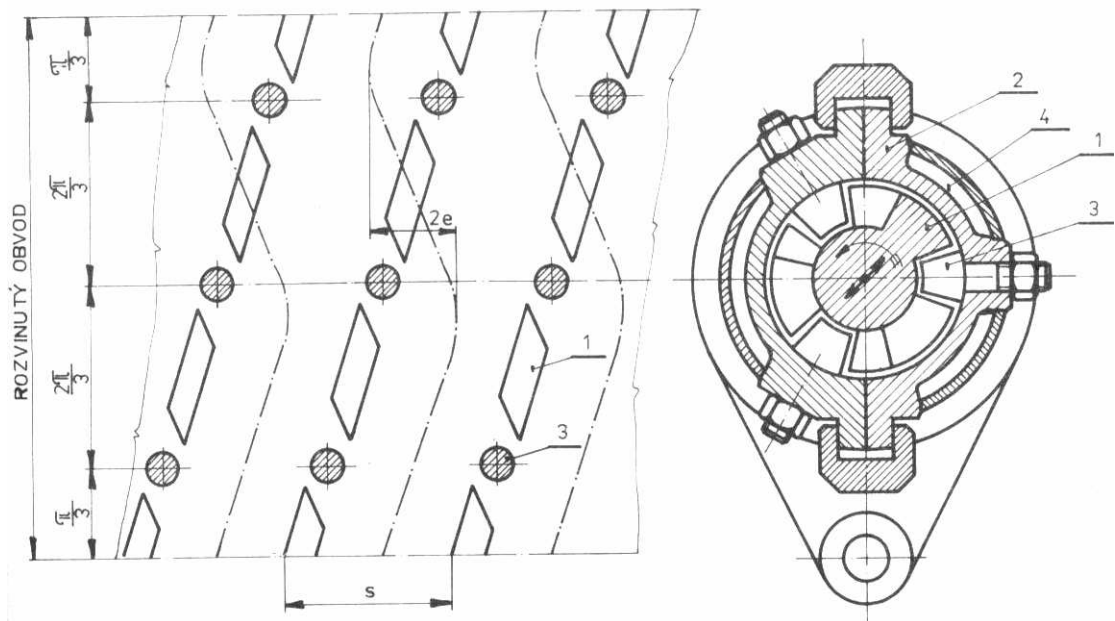
Obr. 6. Hnetič Transfermix

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. Čepy 3 zabráňujú pohybu materiálu so šnekom a vytvárajú so šnekovým závitom šterbiny s intenzívnym hnetením. Šnek 1 je poháňaný cez prevodovku. Hriadeľ 1 prechádza drážkovaným puzdrom 2 a je uchytený v axiálnom uložení 5, ktoré je spojené ojnicami 4 s výstredníkmi 3. Otáčavý pohyb od remenice sa prenáša ozubenými prevodmi na výstredníkový hriadeľ a kužeľovými kolesami na púzdro 2. Hriadeľ tak dostáva súčasne rotačný a osove posuvný vratný pohyb. Zdvih je daný veľkosťou výstrednosti  $e$ .

Hnetiče KO sa používajú tiež jako zásobovacie jednotky pre valcovacie stroje na fólie. [2]



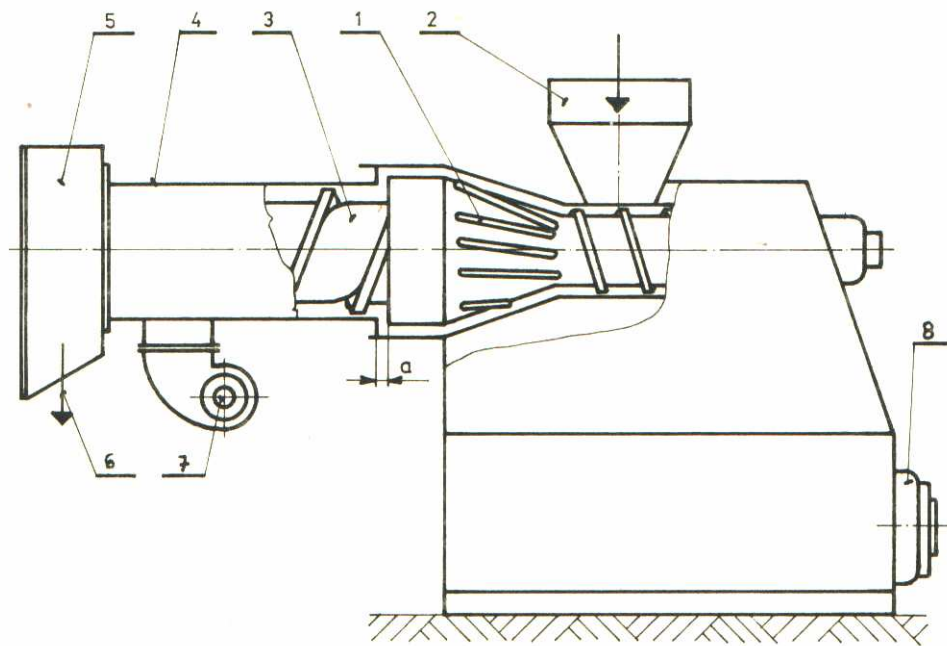
Obr. 7. Funkcia hnetiča KO

1-šnek, 2-pracovný valec, 3-čap, 4-temperačná 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 kužela. 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 chladenie vzduchom, ktorý dodáva ventilátor 7. [2]





Obr. 8. Schéma plastikátora Wacker

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

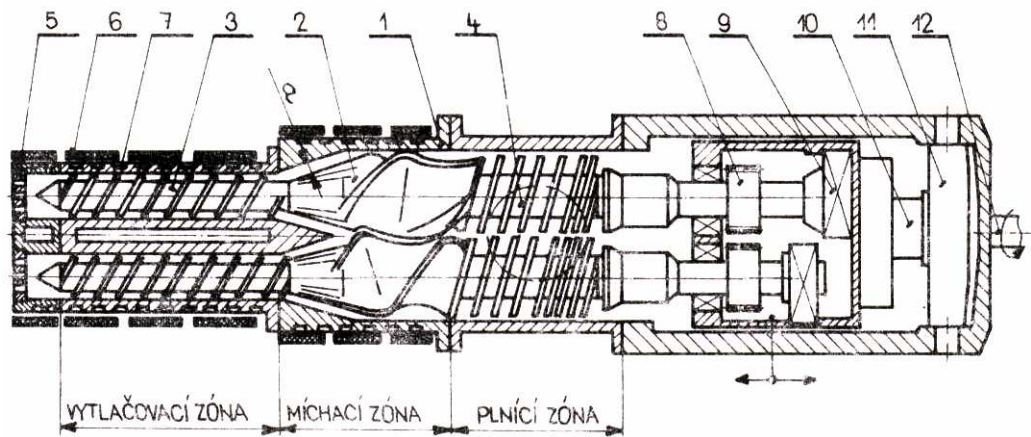
### - Hnetiče s dvoma šnekmi

Šneky môžu mať súhlasný alebo opačný zmysel otáčania a môžu mať rovnakú alebo nerovnakú 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 šterbiny 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]



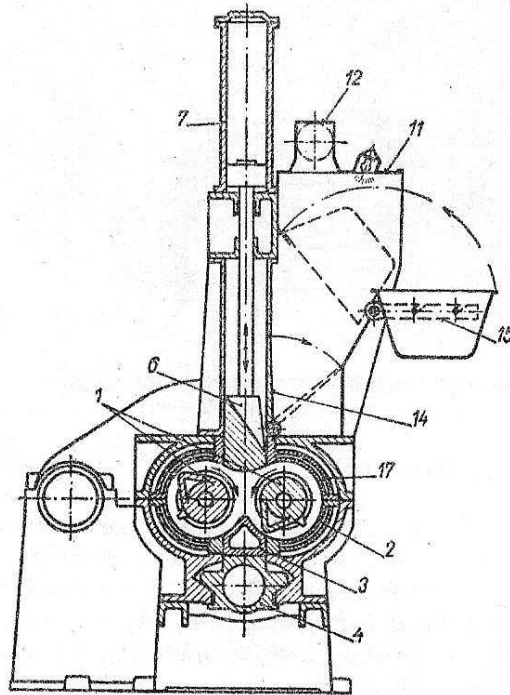
Obr. 9. Dvojšnekový stroj DSM

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

### 3.4.2 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

Hnetacie stroje pracujúce diskontinuálne je v zásade možno rozdeliť na:

- hnetacie stroje, ich hnetadlá sa otáčajú proti sebe a navzájom do seba – nezasahujú (hnetadlá pracujú rôznou obvodovou rýchlosťou napr. stroj Banbury) alebo zasahujú (hnetadlá pracujú rovnakou obvodovou rýchlosťou)
- hnetiace stroje, ich hnetadlá sa otáčajú v rovnakom zmysle

Hnetadlá bývajú zhotovené v tvare skrutkových plôch, nimi je spracovaný materiál roztieraný po vnútornom povrchu komory. Na každom hnetadle býva jedna skrutková plocha pravochoďá a druhá ľavochoďá. Tým dochádza k premiestňovaniu spracovanej hmoty i pozdĺž osy hnetadiel. Na prácu hnetadiel má vplyv i vôľa medzi stenou hnetacej komory a hnetadlom. Hnetadlá sú buď oceľové, kované alebo liaté z kokilovej liatiny. Za účelom zvýšenia odolnosti hnetadiel proti opotrebeniu sú najviac namáhané hrany

oceľových hnetadiel navarované tvrdým kovom. Hnetadlá sú uložené v klznych alebo valivých ložiskách oddelených od hnetacej komory ucpávkou. [5]

## **II. PRAKTICKÁ ČASŤ**

## **4 CIEĽ BAKALÁRSKEJ PRÁCE**

Vo svojej bakalárskej práci sa chcem zaoberať vyhodnotením vplyvu zmeny rýchlosti miešania na materiál pri jeho homogenizácii. Meranie budem vykonávať na laboratórnom miešacom stroji Werner a Pfleiderer LUK1/0,5. Na vyhodnotenie bude slúžiť program Easy-Drive.

Do procesu miešania vstupuje rada faktorov, ktoré ovplyvňujú celkovú spotrebu energie. Tieto faktory je nutno sledovať a posudzovať z rôznych hľadísk. Hľadisko ekonomické patrí medzi najdôležitejšie. Patrí sem energia samotnej zmesi, energia na teplotu komory, pohon hnetadiel.

## 5 POSTUP EXPERIMENTÁLNEJ ČASTI

### 5.1 Príprava vzorku pre meranie

Vzorka bola dodaná z firmy Barum Continental s. r.o. vo forme pásu hrúbky 1cm, šírky 0,5m. Gumový pás som prispôbil na dávkovanie do hnetiča, rozrezal som na malé kusy.



Obr. 11. Vzorka zmesi T 426

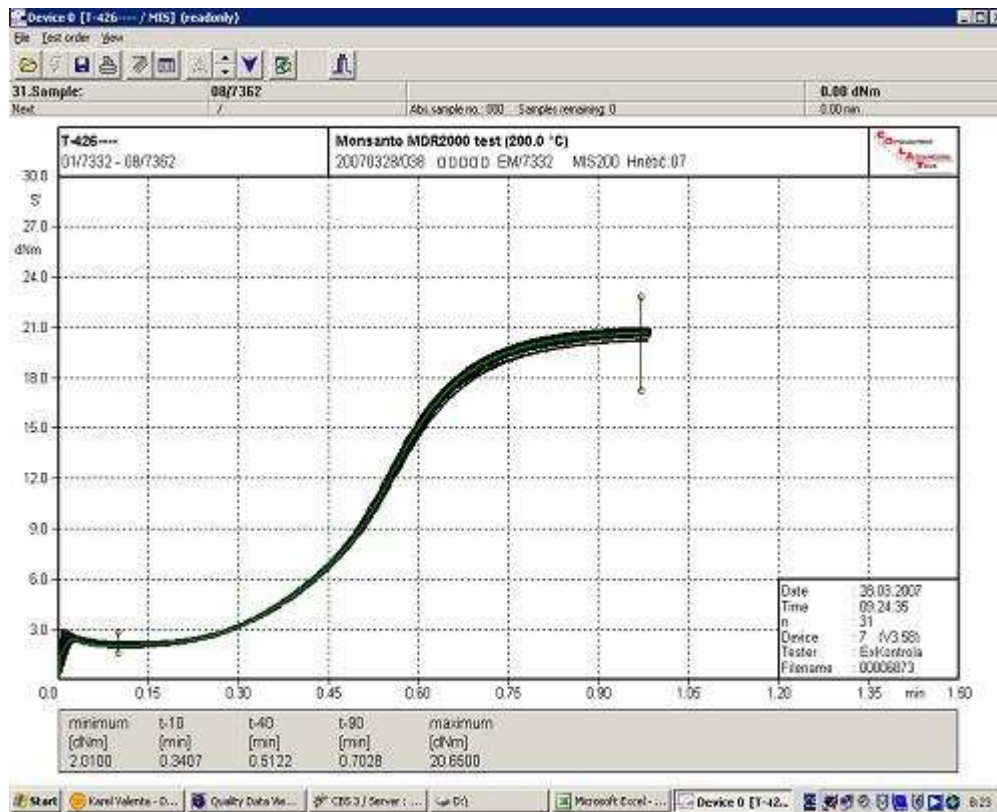


Obr. 12. Nastrihané vzorky zmesi T 426

## 5.2 Zloženie zmesi

Zmes T 426 obsahuje syntetický a prírodný kaučuk v pomere 1/3, sadze typu N 336 a spracovateľské prísady (ako napr. vulkanizačné činidlo, retardéry).

Jej hustota je  $1,145 \text{ g/cm}^3$ , tvrdosť 73 ShA a pevnosť 15,5 MPa.



Obr. 13. Priebeh vulkametrickej krivky zmesi T 426

Vulkanizácia prebieha podľa vulkanizačnej krivky. Jej hlavné fázy sú: indukčná perióda, úsek podvulkanizácie, vulkanizácia a úsek reverzie.

Indukčná perióda je časový úsek, v ňom si kaučukovitá zmes uchováva plastické vlastnosti a dá sa pomerne dobre tvarovať.

Úsek podvulkanizácie je časový úsek medzi indukčnou periódou a optimom vulkanizácie. V tomto úseku vulkanizácie dochádza k tvorbe siete a ku zmene fyzikálne mechanických vlastností zmesi pri jej postupnom prechode na vulkanizát.



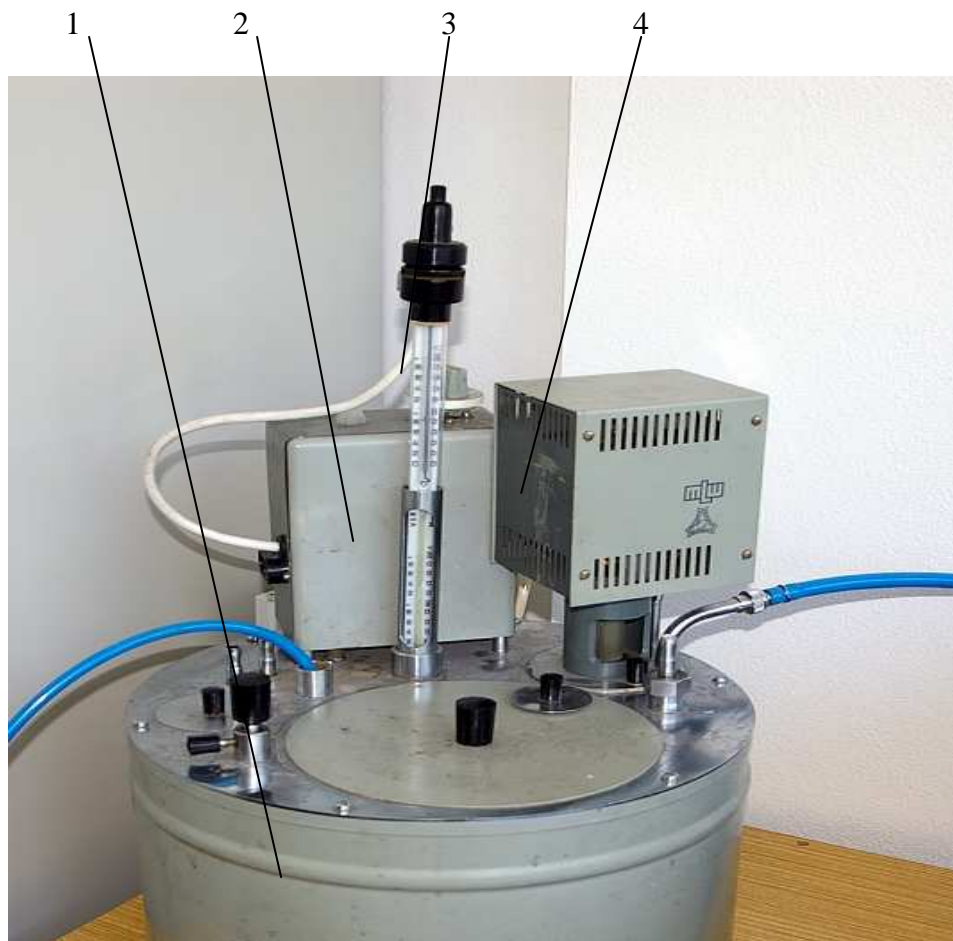
Za optimálnu dobu vulkanizácie sa považuje doba, pri nej dosiahneme 90% vulkanizácie. Túto dobu ide stanoviť jednak empiricky meraním, výpočtom, ak poznáme potrebné veličiny, hlavne indukčnú periódu a rýchlostnú konštantu k sieťovaniu.

Plato a reverzia vulkanizácie: plato je úsek vulkanizácie, v ktorom nedochádza ku zmenám vo vlastnostiach vulkanizátu. Význam plata spočíva predovšetkým v tom, že sa vlastnosti vulkanizátu po určitú dobu pri tepelnom namáhaní nemenia.

### **5.3 Príprava laboratórneho zariadenia**

Najprv bolo nutné komoru laboratórneho zariadenia vytemperovať na teplotu 80°C. Temperácia prebiehala na požadovanú teplotu cca 90 minút.

Temperačné zariadenie sa skladá z nádoby na vodu, teplomeru, miešadla s čerpadlom a z vyhrievacieho zariadenia.



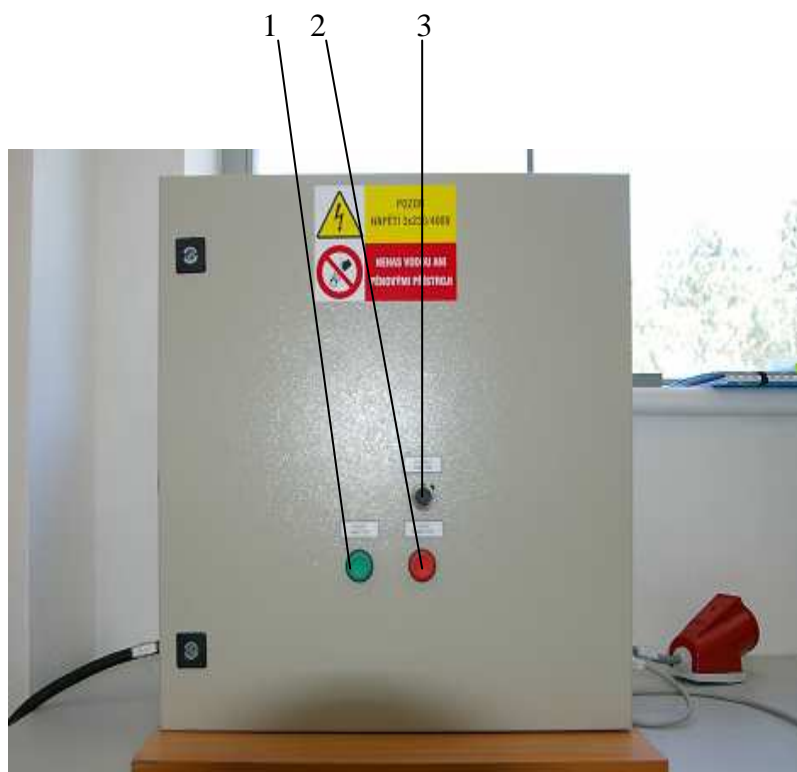
Obr. 14. Temperačné zariadenie

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

K laboratórnemu miešaciemu stroju bol nainštalovaný frekvenčný menič firmy EDTS ( electric drives & technology systems ). Menič je nainštalovaný v blízkosti laboratórneho stroja. Umožňuje meniť otáčky motora a zapnúť alebo vypnúť motor.

K vyhodnocovaniu hodnôt získaných z frekvenčného meniča slúžil software Easy – Drive. V priebehu času môžeme vyhodnocovať štyri veličiny:

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



Obr. 15. Skriňa frekvenčného meniča

1 – zapnutie motora, 2 – vypnutie motora,  
3 – regulácia otáčok



Obr. 16. Frekvenčný menič

## 5.4 Odkúšanie požadovaného množstva zmesí pre meranie

Hnetaciu komoru miešacieho stroja som zaplnil odváženým množstvom vzorku a zisťoval som, či dané laboratórne zariadenie nevykazuje známky nestability.



Obr. 17. Digitálna váha firmy Denver Instrument

Presnosť digitálnej váhy je 0,1 g.

### Otáčky hnetadiel

V hnetacej komore miešacieho stroja boli dve hnetadlá, ktoré sa otáčali rýchlosťou pomeru 1/1,3.

Tab. 1. Rýchlosti hnetadiel pri rôznych otáčkach motora

Nastavenie hodnot na frekvenč. meniči	1. hnetadlo ot/min	2. hnetadlo ot/min	priemerná rýchlosť hnetadlá ot/min
1,0	5,5	8,5	<b>7</b>
2,0	10,5	16	<b>13,25</b>
3,0	15,5	23,5	<b>19,5</b>
4,0	20,5	31	<b>25,75</b>
5,0	25,5	38,5	<b>32</b>
6,0	30,5	46	<b>38,25</b>
7,0	35,5	53,5	<b>44,5</b>
8,0	40,5	61	<b>50,75</b>
9,0	45,5	68,5	<b>57</b>

Pri maximálnych otáčkach hnetadiel, miešaci stroj vykazoval silnú nestabilitu-rýchlosť hnetadiel bola premenná a preto se nedalo pri týchto otáčkach prevádzať meranie.



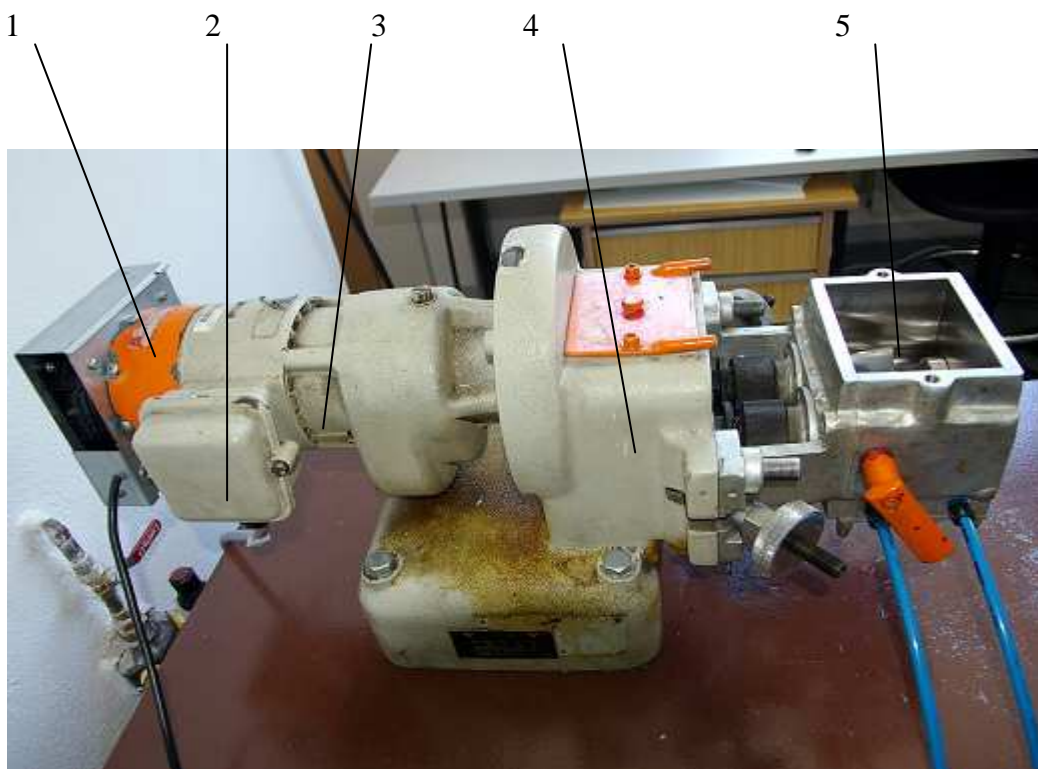
Obr. 18. Teplomer typu TESTO 110

Teploměr TESTO 110 je opatřený vpichovací ihlou, která je vhodná k získání teploty vo vnútri elastického materiálu. Jeho rozsah je od 50 – 150°C, presnosť -  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$

(-20...+80°C)

$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  (zbytok

rozsahu



Obr. 19. Laboratorné miešacie zariadenie typu Werner a Pfleiderer Luk1/0,5

1 – ventilátor, 2- prívod elektrickej energie, 3 – motor, 4 – prevodovka,  
5 – komora

## 5.5 Meranie

Postup merania:

Navážil som si potrebné množstvo vzorku. Vzorku som uložil do hnetacej komory miešacieho stroja. Na frekvenčnom meniči som nastavil pomocou regulátora otáčok požadovanú hodnotu otáčok, vid' obr.14. a tlačidlom štart som spustil chod stroja. Súčasne

som spustil program Easy-Drive, ktorý nám kontinuálne snímal hodnoty aktuálneho zaťaženia motoru v závislosti na čase. Samotný proces merania prebiehal v rozsahu cca 7 min. Experiment bol ukončený stisknutím tlačidla STOP na frekvenčnom meniči, vid' obr.14 a ukončením nahrávaním hodnôt z programu Easy-Drive. Potom som vzorku z hnetacej komory vybral a zmeral teplotu vzorku pomocou teplomeru TESTO 110 s vpichovacim teplotným čidlom.

Tab. 2. Teplota vzorku po vytiahnutí z hnetacej komory miešacieho stroja

otáčky motora	5,0	6,0	7,0	8,0
Č. vzorku				
1.vzorka	89,9°C	95,5°C	97,5°C	100,4°C
2. vzorka	93,9°C	95,2°C	96,3°C	100,6°C
3.vzorka	93,9°C	94,7°C	99,6°C	100,5°C
4.vzorka	93,3°C	96,3°C	101,0°C	102,5°C
5.vzorka	95,5°C	98,0°C	100,4°C	103,4°C
priem.teplota	93,3°C	95,3°C	99°C	101,5°C

## 6 VYHODNOCOVANIE

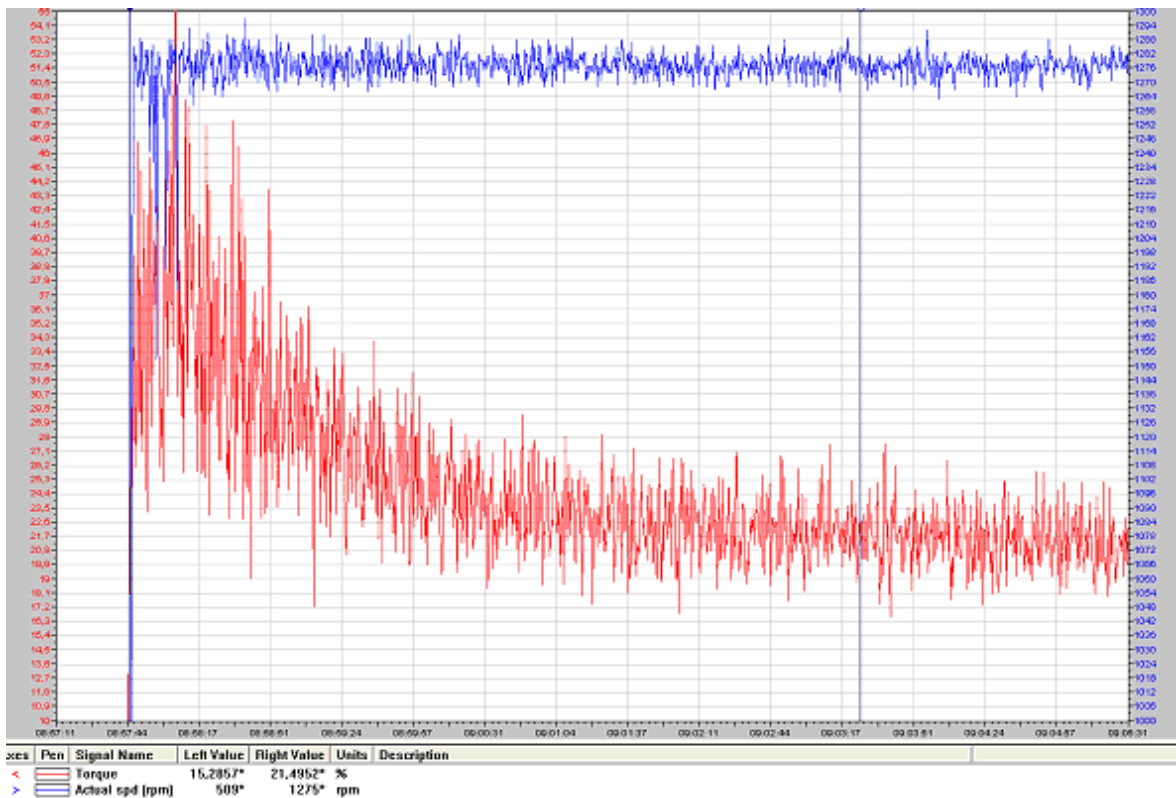
Výstupom z programu Easy-Drive bol graf, ktorý bolo nutné upraviť. Dáta som exportoval do Microsoft Excel, kde som použil pre uhladenie krivky kľzavý priemer 255. Dané úpravy boli nutné z hľadiska veľkého množstva hodnot, ktoré boli zaznamenané programom Easy-Drive. Tento software zaznamenal cca 20 hodnot za sekundu.

Zistil som, že pri malých otáčkach nedochádza tak rýchlemu zhomogenizovaniu zmesi. Pri vzrástajúcich otáčkach sa priebehy vzorkov ustália za kratší čas.



Obr. 20. Počítač s programom Easy -Drive





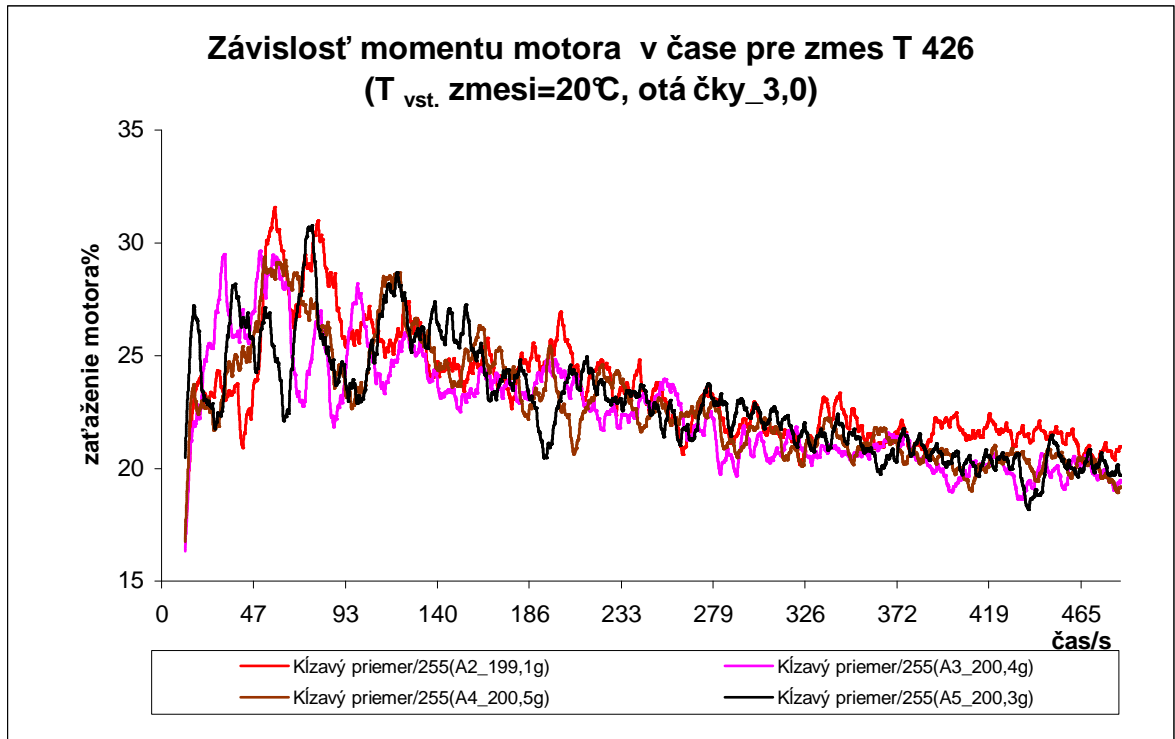
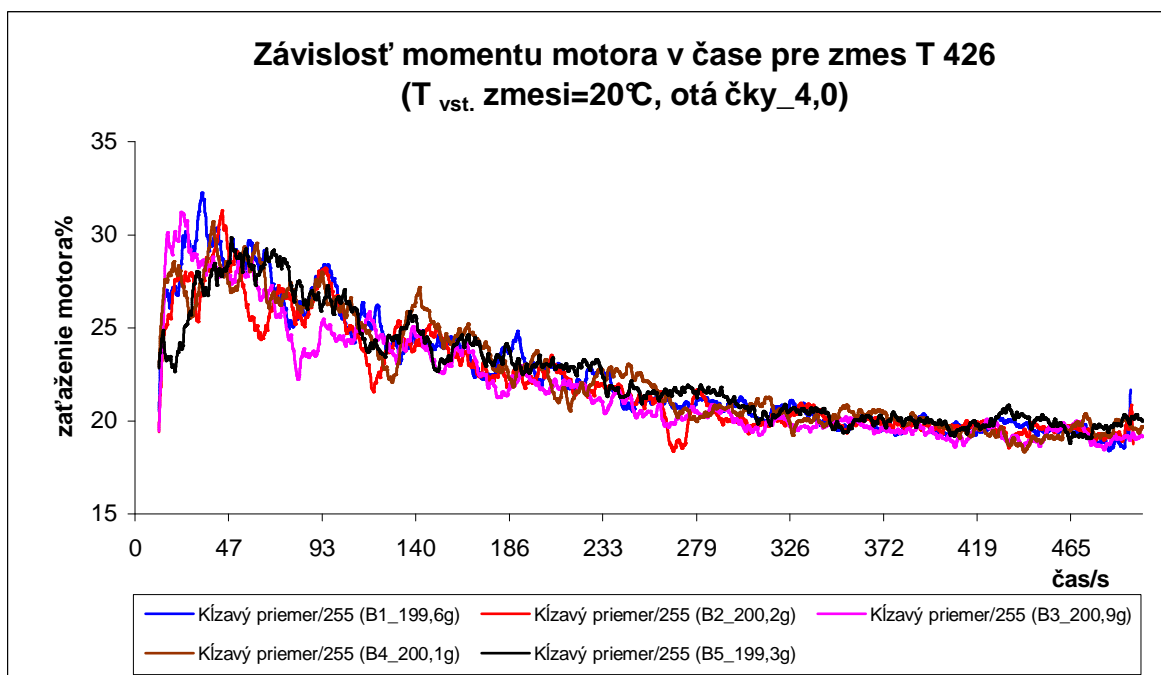
Obr. 21. Náhodný Graf z programu Easy - Drive

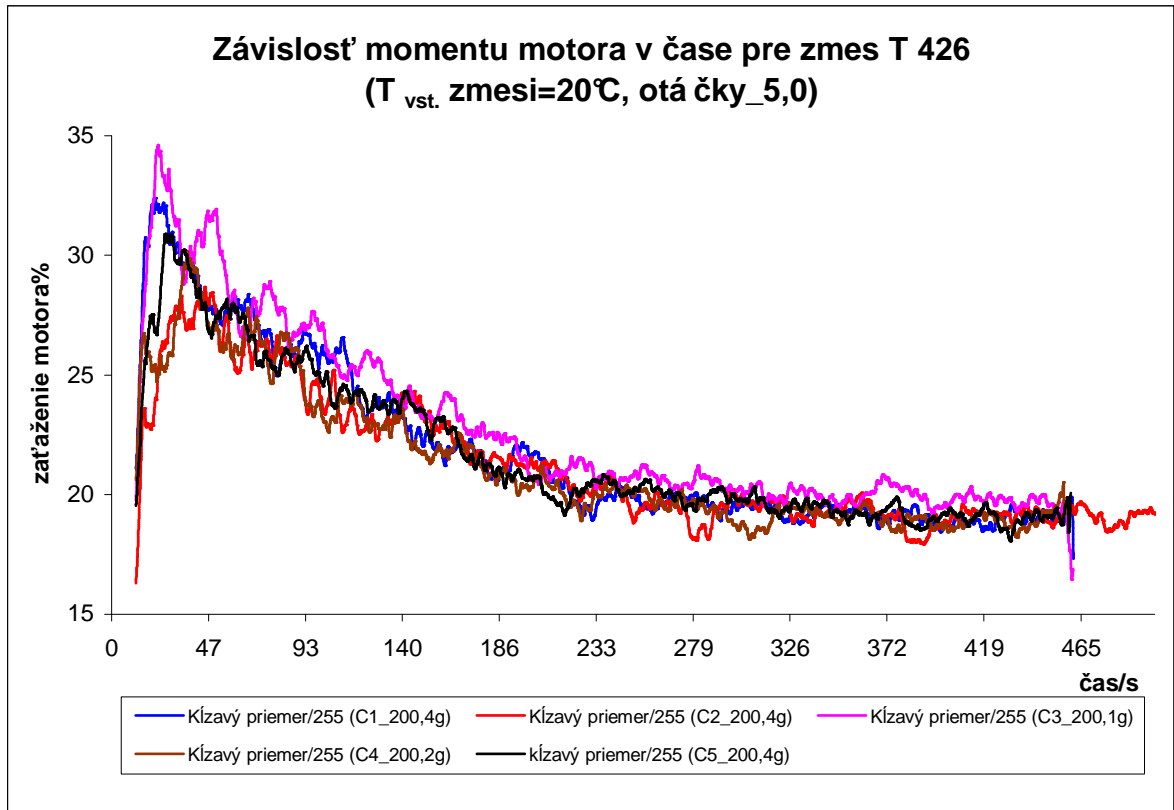
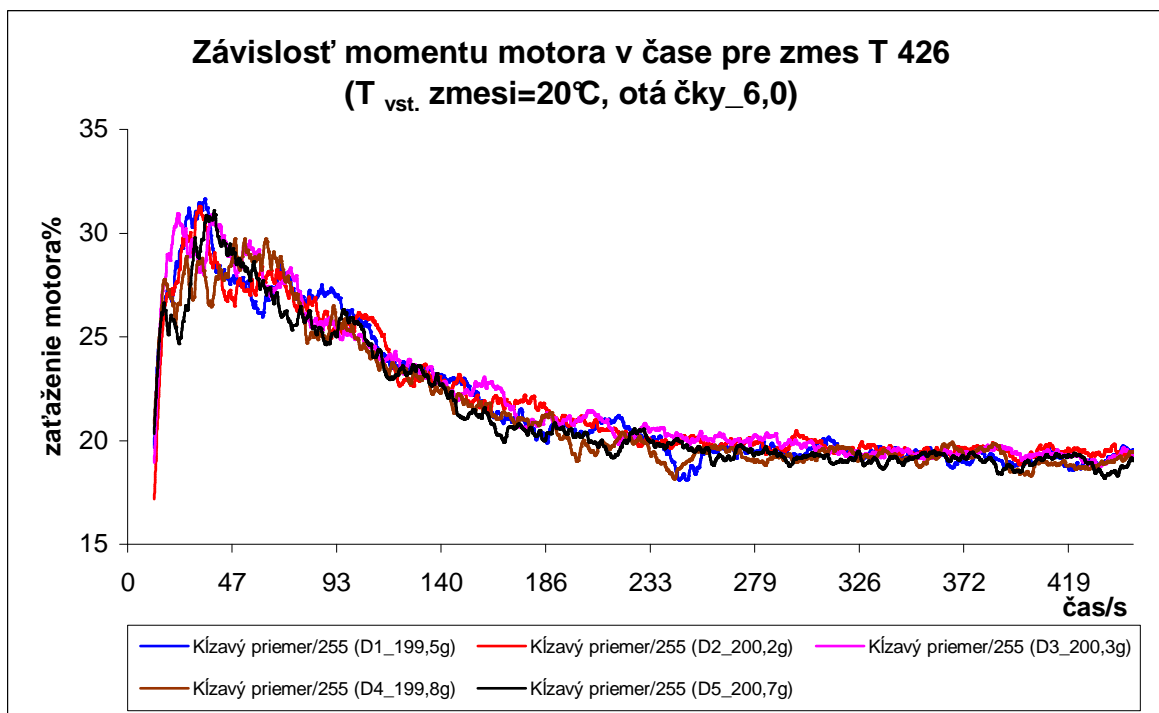
### Kľzavý priemer

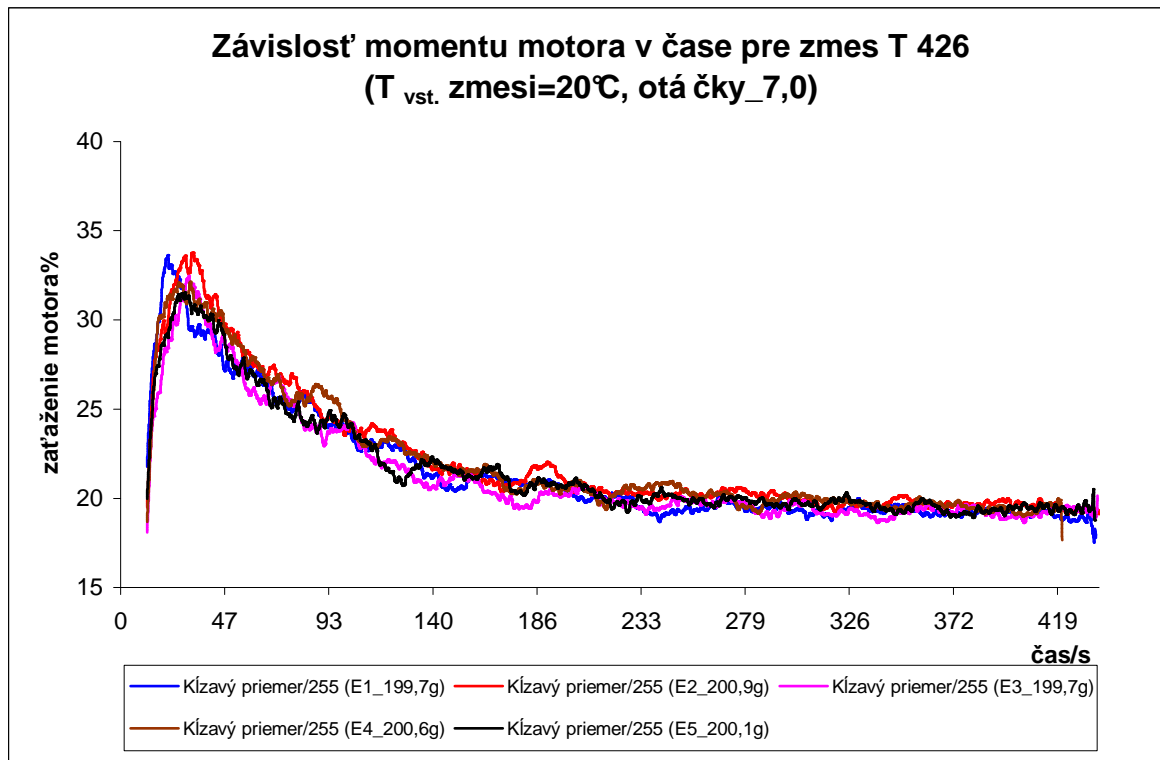
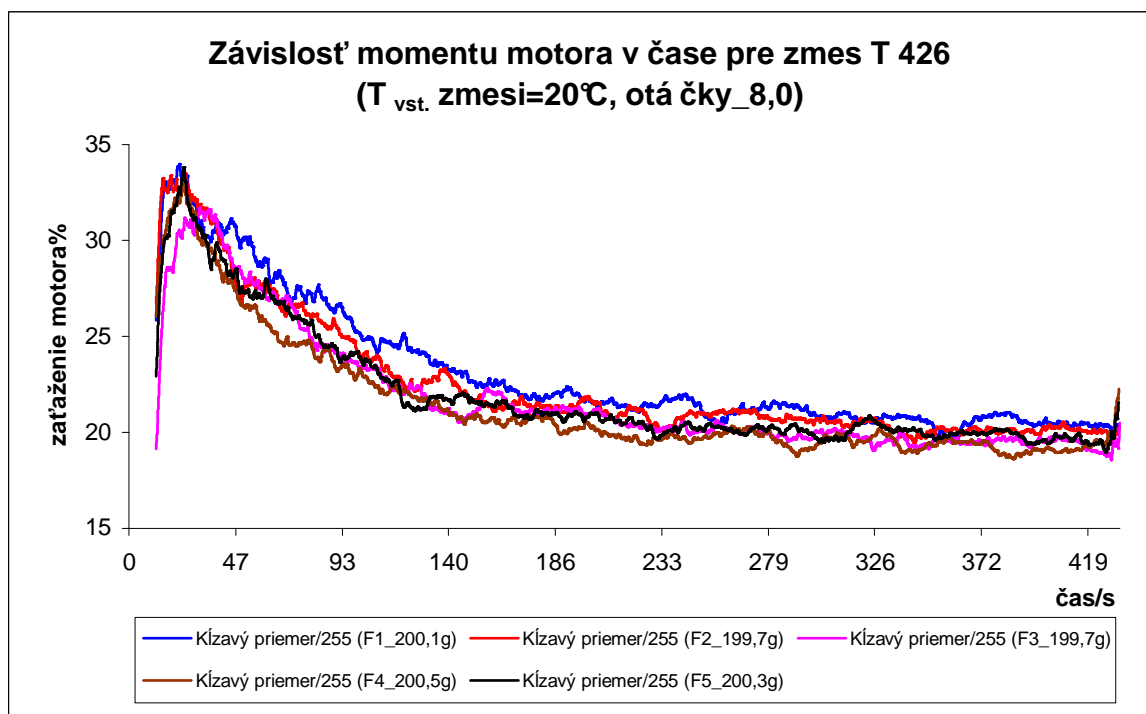
- rada priemerov vypočítaných z časti datovej rady. V grafe kľzavý priemer vyhladí kolísanie dat a zobrazí vzorku alebo trend zreteľnejšie.

Postup:

1. klepneme na datovú radu (datové body zakreslené v grafe)
2. v ponuke Graf klepneme na príkaz Pridať spojnicu trendu (Spojnicu trendu: grafické znázornenie trendov v datovej rade).
3. na karte Typ klepneme na požadovaný typ kľzavého priemeru

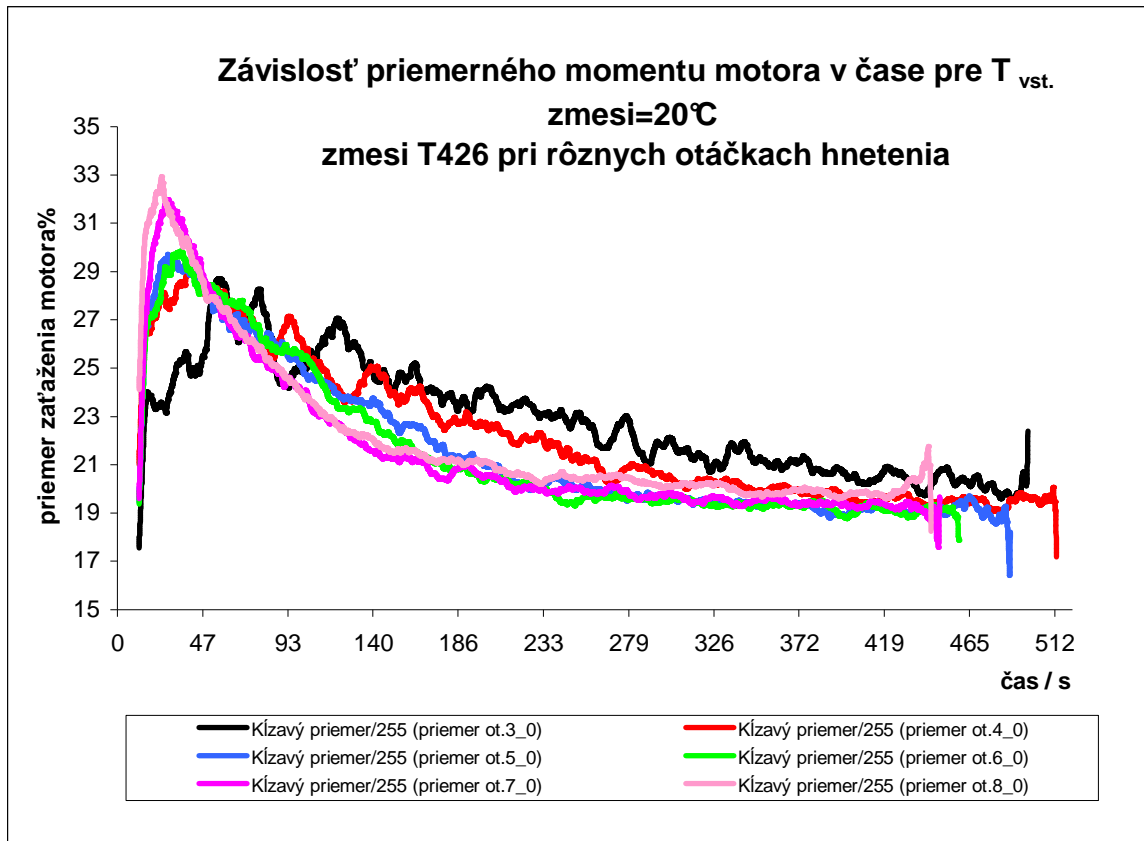
**Grafy pri rôznych otáčkach hnetadiel**Graf 1. Závislosť momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , ot.\_3,0)Graf 2. Závislosť momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , ot.\_4,0)

Graf 3. Závislost' momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , ot.\_5,0)Graf 4. Závislost' momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , ot.\_6,0)

Graf 5. Závislost momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , otáčky\_7,0)Graf 6. Závislost momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , otáčky\_8,0)

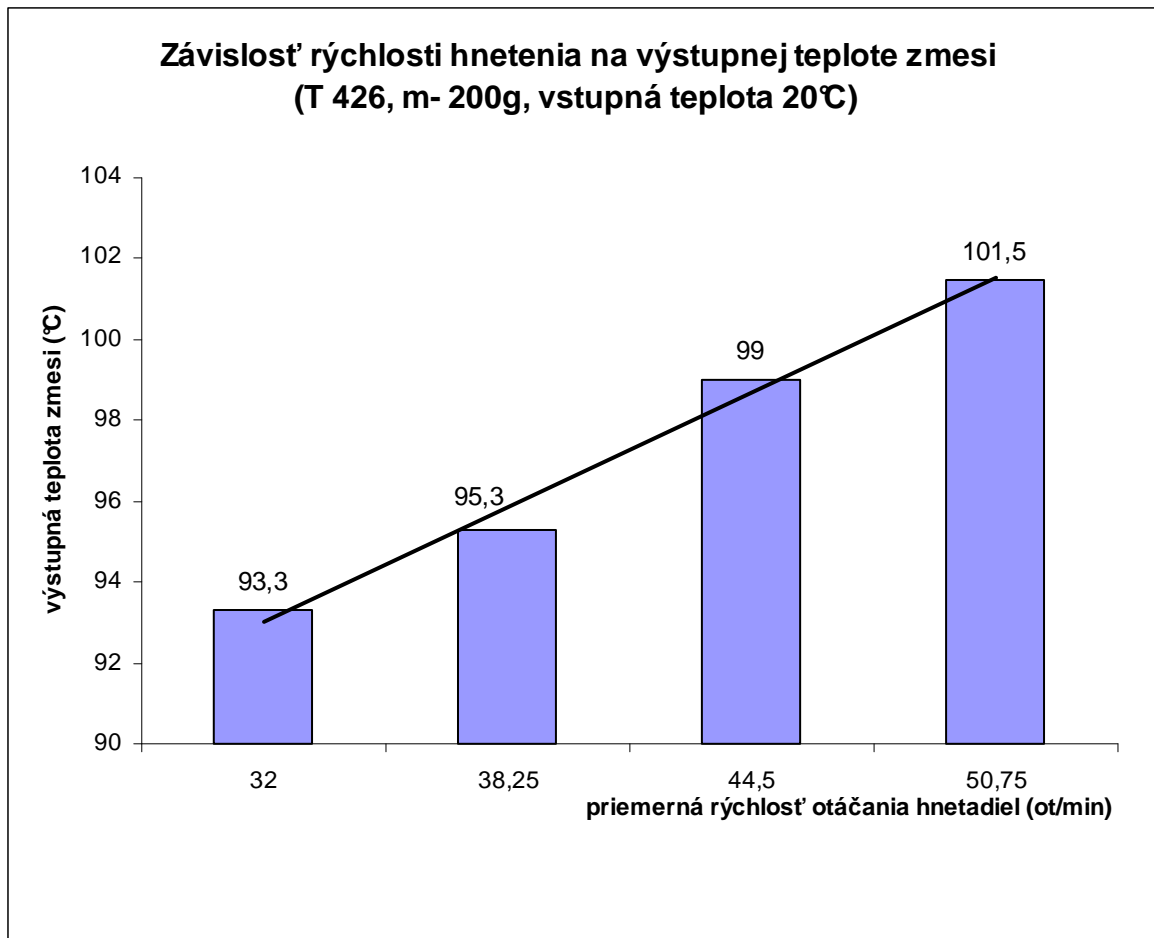
V každom grafe je prevedených päť meraní. Tieto hodnoty som použil pre stanovenie priemerných hodnôt pre jednotlivé otáčky motoru. Tuto závislosť som vyniesol do grafu.

Graf 7. Závislosť priemerného momentu motora v čase pre zmes T 426 T<sub>vst.</sub> zmesi=20°C pri rôznych otáčkach hnetenia

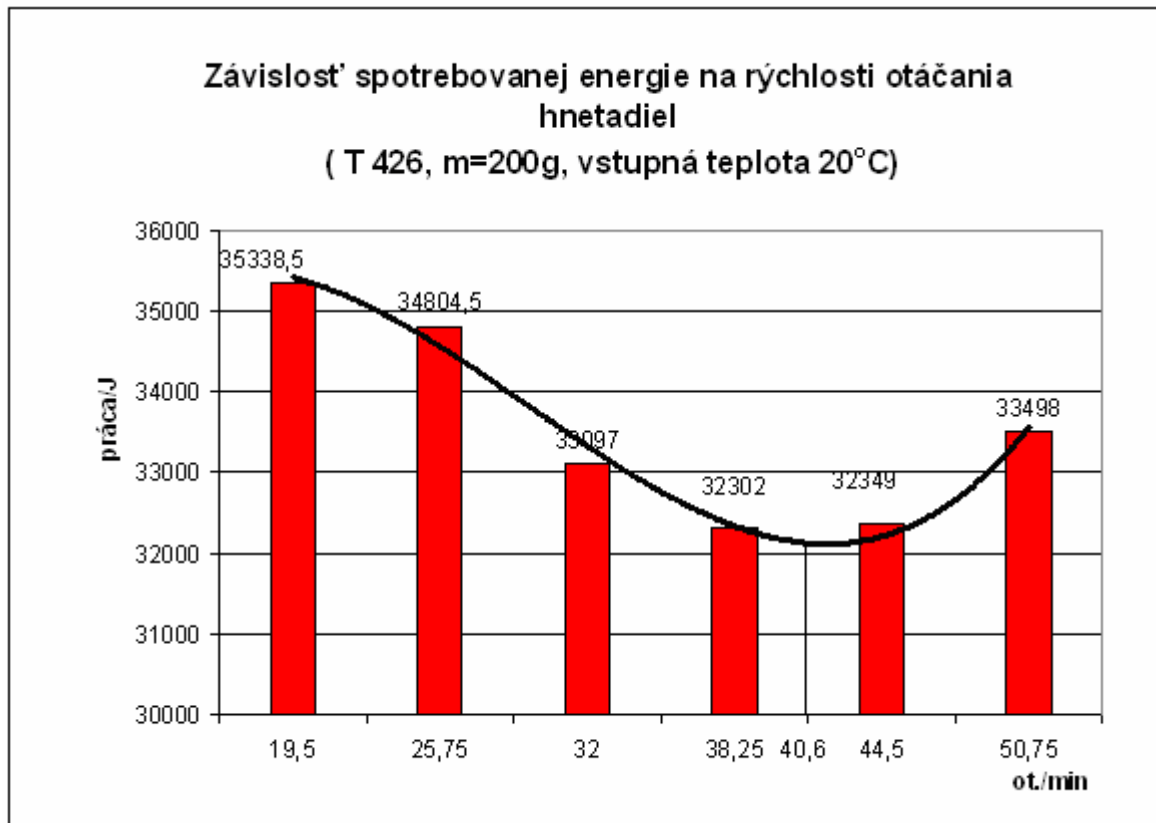


Pri otáčkach hnetadiel 3 a 4 boli priebehy nevyrovnané. Bolo to spôsobené malou rýchlosťou hnetenia a dlhšou homogenizáciou. Pretože som materiál do hnetacej komory dodal vo forme malých kúskov, vid' obr 11, pri malom otáčaní hnetadiel dochádzalo k veľmi pozvoľnému zaplneniu priestoru medzi hnetadlami a priebeh homogenizácie zmesi bol týmto faktorom značne narušený.

Graf 8. Závislost' rychlosti hnetenia na výstupnej teplote zmesi (T 426, m-200g, vstupná teplota 20°C)



Graf 9. Závislosť spotrebovanej energie na rýchlosti otáčania hnetadiel ( T 426, m-200g, vstupná teplota 20°C)



## ZÁVER

Vo svojej bakalárskej práci som sa zaoberal vplyvom miešania kaučukových zmesí na parametre miešacieho zariadenia.

V úvode som sa zoznámil s druhmi kaučukov. Ďalšej časti práce som popísal ich prípravu a spôsob spracovania a stroje, ktoré sa používajú na ich miešanie.

V praktická časť práce bola prevádzaná na laboratórnom hnetacom stroji firmy Werner – Pfeleiderer. Kaučukové zmesi boli dodávané s firmy Barum Continental s. r. o., vrátane ich parametrov.

Vyhodnocovanie nameraných výsledkov boli prevádzané pomocou programu Easy-Drive.

Z výsledkov merania je zrejme, že rýchlosť otáčania hnetadiel má vplyv na výstupnú teplotu zmesi. Meranie som prevádzal pre vstupnú teplotu zmesi 20°C a priebeh experimentu trval do ustáleného stavu zaťaženia motoru cca 7 min. Z grafu vyplýva, že závislosť výstupnej teploty na otáčkách hnetadiel je priamo úmerná v rozsahu nami nameraných hodnôt, vid'. graf 8.

Z grafu závislosti vykonanej práce na rýchlosti otáčania hnetadiel ide ukázať, že pre daný materiál je optimálna priemerná rýchlosť hnetadiel 40,65 ot/min, pričom rýchlosť 1. hnetadlá bola 32,4 ot/min a rýchlosť 2. hnetadlá 48,9 ot/min. Pri zvyšovaní rýchlosti otáčania hnetadiel dochádza ku vzrastu práce, ktorá je potrebná pre homogenizáciu zmesi T 426, preto není vhodné z energetického hľadiska tieto otáčky prekračovať.

Ďalším výrazným faktorom ovplyvňujúci energetickú náročnosť procesu miešania gumárenskej zmesi je vstupná teplota zmesi. Je dôležité zaistiť optimálnu vstupnú teplotu zmesi a čas samotného miešania, aby sme pri homogenizácii zmesi dosiahli maximálnej úspory energie. Problémom zaistenia optimálnej vstupnej teploty zmesi sa vo svojej bakalárskej práci zaoberal kolega Pavol Knapec a výsledky jeho práce dávajú ucelenejší pohľad na riešenie problematiky.



**ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY**

- [1] ŠPAČEK, Josef. Technologie gumárenská a plastikářská II [Skripta]. 1. vyd. Brno 1980. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta technologická.
- [2] MAŇAS, M. – TOMIS, F.: *Výrobní stroje a zařízení – gumárenské a plastikářské stroje I*. 1. vyd. Brno 1987 – VUT v Brně.
- [3] JAHELKA, M.: *Gumárenské a plastikářské stroje*. SNTL Praha, 1969.
- [4] FRANTA, I. A KOLEKTIV: *Gumárenská Technologie I – gumárenské suroviny*. 2. vyd. Praha 1979
- [5] OTT, Rostislav. *Stroje a zařízení v gumárenské a plastikářské technologii I* [Skripta]. 1. vyd. Praha 1975. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta technologická ve Zlíně.

**ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK**

p	Merný tlak	[MPa]
n	Otáčky motora	[ot/min]
U	Výstupné napätie na motore	[V]
%	Zat'azenie motora	
I	Prúd prechádzajúci motorom	[A]
PVC	Polyvinilchlorid	
D	Priemer valca	[mm]
P	Príkonnosť	[kW]
V	Objem	[l]
T 426	Označenie zmesi	
m	hmotnosť	[g]
napr.	napríklad	
tzv.	takzvané	
tj.	to jest	

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obr. 1. Dvojvalec .....	14
Obr. 2. Účinnosť plastikácie v závislosti na teplote .....	15
Obr. 3. Linka na podlahovinu .....	19
Obr. 4. Hnetič „Rotomil“ .....	21
Obr. 5. Hnetič Gordon .....	22
Obr. 6. Hnetič Transfermix .....	23
Obr. 7. Funkcia hnetiča KO .....	24
Obr. 8. Schéma plastikátora Wacker .....	25
Obr. 9. Dvojšnekový stroj DSM .....	26
Obr. 10. Hnetací stroj typu Banbury (Werner a Pfeleiderer) .....	27
Obr. 11. Vzorka zmesi T 426 .....	31
Obr. 12. Nastrihané vzorky zmesi T 426 .....	31
Obr. 13. Priebeh vulkаметrickej krivky zmesi T 426 .....	32
Obr. 14. Temperačné zariadenie .....	34
Obr. 15. Skriňa frekvenčného meniča .....	35
Obr. 16. Frekvenčný menič .....	35
Obr. 17. Digitálna váha firmy Denver Instrument .....	36
Obr. 18. Teplomér typu TESTO 110 .....	37
Obr. 19. Laboratórne miešacie zariadenie typu Werner a Pfeleiderer Luk1/0,5 .....	38
Obr. 20. Počítač s programom Easy -Drive .....	40
Obr. 21. Náhodný Graf z programu Easy - Drive .....	41

**ZOZNAM TABULIEK**

Tab. 1. Rýchlosti hnetadiel pri rôznych otáčkach motora .....	37
Tab. 2. Teplota vzorku po vytiahnutí z hnetacej komory miešacieho stroja .....	39

**ZOZNAM GRAFOV**

Graf 1. Závislosť momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , ot._3,0)....	42
Graf 2. Závislosť momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , ot._4,0)...	42
Graf 3. Závislosť momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , ot._5,0).....	43
Graf 4. Závislosť momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , ot._6,0)....	43
Graf 5. Závislosť momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , ot._7,0)....	44
Graf 6. Závislosť momentu motora v čase pre zmes T 426 ( $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ , ot._8,0)....	44
Graf 7. Závislosť priemerného momentu motora v čase pre zmes T 426 $T_{\text{vst. zmesi}}=20^{\circ}\text{C}$ pri rôznych otáčkach hnetenia.....	45
Graf 8. Závislosť rýchlosti hnetenia na výstupnej teplote zmesi (T 426, m-200g, vstupná teplota $20^{\circ}\text{C}$ ).....	46
Graf 9. Závislosť spotrebovanej energie na rýchlosti otáčania hnetadiel ( T 426, m-200g, vstupná teplota $20^{\circ}\text{C}$ ).....	47