

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
KATEDRA APLIKOVANÉ FYZIKY A TECHNIKY

**Tlakové lití se zaměřením na technologii a technologické
postupy**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.

Autor práce: Michal Vocilka

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta pedagogická

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal VOCILKA**

Osobní číslo: **P09559**

Studijní program: **B7507 Specializace v pedagogice**

Studijní obory: **Německý jazyk se zaměřením na vzdělávání**

Technická výchova se zaměřením na vzdělávání

Název tématu: **Technologie tlakového lití kovů se zaměřením na specifika
technologií užívaných ve slévárně Motor Jikov**

Zadávací katedra: **Katedra fyziky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

V úvodu uveďte zdůvodnění zvoleného téma a cíle práce. Vyhledejte vhodné zdroje informací k danému tématu. V další části se zaměřte na souhrn základních teorií k uvedenému okruhu ze všech dostupných zdrojů.

Zaměřte se zejména na tyto oblasti:

1. Seznamte se detailně s aktuální odbornou literaturou z oblasti slévárenských technologií zaměřených především na lití tlakové.
2. Sám vyhledejte vhodnou literaturu k danému tématu.
3. V literatuře se zaměřte především na základní pojmy slévárenství, názvosloví, techniky lití, druhy forem, jader a technologie užívané v hromadné výrobě.
4. V úvodu proveďte souhrn obecných zásad platných pro technologie lití kovů, přehledně utřídte obecné poznatky týkající se lití kovů z doporučené literatury a vysvětlete základní pojmy.
5. Zaměřte se na problematiku vybraných technologií tlakového lití kovů a hodnocení kvality odlitků.
6. Analyzujte specifika technologií užívaných ve slévárně Motor Jikov.
7. Proveďte teoretický popis dané technologie výroby - tzn. výrobního procesu, strojů, způsobu tavení kovu a výčet faktorů ovlivňujících kvalitu, produktivitu, ekonomiku i bezpečnost výroby tlakových odlitků.
8. Teoretické poznatky z informačních zdrojů porovnejte s metodami a technikami používanými při technologii výroby ve slévárně Motor Jikov.
9. Zaměřte se zejména na zkušenosti odborníků z praxe.
10. Zvláštní pozornost věnujte způsobu vyhodnocování technických parametrů výrobků a celkovému systému udržení kvality při sériové výrobě.
11. Pozornost soustředte především na přístroje, přípravky a měřidla i způsoby vyhodnocování získaných hodnot při kontrole kvality výrobků ve slévárně Motor Jikov.
12. Technologii tlakového lití kovů, slévárenské zařízení i měřicí přístroje popište z hlediska funkce, principu práce i použití, vysvětlete a zdůvodněte metodiku užívaných pracovních postupů a způsob vyhodnocování naměřených údajů při kontrole kvality výrobků.
13. Shrňte získané poznatky a uveďte Váš vlastní podíl na technologii tlakového lití ve slévárně Motor Jikov.
14. V závěru práce vytvořte přehlednou a názornou prezentaci práce, kterou užijete při obhajobě.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

cca 40 stran včetně příloh

Forma zpracování bakalářské práce:

tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Sám se pokuste vyhledat vhodnou literaturu k danému tématu.

- Dokumentace ke slévárenským strojům pro tlakové lití a k přístrojům pro hodnocení kvality tlakových odlitků.
- Novotný, J.: Technologie I.: slévání, tváření, svařování. Praha. ČVUT FS, 2001.
- Leninveber, J., Vávra, P.: Strojnické tabulky. 2. doplnené vydání. Úvaly: Albra Pedagogické Nakladatelství, 2005.

Vedoucí bakalářské práce:

PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.

Katedra fyziky

Datum zadání bakalářské práce:

29. dubna 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. dubna 2012



Mgr. Michal Vančura, Ph.D.

děkan



prof. RNDr. Petr Špatenka, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 29. dubna 2011

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá tlakovým litím. V úvodu je popsán výrobní proces tlakového lití dále je popsán výrobní postup na konkrétním odlitku. Práce vychází z odborných zkušeností dlouholetých pracovníků slévárny Motor Jikov. Text doplňují názorné schématické obrázky, fotografie, grafy. Dále je uvedena podrobně metodika pro zpracování technologických postupů pro tlakové lití. Text je zpracován jako přehledný a metodicky uspořádaný tak, aby byl dobře použitelný ve vyučovací praxi.

ABSTRACT

This bachelor thesis is aimed on the process of pressure die casting. The manufacture of that is described in the first part of my thesis. Then there is description of manufacture of a particular part. The thesis is based on expertise of many employees working in Motor Jikov for many years. The text is filled with schematic pictures, photos and graphs. In the next part there is given detailed methodology for treatment of technological process of die casting. The text has been written as well-arranged and methodologically-specific unit to be well-used for teaching.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Michal Vocilka

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval PaedDr. Bedřichu Veselému, Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce. Dále děkuji společnosti MOTOR JIKOV Slévárna a.s. a především p. Maurencovi za poskytnutí informací a konzultaci.

OBSAH

ÚVOD.....	10
A TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 Slévárenství.....	12
1.1 Odlitky.....	13
1.1.1 Výhody odlitků.....	14
1.1.2 Ekonomika slévárenství.....	14
1.2 Lití do netrvalých forem.....	15
1.3 Lití do trvalých forem.....	17
1.4 Lití do skořepinových forem.....	17
1.5 Lití metodou vytavitelných modelů.....	18
1.6 Odstředivé lití.....	20
1.7 Výklopné lití.....	20
1.8 Lití s krystalizací pod tlakem (nízkotlaké lití).....	21
2 Tlakové lití.....	22
2.1 Vývoj.....	23
2.2 Výhody lití pod tlakem.....	23
2.3 Nevýhody lití pod tlakem.....	24
2.4 Způsoby lití pod tlakem.....	25
2.4.1 Stroje s teplou komorou.....	25
2.4.2 Stroje se studenou komorou.....	27
2.5 Uspořádání tlakových licích strojů.....	30
2.5.1 Pohon strojů.....	31
2.5.2 Zavírání formy.....	32
2.5.3 Vstřikování kovu.....	33
2.6 Formy pro tlakové lití.....	34
2.6.1 Chlazení forem.....	36
2.6.2 Vyjímání odlitků z formy.....	36
2.6.3 Rozdělovač.....	37
2.6.4 Jádra.....	38
2.6.4.1 Mechanismy pro pohyb jader.....	38
2.6.5 Vtokové vložky.....	39
2.6.6 Výroba forem.....	39
2.6.7 Vtokové soustavy.....	40
2.6.8 Plnění formy.....	41
2.7 Lití.....	43
2.7.1 Pece.....	44
2.8 Slitiny.....	46
2.9 Vady odlitků.....	47

B	PROVOZNĚTECHNOLOGICKÁ ČÁST.....	51
3	Motor Jikov.....	51
3.1	Vyráběné odlitky.....	52
3.2	Strojový park, práce na strojích.....	53
3.3	Používané slitiny.....	56
3.3.1	Výměna slitiny v kelímku.....	58
3.3.2	Kontrola jakosti slitiny.....	58
3.4	Kontrola kvality odlitků.....	59
3.4.1	Kontrola u stroje	59
3.4.1.1	Opravitelné neshodné výrobky.....	60
3.4.1.2	Neopravitelné neshodné výrobky.....	60
3.4.1.3	Neshodné výrobky uvolněné na odchylku.....	60
3.4.1.4	Likvidace neopravitelných neshodných výrobků.....	60
3.4.2	Kontrola na měrovém středisku.....	60
3.4.2.1	Kontrola prvních kusů.....	61
3.4.2.2	Kontrola posledních kusů.....	61
3.4.2.3	3D měřicí přístroje.....	61
3.4.2.4	Mikroskop.....	62
3.4.2.5	Profiloměr.....	62
3.4.2.6	Rentgen.....	63
3.5	Interní prověrky.....	65
	ZÁVĚR.....	66
	ZDROJE INFORMACÍ.....	67

ÚVOD

Cílem bakalářské práce vypracovat přehledný, názorný, metodicky pojatý text, který bude dobře použitelný ve výuce slévárenské technologie se zaměřením na tlakové lití. Text shrnuje obecné zásady platné pro technologie lití kovů, dále je zaměřen na je shrnutí obecných zásad platných pro technologie lití kovů, přehledné utřídění obecných poznatků týkajících se lití kovů z odborné literatury i praxe. Další část bude zaměřena na problematiku vybraných technologií tlakového lití kovů a na následné hodnocení kvality odlitků. V práci budou analyzována specifika použitých technologií na slévárně hliníku a zinku Motor Jikov. Následovat bude teoretický postup dané technologie výroby, tzn. popis výrobních postupů, strojů, způsobů tavení kovů a výčet veškerých faktorů ovlivňujících kvalitu, produktivitu i ekonomiku. Teoretické poznatky budou poté srovnány s metodami a technikami užívanými ve slévárně Motor Jikov. Velký důraz bude kladen na zkušenosti odborníků z praxe. Pozornost bude také věnována způsobu vyhodnocování technických parametrů výrobků a systému udržení kvality při velkosériové výrobě. V této části bude pozornost soustředěna především na měřidla, přípravky, přístroje a na způsob vyhodnocování získaných hodnot při kontrole kvality na slévárně Motor Jikov.

Výběr tohoto tématu byl velice jednoduchý hned z několika důvodů. V prostředí slévárny se již delší dobu často pohybují a po dobu jednoho roku jsem si také mohl osobně práci na tlakových licích strojích vyzkoušet. Tuto velmi přínosnou roční brigádu jsem absolvoval v jedné z nejznámějších a pravděpodobně také v jedné z nejvybavenějších sléváren v České republice – Motor Jikov – Slévárna. Proto je také tato bakalářská práce bude orientována na tlakové lití, přičemž mohu čerpat nejen ze svých zkušeností, ale i ze zkušeností mých daleko starších kolegů, kteří se za dlouholetou praxi v oboru stali odborníky. Dalším z důvodů, proč jsem si vybral právě toto téma, je, že slévárenství je jedním z nejdůležitějších odvětví našeho průmyslu. Díky slévárenství můžeme vyrábět tvarově velmi složité součásti, které by buď nebylo možné vyrobit nebo jen ekonomicky nevýhodně jiným způsobem. Zejména odlitky odlité tlakovým litím lze vyrábět velmi rychle a ekonomicky. Jejich povrch je uzavřený, a to minimalizuje vznik koroze. Odlévají se velmi přesně a proto ve většině případů není nutné tyto odlitky dále obrábět.

Práce je doplněna schematickými obrázky, grafy a fotografiemi přímo z výrobního procesu. Text je určen jako přehledná a metodicky uspořádaná pomůcka pro vyučování strojírenské technologie na středních školách a také pro rozšíření znalostí učitelů středních škol, protože metoda tlakového lití není ani mezi odbornou veřejností příliš známá. Práci určitě nebude možné využít ve výuce v celém svém rozsahu kvůli malé časové dotaci pro předměty zaměřené na strojírenskou technologii. Vhodné by bylo především uplatnit ve výuce přehledně utříděné druhy lití a slévárenské názvosloví. Pro dobré zapamatování si látky je také vhodné využít videa z procesu odlévání, která jsou umístěna v příloze na DVD.

A TEORETICKÁ ČÁST

1 Slévárenství

Slévárenství je jedním z nejstarších výrobních procesů, první primitivní nástroje se začaly odlévat přibližně před 6000 lety. Dosud nejstarším důkazem o odlévání je měděná žába zhotovená asi 3200 let př. n. l. [7] Hlavními výrobky slévárenství v této době byly především zbraně, ozdobné předměty a různé nádoby denního použití. Slévárenství sloužilo převážně jako umělecká činnost.

Teprve až v 19. a ve 20. století se slévárenství stalo oborem, který významně ovlivnil rozvoj lidstva. Hlavním odběratelem odlitků je zejména automobilový, energetický a spotřební průmysl. V podstatě neexistuje obor, ve kterém by se odlitky nepoužívaly. V polovině 20. století byla v našich zemích vybudována mohutná výrobní základna slévárenského průmyslu, Československo se v počtu odlitků na jednoho obyvatele dostalo na první místo na světě. Po roce 1989 však nastaly organizační změny, mnoho sléváren zaniklo, některé se rozčlenily do menších struktur a dokonce vzniklo i pár nových sléváren, a to především v oblasti odlévání slitin hliníku. V České republice se nejčastěji vyrábí odlitky ze slitin železa a neželezných kovů o hmotnostech od několika gramů po desítky až stovky tun. České slévárny se se svým širokým portfoliem zaměřují jak na kusovou výrobu, tak i na sériovou až hromadnou výrobu. Sériovosti a kvalitě jsou pak přizpůsobovány technologie. Využívají technologie gravitačního lití do formovacích směsí, do kovových forem odlévají gravitačně i pod tlakem, využita je také technologie přesného lití do skořepin a metody vytavitelných a spalitelných modelů. České slévárenství je schopno svou různorodostí technologií splnit i ty nejnáročnější požadavky zákazníků. [2]

Odlévání je zároveň jedním z nejjednodušších způsobů výroby polotovarů a různých součástí. Nejčastěji se odléváním vyhotovují tvarově složité součásti, které by jiným způsobem výroby nebylo možné zhotovit. Odlévá se hlavně z kovů (litina, slitiny mědi, slitiny hliníku, slitiny zinku, slitiny hořčíku, atd.), ale i z jiných tavitelných materiálů, jakými jsou různé druhy plastů nebo například i sklo. Z kovů se převážně odlévá šedá a bílá litina, ocel na odlitky a různé neželezné kovy. Hlavními požadavky na vlastnosti odlévaných materiálů je dobrá slévatelnost a zabíhavost.

Proces odlévání funguje přibližně tak, že se tavenina vlije, popřípadě vtlačí do formy, která má dutinu budoucího tvaru odlitku. Ztuhnutím taveniny ve formě vzniká námi požadovaný odlitek. Ve většině případů se odlitky dále obrábí na požadované tvary. Kromě klasického způsobu lití, kdy se kov lije do netrvalých forem, existují i zvláštní typy odlévání. Jak již název této práce napovídá, hlavní pozornost zde bude soustředěna na jeden zvláštní typ odlévání – konkrétně na tlakové lití.

Nejprve ale bude nutné popsat postavení odlitků v průmyslu, jejich použití, výhody a nevýhody.

1.1 Odlitky

Odlitky jsou v dnešní době nedílnou součástí světového průmyslu. Pro představu se uvádí, že na výrobu jednoho osobního auta připadá v průměru více než 100 odlitků. Jsou to odlitky různých tvarů a velikostí, například právě v automobilech můžeme najít různé odlitky, od páčky motůrku v ostřikovači až po klikovou hřídel. To nám ukazuje, že by v dnešní době nebyla výroba aut bez slévárenství nikterak jednoduchá. Ale nejenom výroba aut je závislá na tomto průmyslovém odvětví, odlitky najdou své využití v každodenním životě. Je jich užito například v pračkách a ledničkách, lodích či letadlech. Dokonce se s nástupem moderních medicínských technik vyrábějí různé tělní implantáty také právě odléváním.

Díky moderním slévárenským technologiím již nemusí být na odlitky nahlíženo s nedůvěrou. Díky tomuto pokroku, například ve výrobě forem a za pomoci nejrůznějších počítačových simulací, je možno optimalizovat konstrukci odlitků, aby u nich nedocházelo k deformacím, aby se zabránilo výskytu vad a aby se dosáhlo požadované struktury a tím pádem i požadovaných vlastností odlitku. Velkou zodpovědnost za kvalitu odlitků mají konstruktéři, kteří by měli využívat nejnovější technologie a řídit se nejdůležitějšími zásadami při konstruování forem. Pokud bude již návrh formy špatný, nezmůže s tím nic ani seřizovat ani nástrojař.

1.1.1 Výhody odlitků

Mezi hlavní výhody odlitků patří možnost výroby vcelku jednoduchými postupy, tvarově složitých polotovarů, které by při použití jiných metod byly značně náročné na výrobu. Odlitky se také vyrábí bez zbytečných mezioperací, to znamená, že se ihned ze suroviny (například zinek, hliník, měď, litina, atd.) zhotoví téměř finální výrobek. Mohou být odlévány jako drobné odlitky nebo jako odlitky velkých rozměrů, maximální váha odlitků může dosáhnout až několika tun. Výhodou slévárenské technologie je tedy převážně dobrá konkurenceschopnost ve vztahu k ostatním výrobním technologiím. Při porovnání specifických nákladů na dosažení pevnostních hodnot výrobku mohou být odlitky dobrou náhradou především tvářených dílů. Vedle technologických a ekonomických kritérií hovoří pro odlitky, v konkurenci s jinými výrobky, i dlouhá životnost a úplná recyklovatelnost.

1.1.2 Ekonomika slévárenství

V dnešní době je evropský, ale i světový trh sjednocený a je celkem běžné, že firmy poptávají výrobu odlitků v zahraničí. Na počátku 90. let se z ekonomických důvodů přesunuly zakázky ze západní Evropy do zemí východního bloku. Po roce 2000 je velkým konkurentem Asie díky své levné pracovní síle a schopnosti pružné reakce. Tento trend v posledních letech stagnuje, protože si firmy začínají uvědomovat transportní vzdálenosti, které ovlivňují dodací lhůty, komunikaci a cestovní výdaje.

Celosvětové propojení ekonomik je možné pouze za podmínek sjednocení technických norem a směrnic (např. systém standardů EN). Zvýšená konkurence na trhu má za následek zvýšení kvality, pružnosti a spolehlivosti. Posílení zpětné vazby mezi slévárnami a odběrateli také přispívá ke zvyšování kvality a flexibility dodávek.

Se vstupem zahraničních firem do českých sléváren se vnesly do řízení výroby nové prvky. Nejdůležitějším prvkem je dnes certifikace (především celosvětově uznávaný certifikát ISO), další možností jsou vnitřní certifikace a zákaznické audity. Pro zvýšení efektivity výroby se používají různé metody jako „Lean Production“, „Just in time“, analýzy rizik, atd.

Nejrozšířenější a zároveň efektivní přístup je japonský systém, zavedený po druhé světové válce v automobilce Toyota, který se skládá ze čtyř pilířů:

1. Pružnost a krátké dodací lhůty (Kanban)
2. Osobní zodpovědnost při zabezpečování jakosti (Jidohka)
3. Úspornost v hospodaření s materiálem, časem a energií (Muda)
4. Snaha o zlepšování celého výrobního procesu (Kaizen)

Tato strategie vyžaduje „myslící lidi“ na všech úrovních a nazývá se druhou průmyslovou revolucí. Podmínkou je vysoká motivace zaměstnanců. [2]

1.2 Lití do netrvalých forem

Lití do netrvalých forem bývá někdy také nazýváno jako „lití do písku“. Tímto způsobem je možné vyrobit téměř jakýkoliv odlitek bez ohledu na jeho složitost (tvar, rozměry a hmotnost). Materiál se odlévá do forem, které jsou složené ze dvou částí. Vyrábějí se nejčastěji ze speciální směsi, která se skládá z ostřiva a pojiva. Jejich různým spojením vzniká celá řada formovacích směsí. Jako ostřivo se nejčastěji používá křemičitý písek, šamot a lupek. Pojivem jsou většinou jíl, oleje, melasa, vodní sklo a syntetické pryskyřice. Požadavky na formovací směsi jsou dobrá tvárnost, prodyšnost, žáruvzdornost a rozpadavost po vychladnutí odlitku.

Příprava formy je následující (viz. Obrázek 1 – Lití do netrvalých forem) – na formovací desku se vloží model (Obrázek 1a), zasype se nejdříve novou formovací směsí a poté se mírně upěchuje (Obrázek 1b). Zbytek objemu se dosype recyklovanou formovací směsí a upěchuje pýchovačkou. Model má téměř stejný tvar jako konečný odlitek. Může být podle složitosti odlitku dělený nebo nedělený (Obrázek 1c,d). Materiálem modelu je obvykle dřevo, popřípadě ve velkosériové výrobě kov (u lití metodou vytavitelného modelu se užívá vosku, plastů, nebo sádry). Další možností jak vytvořit dutinu ve formě, je šablona. Šablonou se zde rozumí prkno s okrajem odpovídajícím tvaru odlitku. Hlavní užití je u rotačních odlitků, kde se dutina vytváří otáčením šablony. Dutiny v odlitku se tvoří pomocí jádra, to zabrání vniknutí taveniny do prostoru budoucí dutiny. Jádra jsou většinou zhotovena ze stejného materiálu jako celá forma. Jádro se vyrábí v jaderníku (Obrázek 1e), to je dřevěná forma, která je

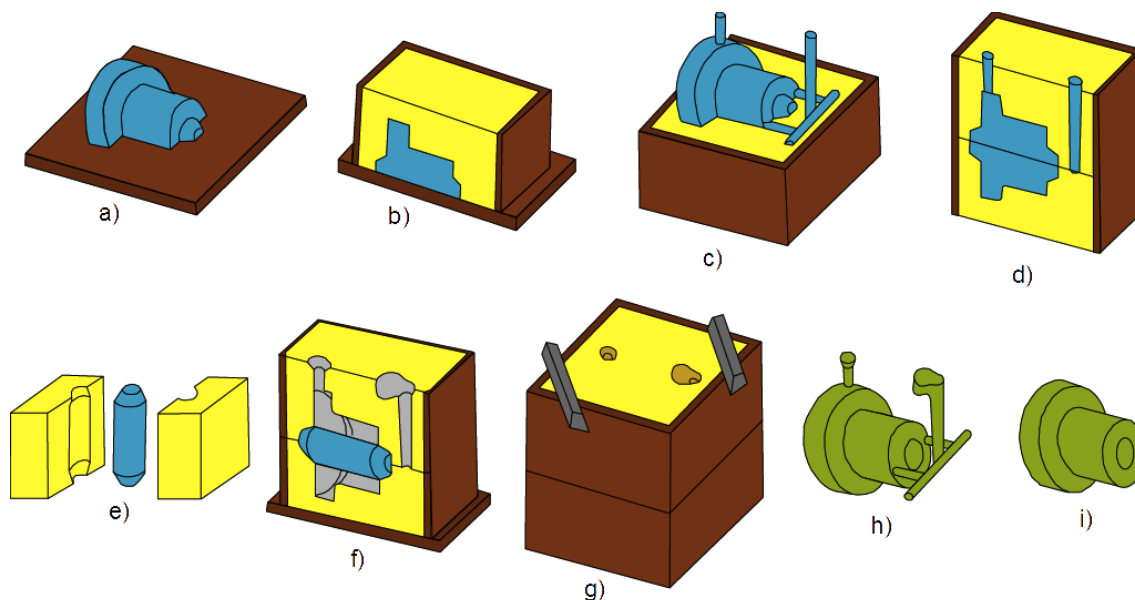
v podstatě negativem jádra. Jádro se do formy ukládá do takzvaných známek. Po zhotovení dutiny modelem je třeba ještě vytvořit vtokové kanálky, výfuky a dutiny pro nálitky. Následuje nasazení jader do známek (Obrázek 1f) a přiklopení horní části formy na zaváděcí kolíky spodní formy (Obrázek 1g). Nakonec se horní forma zatíží a celá forma je připravena k lití.

Tavenina o určitém chemickém složení a dané teplotě, která se připravuje v tavírně, putuje v dopravní pánvi na licí pole k připraveným formám. Roztavený kov se pomalu vlije do vtokové jamky. Pomalu z toho důvodu, že se do připravené formy nesmí dostat žádná nečistota, jako například písek uvolněný z licího kanálku nebo vzduch způsobující v odlitku nežádoucí vzduchové bubliny. Z tohoto důvodu se také pod vtokovou jamku vkládá šamotová cihla, která zamezuje uvolnění písku. Za vtokovou jamku se umísťuje tzv. hradítko, které ještě více zpomaluje tok kovu. Po naplnění formy a dostatečném vychladnutí odlitku se odlitek vyjímá (Obrázek 1h). U netrvalých forem se vyjímá tím způsobem, že se z formy vytlouká, to znamená, že se forma rozbije. Pokud odlitek obsahuje jádra, rozbijí se i ty. Následně se provede základní úprava odlitku v cídlírně – odstranění ztuhlého kovu, který zůstal v licím a výfukovém kanálku a odstranění nálitků. Zbytek písku se z odlitku odstraňuje nejčastěji tryskáním. Takto nám vznikl hrubý odlitek, který je konečným výrobkem slévárny. Tento odlitek může být už finální nebo se může jednat pouze o polotovár a v tom případě putuje na další zpracování, nejčastěji do obrobny (Obrázek 1i). Jak je jistě zřejmé, netrvalé formy slouží k vyrobení pouze jednoho odlitku, poté se musí vyrobit forma nová.

Nálítkem se ve slévárenství rozumí v podstatě vtoky, které zabraňují předčasnému vychladnutí odlitků. Používá se jich především u tenkostěnných odlitků, které mají tendenci rychle se ochlazovat, to je nežádoucí, protože po ztuhnutí kovu nezabíhá kov do všech dutin formy a v odlitcích může dojít ke vzniku staženin. Tyto nálitky ohřívají tenkostěnný odlitek a tím pádem nemůže dojít k předčasnému vychladnutí.

Opakem nálitku jsou chladítka. Jsou to kovové části, které jsou zapěchované v písku ve formě. Chladítka ochlazují masivní části odlitku, které by sami chladly jen velmi pomalu. Další důležitou částí netrvalé formy je výronek. Ve slévárenské praxi

tento termín označuje díru do formy spojenou s vtokovou soustavou. Výstřik z výronku ukazuje, že je daná část formy naplněná. Součástí vtokové soustavy jsou také průduchy. Ty umožňují odchod par ven z formy.



Obrázek 1: Lití do netrvalých forem, převzato a upraveno z [3]

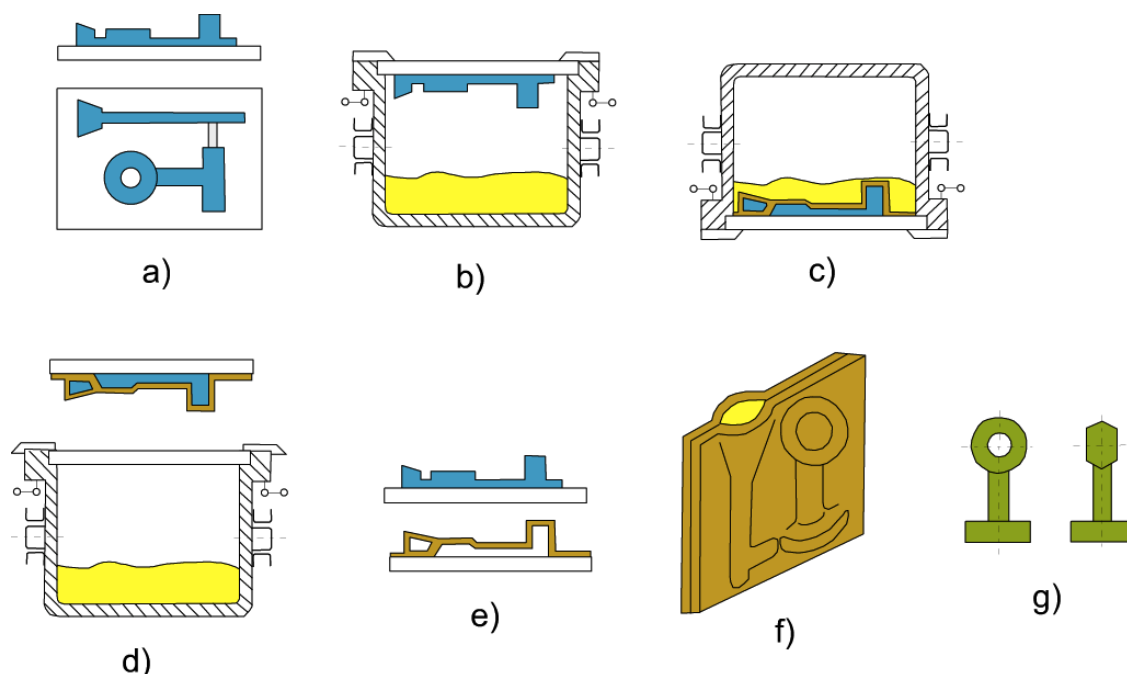
1.3 Lití do trvalých forem

Trvalá kovová forma se také nazývá jako kokila. Je to forma vyrobená převážně z oceli a šedé litiny, občas se vyskytují i formy ze slitin hliníku. Odlévají se do nich kovy s nižší teplotou tavení, jako například slitiny zinku, hliníku, hořčíku a mědi. Někdy je také možné, po natření formy žáruvzdorným nátěrem, odlévat v těchto formách i litinu. S použitím odlévaného materiálu souvisí rovněž životnost formy, nejčastěji se uvádí 200 až 200 000 odlitků. Kokily mají tu výhodu, že povrch odlitků, v nich odlitých, je velmi hladký a rozměry jsou přesné. Odlitky mají jemnozrnnou strukturu, toho je dosaženo poměrně rychlým ochlazováním v kovové formě. Nevýhodou kokil je vysoká pořizovací cena, která určuje jejich použití hlavně ve velkosériové výrobě.

1.4 Lití do skořepinových forem

Tyto formy jsou vyráběny ze směsi křemenného písku s přísadou syntetické pryskyřice (viz. Obrázek 2 – Lití do skořepinových forem). Kovová deska je spojena s polovinou kovového modelu (Obrázek 2a), celá tato soustava se pokropí silikonem

a ohřeje se na teplotu mezi 200 - 250 °C. Poté se soustava připojí k zásobníku s pískem (Obrázek 2b). Celé toto zařízení se otočí o 180 °, písková směs se přesype na model. Pryskyřice se teplem roztaví a roztaví se i zrnka písku, která se přilepí na povrch modelu. Na modelu se vytvoří takzvaná skořepina (Obrázek 2c). Až skořepina dosáhne tloušťky 5 - 15 mm, otočí se zařízení zpět do výchozí polohy a přebytečný písek z modelu odpadne (Obrázek 2d). Poté se skořepina i s modelem umístí do pece, kde se při teplotě 300 °C vytvrzuje. Ihned poté se sejme z modelu (Obrázek 2e). Stejným způsobem se vyrobí i druhá polovina skořepinové formy. Obě části se pak slepí nebo mechanicky spojí (Obrázek 2f) a zasypou se v rámu litinovou drtí nebo pískem. Nyní je forma připravena k lití. Tento způsob je vhodný pro hromadnou výrobu složitějších součástí. Na Obrázku 2g je již hotový odlitek.

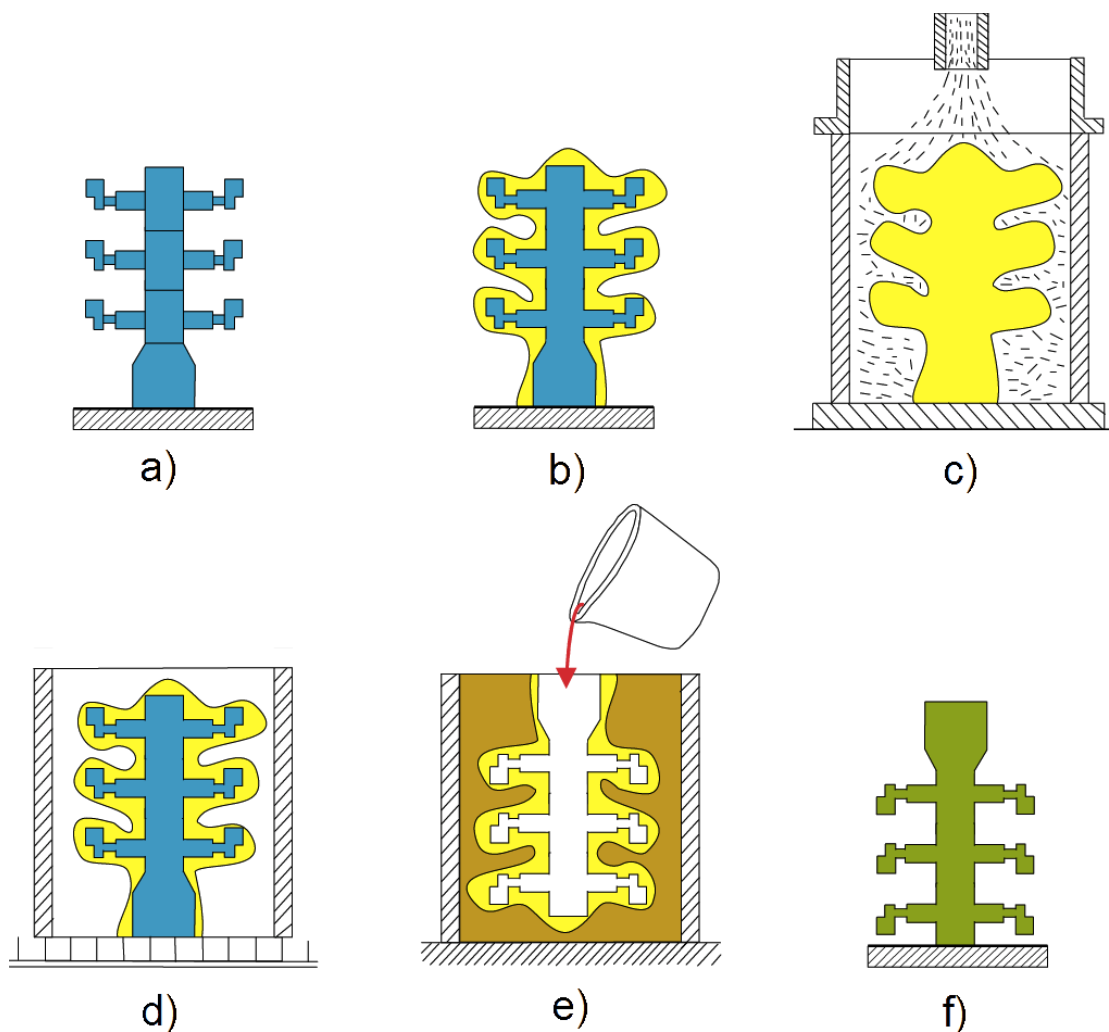


Obrázek 2: Lití do skořepinových forem, převzato a upraveno z [3]

1.5 Lití metodou vytavitelných modelů

Jedná se o velice přesnou metodu odlévání do forem, které se skládají pouze z jedné části, to znamená, že nejsou dělené. Touto metodou získáme velice kvalitní povrch odlitku. Nevýhodou této metody je technologická náročnost přípravy. Postup výroby je naznačen na Obrázku 3 – Lití metodou vytavitelných modelů. „Touto metodou je možno dosáhnout velmi dobré rozměrové přesnosti IT12 – IT13 a jakosti povrchu – Ra 12,6 – 6,3.“ [3]

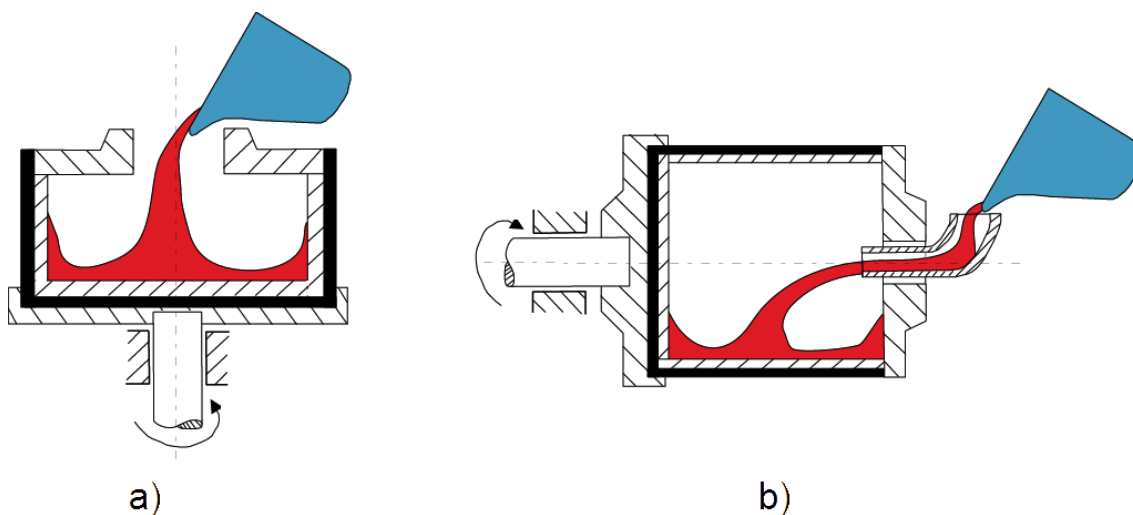
Materiálem vytavitelných modelů bývají nejčastěji voskové směsi, nízkotavitelné litiny nebo zmražená rtuť. Při malosériové výrobě se tyto modely vyrábějí ručně, ale ve velkosériové výrobě by tento postup byl značně neekonomický, proto se modely vyrábějí ve speciálních kovových formách. Vytvořený model (Obrázek 3a) se namáčí v řídké keramické kaši, ze které vznikne na povrchu modelu tenká vrstva, která se nechá vysušit. Poté se model znovu namočí do kaše a vysuší se. Tento proces se opakuje až do té doby, kdy je stěna okolo modelu dostatečně silná (Obrázek 3b). Následně se skořepina zasype křemičitým pískem (Obrázek 3c). Pro vytavení modelu se forma zahřeje nad teplotu tavení materiálu, ze kterého je model vyroben (Obrázek 3d). Kvůli zvýšení pevnosti se forma vypálí přibližně při 1000 °C. Odlévání se provádí ještě do zahřáté formy, ihned po vypálení (Obrázek 3e). Po vychladnutí odlitku (Obrázek 3f) se forma rozbije a proběhne stejná úprava odlitku jako u ostatních druhů odlévání.



Obrázek 3: Lití metodou vytavitelných modelů, převzato a upraveno z [3]

1.6 Odstředivé lití

Při tomto způsobu lití se tavenina vlévá z lící pánve do rychle se otáčející formy (300 – 2000 ot. /min), kde je za působení odstředivé síly stejnosměrně rozdělována a přitlačována ke stěně formy, kde také postupně tuhne. Takto lze odlévat různé rotační součásti a duté polotovary. Vlivem odstředivé síly vznikne jemnozrnná struktura. Další výhodou je například i levnější výroba. Rozlišujeme vodorovné (Obrázek 4a) a svislé (Obrázek 4b) odstředivé lití.



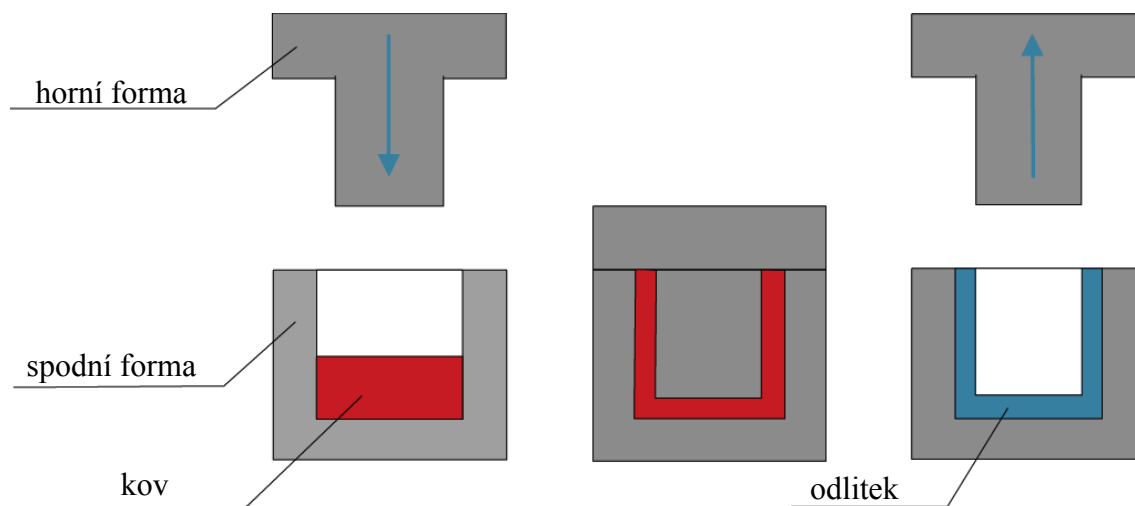
Obrázek 4: Odstředivé lití, a) svislé lití b) vodorovné, převzato a upraveno z [3]

1.7 Výklopné lití

Výklopné lití se využívá v těch oblastech, kde nejsou na odlitky kladeny velké nároky na tvar a přesnost. Takto se odlévají výhradně odlitky s dutinou. Funkce spočívá v tom, že se tavenina nalije do formy a ve chvíli, kdy po okrajích formy začne chladnout a vytvoří se dostatečně silná stěna, se zbytek roztaveného materiálu vylije zpět. Nejčastěji se takto odlévají sochy.

1.8 Lití s krystalizací pod tlakem (nízkotlaké lití)

Dělená ocelová forma je umístěna například na tvářecím lisu, který přímo vtlačuje taveninu do dutiny formy. Tato metoda lití minimalizuje vznik staženin, a to tak, že je rozptýlí do nepatrných rozměrů nebo je potlačí úplně. Je vhodná pro výrobu odlitků s rozdílnou tloušťkou stěn.



Obrázek 5: Lití s krystalizací pod tlakem

2 Tlakové lití

Tlakové lití, neboli lití pod tlakem, je proces, při kterém se pod vysokým tlakem, který je značně vyšší než tlak atmosférický, vtlačuje roztavený kov do formy. Ta se skládá ze dvou polovin (pevná a pohyblivá část) a je vyrobena z tvrzené nástrojové oceli. „*Přesnost formy a tlak působící na roztavený kov umožňuje vyrobit velmi přesné a pevné odlitky, které bývají často velmi složité, s různými otvory, dutinami a závity a mívají poměrně členitý vnější a vnitřní tvar.*“ [4] Tlakovým litím lze dosáhnout tak přesných rozměrů, které se dají dosáhnout jen strojním obráběním. Jiným způsobem lití takovýchto výsledků nedosáhneme, pouze lití metodou ztraceného vosku se v některých případech může tlakovému lití vyrovnat.

Odlitky mají většinou hladký povrch s minimálními přídávky na obrábění. Dále se vyznačují jemnozrnnou strukturou a tím pádem i lepšími mechanickými vlastnostmi. Jemnozrnná struktura je zde velice důležitá, útece totiž souvisí s rychlostí krystalizace, k té přispívají dva faktory – vysoká akumulární schopnost kovové formy a vysoký tlak působící na taveninu, který způsobuje její tzv. atermické podchlazení. [3]

Při tlakovém lití lze odlévat slitiny s maximální tavicí teplotou 1000 °C, ale větší uplatnění mají především slitiny s nižší teplotou tavení. Nejčastěji jsou to neželezné kovy jako např.: zinek, hliník, hořčík, měď, olovo, cín a různé slitiny cínu.

Nejjednodušší je lití zinku, který je charakteristický svou vysokou průtažností, vysokou rázovou pevností a dlouhou životností. Dalším důležitým materiálem je hliník – ten se vyznačuje lehkostí, vysokou rozměrovou stabilitou i pro složité tvary a tenkostěnné odlitky. Má velice dobrou odolnost vůči korozi, dobré mechanické vlastnosti a v neposlední řadě i vynikající tepelnou a elektrickou vodivost. Velice tvrdým materiálem je měď, ta je zároveň odolná proti korozi a disponuje vynikajícími mechanickými vlastnostmi a rozměrovou stálostí. Pevnost mědi se blíží pevnosti oceli.¹ Olovo a cín mají vysokou hustotu a využívají se pro zvláštní odlitky.

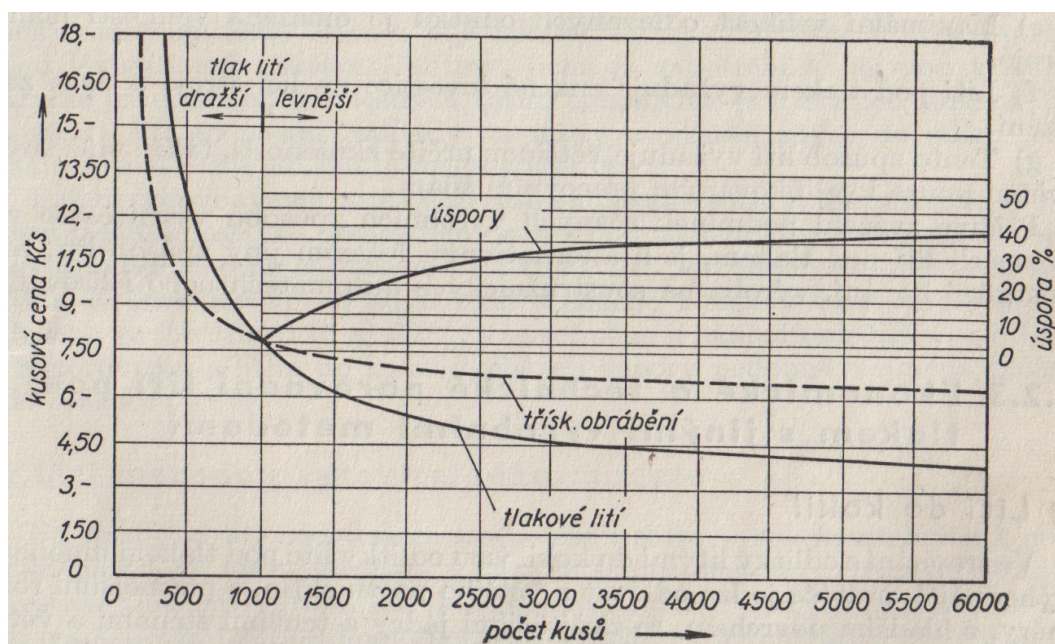
¹ Pevnost mědi se pohybuje od 200 MPa u čisté mědi až po 1200 MPa u vytvrzovatelných slitin CuBe. (<http://cesar.fme.vutbr.cz/informace/nezelezo>, 14. 11. 2010)

2.1 Vývoj

„První období praktického používání lití pod tlakem, tj. asi od roku 1850 až do roku 1925, je doba vývoje strojů s teplou komorou a lití nízkotavitelných slitin. Druhé období vývoje počíná rokem 1927 vynálezem Polákovy vertikální studené komory u nás a prvním praktickým uplatněním horizontální komory v USA. Stroje se studenou komorou umožnily úspěšné a hospodárné odlévání lehkých slitin i mosazi. Třetí období, asi od roku 1951, znamená změnu v maximální váze odlitku. Odlévají se velmi náročné odlitky ze slitin hliníku vážící 20 i více kg. Toto poslední vývojové období se vyznačuje snahou o úplné zautomatizování procesu lití i u strojů se studenou komorou. Zároveň se také začíná u mnohých odlitků uplatňovat tzv. vakuové lití. Jsou poprvé zaznamenány první pokusy o lití šedé litiny a oceli pod tlakem.“ [5]

2.2 Výhody lití pod tlakem

Hlavní výhodou tlakového lití oproti jiným způsobům výroby je především hospodárnost. Hospodárnost výroby závisí na množství materiálu a době výroby. Tlakové lití se stává hospodárnější než ostatní druhy lití již při výrobě nad 3000 ks. V Grafu 1 je možno vidět, že výroba odlitků litých pod tlakem je již od série 1000 ks hospodárnější než obrábění. Zároveň je patrné, že při sérii vyšší než 6000 ks lze dosáhnout oproti obrábění až 38 % úspor. [5]



Graf 1: Vliv výše nákladů při obrábění na velikost hospodárné série při lití pod tlakem, převzato z [5]

Hospodárnost výroby je vodítkem pro konstruktéry, kteří se při navrhování musí rozhodovat, jakým způsobem se bude součást vyrábět. Výrobní podklady pro odlitek litý pod tlakem mají především tyto složky:

1. Počet kusů, které budou vyrobeny
2. Tolerance rozměrů
3. Požadavky na odlitek
4. Složení slitiny
5. Mechanické vlastnosti

Cena odlitku nezávisí pouze na jeho váze a složitosti, ale také na požadavcích na jeho přesnost. S uvažováním všech nákladů na výrobu odlitku lze zjistit nejmenší počet kusů, při kterých se tlakové lití stává hospodárnější než ostatní výrobní metody. [4] Mezi další výhody lití pod tlakem patří:

1. Rychlá výroba z jedné formy, do které se často umísťuje sada odlitků
2. Výroba v malých rozměrových tolerancích, odlitky většinou nevyžadují obrábění na konečný tvar
3. Velmi hladký povrch
4. Snadné dosažení potřebných otvorů odlitku
5. Výroba tenkostěnných odlitků
6. Malé ztráty na materiál při výrobě jednoho odlitku než u jiných způsobů lití. [5]

2.3 Nevýhody lití pod tlakem

I přes pár nevýhod vyzní většinou po zvážení různých výrobních způsobů vše ve prospěch tlakového lití. Nevýhodou je například:

1. Náklady na zhotovení formy jsou vysoké, ale tyto náklady jsou často vyváženy úsporou obrábění a dalšími úsporami.
2. Lití pod tlakem se užívá zpravidla jen u neželezných kovů,
3. Odlitky bývají pórovité, čím tlustší stěna, tím větší pórovitost, pórovitost lze minimalizovat použitím vakua.

4. Maximální velikost odlitku je limitována velikostí stroje.
5. Velké investice na tlakové lící stroje.
6. Tlakové lití vyžaduje určité znalosti, stroje může obsluhovat pouze kvalifikovaná osoba.

2.4 Způsoby lití pod tlakem

Podle toho, zda je tavenina v trvalém či v částečném styku s ústrojím, které na ni působí tlakem, rozdělujeme tlakové lící stroje na:

1. Stroje s teplou komorou
 - a) Vstřikování kovu pístem
 - b) Vstřikování kovu vzduchem
2. Stroje se studenou komorou
 - a) Vstřikovací ústrojí vertikální
 - b) Vstřikovací ústrojí horizontální

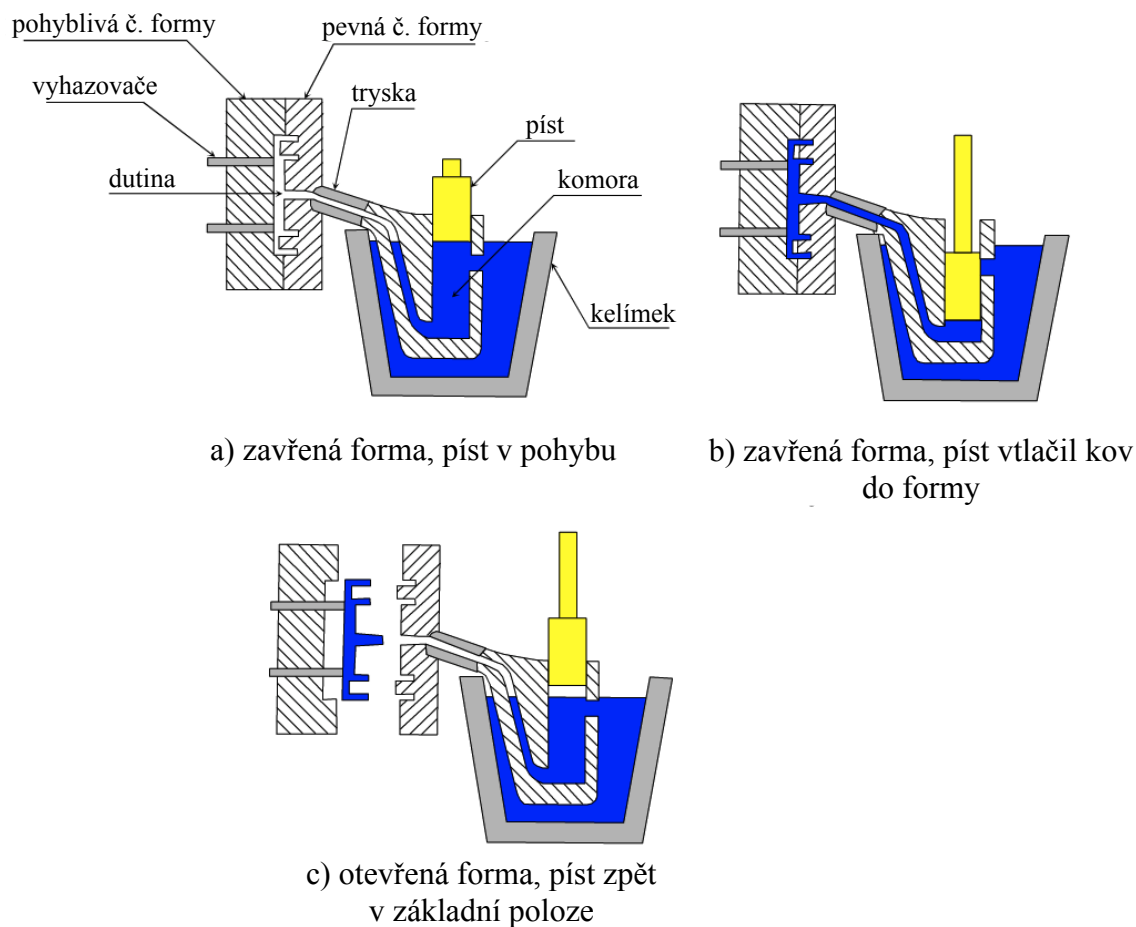
2.4.1 Stroje s teplou komorou

Na strojích s teplou komorou se odlévají kovy s nízkou tavicí teplotou, jako jsou například slitiny cínu, olova a zinku. U těchto strojů je pracovní pec součástí stroje a roztavený kov je z kelímku vtlačován do formy.

U prvního druhu lícího stroje s teplou komorou je kov do formy vtlačován pístem. Komora je buď součástí kelímku nebo je v kelímku ponořena. Komora se zužuje ve svém hrdle a na konci je zakončena tryskou, která je přitlačena k pevné části formy. Komora je s obsahem kelímku spojena otvorem – při zpětném pohybu pístu nahoru se komora tímto otvorem plní roztaveným kovem, při pracovním pohybu pístu uzavírá tento otvor píst, tím pádem se do komory žádný kov nedostane. Kov se pohybuje pouze ven z komory, a to tryskou do formy.

Druhým typem lících strojů s teplou komorou jsou stroje, u kterých je kov do formy vtlačován stlačeným vzduchem. Komora má tvar hrušky a její konec je opět zakončen tryskou. Před vstříknutím kovu do formy se tryska přitiskne k pevné části a táhlo uzavře vtokový otvor do komory. Poté se do komory vpustí stlačený vzduch

a ten jej vtlačí do formy. Po odlití se stlačený vzduch z komory vypustí, tryska se odtrhne od formy a táhlo otevře vtokový otvor do komory.



Obrázek 6: Teplá komora, převzato a upraveno z [12]

Většina tlakových licích strojů s teplou komorou se vyrábí o velikostech uzavírací síly 2 – 1000 MPa, maximální váha odlitku ze zinku může být přibližně 20 kg. Oproti strojům se studenou komorou mají velký výkon – 600 až 1500 operací za hodinu. Komory se u těchto strojů vyrábějí z legované šedé litiny nebo z kalené oceli. Píst bývá převážně zhotoven ze šedé litiny, žáruvzdorné oceli a také z beryliového bronzu.



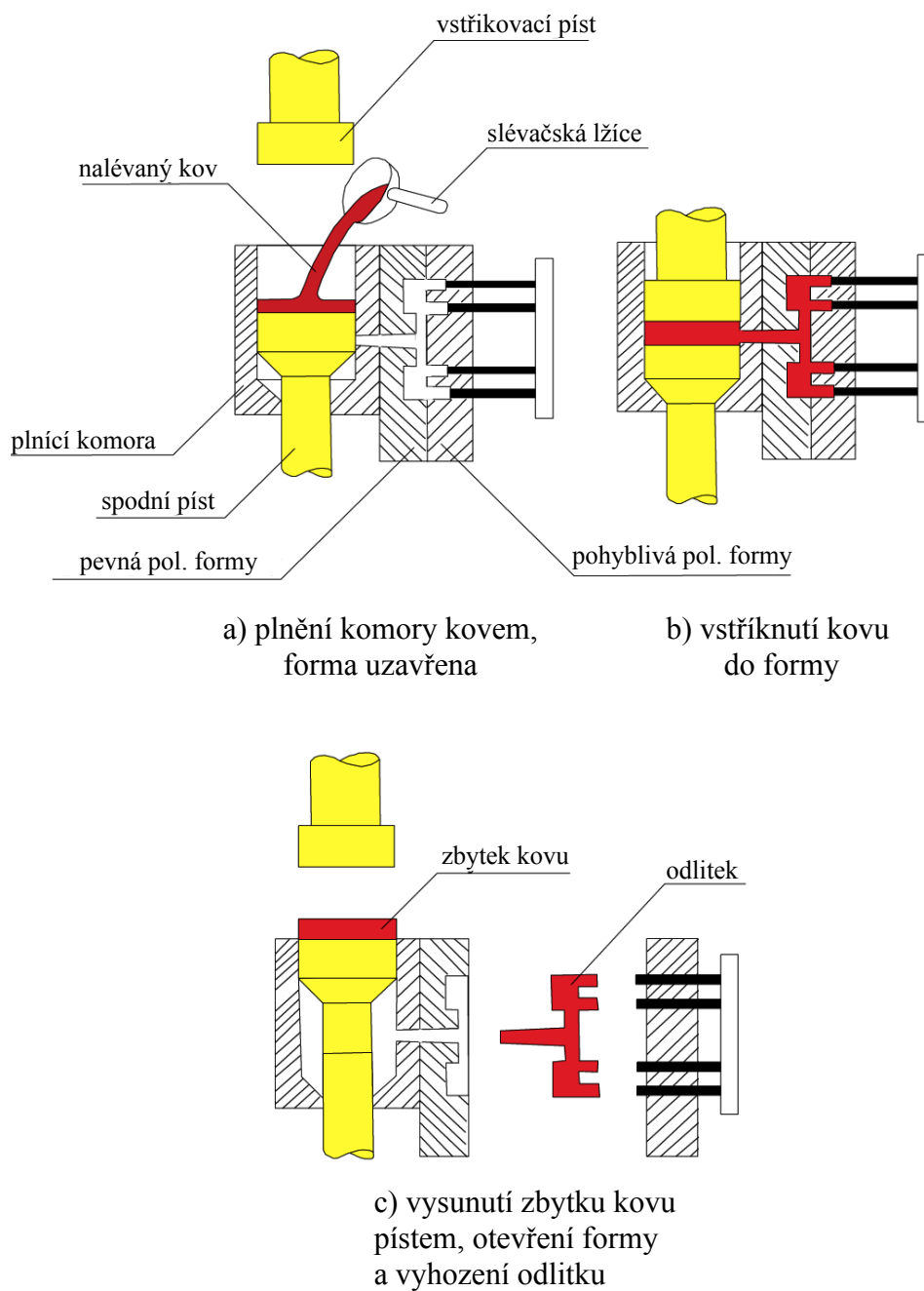
Obrázek 7: Stroj s teplou komorou DAW 125E, firma FRECH, převzato z [9]

Na Obrázku 7 je stroj s teplou komorou DAW 125E. Je to výrobek rakouské firmy Oskar Frech GmbH. Tato firma nabízí stroje pro odlévání různých slitin o uzavíracích silách 20 – 800MPa. [9]

2.4.2 Stroje se studenou komorou

U strojů se studenou komorou není, na rozdíl od strojů s teplou komorou, pec s kelímkem s roztaveným kovem součástí stroje. Pec je postavena vedle stroje a kov se do komory dopravuje před každým vstřikem ručně slévačskou lžící nebo v dnešní době spíše mechanickým dávkovačem.

Na Obrázku 8 je znázorněn princip studené vertikální komory, která se skládá z vertikálně uloženého válce, trysky, vstřikovacího pístu a spodního pístu. Spodní píst zakrývá před zalitím komory kovem otvor trysky, aby kov nezatekl předčasně do formy. Za působení tlaku vstřikovacího pístu sjede spodní píst dolů a dosedne do sedla, tím odkryje otvor trysky a kov je vstříknut do formy. Po vstříknutí kovu a určité prodlevě na ztuhnutí odlitku se vstřikovací píst vrací do své výchozí polohy. Poté následuje pohyb spodního pístu směrem nahoru, při kterém píst ustříhne zbytek kovu od vtoku v trysce, vysune jej ven, kde jej obsluha stroje odstraní. Poté následuje otevření formy a vyjmutí odlitku.

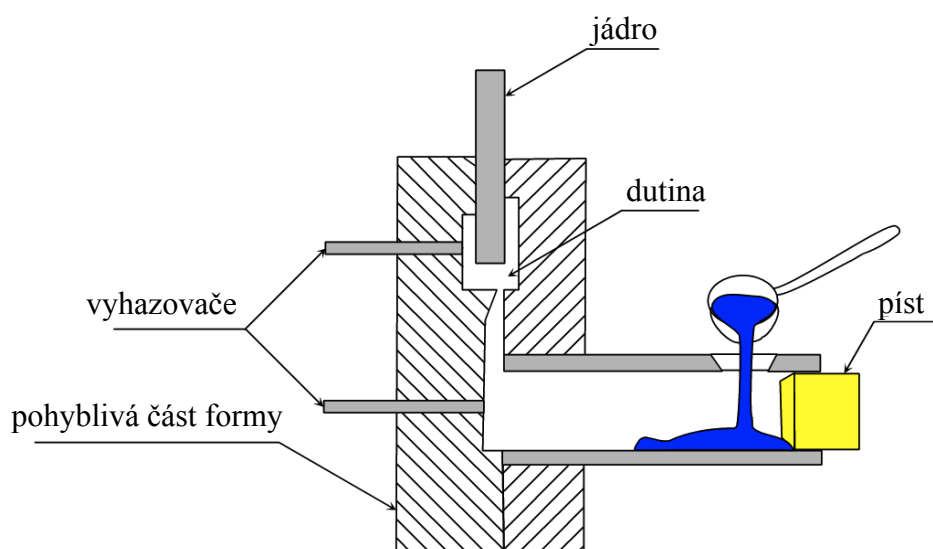


Obrázek 8: Studená vertikální komora, převzato a upraveno z [5]

Existuje ještě jeden způsob vyjímání zbytku kovu z komory. Funkce je taková, že jak vstříkovací, tak i spodní píst se pohybují po vstříknutí kovu směrem dolů. Zbytek kovu se snímá ze spodního pístu v jeho dolní poloze pod plnicí komorou. Protože spodní píst nevysunuje zbytek kovu z plnicí komory nahoru, jako u předchozího typu, snižuje se její opotřebení. Na druhou stranu toto uspořádání ztěžuje snímání zbytku

kovu z pístu. Tento způsob vyžaduje mohutnější hydrauliku, proto se také v praxi dává přednost prvnímu způsobu, kdy spodní píst vysunuje zbytek kovu z plnicí komory směrem nahoru.

Uspořádání studené horizontální komory je na Obrázku 9. Horizontální plnicí komora má v sobě otvor, kterým se do ní nalévá kov. Tento otvor musí pokračovat přes pevnou polovinu formy až na dělicí rovinu. Při plnění komory je vstřikovací píst v zadní poloze. Při pohybu vstřikovacího pístu vpřed je kov vtlačován do formy. Po vstříknutí a prodlevě se forma otevře, vstřikovací píst vytlačí zbytek kovu z formy a vrátí se zpět do své výchozí polohy. Tento způsob má sice větší nároky na spotřebu materiálu, ale ty jsou vyváženy jinými výhodami jako např. snížením poruchovosti a prodloužením životnosti vstřikovacího pístu. [5]



Obrázek 9: Studená horizontální komora, převzato a upraveno z [13]

V dnešní době se již výhradně upřednostňují stroje s horizontální komorou. Oproti strojům s vertikální komorou mají tyto výhody:

1. Větší výkon
2. Spolehlivější provoz z důvodu jednoduššího vstřikovacího ústrojí
3. Lepší využití kovu – menší podíl vratného materiálu



Obrázek 10: Stroj se studenou komorou DAK 450, firma FRECH, převzato z [9]

2.5 Uspořádání tlakových licích strojů

„Stroje pro lití pod tlakem musí svým konstrukčním uspořádáním zajišťovat:

1. *Bezpečné uzavření obvykle dvoudílné formy*
2. *Vstříknutí kovu do formy nastavitelnou rychlostí a seřiditelným tlakem*
3. *Tuhnutí odlitku v nastaveném čase*
4. *Otevření formy*
5. *Vytažení jader*
6. *Vyhození odlitku z formy“* [5]

Tyto funkce jsou prakticky stejné u všech tlakových licích strojů, liší se pouze v konstrukčním pojetí podle dosaženého stupně technologie výrobce. Uzavírací mechanismus je u všech licích strojů umístěn horizontálně, proto je vždy dělicí rovina svislá. Vstříkovací ústrojí může být jak horizontální, tak vertikální. Většina tlakových strojů má hydraulický pohon. Pracovní cyklus je u starších strojů poloautomatický, v dnešní době již výhradně automatický. Automatický cyklus je možný z důvodu dokonalé konstrukce forem a řízení strojů počítači.

2.5.1 Pohon strojů

Pohon tlakových licích strojů je téměř vždy hydraulický, jako hydraulická kapalina se používá olej nebo vodní emulze. Jak olej, tak i vodní emulze mají své výhody a nevýhody. Nyní je většina strojů poháněna olejem, olejové čerpadlo se nachází přímo ve stroji. Pouze malá část strojů má pohon vodní emulzí, u tohoto pohonu je čerpadlo umístěno vedle tlakového licího stroje. Ve většině větších sléváren jsou stroje napojeny na centrální tlakovou síť. Pro rychlé pohyby, jakým je například pohyb pístu, se užívá hydropneumatického akumulátoru, který je naplněn dusíkem.

Výhodou oleje oproti vodní emulzi je především menší rozměr olejového čerpadla, které je součástí stroje. Další výhodou je minimalizace koroze, což přispívá k delší životnost strojů. Nevýhodou použití oleje jako hydraulické kapaliny je nebezpečí vzniku požáru při netěsnostech v hydraulických rozvodech. V současnosti se však s ohledem na bezpečnost používají výhradně nehořlavé oleje.

Vodní emulze má tu výhodu, že nehrozí nebezpečí požáru. Další výhodou je nižší cena vodní emulze než oleje. Plochy, které se stýkají s vodní emulzí, mají zvýšenou možnost vzniku koroze. Tato nevýhoda se omezuje použitím nerezů.

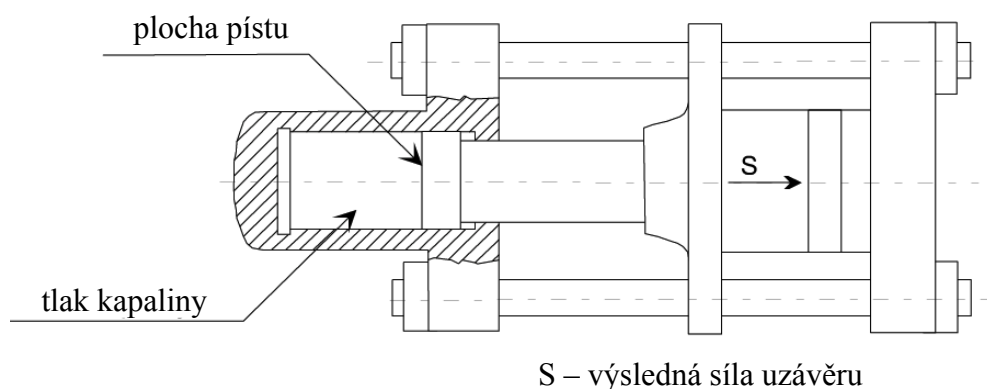
Čerpadlo velmi významně ovlivňuje chod tlakového licího stroje, a proto jsou na něj kladeny velmi vysoké požadavky:

1. Musí dodávat požadované množství kapaliny pod požadovaným tlakem.
2. Nesmí vykazovat velké ztráty třením, aby se hydraulická kapalina nezahřívala.
3. Musí být vyrobeno v co nejmenších rozměrech a o co nejmenší váze.
4. Nutná je spolehlivost a trvanlivost.

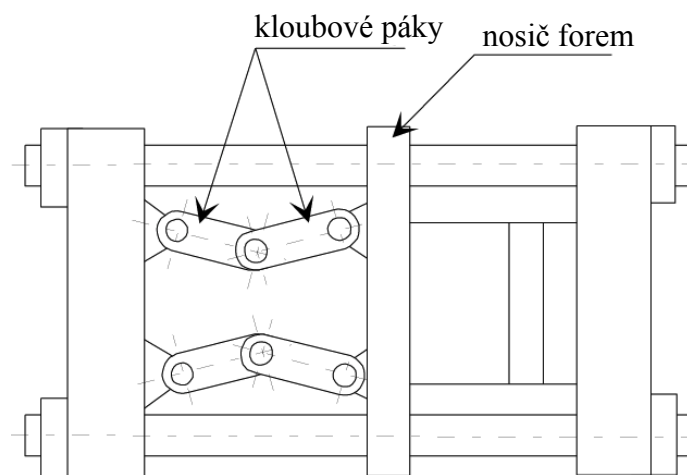
Pro ekonomické snížení výkonu čerpadla se používá hydropneumatický akumulátor, který zajišťuje okamžitou dodávku tlakové kapaliny především pro velké rychlosti pístu. Akumulátor je bezešvá tlaková lahev, která je naplněna dusíkem. Obsah dusíku musí být pro bezchybný chod stroje vždy dostatečný. Pokles dusíku v akumulátoru má za následek snížení pracovního tlaku. [5]

2.5.2 Zavírání formy

Pro bezpečný provoz tlakových licích strojů je požadováno dokonalé uzavírání formy, proto je nutné dodržet rozměrové tolerance odlévaného odlitku. Dokonalým uzavřením formy se zabrání vystříknutí kovu dělicí rovinou. Obě poloviny formy jsou k sobě přitlačeny silou. Pevná i pohyblivá část formy je uzavřena v rámu, který zachycuje uzavírací sílu. V dnešní době se nejčastěji používá uzavřená rámová konstrukce, která se skládá z třmenů a spojovacích sloupů. Tlakové licí stroje mohou mít hydraulický nebo mechanický uzávěr.



Obrázek 11: Hydraulický uzávěr formy u stroje na lití kovů pod tlakem, převzato a upraveno z [5]

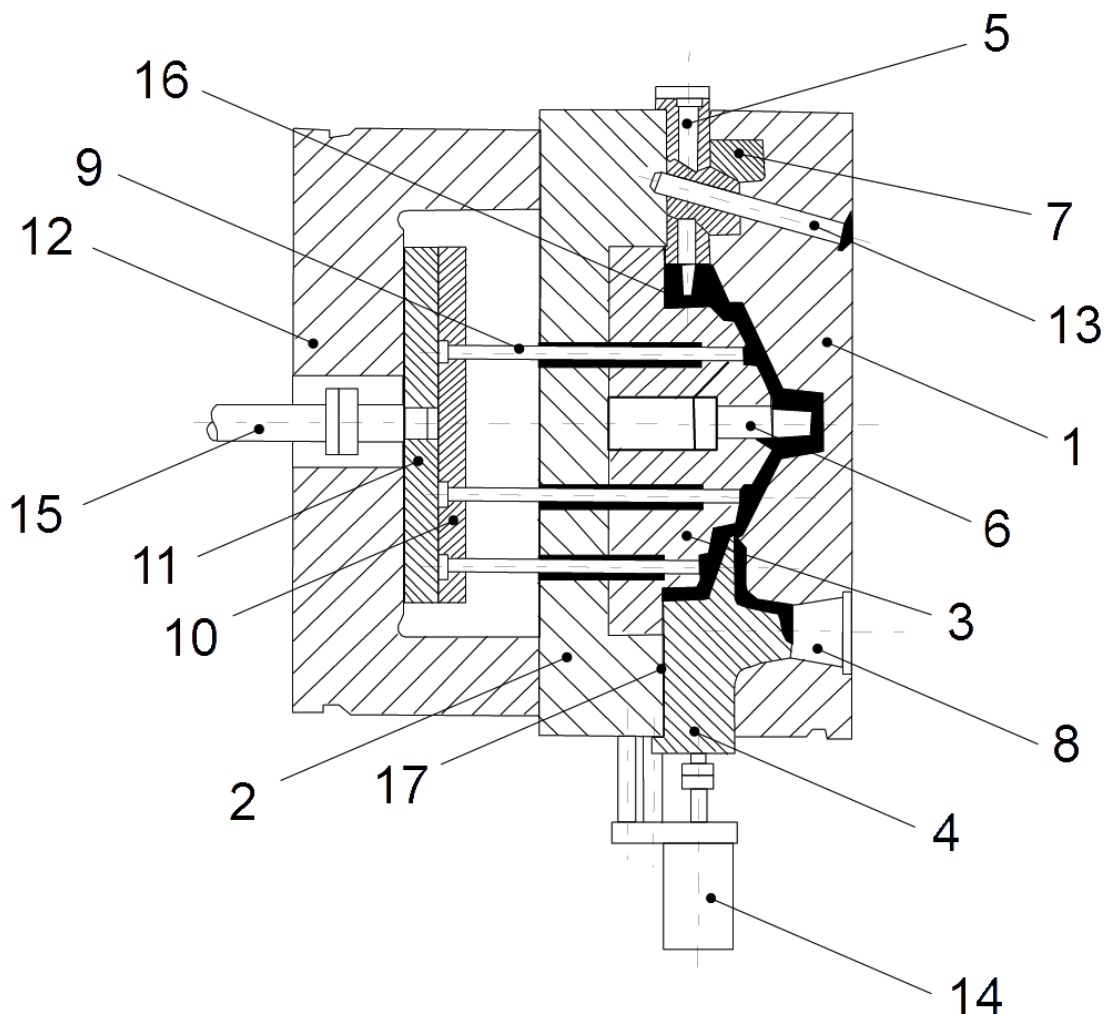


Obrázek 12: Mechanický kloubový uzávěr, převzato a upraveno z [5]

2.5.3 Vstřikování kovu

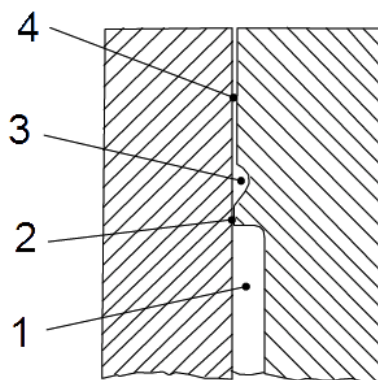
Vstřikovací ústrojí má jeden z hlavních úkolů – dopravit roztavený kov pod určitým tlakem a za určitý čas z pece do formy. Rychlost a tlak vstřikování musí být plně regulovatelný. Velkých vstřikovacích rychlostí se dá dosáhnout především použitím již zmíněného hydropneumatického akumulátoru. Rychlost vstřikovacího pístu je regulována hydraulickým škrtičem. Nejlepší vstřikovací ústrojí je ústrojí s plně regulovatelnou silou – větší síla (tzv. dotlak) se zařadí až v průběhu plnění formy, tzn. nejdříve se forma plní malou silou a teprve až když je forma skoro plná, se tlak zvýší. Tímto se dosáhne lepších vlastností odlitků. [5]

2.6 Formy pro tlakové lití



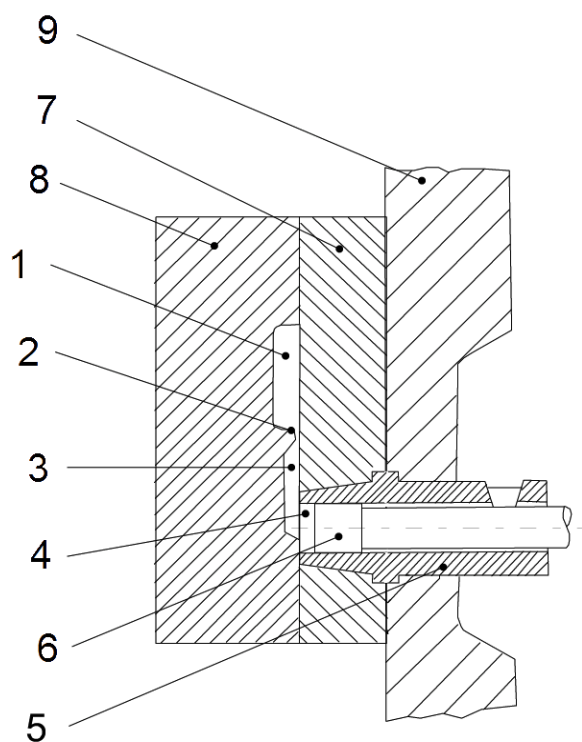
1 – pevná polovina formy, 2 – pohyblivá polovina formy, 3 – pevná vložka v pohyblivé části formy, 4 – jádro pohyblivé, rovnoběžné s dělicí rovinou formy, 5 – jádro pohyblivé, rovnoběžné s dělicí rovinou formy, 6 – pevné jádro v pohyblivé části formy, 7 – kalená opěrná vložka zámku jádra, 8 – dutina pro plnicí komoru, 9 – vyhazovač odlitku, 10 – vodící deska vyhazovačů, 11 – opěrná deska vyhazovačů, 12 – upínací skříň formy, 13 – šikmý kolík k pohybu jádra, 14 – hydraulický tahač jádra, 15 – pístnice hydraulického vyhazovacího válce, 16 – dutina formy, 17 – dělicí rovina formy

Obrázek 13: Použité názvosloví, hlavní části formy, převzato a upraveno z [5]



1 – dutina formy, 2 – spojovací kanál,
3 – odvzdušňovací jamka, 4 – odváděcí
kanál

*Obrázek 14: Názvosloví, odvzdušňovací
systém, převzato a upraveno z [5]*



1 – dutina formy, 2 – vtokové naříznutí, 3 – vtokový kanál,
4 – zbytek v plnicí komoře, 5 – plnicí (licí) komora, 6 – píst
plnicí komory, 7 – pevná polovina formy, 8 – pohyblivá
polovina formy, 9 – upínací plocha pevné poloviny na
stroji

*Obrázek 15: Názvosloví, vtokový systém, převzato a
upraveno z [5]*

Formy mají největší význam při odlévání kovů pod tlakem, závisí na nich kvalita odlitku a hospodárnost výroby. Forma se skládá ze dvou ocelových desek – ze spodku a vršku. Tyto dvě části se dotýkají v dělicí rovině. Po dosednutí k sobě vytvářejí dutinu odpovídající tvaru odlitku. Na dosedací plochy obou částí jsou kladeny vysoké nároky na jejich dokonalé opracování z důvodu správného dosednutí.

Spodek formy obsahuje vnější část odlitku a bývá často označován jako pevná polovina formy. Ve vršku formy zůstává po otevření formy odlitek. Vršek formy je upevněn na pohyblivé části stroje, a proto bývá označován jako pohyblivá polovina formy.

Části formy, které přicházejí do styku s roztaveným kovem, se nazývají pracovní nebo činné části. Tyto části musí být vyrobeny ze slitinových ocelí a jsou na ně kladeny velké jakostní a rozměrové požadavky. Činné části se nejčastěji zhotovují jako vložky, které se vkládají do základních desek formy. Základní deska vršku i spodku se vyrábí z uhlíkové oceli.

Vzájemnou polohu pevné a pohyblivé části formy zajišťují vodící kolíky. Většinou bývají dva až čtyři a jsou umístěny v pohyblivé části formy. Otvory pro vodící kolíky jsou naopak v pevné části. [4]

2.6.1 Chlazení forem

Chlazením se snižuje provozní teplota formy. Vyšší teplota by měla za následek prodloužení doby tuhnutí odlitku, tím pádem by se také snížila výrobnost stroje. Díky chlazení formy se urychlí chladnutí odlitku ve formě, zlepší se jemnozrnná struktura odlitku a také se prodlouží životnost formy. Do vršku i spodku formy se vyvrtávají chladicí kanálky, které jsou šroubením a hadicemi spojeny s vodovodním a odpadním potrubím. Kanálky chlazení mají průměr 6 – 8 mm a je nutno je vést poblíž činných ploch, nejčastěji 20 – 25 mm, minimálně však 10 mm od činných ploch.

2.6.2 Vyjímání odlitků z formy

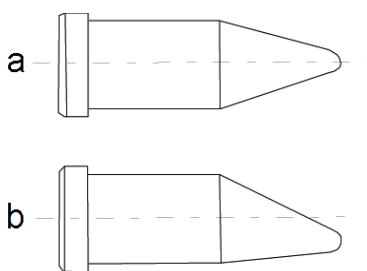
Po odlití je žádoucí, aby odlitek zůstal v pohyblivé části formy a aby byl vysunut vtok z pevné části. K vysunutí odlitku z pohyblivé části formy se používají vyhazovače. Mají tvar válcových kolíků a jsou pevně uloženy v pohyblivé části formy. Protože se vyhazovač velmi snadno poškodí a je potřeba ho ihned vyměnit, užívá se vyhazovačů

s co nejjednodušším průřezem. Není to ale podmínkou. Setkat se můžeme i s vyhazováký různých průřezů podle potřeb odlitek. Pokud musí mít vyhazovač malý průměr do 5 mm, soustruží se pouze na konci, aby nedošlo k jeho ohnutí nebo zlomení. Vyhazovače mají na svém konci hlavičku, která je uložena ve vyhazovací desce a sevřena přídržnou deskou. To umožňuje jejich snadnou výměnu. V některých případech vytvářejí vyhazovače na odlitcích stopy, které narušují jejich hladkost a musí se odstranit. Hlavními důvody vzniku těchto stop je opotřebení vyhazovačů nebo nesprávné seřízení délek vyhazovačů. Kratší vyhazovač vytvoří ve formě dutinu, ve které vzniknou nálitky, které jsou ovšem nežádoucí. [5]

2.6.3 Rozdělovač

Rozdělovačem se rozumí podstatě jednoduchá vložka, která je uložena v pohyblivé části formy a je umístěna proti vstupnímu vtoku. „Hlavními úkoly rozdělovače jsou:

1. *Změnit směr proudu vstříkovaného kovu.*
2. *Plynule zmenšovat průřez vtoku.*
3. *Vytahovat vtokovou špičku.*
4. *Chránit nejnamáhanější místo před rychlým opotřebením.“ [4]*



a) centrický, b) sešikmený

*Obrázek 16: Rozdělovač,
převzato a upraveno z [4]*

Roztavený kov je vtlačován do formy kolmo k dělicí rovině, to znamená, že se směr proudu toku kovu musí změnit o 90 °. Právě k tomu slouží rozdělovač, který usměrňuje tok proudu. Rozdělovač se nachází ve formě na místě, které je tepelně

a chemicky nejvíce namáháno. Je zhotoven jako součást, která se dá snadno vyměnit. Vyměňovat se musí často, protože se jedná o velmi namáhanou součást a rychle se opotřebovává. Existují dva druhy rozdělovačů – centrické a sešikmené. U forem s jedním odlitkem se užívá centrického rozdělovače a u forem s více odlitky se použije rozdělovač sešikmený.

2.6.4 Jádra

Jádra vytváří dutiny a otvory v odlitku. Jsou uložena většinou v pohyblivé části formy. Umístění jader do pevné části by zhoršovalo vyjímání odlitku. Pokud je ale na odlitku jader více, může být malý počet jader umístěn i v pevné polovině. Existují dva typy jader:

1. Nehybné – je umístěno skrz desku formy a jeho uvolnění zabraňuje zapaštěný nákrůžek, který je přidržen upínací deskou.
2. Pohyblivé – skládá se z vlastního jádra a smykadla se zámkem.

2.6.4.1 Mechanismy pro pohyb jader

Dříve se pro pohyb jader ve formě používaly ruční mechanismy, ty měly své výhody: jednoduchá konstrukce, nehrozilo poškození jader při výskytu závady, snadnější sledování průběhu lití. Nevýhodou byla snížená výkonnost stroje.

Pohodlněji se jeví mechanismy s nuceným nebo automatickým pohybem, protože zvyšují výkon stroje a urychlují vyjímání jader z odlitků. Pohybu jader se docílí silou zpětného chodu stroje. Při otevírání formy posouvá šikmý kolík jádro a tím ho vytahuje z odlitku. Při otevření formy musí být jádro fixováno v určité poloze, aby se vodící kolík při zavírání formy opět zasunul přesně do určeného otvoru.

Další možností jak vytahovat jádra z odlitků, je použití hydraulického mechanismu. Tento mechanismus je válec s dvojčinným pístem, jehož pístnice je spojena s jádrem. Celý tento mechanismus je umístěn na boku formy. Hydraulické vytahování jader má mnoho výhod, především:

1. Plynulé vyjímání jader, žádné rázy.
2. Možnost vyjímání jader nezávisle na otevírání formy.
3. Universálnost, může se použít na více formách.

2.6.5 Vtokové vložky

Vtokové vložky chrání u strojů s teplou komorou formu před rychlým opotřebením v místech, kde nejvíce proudí roztavený kov. U strojů se studenou komorou chrání před opotřebením plnicí válec. Vtoková vložka je výměnná součást, která musí být vyrobena velmi přesně, aby lícovala s deskou formy, popř. s plnicím válcem. Její velikost závisí na velikosti formy a plnicího válce.

2.6.6 Výroba forem

Materiálem na výrobu forem je především ocel. „*Oceli, používané pro výrobu forem, mají mít tyto vlastnosti:*

1. *Dobrou kovatelnost*
2. *Odolnost vůči chemickému působení kovu*
3. *Stálost rozměrů při tepelném zpracování a tepelných změnách vůbec*
4. *Odolnost proti erosivnímu účinku proudu kovu*
5. *Značnou pevnost v tahu a houževnatost při vyšších teplotách*
6. *Malého součinitele tepelné roztažnosti*
7. *Velkou tepelnou vodivost“* [4]

Oceli na výrobu forem je také nutné tepelně zpracovávat. Účelem tepelného zpracování je vytvoření stejnorodé struktury, potřebných mechanických vlastností, stálosti při vysokých teplotách a odstranění vnitřního pnutí, které vzniklo během obrábění. Po tepelném zpracování musí mít ocel nejen potřebnou tvrdost, ale i houževnatost a pružnost. Forma se nejdříve žihá na odstranění vnitřního pnutí, poté přichází na řadu termální kalení, které začíná na teplotě 500 °C, pak se forma ohřeje na 1100 °C a následně se ochlazuje v lázni (olovo ohřáté na teplotu 500 – 525 °C). Konečné ochlazení se provádí v olejové lázni za teploty 200 – 220 °C. Finální operací tepelného zpracování je popouštění. Popouštění probíhá krátce po zakalení v peci za teploty od 350 – 400 °C do 610 – 620 °C. Doba popouštění je 5 – 7 hodin. [4]

2.6.7 Vtokové soustavy

Hlavním úkolem vtokové soustavy je spojení plnicí komory s dutinou formy. Další, neméně důležité úkoly, přebírají vtokové kanálky, které udržují proud kovu v pohybu a mají značný vliv na odvzdušnění formy. Prvky vtokové soustavy jsou:

1. Vtoková špička – vede se jí kov z komory do formy.
2. Vtok – spojuje vtokovou špičku s dutinou formy.
3. Rozdělovač – velký význam má pro vytahování vtokové špičky.
4. Vtoková tableta – má kruhový průřez o průměru plnicí komory.



Obrázek 17: Vtok odlitku odlitého na stroji s teplou komorou



Obrázek 18: Vtok (tableta) odlitku odlitého na stroji se studenou komorou



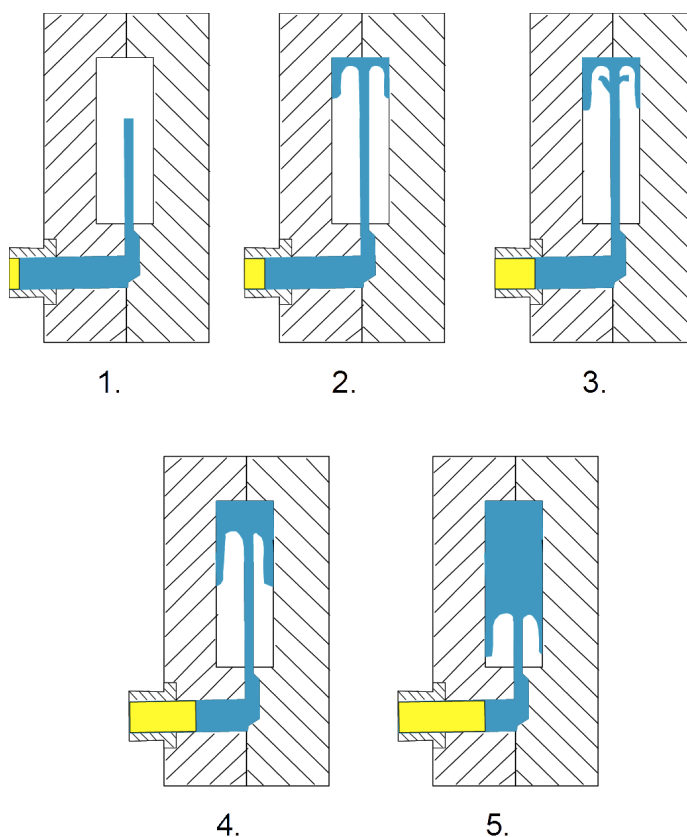
Obrázek 19: Schématické znázornění vtokové soustavy na stroji s teplou komorou, převzato z [1]

2.6.8 Plnění formy

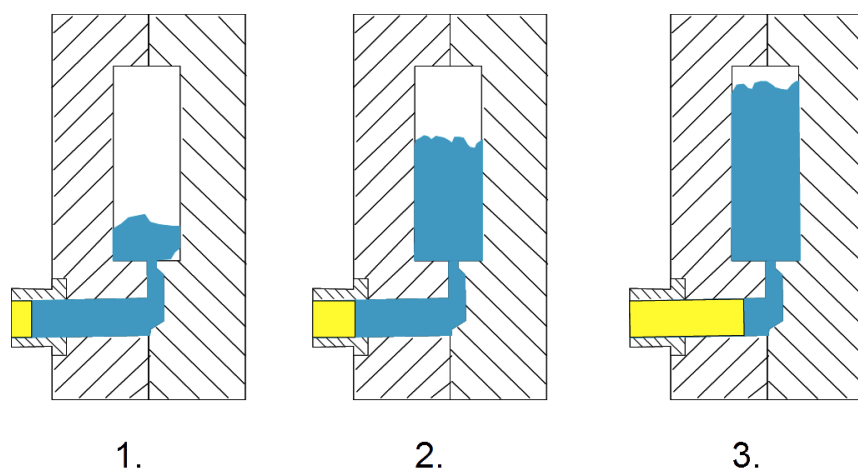
Plnění dutiny formy se skládá z následujících fází:

1. Naplnění komory roztaveným kovem.
2. Naplnění dutiny formy kovem.
3. Přesné vyplnění dutiny formy.
4. Působení hydrostatického tlaku v dutině formy.
5. Ve zvláštních případech plastické přetvoření. [5]

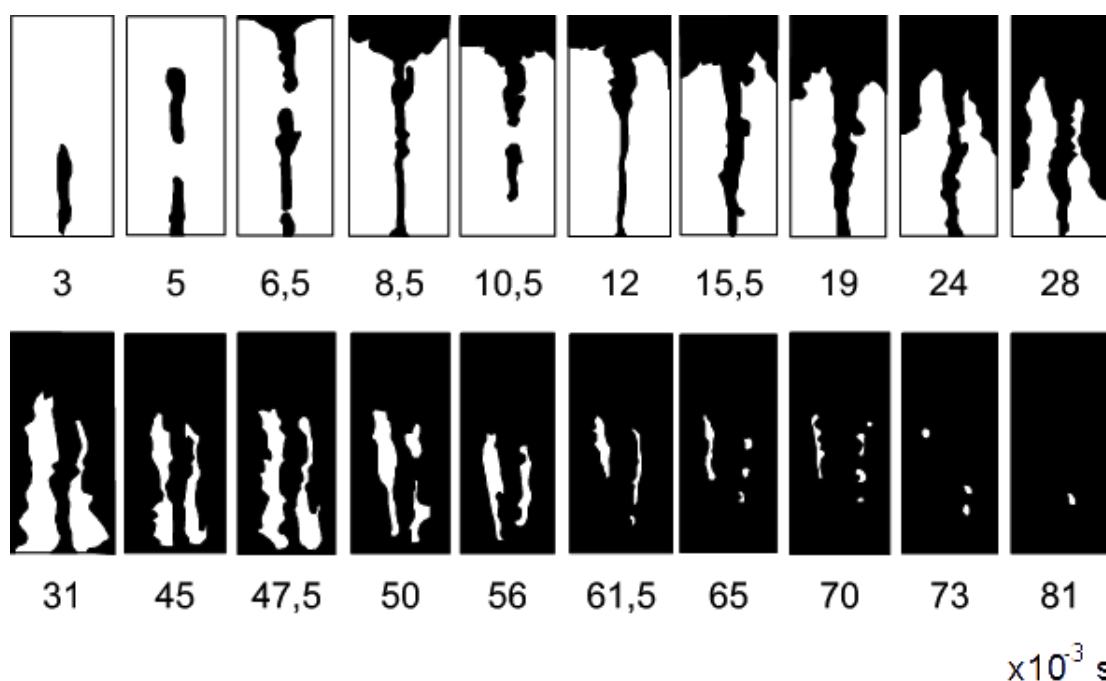
Již v roce 1932 vytvořil L. Frommer teorii o plnění formy (Obrázek 20). Vysvětlil plnění formy jako hydrodynamické proudění, které nemá žádné ztráty třením. Poté ale W. Brandt přišel s jinou teorií (Obrázek 21). Na základě svých pokusů usoudil, že se proud kovu po vstupu do dutiny rozšiřuje a poté, co se dotkne stěn, postupuje dále k místu nejvíce vzdálenému od vstupu. V roce 1941 pan Koester a Goehring ověřovali tyto teorie a za pomoci formy z ohnivzdorného skla a fotoaparátu s až tisíci snímky za sekundu zachytili skutečné plnění formy, které je znázorněno na Obrázku 22. [5]



Obrázek 20: Průběh plnění formy podle Frommera, převzato a upraveno z [5]



Obrázek 21: Průběh plnění dutiny formy podle Brandta, převzato a upraveno z [5]



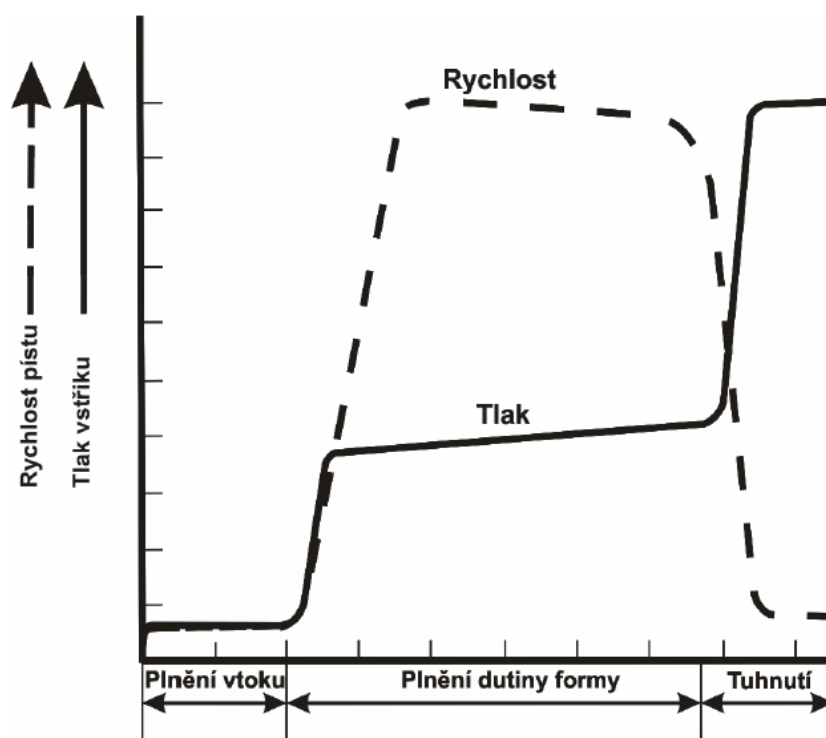
Obrázek 22: Skutečný průběh plnění dutiny formy, převzato a upraveno z [5]

Při plnění dutiny kovem vzniká do formy také nežádoucí vzduch. Ten proto musí být vytěsněn, aby nedocházelo k jeho pohlcování do tuhnoucí taveniny a tím i ke zhoršování vlastností odlitků. Existují různá provedení pro odvzdušnění dutiny formy:

1. Použití úzkých kanálků, které se nazývají průduchy. Pomocí kanálků je vzduch z formy vytlačen.
2. Použití přetokových dutin. Nevýhodou této metody je, že je zapotřebí velký objem přetoků, s tím souvisí velká spotřeba materiálu navíc.

3. Ještě před započítím lití je obsah dutiny formy vakuově vysán, kov je poté vtlačován do vzduchoprázdny formy.

Na Obrázku 23 je znázorněn pohyb pracovního pístu při plnění formy. Rychlost pístu v průběhu plnění formy se drží na svém maximu a klesat začne až při tuhnutí kovu. Naopak tlak prudce vzroste až po naplnění formy a na svém maximu zůstává po celou dobu tuhnutí odlitku. To se děje z důvodu minimalizace pórovitosti povrchu odlitku. [1]



Obrázek 23: Schéma znázornění rychlosti pístu a změny tlaku v průběhu odlévání, převzato z [1]

2.7 Lití

Při tlakovém lití je velice důležitá teplota formy. Kov, který je odlitý do studené formy, se rychle ochlazuje, při stěnách se špatně spojuje a na povrchu odlitku vznikají tzv. mapy. Lití do studené formy má nepříznivé následky i na formu samotnou, protože se tak zbytečně tepelně a mechanicky namáhá. Proto se forma před litím předehřívá přibližně na provozní teplotu a během lití se tato teplota udržuje. Udržuje se především vodním chlazením, aby forma nebyla příliš horká. Jaká má být přesná teplota formy, říci nelze, vše závisí na teplotě litého kovu, na rozměru, hmotnosti a členitosti odlitku a na

pracovním tempu. Činné části formy jsou velice tepelně namáhané, ale teploty litého kovu nikdy nedosáhnou. Teplota ohřátí formy musí být tím vyšší, čím vyšší je tavní teplota litého kovu (viz Tabulka 1).

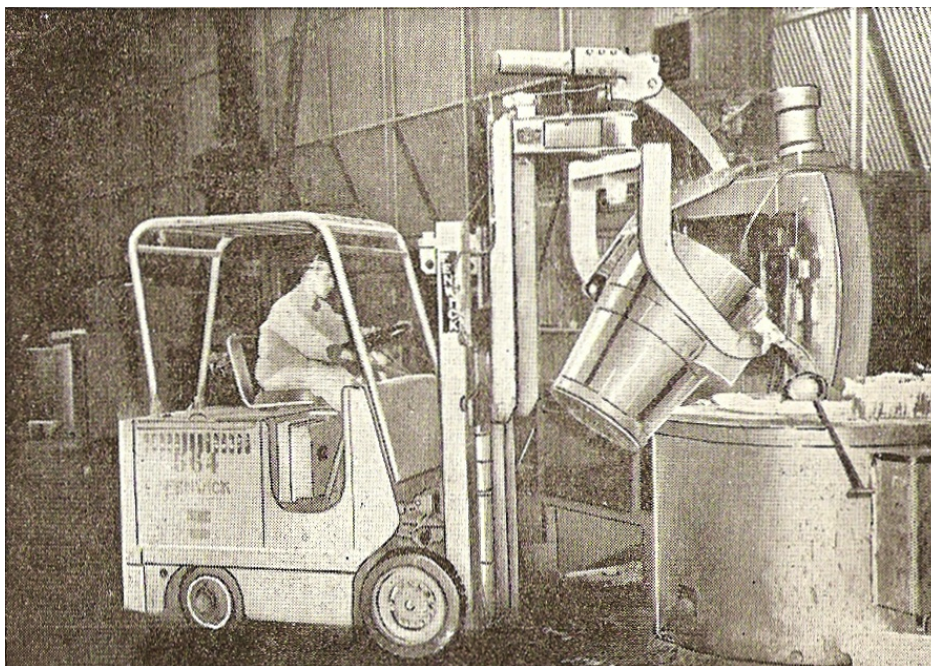
Slitiny	Teplota °C
olova a cínu	50 – 80
zinkové	120 – 150
hliníkové typu silumin	180 – 225
hliníkové typu hořčíkového	200 – 250
hořčíkové	200 – 250
mědi	300 - 350

Tabulka 1: Teplota předehřátí formy před odléváním, převzato a upraveno z [4]

Forma se ohřívá plynem nebo elektrickým proudem. Ohřev plynem se provádí pomocí hořáků ohnutých do tvaru formy. Elektrický ohřívák má tvar skřínky a nechá se napojit na síťové napětí 230 V. Studená forma se nesmí ohřívát přímo roztaveným kovem, protože se tímto postupem zničí. Vyšší teplota formy dopomáhá k lepšímu povrchu odlitků. Ale příliš vysoká teplota formy může způsobit přilepení odlitku k formě.

2.7.1 Pece

V každé slévárně můžeme najít udržovací a tavní pece. Udržovací pece se nachází jak u strojů se studenou komorou, tak i u strojů s teplou komorou, kde jsou přímo součástí stroje. Jejich velikost je závislá na velikosti stroje, na velikosti litého odlitku a rychlosti lití. Obsah pece by měl být vždy takový, aby vydržel minimálně na 1 – 2 hodiny práce. Tavní pece se u nás většinou vyskytují o velikostech 500 až 5000 kg. Taví se zde kov, který se pak pomocí pecí na vysoko zdvižných vozících přelévá do udržovacích pecí ke strojům se studenou komorou. Udržovací pec u strojů s teplou komorou plní ručně obsluha tzv. houskami.



Obrázek 24: Pánev na vysoko zdvižném vozíku, převzato z [5]

Na Obrázku 25 je udržovací pec, do které je právě vkládána zinková vsázka, která se také označuje jako „houska“. V pozadí za houskou je teploměr, který sleduje teplotu roztaveného kovu. Úplně vzadu se nachází píst.



Obrázek 25: Udržovací pec zinku, převzato z [8]

Nejpoužívanějším typem pecí je pec indukční. „U indukčních pecí se ohřívá vsázka buď tím, že se vytvoří jednozávitový sekundární obvod transformátoru s jádrem, nebo tím, že se v ní indukují vířivé Foucaultovy proudy. V prvním případě jde tedy o speciální transformátor; jehož sekundární závit tvoří tavenina. Výhodou je, že se může použít proudu o normální síťové frekvenci, nevýhodou je složitější uspořádání tavicího prostoru. V druhém případě pec tvoří jednoduchý kelímek, kolem něhož je umístěno vinutí.“ [5]

2.8 Slitiny

Jak je uvedeno výše, dříve se pro tlakové lití užívalo nízkotavitelných slitin, zejména slitin olova, které se dnes již víceméně nepoužívají. Později se začaly používat slitiny cínu, které se pro různé speciální účely používají dodnes. Používají se především tam, kde jsou přísné požadavky na rozměrové tolerance, protože smrštění slitin cínu je malé. Hlavní použití je v jemné mechanice.

Používání zinkových slitin se rozšířilo v pozdější době. Díky své nízké tavicí teplotě se může zinek odlévat na strojích s teplou komorou a zároveň používat formy z méně náročných nástrojových ocelí. V mnohých případech slitiny zinku kvůli svým poměrně špatným mechanickým vlastnostem nevyhovují, proto se začaly odlévat slitiny hliníku. Ze začátku bylo ale nutné překonat pár problémů. Největším problémem se zdála být vysoká teplota tavení hliníku a také fakt, že hliník tvoří s ocelí slitiny. Problémy byly vyřešeny nástupem strojů se studenou komorou. Přibližně ve stejné době, kdy se začal ve slévárenství používat hliník, se rozšířilo použití hořčíkových slitin. Hořčík sice není tak odolný proti korozi jako hliník, ale existují takové metody ochrany, že se může bez problémů používat v různých odvětvích průmyslu. Dobrou konstrukcí se může z hořčíkových slitin dosáhnout odlitků o velmi malých hmotnostech. Hlavním důvodem pro vývoj strojů se studenou komorou bylo odlévání mědi. Měď byla totiž v té době nejdůležitějším slévárenským materiálem. Protože je měď v současnosti deficitním materiálem, nahrazuje se téměř všude, kde je to jen možné, hliníkem. Její hlavní použití je v elektrotechnice.

V posledních letech se vyvíjí způsoby odlévání dalších druhů slitin, především kobaltu a cínu. Je také snaha o vyřešení problémů při odlévání slitin železa pod tlakem. [5]

2.9 Vady odlitků

Vada odlitku je nežádoucí a velmi nepříjemná, protože značně komplikuje plynulost výroby. Jestliže vadu odlitku neodhalí obsluha stroje, pracovník měrového střediska, ani pracovník výstupní kontroly a odlitek se stane předmětem reklamace, poškozuje se tím pověst slévárny, a to snižuje její konkurenceschopnost. Vady odlitků zjištěné u odběratele, jsou důvodem velkých ekonomických ztrát, protože je nutná opětovná doprava, přebrání odlitků, opracování, atd.

Častými příčinami vad odlitků může být špatný stav stroje a přípravků, konstrukční nedostatky či špatná příprava. Odlitky mají zejména tyto vady:

1. Špatný povrch z důvodu opotřebení formy, kdy na jejím povrchu vznikají trhliny, důvodem je špatný výběr oceli na výrobu formy, popř. její nesprávné tepelné zpracování.
2. Rozměrová nepřesnost z důvodu pootevření formy při vtlačení kovu do formy.
3. Bublinatost, která vzniká především při nesprávném umístění odlitku ve formě.
4. Ostatní vady odlitků způsobené nesprávným řešením vtokové soustavy.

Protože je tlakové lití výhradně mechanickým procesem, nemá na něj lidský faktor v podstatě žádný vliv. Nejčastějšími důvody vzniku vad jsou:

1. Seřízení vyhazovačů – je-li vyhazovač opotřebený, vytváří uvnitř formy dutinu, která se na odlitku projeví jako nežádoucí nálitek, který je jen těžko odstranitelný. Chybně seřízený vyhazovač může z formy i vyčnívat, to má za následek zahloubení v odlitku. Řešením je častá kontrola stavu vyhazovačů a jejich včasné vyměňování za nové. Vyhazovače by se také měly umísťovat proti těm částem odlitku, na kterých plocha vyhazovačů neporuší jejich vzhled.
2. Vtoková vložka nedosedá na spodek formy – zde vniká kov do spáry mezi spodek formy a vložku, tudíž se vtoková špička nedá vyjmout. Chod stroje je tak přerušovaný a vznikají zmetky.
3. Vadný vtokový kanál – pokud vtokový kanál obsahuje rýhy nebo trhliny, znesnadňuje to vyjímání odlitku, chod stroje je nepravidelný a zvyšuje se možnost výskytu zmetků.

4. Zadírání vodících ploch jader – plochy jader jsou daleko více tepelně namáhané než ostatní plochy formy. Ani se nedají chladit vodou jako ostatní části. Protože se zahřívají více než forma, zvětšuje se jejich objem. To se projevuje zadíráním na styčných plochách jader s formou. To může vyústit k prostříknutí kovu.
5. Spára mezi pístem a plnicím válcem – do spáry mezi válcem a pístem vniká vzduch a dostává se do odlitku, kde způsobuje bublinatost.
6. Vměšky kysličníku hlinitého – kysličník vzniká při styku kovu se vzduchem. Kysličník hlinitý je velmi tvrdý a při konečném obrábění odlitků rychle otupuje nástroje. Aby se okysličení zabránilo, musí se hladina kovu chránit krycími prostředky.



Obrázek 26: Vada odlitku, dutina vznikla kvůli špatnému seřazení vyhazovačů



Obrázek 27: Vada odlitku, prasklina vznikla kvůli nedostatečnému mazání dutiny formy



Obrázek 28: Vada odlitku, nedolitý kus z důvodu špatného seřízení ostříku



Obrázek 29: Vada odlitku, vypadlý tvar z důvodu poškození formy

B PROVOZNĚTECHNOLOGICKÁ ČÁST

3 Motor Jikov

Historie firmy Motor Jikov se začíná psát v roce 1895, kdy na území dnešního „Motoru“ vznikla První česká parostrojní bednárna v Českých Budějovicích. V roce 1899 ji koupila firma První jihočeská továrna na stroje, Julius Škrlandt a vznikla firma První jihočeská továrna na stroje a stavbu mlýnů. V roce 1911 se firma přejmenovala na UNION, v roce 1948 na MOTOR UNION a v roce 1954 na MOTOR. Po roce 1989 dostává firma svůj současný název MOTOR JIKOV.

V průběhu 20. století se Motor stal jedním z národních symbolů průmyslového rozvoje, hospodářského a kulturního života i sportovní reprezentace jižních Čech. Po roce 1990 byl Motor Jikov převeden na akciovou společnost, jejíž většinovým vlastníkem se stala českobudějovická skupina M.I.C.B. V roce 1997 byl podnik restrukturalizován a vznikly dvě samostatné společnosti – Motor Jikov Slévárna litiny a Motor Jikov Tlaková slévárna. V roce 2010 se opět spojily v jednu společnost – Motor Jikov Slévárna. [6]

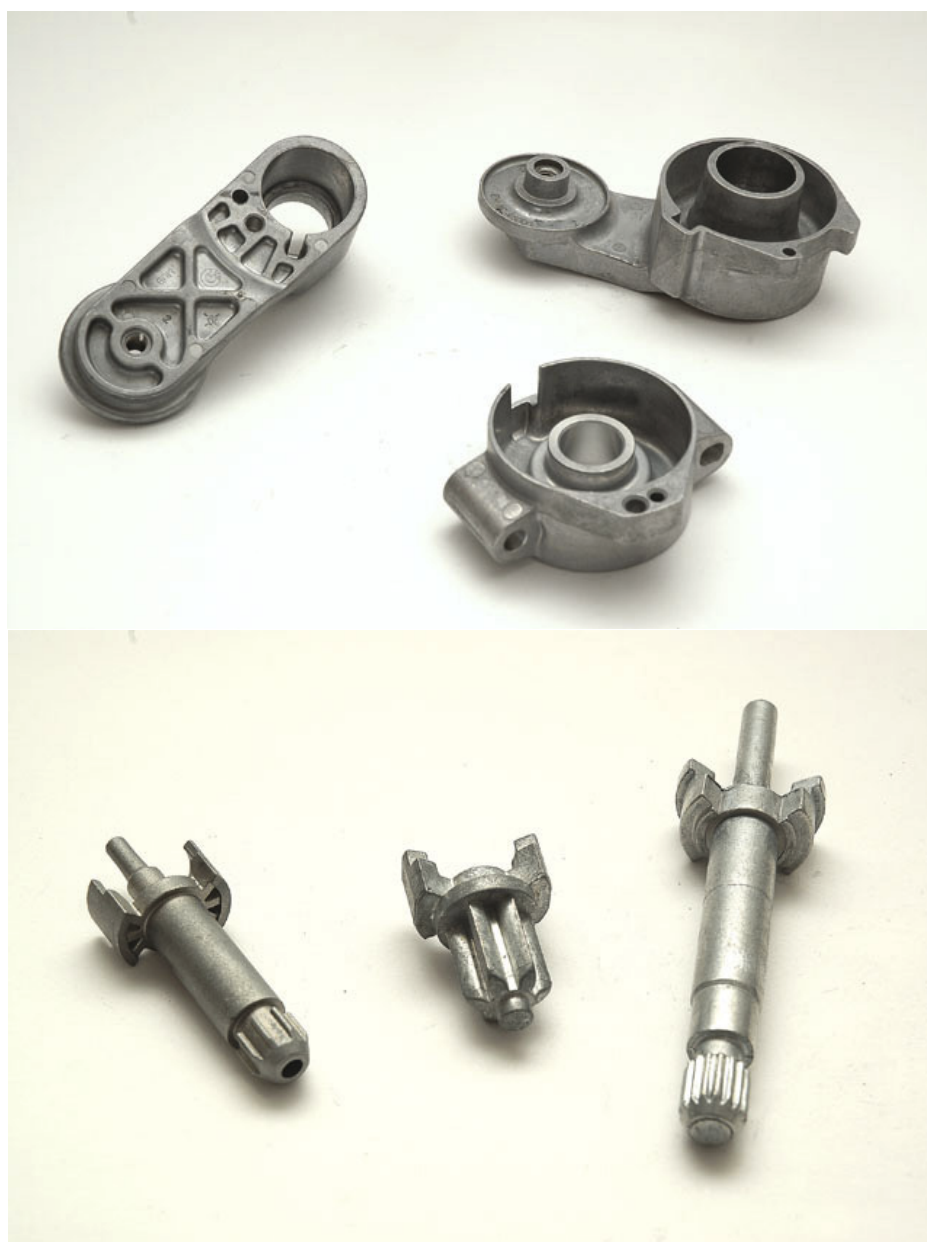


Obrázek 30: Současné logo firmy Motor Jikov, převzato z [8]

Firma Motor Jikov se specializuje na tlakové lití slitin zinku a hliníku. Na slévárně zinku se nachází celkem deset tlakových licích strojů s teplou komorou o uzavíracích silách 20 – 315 tun. Slévárna hliníku disponuje celkem devíti stroji se studenou komorou o uzavíracích silách 250 – 1000 tun. Na slévárně hliníku se odlévají dvě slitiny hliníku – Al226 a Al231. Na slévárně zinku se používají tři druhy slitin zinku – Zn400, Zn410 a Zn430.

3.1 Vyráběné odlitky

Na slévárně Motor Jikov se již od sedmdesátých let minulého století vyrábí hlavně odlitky pro automobilový průmysl. Slévárna se soustředí především na výrobu karburátorů, spalovacích motorů a komponentů tlakovzdušných brzdových soustav. Hlavními odběrateli jsou firmy z oblasti evropského automobilového, nábytkářského, textilního, elektrotechnického a spotřebního průmyslu. K největším zákazníkům patří firmy Brose, Briggs & Stratton Corporation, Magna-Donnelly, PAL International, Valeo, Honeywell, Arvin Meritor, Haldex a další.



Obrázek 31: Odlitky ze slitin hliníku a zinku

3.2 Strojový park, práce na strojích

Všechny stroje s teplou komorou na slévárně zinku jsou výrobkami rakouské firmy Oskar Frech GmbH. Jsou to stroje o uzavíracích silách 20 – 315 tun. Tomu také odpovídá velikost a označování těchto strojů. Například název F20/2 znamená, že se jedná o tlakový lící stroj od firmy Frech o uzavírací velikosti 20 tun, zároveň je také jasné, že vzhledem ke své malé uzavírací velikosti bude ze všech nejmenší. Číslo 2 na konci názvu označuje druhý stroj o uzavírací síle 20 tun v pořadí. Naopak označení F315 znamená, že se opět jedná o stroj vyrobený firmou Frech, ale s uzavírací silou 315 tun. Na konci označení se již žádné číslo nenachází, protože tento stroj je pouze jediným exemplářem ve strojovém parku firmy Motor Jikov.



Obrázek 32: Stroj s teplou komorou F125, převzato z [8]

Všechny stroje pracují zcela automaticky, obsluhy je potřeba pouze pro kontrolu odlitků a doplňování zinku do udržovací pece. Ve výjimečných případech obsluha také vyjímá odlitky z formy a maže činné části formy. Na Obrázku 32 je stroj F125, obsluha zde kontroluje pouze jakost odlitků a následně je skládá do předem připravených a označených beden. Na začátku směny nastaví seřizovač parametry stroje, obsluha ošetří formu a stroj automaticky pracuje do zastavení stroje obsluhou. Výrobní proces je následující: obsluha přidá do udržovací pece zinek, aby byla hladina na požadované

úrovni. Stroj poté vtlačí kov do formy. Po krátké prodlevě na zchladnutí odlitku vyhodí vyhazovače hotový odlitek na speciální váhu, která porovná zadanou ideální hmotnost odlitku s hmotností právě odlitého odlitku. Pokud nezjistí vyšší odchylku než ± 5 g, pustí odlitek na dopravní pás (tzv. žirafu - žluté zařízení na Obrázku 32) a ten jej dopraví až k obsluze, která provede kontrolu dopraveného kusu. Pokud ale váha zjistí vyšší odchylku na hmotnosti, pozastaví automatický proces a červeným světlem upozorní obsluhu na možný problém. Nižší hmotnost odlitku může znamenat, že jeho část zůstala ve formě a pokud by se forma i s kusem odlitku zavřela, trvale by se poškodila a musela by být nákladně opravena. Pokud obsluha zjistí problém, uvědomí seřizovače a ten jej, někdy za pomoci nástrojaře, odstraní. Nezjistí-li obsluha žádný problém, spustí znovu automatický provoz. Před opětovným uzavřením formy a vstříknutím kovu se musí činné plochy ošetřit postřikem. K tomu slouží speciální ostřikovací hlava, která je umístěna nad formou v prostoru dělicí roviny. Po každém vyjmutí odlitku zajede hlava do dělicí roviny a postříká ji buď vodním nebo olejovým postřikem. Určitý typ odlitku vyžaduje pouze vodní postřik, jiný zase olejový. Postřik slouží především k ochlazení činných ploch a také pro snadnější vyjímání odlitků z pohyblivé poloviny formy.

Pokud to situace vyžaduje, nevyjímá odlitek sám stroj, nýbrž obsluha stroje. Děje se tak v případech, kdy jsou na povrch odlitku kladeny nejvyšší nároky. Při automatickém vyjímání padají odlitky rovnou na váhu nebo je na váhu pokládá robotická ruka. V obou případech jsou na odlitcích patrné stopy po manipulaci. V tomto případě se vypne automatický chod stroje, který je ručně ovládán obsluhou. Před začátkem lití je opět nutné ošetřit formu. Poté obsluha na ovládacím panelu spustí poloautomatický cyklus. To znamená, že se forma zavře, píst vstříkne kov do formy, po prodlevě se forma otevře a vyhazovače vytlačí odlitek z pohyblivé části formy. V této chvíli uchopí obsluha odlitek a uloží ho do bedny, případně do koše, který má připraven vedle stroje. U složitějších tvarů odlitků ještě ručně tlakovou pistolí nastříká činné plochy formy postřikem a zmáčkne tlačítko pro start poloautomatického cyklu. Jestliže postačuje postřik z ostřikovací hlavy, stiskne obsluha tlačítko pro start ihned po uložení odlitku do bedny a ostřikovací hlava vystříká formu před jejím uzavřením.



Obrázek 33: Slévárna zinku, převzato z [8]

Na Obrázku 33 je možné vidět rozmístění strojů na tlakové slévárně zinku. Každý slévač obsluhuje zpravidla dva stroje. Pokud odlitek z formy vyjímá ručně, ovládá pouze jeden. Každý slévač musí dodržovat bezpečnostní předpisy, při vkládání zinkových housek do udržovací pece musí používat celoobličejový kryt. Z důvodu vysokých teplot odlitků i tavicích pecí musí slévači používat teplovzdorné rukavice, slévačské boty a oblečení s dlouhými rukávy – a to i v nejvyšších letních teplotách. Protože je slévárna prostředím velice hlučným, je vyžadováno v rámci bezpečnosti používat ochranu sluchu.

Na slévárně hliníku se odlévá na strojích od firem Bühler, Müller-Weingarten a Italpresse o uzavíracích silách 250 – 1000 tun. Maximální váha odlitku odlitého na slévárně hliníku je 6,5 kg. Značení strojů a jejich ovládání je v podstatě shodné se stroji na slévárně zinku. Rozdíl je pouze v komorách. Na slévárně hliníku jsou pouze stroje se studenou komorou. Vyjímání odlitků probíhá opět buď ručně, nebo automaticky pomocí robotické ruky. Protože teplota tavení hliníku je o cca 200 °C vyšší než teplota tavení zinku, tzn. asi 600 °C, je i teplota odlitků ihned vyjmutých z formy mnohonásobně vyšší. Z tohoto důvodu se na slévárně zinku používají speciální nehořlavé rukavice, odolné do 500 °C. Tyto speciální rukavice jsou na Obrázku 34, kde s nimi slévač vyjímá odlitek z formy a následně kontroluje jakost odlitku.



Obrázek 34: Výmání odlitku ručně a jeho následná kontrola, převzato z [8]

3.3 Používané slitiny

Na slévárně zinku se používají celkem tři slitiny zinku. Označují se Zn400, Zn410 a Zn430. Dalo by se říci, že základní slitinou je Zn410, ta je nejpoužívanější, zbylé dvě slitiny se používají, pokud má zákazník specifické požadavky na mechanické vlastnosti odlitků. Označení těchto slitin je opět velice logické – Zn410 nebo také ZnAl4Cu1 značí, že v této slitině jsou 4% procenta hliníku a 1 % mědi, v Zn430 jsou také 4 % hliníku, ale 3 % mědi. Slitina Zn400 neobsahuje měď žádnou, ta se poté označuje také jako ZnAl4.

Tyto slitiny mají poměrně dobré slévárenské vlastnosti, stejně tak i mechanické. Jsou levné a dají se snadno povrchově upravovat. Tyto slitiny zinku mají obchodní název ZAMAK a mají zajištěn obsah hlavních prvků, viz Tabulka 2.

Slitina	Al %	Cu %	Mg %	Fe _{max} %	Pb+Cd _{max} %	Sn _{max} %	Rm [MPa]
ZnAl4	3.9 – 4.3	0.100	0.02 – 0.05	0.075	0.009	0.001	160-180
ZnAl4Cu1	3.9 – 4.3	0.75 – 1.25	0.02 – 0.05	0.075	0.009	0.001	270-330
ZnAl4Cu3	3.5 – 4.3	2.4 – 3.2	0.03 – 0.06	0.075	0.009	0.001	420-480

Tabulka 2: Přehled chemického složení a mechanických vlastností slitin zinku, převzato z [1]

„Slitina ZnAl4Cu1 má výbornou slévatelnost, je vhodná pro tvarově složité dílce a téměř výhradně se používá při výrobě tlakových odlitků. Slitina ZnAl4Cu3 je podeutektická slitina, která se vyznačuje výbornými slévárenskými vlastnostmi. Dosahuje vysoce jakostní povrch, který je dovoluje s minimálními požadavky na další opracování upravovat galvanickým pokovováním. Vhodnost pro tlakové a odstředivé lití spočívá v rychlé krystalizaci odlitků ve formě.“ [1] Základem těchto slitin je soustava, která obsahuje 3,8 – 4 % hliníku. Do této slitiny bývá přidáván i hořčík, díky kterému odlitky nepraskají v důsledku vnitřních pnutí. Do slitiny bývá ovšem přidáván pouze v malém množství, cca v řádech setin procent, protože snižuje vlastnosti slitin.



Obrázek 35: Zinkový polotovár (houška), převzato a upraveno z [14]

Na slévárně hliníku se používají dvě slitiny – AlSi9Cu3 (Al226) a AlSi12 (Al231). Používanější je ovšem Al226. „Z této slitiny je tlakovým litím vyráběna řada součástek v automobilovém průmyslu, např. skříně spojky a převodovky, bloky motoru, víka bloku válců, apod., které jsou tvarově náročné a na které jsou kladeny vysoké požadavky z hlediska jakosti a mechanických vlastností. Jde o odlitky, u kterých jsou některé stěny s tloušťkou 2 mm velmi tvarově náročné.“ [1]

	Chemické složení v %							
slitina	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn
AlSi9Cu3	8-11	0,6-1,1	2-4	0,55	0,15-0,55	0,15	0,55	1,2
AlSi12	10,5-13,5	0,7	0,9	0,05-0,55	0,35	0,1	0,3	0,55

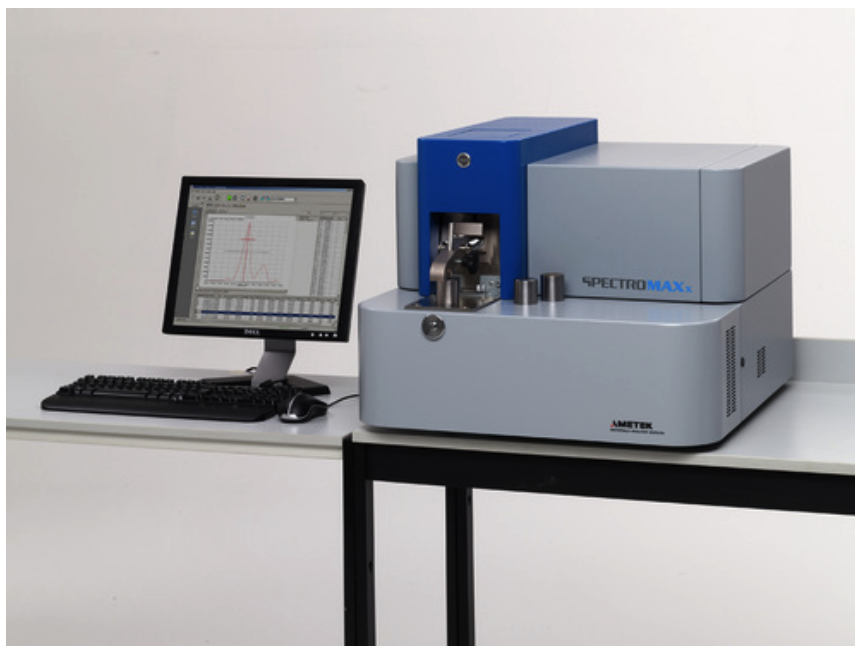
Tabulka 3: Chemické složení slitin hliníku, převzato a upraveno z [10]

3.3.1 Výměna slitiny v kelímku

Na slévárně zinku se odlévá hlavně ze slitiny ZnAl4Cu1. Pokud si ale zákazník přeje odlitek s jinými mechanickými vlastnostmi, používají se slitiny ZnAl4 nebo ZnAl4Cu3. Změna slitiny ale znamená kompletní vyprázdnění původní slitiny z kelímku. Obsluha pomocí slévačské lžice vyjme všechen roztavený kov a vlije ho do speciálních forem, kde se vytvoří zinkové housky podobné originálním Zamak. Poté, co je kelímek zcela vyprázdněn a nehrozí smíchání slitin, vloží obsluha do kelímku housky nové slitiny. Ze začátku pouze malý počet, aby se slitina dobře roztavila. Později přidává další, až kelímek znovu naplní. Po ukončení lití s touto slitinou se opakuje stejná situace a slitina se musí opět vyměnit.

3.3.2 Kontrola jakosti slitiny

Ke kontrole jakosti slitin se používá spektrometr. Spektrometr je analyzátor kovových materiálů a umožňuje stanovit množství všech důležitých prvků, které slitina obsahuje, včetně stop uhlíku, fosforu, síry a dusíku. Tavič, který na slévárně taví kov, odlije několikrát za směnu vzorek tavené slitiny, který následně zaměstnanec měrového střediska zanalyzuje na spektrometru. Ze slitiny odlitý váleček položí na speciální čip, který vytavuje kov z válečku a spektrometr určí podle rozsahu vlnových délek přesné složení slitiny. Z důvodu přesnějšího měření se jeden váleček se na spektrometru měří vždy minimálně 3x.



Obrázek 36: Spektrometr, převzato z [15]

3.4 Kontrola kvality odlitků

Kontrola odlitků je důležitou fází celého procesu odlévání. Chybu odlitku je nutno odhalit v co nejkratší vzdálenosti od tlakového lícího stroje (odhalit chybu například při obrábění odlitku a zjistit, že je celá série chybová, je velice neekonomické). Proto odlitek kontroluje jak obsluha ihned po odlití, tak pracovník měrového střediska a technolog výroby. Ke kontrole odlitků mají zaměstnanci celou řadu měřidel, kalibrů a pomůcek.

3.4.1 Kontrola u stroje

V první řadě kontroluje kvalitu odlitku obsluha dle takzvané lící návodky nebo kontrolního plánu. Za pomoci kalibrů kontroluje přibližně každý 10. – 50. kus. Pokud nezjistí závadu, proces odlévání běží dále. Zjistí-li ale nějaký nedostatek na odlitku, zastaví ihned proces lití a nahlásí vše seřizovači, mistrovi, popřípadě pracovníku měrového střediska, který celou situaci vyhodnotí a rozhodne, zda se jedná o opravitelné či neopravitelné dílce nebo o dílce, u kterých je možno žádat odchylku. U některých typů odlitků je zapotřebí, aby dělník po pravidelné kontrole odlitku zapisoval naměřené hodnoty do Záznamu o provedené kontrole.

3.4.1.1 Opravitelné neshodné výrobky

Shledá-li měrové středisko odlitek jako opravitelný, není zapotřebí jej přetavit na nový materiál, ale lze jej převést na středisko obrábění, kde na odlitku proběhne potřebná oprava. Odlitky uložené v bedně se musí označit žlutým lístkem na znamení, že kusy jsou připraveny k opravě. Většinou to bývají odlitky s malým vnitřním průměrem, který se později struží výstružníkem na požadovaný rozměr.

3.4.1.2 Neopravitelné neshodné výrobky

V případě, že měrové středisko určí, že se jedná o neopravitelný zmetek, označí se bedna s odlitky červeným lístkem s nápisem „neuvolněno“ a následně se uzamkne do skladu neshodné výroby. Zaměstnanec měrového střediska poté provede záznam o vyřazených kusech do formuláře Sledování vadných dílců a zmetkové odlitky uvolní k likvidaci.

3.4.1.3 Neshodné výrobky uvolněné na odchylku

Schválení odchylky odlitku zajišťuje vedoucí měrového střediska s mistrem. Dílce uvolněné na odchylku se označí modrým lístkem s nápisem „uvolněno – odchylka“.

3.4.1.4 Likvidace neopravitelných neshodných výrobků

Likvidaci neshodných dílců zajišťuje mistr střediska, ve kterém byla chyba zjištěna. Zmetky jsou uloženy v bednách a označeny červeným lístkem. Mistr střediska překontroluje oprávněnost neopravitelnosti a předá bednu k přetavení.

3.4.2 Kontrola na měrovém středisku

Pracovník měrového střediska obchází přibližně jednou za hodinu všechny stroje a od obsluhy si vyžádá právě odlitý kus a ten detailně prověří. Ke kontrole tímto způsobem slouží na slévárně speciální místo, kde má kontrolor uložena všechna měřidla a přístroje potřebné k určení správných rozměrových a vizuálních vlastností odlitku. Pracovník má k dispozici kompletní dokumentaci odlitku, dle které pečlivě kontroluje jakost i rozměry odlitku. Měrové středisko kontroluje detailně také první a poslední kusy odlité na jedné formě. Jeho úkolem je také vzorkování forem.

Pro kontrolu jakosti odlitku má k dispozici například spektrometr SPECTROMAXx, mikroskop NEOPHOT 32 a rentgen SEIFERT 225 Kv. Pro kontrolu rozměrů odlitků slouží profiloměr MITUTOYO CV 500, 3D měřicí přístroj Wenzel LH 87 a 2D výškoměr MITUTOYO LH 600.

3.4.2.1 Kontrola prvních kusů

Pokud při měření posledních kusů z předcházejícího lití nebyla zjištěna žádná neshoda, nemusela být na formě prováděna žádná oprava. Kontrolu prvního kusu provádí měrové středisko ihned po nasazení formy a poté provede záznam o měření prvního kusu. Tento první kus označí měrové středisko zeleným lístkem a uloží ho na vyhrazené místo k tlakovému licímu stroji. Takto označený první kus slouží jako etalon pro následné kontroly odlitků.

3.4.2.2 Kontrola posledních kusů

Po ukončení lití daného odlitku, to znamená po sejmutí formy, předá seřizovač poslední kusy v sérii měrovému středisku k proměření. To provede měření dle kontrolního plánu a výsledky měření zaznamená do záznamu o kontrole. Je-li výsledek kontroly nevyhovující, provede měrové středisko patřičná opatření.

3.4.2.3 3D měřicí přístroje

Na měrovém středisku se využívá 3D měřicích přístrojů především při vzorkování formy, tzn. při prototypové nebo zcela nové výrobě. Na slévárně se vyrobí několik úplně nových odlitků, měrové středisko odlitky pečlivě změří a po zanalyzování rozměrů určí, zda je forma v pořádku a tím pádem vyhovující či nikoliv.

3D měřicí přístroje jsou používány i pro sériové uvolnění výroby. Slévač odnese na měrové středisko vždy první kus série, který je změřen a rozměry jsou zapsány do Záznamu o provedené kontrole. Pokud je kus vyhovující, pokračuje výroba dále, pokud se ale zjistí, že odlitek není po rozměrové stránce v pořádku, upozorní měrové středisko seřizovače nebo nástrojaře a ten problém odstraní. Podobný postup probíhá i pro měření posledního kusu. Výsledek měření se stejně jako u prvního kusu zaznamená.

Vyžaduje-li to složitost odlitku či přání zákazníka, měří se rozměry odlitku na 3D měřícím přístroji několikrát denně. Toto je však velmi vzácný příklad, rozměry se měří nejčastěji posuvným měřítkem a především mikrometrem.



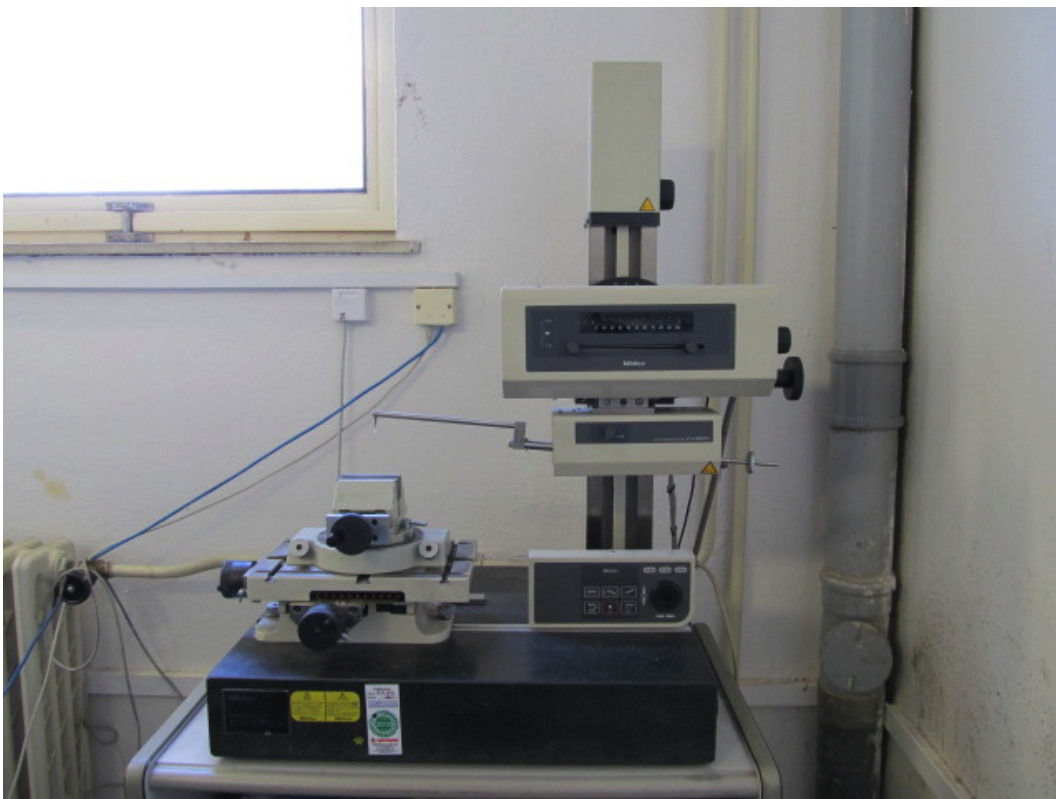
Obrázek 37: 3D měřící přístroj Wenzel LH 87

3.4.2.4 Mikroskop

Mikroskop se na měrovém středisku nepoužívá ke kontrole rozměrů, ale ke kontrole jakosti povrchu, především ke kontrole spojení materiálu nebo ke kontrole struktury materiálu.

3.4.2.5 Profiloměr

Využití profiloměru je v podstatě stejné jako u 3D měřícího přístroje. Používá se při vzorkování formy, při rozjezdu série a u prvních a posledních kusů. Jak již název napovídá, užívá se k měření profilů. Je-li na povrchu odlitku výstupek, změří se na profiloměru a tím se ověří, zda povrch odpovídá normě nebo zda se musí výroba zastavit a provést oprava formy.



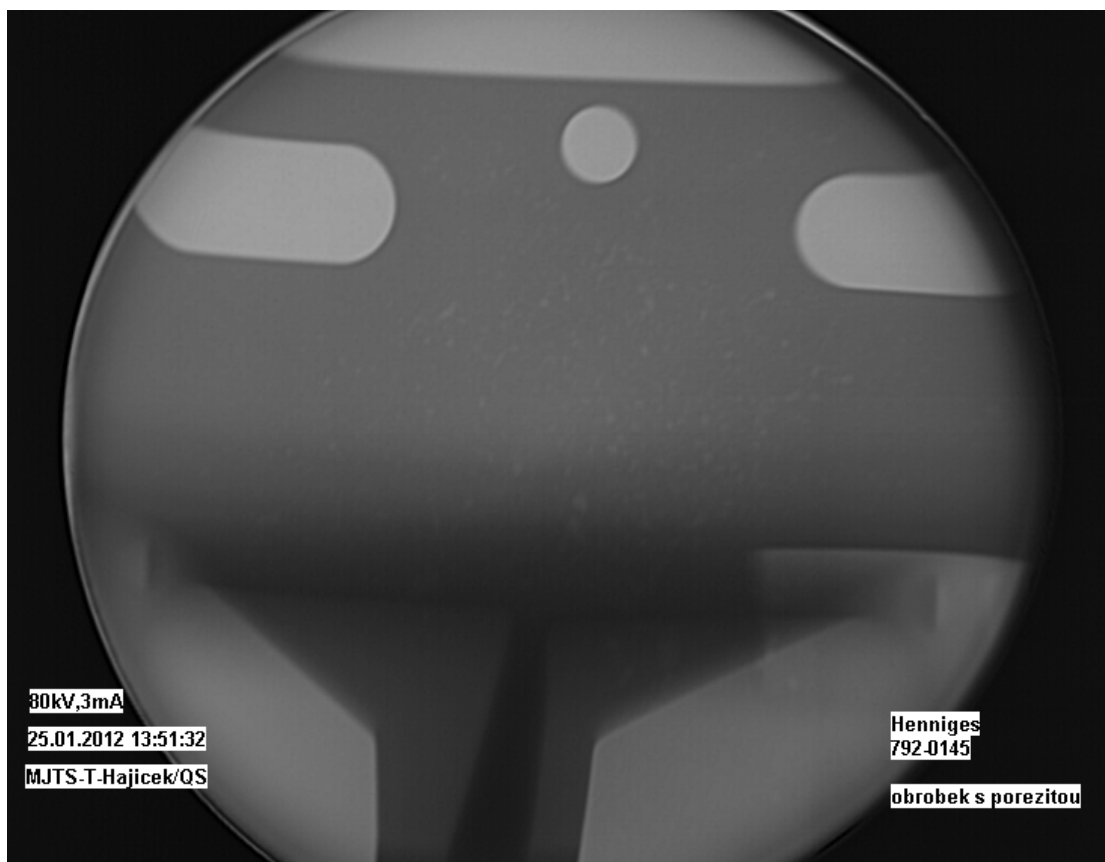
Obrázek 38: Profiloměr

3.4.2.6 Rentgen

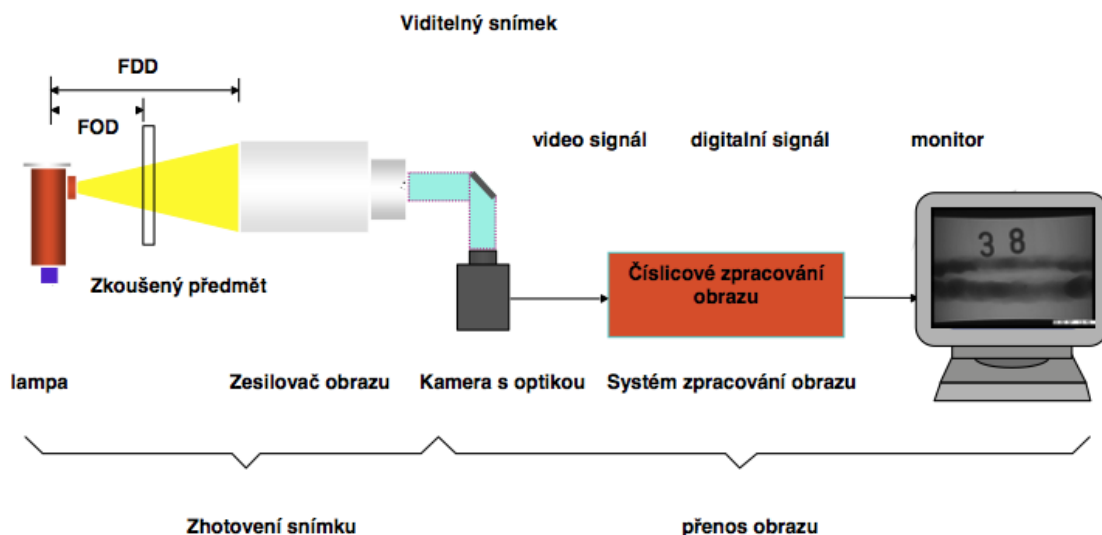
Slévárna Motor Jikov má pro kontrolu odlitků k dispozici radioskopický rentgen SEIFERT 225 Kv. Na rentgenu testují pracovníci měrového střediska zejména poresitu odlitků, zda je ještě v normě nebo zda je již nepřípustná a budou se muset změnit parametry nastavení tlakového lícího stroje. Kontroluje se zde opět první a poslední kus a vyžaduje-li to složitost odlitku, kontroluje se několikrát denně. Rentgen funguje na metalokeramické technologii a přeměňuje rentgenové záření do oblasti viditelného světla, které je možno sledovat v podobě videa na obrazovce rentgenu. Na tomto rentgenu je možné testovat odlitky o maximální hmotnosti 60 kg a o maximálním průměru 600 mm.



Obrázek 39: Rentgen SEIFERT 225 Kv, převzato a upraveno z [11]



Obrázek 40: Fotografie z rentgenu, zde již obrobený odlitek, světlé plochy na odlitku je poresita



Obrázek 41: Funkce radioskopického rentgenu, převzato z [11]

3.5 Interní prověrky

Impulem pro vnitřní prověrku může být jakákoliv nespokojenost zákazníka, žádost vedoucího o prověření činnosti jeho útvaru, rozhodnutí zmocněnce pro ochranu životního prostředí nebo interní či externí neshody. Vnitřní prověrky provádí auditor, to je zaměstnanec pověřený provedením interní prověrky systému. Cílem je prověřit celý systém řízení (všechny procesy na všech pracovištích) minimálně 1x za rok. Vedoucí auditor zhodnotí průběh prověrky a vysvětlí zaměstnanci odpovědnému za proces, jaká rizika jsou spjata s existencí zjištěných neshod. Formulace neshod zjištěných v průběhu prověrky může vedoucí auditor ještě upravit a doplnit. Pokud to pokládá za vhodné, formuluje vedoucí auditor doporučení, zaznamená je do Inspekčního zápisu a zdůvodní je zaměstnanci odpovědnému za proces.

ZÁVĚR

V práci jsou shrnuty zásady technologie lití kovů a jsou zde přehledně utříděny poznatky, které se týkají lití kovů. Informace jsou čerpány z dostupné odborné literatury a především od zkušených odborníků z praxe. Cílem bylo zaměřit se na problematiku tlakového lití, následně analyzovat specifika použitých technologií na slévárně hliníku a zinku Motor Jikov. Velký důraz je také kladen na hodnocení kvality odlitků, vyhodnocování technických parametrů odlitků a na systém udržení kvality při velkosériové výrobě. V této části je práce zaměřena na měřidla, přípravky a měřicí přístroje. Pomocí schématických obrázků, fotografií a tabulek se podařilo utřídít veškeré informace týkající se slévárenství, zejména pak tlakového lití. Převážně pomocí schématických obrázků jsou zde vysvětleny principy nejdůležitějších technologií z oboru slévárenství.

Na slévárně zinku jsem celkem dva roky pracoval jako brigádník. Obsluhoval jsem zde veškeré stroje, které se na slévárně nachází a setkal jsem se se všemi odlitky, které slévárna zinku produkuje. Seznámil jsem se podrobně s celým výrobním procesem odlitku na slévárně, včetně kontroly jakosti odlitků. Díky této přínosné brigádě jsem pronikl do technologie provozu slévárny a tyto cenné zkušenosti mi výrazně pomohly k napsání bakalářské práce. Z důvodů ochrany a utajení některých skutečností nejsou všechny podrobnosti související s technologií tlakového lití a kontroly kvality odlitků v této práci zveřejněny v plném rozsahu.

Text může sloužit jako přehledná a metodicky uspořádaná pomůcka pro vyučování zejména na středních školách, především v předmětech zaměřených na strojírenskou technologii. Využití může najít také jako rozšíření znalostí středoškolských učitelů nebo nově nastupivších slévačů do slévárny Motor Jikov. Texty jsou doplněny názornými obrázky, schématy, tabulkami a fotografiemi.

Zpracování daného tématu mi mimo prohloubení odborných znalostí přineslo i zkušenost se vypracováním rozsáhlejší práce, zkušenost s úpravou textů a obrázků. Jsem přesvědčen, že zpracovaný text bude dobře použitelný ve vyučovací praxi.

ZDROJE INFORMACÍ

LITERATURA

- [1] VENCÁLEK, Jaroslav. *Optimalizace výroby tlakového odlitku: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 90 s.
- [2] NĚMEC, Milan, Bohumír BEDNÁŘ a Barbora STUNOVÁ. *Teorie slévání*. Vydání první. Praha: ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04395-0.
- [3] HLUCHÝ, Miroslav; BENEŠ, Josef. *Strojírenská technologie : pro SPŠ nestrojnické*. 1981. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1981. 248 s.
- [4] ČERVÁŠEK, Jiří. *Lití pod tlakem*. Vydání první. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1953, 208 s.
- [5] VALECKÝ, Jindřich. *Lití kovů pod tlakem*. Vydání první. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963, 452 s.
- [6] BINDER, Milan a Jan SCHINKO. *Motor Jikov: 1899-2009 : 110 let společnosti Motor Jikov Group*. 1. vyd. České Budějovice: Milan Binder, 2009, 101 s. ISBN 978-80-903636-8-7

INTERNETOVÉ ZDROJE

- [7] www.cs.wikipedia.org
- [8] www.micb.cz
- [9] www.frech.com
- [10] www.ferona.cz
- [11] www.testima.eu
- [12] <http://1-64th-model-minis.wikispaces.com/file/view/diecasting.jpg/35523411/diecasting.jpg>
- [13] <http://www.sfsa.org/tutorials/nadca2/images/DieCasting.jpg>
- [14] http://www.dimexa.com.mx/html/images/ISRI/ZAMAC/zamac_ingots_dimexa_03.jpg
- [15] <http://www.spectro.cz>