

DIPLOMNÍ ÚKOLpro Ivana O b e t k oodbor 042-15 zaměření sklářské stroje

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomní úkol:

Název tématu: Zařízení na mletí čedičové frity na čedičový prášek

Pokyny pro vypracování:

Současné mlecí zařízení na mletí čedičové frity na čedičový prášek jsou málo výkonná, technicky zastaralá, kapacitně nevyhovující. Navrhněte proto mlecí zařízení o výkonu 200 - 400 kg/hod, které by splňovalo podmínky moderního provozu a technologickou návaznost výrobní linky.

Zrnitost frity je do 10 mm, maximální její vlhkost 1 %.

Dispersnost hotového produktu (čedičového prášku) :

zrnitost jemnější než	vakuová %
40 μ m	26,6
60 "	33,5
90 "	37,2
hrubší než 90	2,7

Uvažujte možnost použití prosívacího zařízení na zrnitost. Detailní dílenský výkres bude určen v průběhu diplomní práce. Proveďte ekonomické zhodnocení Vámi navrženého zařízení ve srovnání se stávajícím stavem.

Autorské právo vyhrazeno podle směrnic MŠK pro státní
zkušební ústředí č. j. 51 727/62-III/2 ze dne
13. července 1962 - Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze dne
31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

Rozsah grafických laboratorních prací: **dle zadání**

Rozsah průvodní zprávy: **cca 20 stran A4**

Seznam odborné literatury: **dle podkladů získaných na předdiplomní praxi**

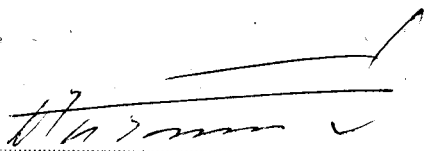
Vedoucí diplomní práce: **Prof. Ing. Dr. František Kotěšmíd, VŠST Liberec**

Konsultanti: **Ing. Němčík, Slovenské závody technického skla
Bratislava**

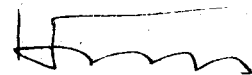
Datum zahájení diplomní práce: **26. září 1966**

Datum odevzdání diplomní práce: **5. listopadu 1966**

L. S.



Vedoucí katedry



Děkan

V **Liberci**

dne

6.7.

19**66**

Ú V O D

Doterajšie zariadenie používané v Novej Bani na mletie čadičovej frity je provizorné. Vlastné mletie obstaráva guľový mlyn o výkone 20 - 50 kg/hod. Doterajšia - pokusná prevádzka mala overiť možnosť výroby spekaného čadiča.

Zistilo sa, že spekaný čadič má mnohé výhodné vlastnosti. Najdôležitejšou je tá, že sa dajú z neho vyrábať predmety, ktoré sa ťažko odlievajú. Predmety, u ktorých je pre ich malý rozmer veľký technologický odpad. Spekaný čadič má mnoho vlastností, ktoré predčia vlastnosti ako primárne tak sekundárne rekryštalizovaného čadiča. Pre porovnanie uvádzam niekoľko hodnôt vlastností spekaného a primárne i sekundárne rekryštalizovaného čadiča./ Viď tab. I. /

Skloprojekt, pobočný ústav štátneho ústavu pre projektovanie závodov spotrebného priemyslu "Centroprojekt" Gottwaldov vypracoval úvodný projekt prestavby závodu Nová Baňa. Závod Nová Baňa bude vyrábať výrobky z liateho a zo spekaného čadiča. Technológia výroby spekaného čadiča je podľa projektu nasledovná:

Základnou surovinou pre výrobu spekaného čadiča je technologický odpad získaný pri výrobe liateho čadiča. Odpad je vypúšťaný do vody kde sa z neho vytvára frita. Rýchlym ochladením je zamedzená spätná rekryštalizácia čadiča, takže frita zostáva sklovitá. To umožňuje jej mletie na prach, čo u prírodného alebo rekryštalizovaného čadiča nie je možné pre jeho vysokú tvrdosť.

Granulát čadiča - frita sa bude dopravovať v paletách s bočným výsypom na vozíkoch do priestoru linky. Elektrický kladkostroj prenesie palety nad sklz do zásobníku. Otvorením bočného výsypu palety sa obsah vysype. Dno zásobníka tvorí tanierový prídellovač, ktorý dodáva rovnomerné

požadované množstvo frity na pás infrasušky. Tu sa frita zbaví prebytočnej vody a vysuší sa na 1% vlhkosti. Z pásu infrasušky padá frita do násypky vibračného mlyna. Celý priestor infrasušky spolu s násypkou vibračnej mlynice je uzavretý a vybavený odsávaním. Vo vibračnej mlynici sa frita pomelie na prach požadovanej jemnosti. Prach sa dopravuje pneumatically do cyklónov. Pomocou turniketového prideľovača sa odoberá prach z cyklónov a padá do sila. Silo je súčasne zásobníkom pre miešačku. Tu sa určité, automatickou váhou navážené množstvo frity / 50 kg / , mieša s parafínom. Táto zmes sa dopravuje k lisom. Vylisujú sa súčiastky potrebného tvaru a postupujú do spekacích pecí. V spalovacích tunelových peciach dochádza k spekaniu čadiča pri teplote $1120 \pm 5^\circ \text{C}$. V konečnej časti peci sa výrobky vychladia. Po triedení a vizuálnej kontrole idú výrobky do skladov a expedícií.

Úvodný projekt predpokladal použitie vibračnej mlecnej stanice MZ 2 - 230 vyrábanej podnikom Stavostroj, podľa sovietskej dokumentácie. Vibračné mlyny vyrába u nás už spomenutý Stavostroj a Přerovské strojírny n.p. Přerovské strojírny vyrábajú jednobubnové vibračné mlyny M - 200 M - 400 s obsahom bubna 200 a 400 l. Mlyn M - 200 má o niečo menší hodinový výkon ako vibračný mlyn M - 2 - 230. Má však vyššiu odbytovú cenu a celá mlecia stanica závodu Přerovské strojírny má väčšiu špecifickú spotrebu energie. Preto neboli výrobky Přerovských strojární doporučené.

Pre vypracovanie výkonného projektu zadali Slovenské závody technického skla úlohu Výskumnému ústavu inžinierskych stavieb v Bratislave previesť výskum možností mletia čadičovej frity na vibračnom mlyne. Výskum prevádzkal kolektív ing. Bruthansa. / Výsledky sú uvedené v zpráve o mletí čadičovej frity . Lit. 1. / Zistil, že mletie frity je v podstate možné. Vibračným mletím sa dá dosiahnuť požadovaná jemnosť čadičového prachu aj vyhovujúce % rozdelenia zrnitosti.

Tanierový prideľovač podáva fritu do kladivového mlyna. Tanierový podávač môže slúžiť v tomto prípade súčasne ako zásobník mlyna. Je však nutná synchronizácia mlyna a infrasušky. Potom predhrvená frita môže vypadávať priamo na pás infrasušky.

B/ Táto alternatíva ponecháva vlastnú linku prípravy čadičového prachu nepozmenenú / viď. obr. 1. /.

Kladivový mlyn na mokré mletie je umiestnený v ľubovoľnom mieste / podľa toho ako to dovoľia okolnosti / medzi granulátorom a vlastnou linkou prípravy. Kladivový mlyn môže pracovať periodicky. Nie je nutná ani synchronizácia takého stupňa ako pri alternatíve A.

Frita sa dopravuje / pravdepodobne pôvodne navrhovaným spôsobom - paletami / od granulátora ku kladivovému mlynu. Tu sa predmieľa a dopravuje sa zase v paletách na vozíkoch do priestoru linky prípravy čadičového prachu.

C/ Tu sa predpokladá suché mletie čadičovej frity kladivovým mlynom. Kladivový mlyn kontinuálne alebo periodicky pracujúci je zásobovaný z pásu infrasušky. Predomletá frita sa dopravuje napr. pásovým dopravníkom do násypky vibračnej mlecej stanice.

Najvýhodnejšou sa zdá alternatíva A - nevznikajú žiadne komplikácie s dopravou. Vyžaduje však:

- 1/ Kladivový mlyn na kontinuálne a mokré mletie.
- 2/ Možnosť umiestnenia mlyna priamo v linke.

Naproti tomu usporiadanie B dovoľuje použitie mlyna na mokré, kontinuálne i periodické mletie. Miesto jednoduchšej dopravy od granulátora k linke predpokladá však dopravu od granulátora ku kladivovému mlynu a od kladivového mlyna k linke.

Usporiadanie C dovoľuje použiť kladivový mlyn na suché mletie, nároky na dopravu a usporiadanie linky sú však najväčšie.

Druhé riešenie t.j. použitie vibračného mlyna schopného pomlieť podávaný materiál o zrnitosti do 10 mm odpovedá

pôvodnej koncepii linky znázornenej na obraze 1. Miesto projektovaného vibračného mlyna MZ - 230 bude použitý mlyn iný, a celá stanica bude potom prispôbena. Toto riešenie je čo sa týka usporiadania najvýhodnejšie. Otázka jeho ekonomickej efektívnosti bude prebraná v závere diplomovej práce.

GRANULOMETRICKÉ ZLOŽENIE FRITY

Podstatný vplyv na priebeh mletia a tým aj na voľbu typu mlyna má granulometrické zloženie vstupného materialu. Granulometrické zloženie frity použitej pri skúškach vo VÚIS bolo nasledovné

Sito mm	Zbytok %	Kumulatívny zbytk %	Prepad %
20	22,70	22,70	77,30
9	24,06	46,76	53,24
4	25,96	72,72	27,28
2,5	9,10	81,82	18,18
1,25	14,20	96,02	3,98
0,50	3,68	99,70	0,30
0,30	0,12	99,82	0,18
0,15	0,06	99,88	0,12
prepad	0,06	99,92	0,06

Grafické zobrazenie distribučnej charakteristiky tejto frity je na obr. 3. Ing. Bruthans právom tvrdí, že material s tak veľkým vstupným zrnom sa nedá mlieť v danom vibračnom mlyne na požadovanú jemnosť. Veľkosť niektorých kusov frity bola až 70 mm. Napriek tomu sa podarilo túto fritu po dlhšom mletí v periodicky pracujúcom mlyne /60 min/ pomlieť so zbytkom 1,20 % na site 009 a s nulovým zbytkom na site 2 mm. Tieto hodnoty pri rôznych skúškach ale značne kolísali.

Je jasné, že častice niekoľkokrát väčšie ako mlecie telesá nemôžu medzi tieto telesá vniknúť, v tom prípade môže dochádzať iba k mletiu nárazmi častíc mletého materialu o seba. Na druhej strane sa dá táto okolnosť /že došlo k zomletiu tak veľkých častíc/ vysvetliť tým, že veľké kusy frity nie sú kompaktné, sú to zlepenice menších častíc. Ich pevnosť je narušená množstvom puklín a veľkým povrchovým napätím v tlaku trvalého charakteru, vzniklým pri rýchlom prechode transformačnej teploty. Veľkosť zrna frity je podmienená technologickými podmienkami pri jej vytváraní. Veľké kusy frity môžu vzniknúť nedostatočne rýchlym ochladzovaním čadičovej skloviny. Napätie, ktoré vzniká v čadičovom skle vplyvom chladnutia je priamoúmerné teplotovému gradientu. Teplotový gradient je ovplyvnený jednak rozdielom teplôt skloviny a chladiaceho prostredia, jednak koeficientom prestupu tepla a charakteristickým rozmerom chladiaceho telesa. V tomto prípade charakteristický rozmer je priemer prúdu skloviny vlievanej do chladiacej tekutiny. Z toho vyplýva: čím užším prúdom budeme liat čadičovú sklovinu do chladiaceho prostredia, čím vyšší bude rozdiel teplôt a čím väčší bude súčiniteľ prestupu tepla zo skloviny do chladiaceho prostredia, tým jemnejší bude produkt. Hrúbka prúdu sa dá meniť vo veľkom rozmedzí a tým môžeme dostať fritu požadovanej jemnosti t.j. aby maximálny rozmer zrn bol 10 mm. Podmienku, aby čadičová fritá neobsahovala zrná väčšie ako 10 mm je nutné dodržať. Pri kontinuálnom mletí sa používa turniketový podávač, ktorý zásobuje plynule vibračný mlyn. Častice väčšieho priemeru spôsobujú jeho zaseknutie.

Pri maximálnej veľkosti zrn 10 mm som si zvolil granulometrické zloženie frity ako je zakreslené na obr. 3. Pre jednoduchosť predpokladám, že znázornenie charakteristiky v Rosin Rammlerovej sietke bude priamka, ktorá je rovnobežná so spodnou časťou skutočnej charakteristiky frity použitej pri skúškach vo VÚIS.

TEÓRIA VIBRAČNÉHO MLETIA

V dnešnej dobe nie je ešte otázka mletia definitívne vyriešená. Existuje viacej teórií, ktoré sa snažia objasniť proces mletia, ako z hľadiska granulometrického zloženia a znázornenia distribučnej charakteristiky /lit. 4,5,6,/ tak z hľadiska spotreby energie na rozmelnenie materialu / lit. 11, 5, 6, 7, /. K hľadisku granulometrického zloženia je dobré podotknúť, že vyjadrenie distribučnej charakteristiky v Rosin Rammlerovej sietke priamkou predpokladá, že frita alebo prášok vyhovujú distribučnému vzťahu Rosin Rammlera

$$R = 100e^{-bx^n} \quad (0)$$

Proti tejto hypotéze je veľa námietok.

R ... zbytok

b, n ... konštanty

x ... veľkosť zrna / veľkosť oka v sieti /

Toto vyjadrenie zbytku nevyhovuje skutočnému zloženiu frity. Vyhovuje však s postačujúcou presnosťou pre vyjadrenie rozdelenia veľkosti zŕn produktu a to ako pre predpísané granulometrické zloženie v zadaní diplomovej práce, tak aj pre granulometrické zloženie produktu zistené pri skúškach mletia čadičovej frity vo VÚIS / obz. 3. /

Energiu spotrebovanú na rozmelnenie materialu sa snažia vyjadriť tri teórie / lit. 11, 5, 6, 7, /.

1/ Najstaršia / 1867 / hypotéza Rittingerova tvrdí, že energia je priamoúmerná novovytvorenému povrchu.

2/ Teória podľa *Kirpičova - Kicka* predpokladá závislosť energie na zmene objemu častíc.

3/ Teória podľa F.C. Bonda vychádza z predpokladu, že energia spotrebovaná na rozmelnenie materialu je priamoúmerná dĺžke novovzniknutých prasklín.

H. E. Rose D. Sc. / Eng. /, Ph. D., A. C. G. I., M. I. Mech. E., M. I. C. E. spolu s R. M. E. Sullivan Ph. D., B. Sc./Eng/

skúmajú proces vibračného mletia a vzniku produktu charakterizovaného určitým špecifickým povrchom. /Lit. 8, 9./
Vychádzajú pritom z Bondovej hypotézy. Použitím dimenzionálnej analýzy dospievajú k vzťahu bezrozmerných veličín.

$$\left(\frac{2\sigma\alpha}{\omega}\right) = \phi_1\left(\frac{\omega^2 \rho \alpha^4}{H}\right) \cdot \phi_2\left(\frac{\omega^2 \alpha}{g}\right) \cdot \phi_3\left(\frac{d}{\alpha}\right) \cdot \phi_4\left(\frac{b}{\alpha}\right) \cdot \phi_5\left(\frac{D}{\alpha}\right) \cdot \phi_6(J) \cdot \phi_7(U)$$

- R ... špec. povrch vzťahnutý k jednotke hmoty
 σ ... špec. hmotnosť mletého mat.
 ρ ... špec. hmotnosť mletých telies
 H ... Bond faktor - energia potrebná k vytvoreniu jednotkovej dĺžky prasklín
 ω ... uhlová rýchlosť vibrácie
 α ... efektívna amplitúda
 g ... zemské zrýchlenie
 d ... ϕ mletých telies
 b ... veľkosť zrn mletého materiálu
 D ... ϕ mlecej nádoby
 J ... koeficient zaplnenia mlyna mlec. tel.
 U ... koeficient zaplnenia medzipriestoru materiálom

Vplyv niektorých komponentných funkcií / / sa podarilo vyjadriť jednoduchým matematickým vzťahom. Niektoré funkcie sa však zatiaľ takto vyjadriť nepodarilo. Ich závislosť na premennej veličine je určená na základe pokusov a znázornená graficky

Nakoniec na základe týchto rozborov vyjadrili Rose a Sullivan časovú zmenu špecifického povrchu vzťahnutého k jednotke objemu.

$$\frac{ds}{dt} = 6,6 \cdot 10^7 \frac{\omega^3 \rho \alpha^3}{\sigma H} \left(\frac{d}{D}\right)^{\frac{1}{2}} \phi_2\left(\frac{\omega^2 \alpha}{g}\right) \phi_6(J) \cdot \phi_7(U) \quad (1)$$

z toho

$$dt = ds \frac{\sigma H}{6,6 \cdot 10^7 \cdot \omega^3 \rho \alpha^3} \left(\frac{b}{d}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{1}{\phi_2\left(\frac{\omega^2 \alpha}{g}\right) \phi_6(J) \phi_7(U)} \quad (2)$$

$$\int_0^{t_1} dt = \int_{s_1}^{s_2} \frac{10^3 \sigma \cdot H \cdot b^{\frac{1}{2}} \cdot ds}{6,66 \omega^3 \rho \omega^3 d^{\frac{1}{2}} \cdot \phi_2\left(\frac{\omega^2 L}{g}\right) \phi_6(\gamma) \phi_7(u)}$$

Mimo b sú všetky premenné nezávislé na čase a špecifickom povrchu, takže môžeme písať pre dobu mletia pri periodic-
kom mletí

$$T = K \int_{s_1}^{s_2} b^{\frac{1}{2}} ds \quad (3)$$

b je stredný rozmer častíc vzťahnutý k špecifickému povr-
chu - je to dĺžka hrany kocky ktorá má rovnaký špecifický
povrch ako melivo. Môže sa teda písať

$$b = \frac{6}{\sigma \cdot S} \quad (4)$$

kde σ znamená / ako i v predošlom prípade / špecifickú
hmotu mletého materialu. Dosadením do rovnice / 3 /

$$T = K \sqrt{\frac{6}{\sigma}} \int_{s_1}^{s_2} \frac{ds}{s^{\frac{1}{2}}} \quad (5)$$

$$T = 2K \sqrt{\frac{6}{\sigma}} (s_2^{\frac{1}{2}} - s_1^{\frac{1}{2}}) \quad (6)$$

Presnejší vzorec by bol odvodený z rovnice

$$\frac{ds}{dt} = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{\sigma}{6}} \int_{s_1}^{s_2} s^{\frac{1}{2}} e^{-BS^n}$$

Člen e^{-BS^n} zahrňuje vplyv aglomerácie a naliepania meli-
va na gule. Z praxe $n = 3$ a B je rádu 10^{-18} . S_v je špecifický
povrch vzťahnutý k jednotke objemu $S_v = \sigma \cdot S$. Tento člen sa
dá zanedbať, pretože v tomto prípade ako je vidieť ďalej
 $S = 830$ je exponent rádu 10^{-2} a celý člen je ≈ 1

Čas T je doba potrebná k tomu, aby sa v mlyne za určitých
podmienok charakterizovaných konštantou K, vsadený mate-
riál o špecifickom povrchu S_1 rozmlel na produkt o špeci-
fickom povrchu S_2 . Jedná sa o periodické mletie. Zatiaľ
ešte nie sú dobre známe podmienky pri mletí kontinuálnom.
Je možné však kontinuálne mletie považovať ako sériu mly-
nov / mlecích objemov / s rovnakými mlecími podmienkami a
potom čas T značí dobu prechodu materialu mlynom.

Toto vyjadrenie nie je celkom presné pretože objemy sú iba myslené a v skutočnosti sa prelínajú. Niektoré častice prejdú mlynom rýchlejšie, niektoré sa melú dlhšie. Má to za následok rozťahlejšiu distribučnú charakteristiku produktu. V skutočnosti by bola nutná dlhšia doba k tomu, aby na najhrubšom site neostal väčší ako predpísaný zbytok. Pri tom by bol veľký podiel jemných frakcií - prejavoval by sa vplyv aglomerácie. Tieto nevýhody sa odstránia triedením produktu. Pre energiu spotrebovanú na vytvorenie nového špecifického povrchu v mlyne odvodili autori vzťah

$$P_s = 2,28 \cdot 10^{-4} \sigma^{-1} \rho \omega^3 L^3 d^{\frac{1}{2}} \gamma \phi_2 \left(\frac{\omega L}{g} \right) J \phi_1 J U \phi_3 (U) \quad (7)$$

Pri tom autori vychádzali už zo spomenutej dimenzionálnej analýzy a z Bondeovej rozmelňovacej teórie. Pre prácu akumulovanú náplňou bubna - ako útlm, vypočítali Rose a Sullivan vzťah

$$P_c = 1,8 \cdot 10^{-6} W \omega^3 L^2 (J \rho + 0,4 \sigma J U) \quad (8)$$

alebo

$$P_c = 1,8 \cdot 10^{-6} \omega^3 L^3 M_c$$

V tomto prípade vychádzali Rose a Sullivan z pohybovej rovnice

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + C \frac{dx}{dt} + kx = mr \omega^2 \cos \omega t$$

riešenie tejto rovnice je

$$x = \frac{\left(\frac{m}{M}\right) \cdot r \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 \cos(\omega t + \varphi)}{\left[\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + 4\left(\frac{C}{C_0}\right)\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

Energia pohltená mlecou náplňou je závislá na frekvencii vibrácie, amplitúde, hnote a koeficiente útlmu mleceej náplne. Dimenzionálnou analýzou dospeli k dvom bezrozmerným veličinám

$$\frac{PH_c^2}{c^3 L^2} \quad a \quad \frac{\omega M_c}{c}$$

ich závislosť je znázornená na obraze

Z tejto závislosti a rovnice / / je možné určiť neznámy koeficient útlmu.

Nakoniec výraz pre energiu stratenú v ložiskách mlyna je

$$P_b = 2,1 \cdot 10^{12} (M_c L)^{\frac{3}{2}} \frac{\omega^4}{n^{\frac{1}{2}}} \left[\frac{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}{(\frac{\omega}{\omega_0})^2} \right]^{\frac{3}{2}} \quad (9)$$

Ako vidieť táto energia závisí na pomere frekvencie vibrácie k rezonančnej frekvencii celého hmotného systému mlyna.

Nakoniec zavádzajú autori pojem vnútornej účinnosti mlyna

$$\eta_i = \frac{P_s}{P_c} = 0,76 L d^{\frac{1}{2}} \left[\frac{\rho \sigma^{\frac{1}{2}}}{0,24 \sigma U + 0,6 \rho} \right] \times \phi_c(J) \cdot U \cdot \phi_2(U) \quad (10)$$

a pojem celkovej účinnosti mlyna

$$\eta_c = \frac{P_s}{P_s + P_b}$$

Je nutné si povšimnúť trochu bližšie týchto výrazov. Rozborom účinnosti je vidieť, že ju zlepšujú $\phi_c(J)$, $U \phi_2(U)$, ρ a σ /do určitej medze/.

Z toho vyplýva snaha, aby mlyn pracoval pri optimálnom pomere plnenia mlecími telesami $J \sim 0,8$ materiálom $U=1 \Rightarrow U \phi_2(U)=1$ a mlecie telesá aby mali veľkú špecifickú hmotu. V súčasnej dobe sa bežne používajú telesá zo stealitu, aloxu alebo karbidov. Karbidové guličky majú $\rho = 14 \div 15 \text{ g/cm}^3$ sú tvrdé a obrus nehrá temer žiadnu úlohu. U nás je to zatiaľ nepoužiteľné, pretože takéto guličky by sme museli dovážať.

Dalej je však vidieť, že účinnosť stúpa neobmedzene pre L a d . Na tento fakt upozorňujú autori na konci kapitoly venovanej výkonu a účinnosti. Výrazy boli odvodené na základe pokusov u ktorých sa hodnoty L pohybovali od 1,5 do 2 mm a hodnoty d maximálne do 1,5 cm. V tomto rozsahu platia

s dostačujúcou presnosťou, ale ich extrapolácia vo väčšom merítku nie je celkom dobre možná. V literatúre sa uvádza, že maximálna hodnota $\alpha = 3 \div 5$. Pri väčších hodnotách by sa náplň pohybovala ako jedno teleso s mlynom a nedochádzalo by k nárazom a mletiu. Podľa pokusov autorov u mlynov s $\alpha > 3$ - mlyny sovietskej konštrukcie - je hodnota R_i nižšia než vypočítaná. To znamená, že pre tieto hodnoty vzťah /1/ nie je už celkom presný, napriek tomu postačí k odhadu spotrebovanej energie a k výpočtom nutným pre konštrukciu mlyna.

Otázka priemaru mlecích telies nie je taká jednoduchá. Práca mr. Sullivana a Rose bola publikovaná v roku 1961. Vtedy sa skutočne považovalo mletie väčšími telesami za neúčelné. Vibračné mlyny slúžili k domieľaniu produktu zomletého v guľových mlynoch. Novšie konštrukcie mlynov však s úspechom melú materiál zrnitosti väčšej ako 10 mm a používajú guľy s väčším priemerom ako 60 mm.

Aby sa však dali presnejšie určiť pomery pri takomto mlení, bolo by nutné previesť radu pokusov, alebo získať presnejšie údaje a rozbor mlynov pracujúcich s takýmito podmienkami. Tieto údaje zatiaľ nie sú dostupné.

TRIEDENIE

Veľmi dôležitým k správnej činnosti mlyna a k tomu, aby sa dosiahla optimálna účinnosť, je triedenie.

V tejto konštrukcii je možné použiť tri spôsoby triedenia produktu a dosiahnuť tým žiadanej jemnosti a granulometrického zloženia produktu. Na obrázkoch 13, 14, 15 sú tieto spôsoby znázornené.

Obr. 13 : V triediči oddelené hrubšie zrno sa vracia do prvého mlecieho bubna. 1 - 2 - mlecie bubny, 3 - triedič, 4 - cyklón.

Obr. 14 : Oddelená hrubšia časť meliva sa vracia len do druhého bubna.

Obr. 15 : Z prvého bubna vystupuje melivo na sito. Prepad sa melie ďalej v druhom bubne zbytok sa vracia do prvého.

Melivo z druhého bubna sa triedi rotačným triedičom.

V Ý P O Č E T V I B R A Č N Ě H O M L Y N A

Navrhovaný vibračný mlyn je dvojhubnový. V prvom bubne sa grita predomiela, v druhom bubne sa domiela na požadovanú jemnosť. V prvom mlyne sú použité mlecie telesá guľičky o $\varnothing$ 35 mm, v druhom mlyne o priemere 14 mm. K určeniu potrebných parametrov mlyna budem uvažovať akoby aj v prvom bubne pôsobili guľe o $\varnothing$ 14 mm / z o skôr už uvedených dôvodov /.

Výpočet objemu mlecích bubnov.

Navrhované parametre mletia:

otáčky vibrátora $n = 970 \text{ ot/min}$

$$\omega = 101,5 \quad \omega^2 = 1,035 \cdot 10^4$$

$$\omega^3 = 1,05 \cdot 10^6 \quad \omega^4 = 1,075 \cdot 10^8$$

$$L = 0,98 \text{ cm} \quad L^2 = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$$

$$L^3 = 4,98 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^3$$

$$J = 0,8$$

$$\phi(J) = 1,88$$

$$U = 1$$

$$\phi(U) = 1$$

$$d_1 = 35$$

$$d_2 = 14$$

$$\phi_2\left(\frac{\omega^2 L^2}{g}\right) = \phi_2\left(\frac{\omega^4 L^2 - g^2}{g^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\left(\frac{\omega^4 L^2 - g^2}{g^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1,075 \cdot 10^8 \cdot 9 \cdot 10^{-2} - 96,4}{96,4}\right)^{\frac{1}{2}} = 2,66$$

$$\phi_2 = 1$$

$$\sqrt{d} = \sqrt{14} = 1,18$$

$$\frac{1}{K} = 6,6 \cdot 10^{-7} \frac{1,05 \cdot 10^6 \cdot 7,3 \cdot 1,98 \cdot 10^{-2} \cdot 1,18 \cdot 1,88 \cdot 1,11}{3} = 7,96 \cdot 10^{-2}$$

$$\underline{\underline{K = 12,55}}$$

Dosadením konštanty K do vzorca / 6 / je možné vypočítať dobu priechodu a z nej objem bubna mlyna.

$$V_m = \frac{\text{hodinový výkon} \cdot t}{3600 \cdot \sigma'} \quad (12)$$

V_m ...objem zaplnený materiálom

σ' ...sypná hmota

Objem mlyna

$$V = \frac{V_m}{J U (1-f)} \quad (12a)$$

J, U sú už známe veličiny a f je koeficient zaplnenia priestoru guľami. U vibračných mlynov býva 0,6. Vo všeobecnosti sa pohybuje od 0,52 do 0,68 podľa usporiadania guľí a toho, či sú rovnakého alebo rôzneho priemeru. $(1-f)$ sa tiež nazýva medzerovitosť mlecích telies.

K výpočtu podľa vzorca / 6 / je ešte nutné poznať špecifický povrch vsádzky a špecifický povrch produktu. Keďže ide o dva bubny rovnakého objemu / približne /, rovnakých mlecích podmienok, bude aj doba priechodu u oboch mlynov rovnaká a špecifický povrch vsádzky druhého bubna sa rovná špecifickému povrchu produktu prvého bubna.

$$S_0 = \frac{(S_p^{\frac{1}{2}} + S_f^{\frac{1}{2}})^2}{4} \quad (13)$$

ako vyplýva z rovnosti

$$K(S_0^{\frac{1}{2}} - S_f^{\frac{1}{2}}) = K(S_p^{\frac{1}{2}} - S_0^{\frac{1}{2}})$$

S_f značí špecifický povrch frity

S_p značí špecifický povrch konečného produktu.

Prvý je daný materiálom, ktorý máme mlieť, druhý požiadavkom na jemnosť a granulometrické rozloženie produktu.

Určenie špecifického povrchu.

Špecifický povrch zrn rovnakej veľkosti x je

$$S_x = K \frac{G}{\sigma_x} [\text{cm}^2/\text{g}] \quad \sigma - \text{špec. hmota}$$

Špecifický povrch meliva so zrnami rôznej veľkosti sa dá počítat sumáciou

$$S = \frac{6}{\sigma} \sum \frac{k_i g_i}{x_i}$$

σ ...špecifická hmota

k_i ...koeficient tvaru

g_i ...váhový podiel frakcie

x_i ...veľkosť zrna frakcie

k_i / lit. 11 / pre kremeň je uvedená v tabuľke pre rôzne hodnoty x .

Rozmer zrna v mm	0,001	0,01	0,1	1	10
Kremeň	1,6	1,7	2,1	3,9	9,5

Pretože fritu i čadičový prach vyhovujú Rosin Rammlerovmu vzťahu je výhodné použiť integráciu. Derivovaním vzťahu /0/ dostaneme

$$\frac{dR}{dx} = -nbx^{n-1}e^{-bx^n}$$

$$S = -\frac{6bn}{\sigma} \int_0^{\infty} k(x) e^{-bx^n} x^{n-2} dx$$

alebo

$$-\frac{6bn k_{str}}{\sigma} \int_0^{\infty} e^{-bx^n} x^{n-2} dx$$

Tento integrál sa dá riešiť numericky ako integrál

$$\frac{6bn k_{str}}{\sigma} \int_a^b e^{-bx^n} x^{n-2} dx$$

$$n = \frac{\lg \lg \frac{100}{R}}{\lg x}$$

$$b = \frac{\lg \frac{100}{R_1}}{x_1^n \cdot \lg e}$$

$$n = 3 \quad b = 4,5 \cdot 10^6 \text{ hodnoty pre čadičový prach}$$

$$K \cdot 27 \cdot 10^6 \int_{0,001}^{0,01} e^{-4,5 \cdot 10^6 x^3} \cdot x dx$$

n je v Rosin Rammlerovej sietke znázornený ako sklon priamky vyjadrujúcej rozdelenie veľkostí zrn.

b sa určí keď je známa hodnota X_1, R_1 .

Riešenie integrálu Simpsonovým pravidlom

x	f(x)	C	f(x).C
0	0	1	0
0,001	0,0009954	4	0,0039816
0,002	0,00194	2	0,00388
0,003	0,002685	4	0,010740
0,004	0,003001	2	0,006002
0,005	0,002852	4	0,011408
0,006	0,002272	2	0,004544
0,007	0,001482	4	0,005928
0,008	0,0008205	2	0,001641
0,009	0,0003498	4	0,0013992
0,01	0,0001114	1	0,0001114
			$\Sigma 0,0496352$

$$\int_{0,001}^{0,01} e^{-4,5 \cdot 10^3 \cdot x^3} x \cdot dx = \frac{0,004}{3} \cdot 0,0496 = \frac{0,01653}{1000}$$

$$K = 1,87$$

$$0,01653 \cdot 10^{-3} \cdot 1,87 \cdot 27 \cdot 10^6 = 832 \quad \underline{\underline{S = 832 \text{ cm}^2/\text{g}}}$$

Podobným spôsobom sa vypočíta špecifický povrch frity

$$\underline{\underline{S_{\text{vádzky}} = 31 \text{ cm}^2/\text{g}}}$$

Doadením do vzťahu (13)

$$\underline{\underline{S_p = \frac{(\sqrt{832} + \sqrt{31})^2}{4} = \frac{(29,85 + 5,6)^2}{4} = 315}}}$$

Doba priechodu materialu jedným bubnom dosadením do vzťahu (6)

$$T = 2 \cdot 12,55 \cdot 1,41 (17,75 - 5,6) = 364 \text{ sec}$$

zo vzorca (12)

$$V_m = \frac{400 \cdot 290}{3600 \cdot 1,6} = 25,3 \text{ l}$$

zo vzorca (12a)

$$V = \frac{20}{0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,4} = 80 \text{ l}$$

objem jedného bubnu bude 100 litrov. Rozmery bubnov sú

prvý bubon ϕ 350 x 1000 mm

druhý bubon ϕ 380 x 850 mm

Za predpokladu že vzťah / 1 / platí s presnosťou $\pm 20\%$,
to vyhovuje.

K výpočtu výkonu je nutné ďalej uvažovať, že koeficient
zaplnenia mlecieho priestoru materialom je 0,8 .

Výpočet výkonu.

Pomocou vzorca / 8 / určíme časť výkonu spotrebovanú mle-
cou náplňou.

$$P_c = 1,8 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 1,05 \cdot 10^6 \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} (7,1 \cdot 0,8 + 0,4 \cdot 0,3 \cdot 0,8 \cdot 0,8)$$

$$P_c = 1,95 \text{ kW}$$

Z toho časť výkonu spotrebovaná na vlastné rozmelenie ma-
terialu je pri použití vzťahu / 7 /

$$P_s = 2,28 \cdot 10^3 \cdot 1,73 \cdot 7,2 \cdot 1,05 \cdot 10^6 \cdot 1,18 \cdot 1,98 \cdot 10^{-2} \cdot 200 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,88 \cdot 0,8 \cdot 1$$

$$P_s = 1,82 \text{ kW}$$

K určeniu veľkosti časti príkonu stratenej trením v ložis-
kách musíme poznať efektívnu vibrujúcu hmotu.

Náplň sa nepodíela na dynamických účinkoch celou svojou hmo-
tou. Väčšia časť gúl a materialu je v rozptýlenom stave.

Rose a Sullivan uvádza pre efektívnu hmotu

$$M_L = M_b + 0,2 M_c$$

M_b je hmota telesa a ostatných všetkých kmitajúcich častí
mimo náplne.

M_c je hmota náplne.

Podľa skúšok v Přerovských strojárnách sa podiela náplň až 28% -mi svojej hmoty na dynamických účinkoch. Bude správne vziať do úvahy vyššiu hodnotu.

Hmota pláštových válcov / plech 4 mm /

Dolný bubon 37 kg

Horný bubon 33,5 kg

Hmota pancierového válca / plech 7,5 mm /

Dolný bubon 46,5 kg

Horný bubon 42,5 kg

Čelá obyčajné / plech 7 mm /

Dolný bubon 7,6 kg

Horný bubon 8,7 kg

Čelá s výpustnými otvormi / plech 5 mm /

Dolný bubon 12,4 kg

Horný bubon 13,55kg

Príeruby bubnov

Dolný bubon 2,5 kg

Horný bubon 3,1 kg

Panciere čiel / plech 10 mm /

Dolný bubon 8,5 kg

Horný bubon 9,25 kg

Deliace dosky / plech 10 mm /

Dolný bubon 3,4 kg

Horný bubon 3,7 kg

Držiaky - 1 kus 2 kg

6 kusov 12 kg

Šúpatka / plech 5 mm /

Dolný bubon 2,5 kg

Horný bubon 2,5 kg

Plniaci nátrubok 0,75 kg

Vyprázdňovací nátrubok 0,75 kg

Spojovacia trúba 3kg

Stoiny / plech 5 mm / - 1 kus 15,6 kg

4 kusy 62,5 kg

Pásnice stoín 6,5 kg

4 trubky stoín 7 kg

Hriadeľ 11 kg

Ložiská 4 kg

Púzdra ložisiek 9 kg

Exentrické hmoty 35 kg

Celková hmota telesa mlyna 412,5 kg

Váha mlecej náplne sa vypočíta:

$$M_c = J.V.\rho.\xi + J.U.V(1-\xi)\sigma' = 0,8.200.0,6.7,8 + 0,8.1.200.0,4.1,6$$

$$M_c = 830 \text{ kp}$$

Z toho 28% je 230 kg takže efektívna hmota M_t je 642,5 kg kvôli bezpečnosti a vzhľadom na približnosť výpočtu volíme hodnotu o 10% väčšiu - 700 kg.

Dosađením tejto hodnoty do vzorca /9/ dostaneme informatívnu hodnotu časti príkonu stratenej v ložiskách. Celkový výkon spotrebovaný mlynom je súčtom výkonu spotrebovaného v náplni mlyna a výkonu strateneho v ložiskách $P_b = 0,944 \text{ kW}$. Pri výkone 400 kg/hod a požadovanej jemnosti uvedenej v zadaní bude výkon spotrebovaný mlynom 2,80 kW. Z toho účinnosť bude 79%.

Určenie inštalovaného výkonu.

Je nutné, aby inštalovaný výkon bol vyšší.

1/ nevieme celkom dobre s akou presnosťou súhlasia vypočítané hodnoty so skutočnými, v praxi dosiahnutými.

2/ Podmienkou určeného výkonu je predom stanovený špecifický povrch produktu t.j. granulometrické zloženie produktu.

Pri prevádzke sa takéto zloženie dosiahne postupnými zmenami rôznych parametrov mletia α, U, J a prácou triediča resp. rôznymi spôsobmi triedenia ako bude popísané ďalej.

V praxi pri skúškach zbytku iba na site 009 môže byť špecifický povrch produktu väčší. Potom je aj spotreba energie väčšia. Samozrejme takéto nastavenie je nežiadúce. Jednak sa vynakladá prebytočná energia, jednak technologického hľadiska spekaného čadiča nevyhovuje plytké rozdelenie veľkosti zrn. Musím však s ním počítať, ako je nutné počí-

tať s nesprávnym nastavením parametrov mletia, ktoré zhorší účinnosť a tým zvýši špecifickú spotrebu energie.

Z týchto dôvodov je maximálna amplitúda vibrácie mlyna

$\Delta = 3 \text{ mm}$. Maximálny príkon spotrebovaný mlecou náplňou bude

$$P_{\text{max}} = 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 1,05 \cdot 9 \cdot 10^{-2} (7,8 \cdot 0,8 + 0,4 \cdot 3 \cdot 0,8 \cdot 1)$$

$$P_{\text{cmax}} = 2,5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{pmax}} = 2 \cdot 10^{-12} \cdot 3,05 \cdot 10^3 \cdot 1,075 \cdot 10^2 \cdot \frac{1}{1,42} \cdot 0,86 = 0,4 \text{ kW}$$

$$P_{\text{c}} = 2,9 \text{ kW}$$

Zvolený elektrický motor Fg Ho typ 522 1000 ot/min, 4kW

Koeficient využitia priplnom zatažení $\psi = \frac{2,9}{4} = 0,725$

Pri maximálnom požadovanom výkone mlyna 400 kg/hod

$$\psi = \frac{2,30}{4} = 0,575$$

Výpočet excentrickej hmoty.

Z rovnice / 8a / môžeme písať :

$$\Delta = \frac{\frac{m}{M_e} r \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}{\left[1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + 4 \left(\frac{c}{c_0} \right) \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

pretože $x = \Delta \cos(\omega t + \varphi)$

Člen $\left(\frac{c}{c_0} \right)$ je veľmi malý, takže

$$m \cdot r = Z - M_e \Delta \cdot \frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}{\left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}$$

$$Z_{\text{max}} = 700 \cdot 0,3 \cdot 0,9 = 189 \text{ kp/cm} \quad Z_{\text{min}} = 700 \cdot 0,2 \cdot 0,9 = 126 \text{ kp/cm}$$

Pri použití dvoch nevývažkov pevných a dvoch prestaviateľných

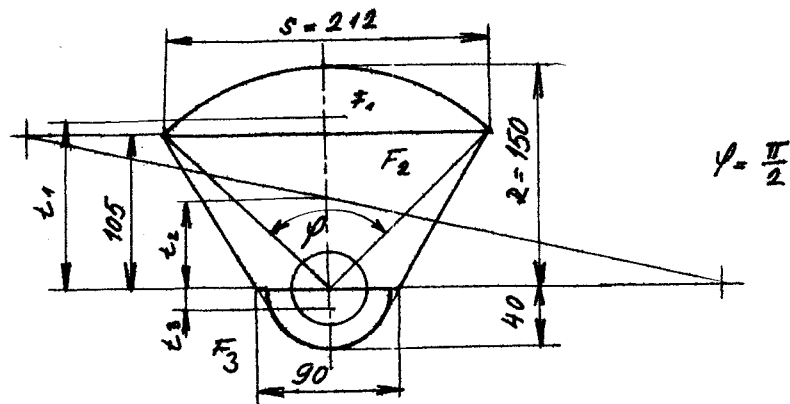
$$2Z_1 = 155$$

$$2Z_2 = 35$$

$$Z_1 = 77,5$$

$$Z_2 = 17,5$$

A/ Pevný nevývažok.



$$\mathcal{L} = F \cdot l \cdot \mu$$

$$F \cdot l = F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot l_3$$

$$F_1 = \frac{1}{2} R^2 (\varphi - \sin \varphi) = \frac{1}{2} 15^2 \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) = 64 \text{ cm}$$

$$l_1 = \frac{2}{3} \frac{R \cdot \sin^3 \frac{\varphi}{2}}{\frac{\varphi}{2} - \sin \frac{\varphi}{2} \cdot \cos \frac{\varphi}{2}} = \frac{2}{3} \frac{15 \frac{\sqrt{2}}{4}}{\frac{\pi}{4} - \frac{1}{2}} = 12,45 \text{ cm}$$

$$F_1 l_1 = 800 \text{ cm}^3$$

$$F_2 = \frac{a+b}{2} h = \frac{21,2+9}{2} \cdot 10,5 = 159 \text{ cm}^2$$

$$l_2 = 6,1 \text{ cm}$$

$$F_2 l_2 = 159 \cdot 6,1 = 970 \text{ cm}^3$$

$$F_3 = \frac{\pi r^2}{2} = 25 \quad l_3 = \frac{4R}{3\pi} = -1,7 \text{ cm}$$

$$F_3 l_3 = -42,5$$

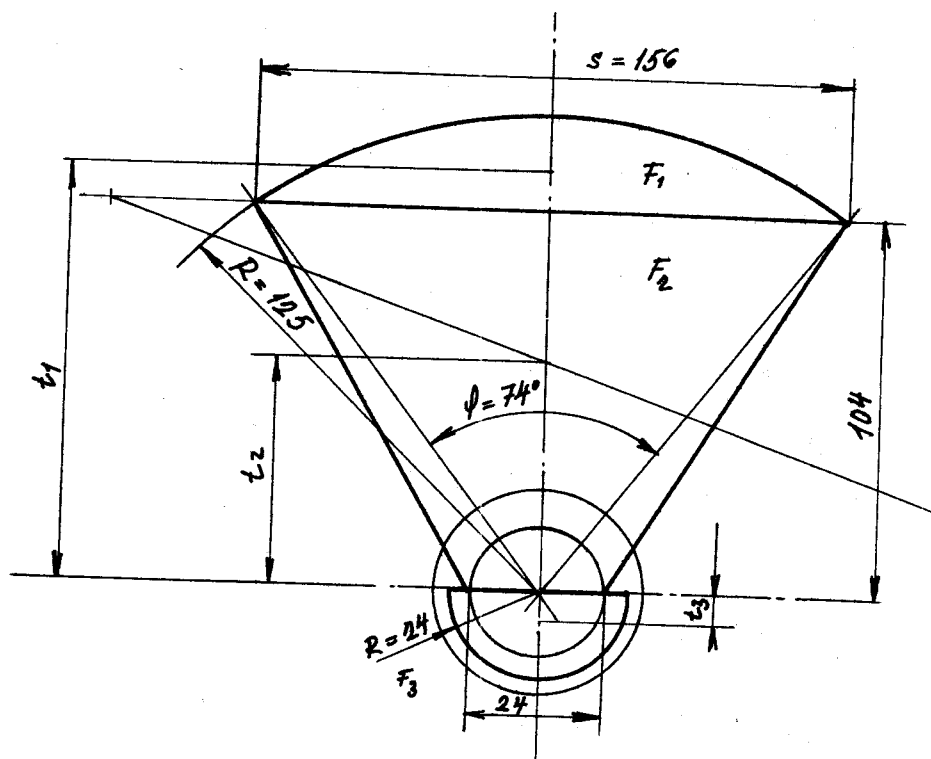
$$F l = 970 + 800 - 42,5 = 1727,5 \text{ cm}^3$$

$$l = \frac{\mathcal{L}}{F l \mu} = \frac{77,5 \cdot 1000}{1727,5 \cdot 7,8} = 5,76 \text{ cm}$$

$$G = F_1 \cdot l \cdot \mu = \left(F - \frac{\pi d^2}{4} \right) \cdot l \cdot \mu$$

$$G = (248 - 16) 5,76 \cdot 7,8 = 10,4 \text{ kp}$$

B/ Prestaviteľný nevývažok.



$$F_1 = \frac{1}{2} \cdot 12,5^2 \cdot 0,29 = 22,6 \text{ cm}^2$$

$$F_1 t_1 = \frac{s^3}{12} = 916 \text{ cm}^3$$

$$F_2 = \frac{15,6 + 3,5}{2} \cdot 10,4 = 100 \text{ cm}^2 \quad t_2 = 6,2 \text{ cm}$$

$$F_2 t_2 = 620 \text{ cm}^3$$

$$F_3 = \frac{\pi \cdot 2,4^2}{2} = 8,65 \text{ cm}^2$$

$$t_3 = \frac{3}{4} \frac{2,4}{\pi} = 1,02 \text{ cm}$$

$$F_3 t_3 = 8,8 \text{ cm}^3$$

$$F t = 657 \text{ cm}^3$$

$$l = \frac{17,5 \cdot 1000}{657 \cdot 7,5} = 2 \text{ cm}$$

$$G = F_n \cdot l \cdot \pi = F \cdot \pi \frac{3,5^2}{4} = 9,5 \text{ kp}$$

V Ý P O Č E T L O Ž I S I E K

Sila pôsobiaca na ložisko

$$F_r = \frac{2}{g} \cdot \omega^2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,9}{9,81} \cdot 1,035 \cdot 10 = 1000 \text{ kp}$$

Pretože je vnútorný krúžok ložiska zatažený bodovo

$$F_{ef} = 1,4 F_r = 1400 \text{ kp}$$

Ložiská sa budú vymieňať každé dva roky, tomu odpovedá
2500 hod. Pri daných otáčkach 970 ot/min je $\frac{c}{p} = 5,35$

$$C = \frac{c}{p} F_{ef} = 5,35 \cdot 1400 = 7500$$

Tomu vyhovuje ložisko ČSN 024708. Je to naklápacie súdoč-
kové ložisko 22309 C = 8000

Výpočet tepelného namáhania ložiska.

K tomu musíme určiť výkon stratený v ložiskách presnejšie
ako podľa vzorca /9/

$$P_b = f_b \cdot F_b \cdot \frac{\omega}{2} \cdot d_{krúžku}$$

Súčiniteľ valivého trenia v ložiskách sa pohybuje okolo
0,005

$$P_b = 0,005 \cdot 1000 \cdot 101,5 \cdot 0,062 \cdot \frac{1}{2}$$

Výkon stratený v ložiskách

$$P_b = 15,75$$

Tento výkon sa premení v teplo. Do ložisiek bude privádzan-
né teplo

$$Q'' = \frac{15,75}{427} = 0,038 \text{ kcal/sec}$$

$$Q = 3600 \cdot 0,038 = 137,8 \text{ kcal/hod}$$

Predbežný výpočet oteplenia ložiska:

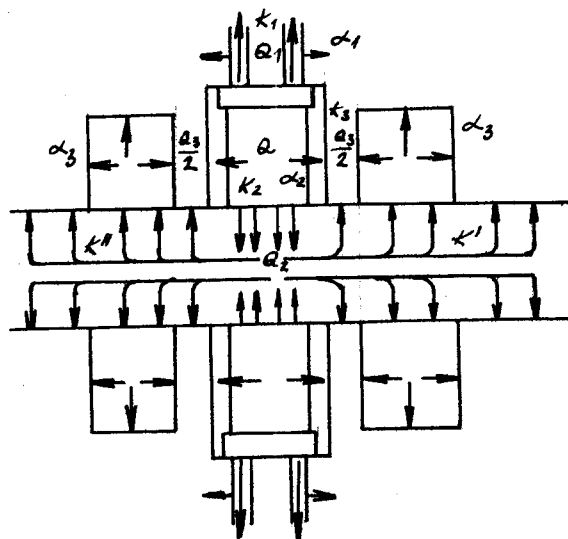
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = k_1 (t_e - 20)$$

$$Q_2 = k_2 (t_e - 20)$$

$$Q_3 = k_3 (t_e - 20)$$

$$Q_4 = k_4 (t_e - 20) \quad \text{Zanednám}$$



$$\frac{1}{k_1} = \frac{1}{L_1 F_1} + \frac{\ln \frac{d_1}{D}}{2\pi \lambda \cdot 25} = 1,95$$

$$\alpha_1 = 6 \text{ kcal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C hod}$$

$$F_1 = 9,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\lambda = 45 \text{ kcal/m hod } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{d_1}{D} = 2 \quad S = 0,005$$

L_1 pre nútené prúdenie pozdĺž rovinatej steny rýchlosťou

$$w = \omega \cdot d = 0,3 \text{ m/sec}$$

$$\frac{1}{k_2} = \left(\frac{\ln \frac{d}{0,5d}}{2\pi \lambda b} + \frac{1}{k' + k''} \right) = 0,8$$

$$\frac{1}{k'} = \frac{4l_1}{\pi d^2 \lambda} + \frac{\ln \frac{D_{s1}}{d}}{2\pi \lambda c_1} + \frac{1}{L F_1} = 1,3$$

$$\frac{1}{k''} = \frac{4l_2}{\pi d^2 \lambda} + \frac{\ln \frac{D_{s2}}{d}}{2\pi \lambda c_2} + \frac{1}{L F_2} = 1,7$$

$$l_1 = 0,08 \quad l_2 = 0,07 \quad d = 0,06 \quad D_{s1} = 0,14$$

$$D_{s2} = 0,12 \quad c_1 = 0,06 \quad c_2 = 0,02 \quad F_1 = 0,09 \quad F_2 = 0,04$$

$$L_2 = 28,2 \quad \text{pre } w_s = 7 \text{ m/sec}$$

$$L = (6,14 \cdot w^{0,78})$$

$$\frac{1}{k_3} = \frac{2}{\alpha_3 F} + \frac{1}{\alpha_1 F} = 13,34$$

$$\alpha_1 = 6$$

$$\alpha_2 = 17,5 \quad \text{pre } w = 3,7 \text{ m/sec } \alpha = 5 + 9,4 w$$

$$F = 0,021$$

$$K_1 = 0,51$$

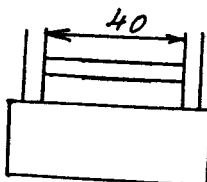
$$K_2 = 1,25$$

$$K_3 = 0,075$$

$$t = \frac{Q}{K_1 + K_2 + K_3} + 20 = \frac{137,5}{1,83} + 20 = \underline{95^\circ\text{C}}$$

Bude vhodné ložiská chladiť.

Výpočet vodného chladenia ložisiek.



Plocha prestupu tepla

$$\pi \cdot D \cdot l = 0,016 \text{ m}^2$$

Zistenie α

Prípad sa dá brať ako prestup do trubky vyznačeného prierezu z jednej jej steny s polomerom zakrivenia D .

$$d_e^T = \frac{4 \cdot 40 \cdot 5}{40} = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$$

$$E_r = 1 + 1,77 \frac{\alpha}{2} = 1 + 1,77 \frac{20}{135} = 1,26$$

Zvolený prítok vody 2 l/min pre obe ložiská.

$$w = \frac{2 \cdot 1000}{4 \cdot f} = \frac{2 \cdot 1000}{4 \cdot 2} = 250 \text{ cm/min}$$

$$w = 0,056 \text{ m/sec}$$

$$Ra = \frac{0,056 \cdot 0,02}{1,01} \cdot 10^6 \approx 2800$$

$Ra < 2 \cdot 10^3$ laminárne prúdenie

$$\alpha = B_1 \frac{\omega^{0,2}}{d^{0,5}} \Delta t^{0,1}$$

B_1 pre strednú teplotu medznej vrstvy $\sim 40^\circ \text{C}$ je 31,4

$$\alpha' = 31,4 \cdot 1,15 \frac{0,56}{0,14} = 150$$

$$\frac{d}{\alpha} = 20 \quad \epsilon_d = 1,13$$

$$\alpha = \alpha' \cdot \epsilon_d \cdot \epsilon_r \quad \alpha = 150 \cdot 1,26 \cdot 1,13 = 210$$

$$Q_v = (t - t_1) \cdot \frac{2\pi \lambda d}{\ln \frac{d_1}{d_2}} = \frac{2\pi \cdot 45 \cdot 0,06}{0,263} (t - t_1) = 57(t - t_1)$$

$$Q_v = (t_1 - 20) \alpha \cdot F = (t_1 - 20) 210 \cdot 0,016 = 3,4(t_1 - 20)$$

$$(t_1 - 20) = Q_v \left(\frac{1}{57} + \frac{1}{3,4} \right) = 0,32$$

$$t = \frac{Q}{k_1 + k_2 + k_3 + k_4} = \frac{137,5}{0,51 + 1,25 + 0,075 + 8,15} \quad t \approx 50^\circ \text{C}$$

VÝPOČET TEPLOTY PLÁŠŤA BUBNOV

85% energie akumulovanej náplňou sa premení na teplo.

V jednom bubne sa bude týmto spôsobom privádzať teplo

$$Q_1 = \frac{2,5}{2} \cdot 0,85 \cdot 0,24 \cdot 360 = 920 \text{ kcal/hod}$$

$$Q_1 = Q_a + Q_b$$

Q_a je teplo odvedené z bubna prestupom do okolitého prostredia.

Q_b je teplo odvedené z bubna materialom.

Teplota vstupného materialu je asi 60°C - prichádza z infrasušky

$$Q_b = 400 \cdot c_p (t_p - t_f) \quad c_p = 0,2 \text{ kcal/kg}^\circ \text{C}$$

URČENIE POLOHY OSI HRIADEĽA

Os hriadeľa musí prechádzať ťažiskom celej hmotnej sústavy. Sústava musí byť staticky i dynamicky vyvážená. Geometrická os je rovnobežná s osami valcov a leží v polovici medzi nimi. Výsledný statický moment hmôt k tejto ose

$$M = G_1 y_1 - G_2 y_2$$

y_1 je vzdialenosť ťažiska hornej časti od geom. osi

G_1 jej hmota

y_2 je vzdialenosť ťažiska dolnej časti od geom. osi

G_2 jej hmota.

$$y_1 = \frac{S}{2} + a$$

$$y_2 = \frac{S}{2} + b$$

S je vzdialenosť osí valcov.

a a b sú vzdialenosti hornej a dolnej časti hmoty od osi príslušného valca.

Po dosadení

$$M = G_1 \left(\frac{S}{2} + a \right) - G_2 \left(\frac{S}{2} + b \right) = \left(G_1 - G_2 \right) \frac{S}{2} + G_1 a - G_2 b$$

Smer kladný je hore.

$G_1 a$ a $G_2 b$ sú momenty nesústreďných hmôt toho ktorého valca.

$$G_1 - G_2 = 0,15 \Rightarrow (G_1 - G_2) \frac{S}{2} = 5 \text{ kpcm}$$

$$G_1 a = -343 + 100 + 51 - 55 = -247 \text{ kpcm} \quad M_b = -476 \text{ kpcm}$$

$$G_2 b = 337 - 111 - 57 + 65 = 234 \text{ kpcm}$$

Nutné je pripočítať moment náplne, keďže sa náplň podieľa 28%-mi na celkovej účinnej hmotnosti, bude sa podieľať aj na momente tejto hmoty rovnakou čiastkou. Vzdialenosť ťažiska náplne od osi valca pre známy koeficient plnenia $J = 0,8$

$$F_v = \pi R^2$$

$$F_n = 0,8 \pi R^2 = \pi r^2 \quad \frac{r}{R} = \sqrt{0,8}$$

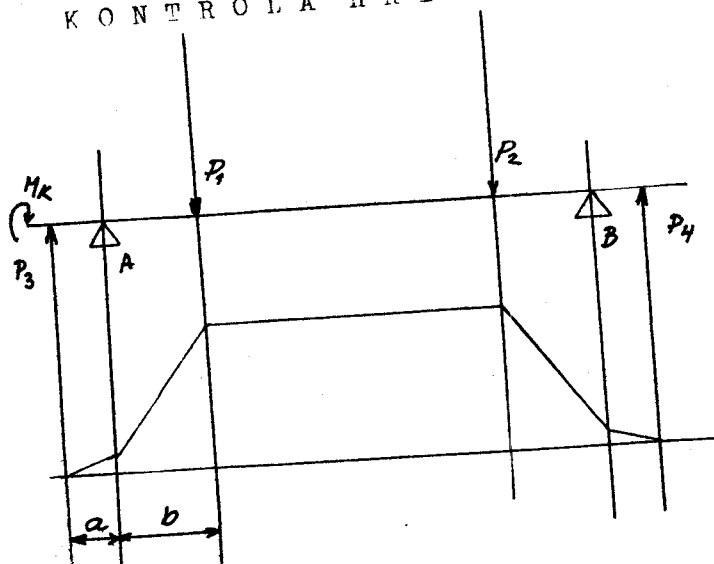
$$t = R - r = R(1 - \sqrt{0,8}) = R \cdot 0,106 = \frac{R_1 + R_2}{2} \cdot 0,106 = 1,925 \text{ cm}$$

$$M_t = -t \cdot G_c \cdot 0,28 = -450 \text{ kpcm} \quad M_t = -925 \text{ kpcm}$$

Vzdialenosť osi hriadeľa od geometrickej osi valcov

$$a = \frac{M_e}{G} = \frac{925}{670} \approx 1,4 \text{ cm} = 14 \text{ mm}$$

KONTROLA HRIADEĽA



$$P_1 = P_2 = 820 \text{ kp}$$

$$P_3 = P_4 = 185 \text{ kp}$$

$$a = 70 \text{ mm} \quad b = 80 \text{ mm}$$

$$M_a = P_3 \cdot a = 70 \cdot 185 = 12900 \text{ kp mm}$$

$$M_b = P_1 \cdot b = 82 \cdot 80 = 65600 \text{ kp mm}$$

$$M_{\max} = 78500 \text{ kp mm}$$

$$W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi 40^3}{32} = 61800 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_0 = \frac{M}{W} = \frac{65600}{61800} = 10,6 \text{ kp/mm}^2$$

$$S_k = \frac{35}{10,6} = 3,3$$

$$\alpha_1 = 1,7 \quad \sigma_0' = 18$$

$$S_p = \frac{60}{18} = 3,3$$

P R I B L I Ž N Á K O N T R O L A H R I A D E Ľ A
N A K M I T A N I E


$$m \cdot \omega^2 y = y \frac{2EJl}{l^3 a \left(\frac{a}{l} \left(1 - \frac{a}{l} \right) - \frac{1}{3} a^2 \frac{1}{l^2} \right)}$$

$$m \omega^2 = \frac{2EJ}{l^2 a \left(\frac{a}{l} - \frac{a^2}{l^2} - \frac{1}{3} \frac{a^3}{l^3} \right)}$$

$$a = 80$$

$$b = 650$$

$$m = 1 \text{ kp sec}^2 \text{ m}^{-1}$$

$$\omega^2 = \frac{2 \cdot 2,1 \cdot 10^{10} \cdot 7,8 \cdot 10^6}{0,423 \cdot 0,08 (0,123 - 0,02)} = 9,7 \cdot 10^5$$

$$\omega_0 = 985$$

ω_0 je rádovo vyššia, takže i keď som neuvažoval vplyv hmoty hriadeľa nevývažkov na voľných koncoch, je vidieť, že hriadeľ bude pracovať v podrezonančných otáčkach.

K O N T R O L A P R U Ž I N O V E J S P O J K Y

Skrutné pružiny, resp. ich výpočet, je normovaný ČSN 026008 material pružiny 14260.7.

$$\sigma_{pe} = 145 \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{Dor} = 0,45 \sigma_{pe} = 65 \text{ kp/mm}^2$$

$$d = 10 \quad D = 70$$

$$M = \frac{102 \text{ N}}{\omega} = \frac{102,4}{104,5} \approx 4 \text{ kpm}$$

$$\sigma_0 = \frac{32 \cdot H \cdot k}{\pi d^3}$$

$$k = \frac{D^4 - 0,25}{D^4 - 1} = \frac{6,75}{6} = 1,125$$

$$\sigma_0 = \frac{32 \cdot 4000 \cdot 1,125}{\pi \cdot 1000} = 46 \text{ kp/mm}^2$$

$$s = \frac{\sigma_{Dor}}{\sigma_0} = \frac{65}{46} = 1,4$$

VŠST
LIBEREC

Zariadenie na mletie čadičovej
frity na čadičový prášok.

DP 30

5. LISTOPADU 1966

Ivan Obetko

VOĽBA PRUŽÍN KMITAVÉHO SYSTÉMU

V konštrukcii je použitých 8 valcových gumových pružín
4824 ČSN 635813. Pôsobia paralelne.

Únosnosť jednej pružiny v strihu je 240 kp. Únosnosť 8 pru-
žín je 1920 kp.

Váha mlyna aj s náplňou

$$M' = 412,5 + 890 = 1242,5$$

Tuhosť jednej pružiny v strižnom smere je 90 kp/cm

Tuhosť celej sústavy pružín je $k = 8 \cdot 90 = 720$ kp/cm

Sila spôsobená deformáciou od vibrácie s amplitúdou $\Delta = 0,3$ cm

$$P_{dyn} = 0,3 \cdot 720 = 216$$

Na základy stroja bude pôsobiť striedavá sila ± 216 kp

Maximálne zataženie 8 pružín

$$Q = P_s + P_{dyn} = 1242,5 + 216 = 1460 \text{ kp}$$

je menšie ako zataženie prípustné.

Vlastná frekvencia celej sústavy

$$\omega_0 = \frac{c}{M_t}$$

$$\omega_0 = \frac{981 \cdot 720}{700} = 31,8$$

pomer

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \frac{101,5}{31,8} = 3,2$$

člen

$$\left[\frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}{\left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2} \right]^{\frac{3}{2}} = 0,9^{\frac{3}{2}} = 0,855 = 0,86$$

URČENIE VÝKONU VENTILÁTORA
PRE PNEUMATICKÚ DOPRAVU

Množstvo vzduchu je dané potrebou triediča, to je 1700 m/hod
Účinnosť triediča je 80%. Množstvo dopravovaného materiálu
v úseku triedič cyklón je 400 kg/hod. Zaprášenosť v tomto ú-
seku je

$$\gamma = \frac{400}{1700} = 0,236 \text{ kg/m}^3$$

Zaprášenosť v úseku mlyn-triedič pri 80% účinnosti trie-
diča je

$$\gamma = \frac{400}{1700} \cdot 5 = 1,18 \text{ kg/m}^3$$

Pri 90 % účinnosti cyklónov je zaprášenosť v úseku cyklóny-
ventilátor

$$\gamma = 0,0236$$

Váhový dopravný zmešovací pomer pri 1 ata:

$$\mu_{d_2} = \frac{0,236}{1,25} = 0,19$$

$$\mu_{d_1} = \frac{1,18}{1,25} = 0,95$$

$$\mu_{d_3} = 0,019$$

Priemer potrubia je 127 mm

$$F = \frac{\pi \cdot 0,127^2}{4} = 0,0126 \text{ m}^2$$

$$\omega = \frac{1700}{3600 \cdot 0,0126} \cdot 10^2 = 37 \text{ m/sec}$$

Odpory:

Podľa údajov Strojstavu triedič 120 mm v.s., cyklóny 500 mm v.s.

$$-\Delta p = \lambda_v \left(1 + \mu_d \gamma \right) \frac{\rho_v \cdot \omega^2}{2\gamma} \cdot \frac{L}{D}$$

Tlakové straty vo vodorovných úsekoch potrubia.
Oblúky nahradíme redukovanou dĺžkou.

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{37 \cdot 0,13}{16} \cdot 10^6 = 3 \cdot 10^5$$

$$\lambda = 0,054 + \frac{0,396}{Re^{0,3}} = 0,054 + \frac{0,396}{42} = 0,063$$

$$L_r = x \cdot D + L_0 \cdot \frac{r}{D} = 6 \Rightarrow x_{2 \text{ var}} = 15$$

$$L_r = 1,95 \approx 2 \text{ m}$$

$$1) \Delta p_1 = 0,063(1+0,39) \frac{1,25 \cdot 37^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \frac{2,8}{0,13} = 160 \text{ kg/m}^2$$

$$2) \Delta p_2 = 0,063(1+0,078) \frac{1,25 \cdot 137^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \frac{2,5}{0,13} = 343 \text{ kg/m}^2$$

$$3) \Delta p_3 = 0,063(1+0,0078) \frac{1,25 \cdot 137^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \frac{7}{9,13} = 575 \text{ kg/m}^2$$

Pre svislé potrubie bude odpor väčší o výtlačnú výšku
a tgd bude menšie.

Do výšky 5 m sa vytlačí za sekundu :

$$\frac{400 \text{ kg} + 1700 \cdot 1,2}{3600} = 0,73 \text{ kg/ke}$$

$$\Delta p_e = \frac{h \cdot m}{w} = \frac{5 \cdot 7,3}{37} = 1 \text{ kg/m}^2 \quad \text{kg L'90 ... 0,23}$$

$$\Delta p_4 = 0,063(1+0,35) \frac{1,25 \cdot 137^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \frac{2,5}{0,13} = 130 \quad \text{kg L'120 ... 0,35}$$

$$\Delta p_5 = 0,063(1+0,078) \frac{1,25 \cdot 137^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \frac{2,5}{0,13} = 106$$

$$\Delta p_6 = 210$$

$$\Delta p_e = \Sigma \Delta p_i + \Delta p_{tr} + \Delta p_0$$

$$\Delta p_0 = 500 \text{ mm i.s.} = 500 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta p_e = 2140 \text{ kg/m}^2 = 0,21 \text{ kg/cm}^2$$

Výkon ventilátora je pri uzavretom okruhu

$$Q \cdot \Delta p$$

$$N = \frac{2140 \cdot 1700}{3600} = 1010 \text{ kgm/ke}$$

$$N = 10 \text{ kW}$$

VLASTNOSTI ČADIČA V ZÁVISLOSTI
NA SPRACOVANÍ Tabuľka I

	Prírod. čadič	Skelný čadič	Prim.rekryšt.		Sek.rekryšt.	
			Static. liaty	Dynam. liaty	Rekryšt. dodatoč.	Spekaný čadič
Špec.váha	2,91	2,86- 3,08	2,8- 3	2,8- 3		2,9
Tvrdosť podľa Mohsa	6-7	6-7	8	8		8,5
Pevnosť * v tlaku [kp/cm ²]	2000	3000	2900 ±35%	3050	3400 ***	5500
Pevnosť** v ohybe [kp/cm ²]	190	450	450 ±25%	530 ±20%		700
Koef.tep. rozťaž. [1/°C]	62.10 ⁻⁷	65.10 ⁻⁷	80.10 ⁻⁷			78.10 ⁻⁷
Brusná tvrdosť	780	780	1820	2080	2222	2500
Chemická odolnosť 1	79	2430	55,25	49,9	26,4	48 /16,4/
Chemická odolnosť 2			15,52			5,60

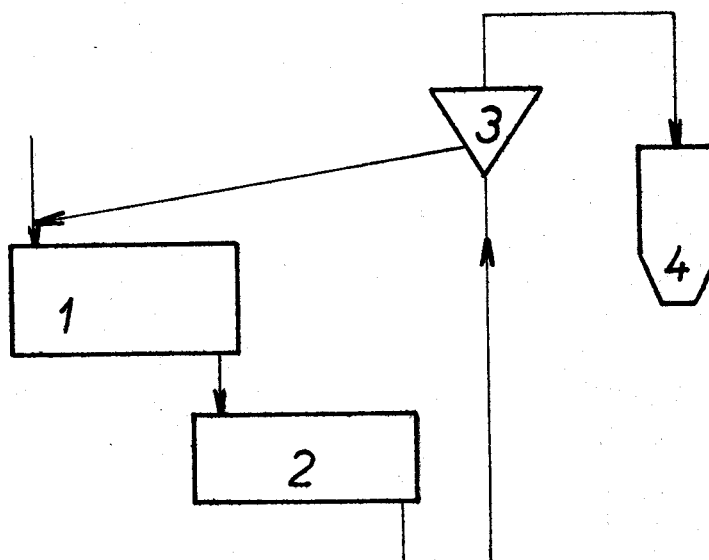
Hodnoty spekaného čadiča sú podľa úvodného pro projektu. Ostatné hodnoty majú iba informatívny význam. Vlastnosti čadiča spracovaného niektorým z uvedených spôsobov úzko závisia nielen na spôsobe rekryštalizácie, ale i na podmienkach rekryštalizácie, tavenia a zložení použitej suroviny - prírodného čadiča.

* Hodnoty zistené na vzorkoch čadiča z N.Bane 20 x 20 vo VÚS Hradec Králové /1955/.

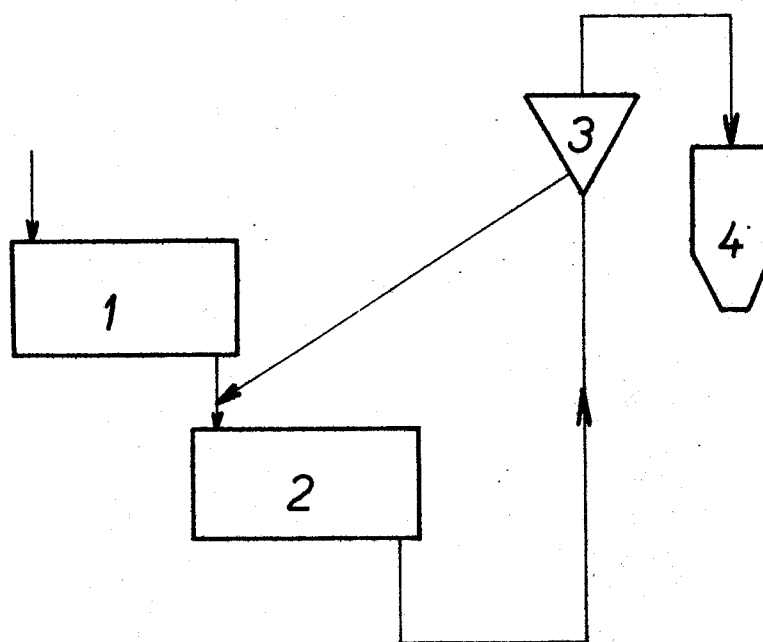
** Hodnoty získané na vzorkoch čadiča z N.Bane 20x20x150 vo VÚS Hradec Králové /1955/

*** Hodnota odhadnutá na základe výsledkov meraní so vzorkom 7x7 mm.

TRIEDENIE

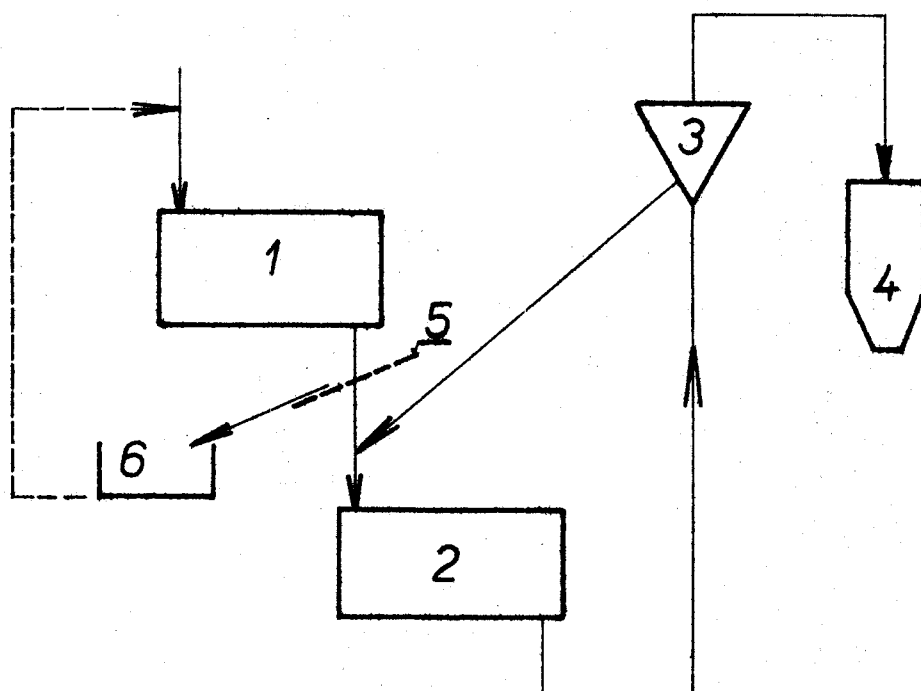


OBRÁZ 13

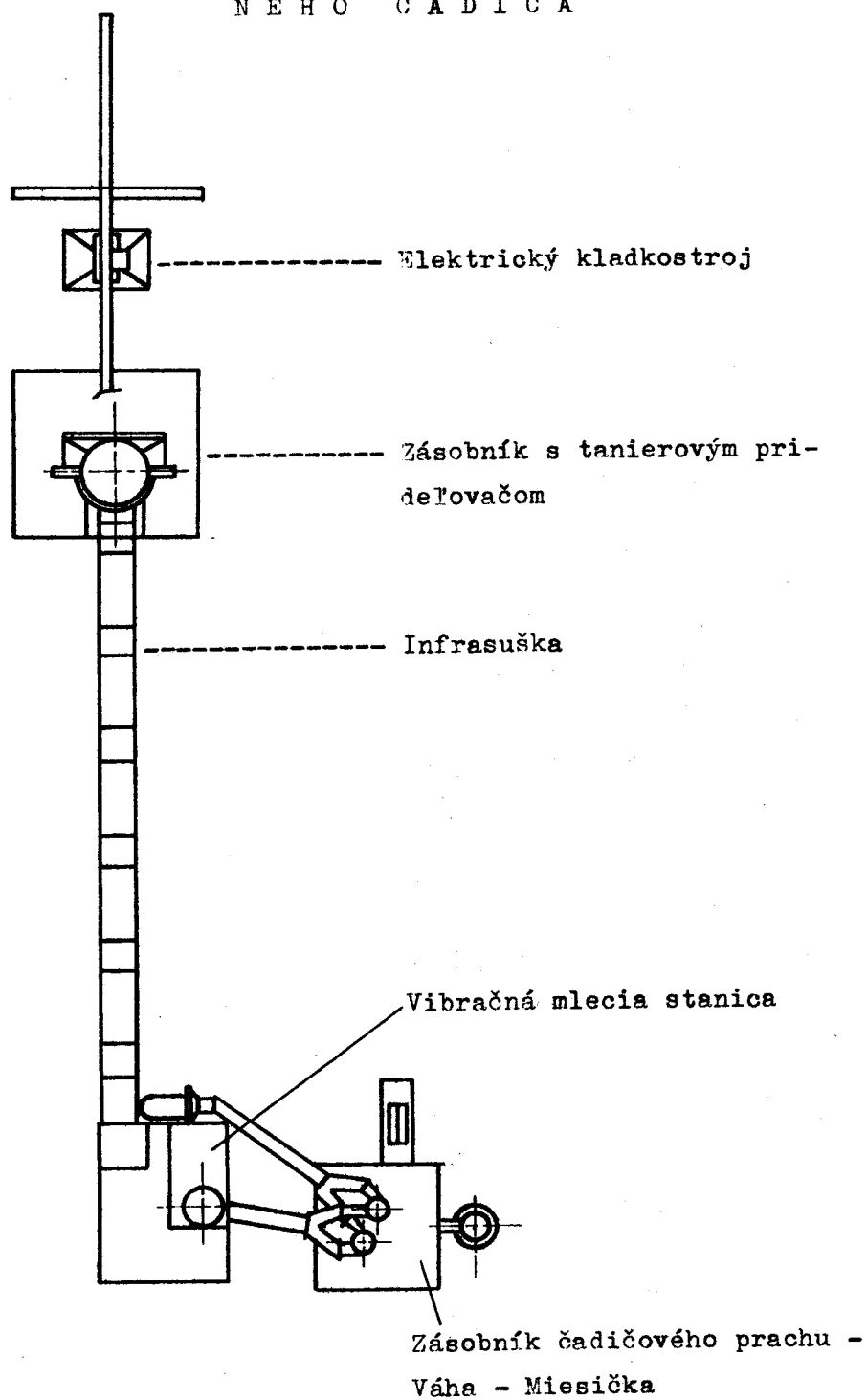


OBRÁZ 14

TRIEDENIE

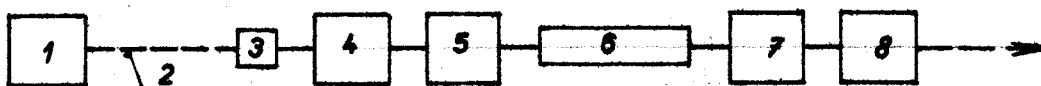


SCHÉMALINKY PRÍPRAVY SPEKA /
NĚHO ČADIČA

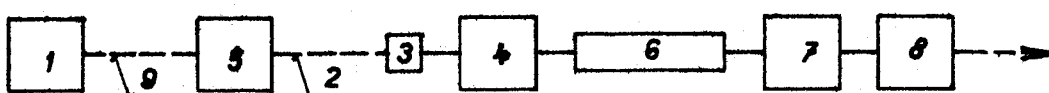


Rôzne možné usporiadanie linky prípravy čadičovej frity
pri použití preddrvenia.

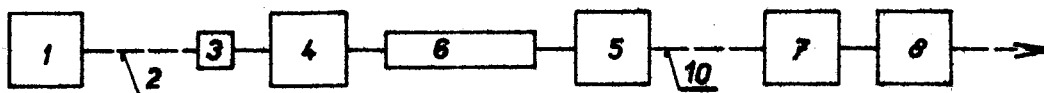
A/



B/



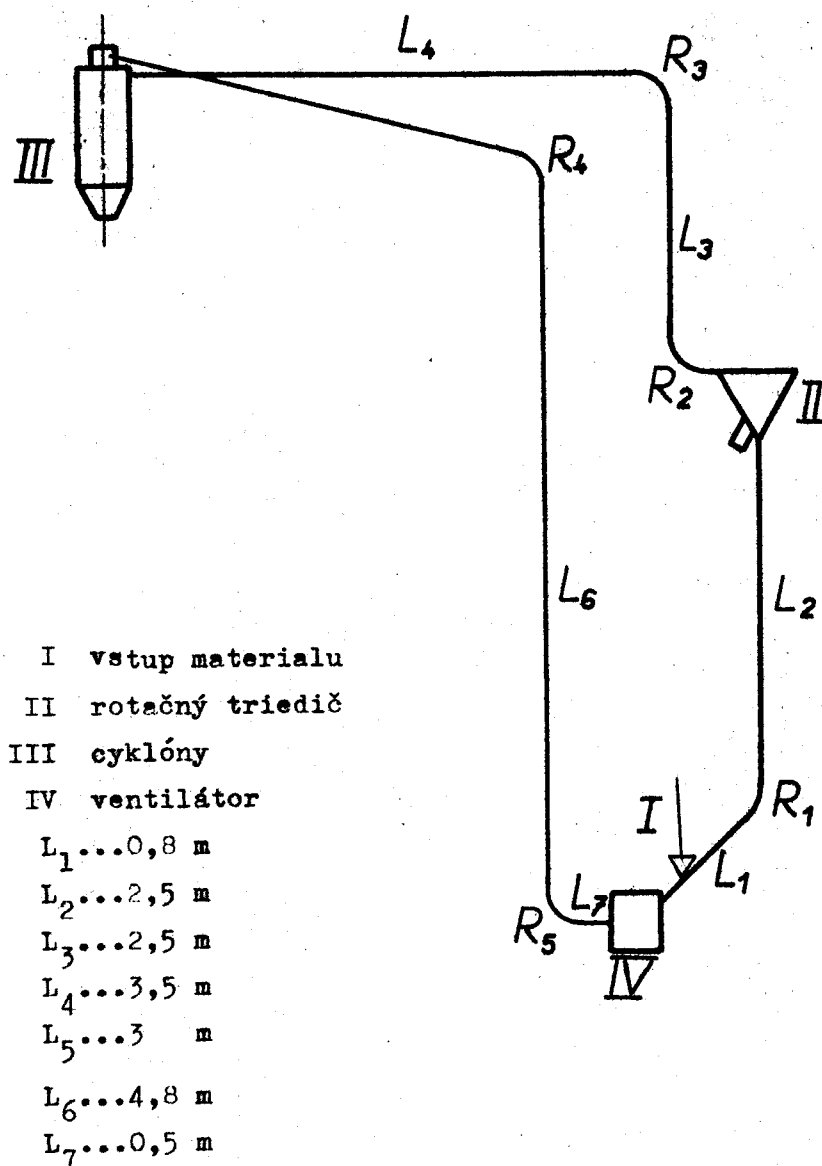
C/



1. Granulátor
2. Doprava paletovými vozíkmi
3. Elektrický kladkostroj
4. Zásobník s podávačom
5. Kladivový mlyn
6. Infrasuška
7. Vibračná mlecia stanica
8. Zásobník s miešačkou
9. Doprava frity od granulátoru ku kladivovému mlynu
10. Doprava preddrvenej frity od kladivového mlyna do zásobníku vibračnej mlecnej stanice.

DATE	DESCRIPTION	AMOUNT	BALANCE
1940	Jan 1	100.00	100.00
1940	Feb 1	50.00	50.00
1940	Mar 1	25.00	25.00
1940	Apr 1	15.00	10.00
1940	May 1	10.00	0.00
1940	Jun 1	5.00	5.00
1940	Jul 1	3.00	2.00
1940	Aug 1	2.00	0.00
1940	Sep 1	1.00	1.00
1940	Oct 1	0.50	0.50
1940	Nov 1	0.25	0.25
1940	Dec 1	0.10	0.10
1940	Total	200.00	200.00
1941	Jan 1	0.00	0.00

Schéma obvodu pneumatickej dopravy.



VŠST
LIBEREC

Zariadenie na mletie čadičovej
frity na čadičový prášok.

DP 40

5. LISTOPADU 1966

Ivan Obetko

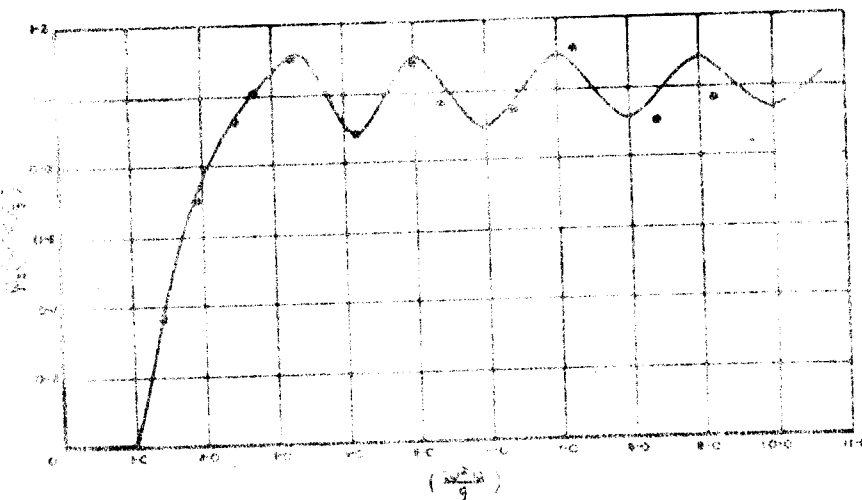
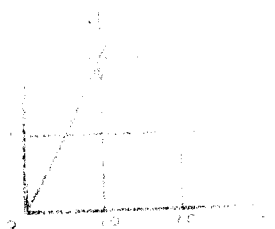


FIG. 2.7

Obraz 4.



Obraz 5.

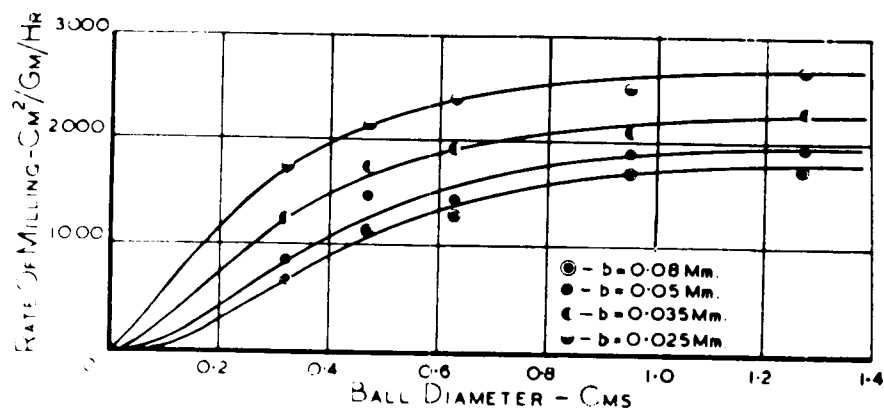


Fig. 2.12

Obráz 6

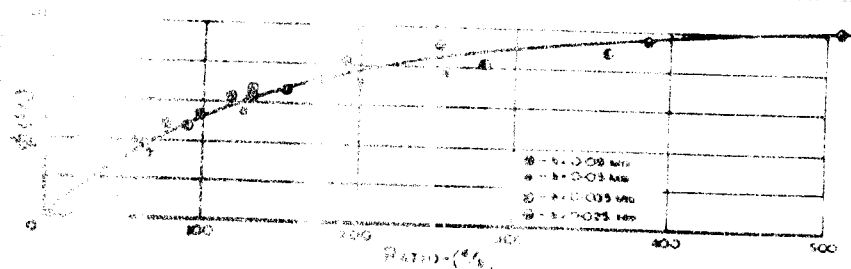


Fig. 2.13

Obráz 7

VŠST
LIBEREC

Zariadenie na mletie čadičovej
frity na čadičový prášok.

DP 42

5. LISTOPADU 1966

Ivan Obetko

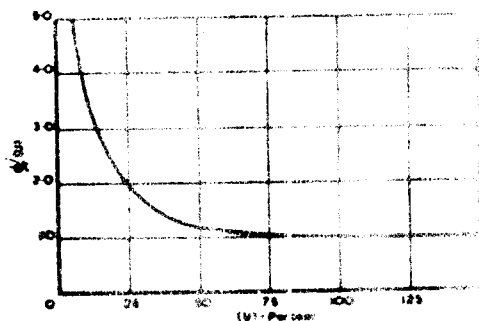
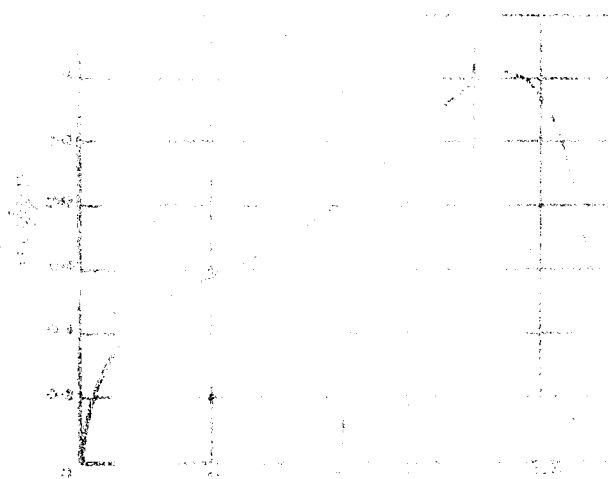


Fig. 2.21

Obraz 8.



Obraz 9.

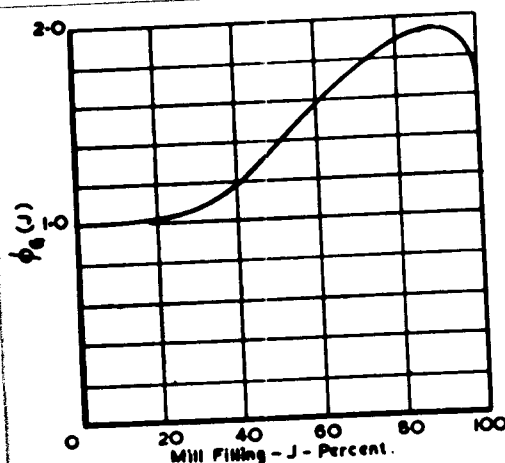
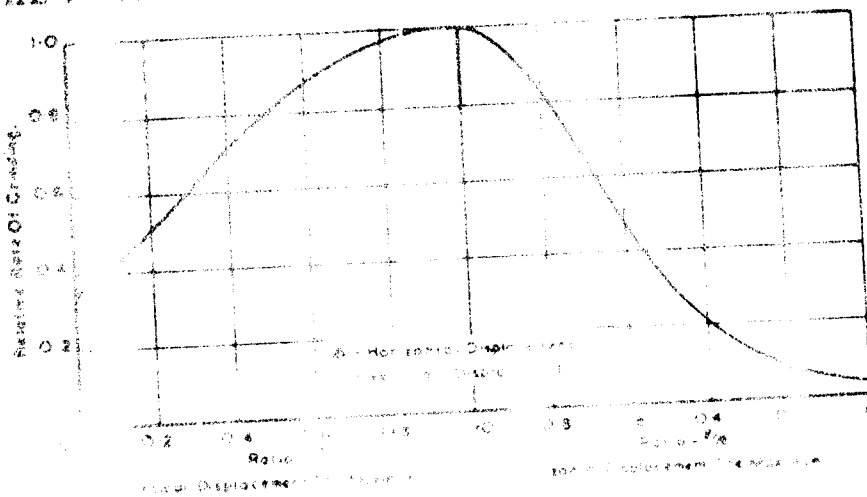


FIG. 2.17

Obraz 10.

THE RATE OF GRINDING IN A VIBRATION MILL 95



Obraz 11.

VŠST
LIBEREC

Zariadenie na mletie čadičovej
frity na čadičový prášok.

DP

5. LISTOPADU 1966

Ivan Obetko

E K O N O M I C K É Z H O D N O T E N I E

Vibračná mlecia stanica n.p. Strojstav má cenu 70 000 Kčs.

Z toho vibračný mlyn má cenu asi 25 000 Kčs.

Vibračný dvojhubnový mlyn bude mať cenu o niečo vyššiu.

Odhadom 30 000 Kčs.

Celá stanica bude stáť 75 000 Kčs.

Pri použití vibračnej stanice n.p. Strojstav by bolo nutné
použiť kladivový mlyn - cena 20 000 Kčs.

To znamená, že stávajúce riešenie predstavuje cca 15 000 Kčs
úspory na investičných prostriedkoch.

Použitím preddrvenia na kladivovom mlyne vzrastú vlastné
náklady o energiu spotrebovanú týmto mlynom. Za predpokladu,
že linku bude obsluhovať jedna pracovná sila, sa zvýšia
náklady iba na údržbu a technickú obsluhu.

Naopak, pri použití dvojhubnového mlyna / navrhovaného /
poklesnú náklady na elektrickú energiu.

P O P I S M L E C I E H O Z A R I A D E N I A

Pri konštrukcii mlecieho zariadenia som vychádzal z konštrukcie mlecej vibračnej stanice n.p.Strojstav.V tejto stanici som použil niektoré výrobky n.p.Strojstav nepozmenené a niektoré som musel upraviť pre nové podmienky dane konštrukciou dvojbubnového vibračného mlyna.Nosná konštrukcia je pozmenená,ale stavebné prvky ostávajú tie isté.To uľahčuje prípravu dokumentácie i samotnú výrobu.Časť zásobník,turniketový podávač a jeho pohon,ostáva nezmenená,až na použitie typizovaného elektromotoru jednotnej rady.Tak isto pohon triediča a samotný triedič.Ostatné prvky triedenia sú pozmenené,takže je možné použiť ktorúkoľvek zo schém triedenia uvedených na obrázkoch 13 - 15.Riešenie prestaviteľného otočného sklzu je v prílohe na obr.16.Miesto potrubia pneumatickej dopravy štvorcového prierezu som použil trubky.

Vibračný mlyn.

Skladá sa z dvoch mlecích bubnov,prvý z nich je naplnený guľami o priemere oca 35 mm,druhý oca 14 mm.Oba bubny majú rovnaký objem 100 l.Sú pripevnené skrutkami k stojne.Bubny sú pancierované ,majú odmontovateľné čelá,jedno z čiel - výstupné - vždy obsahuje clonku,ktorou sa dá regulovať množstvo prechádzajúceho meliva za súčasnej regulácie privádzaného meliva do mlyna,pomocou zmeny otáčok turniketového podávača variátorom.Tým sa reguluje jemnosť produktu.Príkon sa dá regulovať natočením nastaviteľných nevývažkov - dajú sa natáčať o 180 .

Hriadeľ vibrátora je uchytený v ložiskách stojiny,je poháňaný cez pružinovú spojku elektromotorom 4 kW.

Stojina je uchytená k rámu gumovými valcovými pružinami.

Ložiská sú chladené vodou,spotreba 2 l/min.

Z Á V E R

V diplomovej práci som sa zamerlal hlavne na vyriešenie otázky účinného mletia. Snažil som sa vychádzať z teoreticky odvodených a praxou podoprených názorov na mletie vôbec a potom i na vibračné mletie. Výsledkom tejto snahy je veľmi malá spotreba energie vibračným mlynom. Uvádzam ešte faktory, ktoré túto spotrebu ovplyvnili, takže je rádove nižšia ako u vibračných mlynov n.p. Strojstav, alebo u vibračných mlynov Přerovských strojární.

1/ Je nutné si uvedomiť, že tieto mlyny sú na väčší výkon ako je potrebné pre prípravu čadičového prášku v Novej Bani. I keď je ich výkon uvádzaný 400 kg/hod, produkt má omnoho väčší špecifický povrch.

2/ U oboch typov, a dnes stále, sa bežne používa viacej odhad a tradícia skúseností, ako prísna analýza.

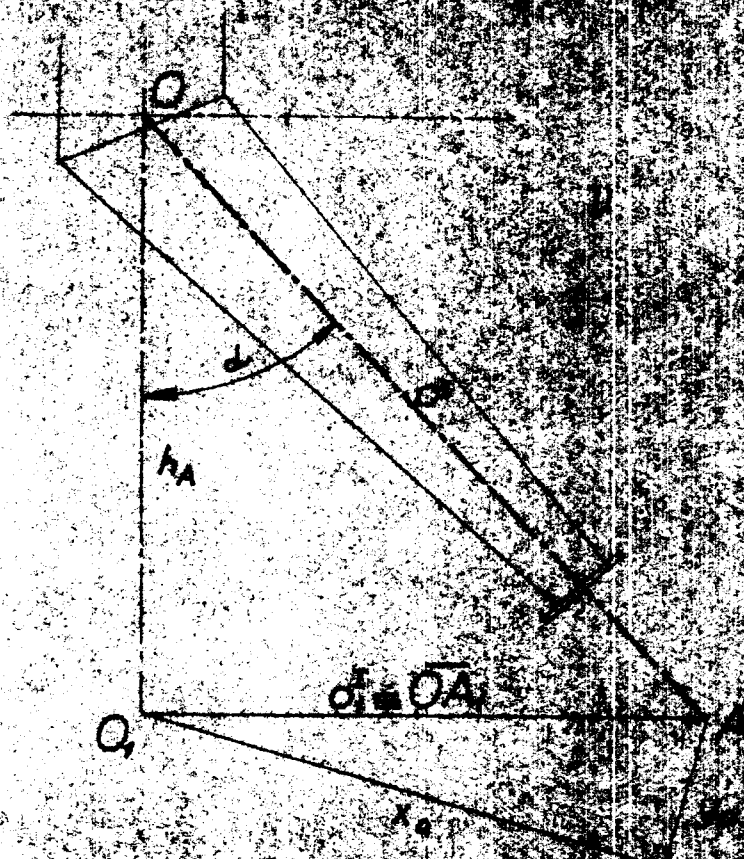
Otázka účinného mletia je veľmi obsiahla a nedá sa uspokojivo zvládnuť v tak krátkom čase. Obzvlášť, keď sa vezmú do úvahy ťažkosti s nedostupnou literatúrou.

Dovoľujem si poďakovať na tomto mieste všetkým, ktorí mi v mojej práci poradili, alebo pomohli. Predovšetkým ďakujem ing. Bruthansovi a jeho spolupracovníkom za láskavé požičanie literatúry a konzultácie. Ďakujem p. profesorovi Kotšmídovi za cenné rady, tak isto ing. Nemčíkovi a pracovníkom oddelenia technického rozvoja SZTS. Pracovníkom n.p. Strojstav ďakujem za požičanie dokumentácie.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- 1/ Úvodný projekt
- 2/ Zpráva o vibračnom mletí čadičovej frity.
- 3/ Vibračné mlyny a ich použitie; Zdeněk Bruthans
- 4/ Model and a comminution distribution equation for single fracture
- 5/ Model and a comminution distribution equation for repeatet fracture
A.M.Gaudin, T.P. Meloy
- 5/ Crushing and grinding calculation part I, II
F.C.Bond; British chemical engineering 1961 str. 378-385
543-548
- 6/ Some recent advances in grinding theory and practice
F.C.Bond; British chemical engineering 1963.9 631-634
- 7/ More accurate grinding calculations
F.C.Bond; Cement lime and gravel 1963.3 69-72
- 8/ Hochleistungs-Schwingmühlen; H.E.Rose prednesené 20.IV.
1960 v Dürkheim
- 9/ Vibration mills and vibration milling; H.E.Rose, R.M.E.
Sullivan. Londýn.
- 10/ Betrachtungen über den Mahleffekt von kontinuierlich arbeitenden Rohrschwingmühlen des Systemes Palla U
Heinz-Jochem Maeder
- 11/ Ch.S.Vorobjev, D.Ja.Mazurov, A.A.Sokolov: Teplotechnologičeskiye procesy i aparaty silikatnych proizvodstv.
- 12/ A.Pelikán: Tavené horniny
Fr.Koukal: Tavený čedič a jeho praktické využití.

A



000000

