

Interreg



Rakousko-Česká republika

Evropský fond pro regionální rozvoj



STROJÍRENSTVÍ

Technologie lití kovů pod tlakem



EVROPSKÁ UNIE

OBSAH

1. Charakteristika tlakového lití.....	4
1.1. Podstata tlakového lití.....	4
1.2. Technické a ekonomické aspekty tlakového lití.....	4
2. Tlakové licí stroje.....	6
2.1. Odlévání s teplou komorou.....	6
2.2. Odlévání se studenou komorou.....	7
2.2.1. Licí stroje se studenou vertikální komorou.....	7
2.2.2. Licí stroje se studenou horizontální komorou.....	8
3. Hlavní konstrukční uzly tlakových licích strojů.....	9
3.1. Lisovací mechanismus.....	10
3.2. Uzavírací mechanismus.....	10
3.3. Pohon tlakových licích strojů.....	11
4. Formy pro lití kovů pod tlakem.....	12
4.1. Základní části formy.....	12
4.2. Tvarová dutina formy.....	13
4.3. Temperanční systém.....	13
4.4. Vtokový systém.....	14
4.5. Vyhazovací systém.....	14
4.6. Odvzdušňovací systém.....	15
5. Metodika navrhování konstruování vtokových soustav.....	16
5.1. Analýza proudění tekutého kovu.....	16
5.2. Výběr nejvhodnějšího místa pro umístění vtokového zářezu a odvzdušňovacího zářezu.....	17
6. Technologické faktory tlakového lití.....	19
6.1. Parametry lisovacího systému.....	19
6.2. Teplotní parametry procesu lití.....	19
6.3. Parametry vyplývající z vlastností taveniny.....	20
7. Vliv technologických faktorů na mechanické vlastnosti odlitků.....	21
7.1. Experimentální vzorky:.....	21
7.2. Charakteristika sledovaných faktorů:.....	22
7.3. Analýza mechanických vlastností.....	23
7.4. Analýza vnitřní homogenity.....	25

7.5.	Makro a mikroskopická analýza.....	26
8.	Chyby odlitků	31
8.1.	Nedolití.....	31
8.2.	Studený spoj.....	32
8.3.	Pórovitost	32
8.4.	Bubliny	33
8.5.	Puchýře	33
8.6.	Zavaleniny	33
8.7.	Trhliny	34
8.8.	Praskliny	34
8.9.	Deformace.....	35
8.10.	Rozměrové odchylky	35
9.	Přídavná zařízení k tlakovým licím strojům.....	36
9.1.	Dávkovací zařízení.....	36
9.2.	Zařízení pro vybírání odlitků.....	36
9.3.	Zařízení na ošetřování formy	37
9.4.	Ostřihovací lisy.....	39
9.5.	Zařízení pro pomocný ohřev provozní kapaliny	39
10.	Tavení slitin	40
10.1.	Vsádkové suroviny:.....	40
10.2.	Vrátný materiál	40
10.3.	Tavení, udržování a odlévání	41
11.	CA technologie v slévárenství.....	42
11.1.	NovaCast.....	42
11.2.	PamCast.....	43
11.3.	Simtec - Wincast.....	44
11.4.	Magmasoft.....	44
12.	Speciální technologie v slévárenství.....	45
12.1.	SEMI SOLID METAL (SSM) PROCES.....	45
12.2.	Rheocasting.....	45
12.3.	Thixocasting	46
12.4.	Thixoforming.....	46
12.5.	Thixomoulding.....	46

Seznam použité literatury	48
---------------------------------	----

1.CHARAKTERISTIKA TLAKOVÉHO LITÍ

1.1. Podstata tlakového lití

Lití kovů pod tlakem je slévárenská technologie, při které je roztavený kov z plnicí dutiny formy dopravován působením vysokého tlaku a rychlosti do tvarové dutiny trvalé formy, kde následně vytuhne na výsledný odlitek.

Rychlost pístu působícího na taveninu se pohybuje řádově v jednotkách metrů za sekundu. Jejím působením je tavenina dopravována z plnicí komory vtokovou soustavou do dutiny formy. Přechod mezi vtokovou soustavou a vlastní dutinou formy tvoří zářez. V zářezu se rychlost proudu taveniny zvyšuje na několik desítek metrů za sekundu. Vysoká rychlost proudu taveniny způsobuje velmi krátkou dobu plnění dutiny formy, která je rovná jednotkám a desítkám milisekund. Tato metoda plnění dutiny formy umožňuje výrobu tenkostěnných, tvarově náročných odlitků s vysokou rozměrovou přesností a s přesným kopírováním povrchového reliéfu dutiny formy.

1.2. Technické a ekonomické aspekty tlakového lití

Výhody lití kovů pod tlakem:

- možnost výroby odlitků v úzkých tolerančních mezích,
- velké množství vyrobených odlitků z jedné formy,
- možnost výroby tvarově složitých a tenkostěnných odlitků,
- hladký povrch odlitků,
- nízká produkce odpadu, a tím i nižší náklady na vstupní materiál,
- možnost předlévání otvorů malých průměrů s malým dodatečným opracováním,
- lehké zalévání vložek z jiných kovů nebo materiálů,
- jemnozrnná struktura odlitku mu uděluje dobré mechanické vlastnosti.

Nevýhody lití kovů pod tlakem:

- vysoké náklady na výrobu formy,
- vysoké investice na stroje a příslušné zařízení,
- maximální velikost odlitku je omežována velikostí samotného stroje,
- slitiny odlité pod tlakem mají menší tažnost,

- odlitky jsou do určité míry pórovité, ale tato pórovitost se dá udržet v určitých mezích,
- technologie lití pod tlakem vyžaduje určité pracovní zkušenosti, a proto vyžaduje kvalifikovaných pracovníků.

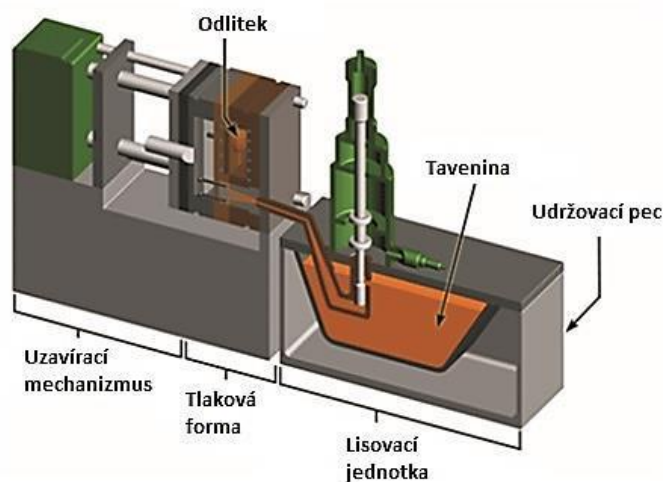
2. TLAKOVÉ LICÍ STROJE

Lití kovů pod tlakem se provádí na tlakových licích strojích, které z technologického hlediska dělíme:

- **licí stroje s teplou komorou:**
 - s lisováním kovu pístem,
 - s lisováním kovu vzduchem.
- **licí stroje se studenou komorou:**
 - s vertikálním lisovacím ústrojím,
 - s horizontálním lisovacím ústrojím.

2.1. Odlévání s teplou komorou

Na strojích s teplou komorou se odlévají nízkotavitelné slitiny, t.j. slitiny cínu, olova a zinku. Při tomto typu strojů je tavící pec součástí stroje a roztavený kov je z kelímku vytlačován přímo do formy pístem nebo zalisováním tlakovým vzduchem o tlaku 2 až 7 MPa. V obou případech se komora zužuje v hrdle a je ukončena tryskou. Tato tryska je před vstřikem přitlačena k pevné polovině formy, tj k jejímu rozpěry otvoru. Píst ve své horní, výchozí poloze nepřekrývá vtokový otvor komory a přes tento otvor zateče roztavený kov z kelímku do komory. Při pohybu pístu v komoře dochází k překrytí vtokového otvoru, čímž se zamezí samovolnému nadměrnému zatékání kovu do komory. Píst čelem tlačí roztavený kov přes trysku do dutiny formy. Následuje časová výdrž trvající několik sekund, během níž kov v dutině formy ztuhne na odlitek. Po tomto časovém úseku koná píst zpětný pohyb do své výchozí polohy, přičemž se opět otevře vtokový otvor komory. Ta se plní zatékáním nové dávky roztaveného kovu a současně do ní stéká tekutý kov z hrdla. Během tohoto děje se otevírá pohyblivá část formy, která s sebou unáší i odlitek. Ten je vyhazovači uvolněný a obsluha ho kleštěmi nebo zařízením odebere a uloží na paletu. Pokud je forma otevřená, dutina se ošetří postřikem maziva. Následuje uzavření formy, zařízení se vrátí do výchozího stavu a celý cyklus se opakuje.



Licí stroj s teplou komorou

2.2. Odlévání se studenou komorou

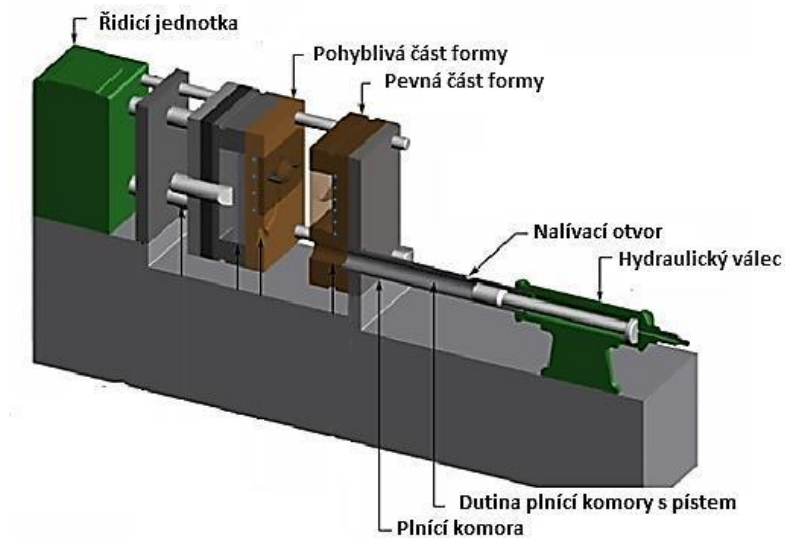
Na strojích se studenou komorou se odlévají vysokotavitelné slitiny hliníku, hořčíku, mosazi a železa. Při těchto strojích není udržovací pec s roztaveným kovem součástí stroje. Je postavena zvlášť a roztavený kov se z ní dávkuje do komory stroje před každým zalisováním.

2.2.1. Licí stroje se studenou vertikální komorou

Skládají z vertikální uloženého válce, trysky, lisovacího pístu a spodního pístu s pružinou. Píst je v základní poloze vysunutý nad komorou, do které je naléván kapalný kov. Pohybem lisovacího pístu dolů a jeho působením na roztavený kov je stlačený spodní píst, čímž se odkryje tryska a kapalný kov je přes ní vhněn do dutiny formy. Následuje časová výdrž, během níž kov v dutině formy ztuhne. Po vytuhnutí kovu je lisovací píst vysunutý do své výchozí polohy. Silou stlačené pružiny nacházející se pod spodním pístem dochází k jeho pohybu v komoře, stříhá tabletu kovu, která vznikla vytuhnutí kovu v komoře, a následně ji vyhazuje ven z komory. Následuje otevření komory, vyhození odlitku a ošetření dutiny formy postřikem maziva. Forma se uzavírá, cyklus se opakuje.

2.2.2. Lící stroje se studenou horizontální komorou

Pracují na následujícím principu: komora uložená horizontálně má otvor, do kterého se nalévá roztavený kov. V komoře se pohybuje lisovací píst. Vnitřní otvor plnicí komory musí probíhat pevnou polovinou formy až do jejího dělicí roviny. Při nalévání kovu je lisovací píst v zadní poloze tak, aby byl nalévací otvor uvolněn. Pohybem pístu v komoře je roztavený kov vytlačován do dutiny formy. Po skončení lisování a výdrže se forma začíná otevírat, přičemž píst vysouvá tabletu kovu z plnicí komory. Po skončení otevírání se píst vrátí do zadní polohy. Při otevřené formě se vyjme odlitek a dutina formy se ošetří postříkem maziva. Následně se forma uzavře a cyklus se opakuje.



Lící stroj se studenou horizontální komorou

3.HLAVNÍ KONSTRUKČNÍ UZLY TLAKOVÝCH LICÍCH STROJŮ

Stroje pro lití kovů pod tlakem musí svou konstrukcí zajistit následující operace:

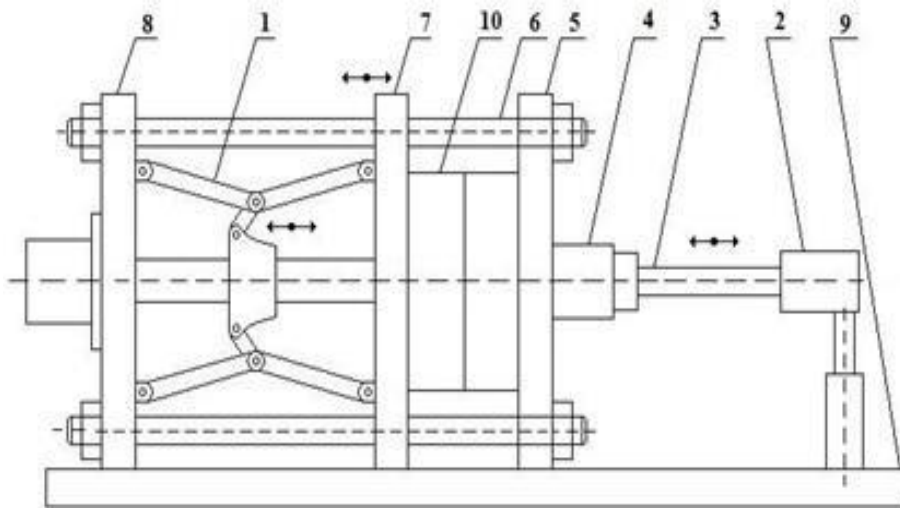
- Bezpečné uzavření formy
- Lisování kovu do formy
- Tuhnutí odlitku
- Otevírání formy
- Vytažení jader
- Vyhození odlitku z formy

Za účelem zajištění těchto operací jsou tlakové licí stroje složeny z těchto hlavních částí:

- Pohon strojů
- Uzavírací mechanismus
- Lisovací mechanismus
- Rám stroje
- Hydraulické rozvody
- Krytování stroje
- Řídicí systém

Základní konstrukční uzly tlakového stroje s horizontální studenou komorou:

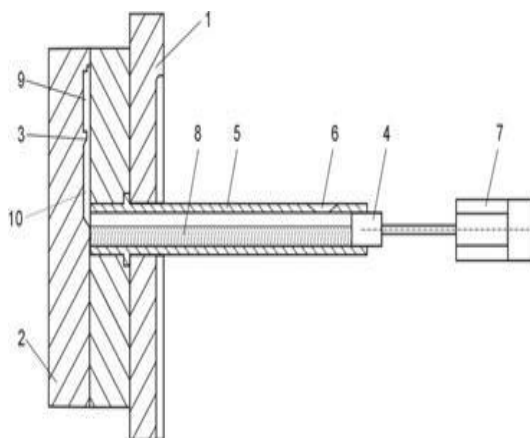
- uzavírací mechanismus
- lisovací mechanismus
- lisovací píst s pístnicí
- plnicí komora
- přední třmen
- sloup
- pohyblivý třmen
- zadní třmen
- fréma
- forma



3.1. Lisovací mechanismus

hlavním úkolem je dopravit přesně definovanou rychlostí roztavený kov do dutiny formy a během doby tuhnutí působit na něj vysokým tlakem.

1. přední třmen
2. forma
3. vtokový zářez
4. lisovací píst
5. plnicí komora
6. nalévací otvor
7. lisovací válec
8. tekutý kov
9. dutina formy
10. vtokový kanál



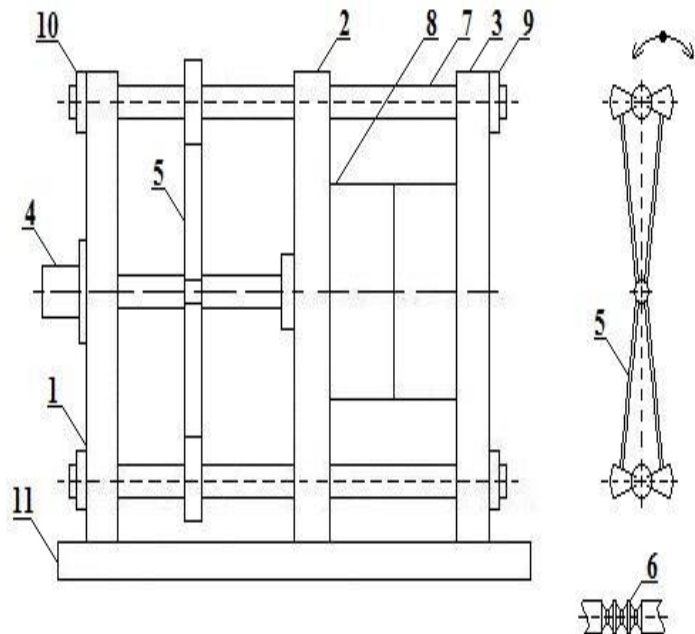
3.2. Uzavírací mechanismus

Z hlediska konstrukčního provedení uzavírací mechanismy dělíme:

- hydraulický uzavírací mechanismus
- mechanický uzavírací mechanismus
- hydraulicko-mechanický uzavírací mechanismus
- elektrický uzavírací mechanismus

Hydraulicko-mechanický uzavírací mechanismus

1. zadní třmen
2. pohyblivý třmen
3. přední třmen
4. přímočarý hydromotor
5. otočné čelisti s tvarovanými výstupky
6. tvarové vybrání sloupů
7. sloup
8. forma
9. přední matice
10. zadní matice
11. fréma



- Uzavření formy je provedena zdvihem hydraulického válce malou silou. Následně je bezpečné uzavření a zajištění formy zajištěno dvěma otočnými čelistmi a tvarovými výstupky, které zapadnou do vyjmutí na sloupech.

3.3. Pohon tlakových licích strojů

Pohon tlakových licích strojů je hydraulický. Starší stroje používali na vyvození tlakové energie vodní páru, v současnosti se využívají minerální oleje, resp. kapalina na bázi voda - glykol.

Pohon zajišťuje čerpadlo pracující v tlakovém režimu do 4,5MPa.

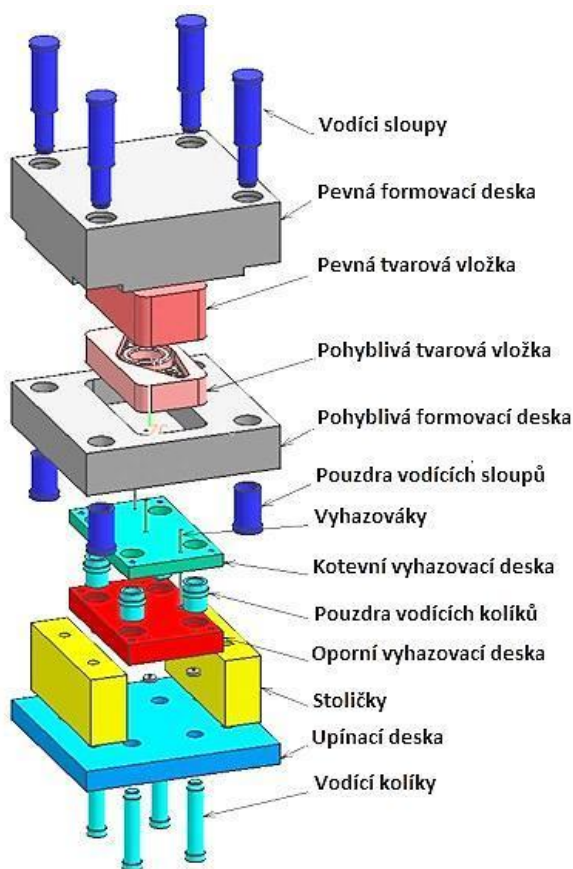
Podle konstrukce rozlišujeme:

- Pístové regulační čerpadlo
- Lopatkové regulační čerpadlo
- Šroubové regulační čerpadlo

4.FORMY PRO LITÍ KOVŮ POD TLAKEM

4.1. Základní části formy

Hlavním úkolem formy je prodat zpracovávanému materiálu požadovaný tvar a ochladit ho na takovou teplotu, při které je odlitek natolik tuhý, že může být bez obav z deformace vybrán z formy. Formy musí odolávat vysokým tlakem, produkovat výrobky s přesnými rozměry a umožňovat vyjmutí odlitku.



Základními částmi formy jsou:

- díly vymežující tvarovou dutinu formy,
- chladicí, resp. temperanční systém,
- vtokový systém,
- vyhazovací systém,
- odvzdušňovací systém,
- upínací a vodící elementy.

V podstatě se dají základní části formy rozdělit na konstrukční a funkční. Konstrukční části zajišťují správnou činnost funkce a funkční jsou ve styku se zpracovaným materiálem a udělují mu požadovaný tvar.

4.2. Tvarová dutina formy

Tvarová dutina je pro funkci formy nejdůležitější. Tvarem je identická se žádaným odlitkem, avšak liší se rozměry, které musí být o hodnotu smrštění materiálu větší. V dutině dochází ke chladnutí materiálu. S ohledem na jeho vlastnosti by bylo vhodné, aby ochlazování probíhalo ve všech místech odlitku stejnou rychlostí. K tomu je třeba zajistit homogenitu teplotního pole dutiny. Důsledkem nerovnoměrného chlazení je, že hmota na chladnějších místech tuhne dříve. V těchto místech se vytváří tlustší povrchová vrstva ztuhlé hmoty, a tím se zmenšuje průřez, kterým proudí tavenina do dalších částí dutiny. Forma je pak plněna na různých místech s odlišnými technologickými podmínkami, což se projeví různými vlastnostmi odlitku v těchto místech. Konečným důsledkem nerovnoměrného chladnutí je vznik vnitřních pnutí vedoucím k porušování odlitku.

4.3. Temperanční systém

Pod pojmem temperanční systém se rozumí systém kanálů a dutin, přes které protéká chladicí médium. Tímto systémem se udržuje teplota formy na požadované hodnotě.

Temperanční systém je dělený na dílčí okruhy, které jsou řešeny podle způsobu zaformování odlitku ve formě a podle polohy dělící roviny. Při návrhu rozmístění temperančních kanálů a jejich rozměrů je nutné přihlížet k celkové řešení formy a jeho rozmístění musí být takové, aby docházelo k rovnoměrnému tuhnutí odlitku v celém jeho objemu. Průřez kanálů se volí zpravidla kruhový, ale využívají se i kanály s obdélníkovým průřezem.

Teplota formy a tepelná rovnováha formy pro lití pod tlakem má velký vliv na kvalitu odlitků a prodloužení životnosti formy. Chladicí systém formy musí být navržen tak, aby se zabránilo vzniku chyb způsobených špatnou teplotou. Pro temperanční systém se kanály ve formě vyvrtávají. Průměr kanálů závisí na tloušťce stěny odlitku.

4.4. Vtokový systém

Vtokový systém je tvořen jednoduššími nebo složitějšími kanály, které spojují tvarovou dutinu formy s plnicí komorou. Musí zajišťovat správné naplnění dutiny formy, jednoduché odtržení nebo oddělení vtokového zbytku. Vtoková soustava je navrhovaná podle počtu tvarových dutin a jejich rozmístění. Protože vtokový kanál prodlužuje dráhu tečení roztaveného kovu do formy, projevuje se jeho negativní vliv na snížení teploty a poklesu lisovacího tlaku. Z toho důvodu je třeba přihlížet při konstrukci formy na to, aby kanály byly co nejkratší a jejich průřezy co největší.

Vtokový systém je třeba navrhnout tak, aby bylo dosaženo:

- správné vyplnění dutiny formy,
- takový směr proudění kovu v dutině formy, aby se předčasně neopotřebovaly její stěny,
- omezení místního nárůstu teploty, který by vedl k nadměrnému opotřebení a zhoršení povrchové čistoty odlitku,
- co nejmenší vznikání vírů v proudu taveniny, které vede k uzavírání plynů v objemu odlitku,
- požadovaný tvar a povrchová kvalita odlitku.

4.5. Vyhazovací systém

Jelikož se odlitek při ochlazování smršťuje, zůstává přichycen na tvarových součástech dutiny formy, je nutné formu opatřit systémem na vyhazování odlitku. Nejčastěji se takový systém řeší jako mechanický, ale využívají se i systémy pneumatické a hydraulické. Často se jednotlivé řešení výhozu odlitku kombinují.

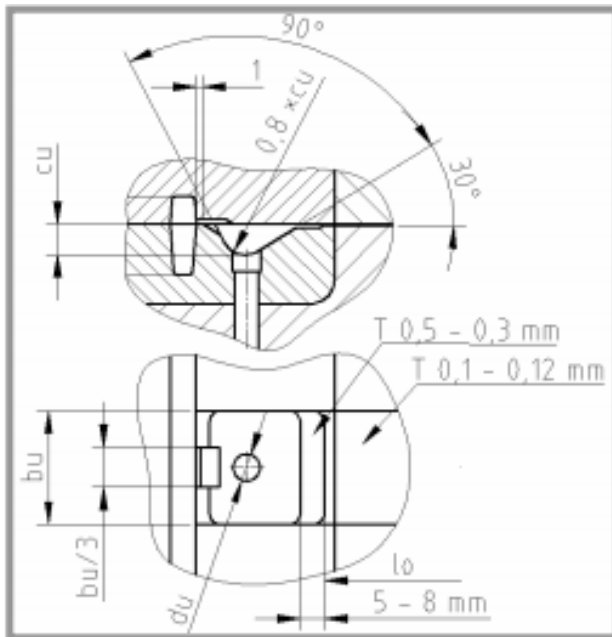
Vyhazovací síly se vypočítávají odvozením od měrných tlaků mezi formou a odlitkem, od tepelné závislosti koeficientu tření mezi oběma polovinami formy a od rozměrů odlitku.

Upínací a vodící elementy

Jsou konstrukční části stroje zajišťující a vymezující přesné vzájemné dosedání částí formy a jejich funkční pohyblivost.

4.6. Odvzdušňovací systém

Odvzdušnit tvarovou dutinu formy je důležité. Jelikož doba zalisování je krátká a lisování je prováděno velkou rychlostí a vysokým tlakem, vzduch obsažený v dutině formy by přes netěsnosti formy v dělicí rovině nestíhal unikat. To by vedlo k neúplnému vyplnění dutiny formy a ke kritickému zvýšení tlaku v dutině. Proto je důležité zajistit intenzivní odvod vzduchu z dutiny formy zakomponováním systému odvzdušňovacích kanálů. Avšak ty nesmí být příčinou vznikání otřepu na odlitku.



5.METODIKA NAVRHOVÁNÍ KONSTRUOVÁNÍ VTOKOVÝCH SOUSTAV

Návrh vtokového systému tlakové formy sestává z následujících kroků:

- Analýza proudění tekutého kovu
- Výběr nejvhodnějšího místa pro umístění vtokového zářezu a odvzdušňovacího systému
- Výpočet maximálního času plnění dutiny formy a rychlosti proudění kovu ve vtokovém zářezu
- Rozdělení odlitku na segmenty vtokových částí
- Určení objemu přetoků
- Výpočet celkové plochy vtokového zářezu a výběr výšky zářezu
- PQ^2 analýza a uzavírací síla stroje
- Čas plnění dutiny formy a plocha zářezu vypočtená podle jednotlivých segmentů
- Volba typu zářezu, typu vtokového kanálu a jejich tvaru

5.1. Analýza proudění tekutého kovu

Ideální tvar odlitku umožňuje proudění tekutého kovu v dutině formy po jasných a přímých trasách. No jen zřídka je možné navrhnout takový ideální tvar, zejména v případě vtokových kanálů a zářezu. V reálných podmínkách je třeba často přistoupit ke kompromisu. Návrhář by měl při navrhování zvážit nejen technologické, ale i slévárenské hledisko. Během procesu navrhování vtokového systému je nutné provést konzultace a jednání s pracovníky zblhlý v problematice vysokotlakého lití, který do procesu navrhování vnáší praktické hledisko. Návrhář je následně nucen najít vhodný kompromis mezi požadovaným tvarem, tvarem ideálním a připomínkami odborníků, a tím najít nejlepší cestu pro proudění roztaveného kovu. Právě tato cesta určí hranice pro umístění vtokového zářezu.

5.2. Výběr nejvhodnějšího místa pro umístění vtokového zářezu a odvzdušňovacího zářezu

Všechny známé slitiny využívané ve slévárenství mají tendenci během tuhnutí a chladnutí se smršťovat. Pokud tuto vlastnost nepodchytíte, resp. nevezmeme ji při projektování formy v úvahu, výsledné odlitky budou vykazovat různé chyby způsobené smršťováním při tuhnutí. Tyto chyby se v podstatě projeví jako dutiny v objemu odlitku (vyšší pórovitost) a propadliny různých velikostí.

Při odlévání do pískových forem, gravitačním odléváním, při nízkotlakém lití a při lití na vytavitelný model se smršťování formy kompenzuje zvětšením objemu formy o hodnotu, která přísluší smrštění. Tím dosáhneme že výsledný odlitek vykazuje i po smrštění požadované rozměrové vlastnosti. Toto zvětšení objemu se realizuje vytvořením takzvaného nálitků. Nálitky jsou kuželovité výstupky umístěny nad nejtěžší přístupné, a v objemu odlitku posledně tuhnoucí sekce.

Vysokotlaké lití je výjimkou mezi slévárenskými technologiemi z toho důvodu, že v tvarové dutině formy nejsou umístěny nálitky. Smrštění se eliminuje do tlaku, a z toho důvodu je nutné navrhnout vtokový systém tak, aby roztavený kov byl schopen přenášet tlak co nejdelší dobu a s nejmenšími ztrátami. Návrhář musí brát v úvahu tlakový spád a děje probíhající v dutině formy, počínaje vtokovým zářezem a konče výfuky.

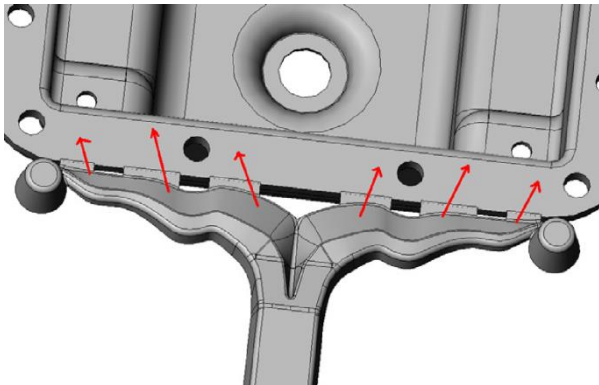
Je výhodné, a v praxi často realizovány, navrhovat vtokový systém tak, aby se zářez nacházel v dělicí rovině formy a odvzdušňovací systém byl umístěn naproti. Vhodným řešením je volit umístění vtoku a výfuků tak, aby proudění roztaveného kovu v tvarové dutině formy probíhalo po co nejkratších drahách.

Tangenciální vtokový systém dává dobré možnosti přímému tečení roztaveného kovu, přičemž vějířovité ústí vtoku umožňuje jen malé, nebo žádné možnosti řízení.

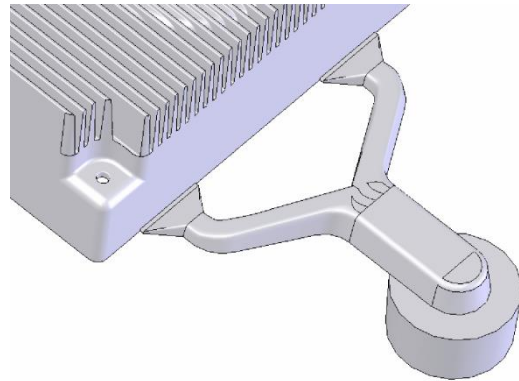
Oba typy vtoků mohou být použity s vícenásobným nebo rozděleným vtokovým kanálem. Pokud je odlitek rozdělen na několik sekcí s různou tloušťkou stěny, je možné umístění zářezu při každé takové sekci.

Pokud je možné, je výhodné při projektování vtokových kanálů vyhnout se případu, aby se dva různé proudy vstříkovaného kovu setkali ještě před vtokovým zářezem. Je to nežádoucí situace, ale bohužel ne vždy odstranitelná. Při takové situaci by měl být vtokový zářez umístěn z vnitřní strany odlitku. Slabým místem v konstrukci centrálního vtokového systému je převážně to, že nejsou umožněno vícenásobné dutiny, a příliš dlouhá konstrukce vtokové soustavy způsobuje, že rychlost proudění roztaveného kovu klesá dřív, než stihne vstoupit do dutiny formy.

Tangenciální vtok



Vějířovitý vtok



6. TECHNOLOGICKÉ FAKTORY TLAKOVÉHO LITÍ

Kvalita tlakově litých odlitků je ovlivňována řadou faktorů. Z konstrukčního hlediska má velký vliv správný návrh tlakové formy, její vtokové soustavy, odvzdušňovacího systému, temperančního systému a volba vhodného lisovacího stroje. Nelze opomenout ani vliv druhu odlévané slitiny a její metalurgické zpracování, vliv údržby, stavu a maštění dutiny formy a v neposlední řadě i vliv samotné obsluhy stroje. Samostatnou skupinu faktorů tvoří technologické parametry lití kovů pod tlakem. Ty můžeme rozdělit do tří základních skupin, a to:

- parametry lisovacího systému,
- teplotní parametry procesu lití,
- parametry vyplývající z vlastností taveniny.

6.1. Parametry lisovacího systému

Hlavním úkolem lisovacího mechanismu je doprava a zalisování taveniny do dutiny tlakové formy předepsanými technologickými parametry tak, aby bylo zajištěno plynulé a úplné vyplnění dutiny formy. Jde především o následující parametry:

- lisovací rychlost v plnicí komoře,
- měrný tlak na taveninu a dotlaku,
- čas plnění dutiny formy.

6.2. Teplotní parametry procesu lití

Teplotní parametry mají vliv na chování taveniny při přechodu lisovacím strojem od doby dávkování, až po vybírání vytuhnutí odlitku z dutiny formy. Jedná se především o:

- teplotu roztavené slitiny,
- teplotu plnicí komory,
- teplota formy.

6.3. Parametry vyplývající z vlastností taveniny

Vlastnosti taveniny a způsob jejího přípravy mají velký vliv na kvalitu odlitku. Mezi základní technologické parametry vyplývající z vlastností slitiny patří:

- sklon k naplynění,
- sklon ke tvorbě staženin.

7. VLIV TECHNOLOGICKÝCH FAKTORŮ NA MECHANICKÉ VLASTNOSTI ODLITKŮ

7.1. Experimentální vzorky:

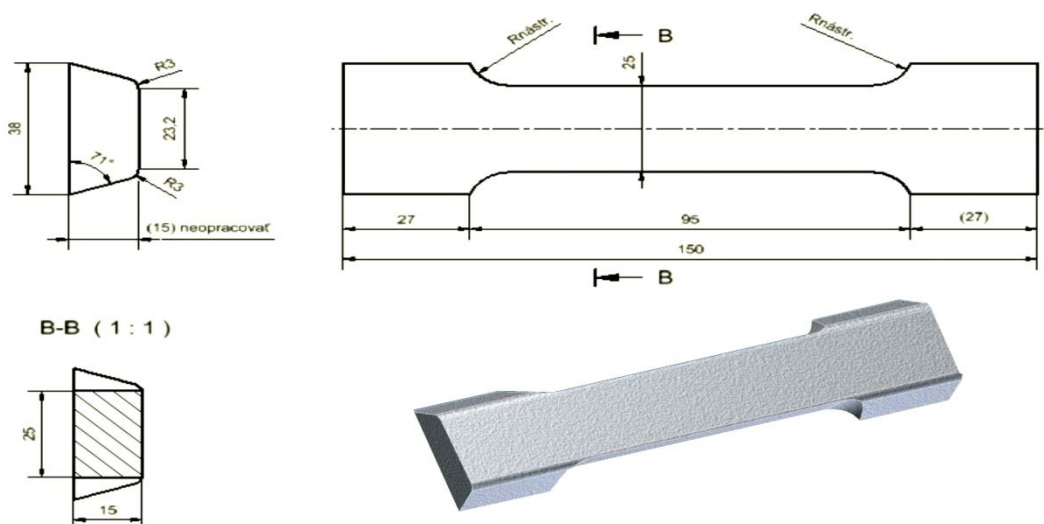
příruha elektromotoru (obr. 1)
trvalá deformace – s
tvrdost – HB tažnost – A_5

testovací tyčka (obr. 3)
mez pevnosti v tahu – R_m



Obr. 1 Příruha elektromotoru

Obr. 2 Místo odebrání tyčky



Obr. 3 Testovací vzorek (tyčinka)

7.2. Charakteristika sledovaných faktorů:

Sledován byl vliv dvou faktorů na základné mechanické vlastnosti:

1. faktor – rychlost lisovacího pístu:

$$v_1 = 1,9 \text{ m.s}^{-1} \quad v_4 = 2,9 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v_2 = 2,3 \text{ m.s}^{-1} \quad v_5 = 3,2 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v_3 = 2,6 \text{ m.s}^{-1}$$

2. faktor – dotlak:

$$p_1 = 13 \text{ MPa}$$

$$p_2 = 22 \text{ MPa}$$

$$p_3 = 25 \text{ MPa}$$

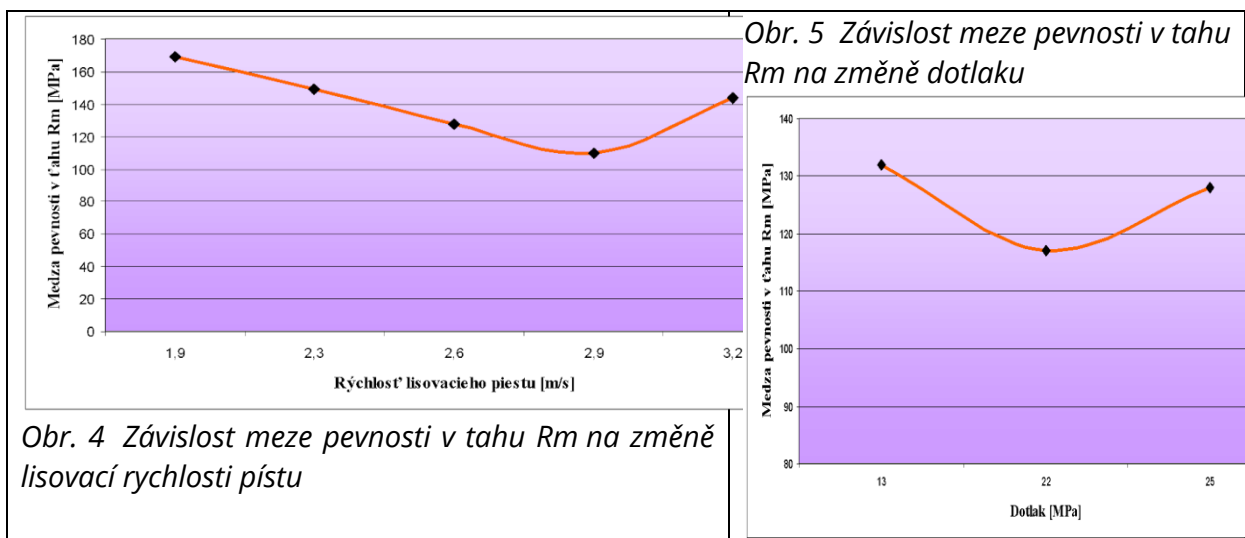
Analýza rychlosti taveniny ve vtokovém kanále a vtokovém zářezu:

Tab. 2 Rychlost taveniny ve vtokovém kanále a vtokovém zářezu stanovená na základě rovnice kontinuity

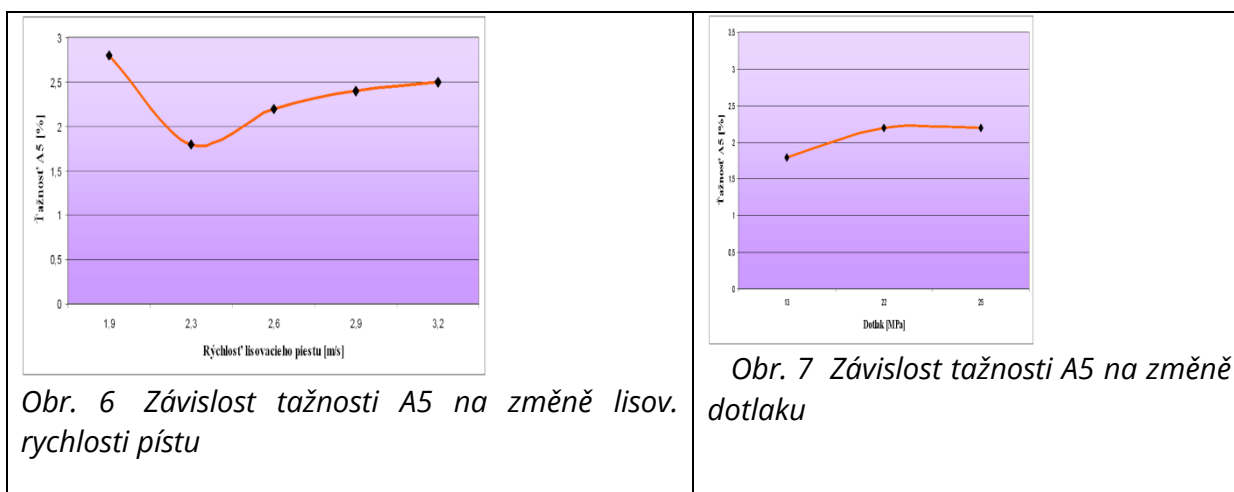
Lisovací rychlost pístu [m.s ⁻¹]	rychlost taveniny ve vtokovém kanále [m.s ⁻¹]	rychlost taveniny ve vtokovém zářezu [m.s ⁻¹]
1,9	14,78	36,58
2,3	17,89	44,28
2,6	20,23	50,05
2,9	22,56	55,83
3,2	24,9	61,60

7.3. Analýza mechanických vlastností

Vyhodnocení meze pevnosti v tahu:



Vyhodnocení tažnosti:



Vyhodnocení tvrdosti:

bylo provedeno dle Brinella na měřícím zařízení HPO 250 (obr. 8).

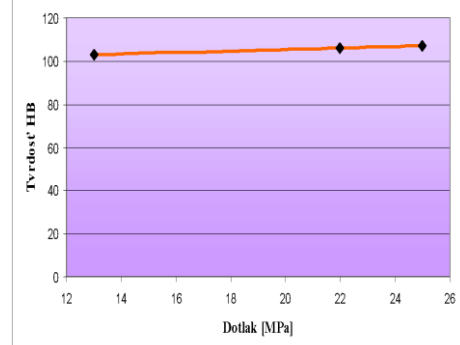
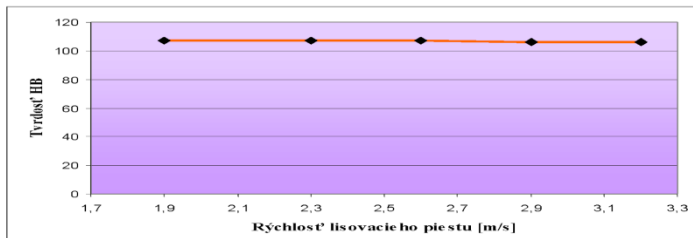
podmínky měření:

- průměr kuličky $D = 2,5 \text{ mm}$
- zatěžující síla $F = 613 \text{ N}$
- doba zatížení $t = 10 \text{ s}$



Obr. 8 Měřící zařízení HPO 250

Obr. 9 Závislost tvrdosti HB na změně lisov. rychlosti pístu



Obr. 10 Závislost tvrdosti HB na změně dotlaku

Vyhodnocení trvalé deformace

- statická zkouška v tlaku se měřila na zařízení TIRAtest 28200 (obr. 11).

Obr. 11 Měřící zařízení TIRAtest 28200



Obr. 12 Zatížení zkušebního místa odlitku

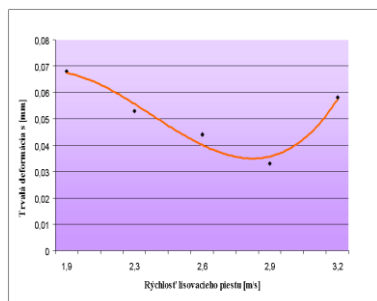


Podmínky měření:

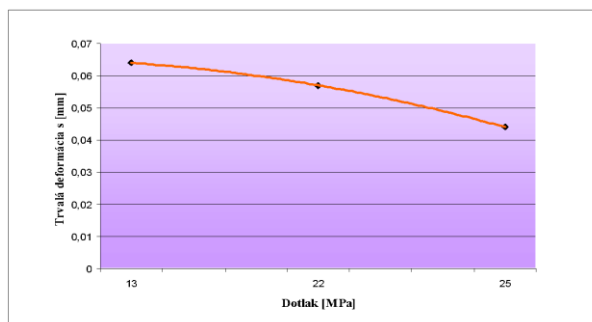
- zátěžová síla $F_a = 16 \text{ kN}$
- síla po odlehčení $F_m = 8 \text{ kN}$
- rychlost zatížení $v = 10 \text{ mm.min}^{-1}$

Obr. 13 Závislost trvalé deformace s na změně

lisovací rychlosti pístu



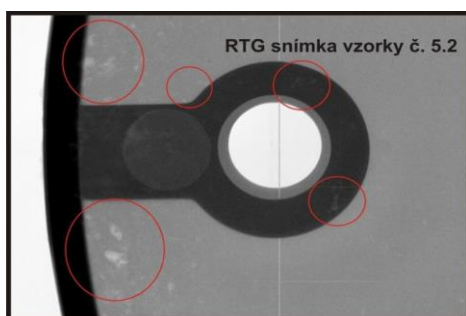
Obr. 14 Závislost trvalé deformace s na změně dotlaku



7.4. Analýza vnitřní homogenity

Měření vnitřní homogenity bylo realizováno na vytypovaných odlitkách na místech, kde se měřila trvalá deformace, aby bylo možné porovnat dosažené výsledky trvalé deformace s RTG snímky, a to zařízení RTG VX1000D.

Obr. 15 RTG snímek vzorku č. 4.2, $v = 2,9 \text{ m.s}^{-1}$ Obr. 16 RTG snímek vzorku č. 1.2, $v = 1,9 \text{ m.s}^{-1}$



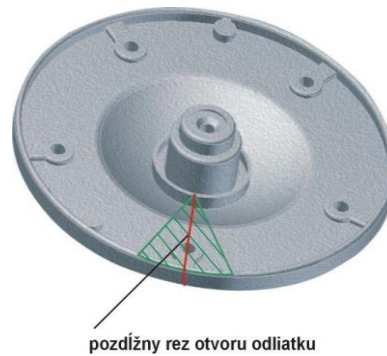
Obr. 17 RTG snímek vzorku č. 5.2, $v = 3,2 \text{ m.s}^{-1}$

7.5. Makro a mikroskopická analýza

Makroskopická a metalografická analýza byla za účelem zjištění příčin nehomogenity mechanických vlastností.

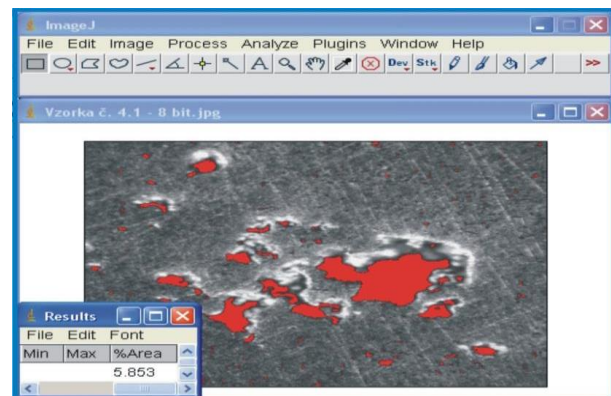


Obr. 18 Schéma odběru vzorku pro vyhodnocení pórovitosti testovací tyčinky



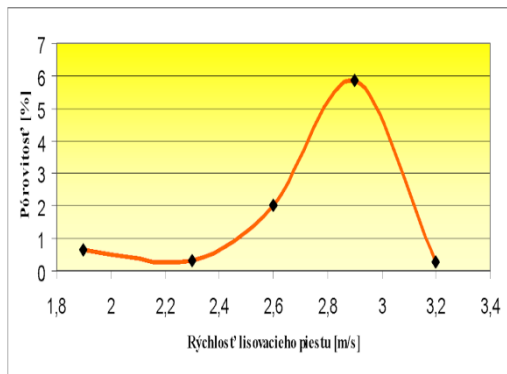
Obr. 19 Schéma odběru vzorku pro vyhodnocení pórovitosti odliatku

Analýza pórovitosti metalografických výbrusů z odebraných vzorků byla realizovaná mikroskopem OLYMPUS GX51 při 100násobném zvětšení a zpracovaná počítačovým programem ImageJ (obr. 20).

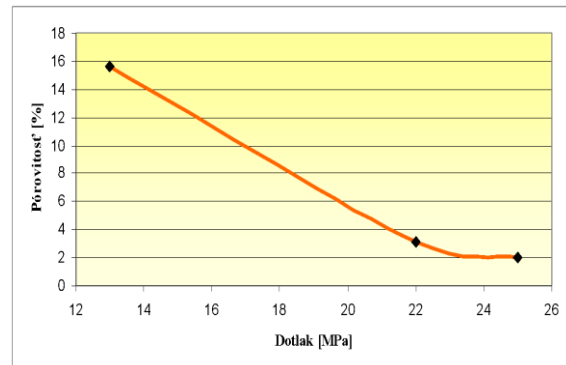


Obr. 20 Počítačový program ImageJ

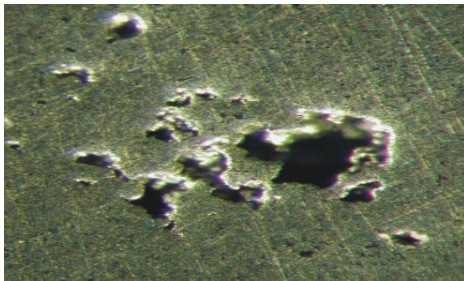
Vyhodnocení pórovitosti vzorků odebraných z testovacích tyčinek



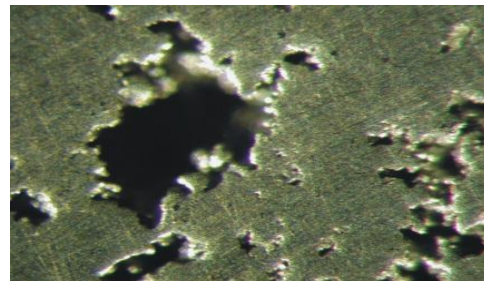
Obr. 21 Závislost pórovitosti na změně lis. rychlosti písku



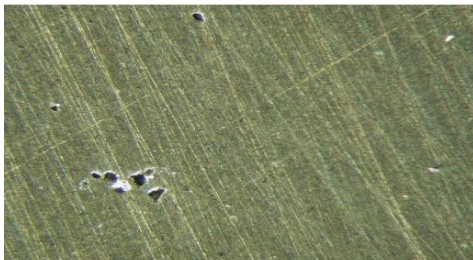
Obr. 22 Závislost pórovitosti na změně dotlaku



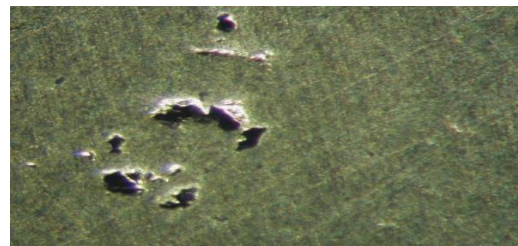
Obr. 24 pórovitost 5,85 %
 $v = 2,9 \text{ m.s}^{-1}$



Obr. 25 pórovitost 15,59 %
 $p = 13 \text{ MPa}$



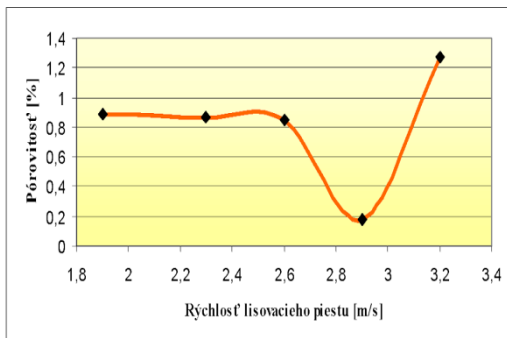
Obr. 23 pórovitost 0,33 %
 $v = 2,3 \text{ m.s}^{-1}$



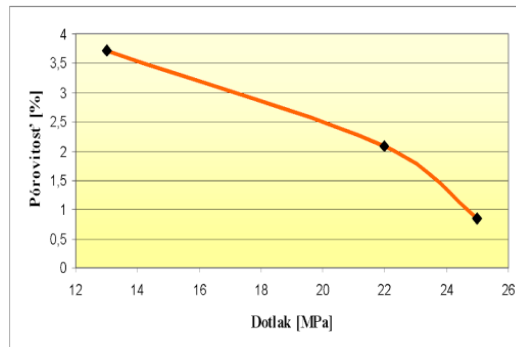
Obr. 26 pórovitost 2,03 %
 $p = 25 \text{ MPa}$

Obr.

Vyhodnocení pórovitosti vzorků odebraných z odlitků



Obr. 27 Závislosť pórovitosti na zmene lis. rychlosti pístu

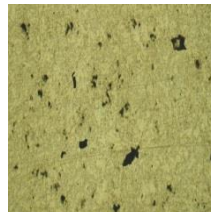


Obr.

28 Závislosť pórovitosti na zmene dotlaku



Obr. 30 pórovitosť 1,27 %
 $v = 3,2 \text{ m.s-1}$



Obr. 31 pórovitosť 3,73 %
 $p = 13 \text{ MPa}$



Obr. 29 pórovitosť 0,18 %
 $v = 2,9 \text{ m.s-1}$



Obr. 32 pórovitosť 0,85 %
 $p = 25 \text{ MPa}$

Analýza struktur:

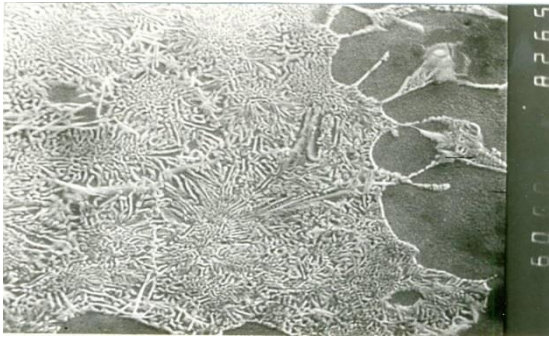
Struktúra je tvořená: α – tuhým roztokem,
eutektikom skládajícím se z α – tuhého roztoku a křemíku.



Obr. 33 Mikrostruktura okrajové části vzorku /250x/



Obr. 34 Základní struktura /2000x/



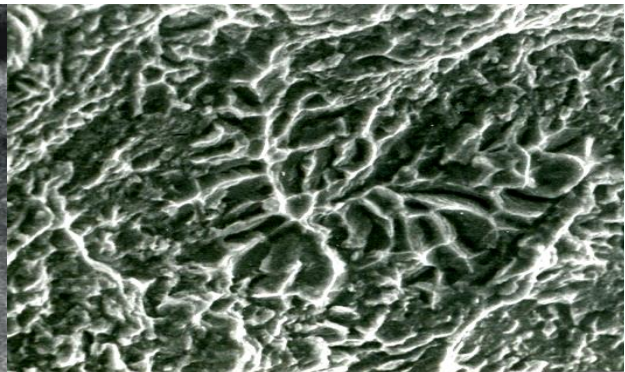
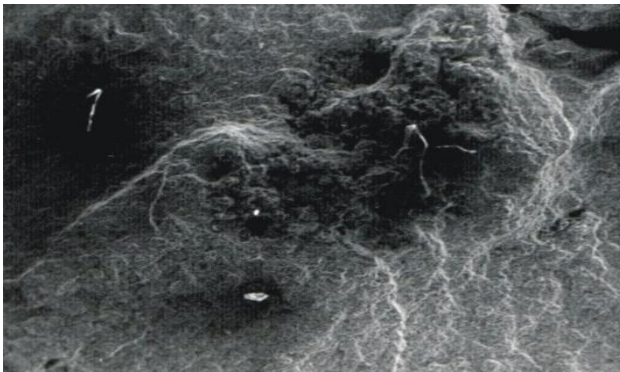
Obr. 35 Srůstání eutektických buněk

Analýza charakteru porušení a slévárenských chyb:

Lom nadeutektických siluminů je křehký, rovinný, uspořádaný kolmo k tažné síle.

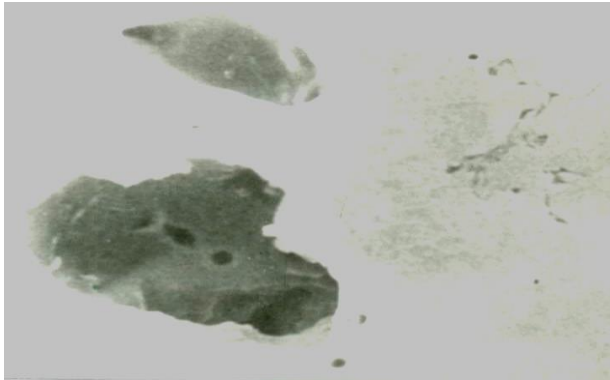
Obr. 36 Makroskopický pohled na lom /10x/

Obr. 37 Charakter porušení dendritů a tuhého roztoku a eutektika /250x/

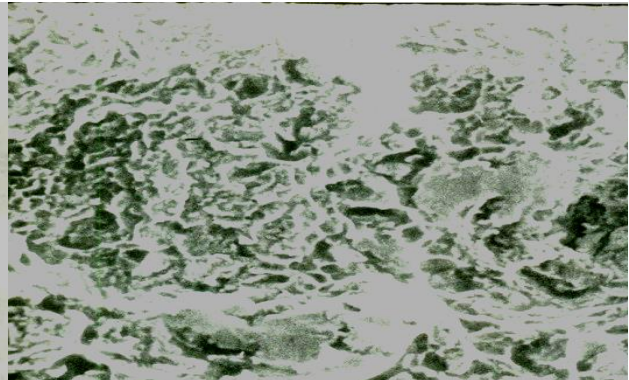


Na lomových plochách byly pozorovány následující slévárenské chyby:

dutiny s povrchem tvořeným dendrity mezi kterými se nachází blána oxidu Al_2O_3 ,
částice Al_2O_3 .



Obr. 38 Exogenní bublina /250x/



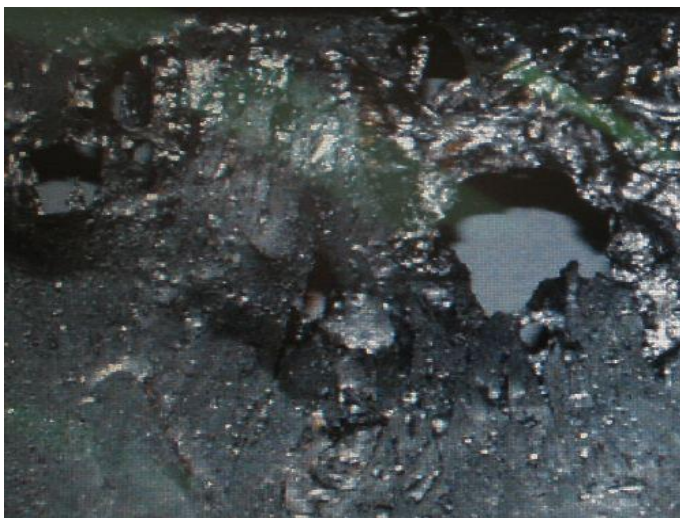
Obr. 39 Částice Al_2O_3 na lomové ploše /250x/

8. CHYBY ODLITKŮ

Výskyt chyb v odlitku je ovlivňovaný množstvím faktorů, které jsou navzájem propojené a změna jednoho následně naruší nastavení ostatních. Chybou se rozumí takový stav odlitku, který neumožňuje realizovat jeho užitkové vlastnosti. Z pohledu kvalitního výrobku je chybou každá odchylka od vlastností stanovených technologickými normami, technickými nebo dohodnutými podmínkami. Přehled vztahu chyb a příčin jejich vzniku v závislosti na faktorech lití znázorňuje Savenův diagram.

8.1. Nedolití

Je stav, kdy nejsou zcela dolité všechna místa odlitku. Nejčastěji se nedolití vyskytuje v místech, které jsou umístěny nejdále od vtokového zářezu, které jsou nedostatečně odvětrávané, nebo do kterých jsou proudem kovu zanesené zbytky maziv. Také celkové zaformování odlitku a umístění vtokového zářezu má vliv na vznik nedolitých míst. Jako predikce je vhodné konstruovat umístění vtokového zářezu tak, aby proud roztaveného kovu nenarážel přímo na zeď, a to zejména blízko vtokového zářezu. Pokud je konstrukce formy navržena správně, je možné tuto chybu odstranit optimálním nastavením technologických parametrů.



8.2. Studený spoj

Na odlitku se studený spoj projevuje jako povrchová prohlubeň se zaoblenými hranami. Ke vzniku studeného spoje dochází v případě, že se setkají proudy předčasně ztuhlého kovu. Příčinou vzniku této chyby je nízký tlak stroje, nízká teplota lití kovu nebo nerovnoměrné tuhnutí kovu ve formě.

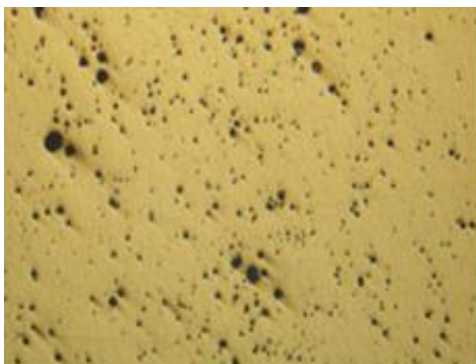


8.3. Pórovitost

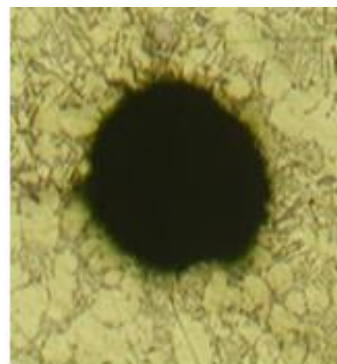
Vzniká smršťováním tekutého kovu v místech shluků a tepelných uzlů odlitku. Rozdílná tloušťka stěn a nezaručené dosedání taveniny po zalisování do míst s posledním tuhnutím jsou častými příčinami vzniku pórů, které se projevují jako dutiny s drsným povrchem. Pórovitost se často vyskytuje ve shlucích a způsobuje netěsnost odlitku. Odhalit tuto chybu vizuální kontrolou není možné. Její detekování lze provedením RTG zkoušek. Provedení RTG zkoušek se provádí průběžně, a výhodou je včasné zjištění chyby s možností rychlého provádění opatření k jejímu odstranění. Eliminace vzniku pórovitosti je možná snížením množství tepelných uzlů, vhodnou konstrukcí vtokové soustavy s větším průřezem zářezu a správným návrhem temperačního systému tak, aby bylo zajištěno rovnoměrné tuhnutí tekutého kovu v dutině formy. Pokud není předpoklad, že tento konvenční postup vyřeší problém pórovitosti, je možné zvolit si nadstandardní metodu, a to umístění a zabudování dohutňovačů - squeeze casting. Při této metodě je slévárna limitovaná vybavením, a tedy zda vlastní stroj s odpovídajícím vybavením

8.4. Bubliny

Tyto chyby jsou charakteristické malými dutinami s hladkým povrchem. Tvořené jsou vzduchem z plnicí komory a dutiny formy, nebo plynatostí slitiny. Vznikají pokud vzduch obsažený v dutině formy nestačí unikat přes odvzdušňovací systém a zůstává uzavřen v objemu odlitku. Ke snížení, respektive odstranění bublin napomáhá postupné a plynulé plnění dutiny formy, které má být ukončeno v těch místech, kde je možné provést účinné odvzdušnění. Návrh vtokové soustavy musí být řešen tak, aby nedocházelo k uzavírání vzduchu tekutým kovem, a tudíž aby byl vzduch vytlačován před čelem postupující taveniny. Z toho důvodu je vhodné navrhnout odlitek tak, aby místa s posledním tuhnutím taveniny byly dostatečně odvětrávané. Rovněž je důležité správně navrhnout zaústění zářezu a vhodnou polohu a objem přetoků



a



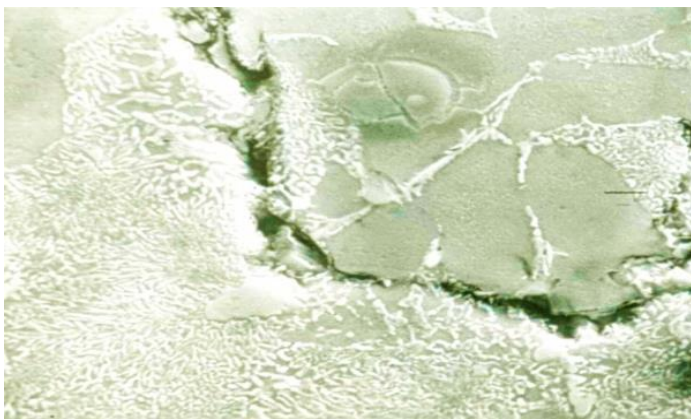
b

8.5. Puchýře

Chyba vznikající uzavřením vzduchu v oblasti blízko pod povrchem stěny odlitku. Vzniká v důsledku vysokého tlaku v bublině a nízké pevnosti slabé stěny ještě horkého odlitku. Příčinou vzniku je především slabé odvzdušnění formy, tvar zaústění vtokového zářezu a umístění temperančních kanálů v těle formy. Vznik puchýřů podněcuje také nadměrná teplota formy, vysoká licí teplota taveniny, ale i špatně naběhlý dotlaku.

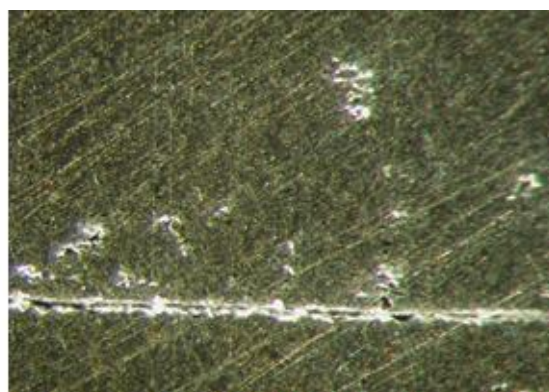
8.6. Zavaleniny

Chyba způsobená setkáním předčasně ztuhlých proudů taveniny. Její příčinou je nedostatečný tlak licího stroje, nedostatečná teplota taveniny nebo nerovnoměrné tuhnutí odlitku ve formě. Predikce je možná dodržením technologického postupu lití, správným nastavením parametrů, správnou teplotou taveniny a teplotou formy.



8.7. Trhliny

Chyba nacházející se v dutinách stěn odlitku a chyba porušení celistvosti přecházející od povrchu do objemu odlitku. Projevuje se jako křivočarý porušení stěny odlitku, vzniklé za tepla s mírně oxidovaným povrchem. Začínají se tvořit v rozmezí tuhnutí, pokud je volné smršťování brzděno mechanicky nebo tepelně.



8.8. Praskliny

Jsou definovány jako křivé povrchové prasknutí stěny odlitku, které vznikají za studena. Jejich povrch je čistý. Iniciátorem vzniku prasklin je pnutí vyvolané smršťováním, nevhodná konstrukce odlitku způsobující po ochlazení napětí v objemu odlitku, nebo předčasné vyjmutí odlitku z formy. Praskliny probíhají vnitřní částí zrn, protože po ochlazení jsou hranice zrn pevnější než jejich jádra.

8.9. Deformace

Na deformace odlitků má vliv konstrukce formy. Deformace mohou být způsobeny:

nedostatečnými úkosem tvarové části pevné poloviny formy,
malými úkosem hlubokých tvarů odlitku,
špatným rozmístěním a nedostatečnou plochou vyhazovačů,
nedostatečnou opěrnou plochou odlitku při vycházení pohyblivých jader,
opotřebením formy v místě nevhodného zaústění vtokového zářezu,
nevhodným řešením chladicího systému formy.

Kromě konstrukčního vlivu není zanedbatelná ani kvalita formy (zejména stav povrchu tvarové části), její ošetření po ukončení lícího cyklu a rovněž vznikem trhlin za tepla.

8.10. Rozměrové odchylky

Pokud má odlitek vyhovovat podmínkám něj kladeným, musí kromě celistvosti, vnitřní a povrchové kvality, splněných mechanických hodnot splňovat také rozměrové požadavky, které jsou určeny výkresovou dokumentací. Požadavky na přesnost rozměrů musí konstruktér brát v úvahu při projektování zaformování odlitku a celkového návrhu formy.

Rozměrové odchylky jsou z pohledu konstrukčního řešení formy a způsobu zaformování odlitku způsobené v důsledku těchto příčin:

- rozměry, které procházejí napříč dělicí rovinou nelze udržet v úzkých tolerančních mezích,
- systém temperování formy musí mimo jiné zohledňovat i vliv na rozměrové odchylky odlitku, řešením je dosažení tepelné rovnováhy formy během procesu lití,
- nesprávně řešena hodnota smrštění odlitku při konstruování formy vzhledem k druhu slitiny,
- deformace formy (prohnutí, přehřátí), způsobená vlivem nedostatečného dimenzování jednotlivých dílů formy.

9. PŘÍDAVNÁ ZAŘÍZENÍ K TLAKOVÝM LICÍM STROJŮM

9.1. Dávkovací zařízení

Manipulátoři dávkování taveniny slouží pro dopravu odměřeného množství taveniny z udržovací pece do plnicí komory tlakového licího stroje.

Sestávají ze stojanu, pohonné jednotky, otočného ramene, naběračky a sond.

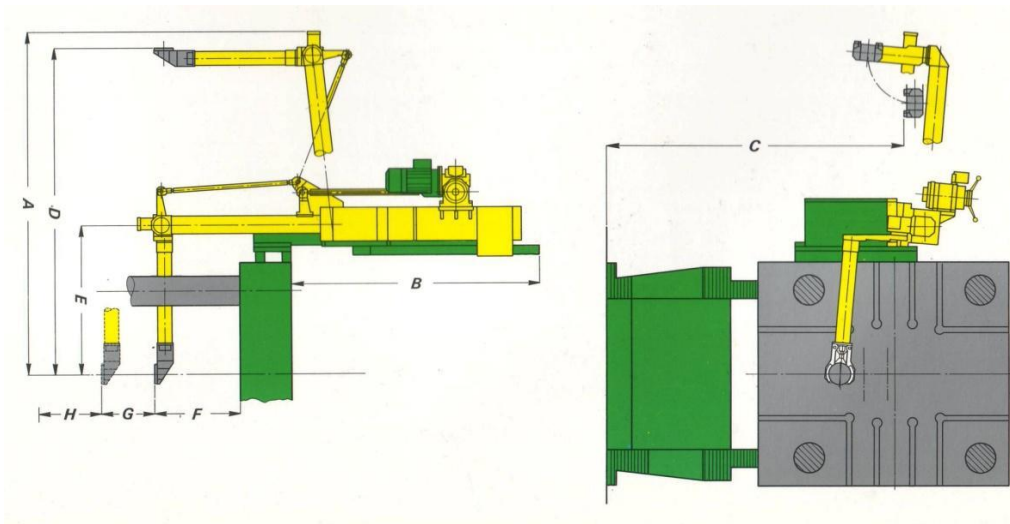
Stojan je řešen tak, že umožňuje vertikální přestavení a otáčení manipulátoru. Je upevněn na podlaze vedle licího stroje. Pohonná jednotka je tvořena elektromotorem, převodovkou a závitovou převodovkou.

Otočné rameno je upevněno na výstupním hřídeli šnekové převodovky. V otočném rameni je převeden řetězový převod sloužící k udržování nosného ramene v nastavené poloze během otáčení otočného ramene. Nosné rameno slouží k nošení naběračky. Je v něm umístěno zařízení na otáčení naběračky.

Naběračka je vyrobena převážně z perlitické šedé litiny. Její tvar je řešen tak, aby při ponoření do taveniny došlo k porušení oxidačního povrchu pouze na minimální ploše. Přesnost dávky je v +/- 0,8%. Vyprazdňování kelímku není možné až po dno.

9.2. Zařízení pro vybírání odlitků

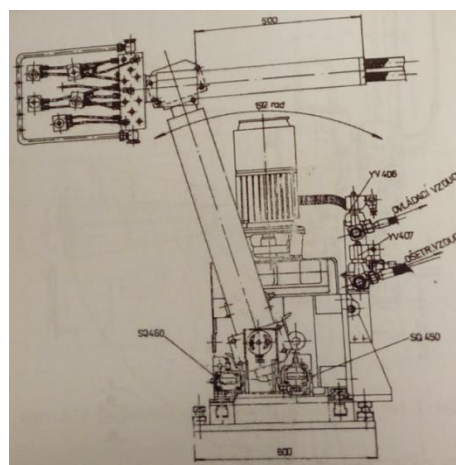
Vybírání odlitků je spojeno s dalšími operacemi jako je přezkoušení odlitku. K dispozici jsou volně programovatelné průmyslové roboty, které vybírají odlitky.



9.3. Zařízení na ošetřování formy

Povrchová a vnitřní čistota odlitků závisí ve velké míře na ošetřování činné části formy, které je zajišťováno zařízením k ošetřování.

Skládá se z reciprokátora a tlakového rozvodu. Reciprokátor je upevněn na pevném třmenu tlakového licího stroje. Dá se mechanicky otáčet v prostoru dělicí roviny formy a uvolněním šroubů v přírubě. Pohyb ošetřovacího bloku do prostoru formy je zajištěn pneumatickým válcem. Ošetření formy je prováděno mastičními a ofukovacími tryskami. Přívod vzduchu a maziva do ošetřovacího bloku je zajištěn pomocí hadic, trubek a tlakové nádoby.



9.4.

9.5. Ostřihovací lisy

Odstřihování vtoků na odlitcích se provádí na hydraulických ostřihovacích lisech. Ovládání pro hydraulické lisy musí být automaticky samostrážené. Zařízení obsahuje velký počet konstrukčních částí jako např. koncových spínačů, zařízení na ochranu rukou, ovládacích ventilů. Je provedeno pojištění jednotlivého zdvihu, aby při stále stlačených tlačítkách obsluhy lis převedl pouze jeden.



9.6. Zařízení pro pomocný ohřev provozní kapaliny

Stroj dokáže dostat kapalinu na provozní teplotu za 3-4 hodiny chodu. Na zkrácení času se využívá pomocný ohřev.

Pomocný ohřev se využívá, pokud je stroj vypnut na delší dobu. Ohřev teplota poklesne o hodnotu 20 ° C.

Ochlazováním kapaliny stoupá její viskozita a při provozu vytváří na filtrační vložce povlak, čímž se zapne signalizace poruchy stroje.

Nejvýkonnější jsou elektrické přídavné ohřivače provozních kapalin.

10. TAVENÍ SLITIN

Tavení slitin se provádí v tavicích pecích s dostatečným příkonem, aby tavení bylo velmi intenzivní a přehřátí taveniny bylo minimální. Výška licí teploty závisí na typu slitiny, jejím chemickém složení, konstrukci odlitku, složitosti jeho konstrukce a tloušťky stěn. Z hlediska výšky licí teploty je třeba vzít v potaz ochlazovací účinek formy a jader a způsob odlévání.

Příliš vysoké teploty přehřátí vedou ke zvýšení naplynění, nadměrnému vzniku oxidů, k nárůstu tloušťky zrna a ke zvýšené spotřebě energie.

Tavení je tepelně-metalurgický proces, během něhož přidáváním tepla, resp. vytvářením tepla mění materiál (vsádka) svůj fyzikální stav ze stavu tuhého (solidus) do stavu tekutého (likvidus).

10.1. Vsádkové suroviny:

- Bločky slitiny
- Čisté kovy (al, Mg, Zn, Cu, Si apod.)
- Předslitiny určené na legování (Al-Ti, Al-Cr, Al-Mo a jiné)
- Soli používané na dodatečné legování nebo na úpravu struktury
- Odpad, který se musí pečlivě třídít podle chem. složení

10.2. Vrátný materiál

Vrátný materiál tvoří vtoky, nálitky, zbytky z lisovací komory a zmetky při tlakovém lití. Podle praktických zkušeností podíl vrátného materiálu je závislý na velikosti odlitku, a to od 20% hmotnostních hrubého odlitku až do 75% hmotnosti při velkých odlitcích.

Při výrobě odlitků méně náročných na dosažený stupeň kvalitativních vlastností je možné použít slitinu nižší kvality použitím vrátného materiálu druhého na třetího tavení. Obsah vrátného materiálu druhého tavení by neměl překročit hodnotu 40% a obsah materiálu z třetího tavení 30%.

Vratný materiál se dělí na čistý - z vtokového systému, zmetky, a na znečištěný - ze zbytků z plnicí komory, slitina znečištěná olejem. Při tavení se vsázky jako první, roztaje se a následně se přidá nová slitina v bločku. Následně proběhne rafinace.

10.3. Tavení, udržování a odlévání

Na tavení se využívají různé typy tavicích agregátů. Rozhodujícími faktory jsou ekonomičnost a technologičnost přípravy kovu nebo slitiny.

Mezi nejdůležitější technologické parametry patří:

- Výkon tavicího agregátu
- Způsob ohřevu tavicího agregátu
- Způsob výměny tepla
- Pohyb taveniny v pracovním prostoru
- Rozsah pracovních teplot a změna teplot
- Kontrola a regulace
- Atmosféra a tlak
- Doba procesu tavení

11. CA TECHNOLOGIE V SLÉVÁRENSTVÍ

Rychlým nástupem počítačové techniky do všech odvětví průmyslu se otevřela cesta k experimentálnímu a simulačnímu modelování a ověřování analyticky a empiricky navržených možností řešení vtokových soustav a tlakových forem. Je prokázáno, že využívání počítačové techniky k simulování dějů probíhajících při lití pod tlakem šetří 40% času potřebného k návrhu odlitku, 30% času potřebného k ověřování výsledků v laboratořích a přináší o 25% zvýšenou výtěžnost z celkového procesu.

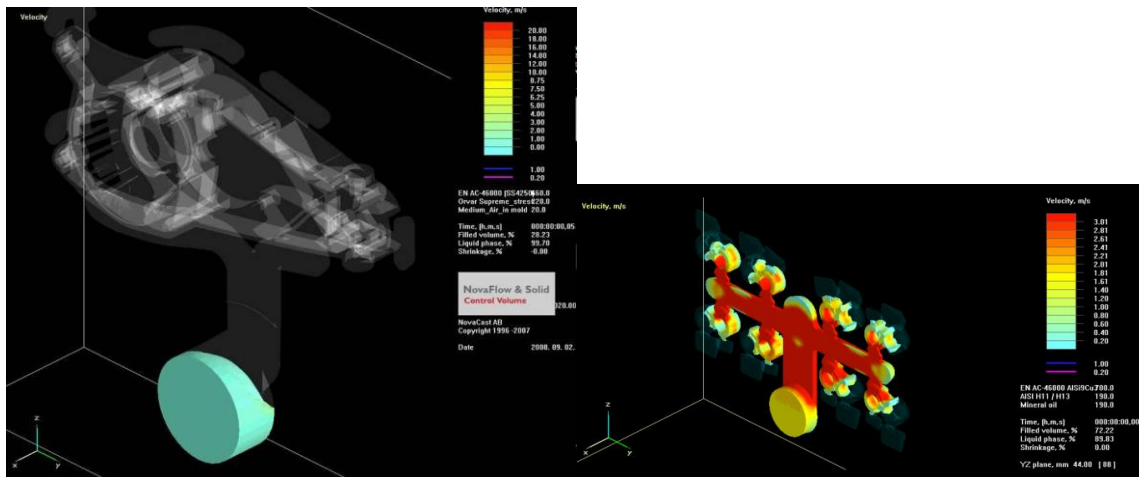
Ve světě se vyskytuje několik desítek simulačních programů využívajících se na simulování dějů probíhajících uvnitř formy. Nejběžnější využívanými programy jsou:

- **NovaFlow & Solid,**
- **PamCast,**
- **Magmasoft,**
- **Simtec - Wincast.**
- **NovaFlow & Solid**

II.1. NovaCast

Program je vyvinutý společností NovaCast, S.A., Švédsko. Při výpočtu průběhu plnění dutiny formy je souběžně řešena i rovnice proudění a prostupu tepla. Uživateli poskytuje především ucelený pohled na průběh plnění, tuhnutí a pro stanovení velikosti a rozložení chyb pro libovolný druh slitiny. Teplotní pole odlitku na konci plnění jsou následně využity pro simulaci tuhnutí. Při simulaci se v úvahu bere proudění nestlačitelné kapaliny, Reynoldsovo číslo, třecí ztráty ve vtokovém systému formy, změna hustoty kovu během tuhnutí a velikost objemových změn.

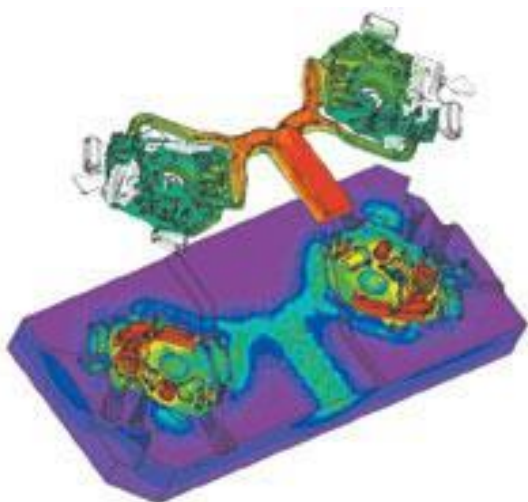
Program disponuje vlastní databází tepelně fyzikálních vlastností slitin a materiálů forem, která se dá upravovat a doplňovat. Vizualizace je provedena v 3D podobě s možností animace procesu. Program je schopen zobrazit vektory proudění, rozložení teplot tekuté fáze, rozložení staženin v 2D nebo 3D formátu a časové průběhy teplot.



II.2. PamCast

Tento program je produktem společnosti ESI Group, Francie. Oproti programu NovaFlow & Solid je preciznější a detailnější. S vysokou přesností a bez jakýchkoliv aproximací dokáže řešit Navier-Stokesova rovnice turbulentního proudění kovu a vzduchu současně s tepelnou bilancí. Uživatel zadává vstupní parametry v závislosti na času a teploty. Při analýze lze animovat pohyb volné hranice kovu, rozložení tuhé a tekuté fáze, kritického podílu tuhé fáze, predikovat rozložení a vznik staženin atd.

Pomocí simulace je možné optimalizovat i nastavení stroje tak, aby v plnicí komoře nedocházelo ke vzniku turbulentního proudění taveniny a tím se snižoval podíl styku povrchu taveniny se vzduchem.



II.3. Simtec - Wincast

Je kompletním a všestranným nástrojem pro optimalizaci konstrukce a výrobního procesu produkce odlitků a nabízí široký rozsah informací jako:

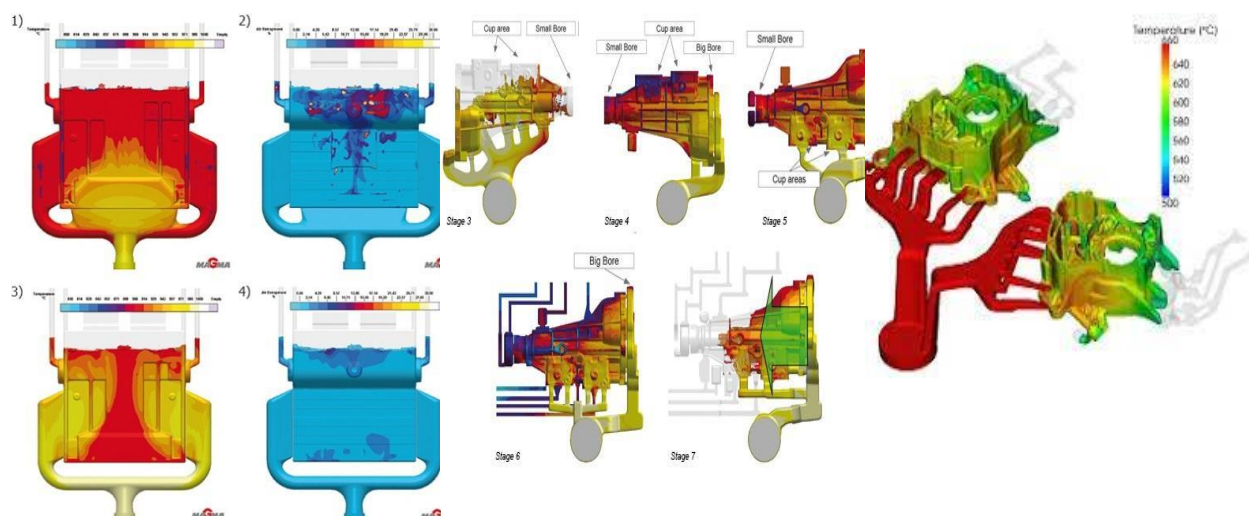
- zbytkové pnutí,
- smrštění průběh lití a ochlazování odlitku,
- a deformace po odlití,
- vznik pórovitosti,
- mikrostruktura materiálu,
- pevnostní vlastnosti součástek,
- vhodnost zvoleného lícího systému,
- průběh teplot a návrh chlazení při kovových formách.

Disponuje funkcemi a moduly urychlujícími přesné nastavení a posouzení specifických parametrů technologie tlakového lití a termofyzikálních vlastností materiálů. Jednou z výhod je i to, že uživatel

není nucen importovat tvar odlitku z jiných programů, ale může jej tvořit a upravovat přímo v programu. Možnost importační a komunikace s jinými programy je zajištěna řadou rozhraní (FEM, VDA, STL, ...).

II.4. Magmasoft

Patří k nejznámějším simulačním softwarem. Je určen pro 2D a 3D simulace plnění a tuhnutí odlitků, tepelného toku a tepelného pole a výpočtu zbytkového pnutí. Tento program je výkonným nástrojem, pomocí kterého lze dosáhnout snížení zmetkovosti, nákladů a zvýšení využití kovu. Vyznačuje se krátkou dobou výpočtu, vysokou přesností, efektivností a jednoduchou obsluhou.



12. SPECIÁLNÍ TECHNOLOGIE V SLÉVÁRENSTVÍ

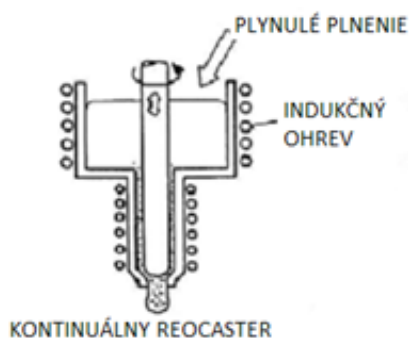
12.1. SEMI SOLID METAL (SSM) PROCES

Semi solid metal je metoda odlévání kovů a jejich slitin, které se nacházejí v částečně tuhém stavu (teplota se nachází mezi teplotou likvidu a solid). Stav těchto materiálů je podobný konzistenci horké plastelíny, tj thixotropní stav materiálu. Na obr. je uveden polotovar obsahující 55 až 60% krystalické fáze, který lze krájet nožem.



12.2. Rheocasting

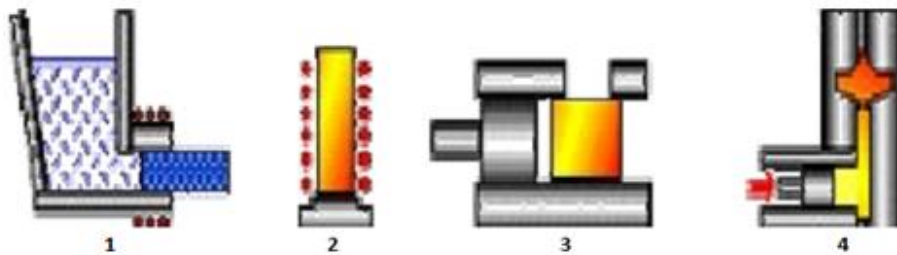
Rheocasting (reoliatie) - je v podstatě modifikovaná metoda, která využívá kašovitý stav materiálu. Vzhledem k tomu, že pro přípravu materiálu polotovaru se využívají zákonitosti rheologie, proto se tento způsob označuje jako rheoliatie. Zařízení je tvořeno dvěma válci.



12.3. Thixocasting

Thixocasting (thixoliatie) - v podstatě modifikovaná metoda SSM. Základem pro další zpracování je specificky připravený materiál, nejčastěji kontinuálním litím, který se dělí na tablety. Tyto tablety se ohřívají indukčním způsobem tak, aby podíl pevné fáze byl cca 60 až 65% objemu. Pak se vkládají do horizontální komory tlakového stroje. Odlitky se vyrábějí podobným způsobem jako při rheoliatí. Také se zachovává duplexní struktura se všemi pozitivními vlastnostmi.

Popis: 1 - výroba kontinuální litého polotovaru ze speciálně připravené taveniny a jeho rozdělení na tablety, 2 - ohřev tablety indukčním teplem, 3 - založení tablety do tlakového stroje, 4 - injektáž ohřátého polotovaru do dutiny formy

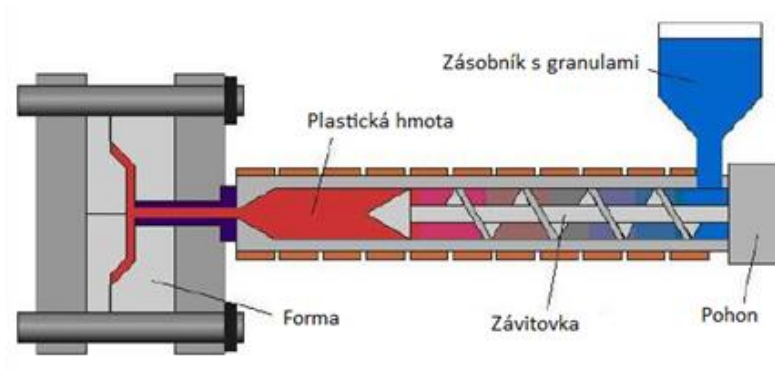


12.4. Thixofforming

Thixofforming (thixotváření) - je podobný způsob jako thixolití. Také využívá všeobecně známé přednosti metody SSM, resp. metody thixocasting. Také thixotváření využívá polotovary, které byly získány kontinuálním litím a jejich nařezáním na tablety. Indukční ohřev tablet je na takové teplotě, aby podíl pevné fáze jejich objemu byl 70%. Hlavní rozdíl mezi thixotvářením a thixolitím je v podílu pevné fáze v tabletě materiálu, která se zakládá do formy a také je rozdíl v použitém stroji. Při thixotváření se zahřáté tablety postupně vkládají do speciální formy upevněné na tvářecím lisu.

12.5. Thixomoulding

Thixomoulding je metoda výroby odlitků, která je založena na zahřátí kovového prášku nebo granulátu na základě hořčíku nebo hliníku ve speciálním lisovacím stroji.



SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

GAŠPÁR, Š., PAŠKO, J. *Technológia výroby hliníkových odliatkov tlakovým liatím*. 1st ed. Lüdenscheid: RAM-Verlag, 2015. ISBN 978-80-553-2236-0.

GAŠPÁR, Š., PAŠKO, J., MAJERNÍK, J. *INFLUENCE OF STRUCTURE ADJUSTMENT OF GATING SYSTEM OF CASTING MOULD UPON THE QUALITY OF DIE CAST*. 1st ed. Lüdenscheid: RAM - Verlag, 2017. 82 p. ISBN 978-3-942303-47-7.

MAJERNÍK, J. *Problematika návrhu vtokových soustav permanentních forem pro lití kovů pod tlakem*. 1st ed. Stalowa Wola: Wydawnictwo Sztateta Sp. z o.o, 2019. 94 p. ISBN 978-83-63767-63-1.

PAŠKO, J., GAŠPÁR, Š. *Technological Factors of Die Casting*. 1st ed. Lüdenscheid: RAM-Verlag, 2014. 93 p. ISBN 978-3-942303-25-5.

RUŽBARSKÝ, J., PAŠKO, J., GAŠPÁR, Š. *Techniques of Die Casting*. 1st ed. Lüdenscheid: RAM-Verlag, 2014. 199p. ISBN 978-3-942303-29-3.