

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojírenské metalurgie Školní rok: 1991/92

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Libora P e r n e r a
obor strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Ověření současných formovacích a jádrových směsí a návrh zlepšení přípravy těchto směsí nebo náhrada jinými druhy (ČEZ - Teplická strojírna).

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor stávajícího způsobu přípravy formovacích a jádrových směsí v TES.
2. Určete jakost formovacích a jádrových směsí a určete negativní vlivy působící na zhoršování jakosti form. směsí v TES.
3. Zhodnoťte stávající typy směsí a navrhněte případně alternativní formovací a jádrové směsí s ohledem na zlepšení jakosti povrchu odlitků.
4. Nově navržené směsí porovnejte se směsí dosud užívanou a zhodnoťte je z hlediska technologického, ekonomického a ekologického.
5. Pokuste se o návrh nové přípravné formovacích a jádrových směsí
 - a) umístění.
 - b) způsob přípravy směsí.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ostravská knihovna
STROJNICKÁ 6
461 17 LIBEREC

KSM/SM

V 30/92S

Rozsah grafických prací: tabulky, grafy, schemata

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran

Seznam odborné literatury:

1. JABUREK, M.: Metody a zařízení pro zkoušení slév. form. látek. SVÚM-VSL, Brno, 1978.
2. VIGNER, M. - ZELENKA, A. - KRÁL, M.: Metodika projektování výrobních procesů. Praha, 1984.
3. Podklady z ČEZ - Teplická strojírna.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Simon, CSc.

Konzultant:

p. Milan Vančo (ČEZ - Teplická strojírna)

Zadání diplomové práce: 31. 10. 1991

Termín odevzdání diplomové práce: 29. 5. 1992



Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.

Vedoucí katedry

Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.

Děkan

V Liberci

dne 14. 11. 1991

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
Fakulta strojní

Obor 23 - 07 - 8
strojírenská technologie
zaměření
strojírenská metalurgie

OVĚŘENÍ SOUČASNÝCH FORMOVACÍCH A JÁDROVÝCH SMĚSÍ A NÁVRH
ZLEPŠENÍ PŘÍPRAVY TĚCHTO SMĚSÍ NEBO NÁHRADA JINÝMI DRUHY
(ČEZ - Teplická strojírna)

Libor Perner
KSM - 406

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Simon, CSc.

VŠST Liberec

Konzultant:

p. Milan Vančo

ČEZ - Teplická strojírna

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 67
Počet tabulek: 15
Počet obrázků: 13
Počet příloh: 14
Počet výkresů: -

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY U LIBERCÍ



3146075940

Datum: 29.5.1992

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

V Liberci dne 29.5.1992

Perner Libor

OBSAH

1.	ÚVOD	6
2.	SEZNÁMENÍ SE SOUČASNÝM STAVEM SLÉVÁRNY	7
2.1.	Historie závodu	7
2.2.	Prostorové uspořádání slévárny	8
2.3.	Způsob přípravy jádrových a formovacích směsí	12
2.3.1.	Příprava jádrových směsí	12
2.3.2.	Příprava formovacích směsí	13
3.	CHARAKTERISTIKA FORMOVACÍCH SMĚSÍ	15
3.1.	Změny probíhající ve formovací směsi při opakovaném použití.....	15
3.2.	Vlastnosti směsí	16
3.2.3.	Technologické vlastnosti formovacích směsí	19
3.3.	Hodnocení směsí	20
3.4.	Nejčastěji používané zkoušky	21
3.4.1.	Pevnost v tlaku za syrova - vaznost	21
3.4.2.	Prodyšnost	21
3.4.3.	Vlhkost	21
3.4.4.	Zbytková pevnost	22
3.4.5.	Pevnost po vysušení	22
3.4.6.	Pevnost po vytvrzení	23
3.4.7.	Zpěchovatelnost	23
3.4.8.	Sorpční kapacita metylenové modři	23
3.4.9.	Stanovení oolitizace rozpuštěním povlaků v kyselině fluorovodíkové	24
4.	VADY ODLITKŮ	25
4.1.	Přehled zmetků	25
4.1.1.	Souhrn zmetků podle vad - šedá litina	25

4.1.2.	Souhrn zmetků podle vad - Cr litina	27
4.2.	Vady odlitků vyskytující se v ČEZ Teplice, které souvisí s vlastnostmi formovacích a jádrových směsí	28
4.2.1.	Vady tvaru, rozměru a hmotnosti	28
4.2.1.1.	Nezaběhnutí	28
4.2.1.2.	Zatekliny	29
4.2.1.3.	Vyboulení	30
4.2.1.4.	Nedodržení rozměrů	30
4.2.2.	Vady povrchu	31
4.2.2.1.	Přípečeniny	31
4.2.2.2.	Zavaleniny	32
4.2.2.3.	Zálupy	32
4.2.3.	Dutiny	34
4.2.3.1.	Bublíny	34
4.2.4.	Vměstky	35
4.2.4.1.	Zadrogeniny	35
4.2.4.2.	Nekovové vměstky	36
4.3.	Shrnutí rozboru zmetkovitosti	36
5.	PRAKTICKÁ ČÁST	38
5.1.	Zjišťování vlastností stávajících jádrových směsí	39
5.2.	Zjišťování vlastností stávajících formovacích směsí	41
5.3.	Návrh nových formovacích směsí	45
5.3.1.	Vlastnosti navrhované směsi	45
5.3.2.	Zjišťování vlastností navržených formovacích směsí	47
5.3.3.	Vyhodnocení navržených směsí	55

5.3.4.	Zkušební odlévání do vybraných formovacích směsí	56
5.3.5.	Ekonomické hodnocení navržené směsi	58
5.4.	Celkové zhodnocení navržené směsi	60
6.	NÁVRH NOVÉ PŘÍPRAVNY FORMOVACÍCH A JÁDROVÝCH SMĚSÍ	62
6.1.	Návrh technického řešení úpravny jednotné formovací směsi	62
6.2.	Návrh technického řešení úpravny jádrových směsí	64
7.	ZÁVĚR	65
8.	SEZNAM LITERATURY	66
9.	SEZNAM PŘÍLOH	67

1. Ú V O D

Slévárenství je základním odvětvím ve výrobě strojů a zařízení všeho druhu.

Požadavky na zlepšení jakosti slévárenské výroby nám ukládají, abychom co nejlépe využívali nejnovějších poznatků v oblasti technologie a mechanizace na všech úsecích slévárenské výroby. Jedním z těchto poznatků je i moderní technologická metoda výroby forem z bentonitových směsí pro lití na syrovo. Je jednou z nejrozšířenějších technologií v současné době a jsou předpoklady, že se bude i nadále rozšiřovat a rozvíjet.

K výhodám lití na syrovo patří lepší využití pracovní plochy, úspora energie, snížení pracnosti, zvýšení produktivity práce, snížení spotřeby formovacích rámců, využívání vratného formovacího materiálu do nových směsí bez složitější úpravy.

V několika posledních letech byla provedena modernizace strojírenských provozů v Teplické strojírně. V průběhu příštích let se počítá též s modernizací slévárny. Již byl vypracován návrh na rekonstrukci, ale ještě nebyla dořešena celá technologická část. V první fázi rekonstrukce se bude měnit tavírna. Potom by měla následovat rekonstrukce pískového hospodářství.

V rámci mé diplomové práce bylo provedeno zhodnocení kvality současných formovacích a jádrových směsí. Poznatky získané při řešení diplomové práce by měly být použity při zavádění nové technologie přípravy jádrových a formovacích směsí.

2. SEZNÁMENÍ SE SOUČASNÝM STAVEM SLÉVÁRNY

2.1. Historie závodu

Závod vznikl v roce 1871 v Teplicích, jako firma na výrobu železničních vagónů pod názvem "Teplická továrna na výrobu vagónů". Postupem času se na závod začali obracet také okolní hnědouhelné doly, keramické závody, sklárny a jiní odběratelé. Postupně se přecházelo k výrobě kompletních stále složitějších zařízení. Časem došlo ke změně názvu na "Teplická strojírna", pod kterým pracuje závod dodnes.

V závislosti na požadavcích trhu byla omezována výroba vagónů a vzniká závod se všeobecnou strojírenskou výrobou. Podnik se začal specializovat na výrobu v oblasti energetických zařízení, a to na výrobu náhradních dílů.

V roce 1977 došlo ke sloučení s montážním závodem EGM Liberec. Takto vzniklá výrobní specializace má velkou výhodu v tom, že sortiment výrobků je sice velmi rozsáhlý, výroba je kusová, ale přece jen se cyklicky opakuje.

Hlavní výrobní náplní slévárny jsou protizávaží pro Destu Děčín ze šedé litiny a roštnice z chromové litiny. Dále jsou zde vyráběny odlitky ze šedé litiny potřebné pro strojírenský provoz.

Pro zabezpečení výroby náhradních dílů pro ČEZ a SHR a pro ostatní krajevou potřebu má slévárna nenahraditelnou funkci.

2.2. Prostorové uspořádání slévárny

Slévárna je členěná podle výrobní technologie do jednotlivých lodí a přístavků.

V lodi č. 1 je umístěna čistírna odlitků, a to jak ze strojní formovny, tak i z ruční formovny.

V lodi č. 2 je umístěna ruční formovna velkých odlitků na sušení, včetně výroby velkých jader. Formy jsou sušeny v komorové sušce, která je umístěna v čele tohoto pole. V druhém čele tohoto pole je umístěna tavírna se dvěma kuplovnami typu DOBROCHOTOV \varnothing 800 mm, s pevným předpecím.

V lodi č. 3 je umístěno strojní formování odlitků z chromové litiny a ruční formování odlitků ze šedé litiny na syrovo. V čele tohoto pole je umístěna formovací linka, která je osazena dvěma formovacími stroji Feromat 30. Tato linka má v přístavku vlastní přípravnu formovacích směsí.

V lodi č. 4 je umístěna indukční středofrekvenční tavírna se dvěma kelímkovými pecemi typu ISTOL o obsahu 250 kg kovu. V indukční peci se taví chromová litina. Formování odlitků se provádí jak ručně, tak i na formovacích strojích Feromat 20.

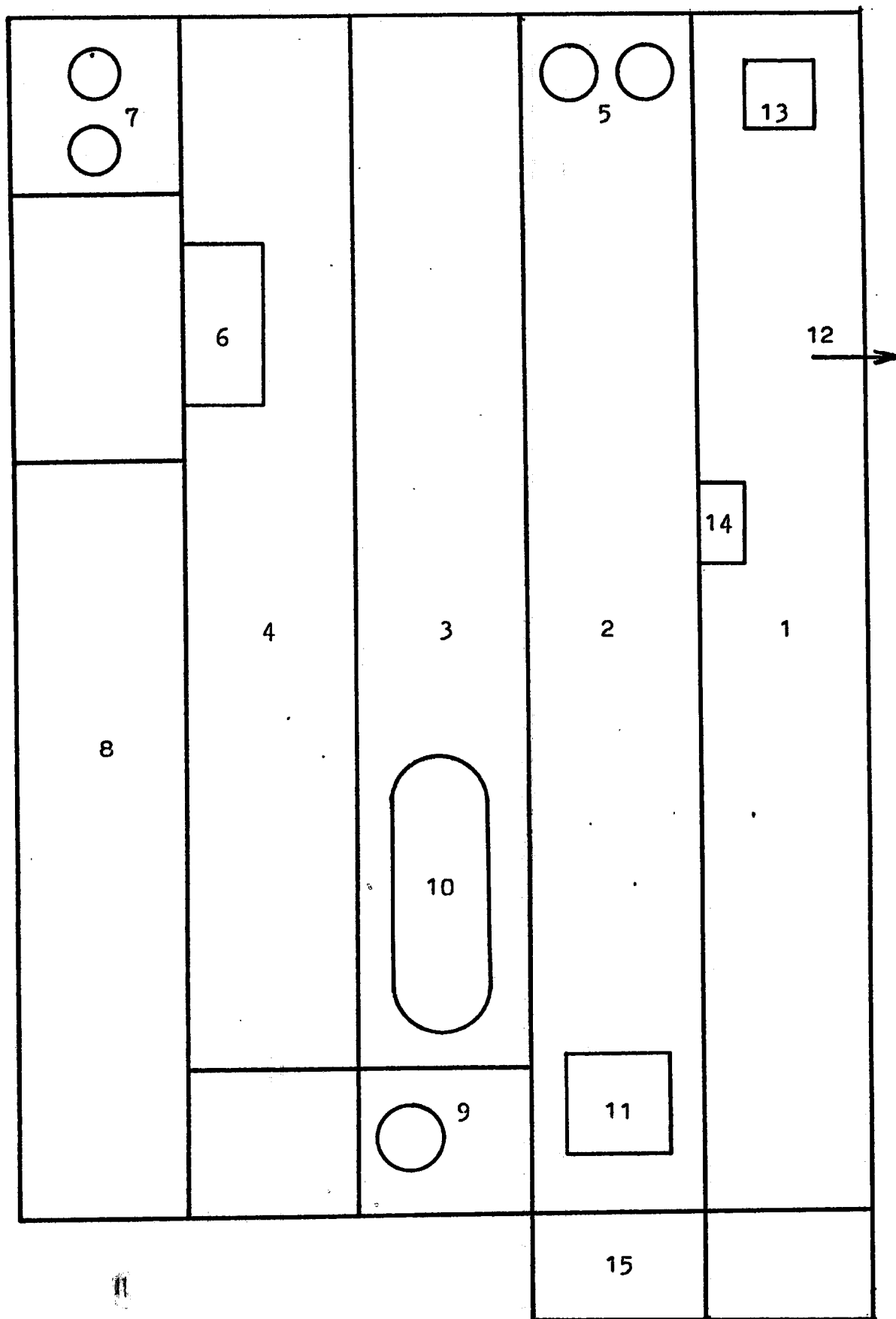
Mimo úpravy písku u formovací linky je další úpravna formovacího písku v prostoru vedle technologického příslušenství indukční kelímkové pece.

V návaznosti na loď slévárny s indukční pecí je umístěna v přístavku jaderna. Výroba jader je převážně ruční z klasické CT směsi a z olejové jádrové směsi. Tato jádra se suší v komorových suškách na jádra v regálech. Příprava jádrových směsí se provádí v prostoru jaderny. Zásoba písku i sušení písku pro jádrařské směsi je v prostoru mezi pří-

pravnou písku pro formovací linku a přípravnou jádrařských směsí.

Pokud je požadován nátěr odlitků základní barvou, provádí se přímo v čistírně odlitků.

Sklad kovového materiálu a materiálu pro tavicí pece je umístěn na šrotišti za kuplovnami. Šrotiště je vybaveno mostovým jeřábem a je nezastřešené. Zde jsou také umístěny betonové zásobníky písku.



Obr. č. 1 Schema uspořádání slévárny

- 1 loď č. 1
- 2 loď č. 2
- 3 loď č. 3
- 4 loď č. 4
- 5 kuplovný
- 6 el. pece
- 7 úpravna modelové směsi
- 8 jaderna
- 9 úpravna jednotné směsi na linku
- 10 linka
- 11 sušící pec
- 12 vchod do správní budovy
- 13 tryskač
- 14 tryskač
- 15 úpravna písku na jádra

2.3. Způsob přípravy jádrových a formovacích směsí

2.3.1. Příprava jádrových směsí

Jádrové směsi jsou připravovány v přístavku. Mísení je prováděno pomocí kolového mísiče MK 1 a žebrového mísiče MJP 100. Dávkování písku je prováděno dávkovačem písku, který je řízen spínacími hodinami. Dávkování přísad je prováděno za pomoci odměrek, které jsou k tomuto účelu zvlášť vyrobeny. Dávkování přísad při přípravě jádrových směsí je velmi ovlivněno lidským faktorem. Velmi záleží na zkušenosti a kázni pracovníka při plnění odměrek. Zde může docházet k ovlivňování směsi v negativním směru, například nesprávným naplněním odměrek, apod.

Složení současných jádrových směsí

Olejová směs na jádra

Křemenný písek STŘELEČ 027	88,59 %
Bentonit	1,40 %
Jíl mletý (nadložný)	1,11 %
Melasa	4,89 %
Lněný olej	4,01 %

CT směs na jádra

Křemenný písek STŘELEČ 027	93,02 %
Letek	2,33 %
Voda	1,27 %
Vodní sklo 50° Bé	3,38 %

2.3.2. Příprava formovacích směsí

Přípravny formovacích směsí jsou vybaveny kolovými mísiči MK 600. Vratný písek se dopravuje pomocí pásového dopravníku, který ovládá obsluha. Při pohybu tohoto pásu na něj obsluha nahází určený počet lopat nového písku. Letek a bentonit je dávkován také za pomoci lopat. Voda je napouštěna do mísiče z vodovodu, jehož ventil ovládá obsluha ručně. Příprava formovacích směsí, a tím i jejich výsledná kvalita je zcela závislá na obsluze.

Při formování je používáno modelové směsi a jako výplňové směsi se používá vratná směs. Tato vratná směs se upravuje po vytlučení odlitků z forem následujícím způsobem. Formovací směs se pokropí vodou z hadice, aby došlo k ochlazení směsi a potom se prohazovačkou typu FMO prokatruje. Vratný písek, který se používá do formovacích směsí je z vytlučacího roštu dopraven pásovým dopravníkem a korečkovým dopravníkem do polygonového síta, odtud do zásobníku vratného písku.

Při tomto způsobu úpravy vratné směsi může docházet k formování do teplých písků. Teplota směsi určené k lití nesmí být vyšší než 30° C. Formování do teplých písků je provozně velmi nejisté a nebezpečné, zejména u bentonitových a chemicky tvrzených směsí. Takové směsi velmi rychle osychají, formy nebo jádra se špatně opravují a mají velký otěr, což se projevuje velkým množstvím zadrobenin v odlitcích.

Složení současných formovacích směsí

Modelová směs pro loď č. 3 a č. 4

Vratný písek	84,09 %
Křemenný písek STŘELEČ 027	7,64 %
Letek	0,69 %
Bentonit	2,29 %
Voda	5,35 %

Jednotná směs na linku

Vratný písek	75,70 %
Křemenný písek STŘELEČ 027	15,14 %
Letek	0,83 %
Bentonit	4,54 %
Voda	3,79 %

3. CHARAKTERISTIKA FORMOVACÍCH SMĚSÍ

3.1. Změny probíhající ve formovací směsi při opakovaném použití /6/

Změny ostřiva:

vlivem opakovaného použití se projevuje tzv. oolitizace pískových zrn. Je to vytváření stále většího (tlustšího) povlaku spečených vrstviček. Základem těchto povlaků je dehydrovaný jíl. Stupeň oolitizace lze sledovat na výbrusech pískových zrn. Oolitizovaná zrna mají menší součinitel lineární roztažnosti, a to 0,83% při ohřevu do 100° C. To je méně, než u křemenných zrn, u kterých je součinitel lineární roztažnosti 1,34%. Pro vznik povrchových poruch, zejména zá lupů, je větší součinitel lineární roztažnosti nebezpečnější, takže formování do písku s oolitizovanými zrny by mělo být méně nebezpečné, pokud jde o vznik zá lupů. Na druhé straně, oolitizovaná zrna mají nižší žáruvzdornost na povrchu, neboť povlaky se taví při teplotách 1200° C až 1250° C. To vede k nebezpečí připečení a hrubého povrchu odlitků. Z toho vyplývá, že určitý stupeň oolitizace, který lze regulovat stupněm oživení směsi novým ostřidlem je výhodný. Vedle oolitizace zrn dochází k tvorbě jemných podílů obohacených kovem a hrubých podílů, vzniklých spečením několika zrn. Tuto změnu je nutno považovat za škodlivou.

Změny pojiva:

opakovaným použitím probíhá dehydratace bentonitu. Uskutečňuje se při různých teplotách v závislosti na

druhu bentonitu. Nenatřifikovaný bentonit dehydratuje při 400° C, aktivovaný při 500° C. Tepelnou degradaci bentonitu lze zjistit metodou adsorpce metylenové modři.

Příprava směsi bez uvažování popsaných změn vlastností a bez údajů pískové laboratoře vede ke značným úchytkám ve vlastnostech formovacích směsí a je srovnatelná se zvyšováním zmetkovitosti odlitků.

3.2. Vlastnosti směsí

Vlastnosti formovacích hmot, které určují jejich vhodnost k použití pro výrobu forem za různých podmínek závisí především na jejich chemicko-mineralogickém složení.

Řízení kvality směsi slouží k udržení vlastností, které jsou pro daný sortiment odlitků optimální, hlavně za předpokladu, že se směs regeneruje po každém vyjmutí odlitku.

Vlastnosti směsí dělíme na fyzikální, chemické a technologické.

3.2.1. Fyzikální vlastnosti formovacích směsí /6/

Z fyzikálních vlastností směsí jsou rozhodující vlastnosti tepelné, které určují rychlost odvodu tepla z taveniny nalité do formy. Rychlostí odvodu tepla formovací směsí je ovlivněna zabíhavost odlitků i průběh krystalizace a konečná struktura odlitků.

Tepelná vodivost formovacích směsí je určována množstvím tepelné energie, která projde za jednotku času jednotkou plochy,

kolmou ke směru tepelného proudu, dělené teplotním spádem.

$$\lambda = \frac{Q}{F \cdot \tau \cdot \Delta t} \quad [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$$

Součinitel tepelné vodivosti vzrůstá u většiny formovacích směsí zvyšováním teploty zahříváním. Pouze u směsí s ostrivem magnezitovým a korundovým se při zvýšení teploty zmenšuje.

Teplotní vodivost nám stanovuje jak snadno se ve formě vyrovnávají teplotní rozdíly.

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma} \quad [m^2 \cdot s^{-1}]$$

c měrné teplo směsi $[kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$

γ měrná hmotnost směsi $[kg \cdot m^{-3}]$

Měrné teplo směsi závisí nejen na druhu směsi, ale i na její teplotě. Se zvyšující se teplotou směsi se měrné teplo zvyšuje. U formovacích směsí má na měrné teplo vliv obsah vlhkosti.

Teplotní roztažnost. Formovací hmoty se při zahřívání roztažují a po ochlazení nabývají opět svého původního objemu. Toto teplotní roztažení nazývané někdy vratné, se liší od dočasného trvalého roztažení, jež spočívá ve změně fázového složení a struktury směsi. Na teplotní roztažnosti závisí velikost napětí, které vzniká ve formách rychlým zahříváním a ochlazováním. Závisí pouze na chemickomineralogickém složení dané hmoty.

Teplotní roztažnost je dána těmito ukazateli:

a/ středním součinitelem teplotní roztažnosti

$$\alpha_{\text{stř}} = \frac{L_t - L_{t_0}}{L_{t_0}(t - t_0)} \quad [K^{-1}]$$

b/ pravým součinitelem teplotní roztažnosti

$$\alpha_{\text{pr}} = \frac{1}{L} \cdot \frac{dL}{dt} \quad [K^{-1}]$$

c/ procentem teplotní roztažnosti

$$\frac{L_t - L_0}{L_{t_0}} \cdot 100 \% \quad [\%]$$

L_{t_0} počáteční délka vzorku při 0° C

L_t délka vzorku při teplotě měření

$\frac{dL}{dt}$ změna vzorku v závislosti na teplotě

3.2.2. Chemické vlastnosti formovacích směsí /6/

Struska vzniká při tavení kovu a kysličníky tvořící se v kovu při tavení a odlévání přicházejí do styku s formovací směsí a vstupují s ní do chemické reakce. Vodní pára a plyny, vznikající při styku s tekutým kovem rovněž s ním reagují. Na povrchu dutiny formy se následkem toho tvoří produkty reakcí a vzájemného působení. Tyto produkty podle své viskozity a schopnosti difuze buď pronikají do podpovrchových vrstev formy, nebo jsou odnášeny s roztaveným kovem. Po odlití a vychladnutí odlitku je možno pozorovat v určité vrstvě písku přilehlé k povrchu odlitku zcela změněné vlastnosti. Vytvořená souvislá masa je typické šedé barvy a lesklé struktury. V některých případech je tato vrstva přichyce-

na k povrchu odlitku a musí být speciálně čištěna.

Při působení tekutého kovu se zásaditými kysličníky na formovací směs kyselého charakteru, nebo naopak při vysokých teplotách se tvoří nízkotavitelné sloučeniny, čímž vzniká intenzivní penetrace kovu do formy.

Výběr formovacích směsí odolných proti chemické penetraci kovu spočívá ve výběru ostřiva a pojiv, které se chemicko-mineralogickým složením vyznačují neutralností nebo ne-
tečností vůči chemickému charakteru kovu.

3.2.3. Technologické vlastnosti formovacích směsí /6/

Technologické vlastnosti směsí můžeme rozdělit do tří základních skupin, podle etap výroby slévárenské formy. Jsou to:

- a/ vlastnosti směsi za syrova, které ovlivňují postup výroby formy a formovací technologii;
- b/ vlastnosti směsi po vysušení nebo chemickém zpevnění, které určují mechanické pevnosti a kvalitu vyrobených forem a jader;
- c/ vlastnosti směsi během působení vysokých teplot tekutého kovu. Tyto vlastnosti patří mezi nejvýznamnější a ovlivňují konečnou jakost odlitku.

Provozní formovací směsi jsou několikakomponentní systémy, jejichž technologické vlastnosti jsou určeny těmito hlavními činiteli: druh ostřiva, druh a množství pojiva, obsah vody, druh a množství přísad, druh a množství odpadních produktů, příprava a zpracování směsí. Přesné stanovení technologických vlastností směsí v provozu je nezbytně nut-

né tím více, čím více je výroba forem mechanizována.

Dosavadní laboratorní zkušební metody se rozšířily v slévárnách velice rychle a staly se již klasickými. Jsou to: mechanická pevnost v tlaku, tahu, stříhu a ohybu, prodyšnost a vlhkost směsi. Zkušební metody jsou normalizovány podle mezinárodních zvyklostí a dávají možnost srovnání různých směsí. Stejně tak klasifikace ostřiva, při níž se určuje podíl vyplavitelných látek, rozdělení zrnitosti a tvar zrn. Rychlý vývoj nových metod výroby forem však objevil nové, neméně významné vlastnosti směsí, jejichž stanovení a zkoušení přesahuje dosavadní možnosti známých klasických zkoušek. Jsou to směsi s vysokou tekutostí, dobrou zpracovatelností, rovnoměrnou zpěchovatelností. Neméně významná je znalost chování a vlastností směsí při licích teplotách, tepelná stálost, houževnatost, rozpadovost.

3.3. Hodnocení směsí

Vlastnosti formovacích směsí se kontrolují podstatně více než vlastnosti surovin, ale je značný rozdíl mezi slévárnami v četnostech jednotlivých zkoušek i ve výběru metod pro hodnocení.

Při hodnocení vyjdeme ze základních vlastností, t. j. pevnost v tlaku, prodyšnost a vlhkost. Z dalších zkoušek, které mají rozšířit znalost o formovacích směsích se rozšířilo hodnocení zpěchovatelnosti. Z rozborů formovacích směsí by se mělo do všech sléváren rozšířit pravidelné stanovení spalitelných látek a množství aktivního jílu.

3.4. Nejčastěji používané zkoušky

3.4.1. Pevnost v tlaku za syrova (Pd) - vaznost /1/

1/ Podstata zkoušky

Pevnost v tlaku se zjišťuje tlakem na zkušební váleček a je dána napětím v tlaku při kterém nastává porušení válečku.

2/ Měrná jednotka

Pevnost v tlaku za syrova se vyjadřuje v kPa.

3.4.2. Prodyšnost (D) /1/

1/ Podstata zkoušky

Prodyšnost je schopnost upěchované směsi propouštět plyny a páry.

2/ Měrná jednotka

Prodyšnost se vyjadřuje počtem m^3 vzduchu teplého $15-20^{\circ}C$, který se protlačí za 1s plochou zkoušené směsi $1m^3$ o délce 1 m při tlaku $1 Pa = m^3 \cdot s \cdot kg^{-1}$, v praxi "jednotkou prodyšnosti SI" (j.p. SI).

3.4.3. Vlhkost (W) /1/

1/ Podstata zkoušky

Navážený vzorek se vysuší při předepsané teplotě do ustálené hmotnosti a stanoví se úbytek hmotnosti.

2/ Měrná jednotka

- a) vlkost poměrná (relativní W_p) je vyjádřena v % z původní navážky vlhké látky.
- b) vlkost absolutní (W_a) je vyjádřena v % vysušené látky.

3.4.4. Zbytková pevnost (P_z) /1/

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 rozpadovosti směsi po odlití a zchladnutí odlitků. Z jejich výsledků však nelze přímo usuzovat na chování jader z této směsi v odlitcích.

2/ Měrná jednotka

Zbytková pevnost je udávána pevností v tlaku v MPa, doplněnou teplotou a dobou ohřevu.

3.4.5. Pevnost po vysušení (P_v) /1/

1/ Podstata zkoušky

Pevnost v tlaku se zjišťuje tlakem na zkušební váleček a je dána napětím v tlaku, při kterém nastává drcení válečku.

2/ Měrná jednotka

Pevnost v tlaku po vysušení se vyjadřuje v MPa.

3.4.6. Pevnost po vytvrzení /1/

1/ Podstata zkoušky

Pevnost v tlaku se zjišťuje tlakem na normalizovaný váleček vytvrzený předepsaným způsobem. Je dána napětím v tlaku, při kterém nastává porušení válečku.

2/ Měrná jednotka

Pevnost v tlaku CT se vyjadřuje v MPa.

3.4.7. Zpěchovatelnost (Zp) /1/

1/ Podstata zkoušky

Zjištění schopnosti směsi zpěchovat se - což je charakterizováno procentuálním snížením výšky směsi. Je to důležitá technologická vlastnost při pēchování forem a zjištění stupně zavlhčení formovací směsi.

2/ Měrná jednotka

Zpěchovatelnost směsi se udává v %, nebo je možno ji udávat i v mm snížení výšky hladiny.

3.4.8. Sorpční kapacita metylenové modři (SKM) /1/

Kapkovou metodou (obsah aktivního jílu)

1/ Podstata zkoušky

Stanovení obsahu aktivního jílu ze vzorku jílu nebo ve formovací směsi, podle množství roztoku metylenové modři, adsorbovaného na aktivní složku směsi. Zjišťuje se postupným přidáváním roztoku metylenové modři, jejíž přeby-

tek se projeví zelenomodrým lemem na kapce nanesené na filtračním chromatografickém papíře.

2/ Měrná jednotka

Sorpční kapacita metylenové modři se uvádí ve spotřebě ml roztoku metylenové modři. Jedná se o hodnotu poměrnou, která se srovnává se standartním roztokem.

3.4.9. Stanovení oolitizace rozpuštěním povlaků v kyselině fluorovodíkové /5/

1/ Podstata zkoušky

Formovací směs se po vyplavení vyžihání podrobí působení kyseliny fluorovodíkové. Oolitizované části, pevně ulpělé na povrchu zrn se účinkem HF uvolní a dalším plavením se odstraní. Součástí stanovení oolitizace je určení:

- obsahu vyplavitelných látek %
- ztráty žiháním ostřiva %
- stupně oolitizace %
- obsahu křemene %

4. VADY ODLITKŮ

Vadou odlitku se rozumí každá odchylka rozměrů, váhy, vzhledu, makrostruktury nebo vlastností, zjištěných laboratorními zkouškami od příslušných norem nebo sjednaných technických podmínek. Vady odlitků mohou být:

- zjevné
- skryté.

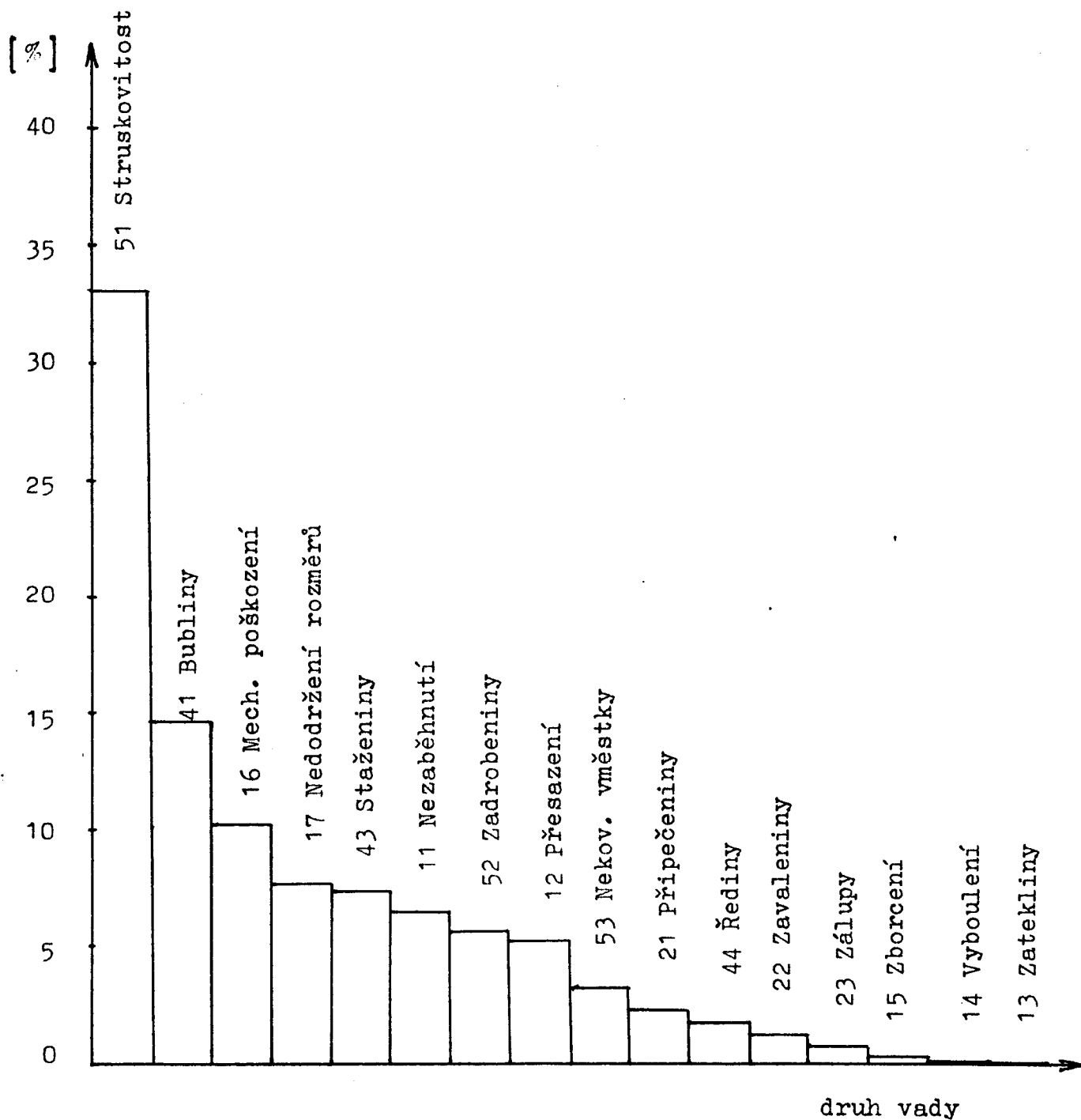
Vady odlitků se třídí dle ČSN 42 1240 podle vnějších znaků do sedmi skupin. V rámci těchto skupin se vady třídí podle druhů.

4.1. Přehled zmetků /2/

4.1.1. Souhrn zmetků podle vad - šedá litina

č. vady	název vady	kg	%
11	Nezaběhnutí	6602	6,56
12	Přesazení	5271	5,23
13	Zatekliny	4	0,01
14	Vyboulení	64	0,06
15	Zborcení	104	0,10
16	Mech. poškození	10141	10,07
17	Nedodrž. rozměrů	7797	7,74
21	Přípečeniny	2179	2,16
22	Zavaleniny	1165	1,16
23	Zálupy	641	0,64
41	Bubliny	14843	14,74
43	Staženiny	7621	7,57

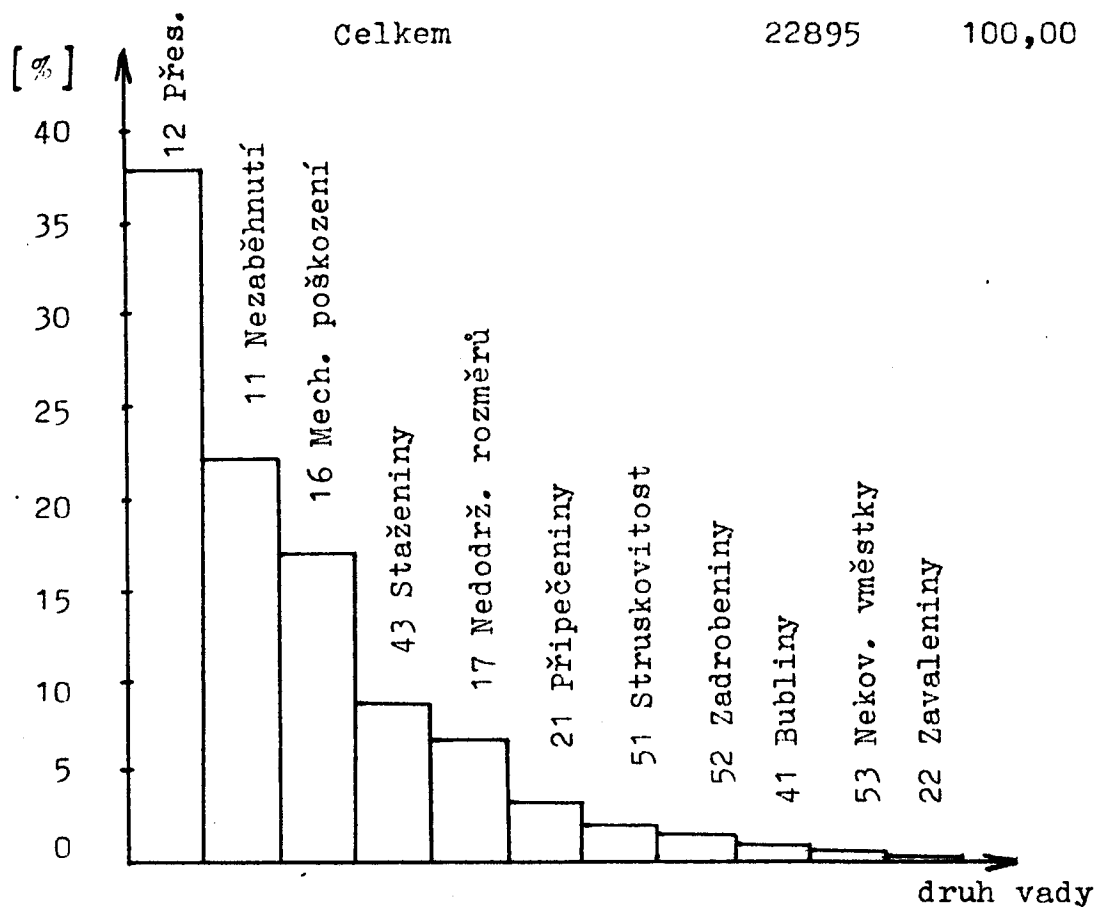
44	Řediny	1638	1,63
51	Struskovitost	33476	33,34
52	Zadrogeniny	5788	5,75
53	Nekovové vměstky	3266	3,24
	Celkem	100700	100,00



Obr. 2. Přehled vad u odlitků ze šedé litiny

4.1.2. Souhrn zmetků podle vad - Cr litina

č. vady	název vady	kg	%
11	Nezaběhnutí	5035	21,99
12	Přesazení	8652	37,79
16	Mech. poškození	3864	16,88
17	Nedodr. rozměrů	1497	6,54
21	Přípečeniny	697	3,04
22	Zavaleniny	18	0,09
41	Bubliny	244	1,07
43	Staženiny	1957	8,53
51	Struskovitost	492	2,15
52	Zadrogeniny	339	1,48
53	Nekovové vměstky	100	0,44
	Celkem	22895	100,00



Obr. 3. Přehled vad u odlitků z Cr litiny

4.2: Vady odlitků vyskytující se v ČEZ Teplice, které souvisí s vlastnostmi formovacích a jádrových směsí

4.2.1. Vady tvaru rozměru a hmotnosti

4.2.1.1. Nezaběhnutí

Popis vady:

neúplně vytvořené tvary odlitku způsobené nedostatečným vyplněním formy nebo vytečením kovu z formy po odlití.

Nejčastější příčiny vady:

- nízká teplota kovu při lití
- malá rychlost lití; dlouhá doba lití
- neodvzdušněná forma
- nevhodně umístěná vtoková soustava
- nedostatečně stažená, utěsněná, vyztužená nebo zatížená forma
- nedolitá forma /4/

Způsob formování má vliv na vztah mezi zabíhavostí a celkovou prodyšností formy. Projevuje se jednak technologickými opatřeními pro odvádění plynů, t.j. úpravou výfuků a průduchů, jednak přirozenou prodyšností formy. Tato poslední je podmíněna vlastnostmi formovacích hmot a stupněm upěchování formy při jejím zhotovování. V okamžiku lití se z kovu a z materiálu formy uvolňují různé plyny, vodní pára a pod. Následkem zahřátí formy dosahují tyto plyny tlaku několika kPa. Protitlak plynů, uzavřených ve formě a působících na přitékající kov může být při nedostatečné prodyšnosti velmi znač-

ný. Je proto přirozené, že může vzdor úplně postačující zabíhavosti kovu způsobit nedolití formy. /3/

4.2.1.2. Zatekliny

Popis vady:

výčnělky různého tvaru a velikosti na odlitku, nepředepsané výkresem v mezerách mezi jednotlivými částmi formy, podél známek jádra nebo dělicí rovině.

Nejčastější příčiny vady:

- nepřesně zhotovené modely a jaderníky
- velká mezera mezi známkou jádra a formou, nebo mezi dvěma jádry
- příliš velké rozklepání modelu ve formě
- deformace při uhlazování obvodu formy před vyjmutím modelu
- příliš mnoho nebo přílišná hustota kaše k utěsnění dělicí plochy mezi spodkem a vrškem formy
- nedostatečné stažení nebo zatížení formy před litím. /4/

Zatekliny obvykle vznikají, zateče-li kov do dutin vzniklých mechanickým poškozením formy nebo jader, při jejich nedostatečné pevnosti nebo slabém upěchování. Nedostal-li se však písek z poškozeného místa formy nebo byl-li při odlévání odplaven kovem do výfuku nebo nálitku, vyplní se vzniklé dutiny kovem, aniž by vznikla písková místa. /3/

4.2.1.3. Vyboulení

Popis vady:

nepravidelné místní deformace povrchu odlitků, způsobené metalostatickým tlakem slitiny na povrch formy nebo jádra.

Nejčastější příčiny vzniku vady:

- nesprávná volba formovací směsi
- nevyhovující technologické vlastnosti formovací směsi
- nedostatečné nebo nerovnoměrné upěchování formy nebo jádra
- nedostatečná tuhost formovacích rámců. /4/

4.2.1.4. Nedodržení rozměrů

Popis vady:

zmenšení nebo zvětšení rozměrů odlitku proti údajům na výkrese překročením dovolených úchylek podle příslušných norem nebo sjednaných technických podmínek.

Nejčastější příčiny vady:

- nesprávné rozměry modelu, nebo poškození modelu
- malé úkovy na modelech vyžadující větší rozklepání modelů pro uvolnění před vyjímáním z formy
- velké rozklepání modelu nebo jádra ve formě či jaderníku neodůvodněné technologií
- příliš poddajná formovací směs nebo měkce zpěchovatelná forma
- nesprávné nebo nepřesné vložení formy
- nedostatečně tuhé formovací rámy
- nepřesné formovací rámy. /4/

4.2.2. Vady povrchu

4.2.2.1. Připečeníny

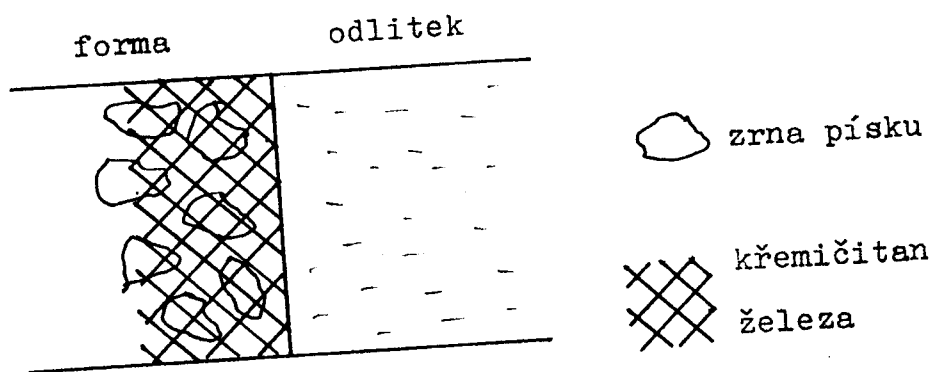
Popis vady:

hrubý, drsný povrch odlitků, vzniklý spečením formovací směsi s kovem odlitku nebo spečením ochranného nebo jiného zásy- pu s odlitkem (při žíhání).

Nejčastější příčiny vzniku vady:

- nevhodné složení nebo úprava formovací směsi, zejména její zrnitost a žáruvzdornost
- znečištění formovací směsi
- špatně sušená forma
- nesprávná úprava povrchu formy (nátěr)
- nedostatečné upěchování formovací směsi
- vysoká teplota kovu při lití
- nesprávný postup nebo nesprávná teplota při žíhání /4/

Mechanismus připékání písku



Povrch formy se v případě masivnějšího odlitku zahřívá pří- mým stykem s tekutým kovem, téměř na jeho teplotu. Hloubka prohrátí vrstvy písku závisí na jeho pórovitosti a na tloušť-

ce stěny.

Druhy zapečení:

- chemický: nastává při nízké žáruvzdornosti formovací hmoty
- mechanický: prosáknutí kovu do pórů formovací hmoty v důsledku vysoké zabíhavosti kovu a velké pórovitosti formy.

K zabránění připékání písku se přidává KUM. /3/

4.2.2.2. Zavaleniny

Popis vady:

Rýhy nebo prohloubeniny se zaoblenými okraji, povrchové nebo procházející celou stěnou odlitku. Vznikly neslitím proudu kovu předčasně ztuhlého ve formě.

Nejčastější příčiny vzniku vady:

- nízká teplota lití
- malá rychlost lití, pomalé plnění formy
- nevhodné umístění vtokové soustavy. /4/

4.2.2.3. Zálupy

Popis vady:

mělké nízké rýhy nebo prohloubeniny na povrchu odlitku zakryté šupinou kovu souvisící s odlitkem. Tato šupina je od odlitku oddělena vrstvou formovacího materiálu. Pod zálupem bývá zpravidla normální kovová hmota odlitku.

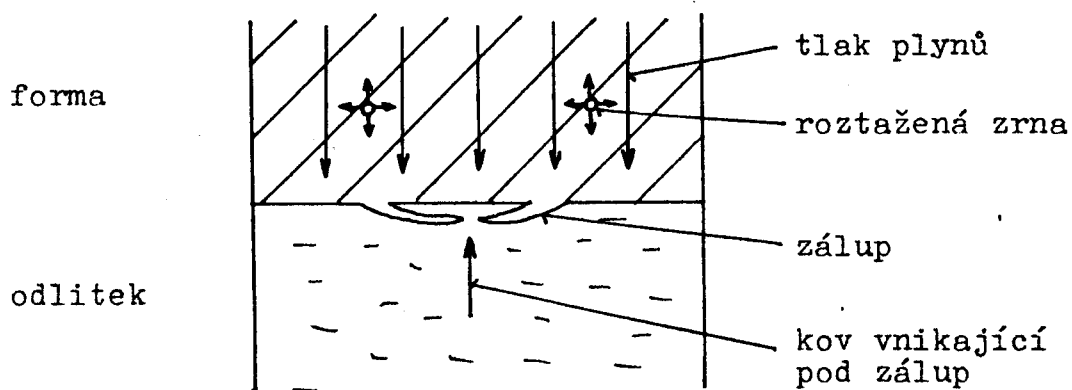
Nejčastější příčiny vady:

- příliš rozlehlé vodorovné stěny odlitku

- nevhodná poloha (sklon) formy při lití
- nevhodná formovací směs o velké tepelné roztažnosti nebo malé vaznosti
- nepravidelně upěchovaná forma
- nepravidelné zalití ploch formy
- malá rychlost lití
- přelévání kovu po plochách formy. /4/

Schema vzniku zálupu.

Zálupy vznikají tak, že při naplnění formy tekutým kovem se působením tepla na povrch formy a postupně i na její hlubší vrstvy vyvine tlak plynů a nastává roztažení křemičitých zrn písku.



Velikost tlaku plynů závisí na schopnosti formovací nebo jádrové směsi k tvorbě plynů, uzavřených v prostoru mezi pískovými zrny směsi, na rozpínání vzduchu a plynu, dále na prodyšnosti formy a jádra, na rychlosti a na množství odlitého kovu ve formě. Na plynotvornost formovací směsi má vliv její vlhkost, obsah organických a minerálních pojidel, která se při vysokých teplotách spalují nebo rozkládají. /3/

4.2.3. Dutiny

4.2.3.1. Bubliny

Popis vady:

otevřené (povrchové) nebo uzavřené (vnitřní) dutiny ve stěně odlitku. Zpravidla s čistým a hladkým, někdy okysličeným povrchem. Vyskytují se jako jednotlivé bubliny nebo jako hnízda či skupiny bublin.

Nejčastější příčiny vady:

- nesprávný způsob tavení, špatná desoxidace nebo odplynění kovu
- nesprávný poměr Mn a S u šedé litiny
- nevysušený licí žlábek nebo pánev
- nevhodné formovací směsi, vyvíjející nadměrné množství plynů
- příliš tvrdě upěchovaná forma
- navlhlá forma nebo jádro
- nedostatečná prodyšnost formy nebo jader
- vynechání, ucpání nebo zalití průduchů
- nesprávná volba, výpočet nebo umístění vtokové soustavy, výfuků a nalitků
- založení teplých jader do syrových forem nebo studených jader do horkých forem
- oxidovaná nebo vlhká chladítka nebo jiné části formy. /4/

4.2.4. Vměstky

4.2.4.1. Zadrobeniny

Popis vady:

otevřené (povrchové) nebo uzavřené (vnitřní) dutiny ve stěně odlitku zcela nebo částečně vyplněné formovacím materiálem.

Nejčastější příčiny vady:

- nesprávné vlastnosti formovací směsi
- osychání formovací směsi na ostrých hranách, zvláště u syrových forem
- špatné vyčištění složené formy
- udrobení formy nebo jádra při skládání
- nedostatečné zpevnění převislých nebo vyčnívajících částí formy nebo jádra
- nesprávný nátěr formy nebo jádra
- odloupnuté části nátěru při lití
- nesprávně vysušená (spálená) forma nebo jádro
- nesprávný přívod kovu do formy, způsobující odplavení části formy nebo jáder
- nepevné formovací rámy, náraz na vloženou formu. /4/

Dynamickým působením proudění kovu nastává místní porušení a odplavení povrchu na jednotlivých úsecích formy. Zplodiny tohoto porušení jsou odnášeny tekoucím kovem, aby se později usadily za vzniku velikého počtu drobných pískových zadrobenin. Všechny tyto druhy zadrobenin jsou doprovázeny jinými druhy vad. Zateklinami a bublinami způsobenými plyny z oddrobeného formovacího materiálu. /3/

4.2.4.2. Nekovové vměstky

Popis vady:

jednotlivé částice strusky, písku, barviva, kysličníků nebo grafitu (např. v nadeutektické litině) uzavřené v kovu.

Nejčastější příčiny vady:

- mechanické promísení částic strusky, formovací směsi, nebo kysličníků kovu se slitinou
- nedostatečná teplota roztavené slitiny
- nedostatečně dlouhá doba ustání kovu před litím
- víření kovu při plnění formy, zvláště u slitin tvořících na povrchu oxidy. /4/

4.3. Shrnutí rozboru zmetkovitosti

Z uvedeného přehledu zmetků je patrné, že vady, které jsou způsobeny formovací směsí lze snížit změnou základních technologických vlastností směsí, t.j. pevnosti, vlhkosti, prodyšnosti.

Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto po poradě s vedoucím diplomové práce a konzultantem, že bude navrženo několik nových formovacích směsí (podle zkušeností z jiných sléváren a dle literatury). U těchto směsí budou zjišťovány následující technologické vlastnosti:

- vaznost
- vlhkost
- prodyšnost
- zpěchovatelnost.

Směsi, u kterých se dosáhne nejlepších technologických vlast-

ností, budou následně ověřeny při odlévání konkrétních odlitků.

5. PRAKTICKÁ ČÁST

Zkušební vzorky pro měření vaznosti a prodyšnosti byly připravovány pomocí pýchovadla LU (Polsko), které bylo použito i při měření zpěchovatelnosti.

Měření vaznosti a zbytkové pevnosti (u CT směsi) bylo prováděno pomocí přístroje LRU (Polsko) a měření prodyšnosti na přístroji LPiR - 1 (Polsko). Vlhkost byla zjišťována pomocí infralampy H.V.G - 1 (Maďarsko) a k zjišťování hmotnosti byly použity technické váhy typ 154 04 (Chirana Praha).

Při měření rozpadovosti a zbytkové pevnosti jadrových směsí byla k ohřevu použita muflová odporová pec LM 112 - 0 - 1200°C (NDR).

5.1. Zjišťování vlastností stávajících jádrových směsí

CT směs na jádra

Křem. písek STŘELEČ 027	93,02 %
KUM	2,33 %
H ₂ O	1,27 %
Vodní sklo 48 - 50 ^o Bé	3,38 %

Tab. I. Pevnost a prodyšnost CT směsi na jádra

číslo měření	pevnost po vytvrzení MPa	prodyšnost j.p. SI
1	1,0	220
2	0,95	215
3	1,0	210
4	1,025	208
5	1,02	215
6	1,03	220
7	1,03	215
8	1,025	202
9	1,01	210
10	1,02	215
∅	1,011	213

Tab. II. Zbytková pevnost (MPa) CT směsi na jádra

	600 ^o C	800 ^o C	1000 ^o C
	0,50	1,35	0,805
	0,465	1,30	0,82
	0,468	1,27	1,05
∅	0,478	1,31	0,89

Olejová směs na jádra

Křem. písek STŘELEČ 027	88,59 %
Bentonit	1,40 %
Jíl mletý	1,11 %
Melasa	4,89 %
Lněný olej	4,01 %

Tab. III. Vlastnosti olejové směsi na jádra

číslo měření	pevnost za syrova kPa	prodyšnost za syrova j.p. SI	pevnost po vysuř. MPa	prodyšnost po vysušení j.p. SI
1	20	315	1,03	360
2	19	300	1,201	320
3	19	280	1,42	360
4	17	275	1,34	320
5	19	275	1,1	340
6	19	280	1,0	345
7	18	275	1,41	335
8	17,5	280	1,43	340
9	17,5	285	1,50	342
10	19	280	1,37	335
Ø	18,5	284,5	1,28	339,7

Z výsledků měření v Tab. I. - III. vyplývá, že stávající jádrové směsi vykazují dostatečnou kvalitu. Pro Teplickou strojírnu jsou vhodné i z hlediska rozsahu výroby, neboť jde převážně o kusovou výrobu a zavedení jiných jádrových směsí by přineslo zvýšení nákladů na výrobu.

Pro zlepšení kvality CT směsí bych doporučoval zlepšit dávkování plynu. To je v současné době prováděno ručně a záleží na zkušenosti pracovníka. Pro dodržení optimálního vy-

tvrzení CT směsí by mělo být použito na lahvi redukčního ventilu a dávkování řídit časovým spínačem.

5.2. Zjišťování vlastností stávajících formovacích směsí

Stávající modelová směs

Vratný písek	84,03 %
Křem. písek STŘELEČ 027	7,64 %
KUM	0,69 %
Bentonit	2,29 %
H ₂ O	5,35 %

Tab. IV. Vlastnosti stávající modelové směsi

číslo měření	prodyšnost j.p. SI	vaznost kPa	zpěchovatelnost %	vlhkost %
1	166	117	48,6	5,0
2	168	121	46,5	4,96
3	166	121	48,6	4,9
4	156	119	45,7	5,0
5	179	112	47,1	5,7
6	190	111	46,5	5,46
7	175	113	48,6	5,0
8	169	112	47,1	5,04
9	180	113	45,7	4,96
10	185	112	46,5	4,9
∅	173,4	115,1	47,09	5,092

Stávající jednotná směs na linku

Vratný písek	75,70 %
Křem. písek STŘELEČ 027	15,14 %
KUM	0,83 %
Bentonit	4,54 %
H ₂ O	3,79 %

Tab. V. Vlastnosti jednotné formovací směsi

číslo měření	prodyšnost j.p. SI	pevnost kPa	zpěchovatelnost %	vlhkost %
1	230	142	41,4	4,0
2	220	130	39,3	4,6
3	235	140	35,7	3,6
4	240	130	38,6	4,0
5	240	135	38,6	3,8
6	237	140	38,6	4,0
7	235	135	40,0	4,0
8	225	135	40,0	3,6
9	235	132	39,3	3,6
10	235	130	38,6	3,8
∅	233,2	135	38,9	3,9

Z hlediska návrhu nových formovacích směsí byly dále provedeny zkoušky stanovení aktivního Bentonitu ve vratném písku a stanovení stupně oolitizace.

Tab. VI. Výsledky zkoušky stanovení aktivního bentonitu ve vratném písku

číslo zkoušky	ml	%
1	8	3,5
2	9	4,0
3	8	3,5
4	10	4,2
5	9	4,0
6	9	4,0
7	10	4,2
8	9	4,0
Ø		3,925

Obsah aktivního bentonitu ve vratném písku je 3,9 %.

Stanovení stupně oolitizace

Stanovení vyplavitelných látek:

vzorek č. 1	9,24 %
vzorek č. 2	9,80 %

Ztráty žiháním ostřiva:

vzorek č. 1	1,21 %
vzorek č. 2	1,28 %

Stanovení stupně oolitizace:

vzorek č. 1	5,80 %
vzorek č. 2	5,49 %

Výpočet obsahu křemene:

vzorek č. 1	$100 - 9,24 + 1,21 + 5,8$
	<u>83,74 %</u>
vzorek č. 2	$100 - 9,8 + 1,28 + 5,49$
	<u>83,41 %</u>
Ø	83,575 %

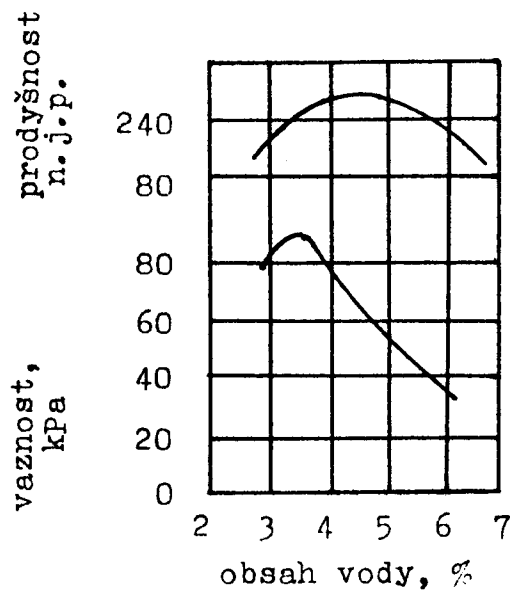
Obsah křemene ve vratném písku je 83,6 %.

Z výsledků měření uvedených v Tab. IV. - VI. vyplývá, že používané směsi mají poměrně vysokou pevnost a zpěchovatelnost, ale poměrně nízkou prodyšnost. Vlhkost směsí je poměrně velká.

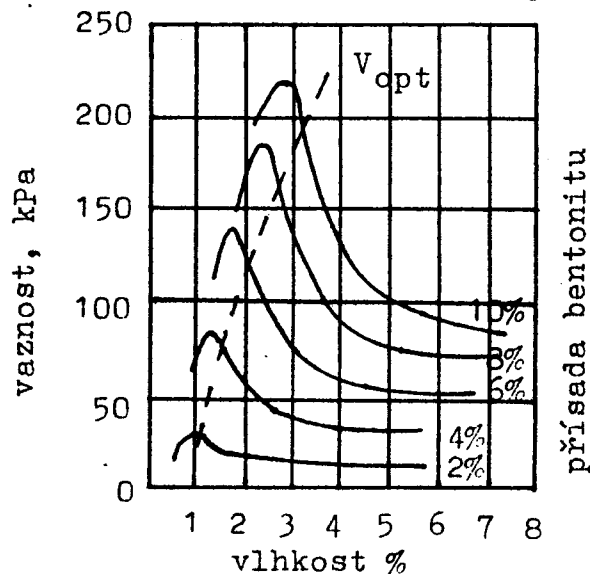
5.3. Návrh nových formovacích směsí

5.3.1. Vlastnosti navrhované směsi

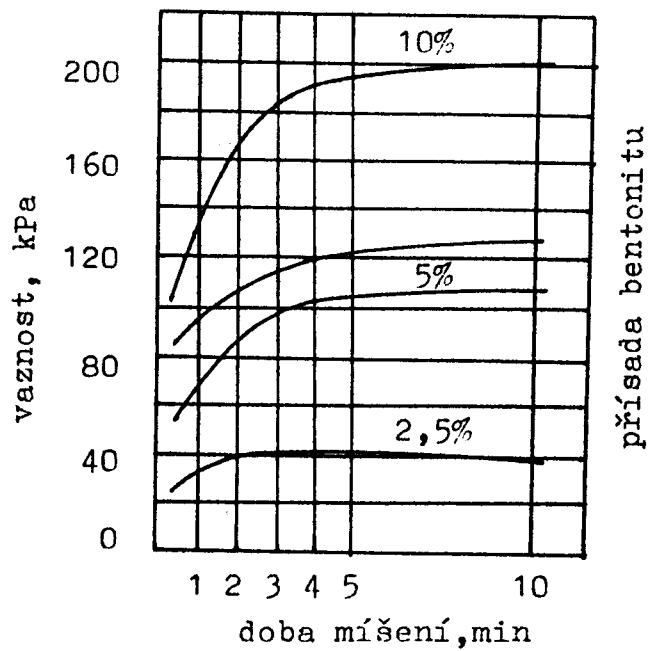
Z uvedeného přehledu vad vyskytujících se ve slévárně ČEZ Teplice, které se týkají formovacích a jádrových směsí je patrné, že při návrhu jednotné směsi by mělo dojít k zvýšení pevnosti, snížení vlhkosti a zvýšení prodyšnosti formovacích směsí.



Obr. 4 Závislost pevnosti v tlaku a prodyšnosti na vlhkosti /6/



Obr. 5 Závislost vaznosti na vlhkosti a obsahu bentonitu /6/



Obr. 6 Závislost vaznosti na době míšení /6/

Z uvedených závislostí byla zvolena vlhkost mezi 3 až 4 % a doba míšení 5 - 6 minut.

Přísada bentonitu a nového písku byla volena podle stanovení aktivního bentonitu a aktivního jílu ve vratném písku.

5.3.2. Zjišťování vlastností navržených formovacích směsí

Směs číslo 1

Vratný písek	86 %
Nový písek	7 %
Bentonit	4 %
KUM	3 %

Tab. VII Vlastnosti směsi č. 1

číslo měření	prodyšnost j.p. SI	pevnost kPa	zpěchovatelnost %	vlhkost %
1	120	110	23	3,5
2	128	112	24	3,5
3	125	110	24	3,5
4	127	98	23	3,5
5	125	99	24	3,5
6	125	100	22	3,5
7	120	110	24	3,5
8	125	105	23	3,5
9	120	102	24	3,5
10	120	107	22	3,5
Ø	123,5	105,3	23,3	3,5

Směs číslo 2

Vratný písek	86	%
Nový písek	10	%
Bentonit	2,5	%
KUM	1,5	%

Tab. VIII Vlastnosti směsi č. 2

číslo měření	prodyšnost j.p. SI	pevnost kPa	zpěchovatelnost %	vlhkost %
1	142	80	24	3,5
2	145	75	25	3,5
3	140	77	22	3,5
4	145	76	24	3,5
5	148	82	25	3,5
6	150	76	24	3,5
7	150	78	24	3,5
8	145	80	23	3,5
9	145	79	25	3,5
10	150	77	22	3,5
∅	146	78	23,8	3,5

Směs číslo 3

Vratný písek	80 %
Nový písek	14 %
Bentonit	4 %
KUM	2 %

Tab, IX Vlastnosti směsi č. 3

číslo měření	prodyšnost j.p. SI	pevnost kPa	zpečovatelnost %	vlhkost %
1	190	175	30	3,5
2	200	170	28	3,5
3	195	180	28	3,5
4	205	176	27	3,5
5	200	170	28	3,5
6	195	175	26	3,5
7	200	180	28	3,5
8	190	176	27	3,5
9	205	170	27	3,5
10	200	175	27	3,5
∅	198	174,7	27,6	3,5

Směs číslo 4

Vratný písek	80,0 %
Nový písek	13,5 %
Bentonit	5,0 %
KUM	1,5 %
Asfakol	0,5 %

Tab. X Vlastnosti směsi č. 4

číslo měření	prodyšnost j.p. SI	pevnost kPa	zpěchovatelnost %	vlhkost %
1	145	150	18	3,5
2	140	145	20	3,5
3	140	145	19	3,5
4	145	146	20	3,5
5	130	144	18	3,5
6	135	145	20	3,5
7	130	147	19	3,5
8	140	150	19	3,5
9	135	145	20	3,5
10	130	145	20	3,5
∅	137	146,2	19,3	3,5

Směs číslo 5

Vratný písek	87,0 %
Nový písek	5,5 %
Bentonit	6,0 %
KUM	1,5 %

Tab. XI Vlastnosti směsi č. 5

číslo měření	prodyšnost j.p. SI	pevnost kPa	zpěchovatelnost %	vlkost %
1	200	215	32	3,5
2	195	190	33	3,5
3	200	190	34	3,5
4	205	196	32	3,5
5	200	200	32	3,5
6	200	185	34	3,5
7	195	192	33	3,5
8	198	195	32	3,5
9	195	200	33	3,5
10	200	197	32	3,5
∅	198,8	196	32,7	3,5

Směs číslo 6

Vratný písek	84 %
Nový písek	7 %
Bentonit	6 %
KUM	3 %

Tab. XII Vlastnosti směsi č. 6

číslo měření	prodyšnost j.p. SI	pevnost kPa	zpěchovatelnost %	vlhkost %
1	190	190	28	3,5
2	200	200	28	3,5
3	205	205	27	3,5
4	195	196	28	3,5
5	200	198	27	3,5
6	200	200	27	3,5
7	195	194	28	3,5
8	205	195	29	3,5
9	200	200	28	3,5
10	195	196	27	3,5
∅	198,5	197,4	27,7	3,5

Směs číslo 7

Vratný písek	84,0 %
Nový písek	6,5 %
Bentonit	6,0 %
KUM	3,0 %
Asfakol	0,5 %

Tab. XIII Vlastnosti směsi č. 7

číslo měření	prodyšnost j.p. SI	pevnost kPa	zpěchovatelnost %	vlhkost %
1	175	165	23	3,5
2	170	152	21	3,5
3	180	158	21	3,5
4	175	160	22	3,5
5	175	154	23	3,5
6	170	152	21	3,5
7	180	153	22	3,5
8	185	156	23	3,5
9	182	155	23	3,5
10	170	150	21	3,5
∅	176,2	155,5	22	3,5

Směs číslo 8

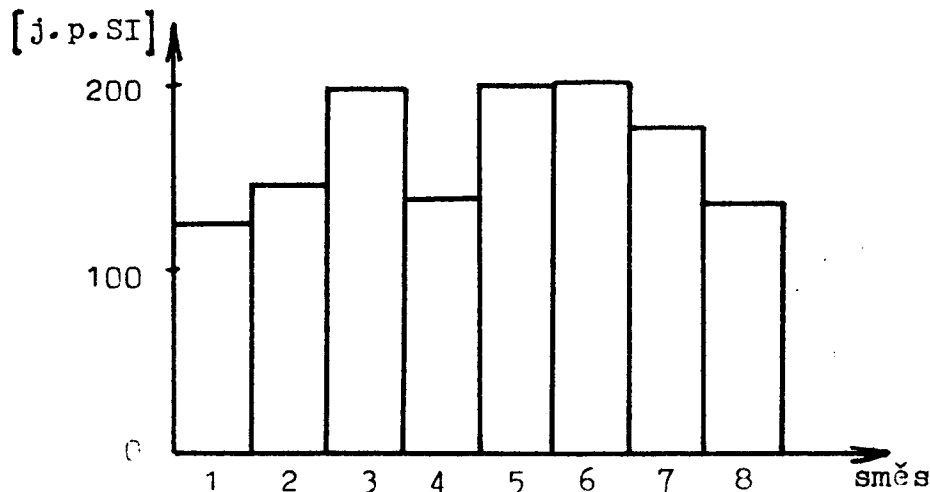
Vratný písek	71,0 %
Nový písek	20,5 %
Bentonit	6,0 %
KUM	2,5 %

Tab. XIV Vlastnosti směsi č. 8

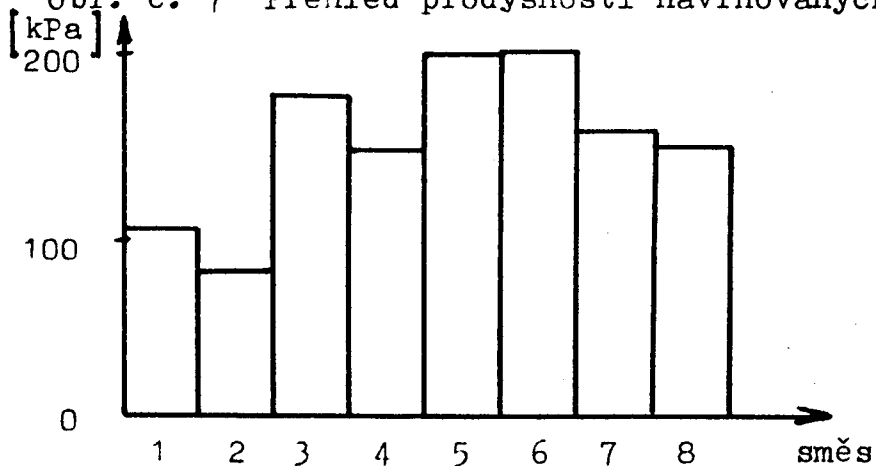
číslo měření	prodyšnost j.p. SI	pevnost kPa	zpěchovatelnost %	vlhkost %
1	130	150	27	4,0
2	130	154	27	4,0
3	140	130	29	4,0
4	132	150	28	4,0
5	130	160	27	4,0
6	142	150	27	4,0
7	142	148	29	4,0
8	130	145	27	4,0
9	145	152	28	4,0
10	138	149	28	4,0
∅	135,9	148,8	27,7	4,0

5.3.3. Vyhodnocení navržených směsí

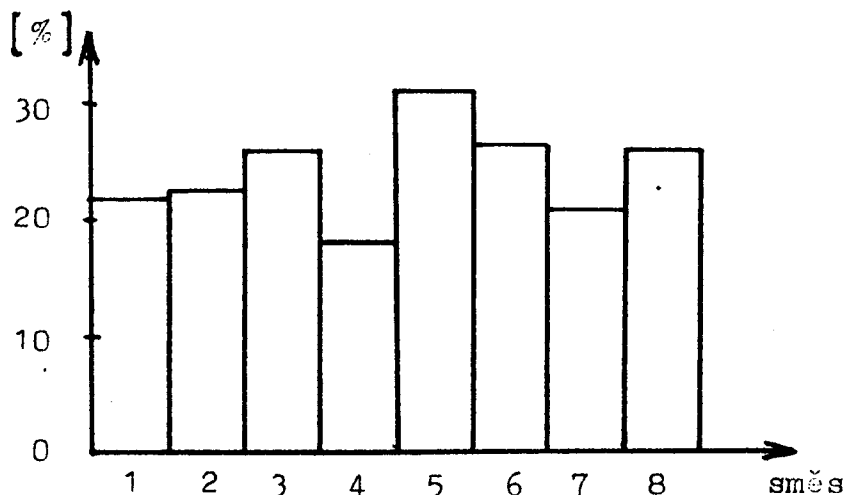
Výsledky měření jsou zaznamenány v Tab. VII - XIV a zpracovány do diagramů (obr.č. 7 - 9).



Obr. č. 7 Přehled prodyšnosti navržených směsí



Obr. č. 8 Přehled vaznosti navržených směsí



Obr. č. 9 Přehled zpěchovatelnosti navržených směsí

5.3.4. Zkušební odlévání do vybraných formovacích směsí

Z obr. č. 6 - 8 vyplývá, že nejlepších vlastností bylo dosaženo u směsí č. 3, 5, 6 a 7.

Z navržených směsí byly vybrány tři, a to směsi č. 3, 6 a 7, do kterých byly zaformovány odlitky. Jednalo se o odlitek skříně pro Destu Děčín o hmotnosti 2,9 kg ze šedé litiny a ruční formování.

Po zhodnocení povrchu tryskaných odlitků pomocí etalonů hodnocení drsnosti povrchu tryskaných odlitků (SVÚM Brno), podle kterých se drsnost pohybovala mezi Ra 10 μm až Ra 16 μm , byla vybrána jako nejlepší směs č. 3 (viz příloha č. I - IV). Do této směsi bylo zaformováno na stroji Fero-mat 20 42 kusy odlitků roštnic z chromové litiny o hmotnosti 3 kg. Z toho bylo zjištěno 0 kusů zmetků. Odlitky vykazovaly lepší kvalitu povrchu než odlitky odlité do stávající směsi (viz příloha č. V - XI).

Navrhované formovací směsi byly připravovány v žebrovém mísiči MJP 100. V tomto mísiči byly také připraveny směsi č. 3, 6 a 7 při zkušebním odlévání odlitků skříně.

Pro zkušební formování roštnic do směsi č. 3 byla tato připravována v kolovém mísiči MK 600. Při ověřování vlastností směsi připravované v mísiči MK 600 byl zjištěn rozdíl v hodnotách zpěchovatelnosti. Přípravou v mísiči MK 600 bylo dosaženo vyšší zpěchovatelnosti, viz Tab č. XV, než při přípravě v mísiči MJP 100. Toto zvýšení je pravděpodobně způsobeno lepším promísením směsi.

Pro dosažení požadované vlhkosti směsi bylo nutné nejprve změřit vlhkost vratného písku s novým pískem a na základě této vlhkosti přidat optimální množství vody. Ve všech

směsích byl použit Bentonit Sabenil 600 a nový křemenný písek Střeleč 027.

Tab. XV Vlastnosti směsi č. 3 připravené v mísiči MK 600

číslo měření	prodyšnost j.p. SI	pevnost kPa	zpěchovatelnost %	vlhkost %
1	235	190	40	3,5
2	230	200	37	3,5
3	240	195	35	3,5
4	240	205	42	3,5
5	235	196	40	3,5
6	245	198	36	3,5
7	250	200	37	3,5
8	235	193	40	3,5
9	240	195	35	3,5
10	235	200	35	3,5
∅	238,5	197,2	37,7	3,5

5.3.5. Ekonomické hodnocení navržené směsi

Ekonomické hodnocení je provedeno na základě údajů o spotřebě směsi za rok 1991. Ceny jsou použity z roku 91.

Spotřeba nového písku za rok: 345 000 kg

z toho na: modelovou směs 258 750 kg

směs na linku 86 250 kg

Spotřeba modelové směsi: 3 386 781 kg/rok

Spotřeba směsi na linku: 569 683 kg/rok

Celková spotřeba směsi: 3 956 464 kg/rok

Ceny: nový písek 90,-- Kčs/t

Bentonit Sabenil 600 1,75 Kčs/kg

KUM 1 668,50 Kčs/t

Náklady na modelovou směs:

	kg	Kčs
nový písek	258 750,0	23 287,50
Bentonit	77 557,3	135 725,30
KUM	23 368,8	38 990,80
Celkem		198 003,60

Náklady na směs na linku:

	kg	Kčs
nový písek	86 250,0	7 762,50
Bentonit	25 863,6	45 261,30
KUM	4 728,4	7 889,40
Celkem		60 913,20

Celkové náklady na obě směsi činí 258 916,80 Kčs, t.j.
0,08 Kčs na 1 kg směsi.

Náklady na navrženou směs č. 3:

	kg	Kčs
nový písek	474 149,4	42 673,50
Bentonit	135 471,3	237 074,80
KUM	67 735,6	113 016,90
celkem		392 765,20

Náklady na novou směs by činily 392 765,20 Kčs, t.j.
0,12 Kčs na 1 kg směsi.

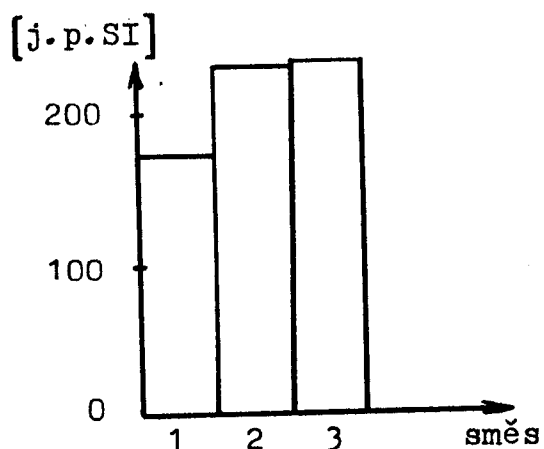
5.4. Celkové zhodnocení navržené směsi

Technologické vlastnosti stávajících formovacích směsí a navržené formovací směsi jsou porovnány na obr. č. 10 - 13.

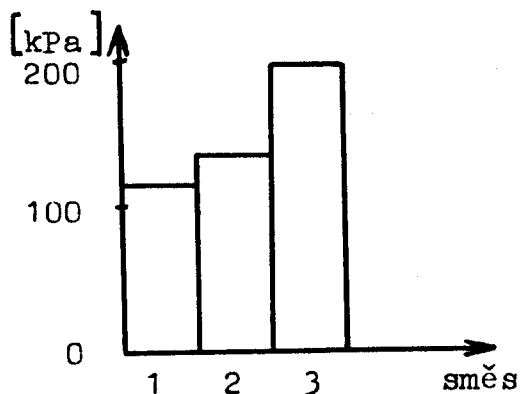
č. 1 - stávající modelová směs

č. 2 - stávající jednotná směs na linku

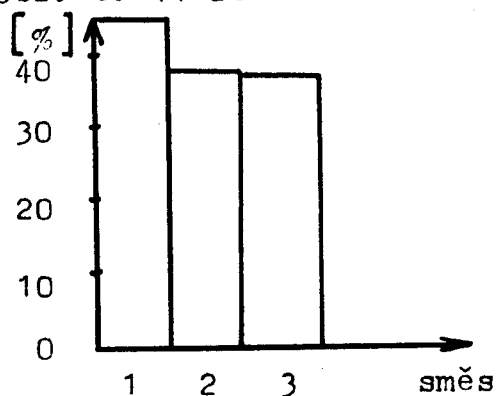
č. 3 - navržená směs



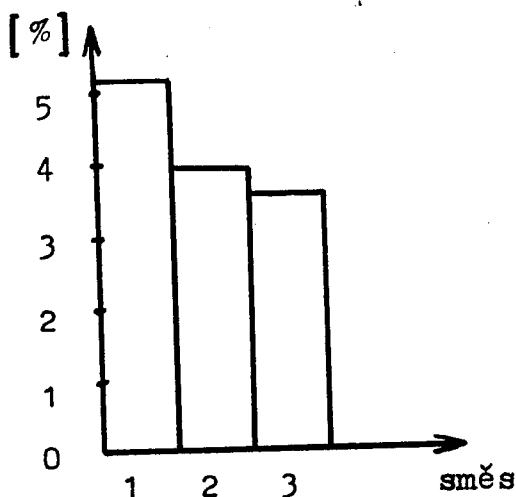
Obr. č. 10 Porovnání prodyšnosti



Obr. č. 11 Porovnání vaznosti



Obr. č. 12 Porovnání zpěchovatelnosti



Obr. č. 13 Porovnání vlhkosti

U navržené směsi bylo dosaženo zlepšení technologických vlastností, hlavně zvýšení pevnosti při snížení vlhkosti na 3,5 %. Při zkušebním formování se navrhovaná směs jevila na omak formíři lepší, než stávající modelová směs.

Z ekonomického hlediska činí náklady na navrhovanou formovací směs 0,12 Kčs na 1 kg, t. j. o 0,03 Kčs více, než při použití stávajících formovacích směsí (viz kap. 5.3.5.).

Z ekologického hlediska by navržená směs měla vyhovovat, neboť je složena z látek minerálního původu. Přepálený písek se vyváží na skládku. Za rok 1991 se vyvezlo 2500 tun písku. Vyvážená směs by se mohla po projednání s vlastníky skládek používat jako mezivrstva na skládkách. Dále by se mohlo vyvážené směsi používat k zasypávání nerovností terénu ve stavebnictví.

Pokud nebude možno využít předešlých návrhů a po stanovení cen za skládku, by se měla zvážit možnost vybudování regenerace vratného písku.

6. NÁVRH NOVÉ PŘÍPRAVNY FORMOVACÍCH A JÁDROVÝCH SMĚSÍ

V současné době se modelová formovací směs připravuje ve stísněných podmínkách přístěnku lodě č. 4 (viz příloha č. XII - XIII). Jednotná směs v ještě stísněnějších podmínkách v přístěnku za formovací linkou (viz obr. č. 1 pozice č. 9).

Nová přípravná formovacích směsí by měla dle projektu být umístěna v hale sousedící se stávající slévárnou. V této hale probíhala dříve výroba bojlerů, která se přemístila do nově vybudované haly.

Pro navrženou jednotnou bentonitovou směs navrhuji automatizovaný upravovací článek, aby se vyloučil vliv obsluhy na kvalitu připravované směsi.

Pro rekonstruovanou slévárnu je počítáno se spotřebou 21 000 tun směsi na rok.

Spotřeba směsi za rok	21 000 t
Spotřeba směsi za hodinu	5,8 t
Obsah mísiče	500 kg
Výkon mísiče	6,0 t/hod
Využití mísiče	97 %

6.1. Návrh technického řešení úpravy jednotné formovací směsi

Schéma uspořádání je uvedeno v příloze č. XIV. Pro úpravu směsí je navržen automatizovaný upravovací článek. Článek je vybaven baterií zásobníků a kolovým mísičem MK 400. Vratný písek by měl být dávkován vyhrnovacím pasem ze zá-

sobníku vratného písku o obsahu 18 m^3 . Nový písek a přísady by měly být dávkovány ze zásobníku šnekovými podavači. Zásobník nového písku o objemu $0,8 \text{ m}^3$. Zásobníky bentonitu a KUM o objemu $0,5 \text{ m}^3$. Dávkování bude řízeno časem s možností změny dávkování. Voda je dávkována vodoměrem a časem z nádrže s dávkovačem vody. Konstantní tlak by měl být zajišťován plovákovou nádrží.

Doprava upravené směsi:

Upravená směs by měla být vyhrnována z mísiče do výsypky s vyhrnovacím pasem a elevátorem a pasovým dopravníkem s pneumaticky ovládanými shrnovači plněna do jednotlivých zásobníků nad formovacími stroji, nebo do zásobníků pro odběr do ruční formovny.

Řízení pískového hospodářství

Provoz pískového hospodářství by měl být plně automatizován. Systém řízen stavoznakovými sondami. Rozváděče a ovládací pulty by měly být umístěny v uzavřené místnosti.

Se zavedením nové úpravy formovacích směsí by měla být vyřešena úprava nového písku. Jedná se o jeho sušení a dopravu do zásobníku.

Dále je třeba změnit úpravu vratného písku. Je zde třeba zařadit chlazení vratného písku, aby nedocházelo k formování do teplých směsí, které má za následek rychlé osychání forem.

6.2. Návrh technického řešení úpravy jádrových směsí

Úpravna jádrových směsí by mohla být umístěna přímo v jaderně, viz příloha č. XIV.

Spotřeba jádrových směsí za rok	1 373 t
Spotřeba jádrových směsí za hodinu	0,37 t
Obsah mísiče	150 kg
Výkon mísiče	0,6 t/hod
využití mísiče	62 %

Pro mísení jádrových směsí by se mohl použít stávající kolový mísič MK 1. Písek by mohl být dávkován šnekovým podavačem ze zásobníku. Dávka je řízena časově. Ostatní přísady budou dávkovány ručními odměrkami.

Mísič by měl být uložen na ocelové plošině, aby směsi mohly být plněny přímo do kontejnerů.

7. ZÁVĚR

V diplomové práci zpracované na téma: "Ověření současných formovacích a jádrových směsí a návrh zlepšení přípravy těchto směsí, nebo náhrada jinými druhy (ČEZ - Teplická strojírna)" byl v první části proveden:

- rozbor zmetkovitosti
- zjištění vlastností stávajících jádrových a formovacích směsí.

Z tohoto rozboru vyplynul návrh nových formovacích směsí, u kterých byly zjištěny jejich vlastnosti a nejlepší směsi (z hlediska jejich vlastností) byly ověřeny odléváním konkrétních odlitků. Po zhodnocení odlitků byla navržena směs č. 3 o složení:

vratný písek	80 %
nový písek	14 %
Bentonit	4 %
KUM	2 %

V druhé části diplomové práce byl proveden ideový návrh nové přípravný jádrových a formovacích směsí.

8. SEZNAM LITERATURY

1. JABŮREK, M.: Metody a zařízení pro zkoušení slévárenských formovacích látek. Brno, 1978.
2. TES Teplice: Evidence zmetků. 1991
3. PLEŠINGER, A. M.: Vady odlitků ze šedé litiny. 1. vyd., Praha, 1952.
4. ČSN 42 1240
5. POLÁŠEK, B. - STRNAD, L. - VESELÝ, L.: Slévárenství. XXXVI, 1988 č. 10, s. 422
6. RUSÍN, K.: Disperzní formovací materiály./Skripta VUT Brno/. Brno, 1981.

9. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha:

- č. I Odlitek ze stávající modelové směsi
- č. II Odlitek z navrhované směsi č. 3
- č. III Odlitek z navrhované směsi č. 6
- č. IV Odlitek z navrhované směsi č. 7
- č. V Odlitek roštnice ze stávající modelové směsi
- č. VI Odlitek roštnice ze stávající modelové směsi
- č. VII Některé vady vyskytující se u odlitku roštnice
- č. VIII Některé vady vyskytující se u odlitku roštnice
- č. IX Některé vady vyskytující se u odlitku roštnice
- č. X Odlitek roštnice z navrhované směsi č. 3
- č. XI Odlitek roštnice z navrhované směsi č. 3
- č. XII Současná příprava modelové formovací směsi
- č. XIII Současná příprava modelové formovací směsi
- č. XIV Schema umístění nové přípravy jádrových
a formovacích směsí

P o d ě k o v á n í

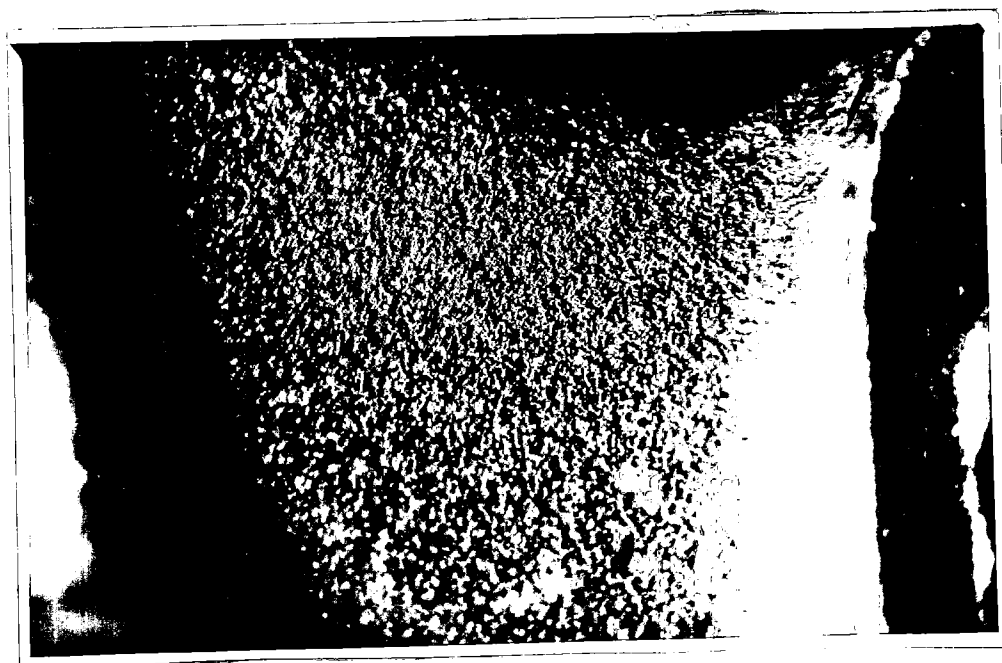
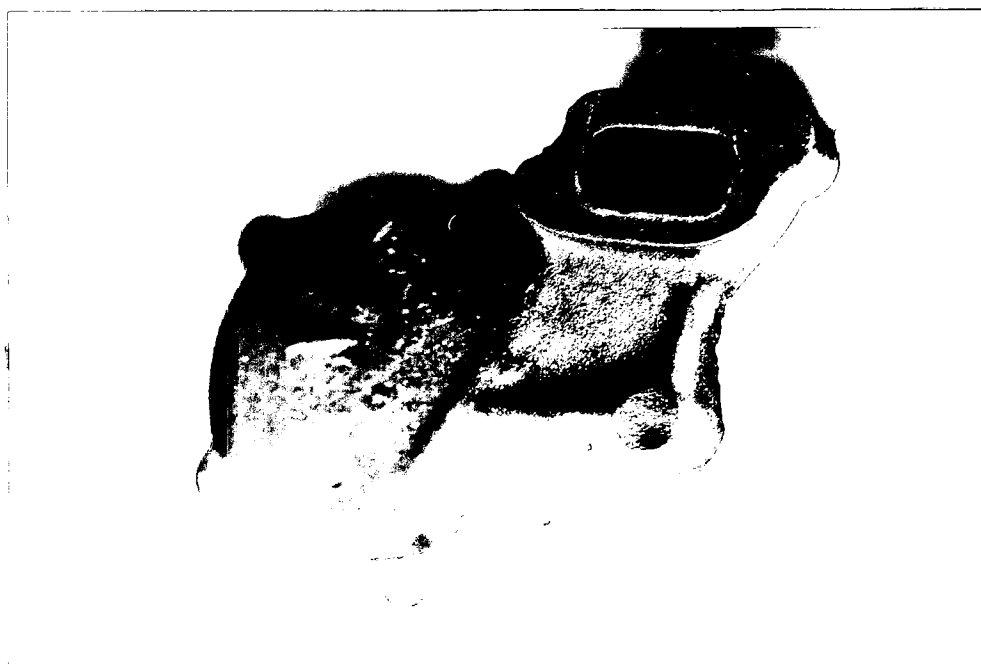
Děkuji ing. Pavlu Simonovi, CSc. za odborné vedení při vypracování diplomové práce a panu Milanu Vančovi z ČEZ - Teplická strojírna za podnětné připomínky a poskytnuté konzultace při zpracování diplomové práce.

Perner Libor

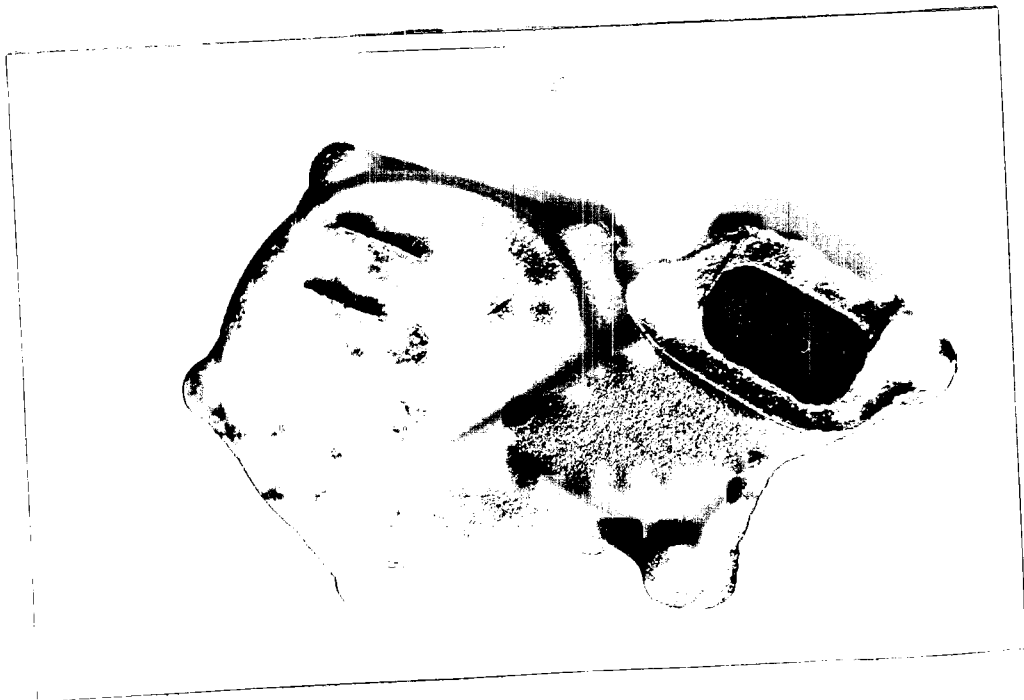
Příloha č. I Odlitek ze stávající modelové směsi



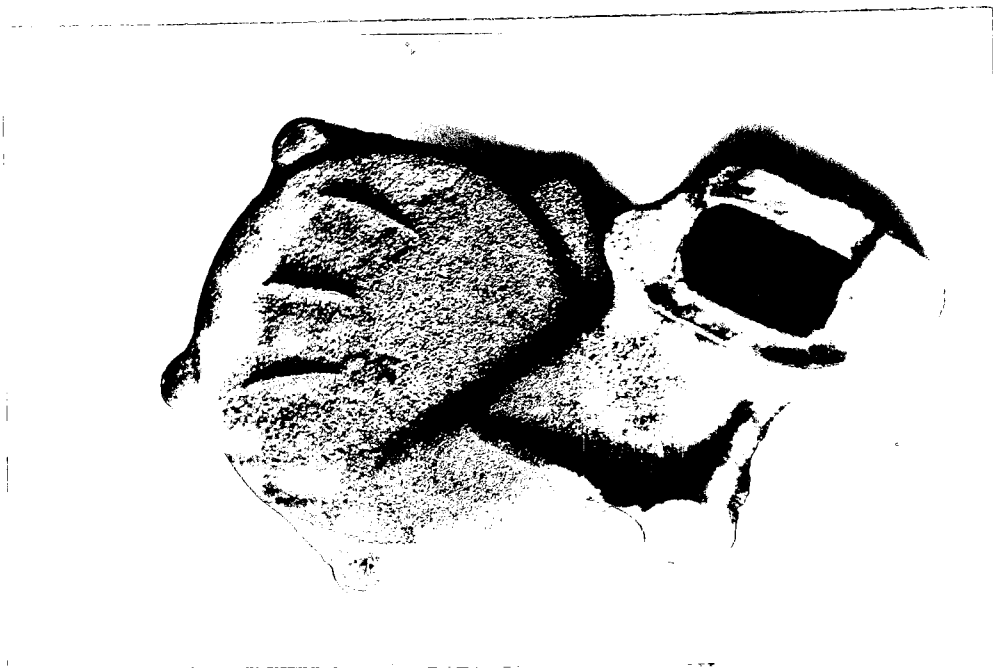
Příloha č. II Odlitek z navrhované směsi č. 3

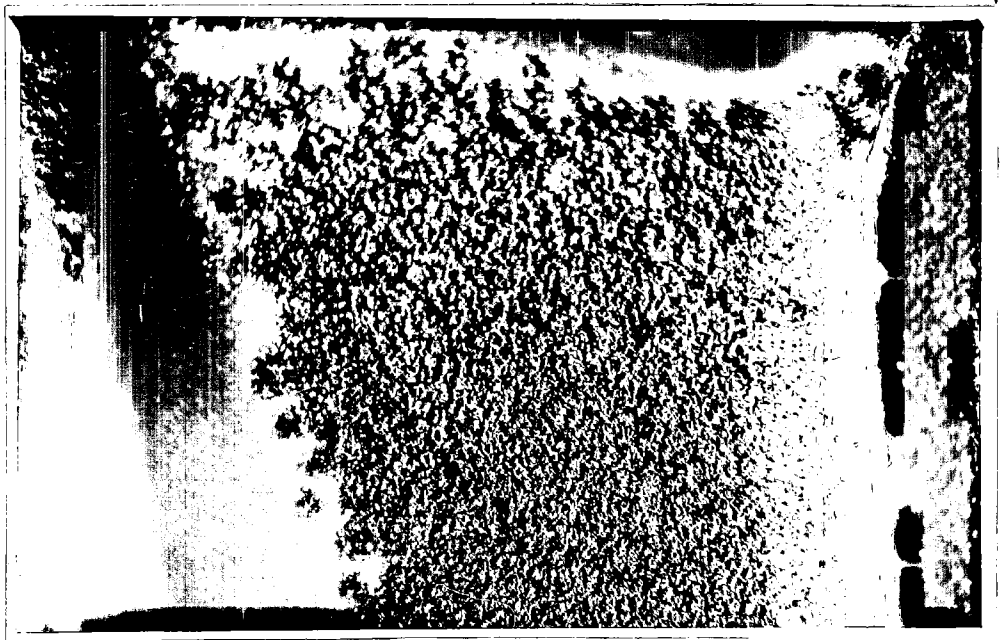


Příloha č. III Odlitek z navrhované směsi č. 6



Příloha č. IV Odlitek z navrhované směsi č. 7



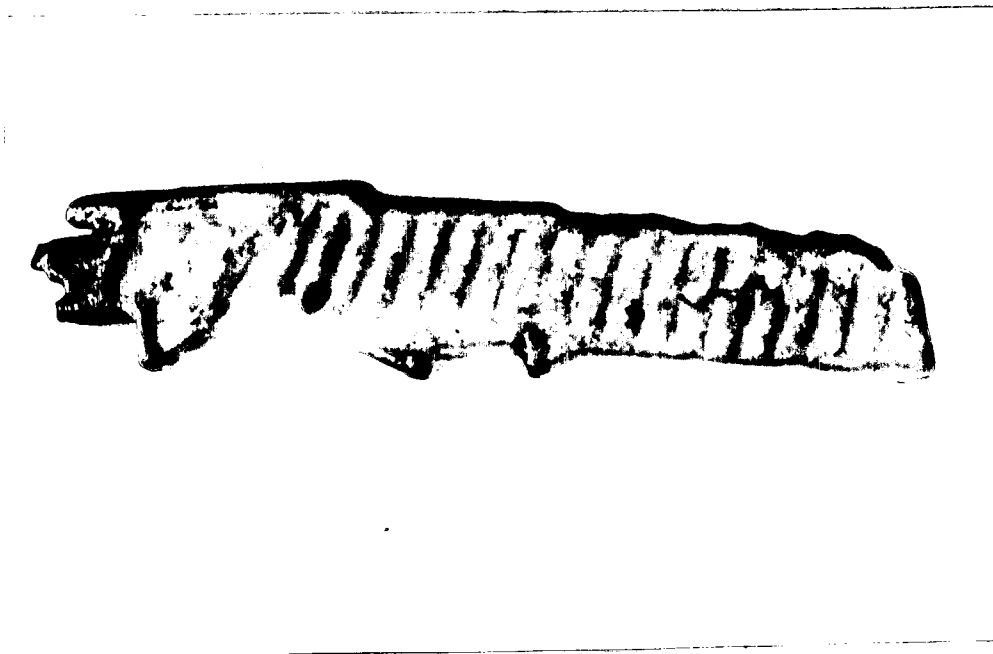


Příloha č. VI Odlitek roštnice ze stávající modelové směsi





Příloha č. VII. Některé vady vyskytující se u odlitku
roštnice

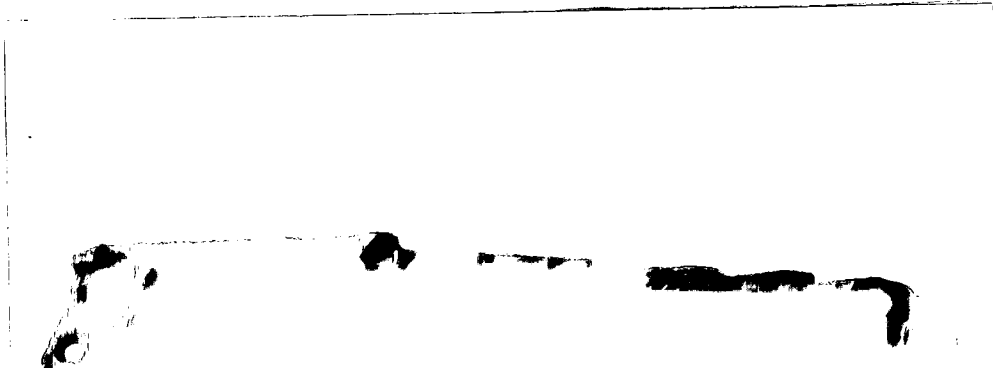


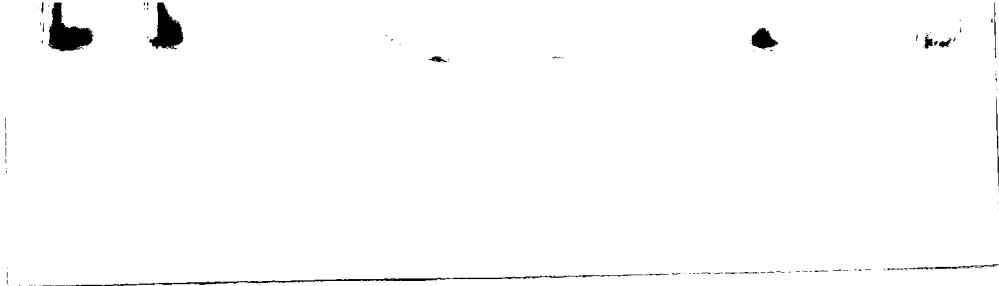
Vytečený odlitek



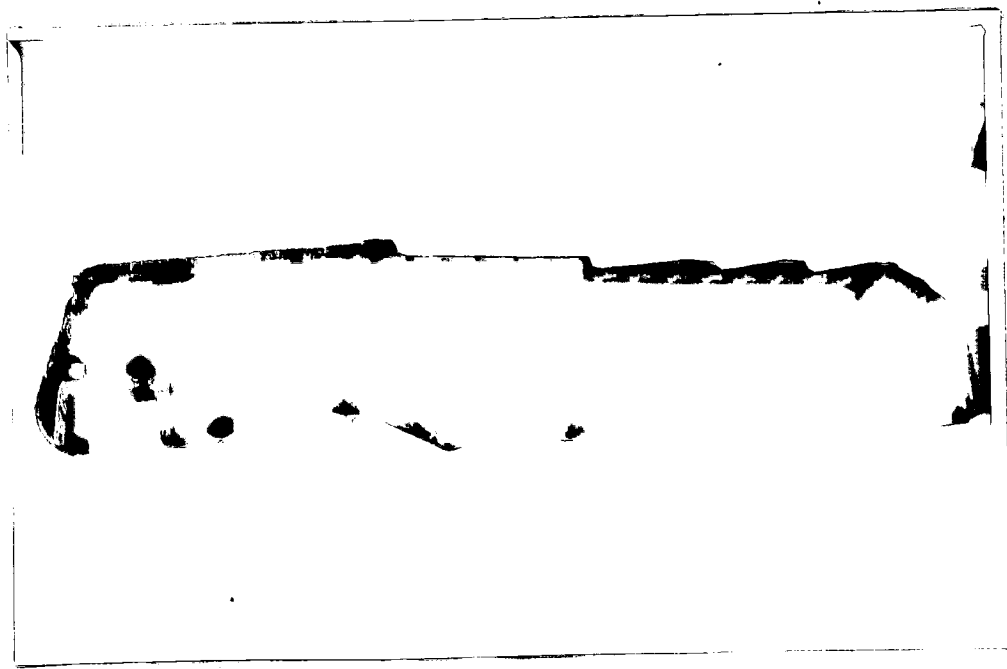
Nezahřnutý

Příloha č. VIII. Některé vady vyskytující se u odlitku
roštnice





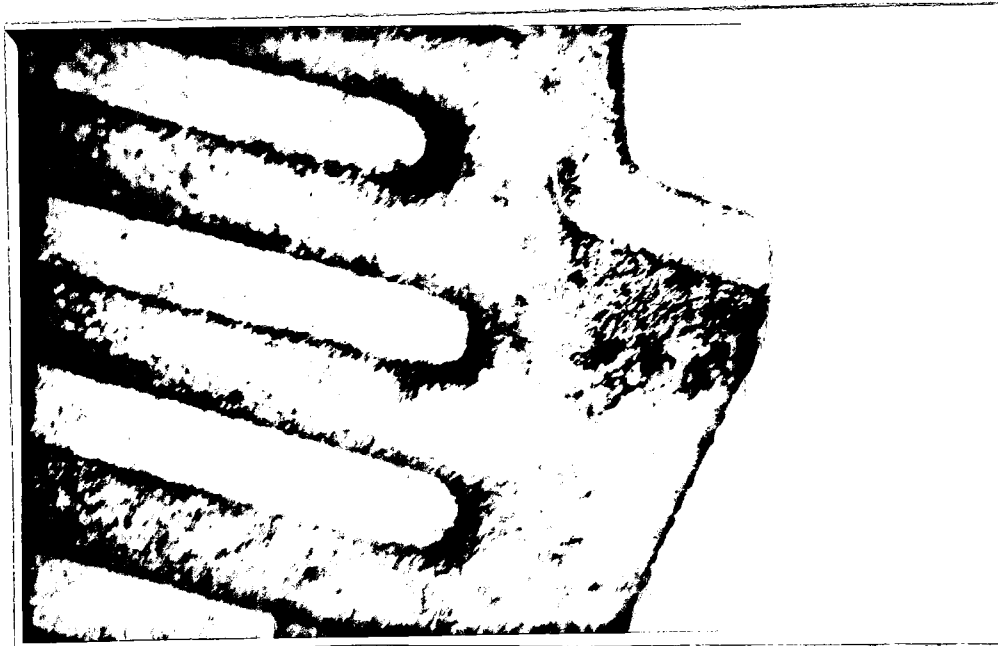
Nezaběhnutí



Zadrogenina

Priloha č. IX. Některé vady vyskytující se u odlišku

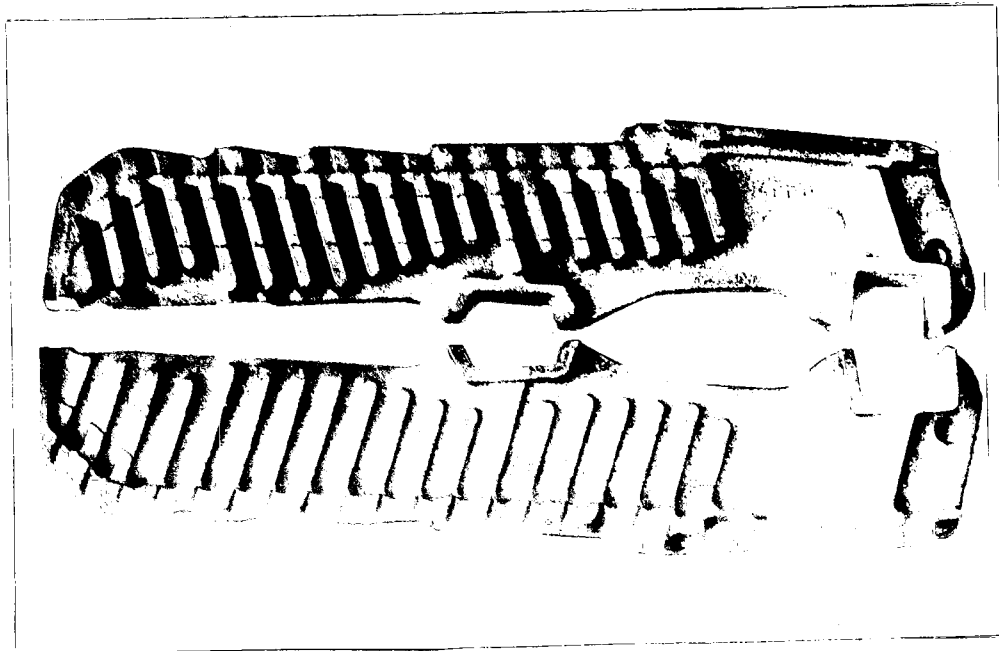
roštnice



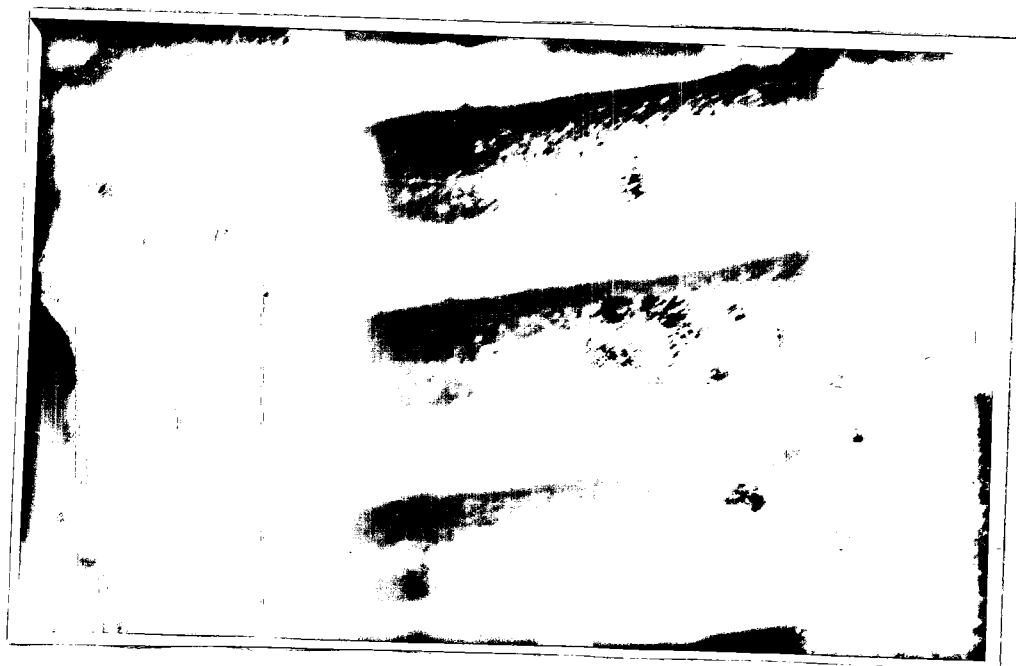
Zadrogenina



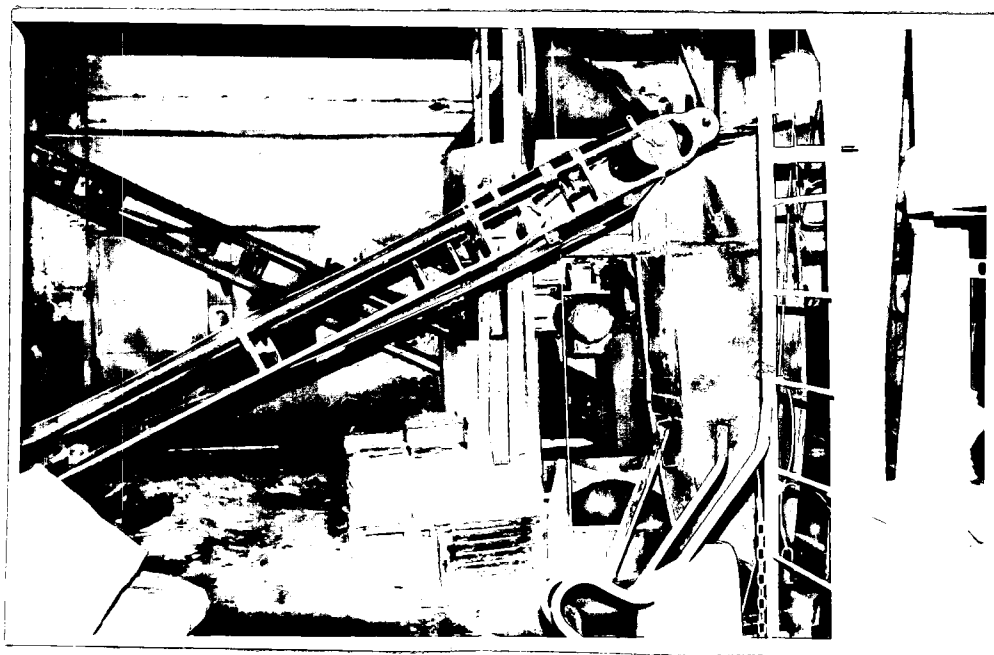
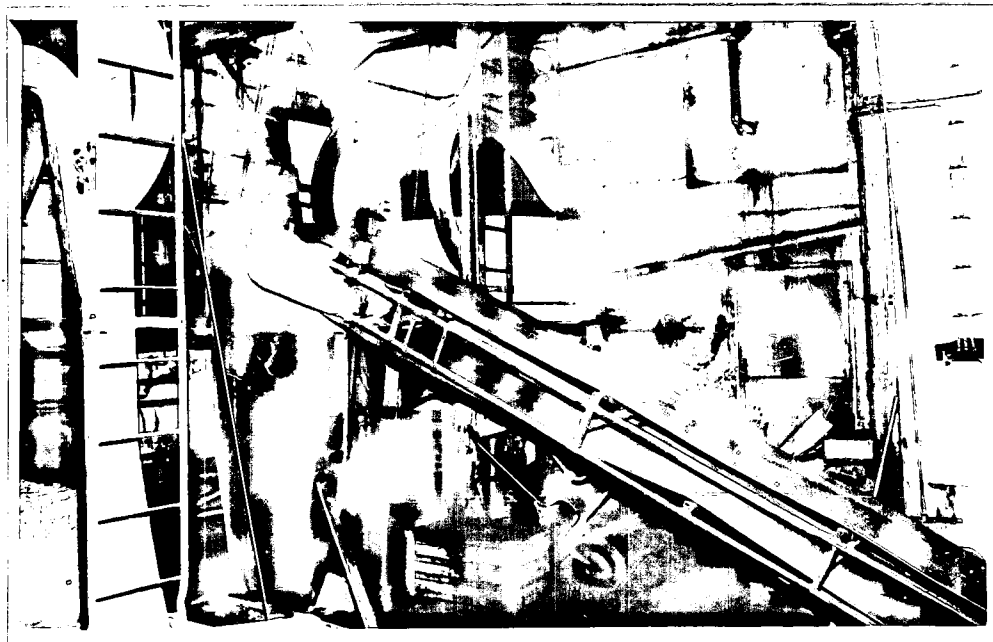
Příloha č. X Odlitek roštnice z navrhované směsi č. 3



Příloha č. XI Odlietek roštnice z navrhované směsi č. 3



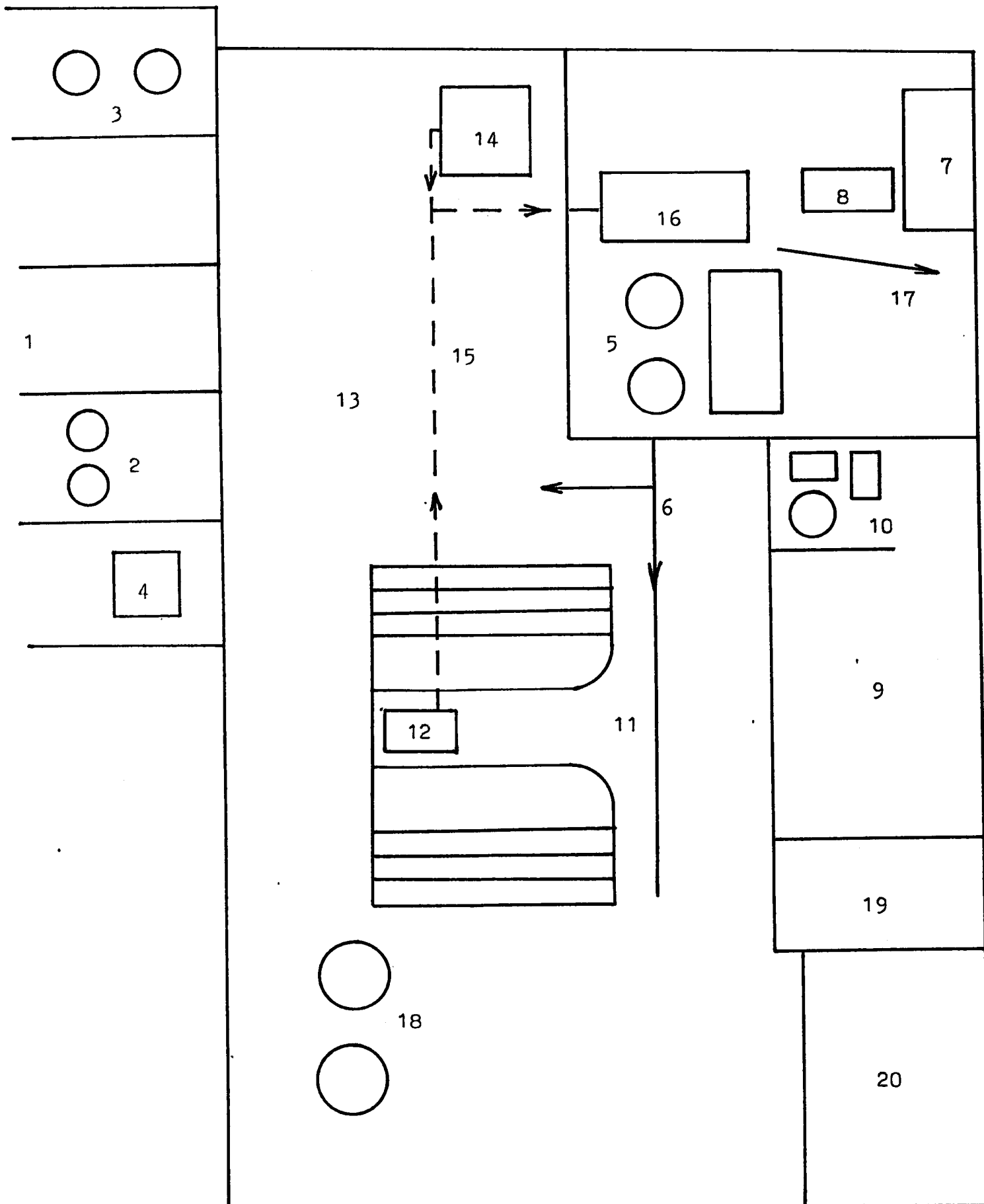
Příloha č. XII Současná přípravná modelové formovací směsi



Příloha č. XIII Současná příprava modelové formovací směsi



Příloha č. XIV Schema umístění nové přípravný jádrových
a formovacích směsí



Příloha č. XIV

- 1 Hala současné slévárny
- 2 Kuplovný
- 3 Přípravna modelové směsi
- 4 Tryskač
- 5 Nová přípravna formovacích směsí
- 6 Rozvoz formovací směsi
- 7 Nový mokrý písek
- 8 Sušení písku
- 9 JADERNA
- 10 Přípravna jádrových směsí
- 11 Strojní formovna
- 12 Vytłoukání odlitků
- 13 Ruční formovna
- 14 Vytłoukání těžkých odlitků
- 15 Cesta vratného písku
- 16 Chlazení vratného písku
- 17 Odpad písku
- 18 Nová tavírna
- 19 Laboratoře
- 20 Sociální zařízení