

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23 - 07 - 8

strojírenská technologie

Katedra materiálu a strojírenské metalurgie

V O L B A T E C H N O L O G I E V Ý R O B Y

J A D E R V Č K D H R A D E C K R Á L O V Ě

Jiří N o v á k

DP - ST - 1592 / 80

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Holubec, CSc. - VŠST Liberec

Konzultanti: Jiří Lukeš - ČKD Hradec Králové

Ing. Václav Štěcha

Rozsah práce a příloh

Počet stran

111

Počet příloh

a tabulek

37

Počet obrázků

5

Počet grafů

10

Počet modelů

nebo jiných příloh

21. května 1980.

Vysoká škola:

Strojní a textilní
Liberec

Katedra:

Strojní a textilní
Liberec

Fakulta:

Strojní

Školní rok:

1962/63

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro

STUD. M. S. V. Á. K.

obor

Strojní a textilní

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

Název tématu:

Výroba technické textilie (příkladem je výroba textilie pro potřeby průmyslu)

Pokyny pro vypracování:

1. Seznámení s podmínkami výroby textilie pro potřeby průmyslu v ÚVODNÍ KAPITOLE KURZU NA ZAMĚŘENÍ NA VYPRACOVÁNÍ DIPLOMOVÝCH ÚKOLŮ.
2. Seznámení s výrobními postupy o postupu při výrobě textilie, zejména s jejími vlastnostmi.
3. Výroba textilie pomocí metody výroby (příkladem je výroba textilie pro potřeby průmyslu).
4. Výroba textilie pomocí metody výroby (příkladem je výroba textilie pro potřeby průmyslu).
5. Seznámení s výrobními postupy a postupy při výrobě textilie pro potřeby průmyslu, zejména s jejími vlastnostmi.

Právo se řídí směrnicí

MŠK pro státní záv. zkoušky č.j. 13 727/62-III/2 ze dne 13. července

1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze

dne 31.8.1962 § 19 aut. z. č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ

Ústřední knihovna

LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8

PSČ 461 17

Vysoká škola: strojní a textilní
v Liberci
Fakulta: strojní

Katedra: materiálu a strojírenské
metalurgie
Školní rok: 1979/80

DIPLOMOVÝ ÚKOL

Jiří N O V Á K

pro

obor

strojírenská technologie

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

Název tématu: Volba technologie výroby jader v ČKD Hradec Králové

Pokyny pro vypracování:

1. Seznámení s podmínkami výroby odlitků pro naftové motory v ČKD Hradec Králové se zaměřením na používané jádrové směsi.
2. Shromáždění literárních podkladů o použití jádrových směsí, jejich složení a vlastnostech.
3. Zpracování návrhu metodiky hodnocení (laboratorními i provozními zkouškami) směsí, příprava vlastních zkoušek.
4. Provedení soustavných laboratorních a provozních zkoušek vybraných směsí (podle pokynů konzultantů) a jejich zpracování.
5. Vyhodnocení získaných výsledků a poznatků a vypracování návrhu pro volbu optimálního druhu, složení směsi a technologického postupu výroby jader pro sortiment odlitků slévárny ČKD Hradec Králové včetně ekonomického zhodnocení.

Autorské právo se řídí směrnice
MŠK pro státní záv. zkoušky č.j. 31 - 1 -
727/62-III/2 ze dne 13. července
1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze
dne 31.8.1962 § 19 aut. z č. 115/53 Sb.

V 30/1980 S
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

Rozsah grafických laboratorních prací: tabulky, grafy, schemata

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran

Seznam odborné literatury:

Rusín, K.: Formovací hmoty - skriptum VUT
Rusín, K. a kol.: Měření jakosti formovacích hmot - skriptum VUT
Diplomová práce s. Kováře (1978)
Články z časopisů Slévárenství

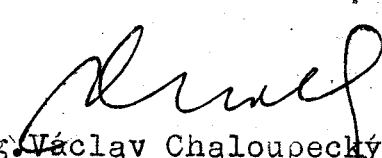
Vedoucí diplomové práce: Ing. Zdeněk Holubec, CSc

Konsultanti: Jiří Lukeš
Ing. Václav Štěcha - ČKD Hradec Králové

Datum zahájení diplomové práce: 8.10.1979

Datum odevzdání diplomové práce: 23.5.1980




Doc. Ing. Václav Chaloupecký, CSc

Vedoucí katedry

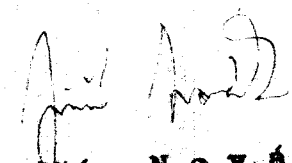

Doc. RNDr. Bohuslav Stříž, CSc

Děkan

V úvahu se diplomové práce vyslovují poděkování
a. Ing. Václavu Holubecovi CSc. a. Jiřímu Lukáčovi
a. a. Ing. Václavu Štěpánovi za pomoc a rady při
spracování diplomové práce.

" Místopřisežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury."

V Liberci, dne 21. května 1980


Jirí Novák

Obsah:

L.	Seznámení s podmínkami výroby odlitků pro naftové motory v ČKD Hradec Králové	str. 6
1.1.	Přehled celkové výroby odlitků v ČKD HK	6
1.2.	Přehled o zařízení, výrobě a dopravě forem a jader ve slévárně č.1.	7
2.	Složení, vlastnosti a použití jádrových směsí v ČKD Hradec Králové	10
2.1.	Způsoby výroby jader	10
2.2.	Samotuhnoucí směsi	12
2.3.	Metody výroby jader v ČKD HK	13
2.3.1.	Samotuhnoucí směsi s organickými pojivy	13
2.3.2.	Samotuhnoucí směsi s anorganickými pojivy a kapalnými tužidly	15
2.3.3.	Chemicky tvrzené formovací a jádrové směsi	21
2.3.4.	Jádrové směsi olejo-fenolové	26
2.3.5.	Jádrové směsi s kaolitem	27
3.	Zpracování návrhu metodiky hodnocení směsí, příprava vlastních zkoušek	29
3.1.	Přehled a význam zkoušek jádrových směsí	29
3.2.	Vypracování všeobecných zkušebních metod pro vyhodnocení základních vlastností jádrových směsí	31
3.2.1.	Základní zkoušky formovacích a jádrových směsí	31
3.2.1.1.	Metody pro zkoušení slévárenských ostřív	31
3.2.1.2.	Metody pro zkoušení jádrových pojiv	34
3.2.1.3.	Technologické zkoušky směsí	36
3.2.2.	Zkoušky samotuhnoucích směsí	41
3.2.2.1.	Zkoušky důležité pro využití samotuhnoucích jádrových směsí	41
3.2.2.2.	Zkoušky určující změny vlastností již zhotovených jader	52
4.	Experimentální část	58
4.1.	Vliv poměru Esteru DT 64 ku Esteru DT 46 na pevnostní hodnoty samotuhnoucích směsí	58
4.2.	Vliv obsahu množství esterů v poměru k pevnostním hodnotám	63

4.3.	Vliv přísad na ST směsi	str. 67
4.4.	Vliv druhu ostřiva na ST směsi	71
4.5.	Vliv vlhkosti na ST směsi	77
4.6.	Vliv teploty na ST směsi	81
4.7.	Vliv síry na ST směsi	88
4.8.	Samotuhnoucí směsi s kaolitem	97
4.9.	Zkoušky navlhavosti jader z ST směsi	104
5.	Návrh optimální směsi z ST směsi	107
6.	Závěr a konečné zhodnocení	108
	Seznam příloh	110
	Použitá literatura	111

Seznam použitých zkratek a symbolů:

ST	samotuhnoucí směsi
ZST	ztekucené samotuhnoucí směsi
η	dynamická viskozita
CT	chemicky tvrzené směsi
SVÚM	Státní výzkumný ústav materiálu Brno
GF	Georg Fischer - švýcarská firma na výrobu slévárenských měřicích přístrojů
VŠB	Vysoká škola báňská v Ostravě

1. Seznámení a podmínkami výroby odlitků pro naftové
motory v ČKD Hradec Králové se zaměřením na použí-
vané jádrové směsi.

1.1. Přehled celkové výroby odlitků v závodě ČKD Hradec Krá- lové.

ČKD Hradec Králové - Plotiště patří mezi výrobce lodních naftových motorů. Převážnou část sortimentu výroby tvoří odlitky motorových skříní, pouzder, pístů a komor.

Závod ČKD Hradec Králové má vybudovány tři slévárny. Každá z nich má svou specifickou náplň práce i odlišnosti v množství vyrobených odlitků a druhů odlévaných kovů.

1. slévárna - je specialisována na větší odlitky ze šedé litiny, jsou to hlavně vany, bloky a komprese-ry ze šedé litiny

- výroba forem zde probíhá dvojím způsobem:
 - na syrovo /bentonitové směsi/
 - na sušení /hliněné směsi, vazné CT /
 - Formování je převážně ruční, pomocí pneumatických pýchovaček.
 - výroba jader je prováděna čtyřmi způsoby:
 - převážně CT směsí
 - drolenka /hliněné směsi na sušení /
 - olejo-fenolová jádra na sušení
 - ST směsí s kapalnými tužidly / ester DT 64 /
- Používá se hlavně na jádra větších rozměrů v malých seriích.
- Celková produkce slévárny je 10 000 tun/rok

2. slévárna - je specialisována na menší odlitky pro naftové motory ze šedé litiny+ přidružená výroba radiátorů

- výroba forem :

- na syrovo / bentonitové směsi/
Výroba je více mechanizovaná, používají se stráscací a dolisovací stroje, omezeně se provádí ruční pýchování pneumatickými pýchovačkami.

- výroba jader :

- jádra skořepinová /jádra větších rozměrů /
- obalová směs
- olejofenolová jádra v kombinaci s CT

Celková produkce slévárny je 7 000 tun / rok

3. slévárna - je specialisována na výrobu odlitků z hořčíku, klinku, a jejich slitin
Slévárna vyrábí odlitky pro letecký a textilní průmysl.

Celková produkce slévárny je 300 tun / rok

1.2. Přehled o zařízení, výrobě a dopravě forem a jader ve slévárně č. 1.

Moje diplomová práce je zaměřena na výrobu jader ze samotuhnoucích směsí ve slévárně č.1. Tato slévárna je specialisována na odlitky větších rozměrů ze šedé litiny. Svým rozsahem a objemem výroby je největší v ČKD Hradec Králové - Plotišť. Pro odlévání litiny je slévárna vybavena třemi kuplovnami.

1.2.1. Výroba forem:

Materiál pro výrobu forem je uložen v bunkrech v suterénu slévárny. Modelové písky jsou dopravovány pásy - pouze bentonitový písek na šestém poli je dopravován je-

řáby. Směsi na formy jsou míchány centrálně a na jednotlivá pracoviště se dopravují: - v bednách

- ještěrkou

- jeřábem

Bedny mají obsah: 600 kg na CT směsi

1 200 kg pro olejové směsi

2 400 kg pro CT směsi

Směsi na formy se míchají ve dvou mísičích MK 3 o obsahu 1 000 kg. Formování zde probíhá do volně ložených ráků, pēchování je ruční pneumatickými pēchovačkami. Pro rozměrnější odlitky /např. bloky motorů / se používá formování do země.

1.2.2. Výroba jader:

Výroba jader je ve slévárně č.1. vcelku uspokojivě zabezpečena. Jsou zde umístěny tři jádrové mísiče typu MK Simpson o obsahu 600 kg. Nyní byl instalován nový výkonný šnekový kontinuální mísič ADMR 8 dovoz z NDR, který je již provozně využíván na výrobu jader větších rozměrů ze samotuhneucích směsí s kapalnými tužidly / ester DZ 64 /.

Dovoz všech jádrových směsí se uskutečňuje v bednách o obsahu 600 kg a 1 200 kg. Výroba jader je prováděna převážně v dřevěných jadernicích, pēchování se provádí ručně nebo pomocí vibračních stolů.

Z dalších strojů na výrobu jader je zde umístěn mísič firmy Schläke - Correberter, sloužící k výrobě jader z hliněných směsí na sušení. Pro mísení vývojových jádrových směsí je zde na poli vyhrazeném pro metalurgický vývoj umístěn ramenný mísič MJPP 100. I zde na tomto poli je pēchování částečně mechanizováno vibračním stolem.

1.2.3. Konečná úprava forem a jader:

Pro konečnou úpravu forem a jader slouží na slévárně č.1. centrální výroba barviv a nátěrů. Pro tuto výrobu zde bylo postaveno pět míchaček vlastní konstrukce, každá o obsahu 300 litrů.

Míchačky jsou rozděleny podle druhu a výroby barviva nebo nátěru:

1. míchačka - barvivo grafitové na jádra
2. "- - grafit na formy
3. "- - koksové tavidlo na formy a jádra
4. "- - speciální nátěr na bentonitové formy
5. "- - lihový mastkový nátěr na formy

Pro úpravu jader ze samotuhnoucích směsí s esterem DT 64 se používá v ČKD Hradec Králové nové zařízení vlastní konstrukce na barvení jader. Toto zařízení bylo zkonstruováno podle zlapšovacího návrhu podniku TOS Čelákovice. Používá se pro lihový grafitový nátěr.

Hlavní části stroje:

kruhová nádoba ø 1,5 m
výška 2 m
obsah 200 l
poháněcí motor
čerpadlo
mušle / viz obr. /

Složení nátěrové hmoty: 45 % lihu

40 % ličidla A
/ 60 % koksu
40 % grafitu /
1,5 % Fernalu
/ pojivo /
4,5 % Feprénu
/ kysl. železa /

1.2.4. Vyklepávání odlitků:

Používá se klasické vyklepávání vibračními rošty. Nevýhodou je zde velká hlučnost a prašnost. Regenerace písků zde prakticky neexistuje, provádí se pouze oživení použité směsi.

1.2.5. Čištění odlitků:

Ve slévárně č.1. se používají tři způsoby čištění odlitků. Postupně se omezuje čištění ruční pomocí kartáčů a brusek a nahrazuje se brokovými tryskači, nebo vodním tryskačem Škoda.

2. Složení, vlastnosti a použití jádrových směsí v ČKD Hradec Králové .

2.1. Způsoby výroby jader v ČKD Hradec Králové.

Pro odlitky vyráběné kusově nebo v malých výrobních dávkách jsou jádra i formy obvykle zhotovovány ručně. Tento druh výroby skrývá značné rezervy v produktivitě práce, jejichž využití je ovšem podmíněno vhodným technickým a organizačním řešením. Ze všech prognóz týkajících se dalšího rozvoje slévárenství jednoznačně vyplývá, že to bude právě chemizace výroby forem a jader, která pomůže tyto rezervy řešit. Jde zejména o rozpor mezi pracovními podmínkami ve slévárenství a v jiných odvětvích projevující se odlivem pracovních sil ze slévárenství v celosvětovém měřítku. Východiskem z dané situace je technicko-ekonomicky účelné využívání progresivních technologií.

Jako progresivní můžeme označit výrobní postupy, které:

- a/ výrazně zvyšují výrobnost a vedou k úspoře pracovních sil
- b/ snižují nároky na energii
- c/ snižují fyzicky náročnou práci
- d/ zlepšují pracovní prostředí
- e/ vedou k úsporám materiálu
- f/ snižují nároky na plochu, dopravu a zvyšují plynulost výroby
- g/ umožňují technicky a esteticky lepší řešení odlitků

K určení výhledu efektivního použití různých druhů jádrařských směsí byly nejprve stanoveny rozhodující požadované vlastnosti jader, které tuto volbu přímo určují. Jde zejména o velikost jádra, tvarovou složitost, povrchovou členitost, nároky z hlediska mechanického a tepelného namáhání, případně další požadované vlastnosti. Z hlediska těch-

to vlastností při respektování stávajícího sortimentu jader bylo stanoveno osm tříd jader / tabulka č.1 /.

Ve slévárnách ČKD Hradec Králové byla již vyzkoušena řada možností výroby jader různými technologickými pochody a s různých výchozích surovin. Řada směsí je již v provozu, některé se skouší poloprovozně a o některých nových metodách se uvažuje v budoucnu.

Nyní provoz, poloprovoz i metalurgický vývoj v ČKD Hradec Králové je zaměřen na tyto metody výroby jader:

- I. Samotuhneucí směsi s organickými pojivky.
- II. Samotuhneucí směsi s anorganickými pojivky a kapalnými tužidly/ např. ester DT 64 /.
- III. Klasické chemicky tvrzené směsi / CT /.
- IV. Jádrové směsi olejo-fenolové .
- V. Jádrové směsi s kaolitem.

Každá z uvedených směsí má své výhody a nevýhody, rozdílné konečné hodnoty mechanických, fyzikálních a chemických vlastností i způsob použití pro výrobu jader v ČKD Hradec Králové. Některé z nich, např. furanové směsi mají dobré mechanické vlastnosti, ale jsou náročné z hlediska hygienického, protože vyžadují zvýšenou bezpečnost při práci, dokonalé odsávání a opatrné zacházení.

Směsi s esterem DT 64 jsou z tohoto hlediska nezávadné a patří mezi modernější způsoby výroby jader. Jejich výroba se již ve slévárně č. 1 rozeběhla. Hlavním důvodem jejich použití je úspora energie a snížení pracnosti.

Chemicky tvrzené směsi patří již mezi klasické způsoby výroby jader. I přes některé nevýhody /pracnost /jsou stále hojně používány.

Ve fázi zkoušení a přípravách na poloprovozní využití jsou směsi s kaolitem, který zaujal pracovníky ČKD svými dobrými mechanickými vlastnostmi, snížením energie, menšími ekonomickými náklady a sníženou pracností.

2.2. Samotuhnoucí směsi

V posledních letech se projevuje ve slévárenských provozech nedostatek pracovních sil všech profesí. Tento stav nutí vedoucí pracovníky slévárenských provozů k tomu, aby využívali všech možností, které zjednodušují výrobní procesy, zkracují výrobní cyklus a šetří pracovní síly. Jednou z takových výrobních metod, která splňuje téměř všechny tyto podmínky, jsou samovolně tuhnoucí směsi a to až již na bázi vodního skla, vysychavých olejů, nebo furanů.

Samotuhnoucích směsí bylo poprvé provozně využito koncem šedesátých let v USA. Z této doby jsou rovněž první zprávy o použití této metody v NSR a Velké Británii. K jejímu rozšíření vedlo zejména značné zkrácení výrobního cyklu, vyloučení sušení forem i jader, jejich vysoká rozpádatost po odlití a při vytlačování.

Hlavní součástí těchto směsí je ostřivo, pojivo a přísady, které ovlivňují různé výsledné vlastnosti směsí. Při výrobě samovolně tuhnoucích směsí se jako ostřivo používá křemenný písek, jako pojivo pryskyřice s katalyzátorem.

Křemenný písek, na který jsou při této technologii kladeny vysoké požadavky, má po chemické stránce obsahovat co největší množství SiO_2 /minimálně 95 %/. Ostatní látky /nečistoty/ zhoršují vlastnosti směsí, případně ji mohou znehodnotit, jsou-li ve větším množství. Jsou to zejména jíl, voda, hrudky hlíny, kameny atd. Nebezpečí zhoršené kvality je rovněž v možnostech jeho znečištění při dopravě, skladování ve slévárenských prostorech a pod. Je proto k přípravě těchto směsí nejvhodnější čistý, pravý a suchý křemenný písek. Vyšší cena tříděného a suchého písku se vyrovná menší spotřebou pryskyřice a katalyzátoru. Vzhledem k tomu, že do sléváren se sušený písek nedodává, musí se písek před použitím sušit. Proto musí být slévárna, která přechází na výrobu jader z těchto směsí, vybavena dokonalým sušícím zařízením. Vyšší obsah vody než 0,2 % prodlužuje vytvrzovací dobu a snižuje mechanické vlastnosti směsí. Teplota písku rovněž hraje důležitou roli a měla by se pohybovat od 25°C do 30°C . Vyšší

teplota nebo kolísání teploty během směny způsobují potíže při zpracování směsi a to z toho důvodu, že se mění jak vytvrzovací doba, tak životnost směsi. Doporučuje se proto, aby písek po sušení prošel chladicím zařízením, které písek ochladí pod 30° C.

2.3. Metody výroby jader v ČKD Hradec Králové.

2.3.1. Samotuhnoucí směsi s organickými pojivy.

Hlavní součásti těchto směsí jsou ostřivo, pojivo a přísady, které ovlivňují různé výsledné vlastnosti směsí. Nejrozšířenější je použití těchto třech pryskyřic pro slévárenské účely:

a/ Alkydové pryskyřice

1. Ztužují se vzdušným kyslíkem nebo se přidávají do směsi různé oxydanty.
2. Ztužují se chemickou reakcí /polymarací / s izokrynaty.

Oba dva druhy se vyznačují dobrými mechanickými vlastnostmi a velmi dobrou regenerací.

b/ Fenolformaldehydové nebo močovinoformaldehydové pryskyřice vytvrzované organickou kyselinou.

Jako vytvrzovací organické kyseliny se používá např. paratoluensulfonová kyselina. Tato směs se vyznačuje dobrou rozpadavostí a regenerací. Je ekonomicky výhodnější než furanová pryskyřice. Ztvrdovací proces probíhá v celé hmotě. Nevýhodou je hygienické hledisko, v provozu musí být vybudováno dobré odsávání a při práci s ní je nutno použít rukavice.

c/ Furanová pryskyřice

Používá se několik druhů pojiv:

1. Pro šedou litinu

- I. pojivo Vitresit SL s katalýzátorem SL nebo O.

Vitresit SL - je tmavohnědá až červeně sirupovitá kapalina neutrální povahy, hořlavina II. a III. třídy

II. Pojivo Vitresit L s katalyzátorem Arexol

Vitresit L - je tmavohnědá viskozní kapalina silně kyselé povahy, hořlavina III. třídy, se silnými korozními účinky / přeprava ve skleněných nádobách

Arexol - nízkoviskozní čirá oranžová až červenohnědá kapalina aromatického zápachu, je neutrální povahy

2. Pro odlitky z oceli

I. Pojivo Vitresit ORT s katalyzátorem ORT

Vitresit ORT - je tmavohnědá až červeně sirupovitá kapalina, neutrální povahy, hořlavina II. a III. třídy, hygienicky závadná

Katalyzátor ORT - používá se jako katalyzátor právě pro tento Vitresit ORT

Výhodou těchto směsí je výborná formovatelnost s dobrým smyslem pro přesné kopírování modelů, dobrá regenerace směsí i slušná rozpadavost po odlití.

S výrobou těchto směsí se výhledově uvažuje v ČKD Hradec Králové v roce 1981. Doposud nejsou vytvořeny podmínky pro realizaci těchto směsí / není volné pole, chybí mísič /. Tyto směsi vyžadují také zvýšené požadavky na hygienickou bezpečnost, které doposud slévárny ČKD nemohou zajistit.

2.3.2. Samotuhnoucí směsi s anorganickými pojivy a kapalnými tužidly.

Hlavními součástmi těchto směsí je ostřivo, pojivo a přísady - tužidla. Ve velké většině samotuhnoucích směsí se dnes používá jako pojiva vodního skla.

2.3.2.1.

Vodní sklo.

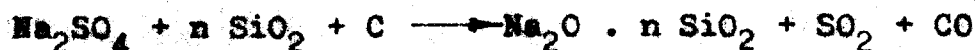
Vodní sklo je viskózní kapalina s nažloutlým nebo nazelenalým až nažedlým odstínem s mírným zákalem. Je alkalické povahy, při teplotě 0°C se porušuje struktura vodního skla.

Pro výrobu vodního skla se používá granulovaná tavenina pevného vodního skla sodného. Pevné vodní sklo se v ČSSR vyrábí tavením sklářského písku podle ČSN 72 15 25 se sodou podle ČSN 65 31 10 a granulací taveniny. Výrobu zajišťuje koncernový podnik Sklounion Teplice.

Chemickou reakci lze schematicky znázornit takto:



V některých jiných zemích se k výrobě taveniny pevného vodního skla využívá chemické reakce síranu sodného se sklářským pískem a s uhlím / koksem/.



Obě chemické reakce se provozně provádějí při teplotách 1 400 - 1 500°C, při tavení se sodou postačují teploty 1 300 - 1 400°C.

Vlastnosti vodního skla

Měrná hmotnost taveniny je $2\,410\text{ kg/m}^3$. Složení taveniny pevného vodního skla je charakterisováno molárním poměrem $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$, který je 3,2 - 3,5 ; ve vodě nerozpustný zbytek má být nejvýše 0,5%, vlhkost maximálně 0,1 %. Granulovaná tavenina pevného vodního skla musí být sypká, jsou povoleny ojedinělé kusy o velikosti nejvýše $15 \cdot 10^{-2}\text{ m}$.

Vodní sklo pevné se dále upravuje. Rozpouští se v rozpouštěcích autoclávech. Dávkování je podle norem. Vlastní rozpouštění pevného vodního skla probíhá při tlaku 0,59 - 0,69 MPa, při teplotě 150 - 160°C. Celý děj probíhá za neustálého míchání. Doba rozpouštění po dosažení předepsaného tlaku je asi 2 hodiny.

Potom se roztok vodního skla vytlačuje potrubím do zásobní usazovací nádrže, kde se nechá odsadit a přečerpá se do zásobní nádrže, odkud se vodní sklo buď expeduje nebo přečerpává jako surovina pro zahušťování vodního skla.

Zahušťování vodního skla se děje proto, aby se stanovila přesná hodnota molárního poměru. Rozpuštěné vodní sklo určené k zahušťování se upraví předepsaným přídatkem sodného louhu, čímž dojde ke snížení hodnoty molárního poměru $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$ na stanovenou úroveň.

Rozdělení tržních druhů roztoků vodních skel:

a/ rozpuštěné vodní sklo	36 / 38°Bé
	38 / 40°Bé
	40 / 42°Bé
b/ zahuštěné vodní sklo	44 / 46°Bé
	48 / 50°Bé
	50 / 52°Bé
	/ 58 / 60°Bé /

U rozpuštěných vodních skel se proti surovině nemění hodnota molárního poměru $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$ a zůstává v intervalu 3,2 až 3,5.

U zahuštěných vodních skel se hodnota molárního poměru snižuje vlivem přídatku sodného louhu a pohybuje se

v intervalu 1,8 až 3,2. Vodní sklo se skladuje při teplotě od 0 - 25°C odděleně od potravin. Nerozpustný zbytek ve vodě smí být u rozpuštěného vodního skla maximálně 0,1%, u zahuštěného vodního skla maximálně 0,15%.

V poslední době se používá a zkouší různé varianty s upraveným vodním sklem. Vodní sklo upravované se u nás dodává pod obchodním názvem Silikol, Pojivo P7, Zerasol, KP 33 atd. Směsi s tímto sklem se vyznačují dobrými mechanickými vlastnostmi.

Příklad: Ostřivo Mostkový les	91 %
Bentonit	2,5%
Zerasol	6 %
NaOH / 20% - tní roztok/	0,1 %
H ₂ O	0,4 %

2.3.2.2. Základní druhy samotuhnoucích směsí s anorganickými pojivy:

- 1/ Vodní sklo + bentonit
- 2/ Vodní sklo + prášková tužidla
- 3/ Vodní sklo + tekutá tužidla
- 4/ Cementy + urychlovače tuhnutí

ad 1/ Vodní sklo s bentonitem

Není to pravá samotuhnoucí směs, protože netužne chemickou reakcí, ale tuhnutí postupuje od povrchu formy následkem volné dehydratace vodního skla na vzduchu. Je to dosti široce používaný způsob i dnes. Nevýhodou je nutné přisoušení směsi a její špatná rozpadavost po odlití.

ad 2/ Vodní sklo s práškovými tužidly

Jako prášková tužidla se používají např. ferochromová struska nebo cement, někdy se přidává pro zlepšení mechanických vlastností bentonit, letek atd. Nevýhodou ferochromové strusky je to, že se špatně zajišťuje rovnoměrnost kvality, a že při volném skládování se snižuje její reaktivnost / možno nahradit cementem /. Reaktivnost směsi je závislá nejen na kon-

centraci cementu ve směsi, ale i na původu cementu. Také doba skladování má značný vliv na reaktivnost směsi.

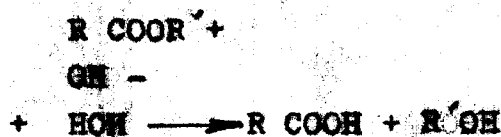
ad 3/ Vodní sklo s tekutými tužidly

Nejčastěji se používá tekuté tužidlo esterol, který se skládá ze dvou účinných složek. Jedna složka má nízkou rychlost vytvrzování / ester DT 46 /, druhá velmi vysokou / ester DT 64 /. Obě složky jsou dokonale smísitelné a změnami jejich vzájemného poměru je možno vytvořit libovolně odstupňovanou řadu tvrdidel lišících se vytvrzovací rychlostí a dobou zpracovatelnosti směsi.

Esterol - je žlutá až hnědá kapalina olejové konsistence, bez zápachu. Nemá agresivní účinky na zařízení ani na pracovníky. V uzavřených nádobách je neomezeně dlouho skladovatelný. Při výrobě jader ani při odlévání nedechává k vývoji obtížných par nebo plynů - nároky na odsávání jsou minimální. Jeho reaktivita je prakticky konstantní.

Vytvrzovací proces: Probíhá v dvoustupňové reakci.

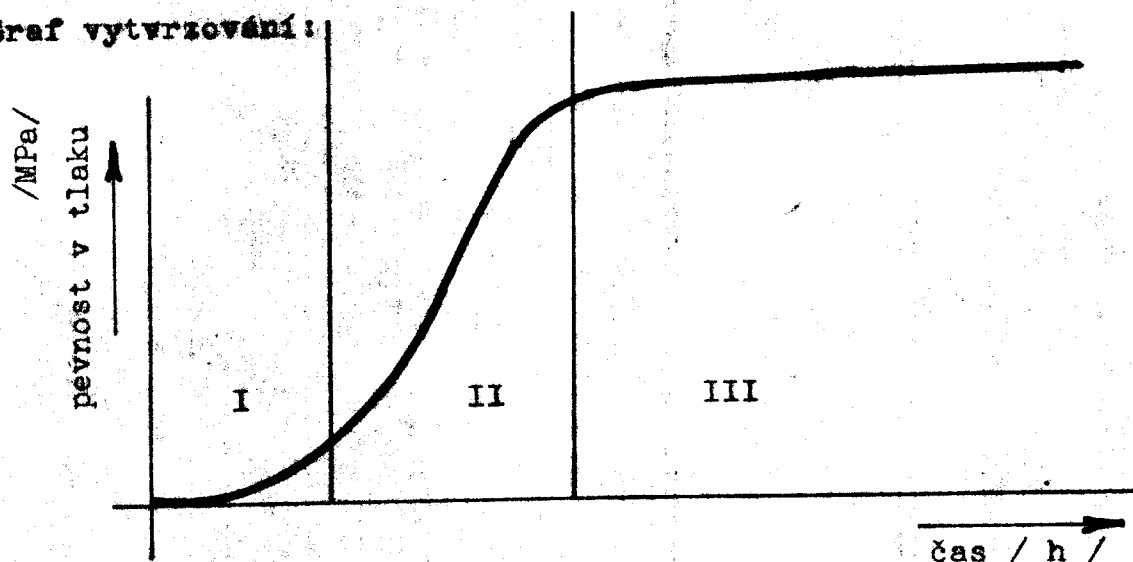
1/ rozklad esteru v alkalickém prostředí vodního skla



2/ Ve druhé etapě dojde vlivem uvolnění kyseliny k želatínaci vodního skla a vzniku pojivých gelů kyseliny křemičité. Děj je obdobný pochodu vytvrzování vodního skla pomocí CO_2 .

Vytvrzovací proces probíhá ve třech stádiích. Tato stádia na sebe navazují plynule a jejich délka závisí hlavně na dávkování vodního skla a esterolu.

Graf vytvrzování:



I. Inkubační doba

Směs je stále sypká s nízkou vazností, obvykle stačí spěchování vibrací. Je nutno, aby formování bylo ukončeno během tohoto stádia.

II. Plastický stav

Pevnosti zde začínají nabíhat a rychle narůstají. Existence plastického stavu umožňuje vyrobit i velmi komplikované modely a snižuje nebezpečí poškození jádra.

III. Stádium dotvrzování

Nárůst pevnosti se zpomalí, uplatňuje se i dehydratace vzniklých gelů. Kapalná tvrdidla umožňují velmi dokonalé využití pojivových vlastností vodního skla. Dosažitelné pevnosti daleko překračují obvyklé technologické požadavky.

Ovlivnění konečného stavu:

- 1./ Změnou složení tvrdidla se ovlivní i rychlost vytvrzování.
- 2./ Ovlivnění rychlosti vytvrzování změnou dávkování tvrdidla.
- 3./ Průběh vytvrzování změnou dávkování tvrdidla.
- 4./ Průběh vytvrzování v závislosti na různé hustotě vodního skla.

Výhody esterolu:

- úspora energie
- snížení pracnosti při výrobě až o 35 %
- snížení pracnosti při čištění odlitků až o 20 %
- snížení spotřeby vodního skla v porovnání s chemicky tvrzenými směsmi
- snížení celkových nákladů

Nevýhody esterolu:

- dosud není vyřešena regenerace těchto směsí /řeší se ve SVÚM - Brno /

ad 4/ Cementy s urychlovači tuhnutí

V dnešní době vzrůstá jejich význam. Jako urychlovače se používají různé sacharidy a anorganické soli. Laboratorně byla odzkoušena cementová směs s urychlovačem surovým cukrem a s chloridem vápenatým.

Předpis: Ostřivo T2S	88 %
Cement Práchevice 250	9 %
Cukr surový	2 %
CaCl	1 %

2.3.3. Chemicky tvrzené formovací směsi / CT /

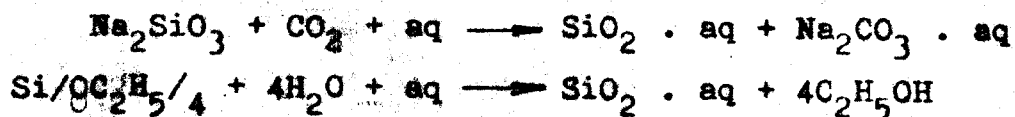
Chemicky tvrzené formovací směsi jsou látky ztužené chemickou reakcí tuživa obsaženého ve směsi a ztvrzovadla, zaváděného do zaformovaného útvaru. Ztvrzovadlo bývá nejčastěji plynné.

Tyto směsi se vyznačují: okamžitým ztvrzením, které nastane v libovolně zvolitelném okamžiku bez zahřívání nebo sušení, dodatečným zavedením látky, která chemicky reaguje tuživem ve směsi, způsobuje jeho rozklad a ztvrzení. Účelem chemicky tvrzených směsí je zkrácení a zjednodušení vlastního formování a ostatních pomocných operací.

Princip chemicky tvrzených směsí

Chemicky tvrzené směsi byly vypracovány Lven

Petrželou a jím také podrobně propracovány. Základem těchto směsí je rozklad roztoků křemičitanů alkalických nebo organických esterů některými plyny / nebo kapalinami / za současného vzniku tuhého hydratovaného kysličníku křemičitého. Tyto pochody můžeme vyjádřit těmito chemickými rovnicemi:



Podle první rovnice se slučuje roztok vodního skla s kysličníkem uhličitým neutralisací, za vzniku uhličitanu sodného a tuhého, hydratovaného kysličníku křemičitého.

Druhá rovnice vyjadřuje hydrolytický rozklad ortho-ethylsilikátu, rovněž provázeného vznikem tuhého hydratovaného kysličníku křemičitého.

Chemické tvrzení se prakticky projevuje okamžitě po styku formovací směsí se stučovadlem. Původně nevázná směs připomínající mokré křemenný písek se okamžitě po profouknutí kysličníkem uhličitým ztverdí a dosahuje takových pevnostních vlastností jako dobré hlinité písky po vysušení.

Suroviny chemicky tvrzených směsí

Pro směsí CT je přímou podmínkou výběr skutečně dokonalých surovin. Každá změna jakosti se projevuje značnými poruchami jejich vlastností a má vliv na hospodárnost a vznik zmetků.

Nejdůležitější z používaných surovin jsou křemenné písky. Malá množství hlíny ve směsích zhoršují ztvrdovací schopnost u CT směsí natolik, že často znemožní jejich použití. Pro zlepšení kvality křemenných písků je důležitá technická úroveň slévárny - vhodné úpravy písku, modelového zařízení atd. Tím se dají mnohé nevýhody určitých písků odstranit.

Další důležitou surovinou pro výrobu chemicky tvrzených směsí je vodní sklo. Pro CT směsí se používá vodní sklo hustoty 45°Bé. Molární poměr $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$ tohoto vodního skla je kolem 3,0. Vodní sklo nesmí obsahovat příměsí chemikálií / NaCl /. Ukládáme je v dobře uzavřených nádobách, protože pohlcuje ze vzduchu kysličník uhličitý, rozkládá se a tím se

znehodnocuje. Obsah vodního skla ve směsích CT má vliv na pevnosti po ztvrdnutí, pevnosti po ztvrdnutí a vysušení, po případě po vypálení. Obsah vodního skla rozhoduje o vzniku trhlin v odlitcích a obtížích souvisejících s vytloukáním jader. S vyšším obsahem vodního skla se zhoršuje hospodárnost provozu. Náklady na surové CT směsi se zvyšují úměrně se spotřebou vodního skla, při výrobě vznikají zmetky a čištění je obtížné. Pro běžnou slévárenskou výrobu jader i forem je nejvýhodnější 5% -tní přísada vodního skla /v ČKD Hradec Králové se používá 6-7% /.

Ke ztvrdnutí směsí CT používáme kysličníku uhličitého. Kysličník uhličitý nemůže být znehodnocen jinými plyny a provozní kontrola jeho jakosti proto zcela odpadá. Je nedýchatelný, ale není jedovatý. Proto nevyžaduje ani zvláštních bezpečnostních opatření ve slévárnách. V menších provozech se dodával na pracoviště kysličník v ocelových lahvích v kapalném stavu. Tento způsob měl ale řadu nevýhod: redukční ventily zamrzaly, stráty času formátů a jaderů způsobené výměnou prázdných lahví, nepřesné dávkování plynu podle změny tlaku v lahvích atd. /Proto se dnes při větší spotřebě kysličníku uhličitého vyplácí ústřední redukce tlaku a rozvod nízkotlakového kysličníku uhličitého na pracoviště. Tento způsob zcela odstraní některé nedostatky a je mnohem efektivnější jak z hlediska úspory kysličníku uhličitého, tak i z hlediska využití pracovní doby.

Teoretická spotřeba CO_2 na 100 g směsi s přísadou 5% vodního skla je 0,266 g. Spotřeba v provozech bývá však vyšší zpravidla o 0,5%. Maximální přípustná spotřeba je 1% kysličníku uhličitého na váhu zaformované CT směsi. Je-li spotřeba ještě vyšší, je to zřejmě plýtvání a je třeba přezkoušet dobu ztvrdnutí jader, tak i způsob zavádění kysličníku uhličitého.

Přísady do chemicky tvrzených směsí

Do chemicky tvrzených směsí přidáváme někdy úměrně větší množství přísad, kterými zlepšujeme některé z jejich vlastností. Jindy se dostávají některé látky do směsí CT náhodně, ať již v surových nebo regenerovaných píscích. Všechny tyto přísady mají značný vliv na vlastnosti CT směsí a proto je nutno jim věnovat velkou pozornost.

Protože vliv a množství přísad je velmi rozsáhlé věnujeme pozornost pouze nejdůležitějším.

1/ Přísady používané na zjemnění písku .

a/ křemenná moučka

b/ šamotová moučka / v ČKD Hradec Král. se nepoužívá /

2/ Spalitelné látky zlepšující povrch odlitků ze šedé litiny.

a/ kamenouhelný prášek

b/ grafit / v ČKD Hradec Králové se nepoužívá /

c/ dřevná moučka / - " - /

3/ Látky zvyšující vaznost směsí CT za syrova.

a/ bentonit / v ČKD Hradec Králové se nepoužívá /

b/ glaukonitický písek / - " - /

c/ kaolin / - " - /

d/ vildštejnský modrý jíl / - " - /

4/ Rozkladné produkty vzniklé v písku po odlití, které jsou obsaženy hlavně v regenerovaných směsích.

- snižují predyšnost a zvyšují vlhkost

a/ vypálený jíl / v ČKD Hradec Kr. se nepoužívá /

5/ Organická pojiva.

a/ dextrin v ČKD Hradec Králové patří mezi nejdůležitější přísady přidávané do CT směsí

- výhody:
- zpomaluje přímý proces ztvrdování a dostatečně zrychluje vysychání na vzduchu za současného zvyšování pevnosti
 - po odlití dextrin vyhoří = příznivě působí na rozpadavost směsí/do směsí přidávat maximálně 0,75% dextrinu pro zvýšení celkové i povrchové pevnosti a pro zlepšení rozpadavosti/
 - jádra z CT směsi s dextrinem mají delší dobu skladování
 - pro optimální vytvrzovací dobu používat

sední sklo s hustotou asi 44 Be - dosahujeme nejlepších mechanických hodnot

- jádra s dextrinem dosahují vyšších pevnostních hodnot
- u jader, která budou použita za několik hodin nebo za den, je třeba vytvrzovat minimálním množstvím CO_2 .

nevýhody: - jádra méně vytvrzená se s dobou skladování zpevňují a jádra více vytvrzená projevují na povrchu křehkost a drobitost/pevnost klesá /

- je třeba si uvědomit, že zbytečné pro-fukování CO_2 je ekonomicky neúnosné, ale i pro hodnoty škodlivé a v krajních případech může vést i k závadám na odlitcích

b/ sulfitový výluh - působí jako náhrada dextrinu

- je kyslejší povahy
- používá se menší množství asi 0,2 - 0,3%

c/ olej ISTA KT 16 - zvětšuje vaznost za syrova

- snižuje pevnost po ztvrdnutí
- v ČKD Hradec Králové se používá jako pojivo pro oleje-fenolové směsi

d/ lněný olej

- zvyšuje pevnost v tahu po vysušení
- zvyšuje pevnost v ohybu po vysušení
- zvyšuje pevnost v tlaku po vysušení

6/ Chemikálie

a/ uhličitán sedný - snižuje pevnost v tlaku po ztvrdnutí

- snižuje predyšnost
- zvyšuje spékavost
- /závisí na ní upotřebitelnost regenerovaných směsí /

b/ chlorid sodný - zhoršuje pevnost po ztvrdnutí
/ v ČKD Hradec Kr. se nepoužívá/

c/ síra - používá se pro odlévání hořčikov-
vých slitin na syrovo/shoří na
SO₂ a vytvoří ochrannou atmosfé-
ru bránící oxidaci hořčíku /

2.3.4. Jádrové směsi oleje-fenolové.

V ČKD Hradec Králové se používají směsi s jádro-
vým olejem ISTA KT 16, který patří mezi naše nejjakostnější
jádrové oleje. Používá se na jádra větší složitosti, ale něk-
dy i pro jádra jednodušší. To je ovšem neekonomické a v tako-
vých případech tento olej nastavujeme jinými oleji /např. N 5/.
Jako další složka této směsi se používá v ČKD Hradec Králové
fenolformaldehydová pryskyřice pod obchodním názvem Resol FL
5 280 / dřívější značení FRPA 85 /.

Směsi s touto pryskyřicí dosahují vyšších pev-
nostních hodnot a menší plynatosti oproti olejům. Velký vliv
na dosaženou pevnost má teplota sušení / pohybuje se mezi 220
až 230°C / doba sušení není celkem rozhodující. Směsi křemen-
ného písku s olejem ISTA KT 16 jsou za syrova nevazné. Vaznost
zvyšujeme buď přísadou sacharidových pojiv, např. sulfitového
výluhu nebo dextrinu, po případě malými přísadami hlinitých
písků nebo mletých jííl. Více dextrinu než 4% se nevyplatí
dávkovat, protože pevnost při obsahu více než 2% oleje ISTA
KT 16 ve směsi začíná klesat. Vaznost je proto výhodnější avy-
šovat křemennou moučkou.

Optimální obsah oleje ISTA KT 16 závisí jednak na
složitosti jádra, jednak na druhu písku. Vhodný obsah je 2,0
až 3,0%. Písky s kulatými, hladkými zrny jsou úspornější než
písky se zrny ostrohramými.

2.3.5. Jádrové směsi s kaolitem.

V poslední době se začíná uvažovat v ČKD Hradec Králové o výrobě jádrových směsí s kaolitem.

Kaolit je sypká, bílá, jemná látka, svou barvou a jemností připomínající sádku. Způsobuje zvýšení vaznosti směsí za syrova, odstraňuje sklon směsí k připekání na odlitky, Zabráňuje výskytu zálpů a zadrobenin, Dosahuje vysokých pevností po samovolném vytvrzení na vzduchu. Má velmi dobrou rozpadavost a dá se dobře regenerovat. Lze jej použít se všemi druhy ostřív.

Výhodné je jeho použití v samotuhnoucích směsích s různými typy jíílů. Tyto směsi se používají hlavně na jádra pro větší a složitější odlitky.

Příprava směsí:

V kolovém mísiči se suché složky promísí asi 1 až 2 minuty, pak se přidává potřebné množství vody a míchá se dalších 8 až 10 minut. Kvalita směsí záleží na dokonalém promísení. ST směsi s kaolitem dosahují po 24 hodinách samovolného vytvrzení na vzduchu pevnosti v tlaku až nad 1 MPa, při čemž vyšším obsahem kaolitu lze dosáhnout vyšších pevností. Krátkodobým přisoušením při teplotě nad 200°C se samovolné vytvrzení urychlí. Pro nátěry jader lze použít jak bezvodých / lihových /, tak vodných nátěrů.

Příklady složení směsí:

a/ pro ocelové odlitky

1. křemenné ostřivo	100 hmot. dílů
bentonit	3 " "
kaolit	3 " "
H ₂ O	4,5 až 8 %

2. chrommagnetitové ostřivo	100 hmot. dílů
bentonit	2 " "
kaolit	2 " "
H ₂ O	4,5 - 5,5 %

b/ pro neželezné kovy

1. nové křemenné ostřívo	50 hmot. dílů
vratné křemenné ostřívo	50 " "
bentonit, nebo jiný druh	
vazného jílu	2 - 4 " "
kaolit	2 - 3 " "
H ₂ O	4 - 6 %

/ podle požadované vaznosti/

Údaje o složení směsí jsou orientační - musí se
vše vyzkoušet podle požadavků na vaznost a pevnost.

3. Zpracování návrhu metodiky hodnocení směsí, ===== příprava vlastních zkoušek. =====

3.1. Přehled a význam zkoušek jádrových směsí.

„Kontrola jádrových směsí je soubor zkoušek měření a pozorování, kterými získáváme podklady pro její správné sestavení a kterými se přesvědčujeme o dosažených výsledcích“
/ L.Petržela /.

Kontrolou jádrových komponent zjišťujeme pravidelné vlastnosti jádrové směsí, její předepsanou jakost a to i při kolísajících vlastnostech surovin, měnících se požadavcích výroby a při nejvyšší efektivnosti.

Každý druh formovací a jádrové směsí má své specifické vlastnosti a vyžaduje speciální druhy zkoušek. Rozsah zkušebních metod nemůže být pochopitelně vyčerpávajícím pro všechny druhy zkoušek formovacích a jádrových směsí.

V první části této kapitoly je nutno se zabývat souhrnem laboratorních zkoušek pro většinu jádrových směsí, v druhé části je třeba si všimnout hlavně zkušebních metod důležitých pro vyhodnocení samotuhnoucích směsí, které jsou zde také podrobně rozepsány.

Standartní zkoušky jádrových směsí byly z větší části normalizovány. Tyto normalizované metody se liší v různých normách velmi málo, takže za předpokladu zásadní přesnosti, můžeme všechny výsledky vzájemně porovnávat. V ČSSR metody měření formovacích a jádrových hmot dosud normalizovány nebyly a jsou dne stále ještě v mnoha případech nejednotné.

Vlastní zkušební metody jsou rozděleny do dvou částí; první část obsahuje tři skupiny, druhá část obsahuje dvě skupiny.

1. část: I. skupina - obsahuje metody pro zkoušení slévacích směsí

- a/ alkalita písku
- b/ látky vyplavitelné
- c/ logaritmus W
- d/ nasákavost písku
- e/ zrnitost

II. skupina - obsahuje metody pro zkoušení jádrových pojiv

- a/ metody zkoušení vodního skla
 - modul vodního skla
 - hustota
 - viskozita
- b/ zkoušení organických pojiv
 - reaktivnost

III. skupina - obsahuje technologické zkoušky směsí

- a/ pevnost v ohybu
- b/ "- v tlaku za syrova
- c/ "- "- po vysušení
- d/ "- "- po vytvrzení
- e/ prodyšnost
- f/ plynatost

2. část : I. skupina - obsahuje zkoušky důležité pro využití samotuhnoucích jádrových směsí

- a/ pevnost v tlaku ST směsí
- b/ "- zbytková
- c/ "- povrchová
- d/ prodyšnost
- e/ vlhkost

II. skupina - obsahuje zkoušky určující změny vlastností již zhotovených jáder

První část je zpracována v mé diplomové práci pouze formou stručného přehledu, hlavní důraz je kladen na část druhou, která je zpracována podrobněji pro zkoušení ST směsí.

3.2. Vypracování všeobecných zkušebních metod pro vyhodnocení základních vlastností jádrových směsí.

3.2.1. 1. část

3.2.1.1. I. skupina

ad a/ alkalita písku

Alkalita písku udává množství alkalických složek rozpustných v 0,1 N roztoku HCl. Uvádí se v mililitrech spotřebovaného roztoku 0,1 N NaOH na 100 g písku. Zkouší se vhodným pH metrem nebo smíšeným indikátorem. Jako zkušební vzorek použijeme homogenní vysušený vzorek písku nebo směsi. Do banky navážíme 50 g zkušeneho vzorku, přidá se 50 ml destilované vody a 50 ml 0,1 N roztoku HCl. Po dokonalém promíchání se za 1 hodinu vzorek v roztoku titruje 0,1 N roztokem NaOH na pH 7,0. Hodnota pH se sjišťuje buď přístrojem nebo barevným indikátorem. Alkalita písku se vyjadřuje počtem mililitrů 0,1 N roztoku NaOH, odpovídající úbytku 0,1 roztoku kyseliny při neutralizaci 100 g písku. U roztoků, které jsou značištěny příměsími v písku je barevný přechod neostrý. Je proto účelné používat pH metr vhodnou elektrodou.

ad b/ látky vyplavitelné

Látky vyplavitelné; tj. podíly menší než 0,02 mm se stanoví normovaným způsobem plavením a sedimentací za využití Stockesova zákona. Při zkoušce se neusazené jemné podíly, uvolněné varem vzorku ve vodě a přísadou hydroxidu sodného a následujícím mícháním míchadlem, odsávají v pravidelných intervalech spolu se sloupcem vody nad vrstvou usazených zrn písku. Vyplavitelné látky se udávají v % navážky. Zkušební vzorek je 50 g vysušeného písku a ochlazeného na teplotu místnosti. Postup zkoušky je popsán v ČSN 72 1078. Množství vyplavitelných látek v % se určí podle vzorce:

$$\text{vyplavitelné látky } \% = \frac{m_s - m_0}{m_0} \cdot 100$$

m_s = hmotnost vysušeného písku před plavením

m_o = hmotnost vysušeného ostřiva po plavení

Výsledkem je aritmetický průměr dvou souběžných stanovení a výsledek se od sebe nesmí lišit více než o 20 %, ustanovené směsi s vaznými jíly o 15 %.

ad c/ logaritmus W

Logaritmus W je kritériem granulometrické skladby ostřiv, které využívá funkce termodynamické pravděpodobnosti pro hodnocení. Logaritmus W postihuje zrnitost ostřiva v celé šíři bez ohledu na tvar součtové křivky.

Logaritmus W se vypočítá ze síťového rozboru podle přibližného vzorce:

$$\log W = m_s \cdot \log m_s - \sum m_p \cdot \log m_p$$

$$m_p = m_{p1} + m_{p2} + \dots + m_{pi}$$

m_s = celková hmotnost vzorku písku

m_p = hmotnost frakcí na jednotlivých sítích

Protože hmotnost všech frakcí se uvádí v % je $m_s = 100$. Z toho vyplývá, že

$$m_s \cdot \log m_s = 100 \cdot \log 100 = 200$$

$$\log W = 200 - \sum m_p \cdot \log m_p$$

Protože $\log 0$ není definován / 0, $\log 0 = 0$ / stejně tak $1 \cdot \log 1 = 0$, a při procentickém obsahu menším než 1, je součin $m_p \cdot \log m_p$ záporný, postupuje se při výpočtu $\log W$ s následujícím zjednodušením:

$$0 < m_p < 0,5 \quad \text{zanedbává se}$$

$$0,5 \leq m_p \leq 1,0 \quad \text{zaokrouhluje se na 1,1}$$

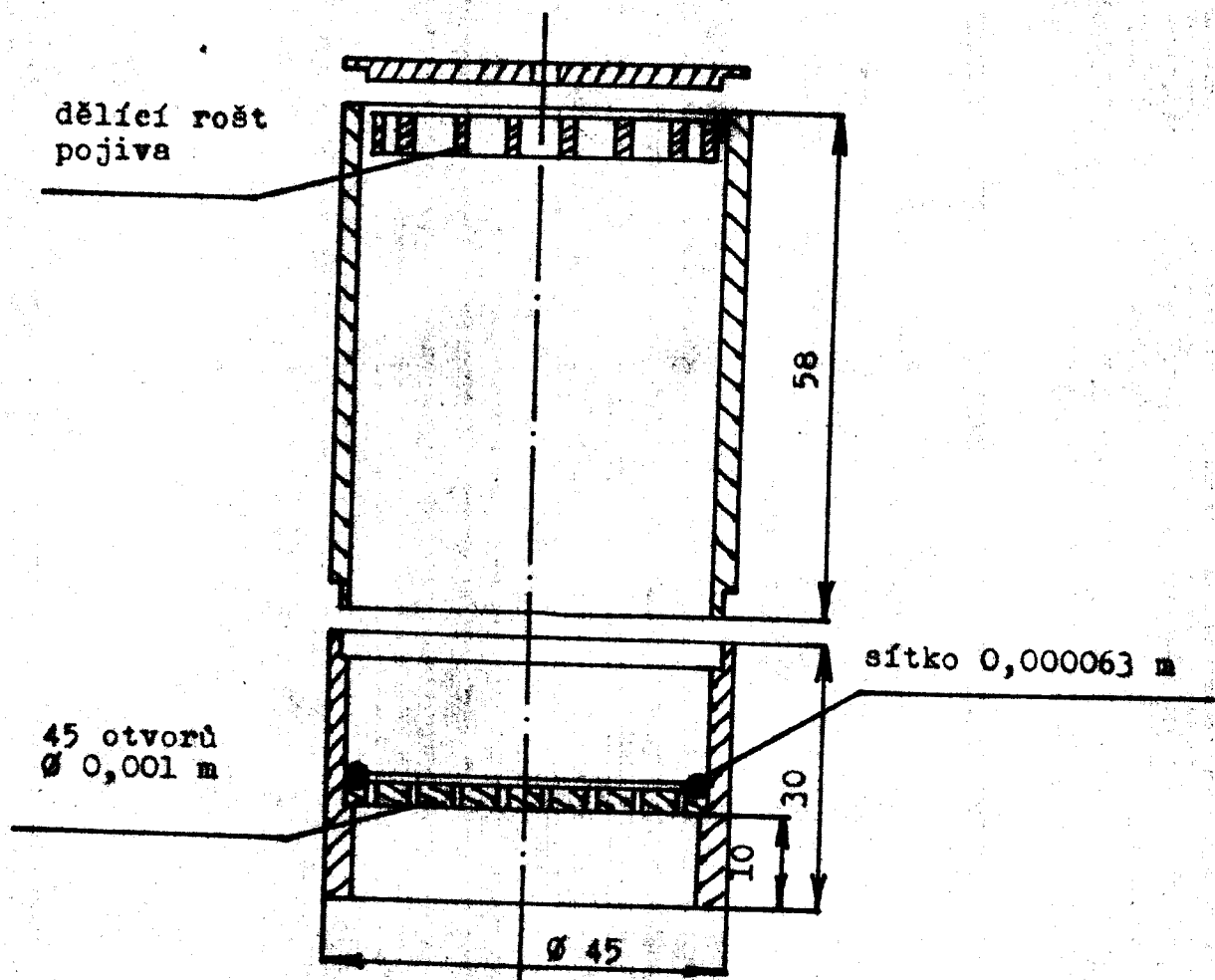
Kritérium $\log W$ slouží u křemenných písků přesnějšimu rozlišení granulometrické skladby písků stejných lokalit, např. při vstupní kontrole, k posouzení nahraditelnosti různých lokalit, vlivu úpravy a pod.

ad d/ nasákavost písku

Podstatou zkoušky je stanovení obsahu vody nebo pojiva nasáknutého do nerovností na povrchu zrn písku. Zjišťuje se tak, že přebytek vody nebo pojiva se s povrchu zrn odstraní odstředěním za konstantních podmínek a zbytek

vázaný na zrnech se stanoví vážením. Nasákavost se uvádí v procentech nárůstu hmotnosti. Ke stanovení nasákavosti se použije vzorek o hmotnosti 100 g vysušený při 110°C . Měření se provádí pomocí hliníkové kyvety. Do sestavené kyvety se naváže přesně 0,1 kg vysušeného vzorku písku a poznačí se celková váha kyvety s pískem. Na písek se položí horní dělicí rošt pojiva, naváže se cca 0,02 kg vody nebo pojiva a rovnoměrně nanese na celou plochu. Kyveta se vloží do odstředivky a odstřeďuje se 10 min. při odstředivém zrychlení $11,6 \text{ ms}^{-2}$. Potom se kyveta i se vzorkem zváží a přírůstek hmotnosti znamená procenta nasákavosti.

Schéma kyvety na zkoušku nasákavosti



ad e/ zrnitost / síťový rozbor /

Jedná se o zjištění granulometrické skladby ostřiva vysíváním na sadě sít, určení velikosti středního zrna d_{50} a pravidelnosti podle součtové křivky zrnitosti, určení klasifikačního znaku. Síťový rozbor je vyjádřen podíly na sítích v procentech na vážky vzorku, velikost středního zrna udána v μm a klasifikační znak / symboly / sestaven podle ČSN 72 1204. K síťovému rozboru se používá vysušené ostřivo po stanovení vyplavitelných látek, které se vysívá lo min na předepsané sadě sít.

Po prosátí se zbytky z jednotlivých sít samostatně sesypou na lesklý papír, štětcem se pečlivě očistí pleťo i stěny sít a získané podíly se zváží s přesností 0,00001 kg. Poměrné obsahy ostřiva na jednotlivých sítích i ve spodní misce se vypočítají, při čemž se bere jako základ navážka na stanovení vyplavitelných látek. Zrnitost písku se vyjadřuje graficky součtovou křivkou zrnitosti ostřiva v jednotném semilogaritmickém rástru s logaritmickou stupnicí pro velikost ok sít na ose vodorovné a s dekadickou na ose svislé pro procenta podílů písku zachycených na sítích. Součtová křivka zrnitosti ostřiva se sestrojí tak, že k příslušné velikosti ok síta se nanese v procentech množství všech zrn, zachycených na tomto síti a na všech nad ním ležících sítích tj. s většími otvory.

$$\text{Podíly ostřiva na síti \%} = \frac{m_p}{m_s} \cdot 100$$

m_p = hmotnost podílů ostřiva na síti / kg^{-1} /

m_s = hmotnost vysušeného písku naváženého k plavení / 0,05 / 0,05 kg /.

Součet množství všech frakcí ostřiva a vyplavitelných látek musí být 100 ± 1 % původní vysušené navážky písku.

3.2.1.2. II. skupina

ad a/ metody zkoušení vodního skla

Modul vodního skla - je to bezrozměrné číslo, vyjadřující molární poměr $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$

Stanovení Na_2O :

Do kádinky se odpipetuje 50 ml vzorku, přidá se 0,3 ml roztoku methyldřevně a titruje se 0,2 N HCl do červeného zbarvení / spotřeba A /.

$$\% \text{Na}_2\text{O} = \frac{A \cdot 6,2}{n}$$

Stanovení SiO_2 :

K přesně ztitrovanému roztoku po stanovení Na_2O se přidá 70 ml roztoku fluoridu sodného / 4 %ní /, 0,3 ml roztoku methyldřevně a žlutý roztok se titruje 1 N HCl do trvalého jahodové červeného zbarvení /spotřeba B/.

$$\% \text{SiO}_2 = \frac{B \cdot 15}{n}$$

n = navážka vodního skla do roztoku

Hustota vodního skla - je možná několika způsoby měřit. První možností je stanovení hustoty výpočtem z hmotnosti a objemu měřeného vzorku kapaliny / hustota se udává v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ /. Druhou možností je stanovení hustoty pomocí hustoměru. Měření je založeno na principu, že tělese s menší průměrnou hustotou, než jakou má zkoumaná kapalina, se v této kapalině vznášejí / hustota se udává jako poměr hmoty M k jejímu objemu V v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, nebo ve stupních dle Baumého $^{\circ}\text{Be}$ /.

Viskozita vodního skla - zkouška je založena na měření doby průchodu měrné kuličky měrnou drahou v trubici nebo v zkumavce naplněné měrnou kapalinou. Viskozita je udána v mPa.s . K výpočtu viskozity je potřeba znát hustotu měřené kapaliny. Měrná trubice viskozimetru, dole uzavřená, se naplní zkoušenou kapalinou. Do trubice se vpustí měrná kulička vhodného průměru a trubice se nahoře uzavře. Ve zkoušeném vzorku uvnitř měrné trubice nesmí být bubliny. Otočením měrné trubice o 180° projde měrná kulička do počáteční polohy. Těsně před započatím měření se nechá měrná kulička 2x projít trubicí bez měření na účelem promíchání zkoušené kapaliny. Měrná trubice se pak otočí a měří se stopkami doba průchodu

*viskozita
měřena*

kuličky mezi dvěma kruhovými značkami počínaje okamžikem dotyku kuličky a rysky. Měření doby průchoodu se provádí 3 x ihned po sobě a vypočítá se aritmetický průměr.

Dynamická viskozita se vypočte podle vzorce :

$$\eta = K / d_k - d_e / t$$

k = konstanta použité měrné kuličky
 d_k = hustota použité měrné kuličky
 d_e = hustota zkoušené kapaliny
 t = průměrná doba pádu kuličky

} je uvedeno
u přístroje

ad b/ zkoušení organických pojiv

Reaktivita pryskyřice - po smíchání pryskyřice s tvrdidlem dojde k exotermní vytvrzovací reakci. Měří se uvolňované reakční teplo v závislosti na čase. Reaktivita se měří ve $^{\circ}\text{C/s}$. Do nádobky z umělé hmoty se naváží 0,05 kg vzorku pryskyřice a vloží se termočlánek. Nastaví se rychlost posuvu zapisovače / např. EZ 10 / a rozsah stupnice 0 až 200°C . Do porcelánového kelímku, nebo malé kádinky, předem vypláchnuté tvrdidlem se naváží přesně 0,005 kg tvrdidla a zároveň se zapnutím posuvu zapisovače se vleje do kelímku s pryskyřicí. Pryskyřice s tvrdidlem se tenkou tyčinkou intenzivně míchá asi 20 s a ponechá reagovat. Jakmile se začne pryskyřice vytvrzovat, dochází k výraznému zvýšení teploty ; po překročení max. teploty se měření ukončí. Reaktivita pryskyřice se hodnotí dobou do začátku růstu teploty, rychlostí jejího růstu / ve $^{\circ}\text{C/s}$ / , dobou do dosažení maximální teploty a její hodnotou.

3.2.1.3. III. skupina

ad a/ pevnost v ohybu

Účelem zkoušky je zjištění pevnosti směsi tj. odolnost směsi a jejích složek proti mechanickému namáhání. Pevnost v ohybu se udává v MPa / pokud není stupnice přístroje upravená, je nutné hodnoty přepočítat/. Na měření pevnosti se používá přístroj GP typ PFA nebo polský LRU, nebo jiné zkušební zařízení. Brity přípravků , proti nimž uprostřed

působí zatěžující síla, jsou od sebe vzdáleny 0,15 m. Zkušební vzorek ve tvaru trámečku čtvercového průřezu plochy $0,0005 \text{ m}^2$, rozměry $0,02235 \times 0,02235 \times 0,170 \text{ m}$, připravený způsobem podle druhu zkoušky /pěchování, vstřelování a pod./ a vytvrzené podle sledovaného výrobního postupu. V principu se pevnost v ohybu zjišťuje rovnoměrným zatěžováním vytvrzeného zkušebního tělíska v přístroji až do jeho porušení. Výsledná hodnota se odečte přímo na stupnici přístroje. Pro každé jednotlivé stanovení se zhotoví předepsaný počet zkušebních tělísek a z naměřených hodnot se vypočítá průměr. Pevnost v ohybu je možno také vypočítat / popsáno v ČSN 04 2730 /.

až b/ pevnost v tlaku za syrova/ vaznost /

Pevnost v tlaku se zjišťuje tlakem na zkušební váleček a je dána napětím v tlaku v MPa, při kterém nastává porušení válečku. Přístroj pro zkoušení pevnosti v tlaku je opět přístroj GF typ FFA, případně s doplňkem pro nízké tlaky typ GF - PME, nebo polský LRU. Ke zkoušce se používá standardní zkušební váleček s 0,05 m, výšky $0,05 \text{ m} \pm 0,0003 \text{ m}$. Zkušební váleček, opatrně vytlačený z jaderníku se ihned vloží mezi plochy tlakových destiček přístroje, zvyšuje se rovnoměrně - bez nárazu - tlak až do porušení válečku. Na stupnici přístroje se odečte nejvyšší hodnota pevnosti. Zkoušejí se nejméně tři válečky a výsledkem je aritmetický průměr všech měření.

až c/ pevnost v tlaku po vysušení

Podstata zkoušky je stejná jako u zjišťování pevnosti v tlaku za syrova. Používají se i stejné přístroje a standardní zkušební váleček. Po zhotovení válečku / standardním způsobem / se pokládají na rovnou podložku tak, aby mezi nimi i od stěn sušárny, v které se suší, byla vzdálenost 0,05 m. Podložka s válečky se vloží do předehřáté sušárny a po dosažení žádané teploty / podle druhu směsi / se udržuje teplota po dobu jedné hodiny. Potom se válečky i s podložkou vyjmou a nechají vychladnout na vzduchu a v exikátoru po dosažení $20 \text{ až } 25^\circ\text{C}$. Po vychladnutí se stanoví pevnost v tlaku

po vysušení. Ke zkoušce pevnosti po vysušení se musí použít zkušební váleček, na kterém byla zkoušena prodyšnost po vysušení. Výsledná pevnost v tlaku po vysušení se vyjadřuje v MPa s označením teploty a doby sušení / např. Pv 200°C/lh /. Zkoušejí se nejméně 3 válečky a výsledkem je aritmetický průměr všech měření.

ad d/ pevnost v tlaku po vytvrzení/ CT směsi /

Pevnost v tlaku se zjišťuje tlakem na normalizovaný váleček, vytvrzený předepsaným způsobem. Je dána napětím v tlaku, při kterém nastává porušení válečku. Pevnost v tlaku CT se vyjadřuje v MPa. Přístroje jsou obdobné jako v minulých případech. Zkušební vzorek je opět standartně vyrobený zkušební váleček. Po zhotovení se váleček ztvrdzuje přímo v trubce tak, že se CO₂ vede do trubky zátkou, která má větší počet menších otvorů. Množství kyslíčnicku uhličitého se dávkuje průtokoměrem, nebo elektromagnetickým ventilem spojeným s časovým spínačem a jeho množství závisí na hustotě vodního skla. Pevnost v tlaku po ztvrdnutí válečku CO₂ se musí měřit bezprostředně po vytvrzení, nejdéle do 15 s. Zkoušejí se nejméně 3 válečky a výsledkem je aritmetický průměr všech měření.

ad e/ prodyšnost

Prodyšnost je schopnost upěchované směsi propouštět plyny a páry. Prodyšnost se vyjadřuje počtem m³ vzduchu, který se protlačí za 1 s plochou zkoušené směsi 1 m² a délce 1 m při přetlaku 1 Pa = m³.s.kg⁻¹, v praxi " jednotkou prodyšnosti SI " / j.p.SI/. Na stanovení prodyšnosti se používá vodní nebo elektrický, případně jiný obdobný přístroj. Zkušební vzorek je opět standartní zkušební váleček.

1. Vodní přístroj :

Zvon přístroje se vytáhne až po anačku 0, jáderník / pro válečky sušené s gumovou membránou / se zkušebním válečkem se umístí na přístroji a otevřením kohoutku se použít vzduch tělískem. Prodyšnost se odečte přímo na stupnici manometru přístroje.

2. Elektrický přístroj:

Konstantní přetlak vzduchu 981 Pa je zde vyvozen elektrickým dmýchadlem. Po zapnutí přístroje se počká na vyrovnaní klidné nulové polohy při uzavřené trysce, jaderník sekušebním válečkem se umístí na přístroji a kohout se přepne na měřicí polohu. Na manometru přístroje se přímo odečte hodnota prodyšnosti.

Prodyšnost se dá vypočítat podle vzorce:

$$\text{Prodyšnost } D = \frac{V \cdot h}{P \cdot p \cdot t}$$

V = objem vzduchu prošléhokušebním válečkem / m^3 /

h = výškakušebního válečku / m /

P = plocha průřezu válečku / m^2 /

p = potřebný tlakový spád / Pa /

t = doba průchodu vzduchu / s /

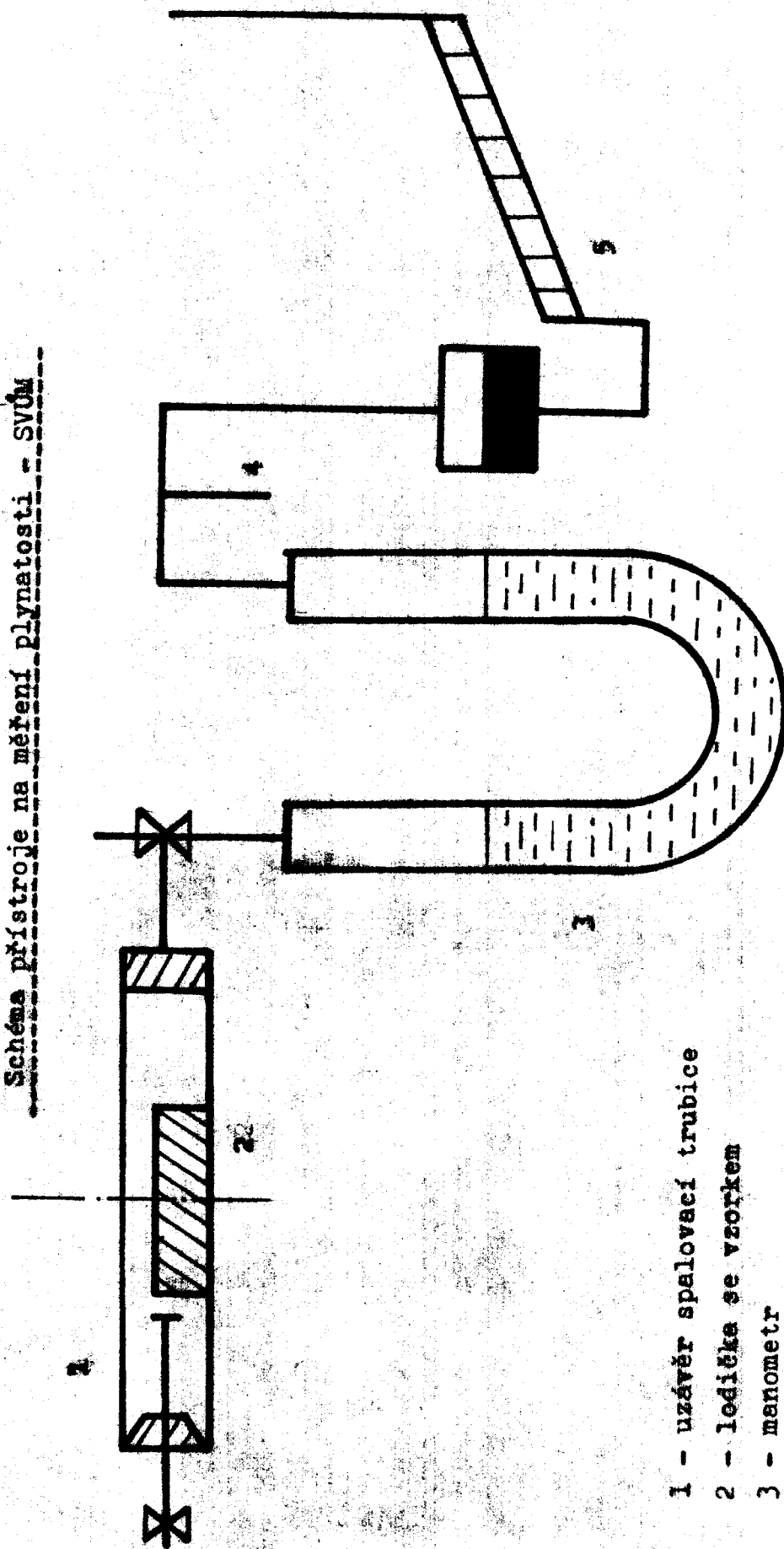
Pro slévárenskou praxi byla po dohodě zavedena jednotka označovaná jako j.p.SI a definovaná jako 10^8 násobek základního rozměru tj.

$$1 \text{ j.p.SI} = 10^8 \cdot \text{m}^3 : \text{s} : \text{kg}^{-1}$$

ad f/ plynatost / rychlost vývinu plynu /

Plynatost směsi je definována jako maximální rychlost vývinu plynu z plochy $0,0001 \text{ m}^2$ povrchu směsi při dané teplotě. Plynatost se uvádí hodnotou v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Zkušební vzorek je rozdrcená, homogenní směs, přesušená na 105°C . Na měření se používají speciální keramické lodičky s plochou dutiny pro vzorek $0,0001 \text{ m}^2$. Lodička se vzorkem se zasune do spalovací trubky Marsovy pícky, která je vzduchotěsně připojena zadní stranou trubky k měřicímu přístroji na stanovení plynatosti / např. přístroj SVUM / a pomocí zátky s distančním drátem a kohoutem se utěsní tato trubka i s druhé strany. Kohout musí být při zasunování vzorku otevřený. Po zasunutí se ihned kohout uzavře a sleduje se výchylka vodní hladiny na přístroji / reometru /. Zaznamená se první maximální výchylka vodního sloupce, při které se pohyb sloupce přechodně na okamžik zastaví, nebo i poklesne. Přístroj se otevřením kohoutů manometru a reometru vyrovná na 0 a tím je

Schéma přístroje na měření plynatosti - SVOM



1 - uzavěr spalovací trubice

2 - lodička se vzorkem

3 - manometr

4 - kapilára, jejíž velikost po ocejchování
je dána konstantou přístroje

5 - reometr

měření ukončeno. Lodička se z pece vytáhne a položí na izolační podložku, pec se profoukne a po dosažení teploty $1\,000^{\circ}\text{C}$ / na tuto teplotu musí být Marsova pícka vždy zahřata před každým měřením / je opět připravena na další zkoušku.

Plynatost směsi se vypočte podle rovnice :

$$r = K \cdot \dot{d} \quad / \text{Kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} /$$

r = plynatost vzorku

K = konstanta přístroje / v případě přístroje SVÚM je $11,2 /$

$\dot{d}$ = dílky stupnice reometru / odečítané přesností $0,1\dot{d} /$

Z jednoho vzorku se dělají 3 měření, výsledek se zaokrouhluje na $0,1$.

3.2.2. 2. část

3.2.2.1. I. skupina

I když použití CT směsí a směsí s organickými pojivy ve slévárnách je stále v průběhu vývoje a stojí v popředí zájmu slévačů, je nutno přiznat, že větší průmyslové rozšíření u nás je podmíněno výrobou tuzemského pojivového systému a dořešením řady hygienických problémů. Tato okolnost pak zcela vyavětluje orientaci k anorganickým pojivovým systémům. Mezi ně patří i samotuhnuací směsi s kapalnými tužidly, které skýtají řadu předností. Patří mezi ně např. : hygienická nezávadnost, ekonomická dostupnost, ovladatelné stuzování v širokých mezích, nepatrný vývin plynů během lití.

Úkolem této části mé diplomové práce je navrhnout co nejvhodnější metody pro rychlé a dostatečně spolehlivé odzkoušení samotuhnuacích směsí s anorganickými pojivy a tekutými tužidly. Hlavní metody pro zkoušení těchto směsí jsou seřazeny podle důležitosti a v druhé skupině této části jsou také popsány zkoušky týkající se některých vlastností již zhotovených jader. Všechny tyto metody slouží k vyhodnocení základních mechanických a technologických vlastností jádrových směsí.

ad a/ pevnost v tlaku ST směsí

1. Podstata zkoušky

Ze zkoušené směsi se sestaví normalizované válečky, u kterých se v určitých časových intervalech od zhotovení zkouší pevnost v tlaku. Pevnost v tlaku se vyjadřuje v MPa.

2. Zkušební zařízení

Speciální jaderník pro 12 zkušebních tělísek, skládající se z podložky, spodní rozebíratelné části, horní části jaderníku, násypky a 12-ti kusů válečků o hmotnosti $0,675 \pm 0,01$ kg. Dále je to přístroj na stanovení pevnosti, např. GF typ PFA s doplňkem pro vysoké tlaky typ PHD, nebo jiný vhodný přístroj. Na střásání směsí v jaderníku je potřeba vibrační stolek.

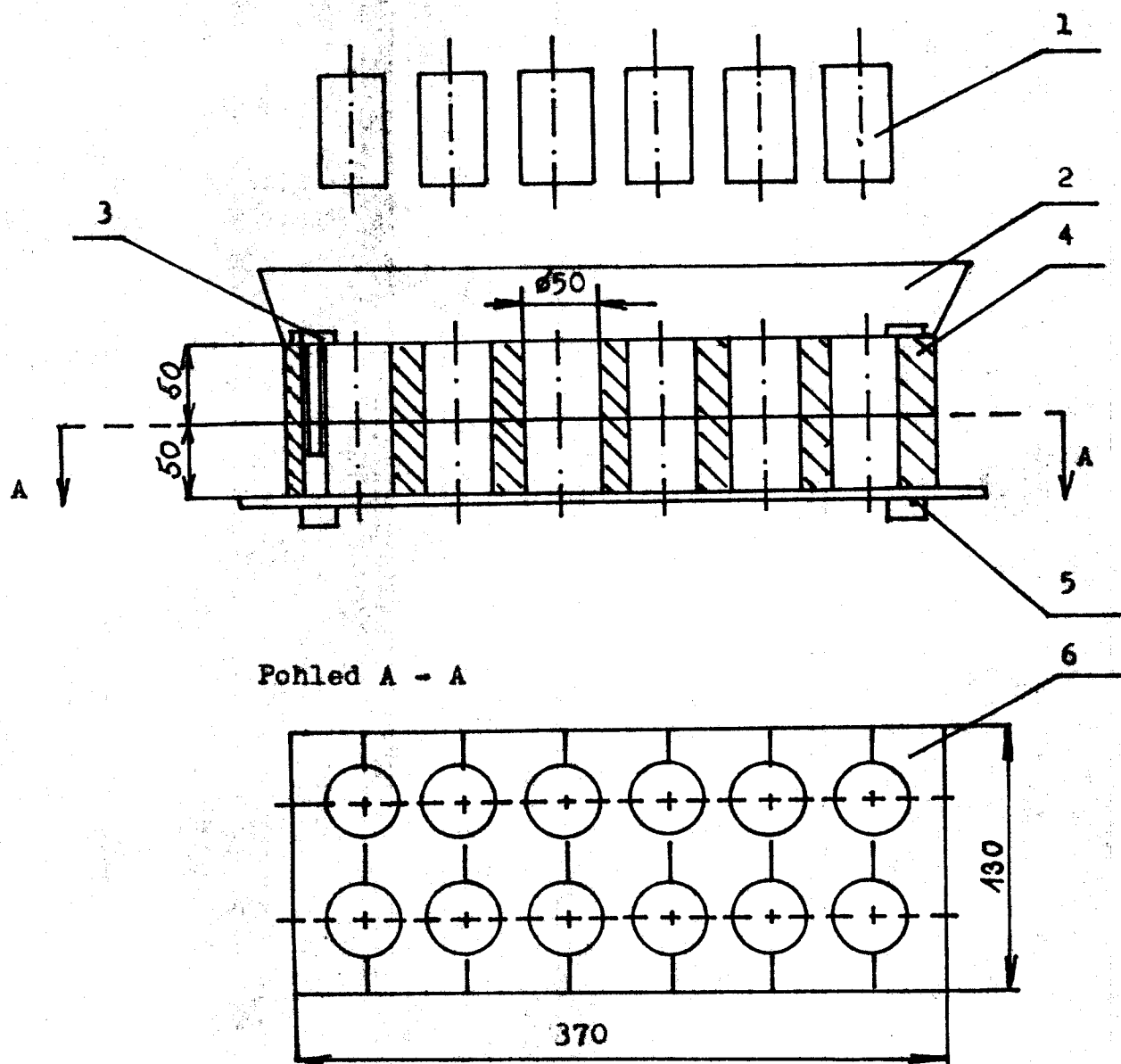
3. Postup zkoušky

- a/ Složený jaderník s nasazenou násypkou se umístí pod výpustný otvor mísiče, do násypky se napustí připravená směs a ručně se rozhrne tak, aby všechny otvory jaderníku byly zaplněny.
- b/ Násypka se odstraní, shrne se přebytečná směs, na jednotlivé otvory se nasadí válcová závaží a jaderník se umístí na vibrační stůl.
- c/ Vibruje se 10 s za stálého přidržování jaderníku.
- d/ Jaderník se položí na pracovní stůl a horní část jaderníku se zvedne tak, aby závaží zůstala stát na směsi ve spodní části. Závaží se odstraní, přebytečná směs se opatrně seřízne, aby nedošlo ke shrnutí směsi pod dělící rovinou, tedy z vlastního zkušebního tělíska.
- e/ Jaderník s válečky se pak těsně přikryje folií k zamezení povrchového osychání a v požadovaných intervalech se po odstranění stěny jaderníku odebírají vždy 2 válečky k měření pevnosti v tlaku.

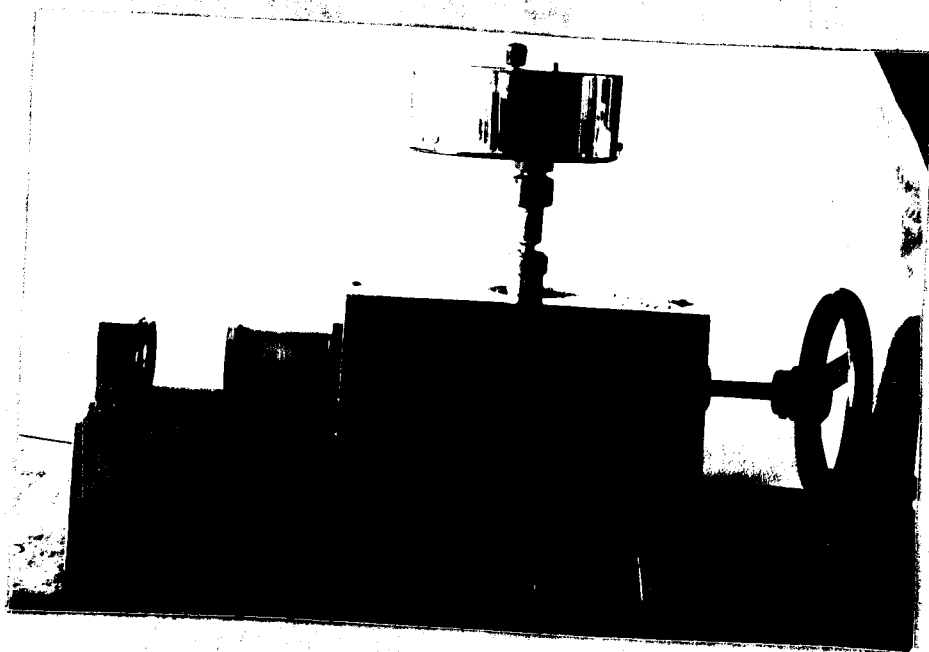
4. Vyhodnocení zkoušky

Pevnost v tlaku měřených válečků se odečítá na stupnici měřicího přístroje. Zněny pevnosti jednotlivých tělísek v závislosti na čase udávají reaktivitu zkoušené ST směsi / rychlost vytvrzování /.

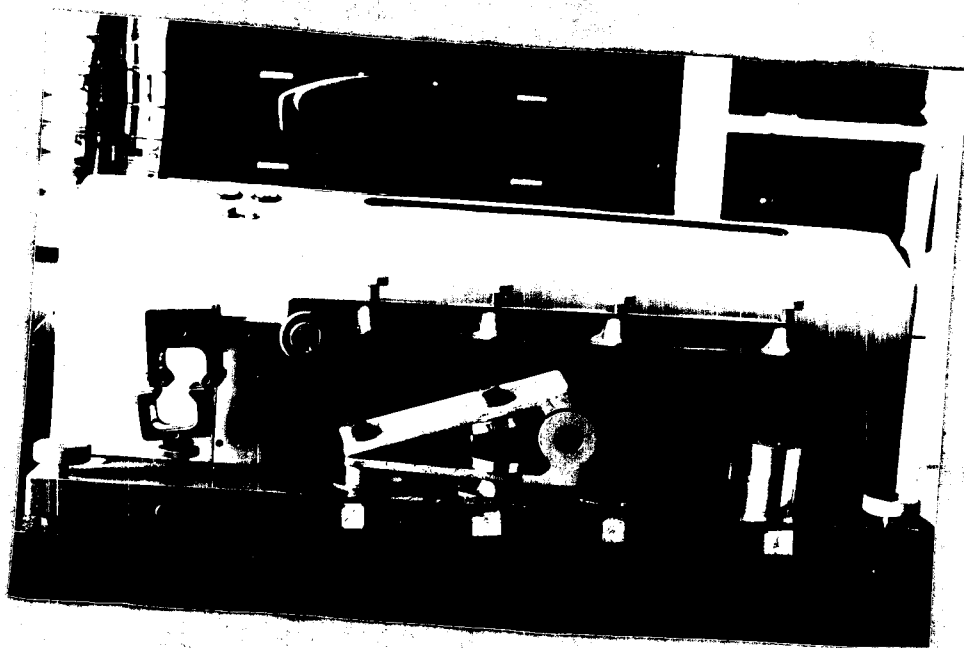
Schéma jaderníku na ST směsi se základními
rozměry - činné plochy jaderníku jsou po-
taženy teflonem



- 1 - závaží
- 2 - násypka
- 3 - zajišťovací kolík
- 4 - horní díl jaderníku
- 5 - podložka
- 6 - spodní díl jaderníku



Přístroj na měření pevnosti GF typ PFA



Polský přístroj na měření pevnosti LRU

U dvou souběžně zkoušených válečků by neměl být větší rozdíl, než 15%. Při plnění jaderníku je nutno zamezit "předpěchování" směsi volným pádem / větší výška, např. v provozu, zadržet proud směsi třeba rukou /.



Pěchovadlo GF - typ PRA

ad b/ pevnost zbytková

1. Podstata zkoušky

Měření pevnosti v tlaku zkušebních válečků, zahřátých po předepsanou dobu na zvolené teploty a zvolna v peci ochlazených. Zkouška je určitým měřítkem rozpadavosti směsi po odlití a zchlazení odlitků. Z jejich výsledků však nelze přímo usuzovat na chování jader z této směsi v odlitcích. Zbytková pevnost je udávána pevností v tlaku v MPa, doplněnou teplotou a dobou ohřevu.

2. Zkušební zařízení

Pro měření zbytkové pevnosti se používá přístroj pro zkoušení pevnosti, např. GF typ PFA, polský LRU a podobně. Pro zahřátí zkušebních válečků je třeba elektrická pec s automatickou regulací a s rozsahem do 1500°C . Pro přípravu zkušebních válečků se používají dělené jaderníky. Na jejich pěstování je vhodné pěstovadlo, např. GF typ PRA. Jako zkušební vzorek slouží standartní zkušební váleček $\varnothing 0,05$ m, výšky $0,05$ m, vytvrzený CO_2 , postupem uvedeným v metodě "pevnosti v tleku po vytvrzení / CT směsí /".

3. Postup zkoušky

- a/ Ze zkoušené směsi se připraví zkušební tělíska jako pro zkoušku pevnosti v tlaku po vytvrzení.
- b/ Tyto zkušební válečky se vloží do sušárny nebo pece vyhřáté na požadovanou teplotu. Po určené době se pec vypne a válečky se ponechají chladnout v otevřené peci.
- c/ Teploty a doby ohřevu se volí podle účelu zkoušek. Při základních zkouškách se např. používají teploty $20 - 200 - 400 - 600 - 800 - 1000 - 1200 - 1400^{\circ}\text{C}$, při nichž se zahřívá 2 hodiny. Pro porovnávací zkoušky postačí zúžený teplotní interval např. $600 - 800 - 1000^{\circ}\text{C}$ / odlitky ze šedé litiny / nebo $800 - 1000 - 1200 - 1400^{\circ}\text{C}$ / ocelové odlitky /.

4. Vyhodnocení zkoušky

Po vychlazení se u zkušebních válečků měří pevnost v tlaku - zbytková pevnost - v MPa. Z naměřených hodnot se stanoví závislost pevnosti na teplotě, z níž se usuzuje na rozpadavost jader ze zkoušené směsi.

Důležitá je změna objemu tělíska. Při zahřívání nad teplotu 1000°C nastává u křemenných ostřiv nevratná přeměna křemene na cristobalit, která se projevuje velkým nárůstem tělíska / lineární nárůst je asi 15% /. To vede k podstatnému snížení zbytkové pevnosti. Kdykoliv se zjišťuje zbytková pevnost po žhání nad teploty 1000°C , mají být zjišťovány i trvalé lineární změny tělísek. Měří se při tom změna výšky tělíska / posuvným měřítkem / o přesnosti $\pm 0,0001$ m a vyja-

druje v procentech původní výšky tělíska.

ad c/ pevnost povrchová

1. Podstata zkoušky

Stanovení povrchové pevnosti jader podle hloubky vtlačení kuličky tvrdoměru. Zkouška je vhodná pro syrová jádra s nižší pevností. Jednotkou povrchové pevnosti je číslo odečtené na stupnici indikátoru, která udává " jednotky pevnosti "/j.p.".

2. Zkušební zařízení

Používá se tvrdoměr GF, typ PFM, GM 246, případně tvrdoměr jiné výroby stejných parametrů. Zkušební vzorek je vodorovný, nebo svislý povrch jádra, který je přístupný a má plochu dostatečně velikou pro měření pevnosti. Místa měření pevnosti se určí na jádru předem.

3. Postup zkoušky

- a/ Tvrdoměr se přitlačí kolmo na povrch jádra tak, aby dosedl rovnoměrně na celou plochu; pružina přístroje vtlačí při tom kuličku do líce jádra.
- b/ Aretací se zajistí konečná poloha kuličky a ručičky na stupnici tvrdoměru a po sejmutí z jádra se odečtou stupně pevnosti /tvrdosti/ na indikátoru.
- c/ Odjištěním aretace se musí ručička indikátoru vrátit na 0 a tvrdoměr je připraven k dalšímu měření,
- d/ Měření se provádí minimálně 3x a uvede se průměrná hodnota. Jednotlivé hodnoty se nemají od průměru lišit o více než 6%, jinak je nutno provádět více měření na zkoušené ploše. Je nutno udržovat kolmou polohu tvrdoměru, a dát pozor na dokonalé odaretování /jinak brzdí/.

4. Vyhodnocení zkoušky

Výslednou hodnotou povrchové pevnosti je číslo odečtené na stupnici indikátoru v jednotkách pevnosti/ tvrdosti/. Je třeba pravidelně kontrolovat správnost přístroje tj. hodnoty 0 a 100 j.t. /na zcela hladkém kovovém povrchu / a snadnou pohyblivost měrné kuličky.

ad d/ prodyšnost ST směsí s vodním sklem

Prodyšnost těchto směsí se může měřit dvojím způsobem:

I. Stejným způsobem jako prodyšnost pýchovaných normalizovaných válečků s tím rozdílem, že zkušební vzorek - váleček 0,05/0,05 m je připravený odlitím ST směsí do dřevěného nebo kovového jaderníku, kde tuhne volně nebo pod zatížením 0,0065 MPa po dobu 10 až 15 minut. Postup zkoušky je dále již stejný, jak je popsáno v základní metodě " prodyšnost /kap. 3.2.1.3. ad e/.

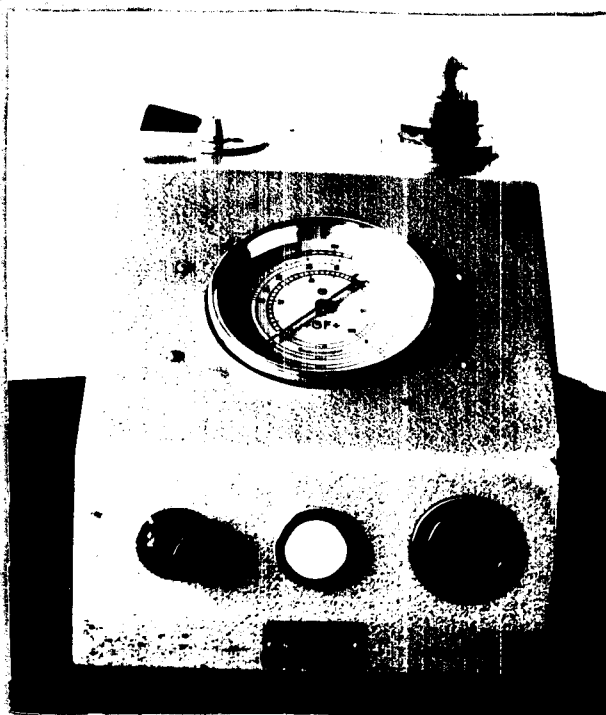
II. Novým způsobem podle VŠB, který odstraňuje určitý rozpor mezi měřením laboratorním a skutečnou prodyšností formy.

1. Podstata zkoušky

Prodyšnost se měří ve zvláštním přípravku speciálně vyrobeném pro samotuhnoucí směsí a ztekucené samotuhnoucí směsi. Dále se měří prodyšnost běžným způsobem na elektrickém přístroji pro měření prodyšnosti.

2. Zkušební zařízení

Používá se elektrický přístroj na měření prodyšnosti GF typ PED a speciální přípravek na zkoušení ztekucených ST směsí/ viz obr./.



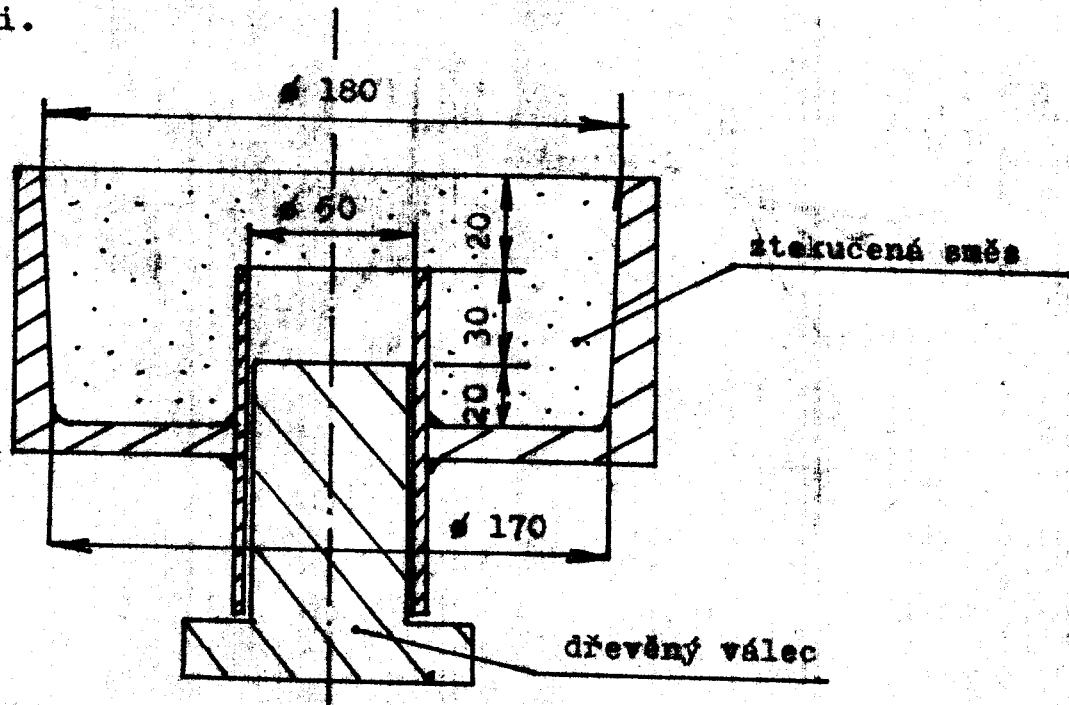
3. Postup zkoušky

- a/ Do přípravku, uzavřeného dole dřevěným válcem, se naleje až po okraj zkoušená směs a zarovná pravítkem.
- b/ Po stuhnutí se vyjme dřevěný válec, přípravek se nasadí na těsnicí guma přístroje pro stanovení prodyšnosti.
- c/ Měří se prodyšnost běžným způsobem a na manometru se odečítá hodnota prodyšnosti v j.p.SI.

4. Vyhodnocení zkoušky

Protože dráha filtrace vzduchu při měření prodyšnosti je 0,05 m a rovněž plecha filtrace je $0,00196 \text{ m}^2 / \varnothing 0,05 \text{ m}$ /, je možné odečítat prodyšnost přímo z manometru přístroje bez jakýchkoliv korekcí. Měřit prodyšnost je možné v různém časovém intervalu od přípravy směsi a graficky znázornit závislosti.

Poznámka: prodyšnost s tímto přípravkem / z důvodů rozměrových / je možno bez úprav měřit jen na elektrickém přístroji.



Přípravek pro měření prodyšnosti ST a ZST směsi

ad e/ stanovení vlhkosti

K stanovení vlhkosti se používají dvě základní metody: metoda s intenzivním sušením a metoda technologická.

I. Metoda s intenzivním sušením

Všechny druhy zařízení a přístrojů s intenzivním sušením vzorku / např. infra ap. / pracují při vyšších teplotách než 105°C , většinou se dosahuje teplot 150 až 230°C . Současně s menší navázkou vzorku $0,01$ až $0,02$ kg se dosáhne vysušení během 5 až 10 min. Nejpoužívanější a nejpřístupnější je rychlometoda stanovení vlhkosti pomocí infra-lampy. Podmínkou pro toto stanovení jsou vhodné rychlováhy s přesností $0,00005$ kg / např. GF typ SPGE /, které mají jednu stupnici v gramech a druhou v procentech vlhkosti pro navášku $0,02$ kg.

Při měření se postupuje tak, že vzorek $0,02$ kg se odváží, dá se sušit pod infra-lampu na 5 min a po této době se přemístí zpět na váhy, kde se na příslušné stupnici odečte procenta vlhkosti. Kompletní stanovení je hotovo za cca 6 minut. I když tento postup je rozšířen, je zatížen určitou chybou. Měřením bylo potvrzeno, že vlhkost formovacích směsí stanovená infralampou je v průměru o $0,2$ až $0,4$ % vyšší proti skutečné vlhkosti podle normované metody sušení do konstantní váhy při 105°C .

Tato metoda je vhodná pro ostřivo, formovací a jádrové směsi běžného typu. Nelze použít, obsahuje-li zkoušená směs látky, které se nad 110°C rozkládají.

Z dalších zařízení s intenzivním sušením jsou metoda tunelová a profukování teplým vzduchem, které se používají jen ojediněle.

V ČKD Hradec Králové se používá na měření vlhkosti metodou intenzivního sušení zvláštní zařízení vlastní konstrukce. Toto zařízení se skládá ze čtyř komor, z nichž každá je vybavena vlastní infralampou. Každá komora má čtyři libovolně nastavitelné polohy výšky pod infralampou. Navážený vzorek se pod infralampu umístí v plechové zásuvce s držákem - též vlastní konstrukce. Všechny infralampy jsou řízeny časovým relé. Navážka činí $0,02$ kg a vzorek se suší po dobu 10 minut / v určité poloze pod infralampou podle druhu směsi /.

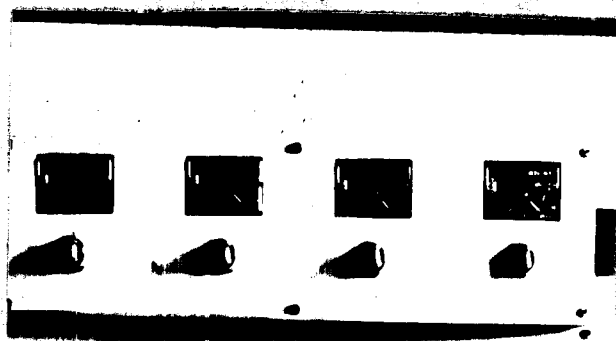
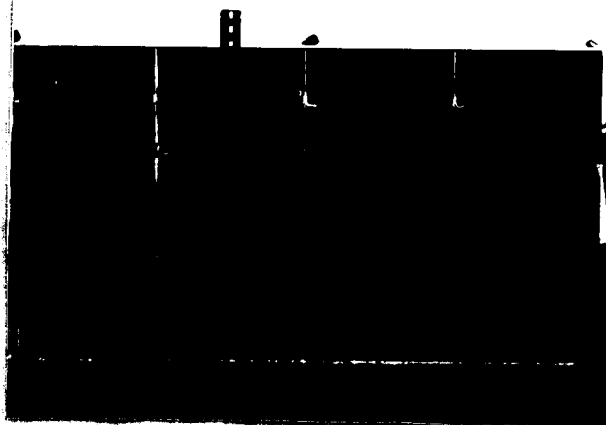


Schéma sušícího zařízení v ČKD Hradec Kr.



II. Metoda technologická

1. Podstatná zkouška

Navážený vzorek se vysuší při předepsané teplotě do ustálené hmotnosti.

2. Zkušební zařízení

Hlavním zařízením je elektrická sušárna s regulovatelnou teplotou do 110°C , hliníkové nebo skleněné odvažovací misky průměru 0,05 m a technické nebo analytické váhy do 0,1 kg s přesností nejméně 0,00001 kg. Na vysoušení látky je potřeba exikátor s vysoušecí látkou. Zkušební vzorek se liší, většinou je popsán v postupu zkoušky pro určitou směs.

3. Postup zkoušky

- a/ Asi 0,05 až 0,1 kg rozdrobeného vzorku se naváží při laboratorní teplotě s přesností 0,00001 kg do předem vysoušené a zvažované misky nebo skleněné kádinky.

- b/ Navážka se pak vysuší v sušárně při 105 až 110°C do ustálené hmotnosti, to jest nezjistí - li se po patnácti minutovém sušení úbytek větší než 0,1% hmotnosti.
- c/ Po vysušení se navážka nechá vychladnout na laboratorní teplotu v exsíkátoru s vysoušecí látkou a znovu se zváží s přesností 0,00001 kg. Výsledky se zaokrouhlí na desítiny procenta.

4. Vyhodnocení zkoušky

Při měření technologické vlhkosti se určuje vlhkost poměrná / relativní - W_p /, je vyjádřena v % z původní navážky vlhké látky, a vlhkost absolutní / W_a /, která je vyjádřena v % vysušené látky.

Výpočet:

vlhkost relativní $W_p = \frac{m_z - m_s}{m_z} \cdot 100$

vlhkost absolutní $W_a = \frac{m_z - m_s}{m_s} \cdot 100$

m_z = hmotnost navážky zkoušené látky / kg /

m_s = hmotnost téže navážky po vysušení / kg /

Běžně používaný název "vlhkost" bez bližšího označení platí pro vlhkost poměrnou / W_{pom} /. Při navažování vzorků s větší vlhkostí je nutné provádět měření rychle, aby vzorky neosychaly / teplota ovzduší, proudící vzduch ap. /.

3.2.2.2. II. skupina

Tato skupina obsahuje zkoušky určující změny vlastností již zhatených jader. Mezi tyto zkoušky patří:

- a/ navlhavost jader
- b/ skladovatelnost jader
- c/ rozpadavost jader

ad a/ navlhavost jader

1. Podstata zkoušky

Navlhavost jader / resp. směsí / lze vyjádřit dvojím způsobem:

A - zjištěním množství vlhkosti, které je jádro schopno přijmout za stanovenou dobu a za daných podmínek z atmosféry

B - změnou pevnostních vlastností po navlhnutí vůči pevnostem původním.

Navlhavost se udává v procentech přírůstku hmotnosti / původní hmotnost = 100 % / nebo v procentech změny pevnosti / původní pevnost = 100 % /.

2. Zkušební zařízení

Používá se přístroj na stanovení pevností zkušebních tělísek / např. GF ap. /, technické váhy s přesností 0,0001 kg a exsikátor s vodou. Zkušební vzorkem jsou vytvrzená zkušební tělíska: trámečky na pevnost v ohybu, nebo válečky na pevnost v tlaku.

3. Postup zkoušky

Metoda A

- a/ Zkušební tělíska se po vytvrzení a zchladnutí zváží s přesností 0,0001 kg a uloží do exsikátoru. Při teplotě 20 až 25°C a relativní vlhkosti 98 až 100 % se zde ponechají 24 hodin.
- b/ Pak se tělíska vyjmou a rychle zváží s přesností 0,0001 kg.

Metoda B

- a/ Zkušební tělíska se po vytvrzení a zchladnutí rozdělí. U první poloviny se ihned určí pevnost, druhá se uloží do exsikátoru. Při teplotě 20 až 25°C a relativní vlhkosti 98 až 100 % se zde ponechají 24 hodin.
- b/ Pak se tělíska vyjmou a zjistí jejich pevnostní hodnoty.

4. Vyhodnocení zkoušky

Metoda A

Navlhavost se stanoví z rozdílu hmotnosti tělísek před a po zkoušce navlhavosti a vyjádří se v procentech

$$N_v = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100 / \% /$$

m_s = hmotnost zkušebních tělísek před zkouškou /kg/

m_n = hmotnost zkušebních tělísek po zkoušce / kg /

Metoda B

Zařena pevnosti při navlhnutí se vypočítá z poměru pevnosti zkušebních tělísek před a po navlhnutí a vyjádří se v procentech

$$N_v = \frac{m_s}{m_n} \cdot 100 / \% /$$

m_n = je pevnost původních tělísek

m_s = pevnost tělísek po navlhnutí

Přírůstek hmotnosti při navlhnutí bývá někdy příliš malý, proto je většinou výhodnější / i z hlediska praktického /, zjišťovat změny pevnostních vlastností.

ad b/ skladovatelnost jader

1. Podstata zkoušky

Podstatou zkoušky je zjištění změn pevnosti v závislosti na době, po kterou si jádra uložená v prostředí o definované relativní vlhkosti a teplotě udrží stanovenou minimální pevnost. Měrnou jednotkou je doba, za kterou poklesla pevnost na minimální hodnotu předepsanou pro jednotlivé směsi a vyjádřenou v MPa, nebo v % původní pevnosti.

2. Zkušební zařízení

Běžná klimatizační skříň, příp. stejné podmínky jako při skladování jader v provozu a přístroj na měření pevnosti podle druhu zkušebních tělísek / např. GF /.

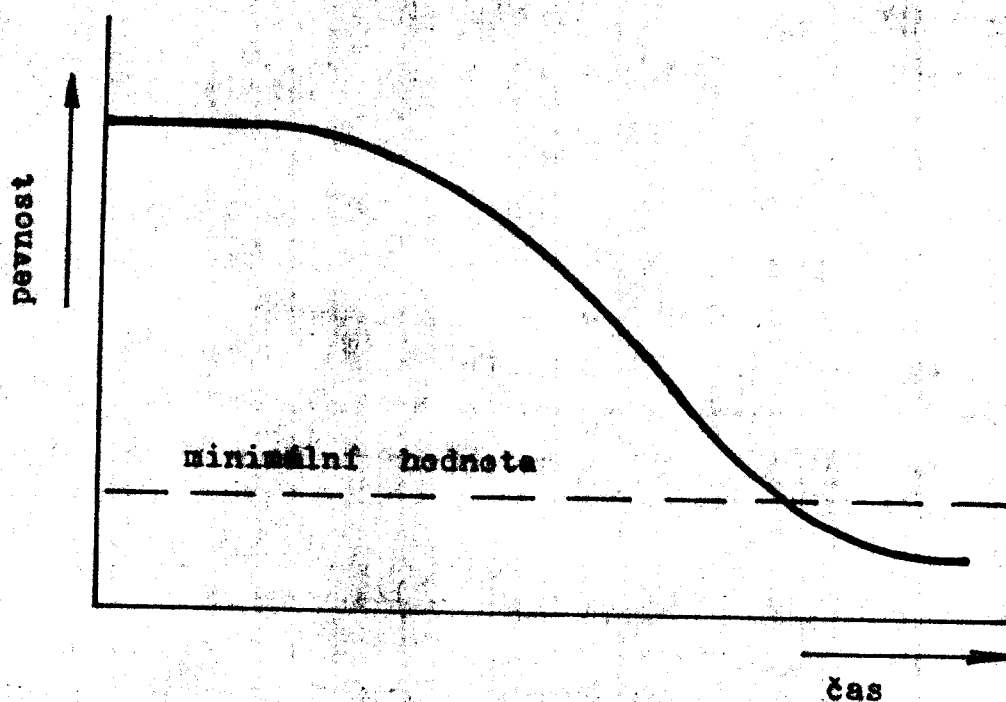
3. Postup zkoušky

- a/ zkoušební tělíska pro zkoušku pevnosti se nechají zchladnout a označena se vloží do klimatizační skříně.
- b/ Prostředí v klimatizační skříně se seřídí na relativní vlhkost 60 % a teplotu 20°C, nebo na prostředí, které je obdobné provoznímu.
- c/ Pevnost se většinou měří po 4, 8, 24, 48 hod a po sedmi dnech uložení / pokud není předepsáno jinak/.
- d/ Doba odležení a zkoušení se může změnit podle sledované směsi, proto je nutno ji vždy uvádět.

4. Vyhodnocení zkoušky

Měří se pevnost zkoušebních tělísek po skladování, porovnává se s původní pevností stejně připraveného tělíska před uložení ke zkoušce skladovatelnosti a vyjadřuje se v procentech původní pevnosti.

Příklad vyhodnocení:



ad c/ rozpadavost jader

1. Podstata zkoušky

Zjištění rozpadavosti jádra pokusného odlitku podle mechanické práce potřebné k vytlučení / vypačnutí / jádra z odlitku. Měrnou jednotkou je mechanická práce potřebná k vytlučení jádra uváděná v J / joulech / nebo v počtech úderů.

2. Zkušební zařízení

Kladivové vytloukáci zařízení / SVÚM / , jehož princip je tento: závaží na kyvadle je v pravidelných intervalech motorem zvedáno až do své konečné polohy; pak vlastní vahou spadne a udeří do zkušebního odlitku.

3. Postup zkoušky

- a/ Zkušební odlitek s jádrem se upne do přístroje.
- b/ Zapne se motor, kterým je poháněn zdvínací čep kyvadla, které při každém výkyvu udeří konstantní energií do odlitku.
- c/ Po vypačnutí posledního zbytku jádra se motor zastaví a na počítadle se zjistí počet úderů.

4. Vyhodnocení zkoušky

Rozpadavost se hodnotí počtem úderů potřebných k vytlučení jádra ze zkušebního odlitku; nebo se vypočítá mechanická práce v J / joulech / podle vzorce

$$E_r \text{ jednoho úderu} = m \cdot h \cdot g \text{ / J /}$$

Pro vytloukáci zařízení SVÚM platí hodnoty:

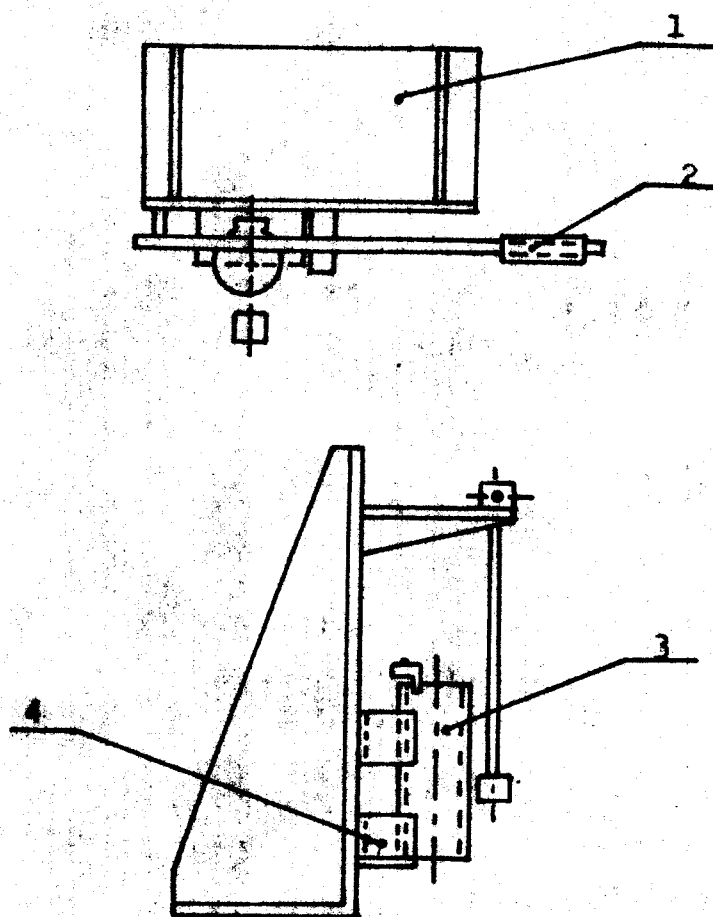
$m = 1,25 \text{ / kg /}$	závaží
$h = 0,5 \text{ / m /}$	výška pádu
$g = 9,81 \text{ / m.s}^{-2} \text{ /}$	gravitační zrychlení

Mechanická práce jednoho úderu E_r je 6,0 J / Joulu/.

Hrubé zacházení s odlitkem může již předem uvolnit část jádra a tím ovlivnit měřenou práci potřebnou k uvolnění jádra. U jader s mimořádně špatnou rozpadavostí

se někdy nepodaří uvolnit celé jádro vůbec ; pak lze hodnotit rozpadovost podle hmotnosti směsi, uvolněné v určité době. U jader s organickými pojivy může dojít při odlévání k prasknutí tramečku ; vznikne nožový nárůst, který vytvoří přepážku a brání vysypání uvolněné směsi z dutiny odlitků.

Schéma vytloukacího zařízení SVÚM



- 1 - stojan
- 2 - závaží
- 3 - odlitek s jádrem
- 4 - držák odlitku

4. Experimentální část.

=====

4.1. Vliv poměru Esteru DT 64 ku Esteru DT 46 na pevnostní hodnoty samotuhnoucích směsí s kapalnými tužidly.

V tomto měření jsem zjišťoval vliv různého poměru esterů v ST směsích s kapalnými tužidly. Ester DT 64 má velmi vysokou rychlost vytvrzování, Ester DT 46 má nízkou rychlost vytvrzování. Obě složky jsou dokonale smísitelné a změnou jejich vzájemného poměru je možno vytvořit libovolně odstupňovanou řadu tvrdidel, lišících se vytvrzovací rychlostí a zpracovatelností směsí.

V prvním měření jsem použil poměru Esteru DT 64 : Esteru DT 46 jedna ku jedné. Toto měření jsem vzal jako porovnávací pro další dvě měření. Pevnost zde narůstala již po 30 - ti minutách a po 3 hodinách dosahovala nejlepších hodnot ze všech tří měření.

V druhém měření jsem použil poměru Esteru DT 64 : Esteru DT 46 dva ku jedné. I přes dvojnásobnou dávku Esteru DT 64 byla vytvrzovací doba pomalejší než při poměru 1 : 1 a konečná pevnost byla též nižší. Měření nám ukázalo, že již malý podíl Esteru DT 46 způsobuje snížení pevnosti.

Ve třetím měření jsem použil poměru Esteru DT 64 : Esteru DT 46 jedna ku ^{dětem} dvěma. Dvojnásobné množství složky s nízkou rychlostí vytvrzování se zde projevuje pomalejším nárůstem povrchové pevnosti a pevnosti v tlaku. I výsledná pevnost v tlaku je nižší než u minulých dvou měření.

Po vyhodnocení těchto měření jsem se rozhodl po dohodě s konzultanty, že pro další měření budu používat pouze Esteru DT 64 s velmi vysokou rychlostí vytvrzování, protože konečné pevnostní hodnoty při prvním měření byly nejlepší ze všech tří. Použitím pouze Esteru DT 64 se pevnost v tlaku ještě zvýší a odpadne také pracné smíšení esteru v určitých poměrech.

K použití pouze Esteru DT 64 se později přistoupilo po provedených zkouškách i provozně ve slévárně č.1. v ČKD Hradec Králové u kontinuálního mísiče ADMR 8 na výrobu jader ze smotuhneucích směsí s kapalnými tužidly.

Vliv poměru Esteru DT 64 : Esteru DT 46 - 1. měření

Ostřivo T2S /0,36/ 100 hmot. dílů
 Vodní sklo 45 Be 3 " "
 Ester DT 64 0,15 " "
 Ester DT 46 0,15 " "
 Poměr DT 64 : DT 46 = 1 : 1

Čas /min, h/	Povrchová pevnost		Pevnost / MPa /
	zakrytá část	odkrytá část	
15 min	b 0	0	0
30 "	82	76	0,0255
45 "	90	80	0,1039
60 "	90	90	0,2981
75 "	"	"	0,7109
90 "	"	"	0,9806
120 "	"	"	1,5691
3 h	"	"	1,7162
24 "	"	"	3,8246
48 "	"	"	4,9033

/ graf č. 1 / (1)

Vliv poměru Esteru DT 64 : Esteru DT 46 - 2. měření

Ostřivo T2S /0,36/ 100 hmot. dílů
 Vední sklo 45 Be 3 " "
 Ester DT 64 0,20 " "
 Ester DT 46 0,10 " "
 Poměr DT 64 : DT 46 = 2 : 1

Čas /min,h/	Pevnostová pevnost		Pevnost / MPa /
	sakrytá část	odkrytá část	
15 min	0	0	0
30 "	0	0	0
45 "	0	0	0
60 "	83	75	0,1373
75 "	85	85	0,5099
90 "	89	89	0,8335
120 "	91	91	0,9316
3 "	"	"	1,4709
24 "	"	"	3,6039
48 "	"	"	4,8053

/ graf č. 1 / (2)

Vliv poměru Esteru DT 64 : Esteru DT 46 - 3. měření

Ostřívo T2S /0,36/ 100 hmot. dílů
 Vodní sklo 45 Be 3 " "
 Ester DT 64 0,10 " "
 Ester DT 46 0,20 " "
 Poměr DT 64 : DT 46 = 1 : 2

Čas /min,h/	Povrchová pevnost		Pevnost / MPa /
	zakrytá část	odkrytá část	
15 min	0	0	0
30 "	0	0	0
45 "	60	70	0,0343
60 "	82	70	0,3059
75 "	87	70	0,5295
90 "	85	72	0,7355
120 "	89	80	1,0787
3 h	90	90	1,6916
24 "	"	"	3,1872
48 "	"	"	3,6755

/ graf č. 1 / (3)

4.2. Vliv obsahu Esteru DT 64 : Esteru DT 46 v poměru 1 : 1 v závislosti na pevnostních hodnotách.

V tomto měření jsem zjišťoval závislost obsahu vodního skla a esterů na pevnost v tlaku. Ve všech případech byl poměr mezi Esterem DT 64 a Esterem DT 46 1 ku jedné. V prvním měření byl obsah vodního skla 3% a celkový obsah esterů 10% na obsah vodního skla. Použití této směsi bylo nejlepší ze všech tří měření. Pevnost směsi pomalu narůstala a dosahovala vysokých hodnot kolem 5 MPa. Jediný nedostatek je pomalý nárůst vaznosti, lze ji měřit až po 30,45 minutách.

Při druhém měření byl obsah vodního skla 2,5%. Celkový obsah esterů byl opět 10% obsahu vodního skla. Oproti prvnímu měření je zde již vidět pomalejší nárůst povrchové pevnosti i pevnosti v tlaku, ale přesto konečná pevnostní hodnota směsi je dobrá.

Při třetím měření byl obsah vodního skla 2%. Celkový obsah esterů byl opět 10% na obsah vodního skla. Oproti dřívejším dvěma měřením je patrný pozvolnější nárůst povrchové pevnosti a pevnost v tlaku dosahuje po 48 hodinách hodnoty 2,5 MPa.

Vliv obsahu Esteru DT 64 a Esteru DT 46 - 1.měření

Ostříve T2S /0,36/ 100 hmot.dílů
 Vodní sklo 45 °Bé 3 " "
 Ester DT 64 0,15 " "
 Ester DT 46 0,15 " "
 Poměr DT 64 : DT 46 = 1 : 1

Čas /min,h/	Povrchová pevnost		Pevnost / MPa /
	zakrytá část	odkrytá část	
15 min	0	0	0
30 "	32	25	0,0255
45 "	75	65	0,1039
60 "	82	76	0,2981
75 "	82	82	0,7109
90 "	90	90	0,9806
120 "	"	"	1,5691
3 h	"	"	1,7162
24 "	"	"	3,6039
48 "	"	"	4,9033

/ graf č. 2 / (1)

Vliv obsahu Esteru DT 64 a Esteru DT 46 - 2.měření

Ostřivo T2S /0,36/	100	hmot.dílů
Vodní sklo 45 °Bé	2,5	" "
Ester DT 64	0,125	" "
Ester DT 46	0,125	" "
Poměr DT 64 : DT 46 = 1 : 1		

Čas /min,h/	Povrchová pevnost		Pevnost / MPa /
	zakrytá část	odkrytá část	
15 min	0	0	0
30 "	40	60	0,0529
45 "	83	70	0,2922
60 "	80	72	0,2941
75 "	85	75	0,3334
90 "	84	68	0,7845
120 "	86	86	1,0787
3 "	90	90	1,2748
24 "	"	"	2,4516
48 "	"	"	3,3047

/ graf č. 2 / (2)

Vliv obsahu Esteru DT 64 a Esteru DT 46 - 3.měření

Ostřivo T2S /0,36/ 100 hmot.dílů
 Vodní sklo 45°Bé 2 " "
 Ester DT 64 0,1 " "
 Ester DT 46 0,1 " "
 Poměr DT 64 : DT 46 = 1 : 1

Čas /min,h/	Povrchová pevnost		Pevnost / MPa /
	zakrytá část	odkrytá část	
15 min	0	0	0
30 "	60	50	0,0441
45 "	75	68	0,1814
60 "	79	70	0,4217
75 "	82	82	0,6374
90 "	85	85	0,9316
120 "	86	86	1,8387
3 h	90	90	0,8826
24 "	"	"	1,5691
48 "	"	"	2,5442

/ graf č. 2 / (3)

4.3. Vliv přísad do samotuhnoucích směsí s anorganickými pojivy a kapalnými tužidly.

Druh a množství přísad do ST směsí tohoto druhu ovlivňuje různým způsobem konečné vlastnosti těchto směsí. Účelem dávkování těchto přísad je snaha o zlepšení technologických a fyzikálních vlastností těchto směsí.

V průběhu měření jsem zjistil, že pevnostní hodnoty se s množstvím přísad výrazně liší. Nejlepší hodnoty prokazovala směs bez přísad. Při měření jsem použil 2 druhy přísad: letek a rexol. Obě dvě přísady patří mezi uhlíkaté látky.

Letek je uhlíkatá látka, která vytváří ochrannou atmosféru proti zapékání odlitků. Při měření jsem zjistil, že pevnostní hodnoty s přidávkou letku klesají. Je to způsobeno tím, že letek je přísada prášková, která snižuje výslednou pevnost oproti směsím bezprachových částic. Používá se ale hlavně pro své příznivé účinky na vytvoření atmosféry proti zapékání, protože jeho konečné pevnostní hodnoty 2 - 3 MPa jsou pro slévárenské účely stále použitelné.

Rexol je též uhlíkatá látka, ale tekutá. Je to roztok petroleje a asfaltu. Na směs působí tím, že petrolej se při odlití kovu vypaří a asfalt působí v podstatě jako pojivo /lepidlo/. Směs s rexolem vykazovala stejné hodnoty jako směs bez přísad, i když byly vidět v některých časových intervalech nepatrné výchylky pevnosti v tlaku ve prospěch směsi bez přísad.

Přísady tohoto druhu se přidávají v ČKD Hradec Králové pouze s důvodem vytvoření ochranné atmosféry proti zapékání.

Vliv přísad do ST směsí - 1. měření

Ostřivo T2S /0,36/	100	hmot.dílů
Vodní sklo 45 °Bé	3	" "
Ester DT 64	0,15	" "
Ester DT 46	0,15	" "
Přísady	0	%
Poměr DT 64 : DT 46 = 1 : 1		

Čas /min,h/	Povrchová pevnost		Pevnost / MPa /
	zakrytá část	odkrytá část	
15 min	0	0	0
30 "	82	76	0,0255
45 "	90	80	0,1030
60 "	90	90	0,2981
75 "	"	"	0,7109
90 "	"	"	0,9806
120 "	"	"	1,5691
3 h	"	"	1,7162
24 "	"	"	3,8246
48 "	"	"	4,9033

/ graf č. 3 / / 1 /

Vliv přísad do ST směsí - 2. měření

Ostřivo T2S /0,36/	100	hmot.dílů
Vodní sklo 45 °Bé	3	" "
Ester DT 64	0,15	" "
Ester DT 46	0,15	" "
Letek	1	%
Poměr DT 64 : DT 46 = 1 : 1		

Čas /min.h/	Povrchová pevnost		Pevnost / MPa /
	zakrytá část	odkrytá část	
15 min	0	0	0
30 min	0	0	0
45 "	0	0	0
60 "	80	75	0,1177
75 "	85	85	0,4020
90 "	88	88	0,3432
120 "	90	90	0,5393
3 h	"	"	1,0296
24 "	"	"	2,6478
48 "	"	"	2,7176

/ graf č. 3 / 12/

Vliv přísad do ST směsí - 3. měření

Ostřivo T2S /0,36/	100	hmot.dílů
Vodní sklo 45 °Bé	3	" "
Ester DT 64	0,15	" "
Ester DT 46	0,15	" "
Rexol	0,5	%
Poměr DT 64 : DT 46 = 1 : 1		

Čas /min,h/	Povrchová pevnost		Pevnost / MPa /
	zakrytá část	odkrytá část	
15 min	0	0	0
30 "	0	35	0,0382
45 "	0	0	0
60 "	72	65	0,1176
75 "	82	70	0,3040
90 "	85	83	0,5295
120 "	90	90	0,9807
3 h	"	"	1,5691
24 "	"	"	4,8053
48 "	"	"	4,2659

/ graf č. 3 / /3/

4.4. Vliv druhu ostřiva na pevnost samotuhnoucích směsí s kapalnými tužidly.

Výsledná hodnota povrchové pevnosti, její nárůst je závislá nejen na obsahu vodního skla a esterů, ale také na druhu ostřiva. Na druhu a složení ostřiva závisí také výsledná pevnost směsí.

Pro ostřivo jsou rozhodující dvě vlastnosti: druh ostřiva, tj. chemické a mineralogické složení a jemnost neboli disperzita, tj. tvar, velikost a rozdělení částic. Vedle těchto dvou vlastností musíme ještě zahrnout vliv tepelného namáhání částic, jejich vliv na rozpukávání a pérovitost. Všechny tyto vlastnosti mají důležitý vliv na jakost směsí.

V hlinitých směsích zvláště bentonitových má tvar zrna vliv na zpěchovatelnost směsí. Rozměr zrn má nepatrný vliv. Ostrohraný písek je hůře zpěchovatelný, prodyšnost je u ostřiv s hranatými zrny větší, což logicky souvisí s menší zpěchovatelností. Ostrohrané písky mají nižší pevnost za syrova i po vysušení.

U jádrových směsí je důležité, aby neobsahovaly hlínu ani prach. Prachové částice mají menší pevnost než samotná zrna a zmenšují tím i celkovou pevnost směsí.

Při měření jsem použil čtyři druhy ostřiva:

Ostřivo Šajdíkovy Humence ŠH 27

Provodín T2S /0,36/

Břehy / lokalita Břehy u Přelouče - 0,27 /

Zvěřinec / lokalita Kluky - 0,27 / + T2S / 0,36/
- 71 -

/ obě složky v poměru 1:1 /

Ostřivo Šajdíkovy Humence / ŠH 27 /

Tato směs má nejlepší náběh pevnosti, rozdíl oproti směsi Zvěřinec + T2S je v tom, že osychání je pomalejší, po patnácti minutách nelze ještě měřit, protože směs je stále v plastickém stavu.

Ostřivo Břehy / 0,27 /

Pevnost u tohoto ostřiva stoupá rovnoměrně bez velkých výkyvů. Nedosahuje však za stejný časový úsek ve srovnání s ostatními uvedenými ostřivy /např. T2S / takových hodnot. Jeho pevnostní hodnoty jsou menší i když už po patnácti minutách lze měřit, váleček se nerozpadá, hmota rychleji tuhne v počátečním stavu.

Ostřivo T2S / 0,36 /

Toto ostřivo se ukazuje jako nejlepší ostřivo na jádrové směsi typu ST ze čtyř druhů uvedených ostřiv. Jeho pevnost stále stoupá s rostoucím časem. Při kontrolním měření po 72 hodinách dosáhlo hodnoty 4,5 MPa. Pro tyto výborné pevnostní hodnoty jsem použil tohoto ostřiva pro všechna další měření.

Ostřivo Zvěřinec + T2S / 0,36 / v poměru 1 : 1.

Při měření pevnosti je zde vidět určitý pokles po devadesáti minutách. V tomto čase je pokles pevnosti způsoben větším obsahem prachových částic v ostřivu Zvěřinec, které brzdí tuhnutí v celém objemu válečku. Ve slévárně č.l. se používá pro výrobu jader z ST směsi ostřivo T2S. Nejedná se ale o ostřivo T2S /0,36 /, ale toto ostřivo se skládá z dvou složek: Jedna složka je 1 díl ostřiva T2S / 0,70 / a druhá složka se skládá z dvou dílů ostřiva T2S / 0,36/. Toto smísení má vliv na konečnou zrnitost ostřiva, která se pohybuje od 0,0004 do 0,00042 m.

Vliv druhu ostříva - 1. měření

Ostřívo T2 S/ 0,36 /	100 hmot. dílů
Vodní sklo 45 Be	3 " "
Ester DT 64	0,3 " "

Čas / min, h /	Povrchová pevnost		Pevnost / MPa /
	zakrytá část	odkrytá část	
15 min	82	0	0
30 "	82	78	0,2353
45 "	90	79	0,8629
60 "	90	90	0,6865
75 "	"	"	1,3729
90 "	"	"	1,6377
120 "	"	"	1,1964
3 h	"	"	2,7176
24 "	"	"	4,1678
48 "	"	"	4,2659

/ graf č. 4 / / 1 /

Vliv druhu ostřiva - 2. měření

Ostřivo T2S /0,36/ + Zvěřinek	100	hmot. dílů
Vodní sklo 45 Bè	3	" "
Ester DT 64	0,3	" "
Poměr T2S : směsi Zvěřinek = 1 : 1		

Čas /min, h/	Pevnostová pevnost		Pevnost / MPa /
	sakrytá část	odkrytá část	
15 min	60	30	0,0343
30 "	87	80	0,3138
45 "	89	82	0,7158
60 "	91	91	0,5589
75 "	"	"	1,1542
90 "	"	"	1,0297
120 "	"	"	1,6867
3 h	"	"	1,3925
24 "	"	"	2,7164
48 "	"	"	3,0596

/ graf č. 4 / / 2 /

Vliv druhu ostřiva - 3. měření

Ostřivo Šajdíkoví Humence ŠH-27 100 hmet. díla

Vodní sklo 45 Be 3 " "

Ester DT 64 0,3 " "

Čas /min, h/	Povrchová pevnost		Pevnost / MPa /
	Zakrytá část	odkrytá část	
15 min	0	0	0
30 "	55	60	0,0726
45 "	83	75	0,3138
60 "	90	90	1,0493
75 "	"	"	1,3239
90 "	"	"	1,0299
120 "	"	"	2,1575
3 h	"	"	1,6671
24 "	"	"	3,3343
48 "	"	"	3,0891

/ graf č. 4 / 13/

Vliv druhu ostřiva - 4. měření

Ostřivo Břehy

100 hmot. dílů

Vodní sklo 45 Be

3 " "

Ester DT 64

0,3 " "

Čas /min, h/	Povrchová pevnost		Pevnost / MPa /
	zakrytá část	odkrytá část	
15 min	87	72	0,2531
30 "	89	80	0,4707
45 "	91	82	0,4903
60 "	92	92	0,2942
75 "	"	"	0,5881
90 "	"	"	0,7845
120 "	"	"	0,8581
3 h	"	"	0,8336
24 "	"	"	1,7897
48 "	"	"	2,1084

/ graf č. 4 / / 4 /

4.5. Vliv vlhkosti na pevnostní hodnoty ST směsí s kapalnými tužidly.

Velmi důležitou podmínkou pro kvalitní hodnotu ST směsí je obsah vody, která se může dostat do směsí například s ostřivem, které nebylo řádně vysušeno. Již samotné vodní sklo jako pojivo obsahuje v sobě přibližně 60% vody a dalším přidáním vody toto zahuštěné vodní sklo vlastně ředíme a tím snižujeme jeho pojiví schopnost.

Při svém měření jsem použil odstupňované vlhkosti v procentech:

0 %

1 %

2 %

3 %

Větší vlhkosti jsem již nezkoušel, protože již při 1% vody pevnost enormě klesá a při 3% vody jsou pevnostní hodnoty již velmi malé, takže další dávkování vody by již znamenalo zamezení možností měření.

Vodu jsem dávkoval do dokonale vysušeného ostřiva v peci při teplotě 105°C po dobu 1 hodiny.

Vlhkost znamená velké nebezpečí pro kvalitu samotuhnuvících směsí s kapalnými tužidly. Proto se musí dodržovat dokonalé vysušení ostřiva. Znamená to zabezpečit suchý prostor pro skladování písku, pojiv a dalších přísad.

Vliv obsahu vlhkosti - 1. měření

Ostřivo T2S / 0,36 /	100	hmot. dílů
Vodní sklo 45 °Bé	3	" "
Ester DT 64	0,3	" "
H ₂ O	1	%

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,411600
45 "	0,215600
60 "	0,588000
2 h	0,803600
3 "	1,058400
4 "	0,619360
26 "	0,784000
28 "	1,128960

/ graf č. 5 / / 2 /

Hodnoty směsi s 0 % vlhkosti jsou uvedeny v části
"vliv druhu ostřiva - 1. měření" na straně 73.

Vliv obsahu vlhkosti - 2. měření

Ostrivo T2S / 0,36 /	100	hmot. dílů
Vední sklo 45 °Bé	3	" "
Ester DT 64	0,3	" "
H ₂ O	2	%

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0
45 "	0,058800
60 "	0,098000
2 h	0,254800
3 "	0,254800
4 "	0,243040
6 "	0,176400
24 "	0,352800

/ graf č. 5 / /3/

Vliv obsahu vlhkosti - 3. měření

Ostřivo T2S / 0,36 /

100 hmot. dílů

Vodní sklo 45°Bé

3 " "

Ester DT 64

0,3 " "

H₂O

3 %

Čas / min, h, /	Pevnost / MPa /
30 min	0
45 "	0
60 "	0
2 h	0
3 "	0,039200
4 "	0,039200
6 "	0,058800
24 "	0,125440

/ graf č. 5 / / 4 /

4.6. Vliv teploty na pevnostní hodnoty ST směsí z kapalnými tužidly.

Snahou těchto měření bylo zjistit, zda teplota má vliv na výslednou kvalitu směsi. Různá roční období mění teplotu uvnitř sléváren, vysušené ostřívo a zhotovené směsi o určité teplotě jsou dopravovány pásy po určitou dobu, a tím se i mění jejich teplota. Přidávání pojiv a tužidel o různé teplotě snižuje nebo zvyšuje výslednou teplotu směsi. Tyto a mnohé další aspekty ovlivňují jakost směsí.

Při všech 6 měřeních byly všechny komponenty směsí zahřáty nebo ochlazený na danou teplotu, smíseny a potom vytvrzovány na vzduchu při teplotě 21°C . Sledoval jsem vliv pevnosti na teplotě výchozích komponent.

Všechna měření prokázala, že teplota má vliv na pevnostní hodnoty směsí. Nejlepších hodnot dosahovala směs o teplotě komponent 20°C , potom s klesající teplotou po 5°C pevnostní hodnoty klesaly až dosáhly po 24 hodinách skoro polovičních hodnot oproti směsi o teplotě komponent 20°C .

Vliv teploty - 1. měření

Ostřivo T28 / 0,36 /	100	hmot. dílů
Vodní sklo 45 °Bé	3	" "
Ester DT 64	0,3	" "
Teplota	0	°C

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,431200
45 "	0,578200
60 "	0,721280
2 h	1,097600
3 "	1,489600
4 "	1,568000
6 "	1,489600
24 "	2,960000

/ graf č. 6 / /1/

Vliv teploty - 2. měření

Ostřívo T2S / 0,36 /	100	hmot. dílů
Vodní sklo 45 °Bé	3	" "
Ester DT 64	0,3	" "
Teplota	5	°C

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,250880
45 "	0,610480
60 "	0,674240
2 h	1,087800
3 "	1,215200
4 "	1,097600
6 "	2,151590
24 "	1,764000

/ graf č. 6 / /2/

Vliv teploty - 3. měření

Ostřivo T2S / 0,36 /	100	hmot. díla
Vodní sklo 45 °Bé	3	" "
Ester DT 64	0,3	" "
Teplota	10	°C

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,325200
45 "	0,466480
60 "	0,578200
2 h	0,842800
3 "	0,784000
4 "	1,019200
6 "	1,528800
24 "	2,151290

/ graf č. 6 / /3/

Vliv teploty - 4. měření

Ostřívo T2S / 0,36 /

100 hmot. dílů

Vodní sklo 45 °Bé

3 " "

Estet DT 64

0,3 " "

Teplota

15 °C

ČAS / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,395012
45 "	0,409721
60 "	0,319696
2 h	0,569766
3 "	0,709413
4 "	0,911400
6 "	1,047196
24 "	2,151290

/ graf č. 6 / / 4 /

Vliv teploty - 5. měření

Ostřivo T2S / 0,36 /	100	hmot. díla
Vodní sklo 45 °Bé	3	" "
Ester DT 64	0,3	" "
Teplota	20	° C

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,409721
45 "	0,509749
60 "	0,609581
2 h	0,459735
3 "	0,666400
4 "	0,891800
6 "	1,764000
24 "	3,844206

/ graf č. 6 / / 5 /

Vliv teploty - 6. měření

Ostřivo T2S / 0,36 /	100	hmot. díla
Vední sklo 45 °B4	3	" "
Ester DT 64	0,3	" "
Teplota	30	°C

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,276508
45 "	0,231421
60 "	0,609581
2 h	0,882540
3 "	1,255168
4 "	1,764000
6 "	2,353440
24 "	3,216368

/ graf 3. 6 / / 6 /

4.7. Vliv síry na pevnostní hodnoty ST směsí s kapalnými tužidly.

Pro odlévání hořčikovými slitin je třeba vytvořit po odlití kovu do formy vhodnou atmosféru, která zabráňuje přístupu vzdušného kyslíku ke kovu a tím zabráňuje jeho hoření, ke kterému je hořčík náchylný. Tento požadavek splňuje síra, která při styku kovu s formou nebo jádrem shoří na SO_2 a ten vytváří tuto ochrannou atmosféru. Protože v ČKD HK se uvažuje o použití ST směsí na výrobu jader pro odlévání hořčikovými slitin pro letecký průmysl, bylo nutno zjistit, zda přidáním síry do směsí se nemění jejich pevnostní hodnoty.

Provedl jsem celkem 8 měření. Čtyři měření obsahovaly 3,5% vodního skla a 0,35% Esteru DT 64 a čtyři měření obsahovaly 3% vodního skla a 0,3% Esteru DT 64.

Všechna měření dokázala, že s rostoucím obsahem síry pevnostní hodnoty klesají. Již při dvou procentech síry je výsledná pevnost podstatně nižší než u směsí z 0% síry. Ale přesto se tato směs dá použít pro slévarenské účely, protože dosahuje pevnosti kolem 2 MPa.

U směsí se čtyřmi až šesti procenty síry je již nutno zvážit, o jaký druh jádra se jedná a jakým způsobem bude vyrobeno. Po zvážení těchto podmínek je možné v některých případech těchto směsí použít.

Vyšší obsah síry se nedoporučuje používat, protože pokles pevnosti by byl příliš znatelný.

Pevnostní hodnoty v tomto měření nezáležely pouze na obsahu síry, ale také na odpovídajícím obsahu vodního skla. Směs se třemi a půl procenty vodního skla měla lepší pevnostní hodnoty než směs se třemi procenty vodního skla.

Vyššího obsahu vodního skla než 3,5% se v ČKD Hradec Králové nepoužívá z důvodů efektivnosti. Pevnostní hodnoty tohoto složení stačí sortimentu a složitosti výroby jader ze samotuhnuoucích směsí v tomto závodě.

Vliv obsahu síry - 1. měření3. % S

Ostřivo T28/0,36/	100	hmot.dílů
Vodní sklo 45 °Bé	3	" "
Ester DT 64	0,3	" "
Síra	0	%

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,409721
45 "	0,509749
60 "	0,609581
2 h	0,459735
3 "	0,509749
6 "	1,019242
24 "	3,844206
48 "	4,393379

/ graf č. 7 / 11

Vliv obsahu síry - 2. měření

3 % S

Ostřivo T2S /0,36/	100	hmot. dílů
Vodní sklo 45 ⁰ B4	3	" "
Ester DT 64	0,3	" "
Síra	2	" "

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,129644
45 "	0,214765
60 "	0,359708
2 h	0,434630
3 "	0,433120
6 "	0,914429
24 "	2,314369
48 "	3,491167

/ graf č. 7 / /2/

Vliv obsahu síry - 3. měření

Ostřivo T2S / 0,36 /

Vodní sklo 45 °Bé

Ester DTV64.

Síra

3 % S

100, hmot. díla

3 " "

0,3 " "

4 " "

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,329699
45 "	0,439730
60 "	0,459735
2 h	0,459735
3 "	0,409721
6 "	0,911400
24 "	1,176798
48 "	3,942273

/ graf č. 7 / /3/

Vliv obsahu síry - 4. měření

3 % S

Ostřívo T2S

100 hmot. dílů

Vodní sklo 45 °Bé

3 " "

Ester DF 64

0,3 " "

Síra

6 " "

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,139646
45 "	0,239674
60 "	0,294 787
2 h	0,399719
3 "	0,402072
6 "	0,842800
24 "	1,157184
48 "	1,196411

/ graf č. 7 / / 4 /

Vliv obsahu síry - 1. měření3,5 % S

Ostřivo T2S /0,36/	100	hmet.dílů
Vodní sklo 45°Bé	3,5	" "
Ester DT 64	0,35	" "
Síra	0	" "

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,429727
45 "	0,704509
60 "	0,660379
2 h	0,704509
3 "	1,127764
6 "	0,854560
24 "	5,491724
48 "	4,589512

/ graf č. 8 / /1/

Vliv obsahu síry - 2. měření

3,5 % S

Ostřivo T2S /0,36/

100 hmot.dílů

Vodní sklo 45°Bé

3,5 " "

Ester DT 64

0,35 " "

Síra .

2 " "

Čas / min,h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,387362
45 "	0,474641
60 "	0,539758
2 h	0,644689
3 "	0,824040
6 "	1,097600
24 "	2,883155
48	1,961330

/ graf č. 8 / /2/

Vliv obsahu síry - 3. měření

3.5 % S

Ostřivo T2S /0,36/

100 hmot. dílů

Vodní sklo 45°Bé

3,5 " "

Ester DT 64

0,35 " "

Síra

4 " "

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,229672
45 "	0,379713
60 "	0,479741
2 h	0,609581
3 "	0,784805
6 "	1,087800
24 "	2,647795
48 "	3,255807

/ graf č. 8 / / 3 /

Vliv obsahu síry - 4. měření3,5 % S

Ostřivo T2S /0,36/	100	hmot.dílů
Vodní sklo 45 ⁰ B4	3,5	" "
Ester DT 64	0,35	" "
Síra	6	" "

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
30 min	0,289688
45 "	0,289688
60 "	0,367357
2 h	0,529559
3 "	0,721280
6 "	1,186604
24 "	1,392544
48 "	0,902212

/ graf 8. 8 / / 4 /

4.8. Samotuhnoucí směsi s kapalnými tužidly a kaolitem.

Kaolit se přidává do jádrových a formovacích směsí pro svoje kladné působení na zvýšení vaznosti za syrova a při sušení na vzduchu, kde se samovolně spěvňuje a pro svoje výraznější působení na kvalitu odlitku. Dosahuje dobrých pevnostních hodnot.

Provedl jsem celkem šest měření. Tři měření s obsahem čtyř procent vody a s obsahem kaolitu:

1%
2%
3%

Další tři měření jsem provedl s obsahem šesti procent vody a s obsahem kaolitu:

1%
2%
3%

Zjistil jsem, že s rostoucím obsahem kaolitu stoupá vaznost a pevnost v tlaku zkoušené směsi. Důležitý není pouze obsah kaolitu, ale i obsah vody. Směsi se čtyřmi procenty vody vykazovaly lepší pevnostní hodnoty než směsi se šesti procenty vody.

Vliv kaolitu v ST směsích - 6 % H₂O - 1. měření

Ostřivo T2S / 0,36 /	100	hmot. dílů
Bentonit	5	" "
Kaolit	1	%
H ₂ O	6	%

Vlhkost	5,20 %
Prodyšnost	237 j. p.
Vaznost	0,030400 MPa
Pevnost v tlaku po vysušení v peci	
t = ihned	
T = 160 °C	0,742036 MPa

Pevnost v tlaku po sušení na vzduchu:

Čas / h /	Pevnost / MPa /
1 h	0,043149
2 "	0,057859
,6 "	0,156906
20 "	0,294199
24 "	0,156906
48 "	0,588399

/ graf č. 10 / / 1 /

Vliv kaolitu v ST směsích - 6 % H₂O - 2. měření

Ostřivo T2S / 0,36 /	100	hmot. dílů
Bentonit	4	" "
Kaolit	2	" "
H ₂ O	6	%

Vlhkost	5,5	%
Prodyšnost	217	" "
Vaznost	0,025824	MPa
Pevnost vtlaku po vysušení v peci		
t = 1 hod		
T = 160 °C	0,993740	

Pevnost v tlaku po sušení na vzduchu:

Čas / hod /	Pevnost / MPa /
1 h	0,034323
2 "	0,061781
6 "	0,225552
20 "	0,402072
24 "	0,470719
48 "	0,961052

/ graf č. 10 / 12/

Vliv kaolitu v ST směsích - 6 % H₂O - 3. měření

Ostrivo T2S / 0,36 /	100	hmot. díla
Bentonit	3	" "
Kaolit	3	" "
H ₂ O	6	%

Vlhkost

5,666 %

Prodyšnost

201 j. p.

Vaznost

0,0205939

Pevnost v tlaku po vysušení v peci

t = 1 hod
T = 160 °C

1,314091

Pevnost v tlaku po sušení na vzduchu:

Čas / min, h /	Pevnost / MPa /
1 hod	0,034323
3 "	0,071588
6 "	0,176519
20 "	0,451105
24 "	0,608012
48 "	0,862985

Vliv kaolitu v ST směsích - 4 % H₂O - 1. měření

Ostřivo T28 / 0,36 /	100	hmot. dílů
Bentonit	5	" "
Kaolit	1	" "
H ₂ O	4	%

Vlhkost

3,33 %

Průdyšnost

312 j. p.

Vaznost

0,036285

Pevnost v tlaku po vysušení v peci:

t = 1 hod

T = 150 °C

Pevnost v tlaku po sušení na vzduchu:

Čas / h /	Pevnost / MPa /
1 h	0,054917
2 "	0,094144
6 "	0,176519
20 "	0,402072
24 "	0,460912
48 "	0,598205

/ graf č. 9 / / 1 /

Vliv kaolitu v ST směsích - 4 % H₂O - 2. měření

Odřivo T28 / 0,36 /	100	hmot. díla
Bentonit	4	" "
Kaolit	2	" "
H ₂ O	4	%

Vlhkost

3,55 %

Prodyšnost

268 j. p.

Vaznost

0,031381

Pevnost v tlaku po vysušení v peci:

t = 1 hod

T = 160 °C

Pevnost v tlaku po sušení na vzduchu

Čas / h /	Pevnost / MPa /
1 h	0,050013
2 "	0,073549
6 "	0,245166
20 "	0,460912
24 "	0,637432
48 "	0,813 951

Vliv kaolitu v ST směsích - 4 % H₂O - 3. měření

Ostřivo T2S / 0,36 /	100	hmot. dílů
Bentonit	3	" "
Kaolit	3	" "
H ₂ O	4	%

Vlhkost 3,55 %
Prodyšnost 275 j. p.
Vaznost 0,025497

Pevnost v tlaku po vysušení v peci :

t = 1 hod

T = 160 °C

Pevnost v tlaku po sušení na vzduchu:

Čas / h /	Pevnost / MPa /
1 h	0,068646
2 "	0,125525
6 "	0,176519
20 "	0,608012
24 "	0,764918
48 "	1,181701

Zkouška nevládnosti - 1. měření

Ostřice U28 /0,36/

Vodní sklo 45 25

Estor DT 64

100. hmot. díln

3 " " "

0,3 " " "

3 válečky - měření pevnosti po 48 hodinách sušení na vzduchu

1. 2,30315 MPa

2. 2,13204 "

3. 2,12834 "

3 válečky - měření pevnosti po 48 hodinách uložení v mokré
kádli a vysušení po dobu 1 hodiny při teplotě 100°C

1. 1,97115 MPa

2. 1,13737 "

3. 1,13170 "

3 válečky - měření pevnosti po 48 hodinách uložení v mokré
kádli

1. pevnost 1,53807 MPa

hmotnost před vysušením 0,15572 kg

hmotnost po vysušení 0,13141 kg

vlhkost 1,483 %

2. pevnost 0,90065 MPa

hmotnost před vysušením 0,16212 kg

hmotnost po vysušení 0,13975 "

vlhkost 1,461 %

3. pevnost 1,17293 MPa

hmotnost před vysušením 0,14390 kg

hmotnost po vysušení 0,16146 kg

vlhkost 1,5 %

Válečky se nejednáce měřily na pevnost v tlaku,
pak se rozdrcené měřily, usušily v peci a opět měřily.

Technická zpráva - 1. část

Ostřiv: 125 / 0,15/		100 hmot.kiló
vzdělání 45° 34'		1,5 " "
Rozměr 12 42		0,35 " "
1. vlnění - měření povrchu po 40 hodinách uložení na vlnění		
1.	1,150120 000	
2.	0,000720 "	
3.	1,150840 "	
2. vlnění - měření povrchu po 40 hodinách uložení v měřítku		
Rozměr a vlnění po 40 h 1 hodiny při teplotě 150°C		
1.	1,40097 000	
2.	1,150050 "	
3.	1,150130 "	
3. vlnění - měření povrchu po 40 hodinách uložení v měřítku		
Rozměr		
1.	povrch	1,003263 000
	hmotnost povrchu	0,17064 00
	hmotnost povrchu	0,17063 00
	vlnění	2,15 00
2.	povrch	1,730164 000
	hmotnost povrchu	0,16162 00
	hmotnost povrchu	0,16042 00
	vlnění	0,794 00
3.	povrch	1,421565 000
	hmotnost povrchu	0,16214 00
	hmotnost povrchu	0,16093 00
	vlnění	0,794 00

Vlnění a měření měřily se povrch vlnění, jak se rozprostírá vlnění, vlnění vlnění a vlnění vlnění.

5. Návrh optimálního složení ST směsi

Nejlepší samotuhnoucí směs s kapalným tužidlem

Ester DT 64 má toto složení:

Ostřivo T2S /0,36/	100 hmotnostních dílů
Vodní sklo 45 ⁰ Bé	3 " "
Ester DT 64	0,30 " "

Tato směs má výborné pevnostní hodnoty, které překračují obvyklé technologické požadavky. Menší obsah Esteru DT 64 již neumožňuje dokonalé využití pojivých vlastností vodního skla. Větší obsah Esteru DT 64 podstatně zvyšuje pevnostní hodnoty směsi, což je z hlediska použití již zbytečné.

Nárůst pevnosti u této směsi začne stoupat až po patnácti minutách, což stačí na zaformování jádra a její hodnoty umožňují již po jedné hodině rozdělování jaderníků a vyjmutí jader, což urychluje oběh jaderníků a vyšší efektivnost výroby. Z hlediska efektivnosti je tato směs velmi výhodná a ohledem na vlastnosti, které od této směsi požadujeme. Její použití je velmi rozmanité, umožňuje vyrebit i velmi komplikované modely.

Po provedení základních zkoušek této směsi na podzim roku 1979 bylo přistoupeno k použití této směsi u nově instalovaného kontinuálního mísiče ADMR - 8/ dovoz z NDR / určeného k výrobě jader z této směsi ve slévárně č.1 v ČKD Hradec Králové. Tato směs se osvědčila i když byly nutné určité změny v dávkování z důvodu rychlejšího rozebírání jaderníků. U této provozní směsi se dávkuje o půl procenta vodního skla více, což ale znamená vyšší náklady na výrobu směsi. V budoucnu se uvažuje o snížení tohoto obsahu vodního skla na tři procenta, což odpovídá návrhu optimální směsi.

Závěr.

Účelem mé diplomové práce bylo vyhodnotit získané výsledky zkoušek samotuhnuoucích směsí a vypracovat návrh optimálního složení této směsi pro sortiment jader pro odlitky slévárny č.1 ČKD Hradec Králové včetně ekonomického zhodnocení.

Provedením měření a jejich vyhodnocením jsem došel k tomuto závěru:

- a/ Samotuhnuocí směsí s Esterem DT 64 patří mezi směsí s dobrými pevnostními hodnotami, které zcela postačují sortimentu jader vyráběných v ČKD Hradec Králové.
- b/ Důležitým aspektem výroby těchto směsí je vliv přísad a vliv prostředí / vlhkosti, teploty /, které výrazným způsobem ovlivňují výslednou kvalitu směsí. V budoucnu by se měly tyto vlivy podrobněji prostudovat a provést rozsáhlejší měření týkající se těchto problémů.
- c/ Tyto směsí vyhovují výrobě jednoduchých i složitějších jader. Je ekonomicky výhodnější používat je na jádra větších rozměrů. Jejich povrchová úprava nevyžaduje žádných výjimek oproti úpravě jader z chemicky tvrze- ných směsí.
- d/ Z hygienického hlediska jsou nezávadné, netoxické, nevyžadují zvláštních bezpečnostních opatření, vývin plynů při odlévání je minimální - nevyžaduje dokonalejšího odsávacího zařízení.
- e/ Při styku s odlitým kovem se vyskytly některé problémy. Provozně bylo zjištěno, že jsou určité potíže s připe- káním směsí na odlitek, sklon k zapečeninám a špatná vytloukatelnost jader z odlitků, což podstatně ztěžuje jejich čištění. Tyto problémy je třeba ještě více sle- dovat a snažit se o jejich vyřešení v některé z dalších prací na toto téma.

1/ From June to September 1941 a letter of 61
is sent to the Ministry of the Interior from June
with a request for the Ministry of the Interior.
The Ministry of the Interior has accepted the proposal
to the Ministry of the Interior from June 1941
with the Ministry of the Interior as the Ministry of the Interior
has accepted.

Seznam příloh :

Deset grafů - vliv povrchu ostrož	1
vliv chodu ostrož	2
vliv příklad	3
vliv dráhy ostrož	4
vliv vlnění	5
vliv teploty	6
vliv síly 5 vod. skla	7
1.52 " "	8
vliv tlaku 4 % H ₂ O	9
6 % H ₂ O	10

Seznam rozšíření jader v 100 Hradec Králové

Seznam literatury

- Kučla, K.: Příklady řešení termodynamických úloh - skripta VUT,
Brno 1978.
- Kučla, K.: Termodynamika - skripta VUT,
Brno 1978.
- Petržala, L.: Základy termodynamiky látek, Praha, 1978.
- Čejka, K.: Termodynamika a vodní pára jako pracovní
látky v parních strojkách, Brno, 1978.
- Čejka, K.: Termodynamika a parní stroje, Brno, 1978.

Jan Procházka

č. řádku	Trvanlivost složitost	Potravnost členitost	Údoby na jedné z hled. namáhání	Ostatní nároky	Dotaz používání ne železi	Výsledky měření
0	do 2	jednoduchá až složitá	malá až velká namáhání	-	na sušení	- na sušení - křivkové impregnace
1	2-15	jednoduchá až střední složitá	malé až střední namáhání	-	CT	- CT - ST organická - organická
2	15	jednoduchá až velká složitá	střední až velká tepelná namáhání	střední až velká statická a tlaková namáhání	CT	- CT - ST organická - organická
3	15-500	až středně složitá	malé namáhání	-	CT	- CT - ST organická
4	15-500	složitá až velmi složitá	středně až velká tepelná namáhání	střední až velká statická a tlaková namáhání	CT	- CT - ST organická - ST organická
5	15-500	složitá až velmi složitá	velká tepelná a tlaková namáhání	střední až velká statická a tlaková namáhání	CT	- ST organická - ST organická - CT
6	středně složitá	velká až velmi složitá	středně až velká tepelná a tlaková namáhání	střední až velká statická a tlaková namáhání	CT	- ST organická - ST organická - CT
7	15-500	středně až velká složitá	středně až velká tepelná a tlaková namáhání	střední až velká statická a tlaková namáhání	CT	- CT - ST organická - CT