

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci  
nositelka Řádu práce  
Fakulta strojní  
Obor 23 - 07 - 8  
strojírenská technologie  
zaměření  
strojírenská metalurgie  
Katedra materiálů a strojírenské metalurgie

ROZBOR MATERIÁLOVÝCH A TECHNOLOGICKÝCH PODMÍNEK KOVOVÝCH  
SLÉVÁRENSKÝCH FOREM

KMM - 188

Milan Martínek

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Simon, VŠST Liberec

Rozsah práce a příloh

Počet stran: 67  
Počet tabulek: 7  
Počet obrázků: 15  
Počet příloh: 3  
Počet výkresů: -

DT

23. května 1986

strojn<sup>í</sup> a textiln<sup>í</sup>  
Vysoká škola: V Liberci

Fakulta: strojn<sup>í</sup>

Katedra: materiálu a strojírenské  
metalurgie

Školní rok: 1985/86

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Milan MARTÍNEK

pro

obor

strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Rozbor materiálových a technologických podmínek  
kovových slévárenských forem

Zásady pro vypracování:

1. Seznáňte se s výrobou odlitků v kovových slévárenských formách se zaměřením na materiál a konstrukci forem.
2. Shrňte požadavky na materiály kovových slévárenských forem z hlediska jejich provozu a životnosti.
3. Shrňte a zpracujte podklady o materiálech kovových slév. forem používaných ve slévárně SZNP Mladá Boleslav.
4. Vyhodnoťte základní vlastnosti a strukturu vybraných materiálů forem a jejich změny po určité době provozu.
5. Shrňte poznatky a zkušenosti s používanými materiály kovových slévárenských forem a náměty pro zvýšení jejich užitečných vlastností.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5  
PŠČ 461 17

V 196 / 86 S

Rozsah grafických prací: **schémata, tabulky**

Rozsah průvodní zprávy: **asi 40 stran**

Seznam odborné literatury:

/1/ **VETIŠKA, A.:** Teoretické základy slévárenské technologie.  
Praha, 1974.

/2/ **BRÁSTÍK, F. a kol.:** Atlas použití kovů ve slévárenství.  
Praha, 1980.

/3/ **ČSN**

/4/ **Podklady ze závodu.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Simon**

Datum zadání diplomové práce: **9.9.1985**

Termín odevzdání diplomové práce: **23.5.1986**



*Jan Alaxin*

**Doc. Ing. Jan Alaxin, CSc**

Vedoucí katedry

*Jan Alaxin*

**Doc. Ing. Jan Alaxin, CSc**

Děkan

Liberci

3.9.

85

V ..... dne ..... 19.....

## O B S A H

	strana:
1. Úvod	6
2. Kovové slévárenské formy	8
2.1. Lití do kovových forem	8
2.2. Materiál kovových forem	9
2.2.1. Základní vlastnosti materiálu	9
2.2.2. Používané materiály	10
2.3. Výroba kokil	12
3. Namáhání a trvanlivost kovových slévárenských forem a povrchová úprava	12
3.1. Namáhání kovových slévárenských forem	12
3.1.1. Mechanické namáhání	12
3.1.2. Tepelné namáhání	13
3.1.3. Chemické namáhání	14
3.2. Trvanlivost forem	14
3.2.1. Životnost forem	14
3.2.2. Pracovní teplota	15
3.3. Povrchová ochrana líce formy	16
4. Lití kovů pod tlakem	17
4.1. Hlavní zásady konstrukce forem pro lití pod tlakem	18
4.2. Trvanlivost a namáhání formy	19
4.2.1. Trvanlivost forem	19
4.2.2. Kritéria trvanlivosti	22
4.2.3. Zvýšení životnosti forem	22
4.2.4. Tepelné namáhání	23
4.2.5. Mechanické vlastnosti	25
4.2.6. Chemické namáhání	25

4.3.	Oceli na formy	26
4.3.1.	Uhlíkové a nízkolegované oceli	28
4.3.2.	Oceli na formy pracující za vyšších teplot	29
4.3.3.	Vysokolegované chromové oceli	29
4.3.4.	Chrommolybdenové oceli	30
4.3.5.	Wolframové oceli	30
4.4.	Tepelné zpracování materiálu forem	31
4.4.1.	Austenitizace	31
4.4.2.	Kalení	32
4.4.3.	Popouštění	33
4.4.4.	Konečná úprava formy	33
4.5.	Lití	35
4.5.1.	Tepelná rovnováha formy	36
4.5.2.	Mazání forem	37
4.6.	Stavebnicové formy, vyhazovače	38
4.6.1.	Stavebnicové formy	38
4.6.2.	Vyhazovače	39
5.	Lití kovů pod tlakem v AZNP Mladá Boleslav	39
5.1.	Používané formy a zkušenosti s nimi	39
5.1.1.	Konstrukce forem	39
5.1.2.	Licí cyklus, odlévaný materiál	40
5.1.3.	Chlazení, mazání a údržba forem	41
5.1.4.	Životnost forem a zmetkovitost odlitků	42
5.1.5.	Nedostatky forem a nejčastější příčiny vyřazení forem	43
5.1.6.	Zkušenosti s používanými materiály kovových forem a možnosti zvýšení užitečných vlastností forem	43

5.2.	Stroje tlakového lití používané v AZNP	45
6.	Mechanické zkoušky a metalografický rozbor struktury materiálu 19 552	45
6.1.	Výchozí materiál	45
6.1.1.	Chemický rozbor	46
6.1.2.	Zkouška tahem	46
6.1.3.	Mikrostruktura a měření tvrdosti	47
6.2.	Materiál z vyřazených jader a z úlomku poškozené formy - mikrostruktura a měření tvrdosti	47
6.2.1.	Jádro č.1	48
6.2.2.	Jádro č.2	51
6.2.3.	Vzorek č.3 - úlomek formy	54
6.3.	Vyhodnocení změn materiálu vzniklých během používání	56
6.4.	Příklady nesprávného tepelného zpracování výchozího materiálu a jeho důsledky pro provoz formy	58
7.	Gravitační lití do kokil v AZNP Mladá Boleslav	60
8.	Závěr	61
9.	Seznam literatury	62
10.	Seznam příloh	63

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

W Liberci dne 23.května 1986

*Milan Mršáček*

## 1. Ú V O D

XVII. sjezd KSČ v Hlavních směrech hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR uložil náročné úkoly ve snižování spotřeby surovin, materiálů a energií vzhledem k jejich omezené dostupnosti a zvyšujícím se světovým cenám. Energetická náročnost by měla na konci této pětiletky klesnout o 16 %, průměrný roční pokles měrné spotřeby kovů bude činit 3,5 %. Přitom má průmyslová výroba do roku 1990 vzrůst o 15 až 18 %. Důležitým odvětvím našeho průmyslu je strojírenství, v něm pak automobilový průmysl.

Automobilový průmysl se stává ve světovém měřítku odvětvím, kde se uplatňují progresivní výrobní metody, zavádí se automatizace a robotizace v masovém měřítku. Je to odvětví, kde se uplatňuje proudová organizace celého výrobního procesu s využitím nejnovějších prostředků a metod řízení. Proto je v současné době každá automobilka rozsáhlým a náročným výrobním podnikem s řadou odlišných, avšak na sebe bezprostředně navazujících provozů.

Konstrukční a technologická složitost osobního automobilu spojená s problémy velkosériové výroby si vynucuje vysoký stupeň dělby práce spojený se specializací a kooperací s různými výrobci i na mezinárodní úrovni.

V současné době opomstí montážní pás mladoboleslavské automobilky každých 89 sekund jeden automobil Škoda. Při výrobě je použito velké množství materiálů, které jsou zpracovávány nejrůznějšími technologiemi. K velmi užívaným materiálům při konstrukci moderních automobilů patří hliník a



jeho slitiny.

Na současném automobilu Škoda se hliníku využívá především k výrobě bloku motoru, skříně převodovky a rozvodovky, víka rozvodu, náhonu rozdělovače, vík klikové skříně.

Rozšiřování hliníku jako konstrukčního materiálu v celosvětovém měřítku podmiňuje snaha výrobců po dosažení minimální hmotnosti vozidla, která je jednou z podmínek nízké spotřeby pohonných hmot. Váhový podíl hliníkových slitin použitých na automobilu Škoda řadí tento vůz na světovou úroveň.

Jednou z nejprogresivnějších technologií zpracování hliníku je tlakové lití, které se při výrobě hlavních dílů používá i u automobilu Škoda. Důležitou součástí efektivnosti výroby odlitků touto technologií jsou vlastnosti kovových slévárenských forem, především jejich životnost.

Studium těchto základních vlastností materiálu, struktury materiálu a jejich změn po určité době provozu se zabývá tato práce.

## 2. KOVOVÉ SLÉVÁRENSKÉ FORMY / 2, 7, 8, 9 /

### 2.1. Lití do kovových forem / 2 /

Technologie výroby odlitků odléváním do kovových forem je jednou z cest, kde dochází k výraznému poklesu lidské práce.

Výroba tvarových odlitků v kovových formách má ve srovnání s výrobou v netrvalých pískových formách tyto přednosti:

- a/ Výrobnost slévárny stoupá 1,5 až 6 krát.
- b/ Tvarová i rozměrová přesnost odlitků se zvětšuje, povrch odlitků se zlepšuje.
- c/ Využití vsázky se zvětšuje o 8 až 22 %, zejména snížením přídavek na obrobení.
- d/ Odpadá úprava a doprava formovacích směsí, tím se usnadňuje mechanizace a automatizace výrobních pochodů.
- e/ Výrobní náklady se snižují o 15 až 20 %, protože se snižuje spotřeba materiálu a podíl režie a mezd.
- f/ Zdravotní a hygienické podmínky slévárenského provozu se zlepšují.
- g/ Investiční náklady na výstavbu slévárny pro výrobu odlitků jsou nižší než u podobné slévárny odlitků do forem pískových.
- h/ Odlitky vyráběné z některých kovových slitin mají výhodnější vnitřní strukturu.

Zavádění výroby do kokil naráží i na řadu potíží. Jsou to především:

- a/ Nedostatečná zkušenost a znalost správné konstrukce a použití kokil, nedostatek metodiky pro výpočet vtokové

soustavy a pro postup odlévání. Změna postupu je nákladná. Období zavádění lití do kokil je často doprovázené zvýšením zmetkovitosti.

- b/ Mechanické vlastnosti se mění s měnícím se průřezem odlitku více než u lití do písku. U litinových odlitků se objevuje zákalka.
- c/ Vysoké pořizovací náklady a občasná malá trvanlivost kokil. Kokily musí být jednoduché, musí mít při výrobě velkou trvanlivost a musí být vhodné a bezpečné při práci.

## 2.2. Materiál kovových forem / 2, 7, 8, 9 /

### 2.2.1. Základní vlastnosti materiálu / 8, 9 /

Nejčastější příčinou vyřazení kokily je její praskání a proto je vhodné zabývat se hlavně touto skutečností. Tepelné pnutí v kokile vzniká nehomogenním tepelným polem a podílí se na něm následující fyzikálně-mechanické vlastnosti samotného materiálu kokily: tepelná roztažnost, tepelná vodivost, specifické teplo, specifická hmotnost a modul pružnosti. Materiál však musí mít takové mechanické vlastnosti, aby vzniklé pnutí bez přerušení přenášel a nedovolil porušení své celistvosti. Tyto vlastnosti jsou reprezentovány především jeho pružnostními a plastickými charakteristikami. Proto podmínka neporušení souvislosti materiálu obsahuje jak parametry pro vznik pnutí, tak i odolnost proti tomuto pnutí. Volba vhodného chemického složení spolu s metalurgií tavení a rychlostí chladnutí litiny v odlitku jednoznačně určuje soubor vlastností litiny z hlediska výhodnosti pro kovové formy.

Kokila je klasickým příkladem tělesa namáhaného nestacionárním tepelným tokem, který uvnitř kokily mění velikost i

směr: při chladnutí odlitku v kokile je jednosměrný, po vyjmutí odlitku dvousměrný a později opět jednosměrný.

Nerovnoměrným ohřevem vznikají pnutí jak tlaková /vrstvy s vyšší teplotou/, tak i tahová /vrstvy s nižší teplotou/. Poloha neutrálního vlákna je dána podmínkou rovnováhy sil. Vlivem velkých pnutí a vysoké teploty v některých oblastech dochází k plastickým deformacím a tím i k jinému rozdělení sil a přesunu neutrální osy do jiné polohy. Celý děj je, stejně jako teplotní pole kokily, nestacionární. Kromě tepelného namáhání přistupuje ještě namáhání mechanické /tlak kovu/, fyzikálně-chemické /povrchové děje na rozhraní kokila - odlitek, lokální pnutí z druhotného růstu litiny apod./.

Povrch líce kokily tedy podléhá působení vysokých teplot při styku s roztaveným kovem a tepelným nárazům, dále pak především výskytu sítě trhlin, tzv. mapování.

Při výběru materiálu formy se musíme snažit uvedené jevy kompenzovat vlastnostmi materiálu. Především je třeba volit materiál s malým součinitelem tepelné roztažnosti, protože tím se snižuje velikost vznikajících napětí a zvyšuje se životnost kovové formy.

Rovněž tepelná vodivost materiálu kokily má nemalý vliv. Vyšší součinitel tepelné vodivosti znamená nižší tepelně-mechanické namáhání.

#### 2.2.2. Používané materiály / 2, 7 /

Podle výše uvedených hledisek je možno porovnat materiály používané k výrobě kokil takto:

Šedá litina a uhlíková ocel dává zhruba stejné výsledky. Protože se litina lépe obrábí než ocel, dává ji většina sléváren

přednost před ocelí.

Slitiny hliníku mají životnost nejhorší. Nejlepší výsledky ze všech materiálů dává měď, jejímu zavádění brání vysoká cena a konstrukční zvláštnosti. Výhodou litinových kokil je, že mohou být zhotoveny odlitím s nejmenším přídatkem na obrobení. Litina na výrobu kokil má mít strukturu perlitickoferitickou beze stop volného cementitu. Množství feritu ve struktuře nesmí převyšovat 5 až 10 %. Průměrné složení takové litiny je 3,4 až 3,6 % C, 1,8 až 2,2 % Si, 0,9 až 1,0 % Mn, 0,15 % P, 0,06 až 0,08 % S.

Namáhamé části kokil se vyrábějí z Cr-Ni-Mo ocelí /např. ocel: 0,35 až 0,45 % C, 1,9 až 2,6 % Si, max. 0,7 % Mn, 9,0 až 10,5% Cr, 0,5 % Ni, 0,7 až 0,9 % Mo/.

Kromě šedé litiny se používá pro výrobu kokil též litina tvárná.

Kokily z tohoto materiálu mají asi o 30 % větší životnost, ale zhruba o tutéž hodnotu vyšší výrobní náklady. Jejich použití brání zejména nedostatek tvárné litiny u nás. Je možno též použít řadu uhlíkových a nízkolegovaných ocelí. Vyšší nákladnost kokil z těchto materiálů není ale vždy vyvážena delší životností.

V zahraničních slévárnách se v poslední době rozšířilo použití kokil z hliníkových slitin nejen pro výrobu odlitků z lehkých slitin, ale i z litiny a oceli. Takto vyrobené odlitky mají lepší strukturu a čistý povrch. Životnost těchto kokil je však poměrně malá. Líc hliníkové formy se pokovuje elektroliticky, aby se vlastní kokila chránila před stykem s tekutým kovem a zvýšila se trvanlivost kokily. Před odléváním se líc kokily pokrývá ochranným nátěrem, např. silimanitem.

### 2.3. Výroba kokil / 2 /

Kokily je možno vyrábět obráběním nebo litím. Životnost kokil, které jsou lity přesným způsobem a licí kůra se neodstraňuje, je podstatně vyšší než životnost kokily vyrobené z téhož materiálu obráběním. Velmi dobré výsledky dává lití kokil do forem pojených fenolformaldehydovou pryskyřicí. Je výhodné do ostřiva přidávat prach vzniklý obroušováním odlitek na bruskách. Tyto kokily mají velmi jakostní povrch, který stačí nepatrně obrousit.

Způsob výroby kokily bude záviset rovněž na druhu použitého materiálu, na požadavku přesnosti kokily, složitosti kokily, množství vyráběných kokil, apod.

### 3. NAMÁHÁNÍ A TRVANLIVOST KOVOVÝCH SLÉVÁRENSKÝCH FOREM A POVRCHOVÁ ÚPRAVA / 2, 6 /

#### 3.1. Namáhání kovových slévárenských forem / 2, 6 /

Při výrobě odlitku je forma namáhána mechanicky, tepelně a chemicky.

##### 3.1.1. Mechanické namáhání / 2 /

Mechanicky je forma namáhána zejména hydrostatickým tlakem, který je závislý na měrné hmotnosti tavení a na výšce hladiny taveniny ve formě.

$$p = \rho g h \quad / \text{N.m}^{-2} / ,$$

kde  $p$ ...hydrostatický tlak /  $\text{N.m}^{-2}$  /

$\rho$ ...měrná hmotnost taveniny /  $\text{kg.m}^{-3}$  /

$g$ ...gravitační zrychlení /  $\text{m.s}^{-2}$  /

$h$ ...výška hladiny ve vtokové jamce nad zjišťovaným místem / m /

Hydrostatický tlak roste úměrně s výškou hladiny ve vtokové jamce. Nejvyšší tlak je u dna formy. Hydrostatický tlak nesmí nikde překročit pevnost formy. V praxi smí dosáhnout 25 až 30 % pevnosti formy, aby nenastaly deformace formy / poškození, vybouleniny /.

Mechanické namáhání formy se zvyšuje prouděním kovu a jeho dynamickým účinkem ve formě. Rychlost proudu tekutého kovu je závislá na výšce hladiny v lici pánvi nad vtokovým místem ve formě.

$$v = \sqrt{2 g h} \quad /m.s^{-1}/,$$

kde  $v$ ... rychlost proudu tekutého kovu /  $m.s^{-1}$  /

$g$ ... gravitační zrychlení /  $m.s^{-2}$  /

$h$ ... výška hladiny nebo výtokového otvoru lici pánve nad vtokovým nebo vyšetřovaným místem ve formě /  $m$  /

### 3.1.2. Tepelné namáhání / 6 /

Po naplnění dutiny formy taveninou je mezi taveninou a formou teplotní rozdíl, který způsobí přechod tepla z odlitku do formy, odlitek se ochlazuje, forma se ohřívá. Je to pochod teplotně nestacionární, lze jej proto matematicky těžko vyjádřit.

Okamžitě po odlití kovu do formy se líc formy, který je ve styku s kovem, rychle ohřeje až na teplotu blízkou teplotě kovu. Materiál formy musí zůstat při této teplotě pevný, nesmí měknout a tavit se. Musí být žáruvzdorný.

Při volbě materiálu formy se musí přihlídnout k teplotě lití slitiny a volit materiál s vyhovující žáruvzdorností. Je to důležité zejména při odlévání tlustostěnných odlitků, kdy vysoké teploty taveniny působí na formu delší dobu. V těchto přípa-

dech se ohřeje forma nebo některé její části, jako výstupky nebo hrany, až na teplotu taveniny. Jestliže mají některé komponenty materiálu formy menší žáruvzdornost, než je teplota taveniny, začnou se tavit.

Lícem formy se odvádí teplo z odlitku do formy. Na styčné ploše kovu s formou poklesne proto teplota kovu, takže vznikne teplotní rozdíl napříč stěny odlitku mezi povrchem a osou odlitku - příčný teplotní gradient.

### 3.1.3. Chemické namáhání / 6 /

Chemicky je forma při odlévání namáhána několikerým způsobem:

- a/ Vlivem chemických přeměn materiálu formy, působením vysoké teploty, které forma dosáhne po naplnění taveninou.
- b/ Roztavením některých komponent materiálu formy.
- c/ Chemickým působením oxidů nebo jiných látek vnesených do formy litým kovem.
- d/ Přímou chemickou reakcí mezi formou a litým kovem.

Chemické namáhání formy se však především uplatňuje u netrvalých forem, u kovových forem méně.

### 3.2. Trvanlivost forem / 2 /

#### 3.2.1. Životnost forem / 2 /

Trvanlivost kovových forem je různá podle druhu odlévané slitiny a podle materiálu kokily. Při lití hořčíkových odlitků o hmotnosti několika desetin kg do ocelových forem je dosahováno životnosti až 750 000 odlitků, kdežto při lití litinových odlitků o hmotnosti 1,6 kg do litinových kokil je



životnost 5 000 odlitků. Samozřejmě velký vliv má i tvar odlitku, tloušťka stěn odlitku, způsob zpracování kokily, ochrana funkčních ploch kokily, atd.

### 3.2.2. Pracovní teplota / 2 /

Provozní teplota kokily při lití odlitků je velmi důležitá z hlediska jakosti odlitků i životnosti kokil. Při nízké teplotě kokily hrozí nebezpečí nezaběhnutí odlitku, popřípadě i vznik trhlin nebo prasklin u tvarově složitých odlitků. Naproti tomu příliš vysoká teplota kokily má za důsledek předčasné znehodnocení kokily. Správná provozní teplota kokily závisí na druhu odlévaného materiálu. Pro odlévání hliníkových slitin má být teplota 150 až 200 °C, pro šedou litinu 200 až 270 °C. Při lití odlitků ze šedé litiny nemá teplota kokily přestoupit 300 °C, protože se prudce zhoršuje jakost povrchu odlitků.

Z hlediska životnosti kokil má docházet k co nejmenším tepelným změnám při provozu. Znamená to, že před počátkem první směny i po každé delší přestávce je nutno kokilu pozvolna ohřát na spodní hranici provozní teploty. Tento pozvolný ohřev se nejčastěji provádí plynovými hořáky. Naprosto nesprávný je ohřev kokily nalitím tekutého kovu do studené kokily, protože dochází k prudkému tepelnému nárazu a namáhání kokily.

Udržování správné provozní teploty kokily znamená její chlazení během výrobní směny. Chlazení může být vzduchové nebo vodní. Vzduchové chlazení se používalo dříve velmi často, dnes již pozvolna ustupuje chlazení vodnímu. Může být volné nebo nucené. Volné vzduchové chlazení je málo intenzivní a

používá se jen u tenkostěnných odlitků, kde je možno změna-  
mi tloušťky stěn zpomalovat nebo zrychlovat odvod tepla.  
Jeden z nejintenzivnějších způsobů chlazení kokil je vodní  
chlazení pomocí zalitých trubek. Nevýhodou tohoto způsobu  
je, že v případě prasknutí kokily může dojít k explozi. Rov-  
něž výroba kokil je nákladná. Proto se používá tzv. chladí-  
cích desek, kterými proudí voda a na něž je kokila připev-  
něna. Životnost chladících desek je velmi dobrá a náklady  
na zhotovení jsou menší.

Při vodním chlazení se má dbát na tzv. tepelné vyvážení ko-  
kily, tj. na intenzivnější ochlazování těch částí kokily,  
které jsou nejvíce tepelně namáhány / vtoková soustava, mís-  
ta s velkou tloušťkou stěn odlitku /. Výstupní teplota vody  
nemá přesáhnout 80 °C.

### 3.3. Povrchová ochrana líce formy / 2 /

K prodloužení životnosti kokil se používají dva druhy  
nátěrů:

a/ žárovzdorné nátěry

b/ barviva

Žárovzdornými nátěry o tloušťce 0,1 až 1 mm se kokily pokrý-  
vají dvakrát až třikrát za směnu, zatímco barvivem před kaž-  
dým odléváním. Tlusté vícevrstvé žárovzdorné nátěry vzdo-  
rují lépe účinkům tekutého kovu. Nejdéle vydrží třívrstvo-  
vý nátěr pro litinové odlitky. Základní /spodní/ vrstva o  
tloušťce 0,5 až 0,8 mm tvoří tepelnou izolaci a bývá složena  
ze žárovzdorného jílu. Střední vrstva o tloušťce 0,7 až 1 mm  
je v podstatě grafitový nátěr. Vrchní vrstva o tloušťce 0,03

až 0,5 mm je málo tepelně vodivá a je tvořena vrstvou acetylénových sazí, které se nanášejí acetylénovým plamenem před každým odléváním.

Legovací přísady do nátěru nemají obvykle velký vliv na jakost odlitků. Použití nátěrů s minimálním součinitelem tepelné vodivosti /např. mastek/ může zabránit zákalce i u tenkostěnných litinových odlitků.

Kromě použití nátěrů se chrání povrch též šopováním nebo chemickotepelným zpracováním. Šopování je nanášení kovových materiálů na pracovní povrch, přičemž nanesené kyslíčnický kovů tvoří ochranný povrch kokily. Nastříkaný povrch je vhodné difusně vyžíhat, i když difuze probíhá i při uvedení kokily do provozu.

#### 4. LITÍ KOVŮ POD TLAKEM / 1, 3, 4, 5 /

Pro lití kovů pod tlakem potřebujeme tato zařízení:

- lící stroj, eventuelně s automatizačními doplňky
- udržovací pec
- lící formu

Z uvedených zařízení lící forma nejvíce ovlivňuje ekonomiku lití. Její vhodné koncepční řešení a správný výpočet všech systémů formy /vtokového, odvzdušňovacího, chladícího a vyhazovacího/ rozhoduje o délce času, který je třeba na jednu lící operaci a o kvalitě odlitků. Z velkého počtu případů z praxe je možno konstatovat, že při dobře řešené a vyrobené formě lze i na lícím stroji průměrné úrovně dosahovat dobrých ekonomických i kvalitativních výsledků. Při nevhodně řešené nebo nedokonale vyrobené formě není možno docílit dobrých

výsledků ani na licím stroji špičkové úrovně.

#### 4.1. Hlavní zásady konstrukce forem pro lití pod tlakem

/ 1, 3 /

Pro dobrou funkci formy je třeba:

1. Správně volit a vyřešit vtokový systém.
2. Zaformovat odlitky se zřetelem k požadované přesnosti jednotlivých rozměrů odlitku.
3. Zaformovat odlitky i se zřetelem k výslednému tvaru dělicí plochy.
4. Při volbě způsobu zaformování pamatovat i na možnost dobrého odvzdušnění všech částí odlitku.
5. Řešit tvary jednotlivých činných dílů formy se zřetelem k dobré technologičnosti při výrobě formy.
6. Řešit tvary jednotlivých činných dílů formy s přihlédnutím k jejímu tepelnému zpracování.
7. Určit správné rozmístění vyhazovačů a stanovit vhodný způsob vyhazování odlitků z formy.
8. Řešit zaformování odlitku tak, aby byl odlitek při otevírání formy unášen s pohyblivou polovinou formy.
9. Řešit zaformování odlitku tak, aby byl odlitek při vytahování jader opřen, odlitek by se jinak zdeformoval silami, vzniklými třením odlitku na vytahovaných jádrech.
10. Při kótování tvarových částí dutiny formy využívat správně tolerancí i u netolerovaných rozměrů.
11. Dělicí plochu formy i styčné plochy jader a vložek volit tak, aby bylo možno otřepy u těchto styků odstranit z odlitků odstřihem na lise.
12. Již při návrhu formy řešit správně dimenzování chlazení všech