

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro

Jiřího Ch v o j k u

odbor

strojírenská technologie

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: Ověření rotačního viskosimetru na kontinuální měření

viskosity obalové směsi a studium fluidního zasypávání
ní keramických skořepinových forem

Pokyny pro vypracování:

Ověřte vhodnost použití rotačního viskosimetru v provozních podmínkách na kontinuální měření viskosity obalové směsi v národním podniku Přesné strojírenství v Uherské Brodě a věnujte se studiu fluidního zasypávání keramických skořepinových forem.

- A 1) Nemontujte rotační viskosimetr do nádrže na obalovou směs, která je součástí automatické obalové linky.
2) Ocejchujte viskosimetr v provozních podmínkách.
3) Průběžně kontrolujte správnost údajů viskosimetru a jeho spolehlivost.
4) Stanovte a nastavte vhodnou toleranci signalizace viskosimetru podle výsledků studia ad B)
- B 1) Proveďte kritickou rešerši fluidního způsobu zasypávání keramických skořepinových forem.
2) Zjistěte provozní parametry fluidního lůžka používaného v národním podniku Přesné strojírenství v Uherském Brodě a sledujte změnu zrnitosti zásypového písku v závislosti na počtu obalených forem a na změně viskosity obalové směsi (při konstantním obsahu SiO_2 ve vazné kapalině). Spolu s formami obalujte i zkušební vzorky a změřte i jejich pevnost a prodyšnost.
3) Při fluidním zasypávání zkušebních vzorků zjistěte vliv změny tlaku vzduchu, hloubky ponoření, polohy vzorku, jeho pohybu a případně i dalších parametrů na změnu zrnitosti zásypového písku během obalování při konstantní viskozitě obalové směsi. Současně sledujte abrasivní účinky fluidního lože.
4) Zjistěte rozdíly v pevnosti a prodyšnosti vzorků zasypávaných fluidním způsobem a gravitačním zásypem.
5) Zhodnoťte výsledky výzkumu z hlediska využití pro zlepšení technologie výroby skořepinových forem, z hlediska ekonomického i s ohledem na pokračování výzkumu ve sledovaném směru.

SEVT - 49 395 0

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní
závěrečné zkoušky č. j. 31.727/62-III/2 ze dne
13. července 1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze dne
14.8.1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5

St 308 - 1016 65

V 107/1967-S
(12.12.)

Rozsah grafických laboratorních prací: tabulky a grafy (diagramy)

Rozsah průvodní zprávy: 50 - 60 stran textu

Seznam odborné literatury:

Guljajev: Litějnyje processy, Mašgiz 1960 Moskva

Kurčman: Točnoje litjo, Oborongiz 1954 Moskva

Šklennik: Litjo po vyplavljaemym moděljam, Mašgiz 1961 Moskva

Doškár: Přesné lití do keramických forem, SNTL, Praha 1961

Články z odborných časopisů:

Modern Castings, roč. 1960, str. 109 - 118

Články ze slévárenských časopisů a výzkumných zpráv, které se týkají diplomního zadání

Vedoucí diplomní práce:

Ř. prof. Ing. Bohumil O d s t r ě ě l

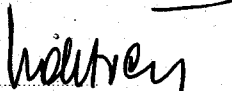
Konsultanti:

Ing. Jiří S p a l

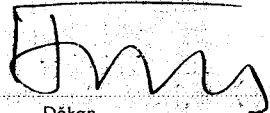
Datum zahájení diplomní práce: 2.10.1967

Datum odevzdání diplomní práce: 30.10.1967




Ř. prof. Ing. Bohumil Odstrčil

Vedoucí katedry


Mř. prof. Ing. Cyril Höschl

Děkan

v Liberci

dne

25. srpna

1967

OVĚŘENÍ ROTAČNÍHO VISKOSIMETRU NA KONTINUÁLNÍ
MĚŘENÍ VISKOSITY OBALOVÉ SMĚSI.1.00 Ú V O D

Při výrobě odlitků metodou přesného lití do keramických forem je nutné, jak vyplývá z provozních zkušeností, dodržení určité konstatní viskosity obalové směsi, používané na obalování vytavitelných modelů. Pro sledování a tím i možnost dodržování konstatní viskosity, je tedy třeba použít vhodné měřicí metody.

Jednou z dosavadních metod měření viskosity obalových směsí na basi etylsilikátu je na př. měření pomocí upravených Fordových pohárků, používané v n.p. PRESTRO v Uherském Brodě.

Fordovy pohárky jsou určeny k měření viskosity laků. Jsou to válcovité nádoby s kuželovým dnem, ve kterém je otvor $\varnothing$ 4 mm. Měření se provádí tak, že pohárek se naplní po horní okraj měřenou směsí. Po uvolnění výtokového otvoru se měří doba výtoku směsi, až do okamžiku přetržení proudu. Čas se měří stopkami.

Protože obalové směsi pro výrobu keramických forem mají značnou sedimentační rychlost a při měření normovaným pohárkem $\varnothing$ 4 mm jsou časy značně vysoké /více než 100 sec./, používá se Fordova pohárku upraveného, který má výtokový otvor převrtán na $\varnothing$ 6 mm. Avšak i měření takto upraveným pohárkem má řadu nevýhod. Hlavní z nich je nepřesnost, vzniklá osobní chybou obsluhy, která se pohybuje až kolem 5 %. Dále potom je to velká sedimentační rychlost obalové směsi, takže během výtoku stoupá viskosity směsi. Při měření pak také dochází ke značné gelaci na stěnách pohárku, a proto je nutné po každém měření Fordův pohárek řádně očistit.

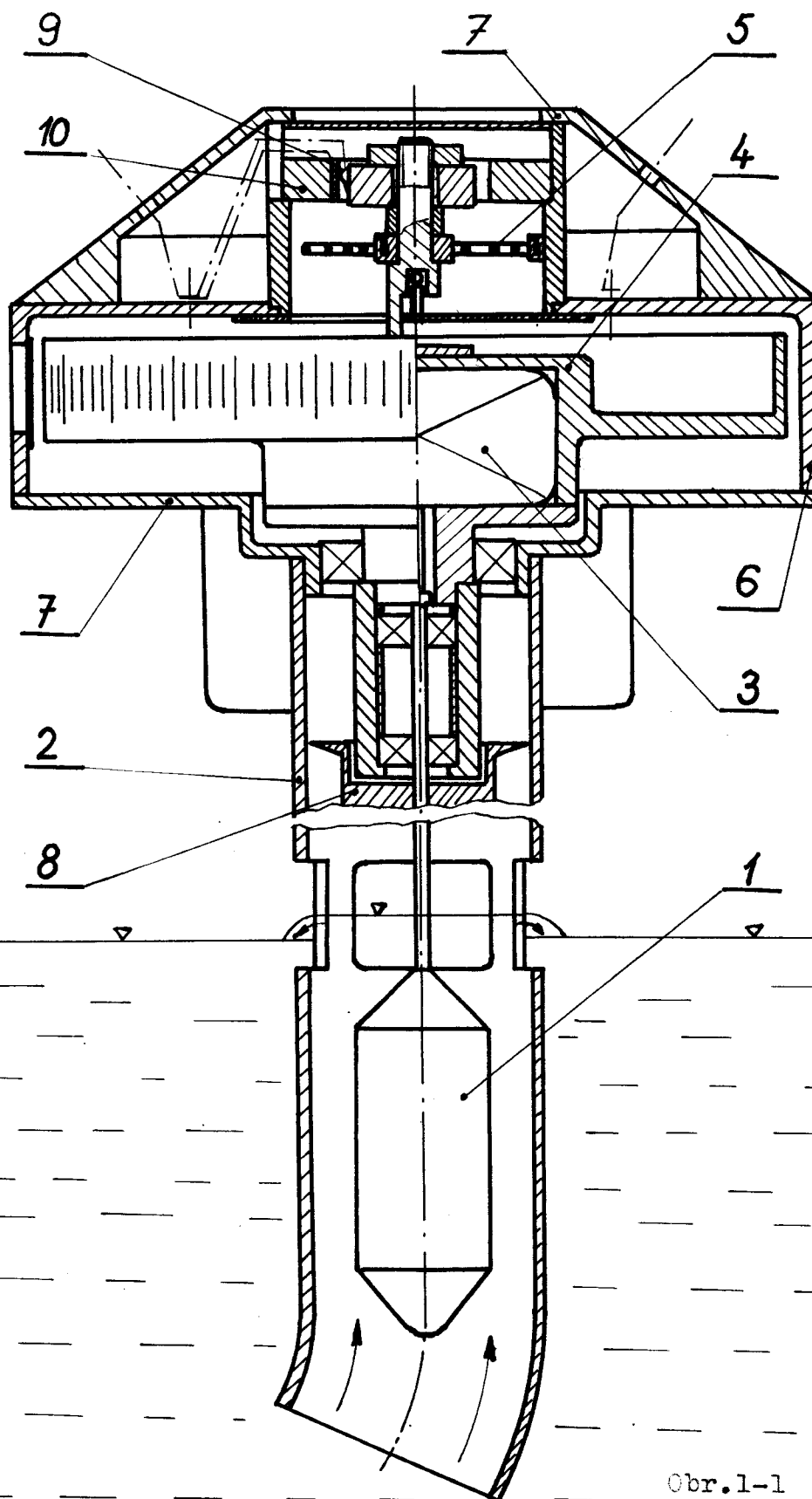
Z těchto důvodů a hlavně také proto, že pomocí Fordova pohárku nelze viskositu měřit kontinuálně, byly hledány nové a dokonalejší metody.

Na katedře slévárenství VŠST v Liberci byl navržen a zkonstruován rotační viskosimetr, který je určen pro kontinuální měření viskosity obalových směsí pro keramické skořepinové formy. Po zkouškách prototypu viskosimetru byly navrženy určité úpravy a nový přístroj byl vyzkoušen přímo v provozních podmínkách v n.p. PRESTRO v Uherském Brodě.

1.11 POPIS PŘÍSTROJE

Rotační viskosimetr /obr. 1-1/ určuje viskositu měřené směsi ze změny odporu, který klade tato otáčivému pohybu měřicího válečku /1/. Protože je přístroj určen pro měření suspensí, byl rotační váleček umístěn do nátrubku /2/ vhodného průměru, jímž suspence proudí rovnoměrnou rychlostí opačného smyslu, než je rychlost sedimentace. Měrný váleček je poháněn elektromotorem /3/, který je pevně uložen v rotoru /4/. Rotor je po svém obvodu opatřen stupnicí s rozsahem 21 dílku a je pohyblivě uložen v axiálním závěsu radiálním ložisku. Při běhu přístroje naprázdno je nulová poloha udržována pomocí předpětí spirálové pružiny /5/. Předpětím této pružiny je také možno regulovat citlivost přístroje. Tato měřicí část je uložena v pouzdře /6/ s okénkem a pevným indexem k odčítání hodnot viskosity. Pouzdro je opatřeno dvěma víky /7/.

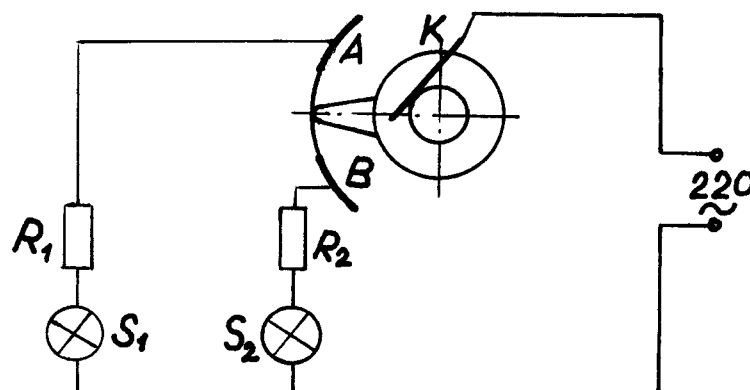
Se změnou viskosity se mění odpor proti otáčivému pohybu válečku, který se spolu s motorkem a stupnicí natáčí v opačném smyslu oproti otáčení válečku. Aby se zamezilo případnému stříkání obalové směsi do přístroje a tím zanešení radiálních ložisek, je na hřídelce měrného válečku upraven odstříkovací nákružek /8/. Jako materiál válečku, nátrubku,



Obr. 1-1

a odstříkovacího nákružku byl použit osvědčený PVC.

Příslušenstvím přístroje je elektrická signalizace. Tu tvoří jeden otočný kontakt /9/, pevně spojený s rotorem, který při svém natáčení propojuje elektrický proud přes dva pevné kontakty, uložené v nákružku /10/. Tento nákružek je nastavitelný, čímž je možno měnit jak rozsah, tak hodnoty signalizace. Do elektrického okruhu /obr. 1-2/ je zapojen signální panel se dvěma doutnavkami, které se rozsvěcí při překročení dovolené úchyvky viskosity.



K - otočný kontakt

A, B - pevné kontakty

R_1, R_2 - odpory /75k Ω /

S_1, S_2 - doutnavky /prac.nap.70 V/

obr. 1-2

1.21 OVĚŘENÍ VHODNOSTI POUŽITÍ ROTAČNÍHO VISKOSIMETRU V PROVOZNÍCH PODMÍNKÁCH

V n.p. PRESTRO v Uherském Brodě se k výrobě keramických skořepinových forem pro přesné lití používá metody fluidního zasypávání. Dle výrobního postupu se pro namáčení prvních obalů používá obalové směsi hustší. Hustota obalové směsi se měří ponorným hustoměrem a dle technologického postupu se pohybuje 62-63 Bé /20-21 sec. F.P. ϕ 6^{mm}/. Tyto první obaly se provádí ručním způsobem. Nanášení druhých, třetích a čtvrtých obalů se děje na automatické

obalovací lince, kde se používá obalovací směsi o viskozitě 14 - 16 sec. F.p. ^{65mm}. Na této lince byla provedena měření.

Nádrž se směsí je zde řešena ⁸ přepadem. Pracovní prostor k namáčení voskových modelů je oddělen od prostoru, ve kterém je čerpadlo, ⁸ přepadem. Čerpadlo vhání směs do pracovního prostoru spodem. K dokonalému promíchání směsi slouží ještě míchadlo, které je řemenovým převodem spojeno s čerpadlem a je umístěno v pracovním prostoru. Stejný smysl otáčení míchadla a čerpadla způsobuje víření směsi v jednom směru. Ustálené proudění směsi je v rozích pracovního prostoru, kde proudění není tak intenzivní. V jednom z rohů byl umístěn viskosimetr. Upevněn byl pomocí upínky a přípravku, který umožňuje nastavení v různých polohách v axiálním směru, vzhledem k výšce hladiny obalové směsi /příloha 1./.

Po zapojení přístroje bylo provedeno několik krátkodobých zkoušek /po 10 hodinách/ bez předchozího cejchování a informativní ocejchování v malé nádobě s vlastním míchadlem, pro zjištění měřicího rozsahu přístroje s měrným válečkem ϕ 20x80 mm. Směs byla postupně zahušťována křemennou moučkou. Kontrolní měření bylo měření pomocí Fordova pohárku ϕ 6. Tabulka 1-1 udává naměřené hodnoty.

číslo měř.	1	2	3
F.p. /sec./	9,6;9,4;9,6; 9,6	11,0;11,2; 11,0	14,2;14,1 14,2
výchylka /dílký/	2,5	5,2	8,5
číslo měř.	4	5	6
F.p. /sec./	16,7;16,5; 16,6	18,8;18,4; 18,5	22,8;23,6; 23,6
výchylka /dílký/	12,8	16,5	18,5

tab.1-1

Měření v malé nádobě s měnicí se viskositou ukázalo, že rozsah přístroje při použití válečku $\varnothing 20 \times 80$ je vyhovující. Tyto naměřené hodnoty jsou sice cejchovnými hodnotami přístroje, ale protože na výchylku viskosimetru má také, kromě viskosity, vliv proudění směsi, které je v malé nádobě, oproti proudění v provozní nádobě rozdílné, je možné správné cejchovní hodnoty provozní obalové směsi naměřit, až při konstatním ustavení viskosimetru v provozní nádrži.

1.22 CEJCHOVÁNÍ A PROVOZ ROTAČNÍHO VISKOSIMETRU V PROVOZNÍ NÁDOBĚ.

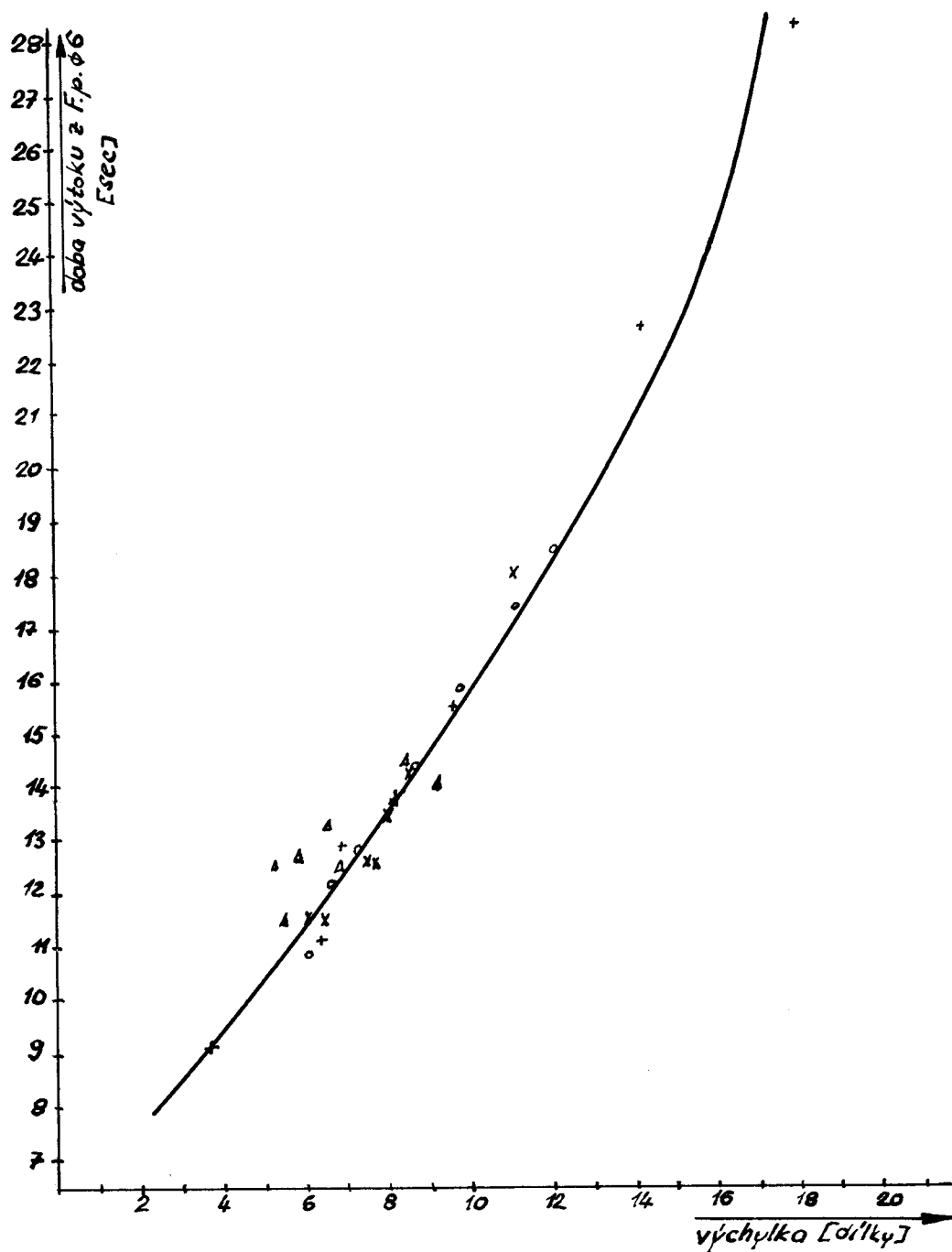
Po informativních měřeních byl přístroj podroben dlouhodobé zkoušce, kdy byl v provozu nepřetržitě 96 hodin. Během této zkoušky byl také ocejchován přímo v provozní nádrži. Průběh měření ukazuje tab. 1-2 a graf na obr. 1-3. Ocejchování přístroje bylo provedeno pomocí Fordova pohárku $\varnothing 6 \text{ mm}$. Pro provozní podmínky je toto řešení, co se týká přesnosti, vyhovující. Byla zde získána relace mezi dobami výtoku z Fordova pohárku a dílky viskosimetru. Obalová směs pro Fordův pohárek byla ode-
bírána jednak z přepadu mezi pracovním prostorem a prostorem čerpadla a jednak z okolí viskosimetru. Vyšší hodnoty viskosity bylo možno získat před začátkem směny postupným ředěním obalové směsi, která přes noc zahoustne na viskositu 25 - 30 sec T.p. $\varnothing 6$.

Po této provozní zkoušce přístroje byla zapojena i signalizace. Vzhledem k tomu, že byla nutná výměna otočného kontaktu, došlo při montáži ke změně předpětí spirálové pružinky. Bylo sice možno opět nastavit předpětí pružiny tak, aby výchylka přístroje odpovídala původní cejchovní křivce, ale protože se při nově nastaveném předpětí zvětšila citlivost přístroje a jak se ukázalo při vyhodnocení

Interval měření /hod./	VISKOSITA /sec./F.p. Ø 6	výchylka /dílký/	poznámka
0	18,4	12,1	zředěno
0,5	17,4	11,2	
0,5	14,3	8,7	
1	15,8	9,8	
3	12,2	6,4	zředěno
1	12,8	7,2	
1	10,8	6,0	
17	18,0	11,2	zředěno
1	14,2	8,7	
1	11,4	6,5	
2	12,7	7,5	
1	13,8	8,2	
1	12,5	7,5	zředěno
0,5	13,1	8,1	
0,5	10,4	5,7	zředěno
0,5	10,5	5,5	
0,5	11,4	6,2	
0,5	11,7	6,3	
14	28,1; 28,5; 28,3	18,1	cejch.hodnota
0,5	22,7; 22,8; 22,5	14,3	-n- -n-
0,5	15,4; 15,6; 15,4	9,6	-n- -n-
0,5	12,9; 13,0; 12,7	6,9	-n- -n-
5	11,0; 11,2; 11,2	6,2	-n- -n-
0,5	9,0; 8,8; 9,3	3,6	-n- -n-
17	14,0	7,2	zředěno
0,5	13,2	6,5	
0,5	14,5	8,5	
1	12,8	5,8	zředěno
2	12,7	5,2	
2	11,5	5,8	
0,5	12,2	6,8	

tabulka 1-2

dlouhodobého měření, byly původní cejchovní hodnoty získány téměř již v době, kdy přístroj začal vykazovat nepřesnosti /body, označené Δ - obr. 1-3/, byly naměřeny nové cejchovní hodnoty /tab. 1-3/ a z nich sestavena konečná cejchovní křivka viskosimetru /obr. 1-4/.



- + cejchovní hodnoty
- o hodnoty naměřené /17-25/ hod. provozu
- x hodnoty naměřené /42-51/ hod. provozu
- Δ hodnoty naměřené /89-96/ hod. provozu

obr. 1-3

VŠST LIBEREC FAKULTA STROJNÍ	Ověření rotačního viskosimetru na kontinuální měření viskosity obalové směsi a studium fluid- ního zasypávání keramických sko- řepinových forem.	DP-ST 575/67
		30. října 1967
		Listů 60 List 9.

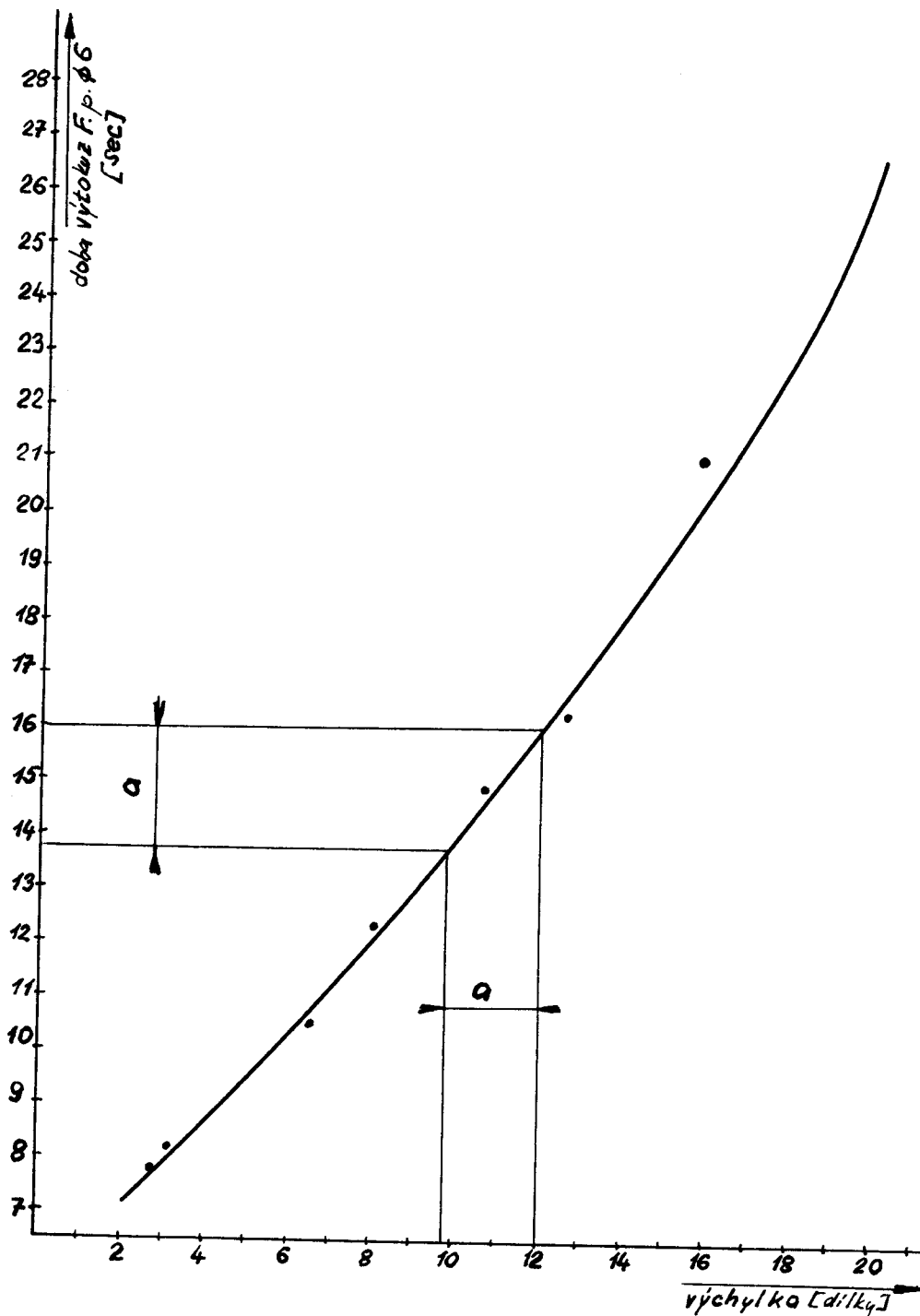
číslo měř.	1	2	3
F.p. $\phi 6mm$ /sec./	21,0; 21,2; 21,3	16,3; 16,4; 16,3	14,9; 15,2; 15,2
výchylka /dílký/	15,5	12,5	10,5
číslo měř.	4	5	6
F.p. $\phi 6mm$ /sec./	12,5; 12,7; 12,6	11,2; 11,5; 11,7	10,5; 10,6; 10,5
výchylka /dílký/	8,0	7,5	6,6
číslo měř.	7	8	
F.p. $\phi 6mm$ /sec./	8,2; 8,3; 8,4	7,8; 7,8; 7,7	
výchylka /dílký/	3,2	2,8	

tabulka 1-3.

Hodnota a /obr. 1-4/ udává rozsah nastavené signalizace. Při hodnotě viskosity menší, než 9,7 dílků, se na signálním panelu rozsvěcí žárovka označená / - / a při hodnotě viskosity vyšší, než 12 dílků, se rozsvítí žárovka označená / + /.

1.31 ZHODNOCENÍ MĚŘENÍ A SPOLEHLIVOSTI VISKOSIMETRU

Jak vyplývá z hodnot, uvedených v tabulce 1 - 2 a vynesných v grafu na obr. 1 - 3, pracoval přístroj po dobu 70 - 80 hodin spolehlivě, bez větších odchylek. V celku citlivě reagoval na změnu viskosity, která byla převážně způsobena vypařováním etylalkoholu ze směsi a občasným ředěním vaznou



a rozsah signalisace

obr. 1 - 4

kapalinou. Po 80 hod. provozu nabývají některé naměřené hodnoty určitých odchylek od cejchovní křivky. Zároveň již nános směsi na okénkách nátrubku je dosti značný. Zakrývá všechna 4 okénka z 55 - 60 %.

Také na hřídelce měrného válečku se utvořil nános. Tento nános však výchylku prakticky neovlivňuje, jak bylo zjištěno již při dřívějších měřeních. Přesto však bude lépe chránit hřídelku epoxydovým nátěrem. Ostatní činné části přístroje byly, po

96 hodinách provozu vcelku bez nánosů a poměrně do etylalkoholu se daly snadno očistit. Odchylné hodnoty měření po 80 hodinách provozu tedy byly způsobeny zanešením okének. K malým změnám výchylky přístroje, dochází také při změně výšky hladiny, vůči okénku nátrubku. Při výrobě s pečlivým dodržováním technologického postupu, dle kterého rozdíl hladin v přepadu nemá být větší, než 150 mm, se hladina směsi udržuje prakticky v konstatní výši. Částečné omezení nasychání směsi je možné také oddělením prostoru viskosimetru od pracovního prostoru. Výřivým pohybem směsi v nádobě vznikají rázy, jež se projevují malým kolísáním hladiny. Toto kolísání se ještě zvětšuje pohybem modelů v nádobě. Oddělení by bylo možné na př. dvěma stěnami, jež by vyčnívaly nad hladinu a bránilyby tak rozkmitání hladiny vířením směsi.

Během měření dochází také občas k zakolísání výchylky zmenšením nebo ucpáním mezery mezi válečkem a nátrubkem úlomky voskových modelů. I když úlomky modelů se v nádrži nemají vyskytovat, nebo mají být ihned obsluhujícím dělníkem odstraněny, není možno jim úplně zabránit. Byl učiněn pokus s použitím síta přímo na ústí nátrubku. To se neosvědčilo, protože během 3 hodin bylo již síto zanešeno. Proto bylo upevněno síto na upínacím přípravku a jeho vzdálenost od ústí nátrubku je asi 2 cm, takže síto je neustále omíláno obalovou směsí. V tomto případě

stačí síto očistit jenom jednou týdně, přičemž síto částečně omezuje vnikání voskových úlomků do nátrubku viskosimetru.

Provedená měření ukázala, že viskosimetr má nesporné výhody, oproti měření pomocí Fordova pohárku. Bude však nutno, pro spolehlivost výsledků, viskosimetr během týdne alespoň dvakrát vyjmout z nádrže a očistit. Pro přesnější ověření spolehlivosti viskosimetru bude třeba provést několik dlouhodobých zkoušek. Toto nebylo z časových důvodů možné uskutečnit, a proto byl přístroj ponechán v n.p. PRES-TRO Uherský Brod k dlouhodobému ověření spolehlivosti.

STUDIUM FLUIDNÍHO ZASYPÁVÁNÍ KERAMICKÝCH
SKOŘEPINOVÝCH FOREM

2.00 Ú V O D

Přesné lití do keramických skořepinových forem je jednou z nejpokrokovějších metod, používaných ve slévárenství, která umožňuje odlévat téměř všechny kovy a jejich slitiny, a to i do velmi komplikovaných tvarů.

Princip této metody spočívá v tom, že se model, vyrobený spolu s vtokem z materiálu, který se taví při nízké teplotě, na př. vosku, několikrát střídavě obalí keramickou obalovou směsí a posype tuhými zrnitými částicemi, čímž vznikne poměrně tenkostěnná keramická forma. Ohřátím na příslušnou teplotu se model i se vtokem vytaví, takže ve formě vznikne dutina, která je prostorovým negativem modelu s vtokem. Po vyžhání se keramická skořepinová forma vyplní roztaveným kovem. Odlitek, vytlučený po zchladnutí, je tvarově shodný s modelem.

Účinné obalení voskových modelů je jednou ze základních podmínek pro výrobu dokonalých odlitků. Normálním způsobem nanášení tuhých částíček, je ruční nebo mechanické zasypávání namočeného modelu sil u gravitace. Tento způsob je zdlouhavý a vyžaduje velkou manipulaci. U složitých tvarů se dosahuje dosti obtížně stejnoměrného obalení. Hledáním zlepšené technologie nanášení částíček při obalování modelů se dospělo k plynné fluidizaci. Obalovací procesy, při kterých se používá plynné fluidizace částíček, byly již v široké míře zavedeny v průmyslu plastických hmot.

2.11 PRINCIP FLUIDNÍHO ZASYPÁVÁNÍ

Fluidisace tuhých částic je proces, při kterém se vrstva částic uvádí do stavu neustálého víření. Plyná fluidisace se provádí zaváděním plynu, zkrze vrstvu tuhých částic. Vrstva se v rozvíření nebo fluidisovaném stavu chová v mnoha ohledech jako kapalina. Tento jev umožňuje úplné ponoření namočených modelů do fluidisační vrstvy, k obalení keramickými částicemi.

2.12 TEORETICKÝ ROZBOR FLUIDNÍ VRSTVY /literatura 5; 6; 7; 8/

Fluidní vrstvy je možno uskutečnit ve svislých nádobách libovolného tvaru s vodorovnými porézními přepážkami, které rozdělují průtok fluidní tekutiny, jíž může být plyn i kapalina, rovnoměrně po průřezu.

Při průtoku tekutiny vrstvou tuhých částic vzhůru, t.j. proti smyslu gravitačního zrychlení, nezávisí vzájemná poloha částic na rychlosti průtoku tekutiny až do jisté mezní hodnoty, při níž dojde ke kvalitativní změně vlastností celého systému.

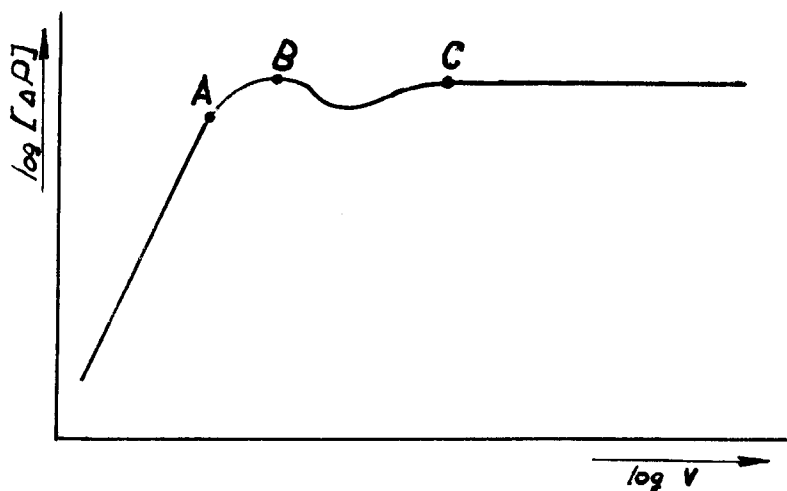
Částice se totiž při dosažení této mezní hodnoty rychlosti tekutiny začnou mísit a vrstva částic nabude vlastností srovnatelných s vlastnostmi kapaliny. Proto se jí říká fluidní vrstva. Změna stavu nehybné vrstvy ve fluidní je označována jako práh fluidisace a veličiny charakterizující tuto změnu jsou označovány jako prahové /5./.

Zvýšení rychlosti průtoku tekutiny nad prahovou rychlost fluidisace, způsobí zvětšování vzdálenosti mezi jednotlivými částicemi a tím i

zvětšování objemu vrstvy. To je další kvalitativní rozdíl, charakterisující změnu nehybné vrstvy ve fluidní.

Průchod plynu svislou vrstvou tuhých zrnitých částic je doprovázen poklesem tlaku, způsobeným především vzájemným třením. Zvětšování tohoto podélného gradientu tlaku je doprovázeno zvětšováním rychlosti plynu.

Křivka na obrázku 2-1 znázorňuje změnu poklesu tlaku ΔP v závislosti na povrchové rychlosti plynu v , pro obecný případ.



obr. 2-1

Bod A značí začátek proudění fluidisované tekutiny. Za tímto bodem již vrstva není pevná.

Bod B je bod fluidisace /práh/, definovaný jako bod, kde antilogarismus pořadnice je totožný s vahou vrstvy částic na jednotku plochy průřezu, minus tlačná síla proudícího prostředí, působící na tento sloupec částic /6./.

Pórovitost vrstvy se začíná zvětšovat v bodě A, jako funkce vzrůstající rychlosti plynu. Teoreticky se přiblíží ^{rychlost v bodě B} stejné rychlosti, jako mez- ní rychlost při rychlosti odpovídající konečné rychlosti volného usazování částičky v plynném

mediu. V bodě C jsou všechny částice v pohybu. Tento bod je znám, jako bod úplné fluidisace. Podélný tlakový spád je poměrně konstantní při rychlostech plynu větší, než je rychlost plynu v bodě C. Vzky-
pání plynových bublin, prorážejících na povrch
vrstvy a způsobujících vynořování shluků z povrchu
vrstvy začíná v bodě A a zesiluje se vzrůstající
rychlostí plynu. Tento jev vzniká do jisté míry
tím, že si poměrně velký objem plynu volí některé
nahodilé cestíčky zkrze vrstvu.

Antilogaritmus pořadnice v bodu fluidisace
je velikost poklesu tlaku, potřebného k fluidisaci
určité vrstvy částíček. /6./. Jeho hodnotu, opí-
rající se o definici bodu fluidisace, lze vyjádřit
jako parametry vrstvy takto:

$$P = Z / 1 - F / / P_s - P_g / \quad /1/$$

kde Z je výška vrstvy nehybných částíček

F je póresnost vrstvy nehybných částíček

P_s je hustota nehybných částíček

P_g je hustota plynu

Fluidisace daného systému nastává při po-
vrchové rychlosti plynu, známé jako minimální /pra-
hová/ fluidisační rychlost /rychlost v bodu B -
obr. 2-1/. Pokusy se systémy fluidních vrstev uká-
zaly, že kritériem proudění způsobeného plynem je,
aby Froudovo číslo /Fr/ bylo větší než jedna.
Froudovo číslo, skupina výrazů bez rozměrů, je
definováno vzorcem:

$$Fr = \frac{v^2}{g \cdot D} \quad /2/$$

kde v je rychlost proudění

g je gravitační zrychlení

D je střední průměr částic

všechno v základních jednotkách .

Jedním z důležitých pojmů pro fluidní vrst-
vu je také pórovitost. Je to relativní mezerový
objem /volný objem mezi částicemi/, stažený k celé-
mu objemu vrstvy /5./.

$$F = \frac{V_b - V_{sb}}{V_b} = 1 - \frac{V_{sb}}{V_b} \quad /3/$$

kde F je pórovitost
 V_b je objem vrstvy částic
 V_{sb} je vlastní objem částic

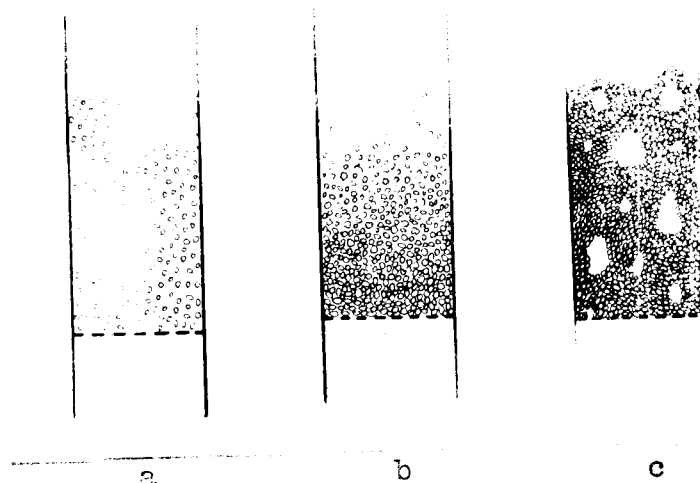
Na základě dříve uvedených zkušeností,
bylo možné sestavit tabulky, udávající minimální
rychlost proudění, jakožto funkci průměru částice.
Nicméně optimální rychlost plynu odpovídá bodu C
/obr. 2 - 1 / a je nepatrně vyšší než rychlost
proudění.

Rychlost průtoku tekutiny ve fluidní
vrstvě není omezena jen prahovou rychlostí flui-
disace. Při větších rychlostech, od jisté mezní
rychlosti, která závisí na výšce nádoby, začnou
částice z nádoby ulétávat. Aby hodnota úletové
rychlosti pro tytéž částice byla konstantní,
předpokládá se úlet částic z nekonečně vysoké
nádoby. Mezní hodnota úletové rychlosti je ozna-
čována jako práh úletu. Při rychlostech teku-
tiny jen málo překračujících prahovou rychlost
fluidisace, bývá měrná váha fluidní vrstvy řádově
 $1000 \text{ kg} / \text{m}^3$, na rozdíl od fluidní vrstvy při ry-
chlostech převyšujících prahovou rychlost úletu
/při pneumatické dopravě částic/, kdy bývá řádově
 $10 \text{ kg} / \text{m}^3$.

2.13 DRUHY FLUIDNÍCH VRSTEV / 5 /

Při ustáleném průtoku může tekutina protékat vrstvou několika způsoby. Záleží při tom na velikosti, množství a tvaru částic, na velikosti zařízení i na uspořádání poremní přepážky.

Nejjednodušším typem fluidní vrstvy je rovnoměrná fluidní vrstva. Vzniká při fluidisaci částic téhož tvaru a stejné váhy a nejčastěji tehdy, je-li fluidisační tekutinou kapalina. Částice jsou v tekutině rovnoměrně rozptýleny, jak je znázorněno na obr. 2 - 2a. Koncentrace částic je v celé vrstvě konstatní a nezávislá na čase a rozměrech zařízení.



obr 2 - 2

Závisí-li koncentrace částic ve fluidní vrstvě na poloze kontrolního objemu ve vrstvě částic nebo na čase, po případě na obou veličinách, je taková vrstva nerovnoměrná. Dynamické vlastnosti této vrstvy jsou podmíněny mnoha fyzikálními veličinami a závisí i na rozměrech zařízení.

Při fluidisaci nesterajně velkých částic téhož tvaru v kapalinách se částice vytřídí podle velikosti a to tak, že nejtěžší jsou u dna zařízení.

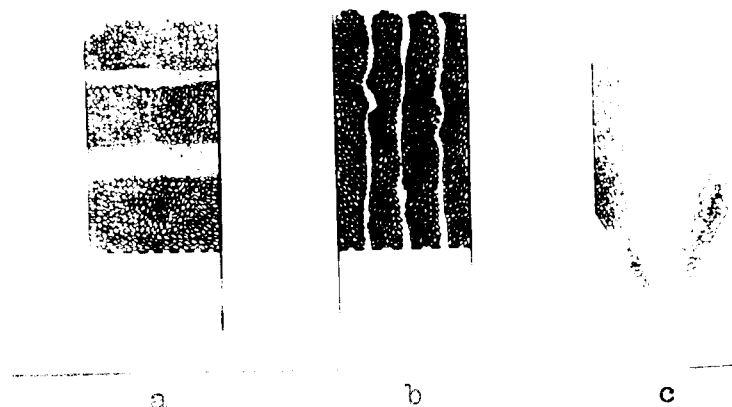
Čím jsou částice menší, tím jsou od sebe více vzdá-
leny a vrstva je řidší. Podobně při fluidisaci stejně
velkých částic téhož tvaru, ale odlišné měrné váhy,
dojde k vytrídění, při němž jsou částice s větší měr-
nou vahou u dna zařízení. Protože se částice ve
vrstvě třídí, nazývá se tato vrstva třídící /obr.
2 - 2b/. Koncentrace částic se opět nemění s časem.
Na rozdíl od rovnoměrné fluidní vrstvy, závisí
však koncentrace částic na svislé vzdálenosti od pó-
resní přepážky.

Plyny obvykle protékají fluidními vrstvami
v bublinách. Jsou-li bublinky malé, hladina částic
se mírně vlní a připomíná vroucí kapalinu. Jsou-li
bublinky větší, proráží hladinou částic v několika
místech a částice vystřikují vysoko nad hladinu.
Taková vrstva se označuje jako vrstva bublající
/obr. 2 - 2c/. Sledujeme-li koncentraci částic v
libovolně zvoleném kontrolním objemu, pak při
průtoku bubliny plynu nebo její části, nemusí být ve
sledovaném objemu žádná částice, nebo jejich tam
jen málo ve srovnání s následujícím okamžikem, kdy
je celý kontrolní objem částicemi zaplněn. Koncentra-
ce částic se tedy v kontrolním objemu mění s časem
a jsou-li částice nejdříve velké, může záviset i
na poloze kontrolního objemu v bublající vrstvě.

V zařízení malých rozměrů mohou bubliny te-
kutiny vyplnit celý průřez zařízení a oddělit od
sebe "píсты" částic /obr. 2 - 3a/. Pak se jedná o
pístuující vrstvu. "Písty" částic postupují zaříze-
ním zvolna vzhůru a u hladiny vrstvy se rozpadají
za současné tvorby nových pístů u dna zařízení.

Při fluidisaci plyny se často vytváří ve
vrstvách jemných částic velmi silné elektrostatické
pole, jehož silovými účinky se utlumí a zastaví

směšovací pohyb částic. Částice se sice mísí několik okamžiků po dosažení prahu fluidisace, ale míšení rychle ustane a plyn prorazí několika kanálky znehynělou vrstvou. Taková vrstva se nazývá kanálkující /obr. 2 - 3b/.



obr. 2 - 3

Vliv uspořádání póresní přepážky fluidisačního zařízení se nejlépe projeví při přívodu potřebného množství fluidisační tekutiny v jednom místě. Vzniklé vrstvě při tomto uspořádání se říká tryskající /obr. 2 - 3c/ a je kombinací různých typů pohyblivých vrstev. Vznik této vrstvy ukazuje, že uspořádání přívodu tekutiny do fluidisační vrstvy má často vliv na dynamické vlastnosti fluidní vrstvy. Póresní přepážka je označována jako dno nebo rošt a je nutné její konstrukci věnovat velkou pozornost / 7. /.

2.14 OBLASTI VE FLUIDNÍ VRSTVĚ

Ve fluidní vrstvě jsou zřetelné 3 oblasti /5/. První oblast je nad roštem, kde se vytváří charakteristický průtok tekutiny, jež určuje vlastnosti dalšího objemu fluidní vrstvy. Tato oblast je nazývána jako oblast kritická.

Druhá oblast je charakterisována téměř konstatní hodnotou pórovitosti. Vlivem průtoku tekutiny v bublinách, nedojde k úplnému roztržení částic a směs částic je poměrně dobře promíšena v celém objemu vrstvy s konstatní pórovitostí.

Ve třetí oblasti dojde k vytřídění částic podle velikosti a expanse v této části fluidní vrstvy je obdobná expansi vrstvy třídící.

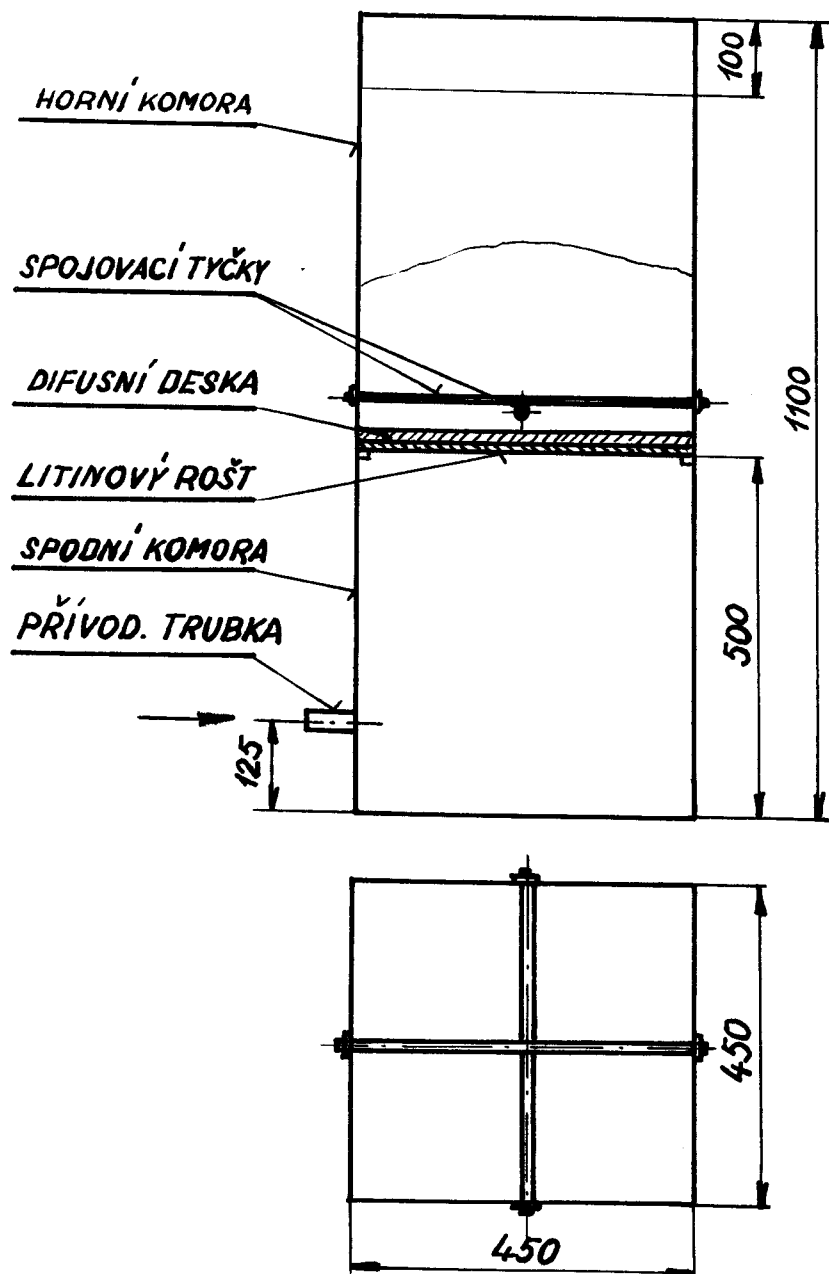
2.15 APLIKACE TEORIE FLUIDNÍ VRSTVY NA FLUIDNÍ ZASYPÁVÁNÍ KERAMICKÝCH SKOŘEPINOVÝCH FOREM

Fluidní vrstva směsi částic různých velikostí je vždy nerovnoměrná. Protože se ve fluidním lůžku při obalování keramických skořepinových forem jako fluidní tekutiny používá plynu a tuhé částice jsou nestejné velikosti a nestejného tvaru, může zde vzniknout, vroucí, bublající nebo pístující vrstva.

Zařízení, v němž se vytváří fluidní lůžko, je velmi jednoduché konstrukce. Skládá se ze dvou vertikálních komor, oddělených horizontální rozptylovou deskou. Spodní komora je vysokotlaká, napojena na potrubí, přivádějící plyn. Horní komora obsahuje vrstvu proudících částic. Rozptylová deska zajišťuje rovnoměrné rozdělení proudících částic v horní komoře. Materiál pro konstrukci tohoto systému musí být tuhý a nepropustný pro proud částic.

Rozměry horní komory musí být voleny tak, aby se mohly poměřovat velké sestavy modelů.

Jako příklad zařízení pro fluidní obalování keramických skořepinových forem je zde uvedeno ^{jedno} ze zařízení, které je, dle pramenů, s úspěchem používáno v některých slévárnách v USA, a které se v podstatě o mnoho neliší od zařízení používaného v n.p. PRESTRO v Uherském Brodě /obr. 2 - 4/.



obr. 2 - 4

Při navrhování obou vertikálních komor se konstruktéři přidrželi obvyklé konstrukce. Plocha průřezu každé komory byla specifikována jako pravoúhelník s neměnnými rozměry. Tato odchylka od obvyklé konstrukce fluidního lože byla udělána proto, aby mohla spodní komora, kromě své funkce jako rezervuár plynu, působit jako konstrukční základna zařízení, aby se v horní komoře při s anovených celkových rozměrech dosáhlo maximálního pracovního objemu.

Konstrukčním materiálem je standartní americký plech 20. Tuhost vertikálních stěn udržují vhodně umístěné spojovací tyčky. Jako suport pro desku slouží litinový rošt.

Jako fluidisační medium byl zvolen stlačený vzduch, pro svou dostupnost, levnost a inertnost. Ve vrstvách částic byly použity částičky kysličníku hlinitého o průměru 0,35 a 0,15 mm a částičky kysličníku křemičitého o průměru 0,29 mm. Všechny tyto tři velikosti částic se běžně používají pro výrobu obalových forem^V amerických slévárnách.

Úplná fluidisace všech vrstev částic byla dosažena použitím difusní desky z poresní žáruvzdorné cihly a regulovaným přívodem fluidní látky ze zdroje s měřidlem při tlaku 6,3 kp/cm².

Napóčené modely byly ponořovány do fluidisační vrstvy a obalovány všemi třemi velikostmi částic. Ve srovnání s dřívějším způsobem trvala fluidisační technologie pouze několik vteřin. Vyžadovala jednoduchý pohyb stromečkem a všechny tvary se obalily rychle a stejnoměrně, a vyloučila se možnost poškození modelu proudem částic. Novou metodou se snížilo množství rozptýlených částic a odstranilo se znečišťování ovzduší prachem. Kromě toho zařízení je levnější, než jakékoliv jiné mechanické zařízení, užívané pro plynulé obalování.

K údržbě systému stačí pouze občasné prosetí vrstvy částic, aby se odstranily nečistoty, které se během provozu nahromadí.

2.20 MĚŘENÍ V n.p. PRESTRO V UHERSKÉM BRODĚ

Slévárna přesného lití n.p. PRESTRO v Uherském Brodě patří mezi pokrokové slévárny, kde se k výrobě keramických skořepinových forem používá fluidního zasypávání. Celý provoz slévárny je zaměřen na lití nízkouhlíkatých a některých leťovaných ocelí. Váha jednotlivých odlitků se pohybuje řádově mezi stovkami až několika tisíci gramu. Roční výroba je zhruba 150 t/rok.

2.21 STRUČNÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY VE SLÉVÁRNĚ

Pro výrobu modelů slouží modelová hmota o s ožení 50 % parafinu, 35 % stearinu a 15 % ceresínu. Z této hmoty se vytvoří vosková pasta, obsahující 7 - 10 % vzduchu a ta se vstříkuje pomocí vstřikovacího lisu do modelových forem pod tlakem 1 kp/cm². Výroba prvních obalů se provádí namáčením do obalové směsi, kontrolované hustoměrem, ručně. Hustota obalové směsi se pohybuje 62 - 63° Bé /20 - 21 sec. Ep. Ø 6/. Zasypávání se provádí takéž ručně ve fluidním lůžku s jemnějším pískem T 2 S. Obalování druhých až čtvrtých obalů se provádí na automatické obalové lince. Pro výrobu druhých až čtvrtých obalů se používá obalové směsi o viskozitě 14 - 16 sec. Ep. Ø 6

a hrubšího písku T2N ve fluidním loži, včleněném do automatické obalovací linky. Písek T2N je skladován venku a před použitím se suší v sušícím zařízení /100 - 120 °C / a zároveň třídí pomocí rotujících sít na rozsah 0,3 - 1,3 mm. Pro přípravu směsi platí následující výrobní předpisy:

K přípravě se používá mletý křemen FF, jehož zrnitost, dle síťového rozboru bývá následující:

Velikost otvorů síta /mm/	Zbýlý podíl /%/
0,2	0,0
0,12	max. 2,5
0,06	15
pod 0,06	min. 82,5

Kapalným pojivem je koloidní roztok SiO_2 připravený hydrolytickým štěpením esterů kyseliny křemičité. K přípravě vazné kapaliny se používá německý etylsilikát.

Postup:

Do míchačky se naleje vypočtené množství etylalkoholu, asi 18 litrů a přidá se kyselina solná /HCl 1:12/ asi 1,5 litrů. Za míchání se přidá potřebné množství etylsilikátu, asi 7,5 l. Po krátkém míchání, 3 - 5 minut, se vsype mletý křemen, asi 63 kg. Po vysypání mletého křemene se míchá jednu hodinu. Potom se nechá směs odstát 2 hodiny a může se použít k obalování.

Pro zředění obalové směsi se používá hydrolyзованého etylsilikátu, vyrobeného dle předpisu:

Do nádoby hydrolyseru se naleje 6 litrů etylsilikátu a za stálého míchání se pomalým proudem přileje 6 litrů etylalkoholu. Po 10 minutách se velmi malým proudem přileje 700 cm³ kyseliny solné /HCl 1:12/ a míchá se 30 minut. Pak se přileje velmi malým proudem 300 cm³ kyselina

solná /HCl 1:12/ a míchá se 30 minut. Tím je hydrolysa skončená. Roztok se nechá 24 hodin us-
tát.

Zahušťování se provádí namíchanou hustou
břečkou.

Teplota při ručním obalování nemá přesáh-
nout 22°C , při mechanickém obalování nemá pře-
sáhnout 20°C . Správná vlhkost v relaci k te-
plotě se udržuje pomocí rozprašovače vodní páry.

Sušicí doba mezi jednotlivými obaly je
3 - 4 hodiny.

Vytavování modelů se provádí v horké vodě
/90 - 100°C / 10 minut a potom se suší 24 hodin
v regále.

Žíhání se provádí v žíhací vozové peci při
teplotě 900 - 1000°C po dobu 5 - 6 hodin.

Odlévání se provádí při teplotě 650 - 950°C .

Odlévají se jak samonosné, tak i zasypané sko-
řepiny. Tavení oceli se užívá tavící pece kelím-
kové ISTOL 100/40 /jmen. nap. 800 V; 2000 C/sec.;
jmen. topný příkon 100kVA; jmen. provozní teplota
 1600°C /.

2.30 STUDIUM FLUIDNÍHO LŮŽKA POUŽÍVANÉHO V n.p. PRESTRO UHERSKÝ BROD.

Studium bylo zaměřeno převážně na fluidní
lůžko, včleněné do automatické obalovací linky.
Namáčení modelů obalové směsi a vstup do fluid-
ního lůžka je názorně vidět na obr. 2 - 5.

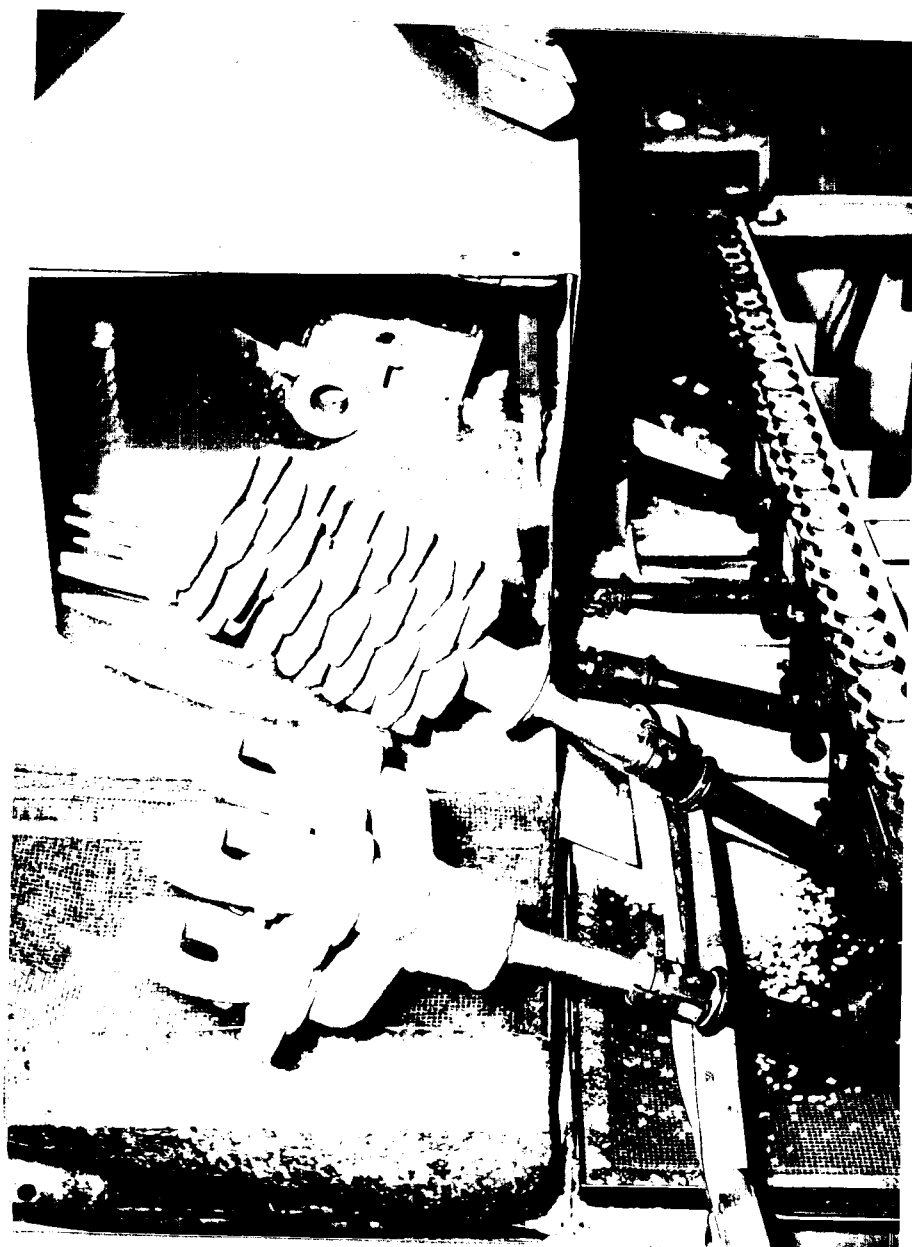
Závěsy, na nichž jsou připevněny modely
/stromečky/ konají, kromě svého posuvného pohybu,
ještě pohyb rotační a současně opisují prostoro-
vou křivku.



obr. 2 - 5

Průchod fluidním ložem a výstup fluidního lože je uveden na obrázku 2 - 6.

V hořejší části obrázku 2 - 6 je zachycena část odsávacího zařízení a ústí zásobníku písku pro doplňování hladiny při obalování. Ve spodní části jsou zachycena dvě přepadová síta $\varnothing$ ok 3 mm. Přepadlý písek přes okraje fluidního lůžka a přes tyto síta, je hnán pomocí stlačeného vzduchu opět do fluidního lůžka.



obr. 2 - 6

Konstrukce zařízení je podobná konstrukci fluidního lůžka, uvedené na obrázku 2 - 4.

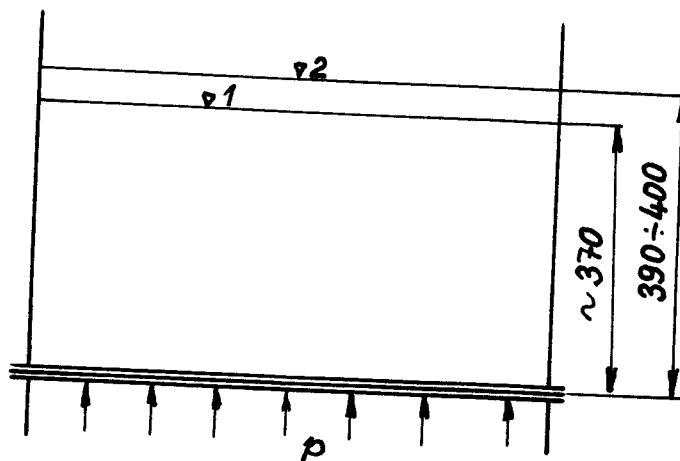
Půdorys tvoří obdelník o rozměrech 500 x 700 mm.

Jako materiál difusní desky byla zvolena plst, z obou stran překrytá děrovaným plechem.

Jako fluidizační medium byl použit stlačený vzduch, odebíraný z rozvodného potrubí. Tlak vzduchu je regulován pomocí průchozího ventilu nátrubkového a je odečítán na tlakoměru. V provozu se však tlak nastavuje převážně vizuálně, dle zkušeností obsluhujícího pracovníka. Tento tlak se pohybuje mezi $0,7 - 0,9 \text{ kp/cm}^2$.

Výška nehybné vrstvy obalovacího písku /hladina 1 - obr. 2 - 7/ se po naplnění pohybuje průměrně okolo 370 mm. Výška fluidní vrstvy při průchodu stlačeného vzduchu $/0,8 \text{ kp/cm}^2/$ znázorňuje hladina 2.

Průměrné zvětšení objemu při přechodu z nehybné vrstvy ve fluidní, při tlaku $0,8 \text{ kp/cm}^2$ je tedy průměrně o 7 % objemových.



obr. 2 - 7

**2.40 SLEDOVÁNÍ ZMĚNY ZRNITOSTI ZÁSYPOVÉHO PÍSKU
A VLIVU ZMĚNY VISKOSITY NA PEVNOST A PRODYŠ-
NOST KERAMICKÝCH SKOŘEPINOVÝCH FOREM.**

Při praktickém studiu fluidního lůžka bylo nutné některé zkoušky podřadit výrobnímu procesu a výrobním podmínkám ve slévárně, aby nedošlo k narušení plynulé výroby nebo i případně zvýšené zmetlovitosti.

Protože ve slévárně v n.p. PRESTRO se na zasypání modelů používá výhradně fluidního způsobu, není zde instalováno zařízení pro gravitační zasypání. Gravitační způsob bylo tedy nutno improvisovat ručním posypáním lopatkou z výšky 400 - 500 mm.

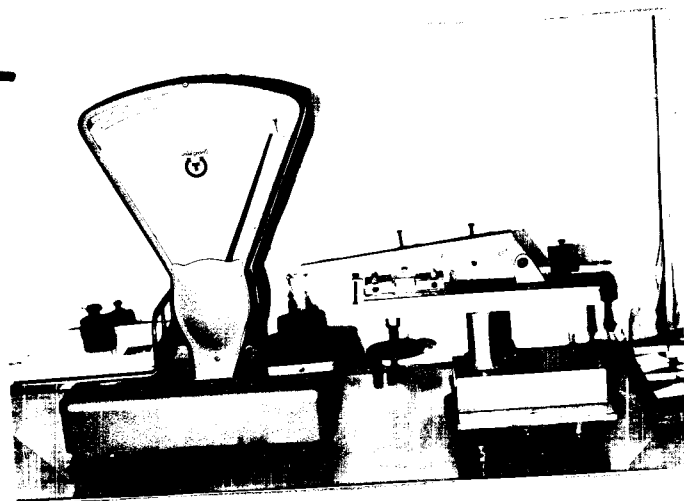
Tato výška byla dle informací poskytnutých vedoucím slévárny u dříve používaného gravitačního zasýpače. Zásypový písek pro gravitační způsob byl odebírán z fluidního lůžka.

Odečtení nastavených tlaků vzduchu bylo možné pouze u fluidního lůžka automatické obalové linky. U fluidního lůžka se zásypovým pískem pro první obal byly tlaky nastavovány pouze visuelně, protože zde nebyl instalován tlakoměr.

Pro obalování zkušebních vzorků bylo použito korýtkových modelů předepsaného tvaru a předepsaných rozměrů, navržených KSL VŠST Liberec, které byly vyrobeny dle předepsaného výrobního postupu závodu.

Pevnost pohybu a prodyšnost byla měřena na zkušebních tyčinkách vzniklých jednak stíráním na hranách modelu v průběhu obalování a jednak rozbrúšených po vytavení a vysušení.

Zkouška pevnosti v ohybu spočívá v postupném zatěžování zkušební tyčinky, uložené na dvou podporách, osamělou silou uprostřed, až do lomu /obr. 2 - 8/.



obr. 2 - 8

Pevnost v ohybu / σ_{po} / je napětí, vy-
počtené jako podíl ne většího dosaženého ohybo-
vého momentu při zkoušce a modulu průřezu v ohybu
podle obecného vzorce:

$$\sigma_{po} = \frac{P}{4} \cdot \frac{l_0}{W} \quad / \text{kp/cm}^2 / \quad / 4 /$$

poněvadž $W = \frac{b \cdot h^3}{6} \quad / \text{cm}^3 /$ platí pro výpočet

pevnosti v ohybu vzorec:

$$\sigma_{po} = 1,5 \cdot \frac{P}{b \cdot h^2} \cdot \frac{l_0}{2} \quad / \text{kp/cm}^2 / \quad / 5 /$$

kde σ_{po} je pevnost skořepiny v ohybu / kp/cm^2 /
P je největší síla, dosažená při zkoušce
/ kp /
l₀ je vzdálenost podpor / cm /
h je tloušťka vzorku / cm /

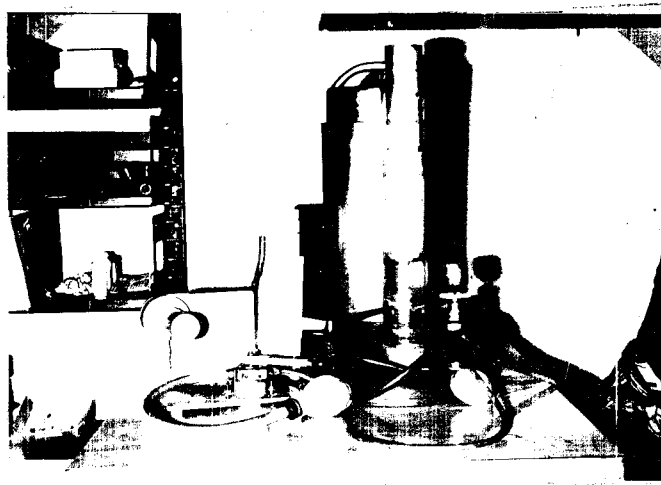
Rozměry zkušebních tyčinek a jejich dovo-
lené úchytky jsou uvedeny v tab. 2 - 1.

Označení zkušební tyče	Nejmenší délka tyče	Šířka tyče	Doporučené rozmezí tl. tyče	Doporučený způsob přípravy
l _o /mm/	l /mm/	b/mm/	h /mm/	
100	110	25±0,2	4 - 6	4 vrstvy
50	55			/obaly/

tabulka 2 - 1

Zkoušky pevnosti byly provedeny na nevyží-
haných vzorcích.

Prodyšnost byla měřena na přístroji vyvi-
nutém na VŠST Liberec, "průtokovou" metodou
/obr. 2 - 9/.



obr. 2 - 9

Měří se čas potřebný k průchodu konstatního objemu
/100 cm³/ vzduchu vzorkem, při konstantním tlaku
p = 100 mm v.s.

Prodyšnost se stanoví ze vzorce :

$$P = \frac{V \cdot h}{F \cdot p \cdot t} \quad /njp/ \quad /6/$$

- kde
- P je prodyšnost vyjádřená v normálních jednotkách prodyšnosti /njp/
 - V je objem vzduchu prošlého plochou zkušebního tělíka /cm³/
 - h je tloušťka /výška/ zkušebního tělíka /cm/
 - F je měřená plocha zkušebního tělíka /cm²/
 - p je přetlak vzduchu /cm v.s./
 - t je doba průchodu vzduchu /min./

Zkoušky prodyšnosti byly provedeny na vyžíhaných vzorcích, ^(950°C/2hod) jednak proto, že prodyšnost na syrových vzorcích, vzhledem k tomu, že byly zalepeny voskem, ukazovala veliký rozptyl hodnot a také proto, že prodyšnost keramických skořepinových forem v syrovém stavu nemá praktického významu, protože se odlévá pouze do forem vyžíhaných.

Zrnitost zásypového písku byla určena dle síťového rozboru ze vzorků o váze 100 g. Vzorky byly přes síťovým rozbořem sušeny 2 hodiny při 100° C. Doba vysívání byla 15 minut navýstředníkovém vysívadle.

2.41 ZMĚNA ZRNITOSTI ZÁSYPOVÉHO PÍSKU V ZÁVISLO-
STI NA TLAKU, HLUBCE A NA POČTU OBALENÝCH
FOREM
=====

Při sledování zrnitosti zásypového písku
byly odebírány z fluidního lůžka vzorky pomocí
skleněné trubičky a z těchto vzorků byly provede-
ny síťové rozборы. Změnu zrnitosti zásypového
písku pro 2 - 4 obaly, t.zn. hrubšího, závislosti
na tlaku, hloubce a na počtu obalených forem, je
přehledně uvedena v tabulce 2 - 2.

Vzorky označené A jsou vzorky, odebrané po
obnově písku před vlastním obalováním. Obnova
písku spočívá v tom, že na začátku každé směny
se fluidní lůžko vyčistí, zbylý písek se proseje
přes síto 3 mm, vrátí se do fluidního lože a zá-
roveň se doplní asi 30 % nového písku o složení
C ze zásobníku.

Vzorky označené B jsou vzorky odebrané po
100 kusech obalených modelů. To je maximální
počet kusů, který je možno obalovat bez doplnění
písku, vzhledem k tomu, že během obalování klesá
hladina ve fluidním lůžku. V běžném provozu se
doplňování děje častěji. Velikost tlaku je omezena
od 0,6 do 1 kp/cm². Při tlaku nižším než 0,6 kp/cm²
klade již fluidní lůžko takový odpor, že dochází
k ulamování modelů ze stromečků a při vyšším
tlaku, než 1 kp/cm² dochází k tak silnému víření
ve fluidním lůžku, že písek přepadá přes okraje
a znečišťuje nádrž s obalovou směsí.

Jak je z tabulky 2 - 2 patrné, mají tyto
různé tlaky na rozložení zrnitosti pouze malý
vliv. Dochází zde u všech tří tlaků k vytvoření
bublající vrstvy s intenzivním vířením a promí-
cháváním zásypového písku, což je vidět při porov-
nání rozložení zrnitosti v různých hloubkách pod
povrchem fluidní vrstvy.

č.vz.	tlak /kp/cm ² /	hloubka mm	zrnitost /mm/ / podíly %/							
			1,0	0,8	0,63	0,5	0,25	0,1	0,1	
A1	0,6	50	1,9	13,3	51,6	26,7	6,2	0,2	0,1	
A2	0,6	150	2,1	14,1	50,6	26,4	5,5	0,2	0,1	
A3	0,6	300	2,2	14,4	51,8	25,8	5,2	0,1	0,0	
B1	0,6	50	2,7	13,8	52,9	25,1	5,7	0,1	0,0	
B2	0,6	150	3,2	14,8	51,8	25,2	5,1	0,1	0,0	
B3	0,6	300	6,1	13,5	51,5	24,0	5,3	0,0	0,0	
A4	0,8	50	2,1	13,6	47,7	28,8	7,1	0,3	0,1	
A5	0,8	150	2,1	14,1	52,2	26,3	5,4	0,2	0,1	
A6	0,8	300	2,4	14,2	51,5	26,7	5,5	0,2	0,0	
B4	0,8	50	2,3	14,2	50,8	27,2	6,9	0,1	0,0	
B5	0,8	150	3,8	14,6	52,8	23,8	5,1	0,1	0,0	
B6	0,8	300	5,6	14,8	50,6	24,9	5,1	0,1	0,0	
A7	1,0	50	1,8	12,8	51,1	26,2	7,4	0,2	0,1	
A8	1,0	150	1,9	12,0	51,5	26,6	7,5	0,3	0,1	
A9	1,0	300	2,0	13,6	51,0	27,5	5,7	0,2	0,1	
B7	1,0	50	3,5	14,3	51,6	24,0	6,1	0,1	0,0	
B8	1,0	150	6,3	14,8	51,5	23,8	3,8	0,1	0,0	
B9	1,0	30	6,8	14,6	49,2	25,4	3,5	0,1	0,0	
C	-	-	0,1	8,0	38,8	32,6	15,5	5,0	0,6	

Doba sušení t_1 2 hod./100° C

doba vysývání t_2 15 min.

tab. 2 - 2

Také při visuelním pozorování hladiny je vidět, že dochází k vymršťování shluků písku nad povrch vrstvy, což odpovídá bublající vrstvě. Ze vzorků v různých hloubkách je patrný jistý sklon k třídící vrstvě. Tento sklon se nejvíce projeví v úrovni hladiny a u dna zařízení.

Při porovnávání zrnitosti na začátku obalová-
ní a po sto kusech stromečků, kdy je časový rozdíl
asi jednu hodinu, je patrné, že intenzita obalo-
vání zrníček písku větší velikostí klesá. Nej-
intensivněji se podílejí na obalování zrníčka ve-
likostí mezi 0,25 - 0,63 mm a nejméně 0,63 - 1 mm.
Po této době obalování, t.j. po 100 kusech stro-
mečků, jeví také rozložení písku větší sklon k
třídící vrstvě. Při tlaku 0,8 kp/cm² se na př.
procentový obsah písku o zrnitosti větší než 1 mm
v hloubce 300 mm pod povrchem zvětšil oproti
hloubce 50 mm o 3,3 %, pro zrnitost 0,63 - 0,5 mm
se zmenšil o 2,3 %, a pro zrnitost 0,5 - 0,25 mm
se zmenšil o 1,8 %.

Úplně na povrchu vrstvy se po obnovení
písku vytvoří slabý povlak jemného písku o zrn-
tosit 0,1 mm a menší, který se v prvních minutách
obalování jednak odpráší a jednak obalí na první
zasypávané stromečky.

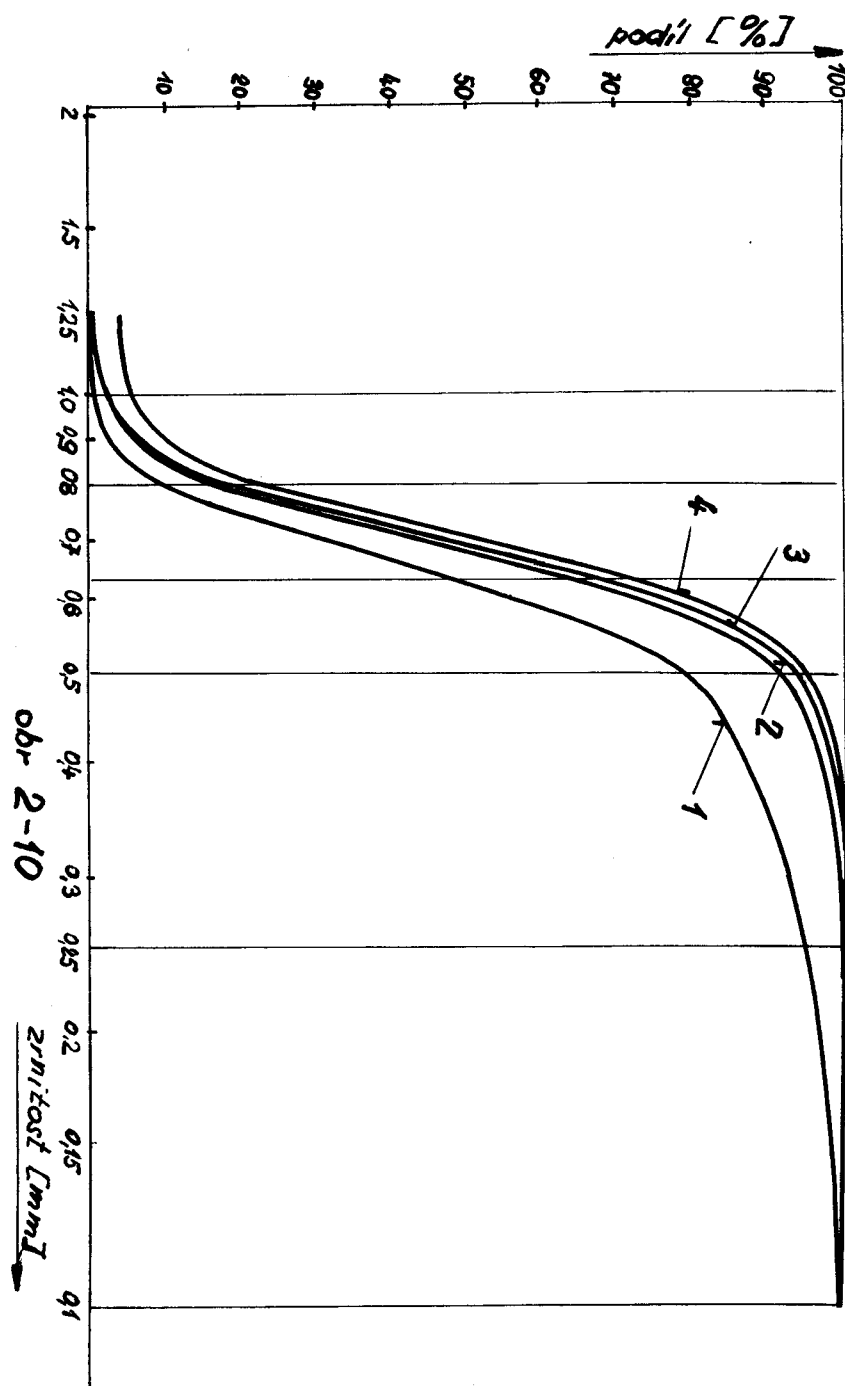
Po skončení směny je možné pozorovat na dně
fluidního lože prakticky souvislou vrstvu hrudek
o velikosti stř. $\varnothing$ 2 - 10 mm i větších, které
vznikají stékáním obalové směsi ze stromečků a
různých úlomků modelů. Hrudky menších rozměrů se
také objevovaly již ve vzorcích odebíraných ve
hloubce 300 mm.

Pro názornost a přehlednost změn zrnitosti
byly pro některé charakteristické změny sestaveny
křivky a vneseny do součtového diagramu na obr.

2 - 10.

Křivka 1 charakterisuje složení C, t.j.
složení obnovovacího a doplňovacího písku ze
zásobníku.

Křivka 2 charakterisuje složení A4, t.j.
složení zásypového písku před začátkem obalování
při tlaku 0,8 kp/cm² a v hloubce 50 mm.



- 1 ... složení obnovovacího písku
- 2 ... složení zásypového písku před začátkem obalování při tlaku $0,8 \text{ kp/cm}^2$ a hloubce 50 mm
- 3 ... složení po 100 kusech obalených stromečků při tlaku $0,8 \text{ kp/cm}^2$ a hloubce 50 mm
- 4 ... složení po 100 kusech obalených stromečků při tlaku $0,8 \text{ kp/cm}^2$ a hloubce 300 mm

Křivka 3 charakterisuje složení po 100 kusech oba-
lených stromečků při tlaku $0,8 \text{ kp/cm}^2$ a hloubce
50 mm.

Křivka 4 charakterisuje složení po 100 kusech
obalených stromečků při tlaku $0,8 \text{ kp/cm}^2$ a hloubce
300 mm pod povrchem fluidní vrstvy.

Rozložení zrnitosti jemnějšího písku je
ruční obalování prvních obalů ve fluidním loži
ukazuje tabulka 2 - 3.

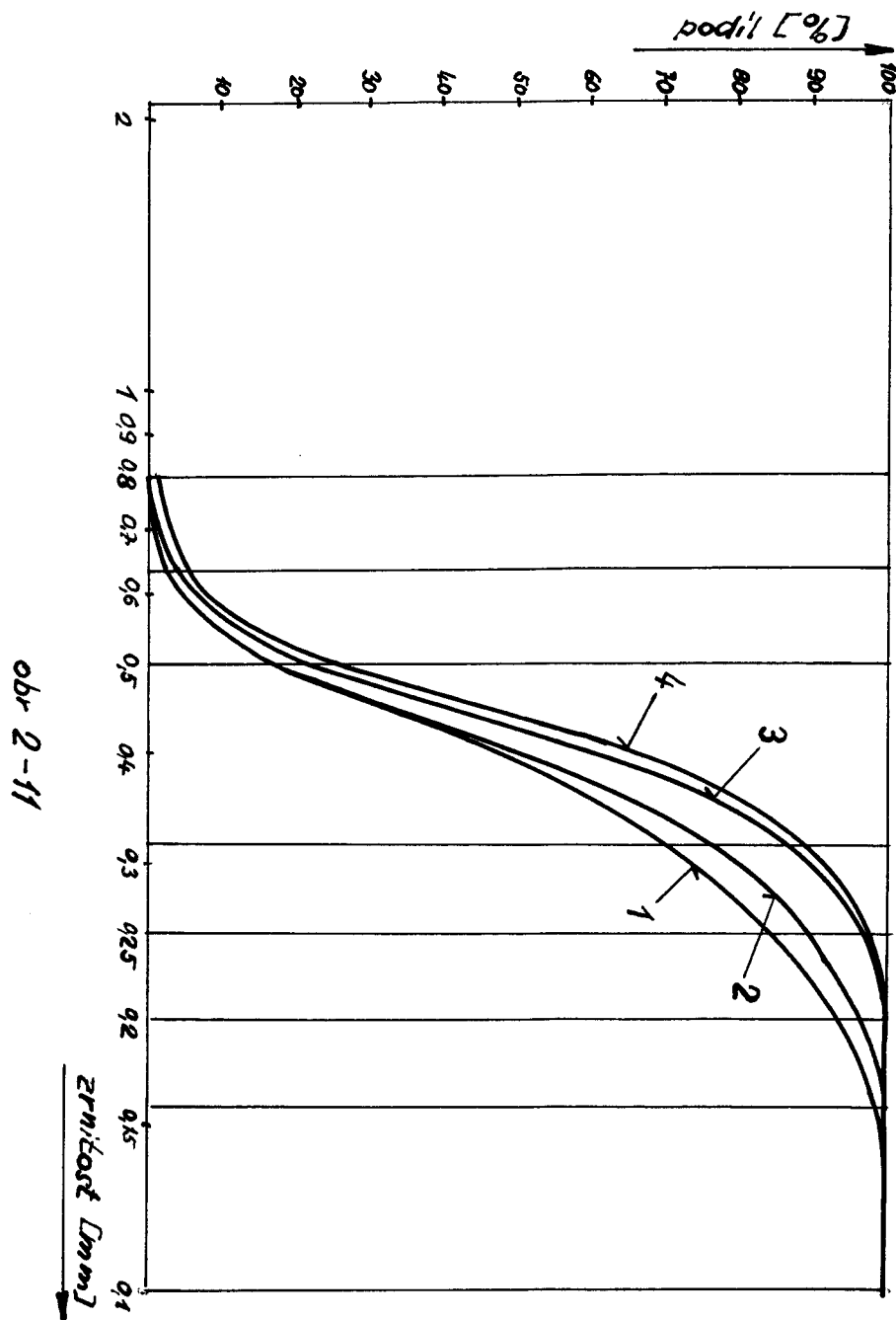
č.vz.	hloubka /mm/	zrnitost /mm/ / podíly %/							
		0,8	0,63	0,5	0,315	0,25	0,16	0,1	>0,1
E1	50	0,2	2,9	13,3	55,1	13,1	14,6	0,4	0,1
E2	100	0,2	2,8	13,4	55,7	13,8	14,2	0,4	0,1
E3	200	0,2	2,9	12,8	57,5	12,8	13,1	0,4	0,0
E4	300	0,1	2,9	12,6	55,0	13,7	15,3	0,3	0,0
F1	50	0,2	3,2	13,1	60,8	12,8	11,3	0,2	0,0
F2	100	0,2	3,5	12,4	59,8	13,3	10,7	0,1	0,0
F3	200	0,1	3,6	12,6	60,6	12,7	11,2	0,0	0,0
F4	300	0,2	3,5	11,4	61,7	12,8	11,1	0,0	0,0
G1	50	0,2	3,5	17,2	66,2	9,4	2,8	0,0	0,0
G2	100	0,2	5,4	17,5	64,8	9,2	2,7	0,0	0,0
G3	200	0,3	5,0	17,6	64,3	9,1	2,8	0,0	0,0
G4	300	1,3	5,3	18,6	64,8	7,6	2,0	0,0	0,0

Doba sušení $t_1 = 2 \text{ hod.} / 100^\circ \text{ C}$

Doba vysílání $t_2 = 15 \text{ min.}$

Tab. 2 - 3

V tomto fluidním loži bylo možno sledovat
změnu zrnitosti po větším počtu obalených forem,
bez obnovy písku. Vzorky E značí rozložení zrní-
tosti v obnoveném písku, vzorky F značí rozlo-
žení zrnitosti po 200 kusech a vzorky G po 500 ks
obalených stromečků prvními obaly.



- 1 ... složení zásypového písku před začátkem obalování v hloubce 50 mm
- 2 ... složení zásypového písku po 200 ks stromečků v hloubce 50 mm
- 3 ... složení zásypového písku po 500 kusech stromečků ve hloubce 50 mm
- 4 ... složení zásypového písku po 500 kusech stromečků v hloubce 300 mm.

Tlak byl nastavován visuelně a dle porovnání s fluidním lůžkem automatické obalovací linky se pohyboval mezi $0,7 - 0,9 \text{ kp/cm}^2$. Při posuzování rozložení a změn zrnitosti v závislosti na hloubce a na počtu obalených forem, je možné dojít prakticky ke stejným závěrům, jako při posuzování zrnitosti hrubšího písku, dle tab. 2 a 2. Také zde dochází k intenzivnímu promíchávání obalového písku a vytvoření bublající vrstvy a je zde také možno zachytit jistou tendenci k vrstvě třídící. Rovněž při pozorování změn zrnitosti v závislosti na počtu obalených forem je patrné, že intenzivněji se obalují zrníčka menší velikosti. Charakteristické změny byly opět vneseny do součtového diagramu na obr. 2 - 11.

Křivka 1 znázorňuje složení E_1 t.j. rozložení zrnitosti na začátku obalování v hloubce 50 mm.

Křivka 2 znázorňuje složení F_1 , t.j. rozložení zrnitosti po 200 obalených kusech stromečků v hloubce 50 mm.

Křivka 3 znázorňuje složení G_1 , t.j. rozložení zrnitosti po 500 kusech obalených stromečků ve hloubce 50 mm.

Křivka 4 znázorňuje složení G_4 , t.j. rozložení zrnitosti po 500 kusech obalených stromečků ve hloubce 300 mm.

2.42 Vliv změny viskosity obalové směsi a počtu
obalených forem na pevnost a prodyšnost
keramických skořepinových forem
=====

Sledování vlivu změny viskosity a počtu obalených forem na změnu zrnitosti zásypového písku, vzhledem k tomu, že měření a studium fluidního lůžka bylo prováděno za plného provozu, nebylo možné provést v plném rozsahu. Pro tato měření by

bylo totiž nutno měnit viskositu obalové směsi v nádrži, umístěné v obalovací lince a nechat projít jak nádrží, tak fluidním lůžkem značně vysoký počet stromečků, vě. zkušebních vzorků, na začátku obalování a po určitém počtu kusů. Tím by byl samozřejmě narušen technologický postup pro obalování ve slévárně, čímž by se mohlo podstatně zvýšit riziko zmetkovitosti.

Jediným řešením tedy bylo namíchat různé viskosity obalové směsi ve zvláštních nádržích a tyto použít pro namáčení zkušebních vzorků.

Korýtkové modely pro zkušební vzorky byly po 4 kusech připevněny na modelech vtokové soustavy a po namočení v obalové směsi o dané viskozitě zavěšeny na pás, se kterým prošly fluidním lůžkem.

Vzorky byly obaleny jednak na začátku obalování po obnově písku a jednak, stejně jako při odebírání vzorků písku, po 100 kusech obalených stromečků. Pro první zásyp bylo vždy použito jemnějšího písku.

Polovina vzorků byla během obalování stírána a druhá polovina po vytavení a usušení rozbroušena. Protože při měření pevnosti tyto dva druhy nevykazovaly podstatné rozdíly, byly pevnosti zkušebních tyčinek, vzniklých jak stíráním, tak i rozbroušením, zahrnuty do průměrných pevností.

Prodyšnost byla měřena na vzorcích stíraných.

V tabulce 2 - 4 jsou zachyceny střední hodnoty pevnosti a prodyšnosti zkušebních tyčinek pro různé viskosity. Tloušťky zkušebních tyčinek pro výpočet pevnosti byly měřeny vždy v 7. místech v místě lomu a z nich byl brán střední průměr.

č.vz.	viskosity F.p. 6/sec	stř.tloušť- ka hs/mm	pevnost /kp/cm ²	prodyšnost Ps /njp/
A1	15	4,44	38,7	0,394
A2	20	4,64	44,9	0,305
A3	25	4,86	37,8	0,345
A4	30	4,62	47,2	0,287
A5	35	5,42	42,53	0,336
A6	-	4,49	41,1	0,388
B1	15	4,32	35,7	0,397
B2	20	4,27	42,2	0,391
B3	25	4,74	34,3	0,403
B4	30	4,56	42,8	0,326
B5	35	5,21	38,35	0,338
B6	-	4,62	39,9	0,432
C1	15	5,44	31,04	0,437
C2	20	4,82	39,26	0,462
C3	25	5,51	35,95	0,383
C4	30	4,63	33,54	0,405
C5	35	5,79	39,55	0,389
C6	-	5,24	35,66	0,461

teplota $T = 21^{\circ} \text{C}$; doba sušení $t = 3 - 4$ hod.
 $l_0 = 100 \text{ mm}$

Vzorky pro pevnost ve stavu nežíhaném

Vzorky pro prodyšnost vyžíhané $950^{\circ} \text{C}/2$ hod.

tab. 2 - 4

Hodnoty v tabulce jsou průměrem hodnot vždy osmi zkušebních vzorků.

Označení A znamená vzorky obalené na začátku směny v obnoveném písku.

Označení B znamená vzorky obalené po 100 ks stromečků.

Označení C znamená vzorky obalené improvi-
sovaným gravičáčním způsobem, pískem z fluidního
lůžka.

Vzorky č. 6 jsou vzorky obalené dle tech-
nologického postupu n.p. PRESTRO, to znamená
první obal při viskozitě obalové směsi 21 sec.
Pp Ø 6 a 2 - 4 obal při viskozitě 14 - 16 sec.
P.p. Ø 6.

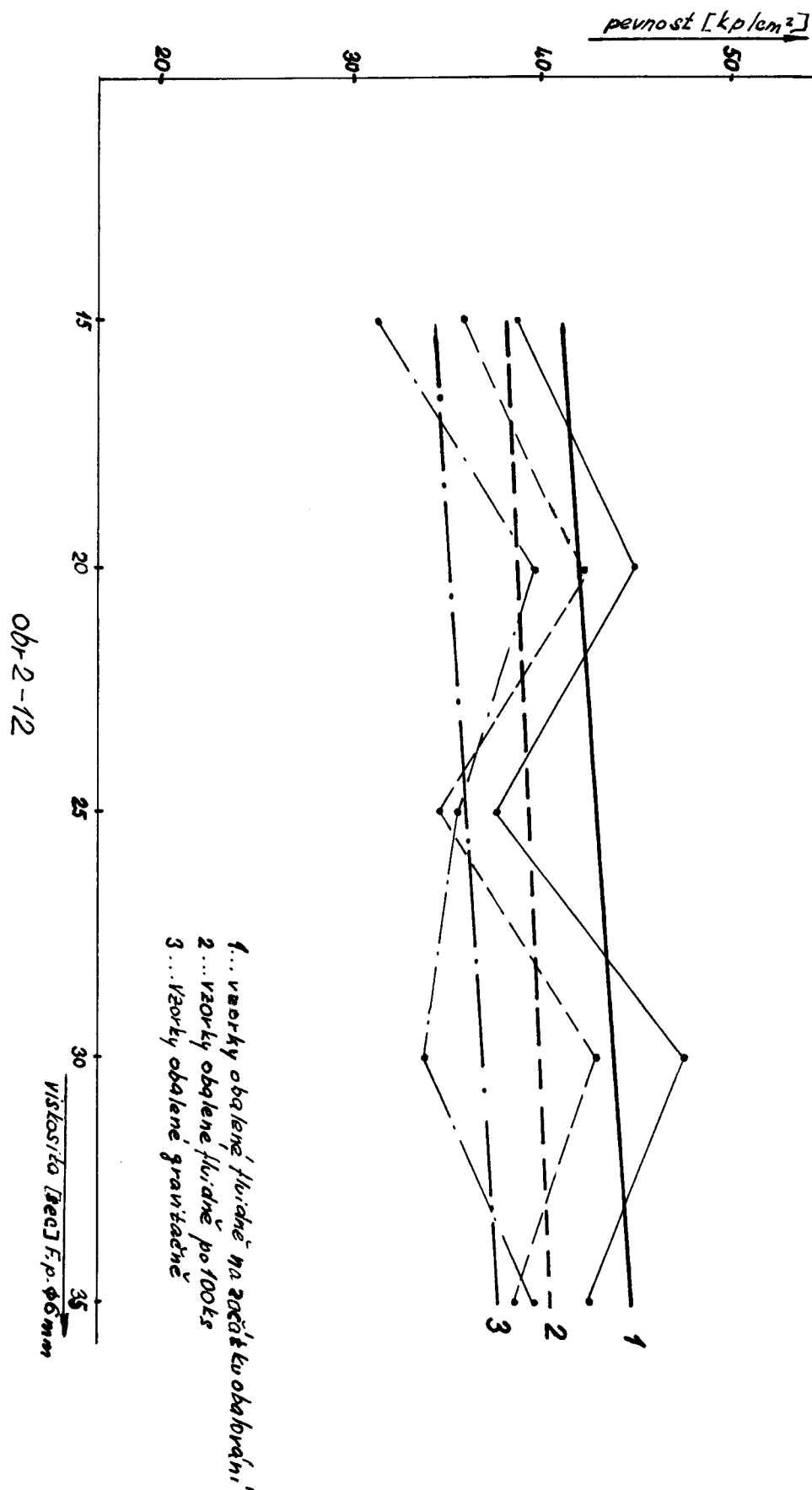
Pro měření pevnosti byly použity vzorky v
syrovém nevyžíhaném stavu a pro měření prodyš-
nosti byly vyžíhány v oxydační atmosféře v peci
při teplotě 950° C. Po dobu dvou hodin a nechány
vychladnout v peci.

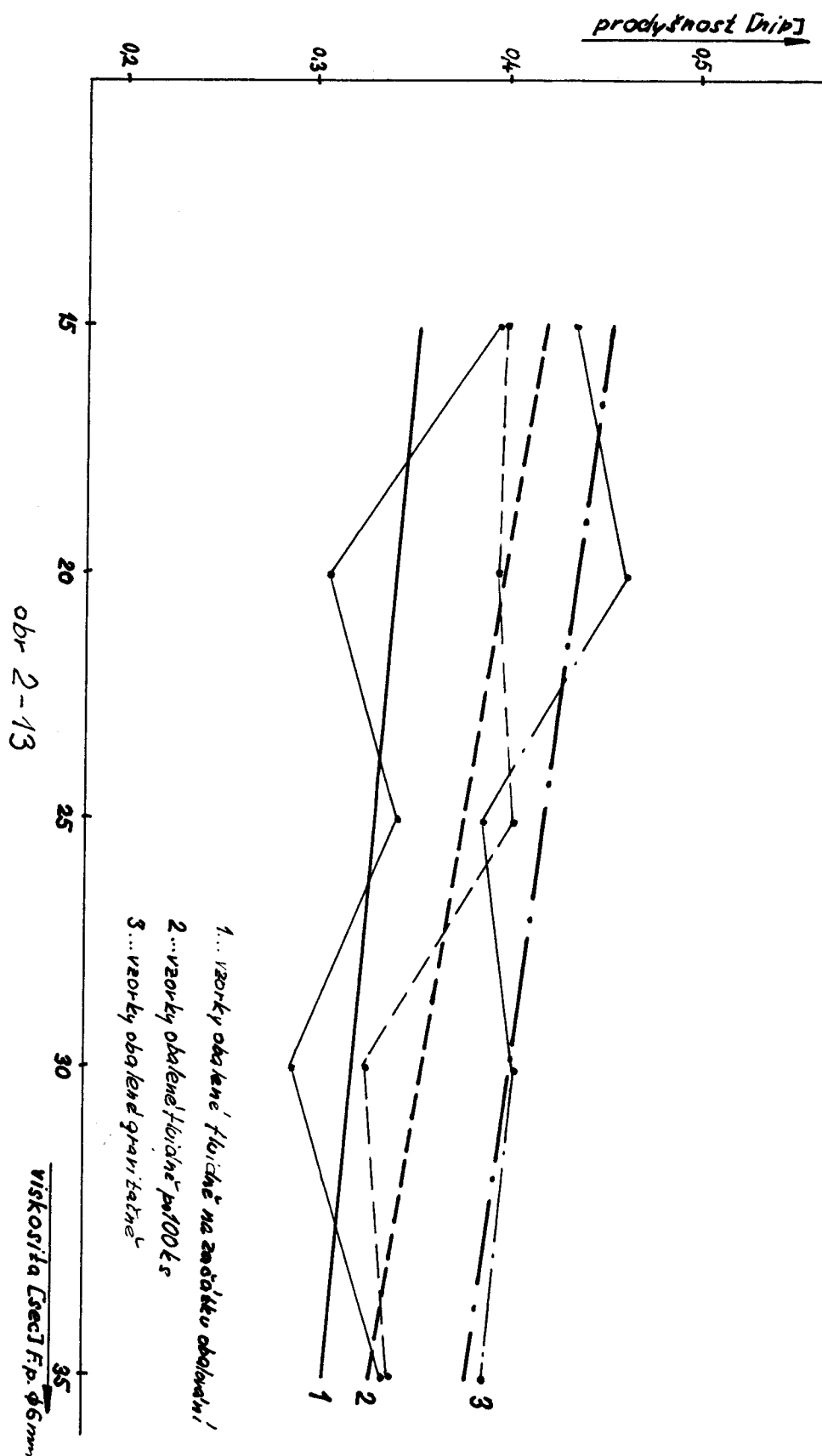
Hodnoty z tabulky 2 - 4 byly vyneseny do
grafu. Graf na obr. 2 - 12 ukazuje změnu pevnos-
ti v závislosti na změně viskozity obalové směsi
a změnu pevnosti vzorků obalených na začátku oba-
lování /1/ po 100 kusech obalených stromečků /2/
a obalených gravitačně /3/.

Graf na obr. 2 - 13 ukazuje změnu prodyš-
nosti vzorku.

Při pozorování závislostí na obou grafech
/obr. 2 - 12 a obr. 2 - 13/ se jeví značný rozptyl
naměřených hodnot. Tento rozptyl je možné zdů-
vodnit tím, že naměřené hodnoty mají nutně sta-
tistický charakter, dále potom tím, že vzorky
nemohly být současně vyrobeny, za přísně stejných
okolních podmínek a s ohledem na celkový časový
fond prováděných zkoušek s konstatní dobou sušení
a také nepřesnostmi měřících přístrojů.

Pro zjištění výsledných tendencí funkčních
vztahů bylo provedeno grafické přímkové vyrovnaní.





Při sledování průběhu pevnosti závislosti na viskozitě obalové směsi, je vidět, že pevnost vzorků se vzrůstající viskozitou stoupá. Také ovšem je z obr. 2 - 12 zřejmý vliv různých okolních podmínek při obalování /teplota, vlhkost, viskozita obalové směsi, správná vazná kapalina, druh moučky obalové směsi, druh obnovovacího písku v loži, doba sušení mezi obaly, doba sušení mezi posledním obalem a vytavováním a doba vytavování/.

Vzorky při viskozitě 15 sec. F.p. Ø 6 /současně vzorky při viskozitě dle technologického postupu slévárny/, vzorky při viskozitě 20 a 30 sec. F.p. Ø 6 a vzorky při viskozitě 25 a 35 sec. F.p. Ø 6 byly obalovány v různé dny.

Z uvedených okolních podmínek při obalování se jeví jako nejvíce proměnná doba sušení. Ostatní podmínky, t.j. teplota, vlhkost, viskozita obalové směsi, správná vazná kapalina, druh moučky v obalové směsi, obnovovací písek a doba vytavování, lze i při měření provedených v různých dnech považovat za konstatní. Pro ověření konkrétních závislostí mezi pevností, prodyšností a dobou sušení by bylo ovšem nutné provést speciální zkoušky, přesto se dá předpokládat, že se zvyšující se dobou sušení vzrůstá pevnost skořepin v nevyžíhaném stavu.

Změna pevnosti závislosti na počtu obalených forem se zde výrazně projevila a ukazuje se, že rozdíl v pevnosti v závislosti na počtu obalených forem s vyšší viskozitou obalové směsi poněkud stoupá. Pro viskozitu 15 sec. F.p. Ø 6 činí průměrný rozdíl podle grafického vyrovnaní mezi pevnostmi 7,7 %, při viskozitě 25 sec. F.p. Ø 6 již 9,3 % a při viskozitě 35 sec. F.p. Ø 6 je 9,5 %.

Přesto, že pevnost v závislosti na počtu obalených forem při fluidním způsobu zasypání klesá, je možno říci, že v průměru je vyšší, než pevnost vzorků zasypávaných gravitačně.

Při sledování závislosti pevnosti na viskozitě je však také nutno uvažovat vliv závalů, které se dle vizuálního pozorování při vyšší viskozitě obalové směsi někdy objevují. Tyto závaly pak mohou při nedokonalém prosušení vést k narušení skořepiny, ke vzniku zadrobenin při vytavování vosku a ke vzniku výronků a zadrobenin na odlitcích.

U prodyšnosti jsou sledované závislosti právě opačné /obr. 2 - 13/. V průměru prodyšnost s rostoucí viskozitou obalové směsi klesá a v závislosti na počtu obalených forem stoupá, přičemž větší rozdíl je mezi prodyšnostmi na začátku obalování než po 100 kusech obalených stromečků. Je u nižších hodnot viskosity. Při gravitačním způsobu zasypávání byla v průměru naměřena prodyšnost nejvyšší. /

Po srovnání obou grafů je možné tato měření shrnout asi takto. Z hl. diska pevnosti za syrova je výhodnější fluidní způsob než gravitační. Pro fluidní způsob zasypávání je výhodnější používání spíše jemnějšího písku a vyšší viskosity obalové směsi. Z hlediska prodyšnosti je pak výhodnější, aby tomu bylo obráceně.

2.43 VLIV ZMĚNY TLAKU VZDUCHU, HLoubKY ponořENÍ,
POLOHY VZORKU A JEHO POHYBU NA PEVNOST A
PRODYŠNOST PŘI KONSTANTNÍ VISKOSITĚ OBALOVÉ
SMĚSI.
=====

Současně s odebíráním vzorků písku z fluid-
ního lože a sledování zrnitosti, byly také k získá-
ní uceleného obrazu o vlivu změny tlaku vzduchu,
hloubky ponoření a polohy vzorku na vlastnosti
keramických skořepin, obaleny. zkušební vzorky pro
zkoušku penosti a prodyšnosti.

Tabulka 2 - 5 ukazuje změnu pevnosti a
prodyšnosti v závislosti na změně tlaku vzduchu.

č.vz.	tlak p /K.p./cm ² /	toušťka hs /mm/	pevnost /kp/cm ² /	prodyšnost Ps /njp/
T 1	0,6	5,26	33,8	0,426
T 2	0,8	5,00	38,5	0,515
T 3	1,0	4,66	33,1	0,455

Teplota T = 20° C; doba sušení t = 3 - 4 hod.
lo = 100 mm.

tab. 2 - 5

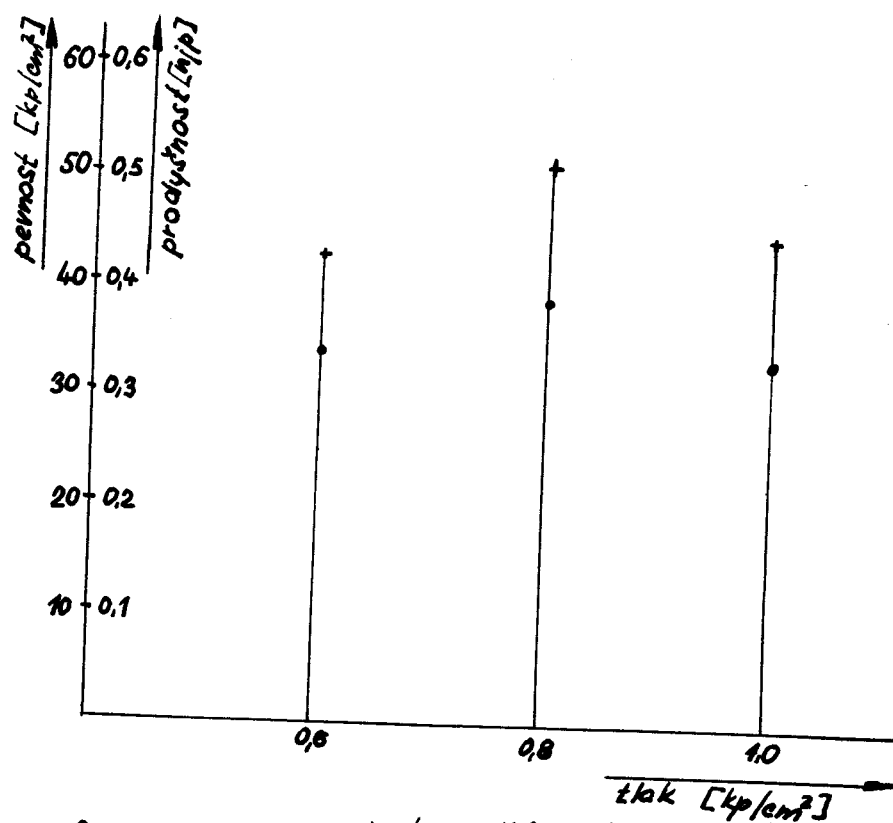
Vzorky byly obalovány na automatické oba-
lovací lince, což značí že konaly rotační
pohyb a pohybovaly se v houbce 50 - 100 mm pod
povrchem fluidní vrstvy. Viskosita obalové směsi
pro první obaly byla 21 sec. F.p. Ø 6 a pro 2 - 4
obaly 15 sec. F.p. Ø 6 /11,1 dílků viskosimetru/.

Změny pevnosti a prodyšnosti jsou znázor-
něny v grafu na obr. 2 - 15.

Z těchto měření vyplývá, že jak prodyš-
nost, tak i pevnost jsou nejvýhodnější při tlaku
okolo 0,8 Kp / cm².

Tabulka 2 - 6 udává hodnoty pevnosti a
prodyšnosti v závislosti na hloubce obalování a
na poloze vzorku.

Každá z těchto hodnot je průměrnou hodnotou
pevnosti a prodyšnosti čtyř zkušebních tyčinek.



- pevnost /nevyžíhané vzorky/
- + prodyšnost /vyžíhané vzorky/

obr. 2 - 14

č.vz.	hloubka /mm/	tloušťka /hs /mm/	Pevnost /kp/cm ²	prodyšnost Ps /njp/
HV1	50	5,72	42,12	0,521
HV2	150	5,48	38,5	0,644
HV3	300	5,55	37,5	0,575
HS1	50	5,87	38,1	0,557
HS2	150	5,59	37,8	0,605
HS3	300	5,43	35,71	0,613

teplota $T = 20^{\circ} \text{C}$; doba sušení $t = 3 - 4$ hod.
 $l_0 = 100 \text{ mm}$.

tabulka 2 - 6

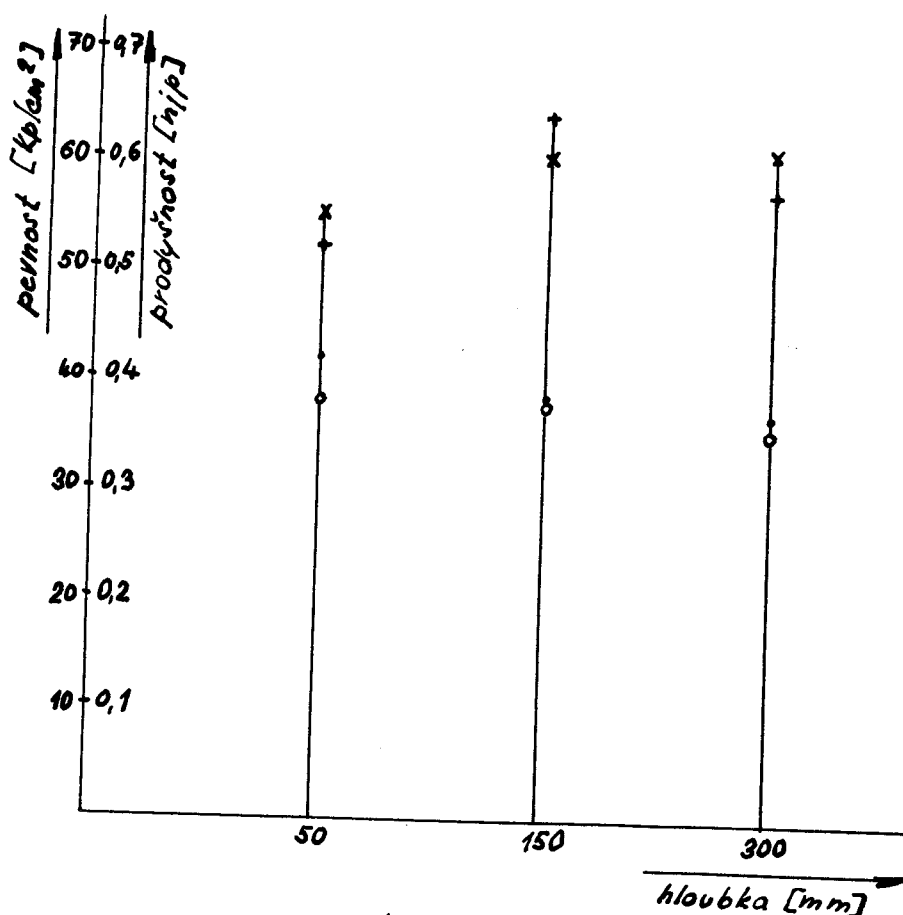
Označení HV je pro vzorky, u kterých při obalování byla podélná osa rovnoběžná s povrchem fluidní vrstvy.

Označení HS je pro vzorky, jejichž podélná osa byla při obalování kolmá k povrchu fluidní vrstvy.

Naměřené hodnoty znázorňuje graf na obr. 2 - 15. Obalování bylo prováděno při tlaku vzduchu $0,8 \text{ kp/cm}^2$ ručně.

Hodnoty pevnosti se stoupající hloubkou obalování mírně klesají a prodyšnost v průměru stoupá. Na tuto změnu může mít vliv, jednak poněkud se měnící rozložení zrnitosti zásypového písku, vlivem třídící vstvy ve fluidním loži / i když je nutno brát v úvahu, že vzorky, obalované v hloubce vyšší než 50 mm, prošly při ponořování i horními vrstvami fluidního lože / a také tlak. Tenž je totiž na př. ve hloubce 300 mm zvětšený o frikční tlakovou ztrátu pro výšku 300 mm zásypového písku.

Tyto hodnoty je nutné brát jako hodnoty
informativní, jelikož se jedná o menší počet zkou-
šek a tím tedy i o menší statistickou závažnost.



- pevnost /vodorovně; nevyžíhané/
- pevnost /svisle; nevyžíhané/.
- x prodyšnost /vodorovně; vyžíhané/
- + prodyšnost /svisle; vyžíhané/

obr. 2 - 15

2.44 SLEDOVÁNÍ ABRASIVNÍCH ÚČINKŮ FLUIDNÍHO LOŽE

Při visuelním sledování abrasivních účinků fluidního lože se dá říci, že k abrasi dochází, s ohledem na skutečnost, že tlaky prakticky mohou kolísat jen v poměrně malém rozmezí $/0,6 - 1 \text{ kp/cm}^2/$, jenom ve velmi malé míře. Abrasi je možné pozorovat pouze u vzorků obalovaných ve hloubce 300 mm. Je to možné vysvětlit vířením hrudek, které se již v této výšce objevily ve vzorčích písku pro síťové rozborů.

Při porovnávání s improvizovaným gravitačním způsobem zasypávání, dochází při gravitačním zasypávání z výšky 500 mm již k viditelné abrasi na ostrých hranách zkušebního modelu, zatím co u fluidního způsobu nebyl tento úkaz zjištěn.

Pro možnost vyčíslení hodnot abraze ve fluidním lůžku byl učiněn pokus s modely se dvěma obaly, které byly vystaveny po určitou dobu účinkům fluidního lože.

Naměřené hodnoty jsou sestaveny v tabulce 2 - 7.

č.vz.	tlak /kp/cm ² /	dobu zasypání /sec./	váha před zkouškou /g/	váha po zkoušce /g/	rozdíl vah /g/
M1	0,6	18,0	111,4	153,6	37,2
M2	0,6	180	110,0	148,0	34,5
M3	0,6	360	117,2	152,7	30,05
N1	1,0	18	97,0	135,4	39,5
N2	1,0	180	114,0	143,9	28,5
N3	1,0	360	108,9	137,6	27,4
O1	0,6	360	101,6	99,8	- 1,02
O2	1,0	360	109,9	107,2	- 1,025

tab. 2 - 7

Vzorky M a N se dvěma zaschlými obaly byly ponořeny do obalové směsi a po té zavěšeny do hloubky 100 mm ve fluidním lážku, kde byly ponechány jednak dobu 18 sec., což je doba za kterou projde stromeček zavěšený v závěsu linky fluidním ložem, dobu 10x delší, t.j. 180 sec. a dobu 20x delší, t.j. 360 sec. Z tabulky je vidět, že při době obalování 18 sec. se zvýšila váha o 37,2 %, kdežto při 360 sec. se zvýšila pouze o 30,05 %, pro tlak 0,6 kp/cm². Pro tlak 1,0 kp/cm² je rozdíl ještě o něco větší.

Vzorky označené O byly zavěšeny po uschnutí druhého obalu do fluidního lože nenamočené. Po době 360 sec. klesla jejich váha o 1,025 % pro tlak 1,0 kp/cm² a 1,02 % pro tlak 0,6 kp/cm².

Vzhledem k tomu, že doba 360 sec je doba 20x delší nežli normální doba průchodu stromečku /18 sec./, je možné abrasivní účinky zanedbat.

2.50 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ VÝZKUMU Z HLEDISKA
VYUŽITÍ PRO ZLEPŠENÍ TECHNOLOGIE VÝROBY
SKOŘEPINOVÝCH FOREM.
=====

Z provedených měření vyplývá, že pro splnění optimální hodnoty pevnosti i prodyšnosti současně při fluidním způsobu obalování, je nutno použít pro dané podmínky optimální viskozitu obalové směsi a vytríděného písku těch zrnitostí, které se nejvíce podílejí na vytváření skořepiny a z nich, v co největší míře, frakcí nejhrubších.

Měření dále pak prokázala, že většina používaných parametrů ve slévárně n.p. PRESTRO v Uherském Brodě se blíží optimálním podmínkám /z uvedeného rozsahu měření/ pro vlastnosti keramických skořepinových forem. Jedná se o výši průměrného nastavení tlaku vzduchu ve fluidním loži, hloubku ponoření a rotaci stromečku při průchodu fluidním ložem.

Jednou z podmínek dodržení optimální pevnosti a prodyšnosti je tedy dodržování nastavené optimální viskozity obalové směsi. Oproti dřívějšímu měření pomocí Fordových pohárků zaručuje měření pomocí rotačního viskosimetru se signalizací dodržení viskozity obalové směsi v pracovním rozsahu tím, že umožňuje její bezprostřední regulaci podle platných předpisů a navíc odpadají časové ztráty a osobní chyba při měření.

Porovnáváním výsledků měření pevnosti a prodyšnosti v závislosti na viskozitě je vidět, že kombinace obou druhů viskozit /t.j. 21 sec. $\eta_p \varnothing 6$ pro první obaly a 14 - 16 sec. $\eta_p \varnothing 6$ pro další obaly/ používaná v n.p. PRESTRO se jeví jako výhodná a tudíž nastavení rozsahu signalisace viskosimetru dle technologického postupu slévárny, uvedené na obrázku 1 - 4, se pro dané podmínky ukazuje nejsprávnější.

Další z podmínek dodržení optimální pev-
nosti a prodyšnosti, je použitý rozsah zrnitostí
zásypového písku. V tomto případě se ukazuje možné
zlepšení z hlediska technologie výroby skořepi-
nových forem, používání užšího rozsahu zrnitosti
zásypového písku ve fluidním loži automatické oba-
lovací linky a to v rozsahu 0,15 - 0,63 mm, což
potvrdilo jednak sledování změny zrnitosti v zá-
vislosti na počtu obalených forem a jednak zkoušky
pevnosti.

Při celkovém porovnávání způsobu zasypání,
t.j. fluidního a gravitačního zasypávání při
stejně viskositě a stejném zásypovém písku se z
hlediska pevnosti a velikosti abraze ukazuje vý-
hodnější fluidní způsob a z hlediska prodyšnosti
pak způsob gravitační.

2.51 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKU VÝZKUMU Z HLEDISKA EKONOMICKÉHO =====

Při navrhovaném zlepšení technologie výro-
by používáním zrnitostí zásypového písku pro stroj-
ní fluidní lože v užším rozsahu, by zvýšení vý-
robních nákladů, použitím tříděného písku bylo
prakticky zanedbatelné. Jak bylo uvedeno v popisu
měření, písek T2N používaný pro strojní fluidní
lože prochází jednak sušičkou a jednak se třídí
pomocí rotujícího síta. Stačiloby tedy pouze
změnit velikost otvorů síta.

Při celkovém zhodnocení měření z hlediska
ekonomického je nutné porovnat celkové výrobní
náklady při fluidním způsobu obalování a při
způsobu gravitačním.

Dle získaných informací o pořizovacích a
provozních nákladech obou zařízení je možné pro-
vést takovéto hodnocení:

1/ pořizovací náklady

- a/ gravitační zařízení 35000-40000 Kčs
b/ fluidní zařízení 8000-10000 Kčs

2/ provozní náklady

/průměrný provoz 20 dní/měs./

a/ gravitační způsob

- 1/ spotřeba energie 1440 Kčs/rok
/el.motor 3 kW
provoz 10 hod./den
cena 0,20 Kčs/kWh/

- 2/ náklady na údržbu 4800 Kčs/rok
/400 Kčs/měsíc/

c e l k e m 6240 Kčs/rok

b/ fluidní způsob

- 1/ spotřeba energie 14250 Kčs/rok
/stl.vzduch - 1000 m³/den
cena 59,50 Kčs/1000 m³/

- 2/ náklady na údržbu 1200 Kčs/rok
/100 Kčs/měs./

c e l k e m 15450 Kčs/rok

Porovnáním výsledků je vidět, že pořizo-
vací náklady jsou u fluidního způsobu podstatně
nižší, ovšem celkové provozní náklady, vzhledem
k vysoké ceně stlačeného vzduchu, mnohem vyšší,
než pro gravitační zařízení.

Dle informací vedoucího slévárny se však
dá ze zkušeností předpokládat při použití fluid-
ního způsobu obalování úspora zhruba 1 % na
změtcích, oproti způsobu gravitačnímu, což by či-
nilo, při daném objemu výroby, /t.j. při výrobě
150 t/rok a průměrné ceně výrobku 40,- Kčs/kg/,
úsporu zhruba 60.000 Kčs/rok, čímž se tedy jeví
fluidní způsob celkově z ekonomického hlediska

výhodnější než gravitační.

Kromě toho se také odstraní znečišťování
ovzduší prachem, což je také výhodnější z hlediska
bezpečnosti práce.

2.60 ZÁVĚR

Úkolem mé práce bylo jednak ověření rotačního viskosimetru na kontinuální měření viskosity obalové směsi v provozních podmínkách. Tento úkol se mi doufám, podařilo v daném rozsahu splnit. Celkově seddá říci, že rotačním viskosimetrem se dá celkem spolehlivě kontinuálně měřit obalovou směs a při použití signalisace, je i možná bezprostřední regulace viskosity obalové směsi, dle daných předpisů, což vylučuje závady skořepinových forem, vzniklé nesprávnou viskositou obalové směsi.

Dalším úkolem bylo studium fluidního zasypávání keramických skořepinových forem. Z provedeného zhodnocení se celkově jeví fluidní způsob jako výhodný, jak z hlediska technologického, tak i ekonomického.

Z hlediska pokračování výzkumu ve sledovaném směru, se ukazuje jako poměrně nejdůležitější, možnost provádět měření v laboratorních podmínkách, kde by bylo pro zasypání modelů instalováno jak

fluidní, tak i gravitační zařízení a kde by nebylo nutné podřizovat se výrobnímu postupu a technologickým podmínkám běžné výroby slévárny, jak z hlediska používaných parametrů, tak i z hlediska časového.

Závěrem své práce bych chtěl poděkovat Ing Straňákovi z n.p. PRESTRO v Uherském Brodě za velmi důležité informace, potřebné pro moji práci. Zejména pak bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomní práce prof. Ing Bohumilu Odstrčilovi a konsultantu Ing Jiřímu Spalovi, za velmi cenné rady v průběhu této diplomní práce.

J. Odstrčil

3.00 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1/ Guljajev: Litějnyje processy,
- 2/ Kurčman: Točnoje liťjo
- 3/ Šklennik: Liťjo po vyplavljaemym moděljam
- 4/ Doškář: Přesné lití do keramických forem
- 5/ Beránek-Sokol: Fluidní technika
- 6/ Časopis Modern Castings 1960
F.C. Quigley, E.DeLuca: The
Fluidized Bed for Investment
Castings.
- 7/ Časopis Foundry Trade Journal
1961 Particle Coating in
Investment Moulds...Solid
Fluidization
- 8/ Časopis Machine moderne 1961,
General Thomas J.Rodman, Fran-
cis Guigley a Eugene DeLuca:
Revetement des particules dans
la fabrication de moules type
cire perdue par fluidification
solide
- 9/ návrh KSL VŠST Liberec:
zkouška pevnosti keramických
skořepin ohybem
- 10/ Šourek: Měření prodyšnosti keramických
skořepin - DP - 1965
- 11/ Grund: Návrh kontinuálního měření vis-
kosity obalových směsí na skoře-
pinové keramické formy pro
přesné lití - DP - 1966

VŠST LIBEREC FAKULTA STROJNÍ	Ověření rotačního viskosimetru na kontinuální měření viskosi- ty obalové směsi a studium fluidního zasypávání keramicko- kých skořepinových forem.	DP-ST 575/67
		30. října 1967
		Listů 60 List 60

<u>O B S A H</u>	str.
Ověření rotačního viskosimetru na kontinuální měření viskosity obalové směsi	1
1.00 úvod	1
1.11 popis přístroje	2
1.21 ověření vhodnosti použití rotačního viskosimetru v provozních podmínkách	4
1.22 cejchování a provoz rotačního viskosimetru v provozní nádobě	6
1.31 zhodnocení měření a spolehlivosti viskosimetru	9
Studium fluidního zasypávání keramických skořepinových forem	13
2.00 úvod	13
2.11 princip fluidního zasypávání.	14
2.12 teoretický rozbor fluidní vrstvy	14
2.13 druhy fluidních vrstev	18
2.14 oblasti ve fluidní vrstvě ...	21
2.15 aplikace teorie fluidní vrstvy na fluidní zasypávání keramických skořepinových forem	21
2.20 měření v np. PRESTRO v Uh. Brodě	24
2.21 sruční technologický postup výroby ve slévárně	24
2.30 studium fluidního lůžka používané- ho v np. PRESTRO Uh. Brod ...	26
2.40 sledování změny zrnitosti zásypo- vého písku a vlivu změny viskosity na pevnost a prodyšnost keramických skořepinových forem	30
2.41 změna zrnitosti zásypového písku v závislosti na tlaku-hloubce a počtu obalených forem	34
2.42 vliv změny viskosity obalové směsi a počtu obalených forem na pevnost a prodyšnost keramických skořepinových forem	41
2.43 vliv změny tlaku vzduchu, hloubky ponoření, polohy vsorku a jeho pohy- bu na pevnost a prodyšnost při konstantní viskozitě obal. směsi	48
2.44 sledování abrasivních účinků fluidního lože	52
2.50 zhodnocení výsledků výzkumu z hle- diska využití pro zlepšení techno- logie výroby skořepin. forem	54
2.51 zhodnocení výsledků výzkumu z hlediska technického ekonomického	55
2.60 závěr	58
3.00 seznam použité literatury ...	59