

Metodika vizuální kontroly odlitků

Tomáš Mlýnek

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Mlýnek**
Osobní číslo: **T15029**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Metodika vizuální kontroly odlitků**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma
2. Provedte řešení současného stavu
3. Navrhněte metody kontroly odlitků
4. Provedte hodnocení navržených změn

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. NĚMEC, Milan, Bohumír BEDNÁŘ a Barbora BRYKSÍ STUNOVÁ. Teorie slévání. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016, 217 s. ISBN 978-80-01-06026-1
2. DOŠKÁŘ, Josef. Výroba přesných odlitků. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1976, 315 s.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Řezníček, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

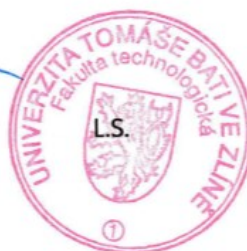
2. ledna 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 28. února 2018


doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 2. 5. 2018


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá metodikou vizuální kontroly odlitků ve společnosti SPO Zlín, která využívá metodu přesného lití na vytavitelný model. V teoretické části je popsána tato technologie společně s ostatními fázemi výrobního procesu. Dále je zde popsán souhrn všech vad, které se mohou vyskytovat při výrobě odlitku.

V praktické části je provedeno řešení současného stavu pracoviště a návrh ke zlepšení slabých stránek. Dalšími body je vytvoření přesné metodiky kontroly odlitků, která doposud nebyla vytvořena, byla zavedena evidence opravitelných odlitků spolu s informačními listy, proběhla identifikace vzorových odlitků, aplikovala se metoda 5S a ergonomie na pracovišti vizuální kontroly.

Klíčová slova: vizuální kontrola odlitků, přesné lití, vady odlitků, zefektivnění

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on methodology of visual controls casts in company SPO Zlín, which uses method of exact molding. In teoretical part is described this technology together with others phases of manufacturing process. Here you can see summary of all defects which could occur during production of casts.

In practical part is carried out solution for actual state of workplace and suggestion for improving weaknesses. Another points of practical part are creation of precise methodology for controlling casts, which was not introduced, it was introduced record repairable casts together with information sheet, took place identification samples casts, it was applied with methodology 5S and ergonomics on working place of visual control.

Keywords: visual controls casts, excatly molding, defects of casting, streamlining

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Řezníčkovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté rady, čas a trpělivost spojené s vypracováním bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům slévárny a především panu Ing. Martinu Masaříkovi za ochotu a cenné informace k bakalářské práci.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahrána do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 2. 5. 2018



OBSAH

ÚVOD	10
I. TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE SLÉVÁRENSTVÍ	12
1.1 Přehled produkce a využití odlitků	13
2 ÚVOD DO TECHNOLOGIE VYTAVITELNÉHO MODELU	15
2.1 Přesné lití	15
2.2 Princip metody vytavitelného modelu	16
3 PŘÍPRAVA VYTAVITELNÉHO MODELU	18
3.1 Výroba formy na vytavitelný model	18
3.2 Výroba voskových modelů	20
3.2.1 Gravitační lití	20
3.2.2 Vstříkování do formy.....	20
3.3 Sestavování voskových modelů.....	21
4 VÝROBA SKOŘEPINOVÉ FORMY	23
4.1 Nanášení keramických obalů	23
4.2 Vytavování vosku	24
4.3 Žihání keramických obalů	25
5 TAVENÍ A ODLÉVÁNÍ KOVU	26
5.1 Typy odlévání	26
5.1.1 Klasické (gravitační).....	26
5.1.2 Sklopné	26
5.1.3 Vakuové	27
5.1.4 Vakuové nasávání	27
6 DOKONČOVACÍ OPERACE	28
6.1 Odstraňování keramiky	28
6.2 Oddělování odlitků od vtokové soustavy.....	28
6.3 Odstraňování zbytku keramiky	29
6.3.1 Abrazivní metoda.....	29
6.3.2 Chemická metoda	29
6.4 Kontrola jakosti odlitků	30
7 VADY ODLITKŮ	31
7.1 Přehled vad odlitků	31
7.2 Odstranění vad	32
II. PRAKTICKÁ ČÁST	33
8 CÍLE PRÁCE	34
9 SPOLEČNOST SPO ZLÍN s.r.o.	35
10 PŘESNÉ LITÍ VE SLÉVÁRNĚ SPO ZLÍN	37
11 SCREENING NA PRACOVÍŠTI VIZUÁLNÍ KONTROLY	41
11.1 Silné stránky pracoviště vizuální kontroly odlitků:	41
11.2 Slabé stránky pracoviště vizuální kontroly odlitků:	41

11.3	Návrhy na zlepšení a zefektivnění vizuální kontroly.....	42
12	STANOVENÍ METODIKY VIZUÁLNÍ KONTROLY	44
13	EVIDENCE OPRAVITELNÝCH ODLITKŮ	45
14	VYTVOŘENÍ DATABÁZE S INFORMAČNÍ LISTY ODLITKŮ	47
15	VIZUALIZACE A IDENTIFIKACE VZOROVÝCH ETALONŮ	48
16	5S A ERGONOMIE NA PRACOVIŠTI VIZUÁLNÍ KONTROLY	50
16.1	Metoda 5S	50
16.2	Seiri – úklid.....	50
16.3	Seiton – pořádek	50
16.4	Seiso – čistění	52
16.5	Seiketsu – standardizace	53
16.6	Shitsuke – disciplína	54
16.7	Ergonomie.....	55
17	SHRUTÍ ZREALIZOVANÝCH ZEFEKTIVNĚNÍ.....	56
ZÁVĚR	59	
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	60	
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	62	
SEZNAM OBRÁZKŮ	63	
SEZNAM TABULEK.....	65	
SEZNAM PŘÍLOH.....	66	

ÚVOD

Jestliže chce být jakákoliv firma či společnost úspěšná a vynikat na trhu, musí sledovat aktuální vývoj ve svém oboru, klást větší důraz na přesnost výroby a tím tak předčít svou konkurenci. Díky těmhle parametrům se společnost SPO Zlín s.r.o., využívající technologii přesného lití metodou vytavitelného modelu, rozhodla zmodernizovat své pracoviště vizuální kontroly odlitků.

Samotný proces odlévání je starý už více než 5 000 let. Základní princip tohoto procesu je, že se roztavený kov lije do formy, která má tvar budoucího výrobku. Ten se poté nechá ve formě zchladnout, až vznikne tuhý odlitek. Dřívější způsob odlévání a konstrukce forem nebyly tak přesné, jako je známe dnes. Odlitky bývaly většinou větších rozměrů a nebyly tak geometricky přesné.

V dnešní době však jsou kladeny větší nároky na přesnost a proto je zapotřebí mnohem přesnějších technologií, kterými lze vyrobit rozměrově menší a geometricky přesnější odlitky. Jednou z technologií jak tyhle odlitky vyrobit je technologie přesného lití na vytavitelný model, kterou se tahle práce zabývá.

Společnost SPO Zlín s.r.o., která tuhle technologii využívá a s kterou je spjata i pracoviště vizuální kontroly odlitků, se rozhodla zvýšit svou produktivitu a to tím, že nechala zmodernizovat právě toto pracoviště.

Zefektivnění a renovace pracoviště vizuální kontroly ve slévárně SPO Zlín s.r.o. spočívá v zhodnocení současného stavu, navrhnutí změn a uskutečnění těchto návrhů, které povedou ke zdokonalení samotného pracoviště, kratší doby kontroly odlitků a lepší ekonomice.

Výsledkem bakalářské práce je vypracovaná metodika vizuální kontroly odlitků a zefektivnění pracoviště, které povede k dosažení lepších podmínek pro práci a také k tomu, aby firma čím dál tím více prosperovala a udržela tak krok s konkurencí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE SLÉVÁRENSTVÍ

Slévárenství je řemeslo, které vzniklo v době 2000 – 2500 let př. n. l. Podmínkou pro slévání byla schopnost natavit kov, popřípadě jeho slitinu s relativně vysokou teplotou tavení cca 1000 °C. Takhle podmínka byla splněna u slitin mědi, cínu a hlavně bronzu, odtud i název historického období lidstva – doba bronzová [1].



Obr. 1. Egypt - 1470 l. př. n. l. [3]

Doba bronzová se ve slévárenství udržela až do začátku 17. století. Mezi největší odlitky doby bronzové patří „Car-Puschka“ – bronzový kanon odlitý v r. 1585, který je na obrázku (obr. 2) [1].



Obr. 2. Bronzový kanon „Car – Puschka“ [4]

Nejstarší slévárenské formy byly kamenné. Během staletí se vyvinula technologie pískových forem a jader a začal se používat voskový vytavitelný model. Tyhle formy již umožňovaly výrobu přesných nástrojů a předmětů každodenního používání.

Cín jako kov je znám na území Evropy od 12. století, kde sloužil k výrobě předmětů denního používání, eventuálně na výrobu mincí.

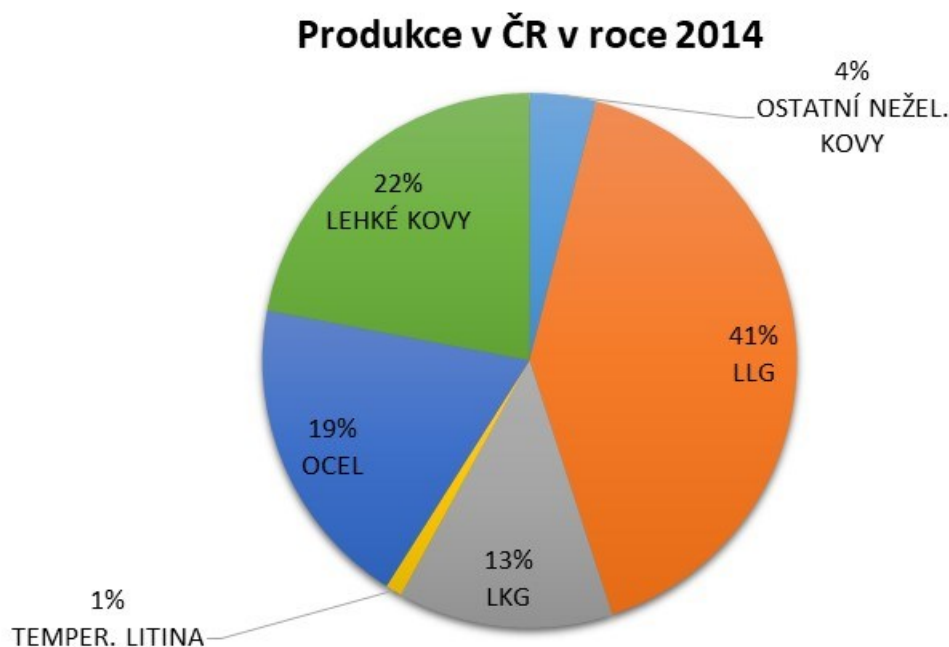
Již koncem 14. století vznikly první odlitky odpovídající litině s lupínkovým grafitem – LLG. Avšak v Číně se litina vyráběla již od 4. století př. n. l.

Litina se rozšířila až v 16. a 17. století a zejména po roce 1794, kdy byla vynalezena kuplovna (Wilkinson) [1]. Postupem času a zvyšováním požadavků už nestačila šedá litina (LLG) a proto byla postupně doplněna litinou temperovanou (r. 1722 – temperovaná litina s bílým lomem, 1820 – feritická temperovaná litina, 1919 – perlitická temperovaná litina), ocelí na odlitky

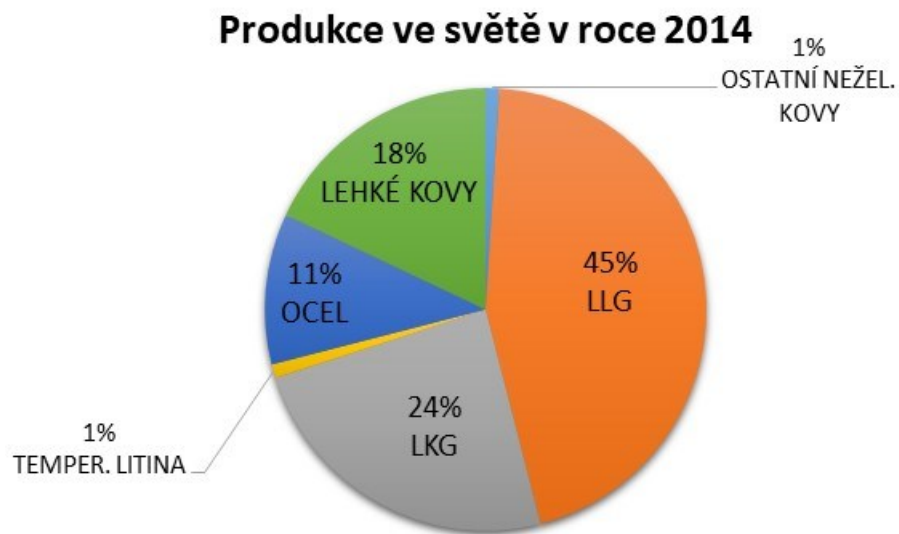
(r. 1850), litinou s kuličkovým grafitem – LKG (tvárná litina) (r. 1946) a litinou s červíkovitým grafitem – LČG (r. 1970) [2].

1.1 Přehled produkce a využití odlitek

Nástup slitin hliníku a hořčíku spadá do konce 20. století a počátku 21. století. V roce 2014 se celosvětově vyrobilo 80 milionů tun odlitek ze slitin železa a 15 milionů tun odlitek z neželezných slitin. Podíl jednotlivých materiálů na celkové produkci v ČR a ve světě viz na obr. 3, 4 [1].



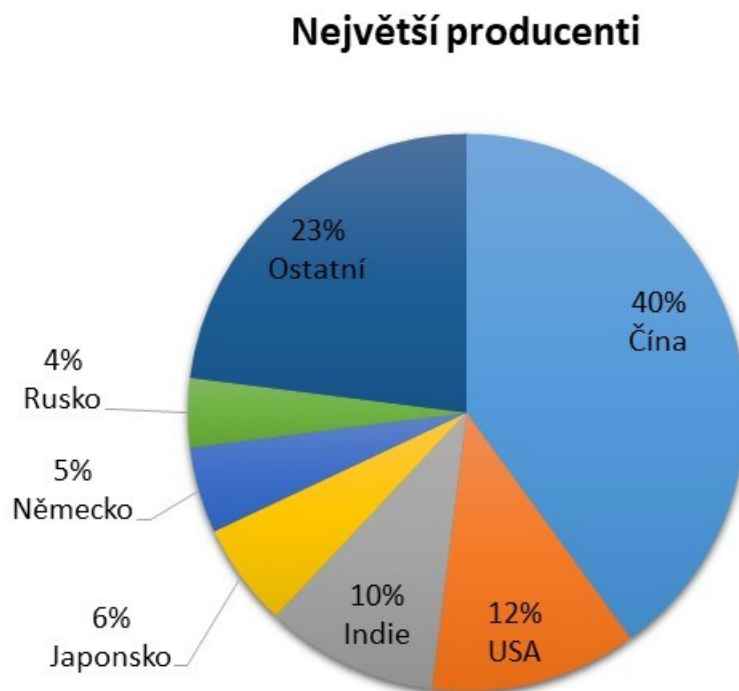
Obr. 3. Slévárenská produkce (400 tis. tun odlitek) [2]



Obr. 4. Slévárenská produkce (95 mil. tun odlitků) [2]

Velká část produkce sléváren v ČR je exportována, což svědčí o vysoké technologické i technické úrovni oboru.

V současnosti je největším producentem odlitků Čína s 38 miliony tun odlitků, následuje USA s 11,4 miliony tun odlitků a Indie s 9,5 miliony tun odlitků viz obr. 5 [1].



Obr. 5. Slévárenská produkce ve světě [2]

2 ÚVOD DO TECHNOLOGIE VYTAVITELNÉHO MODELU

Metoda vytavitelného vosku je známá již několik tisíciletí [3]. V dřívějších dobách nepoužívali ani zdaleka takové materiály jako dnes, ale základní princip zůstal stejný. Tato technologie umožňuje odlévat výrobky velmi složitých tvarů s velmi vysokou přesností. Vyrábí se především výrobky, které jinou technologií nelze vyrobit, jako jsou lopatky turbín a části letadel [5].

2.1 Přesné lití

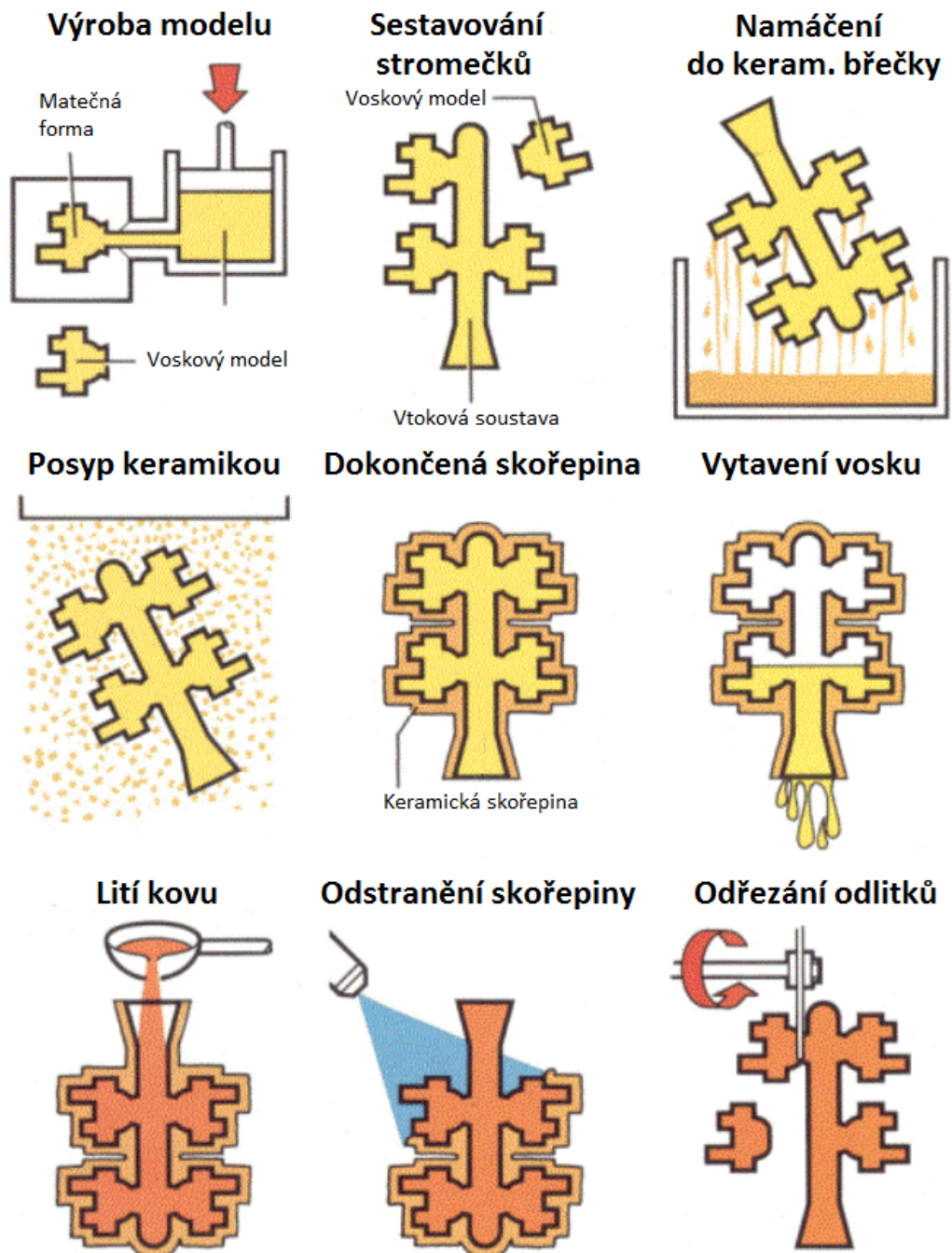
Za přesné lití jsou považovány všechny metody lití, které dovolují vyrobit rozměrově a tvarově přesnější odlitky než běžné slévárenské metody. Správné označení přesného lití lze používat jen pro ty metody, které dovolují vyrábět odlitky s větší relativní přesností než $\pm 0,25$ %. Proto tedy tvoří technologii přesného lití zejména metoda vytavitelného, spalitelného nebo rozpustného modelu [10].



Obr. 6. Odlitky vyrobené přesným litím [14]

2.2 Princip metody vytavitelného modelu

Metoda vytavitelného modelu (anglicky „investment casting“) vznikla z charakteristického kroku této technologie a tím je nanášení (anglicky „to invest“) keramické hmoty na voskový model [7].



Obr. 7. Postup výroby [6]

Výrobní proces je rozdělen do několika fází, které lze vidět na Obr. 7. Mezi základní prvek této technologie patří model, který je vyroben z voskové směsi. Model se vyrábí vstřikováním rozehřátého vosku do matečné formy. Použité modelové zařízení má významný vliv na kvalitu finálního výrobku.

Zhotovené voskové modely jsou napojeny na vtokový kůl, případně zabudovány do vtokové soustavy. Vtoková soustava bývá většinou vyrobena z jiného druhu vosku, než je model, protože na ni nejsou kladeny jakostní podmínky.

Takhle sestavený stromeček je následně ponořen do keramických směsí a vzniká tzv. skořepina. Skořepina vzniká namočením voskového modelu do obalové hmoty a následně je model obalen žáruvzdorným materiálem o vhodné zrnitosti. Proces se opakuje tolikrát, dokud nemá stěna požadovanou tloušťku.

Dále pomocí přehřáté páry se z vysušené skořepiny odstraní vosk. Po odstranění voskové hmoty se musí skořepina řádně vysušit a následně vyžít před odléváním.

Po odlití, ztuhnutí a vychladnutí se ze stromečku odstraní keramika. K odstranění keramiky se nejčastěji používá pneumatické kladivo. Následují dokončovací operace jako je oddělování modelu od vtokové soustavy, broušení, tryskání. Po očištění popřípadě zabroušení jsou odlitky podrobeny kontrolám [10].

3 PŘÍPRAVA VYTAVITELNÉHO MODELU

Vytvoření voskového modelu patří mezi nejdůležitější operace k výrobě přesného odlitku. Principem metody vytavitelného modelu je to, že se model zalije kašovitou směsí z vysoce žáruvzdorné keramické hmoty a tekutého pojiva nebo se model opatří keramickým obalem, namočeným do této kaše.

Následně ohřevem na příslušnou teplotu se model i s vtokem vytaví tak, že ve formě vznikne dutina. Následně se takhle vzniklá skořepina vypálí a vyplní roztaveným kovem [12].

3.1 Výroba formy na vytavitelný model

Základní podmínkou pro výrobu přesného odlitku je přesný model s kvalitním povrchem a s přesně dodrženy rozměry. Ke zhotovení takového modelu proto musí být k dispozici velmi přesně navržená forma. Při výrobě přesných odlitků metodou vytavitelného modelu, bývají často rozhodující náklady na výrobu matečného modelu a formy na model. Existují případy, kdy náklady na výrobu matečného modelu a formy budou vyšší než úspory, dosažené převedením součásti z obrobku na odlitek. Proto musí forma na vytavitelné modely splňovat tyto požadavky:

- Musí splňovat výrobu modelů s dokonalým povrchem, bez propadlin, staženin, vzduchových bublin a jiných povrchových vad a s předepsanou přesností.
- Po odstříknutí musí být model ve formě co nejkratší dobu.

Dále se nesmí zapomínat na teplotní roztažnost vosku. Proto musí být dutina formy zvětšena o předpokládané procento smrštění [10].

Formy lze rozdělit:

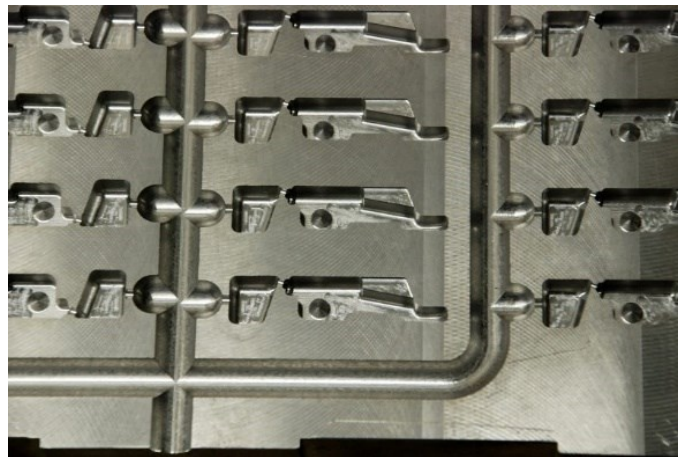
- Podle stupně mechanizace jsou formy
 - S ručním vyjímáním odstříků
 - S vyhazovými modely
 - S jádry a částmi forem mechanicky nebo ručně rozebíratelnými
 - Zcela mechanizované nebo automatizované
- Podle konstrukce
 - Formy samostatné pro jeden model
 - Formy samostatné pro více modelů (hřebenový odstřík)
 - Ve formě výměnných vložek do upínacích stolic vstřikovacích lisů

- Podle účelů a použití
 - Forma na výrobu vlastních modelů
 - Forma na výrobu vtoků, rozpínacích kroužků, nálitků, apod.
- Podle způsobu výroby jsou formy vyrobeny
 - Obráběním
 - Odléváním
 - Galvanoplasticky nebo metalizací [11]



Obr. 8. Forma pro výrobu voskového modelu [17]

Základní předpoklad pro výrobu formy je její dlouhodobá životnost, rozměrová přesnost a sériovost výroby. Proto se nejčastěji vyrábí obráběním z oceli nebo hliníkových slitin. Zhotovené modely jsou velmi přesné, ale jistou nevýhodou jsou potřebné náklady na výrobu formy [10].



Obr. 9. Detail formy [17]

3.2 Výroba voskových modelů

Voskové modely se zhotovují dvěma způsoby:

3.2.1 Gravitační lití

Gravitační lití se používá jen ojediněle a většinou při výrobě pomocných modelů jako jsou např. vtokové kanály apod.

3.2.2 Vstřikování do formy

Nejběžnější metoda výroby voskových modelů. Výroba probíhá ve vstřikovacích lisech, které vstřikují roztavený vosk pod tlakem do formy. Po vstříknutí a ztuhnutí je model vyjmut z formy.

Vstřikovací stroj pracuje s tekutým voskem

- Lisovací teplota (50 – 90 °C)
- Lisovací tlak (5 – 25 MPa)
- Čas lisování (0,5 – 6 min)
- Teplota formy (25 – 45 °C)
- Čas ve formě (0,5 – 1,5 min) [8].

Voskové modely se zhotovují z voskových směsí. Moderní voskové směsi jsou sloučeniny více komponentů, jako je syntetický vosk, přírodní vosk – uhlovodík, ester, přírodní a syntetická pryskyřice, organické plnivo a voda. Existuje více takových sloučenin, které splňují vlastnosti kladené na voskové směsi, jako je bod tání, tvrdost, viskozita, smršťování/ roztahování [7].

Existuje několik druhů voskových směsí s ohledem na jejich použitelnost:

- Vosky na modely
 - Čisté
 - Plněné
 - emulgované
- Na vtokové soustavy
- Reutilvované vosky
- Speciální vosky
 - Adhezní
 - Opravné

- Vosky na jádra
- Namáčecí
- rozpustné

Požadavky na vlastnosti vosku:

- Dostatečná pevnost, tvrdost, stabilita
- Dostatečná pružnost pro manipulaci
- Malé smrštění během tuhnutí
- Vhodná viskozita
- Odolnost oxidaci
- Nesmí se lepit na stěny kovové formy
- Nesmí reagovat s obalovými hmotami
- Musí ztuhnout ve formě během krátké doby po vstříknutí [8].

3.3 Sestavování voskových modelů

Voskový model se většinou ve formě vyrábí jednotlivě, a proto se musí připojit na vtokovou, popřípadě na nálitkovou soustavu. Podle počtu modelů v jedné lici soustavě se rozlišují:

a) Sestavování jednotlivých modelů

Sestavování jednotlivých modelů používá v případě rozměrnějších odlitků. Vtoková soustava je vyráběna ve zvláštních formách a na model se připojí pájením nebo lepením.

b) Sestavování modelů do stromečku

Stromeček se skládá z většího počtu modelů, spojených jednotlivými vtoky s vtokovou soustavou [9].



Obr. 10. Sestavování stromečku [7]

Stejně jak u sestavování jednotlivých modelů i zde dochází k připojování modelu na vtokovou soustavu pomocí pájení nebo lepením. U pájení se mezi model a vtokový systém vloží pájedlo, model se přitlačí na pájedlo a připojí se. Po natavení dosedacích ploch se pájedlo vytáhne a model se přitiskne k vtokovému systému. U lepení se používá pistole, která nanáší roztavené lepidlo na stykové plochy modelu a vtokové soustavy. Důležité u obou metod je, aby po spojení modelu s vtokovým systémem nebyl model poškozen. Z hlediska další operace obalování by měli být modely na stromečku přilepeny dutinami dolů. Obalová hmota musí stékat, aby nedocházelo ke zvětšování tloušťky obalu v dutinách. Dále by neměli být mezery mezi modely na stromečku příliš malé, aby i po nanesení poslední vrstvy obalu byla mezi jednotlivými modely mezera.

Sestavení modelů a vtoková soustava musí být navržena tak, aby byl zabezpečen bezproblémový výtok vosku při vytavování modelu ze skořepiny. Není-li možné najít vhodnou polohu modelu na stromečku, aby došlo k dokonalému odstranění vosku, je potřeba k modelu připojit pomocný výfuk, který zajistí odstranění vosku z formy. Jestliže nestačí ani pomocný výfuk, je potřeba na vtokové soustavě nebo modelu vytvořit pomocné výtokové otvory. Po vytavení vosku se pomocné výtokové otvory důkladně zatmelí [8].

4 VÝROBA SKOŘEPINOVÉ FORMY

Nejběžnější způsob výroby skořepinové formy je obalování voskového modelu do obalové hmoty.

Technologie se skládá z těchto operací:

- Obalování a sušení obalů
- Odstraňování vytavitelného modelu ze skořepiny
- Vypalování skořepin [10]

4.1 Nanášení keramických obalů

Voskové stromečky se nejprve namočí do obalové hmoty [9]. Po namočení se stromeček posype žáruvzdorným materiálem o vhodné zrnitosti a dá se sušit. Tento cyklus se opakuje tolikrát, dokud nemá obal požadovanou tloušťku, na níž záleží pevnost skořepiny a rozměry odlitku. Počet obalů bývá od 3 do 12.

Před obalováním je nutné odstranit z povrchu stromečku zbytky dělicího prostředku, jinak první obal k povrchu dokonale nepřilne. Úprava povrchu může být různá. Stromeček může být omyt v benzínu a po osušení ještě v alkoholu [10].



Obr. 11. Namáčení modelu do keramické břechky [7]

Stromeček posypáváme fluidně, a to ponořením do vzduchem načerávaného posypového materiálu. Na první dva obaly se používá jemný zásypový materiál se zrnitostí 0,1 až 0,25 mm, neboť tyhle lícní obaly rozhodují o kvalitě povrchu odlitku. Na další obaly se pak používá materiál se zrnitostí 0,25 až 0,5 mm [9].



Obr. 12. Posypání modelu žáruvzdorným materiálem [7]

4.2 Vytavování vosku

Po nanesení posledního obalu a dokonalém usušení skořepiny se z ní musí vytavitelný, nejčastěji voskový model odstranit.

- Vytavování za vysoké teploty
- Vytavování za nízké teploty
- Vytavování dielektrickým ohřevem
- Vytavování horkým vzduchem
- Vytavování v autoklávu

V současnosti se k vytavování modelů používá sytá vodní pára v tlakových nádobách, tedy vytavování v autoklávu. Čím vyšší teplota páry, tím je prudší tepelný náraz na povrchu voskového modelu ve skořepině. Protože teplota páry záleží na tlaku, používají se v praxi zařízení, která pracují s tlaky od 0,3 až 0,6 MPa a při teplotě páry od 135 do 165 °C. Při menších rozměrech odlitků se vystačí i s tlakem 0,05 MPa. Doba vytavování je 5 až 25 minut. Skořepina se nesmí protrhnout pomalým ohřevem modelu, proto musí být naplnění, uzavření a vzrůst tlaku na provozní hodnotu co nejrychlejší [10].



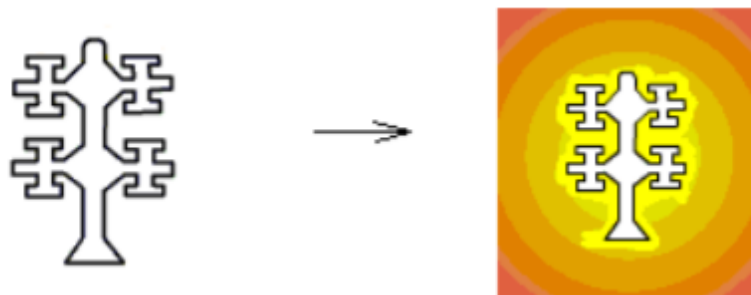
Obr. 13. Vytavování vosku [7]

4.3 Žihání keramických obalů

Keramické formy je nutno před odléváním vypálit. Výsledné formy jsou pak schopny odolávat velmi vysokým teplotám [9].

Vypalováním se převede amorfnní forma vazné vrstvičky SiO_2 na formu krystalickou a odstraní se všechny těkavé látky (zbytek vosku). Vypalovací teplota bývá vyšší než 800°C . Menší teplota není dostačující ke zhutnění struktury keramiky a tím nejsou formy interní vůči roztavenému kovu [7].

K vypalování skořepin se používají elektrické odporové pece, proto je žihací teplota v rozmezí 900 až 980°C [10]. U odporových pecí bezproblémově použijeme ventilaci, která je zdrojem proudícího vzduchu. U pecí plynových je mnohem obtížnější dosáhnout požadované úrovně kyslíku, neboť plynový hořák má tendenci volný kyslík pohltit [7].



Obr. 14. Vypalování skořepiny [7]

5 TAVENÍ A ODLÉVÁNÍ KOVU

Tenhle proces je pro výrobu kvalitních přesných odlitků jedním z nejdůležitějších procesů celé technologie [9].

Odlévání probíhá zpravidla ihned po vyjmutí skořepiny z vypalovací pece. Tím se zmenší teplotní šok, omezí se vzniku vnitřních pnutí ve skořepinách a sníží se nebezpečí praskání.

Samotný proces lití probíhá buď na vzduchu (otevřené lití) nebo ve vakuu (vakuové lití). Vakuové lití dosahuje vyšší kvality, je však dražší a má nižší produktivitu [7].

5.1 Typy odlévání

Tekutý kov může do skořepiny zatékat volně, svou silou nebo nuceně. Podle druhu působící síly se odlévání dělí na:

- Klasické
- Sklopné
- Vakuové
- Vakuové nasávání

5.1.1 Klasické (gravitační)

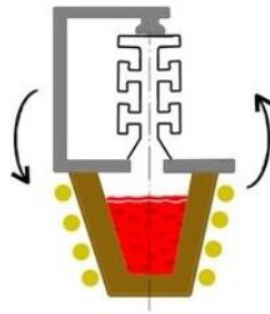
Skořepina je umístěna na lící pole a je zalita roztaveným kovem, pro jehož zatečení je využita vlastní síla, kterou kov vyvine ve formě.



Obr. 15. Gravitační lití [11]

5.1.2 Sklopné

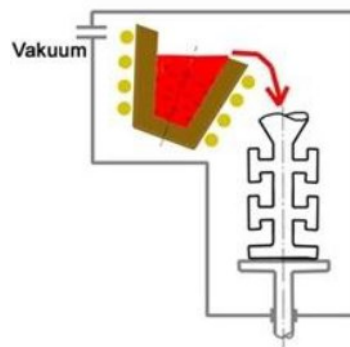
Skořepina je připojena k tavicí peci. Odlévání probíhá nakloněním pece a vyplněním dutiny skořepiny.



Obr. 16. Sklopné lití [11]

5.1.3 Vakuové

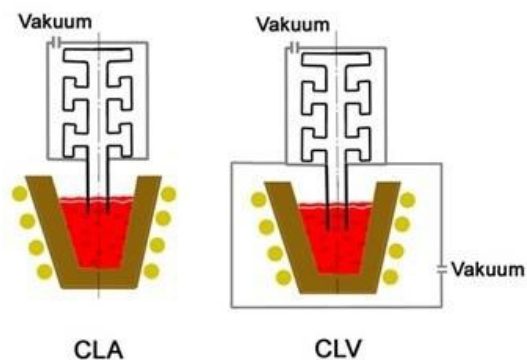
Ve vakuové komoře se kov nataví a za postupného uvolnění podtlaku se odlévá.



Obr. 17. Vakuové lití [11]

5.1.4 Vakuové nasávání

Skořepina je nad kelímkem s roztaveným kovem, který se do formy nasaje pomocí podtlaku. Po uvolnění podtlaku se kov vrací zpět do kelímku pro opětovné použití. Existují dvě metody. U metody CLV se kov taví ve vakuu a u CLA ne [12].



Obr. 18. Vakuové nasávání [11]

6 DOKONČOVACÍ OPERACE

Odlité skořepiny je nutno nechat ochladit na teplotu přijatelnou pro další manipulaci. K tomu slouží chladicí tunel nebo přímo vyhrazené místo s dostatečným a intenzivním odsáváním [10].

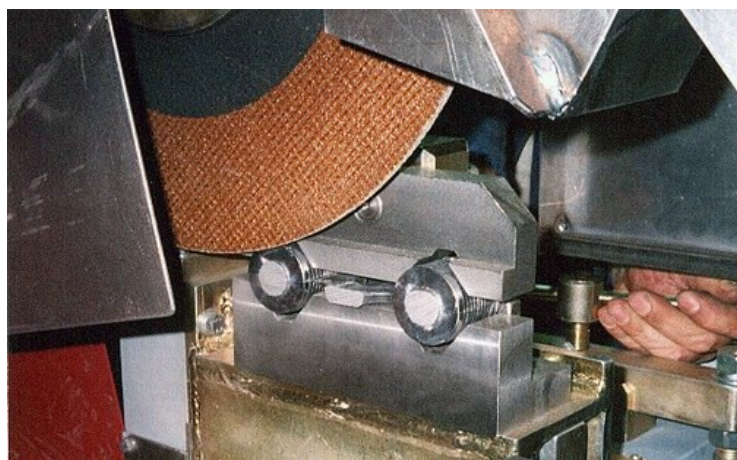
6.1 Odstraňování keramiky

Jakmile kov ztuhne, je nutné odstranit keramickou vrstvu ze stromečku [9]. Tahle operace se provádí ručně, kdy pracovník úderem kladivem do vtokové soustavy odstraňuje keramiku nebo strojně pomocí vibrací v pneumatickém kladivu. Odstraňování keramiky pomocí pneumatického kladiva je velmi prašné a hlučné, proto je stromeček uzavřen do zvukotěsné komory opatřené odsáváním [13].

V posledních letech se používá nový způsob odstraňování keramiky a to za pomoci vysokého tlaku vodního paprsku. Tenhle způsob však není vhodný pro všechny typy sléváren a jejich technologii [8].

6.2 Oddělování odlitků od vtokové soustavy

Jakmile se odstraní keramika ze stromečku, přichází na řadu oddělit odlitek od vtokové soustavy. Oddělení na obrázku (Obr. 19). Tahle operace se ve většině případů provádí pomocí kotoučových nebo rozbrušovacích strojů [9]. U malých odlitků lze k oddělení použít dřevěnou či hliníkovou palici, kdy se ručně odklepávají odlitky od vtokové soustavy.



Obr. 19. Pila na odřezávání vtokových soustav [15]

Jakmile se oddělí odlitek, zůstane na odlitku zbytek po vtoku, který se musí odstranit na pásových bruskách dle požadavků. Zabroušení na obrázku (Obr. 20).



Obr. 20. Broušení na pásové brusce [13]

6.3 Odstraňování zbytku keramiky

První odstraňování keramiky, které se provádí většinou ručně, nebývá úplně dokonalé a dostačující a proto je potřeba odlitek vzhledově upravit. V současnosti se používají chemické nebo abrazivní metody [12].

6.3.1 Abrazivní metoda

Abrazivní metodu lze rozdělit na tlakové tryskání a na tryskání bez použití vzduchu. U tlakového tryskání se jako médium používá vzduch nebo voda, kdežto u tryskání bez použití vzduchu jsou na odlitky vrhány abrazivní částice pomocí lopatkového kola.

6.3.2 Chemická metoda

Chemická metoda spočívá v ponoření odlitku do chemické lázně, kde dochází k odstranění zbylé skořepiny. Existují dva typy:

- Lázně s rozpuštěnou solí
Rozpuštěná sůl je hydroxid sodný s vyrovnávacími aditivy nebo bez nich. Sůl je rozpuštěna v ocelové vaně, kde teplota lázně je v rozmezí 475 – 600 °C. Sůl velmi dobře rozpustí zbytek skořepiny. Doba ponoření odlitku je 15-20 minut. Po solné lázni jsou odlitky důkladně opláchnuty tak, aby se odstranil přebytek soli.
- Horká vodní žíravá lázeň
Tahle lázeň používá alkalické koncentráty, zejména hydroxid draselný. Teplota lázně je okolo 800 °C a odlitky jsou ponořeny do roztoku na několik hodin. Po odstranění zbytkového materiálu jsou odlitky důkladně opláchnuty horkou vodou a osušeny [7].

6.4 Kontrola jakosti odlitků

Kontrola odlitků všeobecně zahrnuje kontrolu tvaru a rozměrů spojenou s vizuální kontrolou, která má za úkol kontrolovat kvalitu povrchu. Dále se u odlitků kontroluje struktura, chemické složení, vnitřní jakost. Mechanické vlastnosti se kontrolují pomocí chemických analýz, mechanických zkoušek a mnoho dalších [9].

- Přehled možných kontrol jakosti:
 - Vzhledová kontrola
Levná a nenáročná metoda. Kontrola se provádí okem, lupou nebo pomocí endoskopů, včetně systémů s malými kameny a osvětlením.
 - Rozměrová kontrola
Kontrola přesnosti provedení, rozměrů, tvarů a polohy.
 - Chemické složení materiálu
Nedestruktivní analýza, založena na rozdílné absorpci monochromatického záření různými prvky. Záření je zachycováno snímačem, který zachytí druh, počet a obsah prvků v kovu v procentech.
 - Metalografie
Destruktivní metoda, která má za cíl zviditelnění struktury materiálu a následné studium pomocí optického nebo elektronového mikroskopu.
 - Kontrola mechanických vlastností
Destruktivní metoda, při které se vyhodnocují mechanické vlastnosti odlitku. Jedná se například o zkoušky pevnosti v tahu, tlaku či tvrdosti.
 - Kapilární defektoskopie
Nedestruktivní metoda, která se používá k určení povrchových trhlin.
 - Rentgen
Nedestruktivní metoda, která je založena na prozařování materiálu ionizačním zařízením s následným vyhodnocením snížení intenzity při průchodu odlitkem.
 - Ultrazvuk
Nedestruktivní metoda, která spočívá ve změnách propustnosti a odrazech ultrazvukové vlny v důsledku nečistosti materiálu [16].

7 VADY ODLITKŮ

Vadami se rozumí jakákoliv odchylka rozměrů, tvaru, hmotnosti, struktury, chemického složení a mechanických či fyzikálních vlastností odlitku od příslušné normy nebo sjednaných podmínek.

- Podle způsobu zjišťování se vady dělí na:
 - Zjevné
Vady lze zjistit pouhým okem na odlitku
 - Skryté
Tyhle vady lze zjistit jen při použití vhodné kontrolní metody s využitím vhodných přístrojů
- Podle míry znehodnocení odlitku a možnosti opravy se vady dělí na:
 - Přípustné
Tyhle vady normy nebo sjednané technické podmínky připouští bez nutnosti opravy
 - Opravitelné
Jejichž opravy normy povolují nebo nezakazují
 - Odstranitelné
Jejichž odstranění je možné jen speciálními úpravami nepředpokládanými výrobním postupem, jako je například vypouzdření
 - Neodstranitelné
Jejichž výskyt a případnou opravu normy nedovolují [18]

7.1 Přehled vad odlitků

Norma ČSN 42 1240 rozděluje vady odlitků do 7 skupin. Jednotlivé vady jsou označovány dvoumístným číslem, kde první číslice udává skupinu vad a druhá číslice rozlišuje vady v příslušné skupině [18].

Základní rozdělení vad:

- Tabulka vad tvaru, rozměru a hmotnosti (PŘÍLOHA P I)
- Tabulky vad povrchu a porušení celistvosti (PŘÍLOHA P II)
- Tabulky vad dutin a vměstků (PŘÍLOHA P III)
- Tabulka vad struktur (PŘÍLOHA P IV)

- Tabulka vad chemického složení, nesprávného mechanického a fyzikálního složení (PŘÍLOHA P V)

Aby bylo dosaženo vysoké kvality odlitků je nutná průběžná kontrola výchozích surovin, dodržování technologického postupu ve všech fázích výrobního postupu a kontrola hotových odlitků podle technických podmínek.

Po kontrole jsou odlitky předány expedici [10].

7.2 Odstranění vad

Ne všechny vady na odlitku musí nutně znamenat jejich vyřazení – zmetkování. S ohledem na rozsah a místo výskytu, mohou být některé vady vhodným způsobem odstraněny a odlitky mohou sloužit ke svému účelu. Především se jedná o ty vady, které neovlivňují funkční použití odlitků.

Povrchové vady jako jsou například bubliny, staženiny nebo nezaběhnutí se opravují buď tmelením či zavařováním. Vady jako jsou vměstky, zadrobeniny nebo zapečeniny musí být nejprve z povrchu odstraněny vysekáním případně vybroušením, a pak se opravují zavařováním. Pokud jsou odlitky vyrobeny ze svařitelných materiálů lze tímto způsobem opravit i vady typu trhlin a prasklin stěn.

Změny tvaru či rozměrů se v některých případech opravují rovnáním, kterému musí předcházet vhodný způsob tepelného zpracování [18].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 CÍLE PRÁCE

Pro praktickou část byly stanoveny tyto cíle:

- Provést screening na pracovišti vizuální kontroly odlitků a nalézt silné a slabé stránky na tomto pracovišti
- Stanovit přesnou metodiku vizuální kontroly odlitků, která nebyla doposud zavedena a podle které teď mohou pracovnice postupovat
- Evidovat opravitelné odlitky v informačním systému, podle kterého lze vidět frontu práce na pracovištích
- Vytvořit počítačovou databázi s informačními listy, kde jsou popsány potřebné informace k danému odlitku
- Identifikovat vzorové etalony číslem IČO, díky kterému lze dohledat v databázi danou dávku nebo odlitek
- Aplikovat metodu 5S a ergonomii na pracovišti vizuální kontroly odlitků, které povedou ke zpříjemnění práce a tím i ke kratší době kontroly

9 SPOLEČNOST SPO ZLÍN s.r.o

SPO je současný název pro slévárnu přesných odlitků, který vznikl roku 1992 a je to první soukromá slévárna v České republice. Avšak kořeny této slévárny sahají mnohem hlouběji a to do doby před více než padesáti lety, kdy byla slévárna založena. Díky dlouholeté tradici a zavedené výrobě se slévárna vyznačuje největší výrobou odlitků metodou vytavitelného voskového modelu litím do žhavých keramických forem.

Vyrobené odlitky pak lze využít například v průmyslu obráběcím, obuvnickém, automobilovém či zbrojním. Ke zhotovení výkresové dokumentace, matečných modelů a forem používá slévárna SPO Zlín konstrukční program SolidWorks 3D.

Slévárna SPO Zlín vyrábí zejména odlitky z austenitických ocelí. Dle požadavků lze dodávat i odlitky z uhlíkové oceli, nástrojové oceli, nízko a středně legované oceli, korozivzdorné austenitické a martenzitické oceli, žáruvzdorné oceli či ořezvzdorné bílé litiny [14].



Obr. 21. Společnost SPO Zlín [14]

Předností slévárny SPO ZLÍN je výroba geometricky složitých součástí a zároveň použit materiály, které jsou obtížně obrobitelné nebo neobrobitelné. Další předností slévárny je produkce odlitků prvotřídní kvality s hmotností od 0,001 kg do 5 kg a velikostí do 250 mm. Ročně pak dokáže slévárna SPO ZLÍN vyrobit až 200 tun odlitků.



Obr. 22. Odlitky vyrobené ve slévárně SPO [14]

Slévárna se také pyšní skupinou stabilních odběratelů, jimiž jsou z velké většiny zahraniční společnosti. Své výrobky slévárna vyváží do zemí jako je Francie, Německo, Švýcarsko, Izrael a dalších země [14].

Tab. 1. Parametry odlitků ve slévárně SPO Zlín [14]

Minimální hmotnost:	0,001 kg
Maximální hmotnost:	5 kg
Maximální rozměry:	250 mm
Minimální tloušťka stěny:	2 mm
Drsnost povrchu:	Ra = 6,3 μm
Dodací termíny:	4 – 6 týdnů od zhotovení formy

10 PŘESNÉ LITÍ VE SLÉVÁRNĚ SPO ZLÍN

Jak již bylo zmíněno, slévárna SPO Zlín se zabývá technologií přesného lití, kterou lze vyrábět geometricky složité a přesné součásti, které se blíží finálnímu tvaru s žádnou nebo minimální potřebou dalšího obrábění. Postup výroby odlitku ve slévárně SPO je uveden níže:

Výroba voskových modelů – Výroba voskových modelů probíhá na voskovně. Namíchaná vosková směs je pod tlakem vstřikována do duralových forem vlastní výroby tak, aby bylo možné vyrábět tvarově a rozměrově přesné voskové modely s dokonalým povrchem.



Obr. 23. Vstřikovací stroj s formou

Sestavování voskových modelů do stromečku – Voskové modely jsou očištěny a připojeny (pájením) na vtokovou soustavu.



Obr. 24. Voskové modely sestavené do stromečku

Nanášení keramických obalů a písku – Stromečky jsou namáčeny do keramické směsi a posypávají se křemičitým pískem. Takhle obalený stromeček se nechá vysušit v klimatizovaných prostorech.



Obr. 25. Obalené stromečky

Odstranění vosku – Odstranění vosku ze stromečku probíhá pomocí páry v autoklávu.

Žihání skořepiny – Žihání (vytvrzení) skořepin se provádí v elektrické peci Siemens na teplotu 980 °C.

Příprava taveniny – Tavenina kovu se připravuje v elektrických indukčních pecích o objemu 2x100 kg.



Obr. 26. Odebrání kontrolního vzorku z tavby

Odlévání – Proces gravitačního lití probíhá do předem připravených vyžíhaných skořepin.



Obr. 27. Lití do skořepin

Odstranění keramiky z odlitých stromečků – Po odlití a zchládnutí jsou odlitky pomocí pneumatického kladiva zbaveny keramické skořepiny. K odstranění zbytku keramiky slouží komorový tryskač.



Obr. 28. Odlitek po zbavení keramiky a otryskání

Dokončovací operace – Zde dochází k oddělování odlitků od vtokové soustavy na rozbrušovacích strojích a následné zabroušení stop po vtokové soustavě. Dalšími operacemi jsou tepelné zpracování, konečné tryskání abrazivem a leštění.

Kontrola odlitku – provádí se 100 % vizuální kontrola a také kontrola rozměrů dle výkresů a měření tvrdosti.

Expedice – Hotový odlitek je zabalen dle požadavků a doručen zákazníkovi.



Obr. 29. Expedice výrobků

11 SCREENING NA PRACOVIŠTI VIZUÁLNÍ KONTROLY

Na pracovišti vizuální kontroly bylo provedeno snímkování pracovního dne, jehož cílem bylo zjistit a popsat současný stav pracoviště a navrhnout kroky ke zlepšení, které povedou ke standardizaci a zefektivnění vizuální kontroly odlitků ve slévárně.

11.1 Silné stránky pracoviště vizuální kontroly odlitků:

- Dlouhodobá a stále se opakující výroba
- 100% vizuální kontrola odlitků
- Přípravky a kalibry pro některé odlitky

11.2 Slabé stránky pracoviště vizuální kontroly odlitků:

Na obrázcích (Obr. 30, Obr. 31) lze vidět současný stav pracoviště vizuální kontroly odlitků.

- Není stanovena metodika vizuální kontroly
- Neprovádějí se záznamy o opravitelných zmetcích, které jsou velmi důležité pro statistiku
- Chybějící informační listy k odlitkům, kde jsou stanoveny přípustné a nepřípustné vady (pouze deník s namalovanými obrázky)
- Nedostatečná identifikace a uložení vzorových etalonů k odlitkům
- Špatná ergonomie a vybavenost pracoviště



Obr. 30. Nevhovující stav kontroly



Obr. 31. Nesystematické uspořádání vzorových odlitků

11.3 Návrhy na zlepšení a zefektivnění vizuální kontroly

Ze screeningu na pracovišti lze usuzovat, že je zde prostor ke zlepšení a zefektivnění vizuální kontroly odlitků, který povede ke standardizaci a zrychlení procesu a také ušetření finančních prostředků.

1. Stanovit a definovat metodiku vizuální kontroly

Z důvodů možných absencí či přesunu personálu na jinou pozici je potřeba vytvořit manuál pro nové zaměstnance, kde bude vytvořen návod jak vizuálně kontrolovat jednotlivý odlitek, tak aby byly dodrženy všechny zásady a body k vizuální kontrole.

2. Evidence opravitelných zmetků svařováním či apreturou do informačního systému

Tato evidence nebyla doposud zavedena a nikdo se jí nezabýval. Tato evidence je velmi důležitá pro stanovení ceny odlitku a pro oddělení kvality, která podle dat bude hledat zdroj příčin vzniku vady.

3. Vytvoření databáze s informačními listy odlitků

Pro jednotlivý odlitek se vytvoří informační list odlitku, kde budou stanoveny přípustné a nepřípustné vady pomocí obrázků. Navíc do obrázků bude zaznačena plocha, která se následně bude obrábět. V informačním systému budou u informačního listu také jednotlivé reklamace od zákazníků, které si může personál před vizuální kontrolou prohlédnout a dát si na ně pozor.

4. Vizualizace a identifikace vzorových etalonů (přípravků, kalibrů)

Ke každému odlitku bude identifikován příslušný kalibr či přípravek, který bude zanesen také v informačním listu odlitku tak, aby personál nezapomněl na kontrolu pomocí těchto přípravků a kalibrů.

5. 5S a ergonomie na pracovišti vizuální kontroly

Zavést metodu 5S na pracovišti vizuální kontroly. Vytvořit normy pro úklid, layout pracoviště, vyznačení logistických cest a skladovacích prostor. Definovat jednotný způsob manipulace s odlitky.

12 STANOVENÍ METODIKY VIZUÁLNÍ KONTROLY

Doposud nebyl vytvořen žádný přesný postup jak vizuálně kontrolovat jednotlivé typy odlitků a proto je důležité si tento postup vytvořit tak, aby byly dodrženy všechny zásady a pravidla, která patří k vizuální kontrole.

1. Navést výrobní dávku odlitků na vizuální kontrolu na předem vyznačené místo
2. Do informačního systému zadat výrobní dávku k vizuální kontrole se všemi záležitostmi
3. V PC vyhledat informační list odlitku, kde na obrázcích je možno vidět přípustné a nepřípustné vady odsouhlasené zákazníkem a také použité kalibry či přípravky k vizuální kontrole

Před započítáním vizuální kontroly je třeba se podívat na reklamace zaslané od zákazníka, které jsou zaznamenány v PC z předchozích dávek

4. Probíhá samotná vizuální kontrola odlitků, kde pracovnice roztrídí odlitky do 4 kategorií:
 - Dobré odlitky
 - Neopravitelné odlitky
 - Opravitelné odlitky – svařováním
 - Opravitelné odlitky – apreturou
5. Jednotlivé kategorie odlitků spočítat ručně nebo pomocí váhy či paletového vozíku
6. Množství odlitků zadat do informačního systému. K opravitelným zmetkům (svařováním, apreturou) vytisknou průvodku
7. Odlitky všech kategorií po vizuální kontrole převést na předem předepsané místo (svařovna, apretura, expedice)
8. Jakmile přesáhne vnitřní zmetkovost výrobní dávky 10% nutno upozornit provozního kontrolora

13 EVIDENCE OPRAVITELNÝCH ODLITKŮ

Doposud ve slévárně nebyl zaveden systém a statistika opravitelných odlitků po vizuální kontrole. Tímto ve slévárně docházelo k velkým časovým prostojům a nahromadění velkého počtu opravitelných odlitků na pracovištích, kde se opravitelné odlitky opravovaly (tj. svařovna a apretovna). Začaly se tak vytvářet úzká místa na těchto pracovištích ve výrobním procesu, která jsou nežádoucí pro splnění termínu dodání odlitků.

A z toho důvodu se zavedla evidence opravitelných odlitků do informačního systému, z kterého lze vidět frontu práce na pracovištích, kde se odlitky opravují. Pomocí této evidence výroba může eliminovat úzká místa na pracovištích (posílit pracoviště dalším pracovníkem), tak aby nedocházelo k prostojům a velkým čekacím lhůtám.

Evidence interních zmetků

Měsíc: 4 Rok: 2018

Vloženo	Zmetkový list	IČO	Pepis	Materiál	Obj. SPO
20.4.2018 14	398	11527	REKU 3 - vysoký	1.4848	2018/114-1
20.4.2018 12	395	10382	Radiallaufrad SPF 300	1.4340	2018/111-1
23.4.2018 6	-9	10572	ovladac	422819.1	2018/088-8
23.4.2018 6	-9	11980	Hakenschraube KF	422670.1	2018/093-2
23.4.2018 6	-9	11788	Toroidní segment	422602.1	2018/107-2
23.4.2018 8	400	10988	Umlienkopf KF 28237	422602.1	2018/121-1
23.4.2018 9	401	10988	rezací kruh	19.7233.0	2018/138-1
23.4.2018 11	402	11727	Angle house ST6-70blank	1.7231	2018/086-3
23.4.2018 12	403	11420	hlavice vřetena	1.4408	2018/086-3
23.4.2018 11	404	11492	koecher	422602.0	2018/108-1
24.4.2018 7	-9	11695	Radiallaufrad SPF 300	1.4340	2018/111-1
24.4.2018 7	-9	11809	Umlienkopf KF 28237	422602.1	2018/081-2
24.4.2018 8	405	11521	trmen DN 15	1.7379	2018/109-1
24.4.2018 11	406	11177	sperrscheibe 626.0004	1.4059	2018/136-1
24.4.2018 12	407	11530	trmen 25/320	1.7379	2018/109-2
25.4.2018 6	-9	11858	Toroidní segment MDD 168	422602.1	2018/107-1
25.4.2018 7	408	11858	Toroidní segment MDD 168	422602.1	2018/107-1
25.4.2018 9	409	11825	Pant skia	AIŠI 304	2018/002-19
25.4.2018 12	410	11843	Pant dolní	AIŠI 304	2018/002-12
26.4.2018 6	-9	11530	trmen 25/320	1.7379	2018/109-2
26.4.2018 6	-9	11858	Toroidní segment MDD 168	422602.1	2018/107-1

Ident: 6743
 Číslo: 402
 Odlitek: 11727
 Objednávka: 2018/086-3
 Zmetkovitost: 13,602 %
 Ke kontrole: 354 ks hmotnost: 1,490 kg/ks
 Zmetkováno celkem: 14 ks 4,0 % **Polvrzeno**
 Opravitelné kusy: 123 ks
 zavařením: 123 ks
 apreturou: 64 ks
 Počet kusů: 14 ks 100,0 %
 Vada: Nspecifikováno
 Viník: Nspecifikováno
 Operace:
 Poznámka:
 Vložil/Upravil: 24 Ing. Martin Masařík
 Dne: 26.4.2018 12:31:07

Obr. 32. Evidence zmetkových kusů v databázi


Samotná evidence jednotlivých dávek v informačním systému probíhá tak, že se do informačního systému zapíše IČO odlitku a počet kusů ke kontrole. Po vizuální kontrole je dávka rozdělena do 4 skupin (dobré kusy, neopravitelné zmetky, opravitelné odlitky svařováním a opravitelné odlitky apreturou). Počet kusů se zapíše do systému a vytisknou se průvodky (Obr. 33) pro opravitelné odlitky.


V případě, že počet zmetků stoupne nad 10% dávky, systém upozorní barevně fialovou barvou pracovnice kontroly, které mají za úkol neprodleně upozornit provozního

kontrolora, který stanoví druh vady a podnikne příslušné opatření, které povedou k odstranění vzniku vady v dalších objednávkách.

Pomocí průvodky opravitelných odlitků pro svařování a apreturu lze jednoduše dohledat a najít příslušnou dávku jednotlivé objednávky. Na průvodce opravitelných odlitků můžeme naleznout tyto důležité údaje a parametry:

- IČO odlitku a jeho název
- Počet kusů ke kontrole, opravu a jejich poměr
- Obrázek odlitku (pro lepší identifikaci)
- Číslo objednávky
- Hmotnost a jakost materiálu (kvůli svařování)

SPO ZLÍN		SPO - svařování			2018/086-3
11727	Počet kusů - ke kontrole	354	na opravu	123	34 %
Angle house ST6-70blank					
Materiál: 1.7231		Hmotnost : 1,490 kg/ks			
Poznámka:					

SPO ZLÍN		SPO - apretura			2018/086-3
11727	Počet kusů - ke kontrole	354	na opravu	64	18 %
Angle house ST6-70blank					
Materiál: 1.7231		Hmotnost : 1,490 kg/ks			
Poznámka:					

Obr. 33. Průvodka odlitku vytištěná z databáze

Pomocí této evidence a zavedeného systému třídění opravitelných odlitků je schopna slévárna přesně stanovit náklady na tyto opravy a také stanovit náklady za svařování a apreturu, které je součástí kalkulace pro stanovení prodejní ceny odlitku.

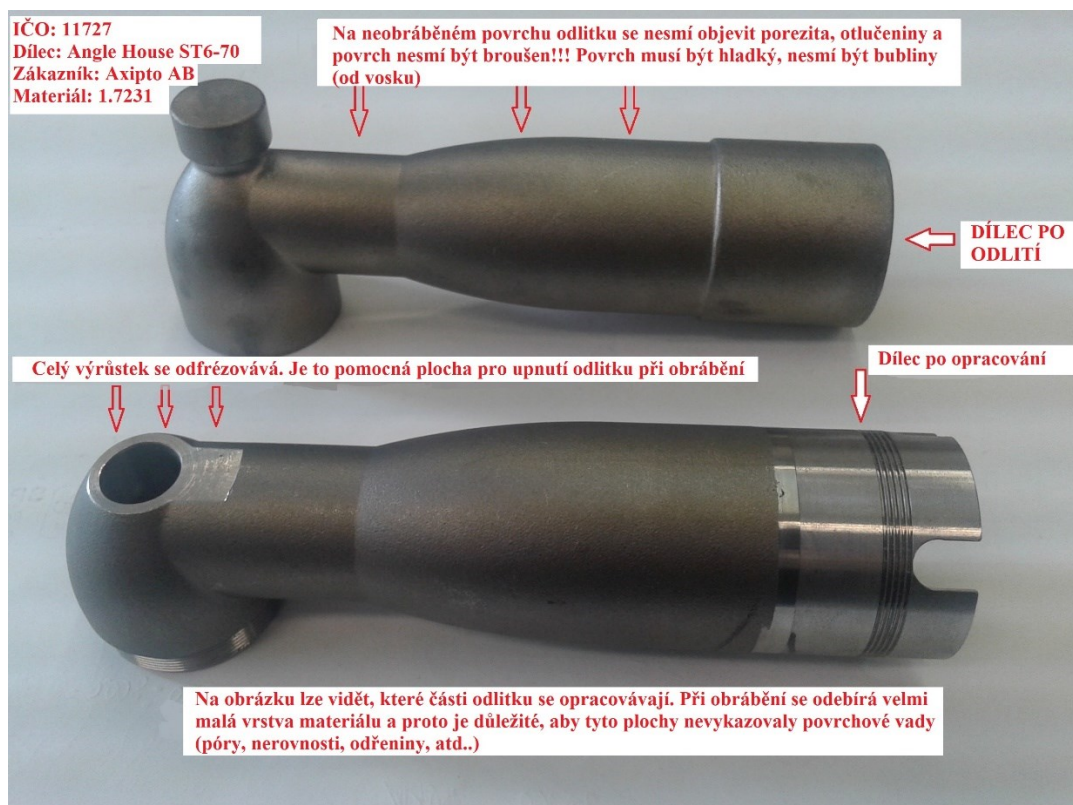
14 VYTVOŘENÍ DATABÁZE S INFORMAČNÍ LISTY ODLITKŮ

Pro samotnou vizuální kontrolu používali pracovníci kontroly svoje poznámky (deníky, sešity), kde měli zapsané detaily k odlitku a ručně zakreslené obrázky. Tento stav je nevyhovující a proto se zavedly informační listy k jednotlivým odlitkům. Tyto informační listy jsou jak v elektronické, tak i v papírové podobě na kontrole.

Ke každému odlitku se vytvořil informační list (Obr. 34), kde jsou všechny důležité poznámky a detaily k odlitku. Informační list odlitku obsahuje tyto údaje:

- Název, IČO odlitku a jakost materiálu
- Zákazníka
- Fotky odlitku po odlití a obrobení
- Přípustné a nepřípustné vady
- Poznámky a detaily

Navíc u informačního listu odlitku byly přiloženy fotky z reklamací od zákazníka tak, aby si je mohla pracovníce vizuální kontroly před započítím své práce prohlédnout a dát si na ně pozor. Při samotné vizuální kontrole mají pracovníci informační list odlitku před sebou a podle tohoto listu kontrolují výrobní dávku.



Obr. 34. Informační list odlitku

15 VIZUALIZACE A IDENTIFIKACE VZOROVÝCH ETALONŮ

Pro vizuální kontrolu byly vytvořeny vzorové etalony odlitků (Obr. 36), či různé přípravky a kalibry pro kontrolu. Tyto vzorové etalony, přípravky a kalibry byly nesystematicky uloženy do jedné uzavřené skříně a dány na jednu hromadu (Obr. 31). Navíc některé etalony nebyly vůbec označeny a v minulosti se stávalo, že etalony byly zaměněny a omylem byly použity jiné.

Pro zlepšení vizualizace byly pořízeny nové prosklené skříně, ve kterých jsou etalony systematicky uloženy podle zákazníka. Na každý etalon, přípravek či kalibr bylo naraženo číslo odlitku tzv. IČO (Obr. 36) tak, aby nemohlo dojít k záměně či opomenutí během kontroly na tento etalon.

V případě že se pro vizuální kontrolu používá jakýkoliv etalon, přípravek či kalibr, tak je v informačním listu odlitku zanesen a vyfocen. Na následujících obrázcích je možno vidět nová vizualizace a uložení těchto etalonů a jejich identifikace.



Obr. 35. Vizualizace a uložení vzorových etalonů

Identifikace probíhala ručním narážením čísla IČO do odlitku pomocí raznic a kladiva. Takhle zidentifikovaný odlitek se poté uložil do skleněné skříně a je vždy k dispozici pracovním kontroly, které tak mohou potřebnou dávku lépe najít a dohledat.

Po kontrole jakékoliv dávky je zapotřebí vzorový etalon vrátit na původní místo, aby nedocházelo ke ztrátám těchto etalonů nebo aby se nezamíchaly do dávky, která je poslána zákazníkovi.



Obr. 36. Identifikace etalonu číslem odlitku (IČO)

16 5S A ERGONOMIE NA PRACOVIŠTI VIZUÁLNÍ KONTROLY

Na pracovišti vizuální kontroly nebyla zavedena metoda 5S a ani jakýkoliv systém čištění a pořádku. Navíc pracovníci vizuální kontroly nevhodně manipulovali s odlitky, při kterých vynakládali velké úsilí při přesunu.

16.1 Metoda 5S

Metoda 5S se skládá z pěti pravidel:

1. Seiri (úklid)
 - Úklid svého pracoviště, nepoužívané předměty vytržít, popř. doplnit chybějící předměty
2. Seiton (pořádek)
 - Každý vzorový odlitek, kalibr či informační list má své označené místo
3. Seiso (čištění)
 - Udržování pořádku na pracovišti (zametání, čištění)
4. Seiketsu (standardizace)
 - Standardizace předchozích tří kroků
5. Shituke (disciplína)
 - Dodržování metody 5S

16.2 Seiri – úklid

Nejprve bylo nutné na pracovišti zjistit jaké věci a pomůcky pro vizuální kontrolu jsou vlastně potřeba, a které jsou tam navíc a pro kontrolu nepotřebné (např. regály, skříně, bedny, palety, atd.).

Tyto nepotřebné věci navíc zabírají místo pro potřebnou manipulaci a odkládací plochu pro odlitky. Nepotřebné věci byly odstraněny z pracoviště a pro zlepšení pracovního prostředí byly pořízeny nové skříně a regály (Obr. 35).

16.3 Seiton – pořádek

V dalším kroku je potřeba potřebné věci a pomůcky ke kontrole systematicky uložit a označit, tak aby byly snadno přístupné a viditelné. Na obrázku (Obr. 37) lze vidět určené místo, vyznačené žlutou čarou pro odlitky, na opravu apreturou a také informační tabule, které slouží k lepší orientaci a systematickému ukládání.



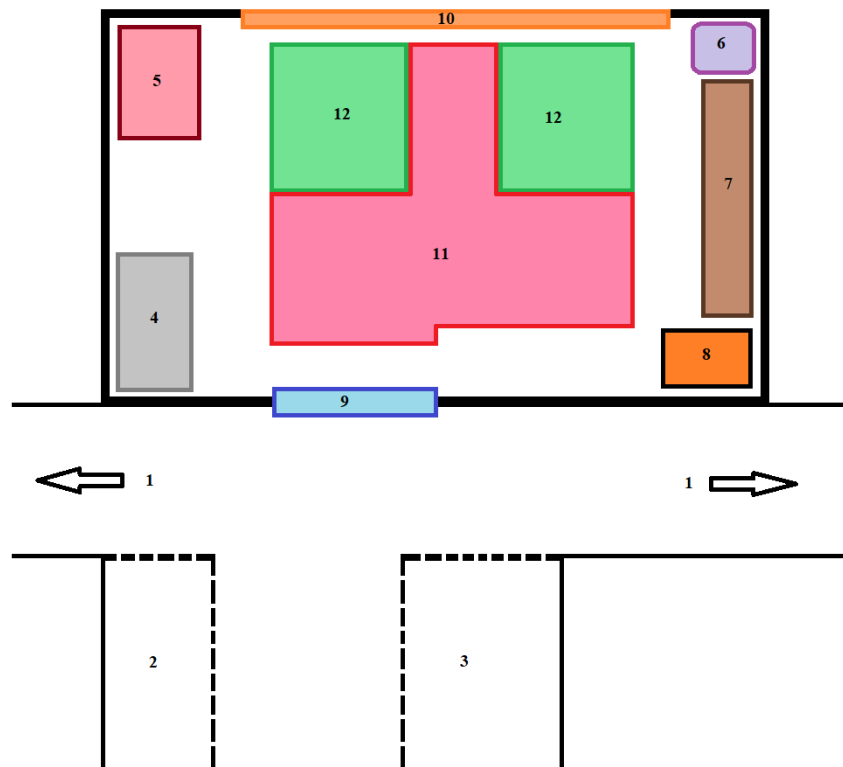
Obr. 37. Nově udělané prostory pro odlitky na opravu apreturou

Na dalším obrázku (Obr. 38) lze vidět upravený a určený prostor pro skladování prázdných beden.



Obr. 38. Nově vytvořené místo pro skladování prázdných beden

Dalším krokem bylo vytvoření layoutu pracoviště vizuální kontroly odlitků, na kterém je zobrazeno rozmístění skladovacích a manipulačních ploch a také rozmístění jednotlivých objektů (možno vidět na Obr. 39).



LEGENDA

1 - Komunikace	4 - Schody	7 - Vitrína s odlitky	10 - Okna
2 - Prázdné bedny	5 - PC	8 - Váha	11 - Manipulační plocha
3 - Odlitky na kontrolu	6 - Umyvadlo	9 - Vrata	12 - Kontrolovací plocha

Obr. 39. Layout pracoviště vizuální kontroly odlitků

16.4 Seiso – čišťení

Tenhle krok je zaměřen na čištění a udržování pořádku. Jelikož na pracovišti nejsou žádné stroje, pak tenhle pořádek spočívá pouze v zametání prachu, odkládacích a skladovacích prostor a ukládání použitých kalibrů. I když se jedná o maličkosti, je potřeba tenhle krok plnit, obzvláště z důvodu, že se na tyto prostory při úklidu zapomínalo. Proto byl vytvořen kontrolní list, kde budou pracovnice zaznamenávat provedené úkony a díky kterému je tenhle krok připomínám.

Je vytvořeno 8 bodů, podle kterých pracovníce úklid provádějí (Obr. 40).

#	Místo lokalita	Samotná činnost čištění a úklidu	Provádí	Způsob čištění a pomůcky	Čas trvání	Interval opakování
1	Pracoviště kontroly	Odvoz neopravitelných odlitků na předepsané místo	Pracovnice kontroly	Paletový vozík	1 min.	Po každé směně
2	Pracoviště kontroly	Odvoz a úklid prázdných beden a palet na předepsané místo	Pracovnice kontroly	Ručně paletový vozík	3 min.	Po každé směně
3	Pracoviště kontroly	Úklid kalibrů a etalonů na předepsané místo	Pracovnice kontroly	Ručně	1 min.	Po každé směně
4	Pracoviště kontroly	Odstranění prachu a nečistot z podlahy kontroly	Pracovnice kontroly	Ručně smeták	3 min.	Po každé směně
5	Prostor před kontrolou	Uspořádání prázdných modrých beden a prostoru dle fotodokumentace	Pracovnice kontroly	Ručně paletový vozík	2 min.	Po každé směně
6	Pracoviště kontroly	Vynesení odpadkového koše do kontejneru	Pracovnice kontroly	Ručně	1 min.	1x týdně
7	Prostor před kontrolou	Vysátí podlahy v prostoru ukládání modrých beden	Pracovnice kontroly	Ručně vysavač	5 min.	1x týdně
8	Pracoviště kontroly	Vysátí podlahy kontroly a utření prachu na nábytku	Pracovnice kontroly	Ručně vysavač	4 min.	1x týdně

Obr. 40. Standart údržby a čištění

Každý bod charakterizuje místo, kde se má úklid provádět.



Obr. 41. Prostory pro úklid

16.5 Seiketsu – standardizace

Cílem tohoto kroku je ustálení předchozích tří kroků. Je zapotřebí zabránit shromažďování nepotřebných předmětů a zabezpečit udržování pořádku a čistoty na pracovišti.

Ke standardizaci předchozích tří kroků byl vytvořen kontrolní list, který tyhle kroky připomíná a kde budou pracovnice zaznamenávat provedené úkony.

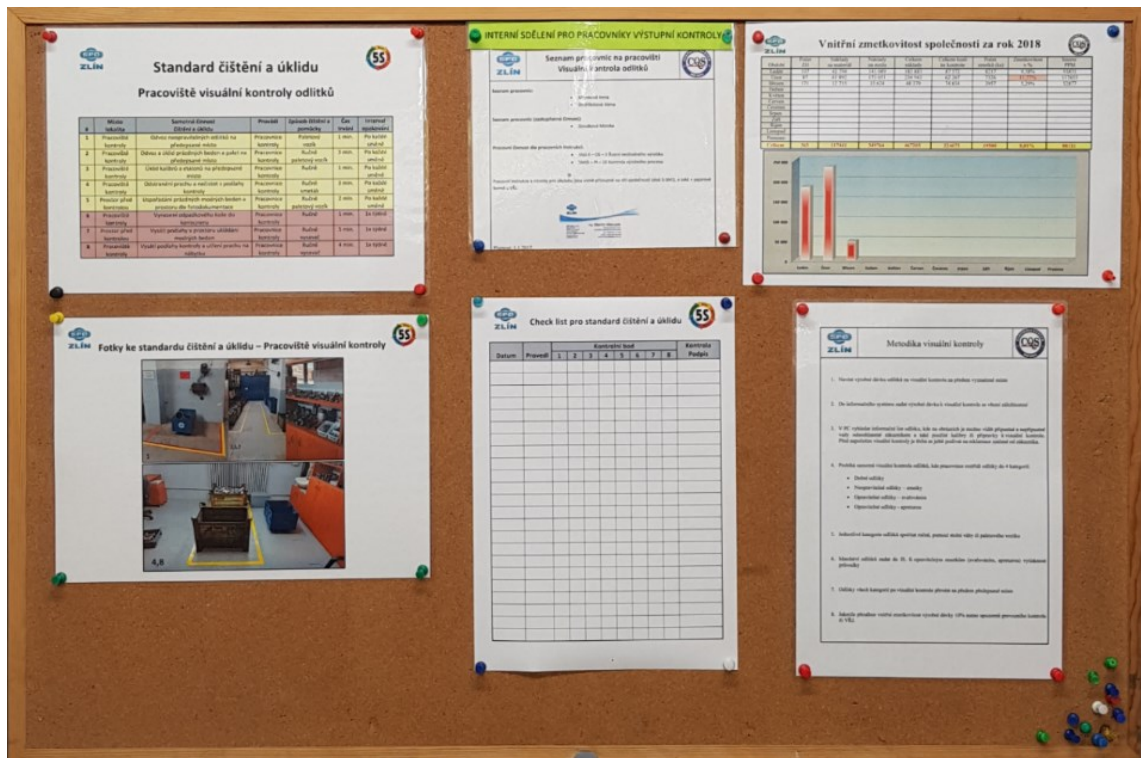
Datum	Vykonal/a	Kontrolní body								Hodnocení a podpis mistra
		1	2	3	4	5	6	7	8	

Obr. 42. Kontrolní list

16.6 Shitsuke – disciplína

Cílem tohoto kroku je dodržování předchozích čtyř fází. Aby došlo k dodržení všech fází, používají se různé kontrolní dokumenty, nástěnky nebo kontroly mistrů.

Pro dodržování a kontrolu metody 5S byla vytvořena informační tabule, kde jsou všechny důležité dokumenty pro metodu 5S a také je zde popsána samotná metodika kontroly a různé grafy oddělení kvality slévárny.



Obr. 43. Informační tabule

16.7 Ergonomie

Jelikož na pracovišti vizuální kontroly pracují především ženy, které se dostávají do každodenního styku s bednami s odlitky převyšující hmotnost 15 kg, je proto nutné optimalizovat pracovní podmínky a prostředí, tak aby měli svou práci pokud možno co nejvíce zjednodušenou. Na obrázku (Obr. 44 vlevo) lze vidět nevyhovující převoz odlitků ze skladovacích prostor na kontrolu. Takhle naložený vozík přesahuje hmotnost 15 kg a je tak obtížné s ním manipulovat.

Pro lepší manipulaci a ergonomičnost byly na železné bedny navařeny nožky tak, aby se s nimi mohlo lépe manipulovat pomocí paletového vozíku. (Obr. 44 vpravo).



Obr. 44. Změna konstrukce beden a přepravy odlitků

Před pracovištěm kontroly byly nově vyznačeny prostory pro odlitky, prostory pro prázdné modré bedny (na Obr. 45 vlevo) a také byl vyznačen prostor pro zmetky (Obr. 45 vpravo).



Obr. 45. Skladovací plocha pro odlitky a bedny

17 SHRUTÍ ZREALIZOVANÝCH ZEFEKTIVNĚNÍ

Prvním bodem bylo stanovit a definovat metodiku vizuální kontroly. Tato metodika byla detailně popsána a slouží jako návod či postup jak se má provádět vizuální kontrola odlišků. Slévárna velmi oceňuje tuto metodiku, protože v situaci, kdy stálé pracovníce budou absentovat, tak nyní je tahle metodika kontroly jasně definovaná a popsána.

Druhým bodem zefektivnění bylo zavést systém evidence opravitelných odlišků svařováním a apreturou. Tento systém je zaveden a v současnosti je plně v běhu. Slévárna zavedenou evidencí a systémem opravitelných odlišků odhaduje, že se zkrátil termín dodávek odlišků o týden a byly přesně vypočítány náklady na opravitelné odlišky.

Třetím a čtvrtým bodem bylo zavedení informačních listů a identifikace etalonů. Vypracovaný vzorový informační list bude sloužit jako návodka pro ostatní odlišky. Slévárna má v databázi více než 1000 druhů odlišků a tudíž nemohly být udělány informační listy pro všechny odlišky.

Posledním krokem zefektivnění bylo zavést metodu 5S na pracovišti vizuální kontroly a to se povedlo. Zavedená metoda 5S na pracovišti může sloužit jako vzor pro ostatní pracoviště ve slévárně.

Na následujících obrázcích je možno vidět jak vypadalo pracoviště vizuální kontroly před a po zefektivnění.

Na prvním obrázku (Obr. 46. vlevo) lze vidět staré uložení vzorových etalonů a kalibrů. Na obrázku (Obr. 46. vpravo) byla provedena nová vizualizace vzorových etalonů a to pomocí prosklené vitríny, kde jsou systematicky uloženy tyto etalony i s vyraženým číslem odlitku (IČO).



Obr. 46. Starý a nový způsob uložení vzorových etalonů

Na obrázku (Obr. 47. vlevo) lze vidět stav starého pracoviště i nevyhovující převoz odlitků. Na obrázku (Obr. 47. vpravo) je zobrazeno stav pracoviště po renovaci. Byl zde také vytvořen layout pracoviště (žluté čáry), které označují plochu pro bedny s odlitky.



Obr. 47. Porovnání předešlého a současného stavu pracoviště

Součástí ergonomie není pouze zlepšení pracovních prostředků, které mají za úkol přizpůsobit pracoviště fyzickým možnostem člověka, ale i pracovního prostředí, které zpříjemňuje samotný proces kontroly a dodává tak duševní klid. Proto se na pracovišti vizuální kontroly odlitků udělala nová podlaha, pro snadnější manipulaci s odlitky a také se vymalovalo. Na nové podlaze jsou zatím srovnány pouze nerovnosti. Nová podlaha, z důvodu delší odstávky celého pracoviště, je naplánována na dobu celozávodních dovolených, které ve firmě probíhají od 30. 7 – 12. 8.

Na obrázku (Obr. 48. vlevo) lze vidět starou podlahu. Na obrázku (Obr. 48. vpravo) je zobrazena nová zarovnaná podlaha.



Obr. 48. Srovnání nové a staré podlahy

ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce je popsána metoda přesného lití na vytavitelný model. Nejprve se však práce zabývá historií slévárenství a následně pak úvodem do problematiky. Dalšími body je popis samotné technologie přesného lití na vytavitelný model a vady odlitků, které se mohou během výroby objevit na odlitcích.

Cílem bakalářské práce bylo stanovit metodiku vizuální kontroly odlitků a navrhnout zefektivnění na pracovišti. Nejprve je však nutné se s celým procesem vizuální kontroly seznámit a poté udělat screening pracovního dne na pracovišti a definovat silné a slabé stránky. Po analýze a dohodě se slévárnou bylo vybráno 5 bodů pro zefektivnění na pracovišti vizuální kontroly. Velmi důležitým faktorem bylo samotné provedení všech 5 bodů zefektivnění a ověření, zda jsou přínosem pro slévárnu.

Po stanovení metodiky bylo dalšími cíli evidovat opravitelné odlitky, vytvořit databázi s informačními listy, identifikovat vzorové etalony, aplikovat metodu 5S a stanovit ergonomii na pracovišti.

Výsledky jednotlivých bodů zefektivnění je možno vidět ve shrnutí a vedením slévárny byly shledány jako velmi přínosné a budou sloužit jako návod pro další pracoviště ve slévárně, kde se bude provádět také zefektivňování.

Především výsledky z realizace metody 5S jsou jasně viditelná a razantní. Navíc tato práce může být vzor a inspirace pro implementaci metod průmyslových inženýrství ve slévárnách přesného lití, kde je to opomíjeno.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NĚMEC, Milan, Jan SUCHÁNEK a Jan ŠANOVEC. *Základy strojírenské technologie I*. 3. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-06056-8.
- [2] NĚMEC, Milan, Bohumír BEDNÁŘ a Barbora BRYKSÍ STUNOVÁ. *Teorie slévání*. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-06026-1.
- [3] Odbor slévárenství, Ústav strojírenské technologie [online]. [cit. 2017-11-11].
Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/slevarenstvi/uvod/o_slevarenstvi
- [4] Depositphotos [online]. [cit. 2017-11-11]. Dostupné z:
<https://cz.depositphotos.com/37180439/stock-photo-tsar-pushka.html>
- [5] eFUNDA. *Investment casting* [online]. [cit. 2017-10-25]. Dostupné z:
http://www.efunda.com/processes/metal_processing/invest_casting.cfm
- [6] Přesné odlitky s.r.o [online]. [cit. 2017-10-25]. Dostupné z:
<http://www.presne-odlitky.cz/vyroba-odlitku.html>
- [7] Herman A. *Lití na vytavitelný model*, ČVUT [online]. [cit. 2017-10-25]. Dostupné z:
<http://u12133.fs.cvut.cz/assets/subject/files/32/presne-liti-na-vytavitelny-model.pdf>
- [8] Píša V. *Technologie přesného lití, metoda vytavitelného vosku*. [online]. [cit. 2017-10-25]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3419296/>
- [9] TMS. Technologický materiálový počítačový servis. [online]. [cit. 2017-11-2].
Dostupné z: <http://techmapos.euweb.cz/info.html>
- [10] DOŠKÁŘ, Josef. *Výroba přesných odlitků*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1976, 315 s.
- [11] DOŠKÁŘ, Josef. *Přesné lití do keramických forem*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961, 351 s.
- [12] SOUKUPOVÁ, L. *Technologie vytavitelného modelu v současnosti*. Brno: VUT, FSI, 2011, 56 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Milan Horáček, CSc.
- [13] Moravia tech: Slévárna přesného lití [online]. [cit. 2017-11-26]. Dostupné z:
<http://www.moraviatech.cz/24820-slevarna-presneho-liti>
- [14] Slévárna přesných odlitků ve Zlíně: SPO Zlín [online]. [cit. 2017-11-26]. Dostupné z:
<http://www.spo-zlin.cz/>

- [15] Tejral: Profesionální kotoučové stolové pily [online]. [cit. 2017-11-26]. Dostupné z: http://www_old.tejral.cz/katalog/p2/kpn-400.php
- [16] ŠMATELKA, J. Optimalizace technologie voskových modelů ve firmě Alucast. Brno: VUT, FSI, 2014, 100 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Milan Horáček, CSc.
- [17] Formy pro výrobu přesných modelů [online]. [cit. 2017-27-11]. Dostupné z: http://www.lnd.cz/data/lnd_for_v.html
- [18] BERNÁŠEK, Vladimír a Jan HOREJŠ. *Technologie slévání*. 3., upr. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, 2006. ISBN 80-7043-491-0.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Př. n. 1	Před naším letopočtem
°C	Stupně celsia
ČR	Česká republika
USA	Spojené státy americké
%	Procenta
MPa	Megapascal
min	Minuta
mm	Milimetr
SiO ₂	Oxid křemičitý
CLA	Tavení kovu na vzduchu
CLV	Tavení kovu ve vakuu
ČSN	Česká technická norma
s. r. o	Společnost s ručením omezeným
SPO	Slévárna přesných odlitků
kg	Kilogram
IS	Informační systém
PC	Osobní počítač

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Egypt - 1470 l. př. n. l. [3]	12
Obr. 2. Bronzový kanon „Car – Puschka“ [4]	12
Obr. 3. Slévárenská produkce (400 tis. tun odlitků) [2]	13
Obr. 4. Slévárenská produkce (95 mil. tun odlitků) [2]	14
Obr. 5. Slévárenská produkce ve světě [2]	14
Obr. 6. Odlitky vyrobené přesným litím [14]	15
Obr. 7. Postup výroby [6]	16
Obr. 8. Forma pro výrobu voskového modelu [17]	19
Obr. 9. Detail formy [17]	19
Obr. 10. Sestavování stromečku [7]	21
Obr. 11. Namáčení modelu do keramické břechky [7]	23
Obr. 12. Posypání modelu žáruvzdorným materiálem [7]	24
Obr. 13. Vytavování vosku [7]	24
Obr. 14. Vypalování skořepiny [7]	25
Obr. 15. Gravitační lití [11]	26
Obr. 16. Sklopné lití [11]	27
Obr. 17. Vakuové lití [11]	27
Obr. 18. Vakuové nasávání [11]	27
Obr. 19. Pila na odřezávání vtokových soustav [15]	28
Obr. 20. Broušení na pásové brusce [13]	29
Obr. 21. Společnost SPO Zlín [14]	35
Obr. 22. Odlitky vyrobené ve slévárně SPO [14]	36
Obr. 23. Vstřikovací stroj s formou	37
Obr. 24. Voskové modely sestavené do stromečku	37
Obr. 25. Obalené stromečky	38
Obr. 26. Odebrání kontrolního vzorku z tavby	38
Obr. 27. Lití do skořepin	39
Obr. 28. Odlitek po zbavení keramiky a otryskání	39
Obr. 29. Expedice výrobků	40
Obr. 30. Nevyhovující stav kontroly	41
Obr. 31. Nesystematické uspořádání vzorových odlitků	42
Obr. 32. Evidence zmetkových kusů v databázi	45

Obr. 33. Průvodka odlitku vytištěná z databáze	46
Obr. 34. Informační list odlitku	47
Obr. 35. Vizualizace a uložení vzorových etalonů	48
Obr. 36. Identifikace etalonu číslem odlitku (IČO)	49
Obr. 37. Nově udělané prostory pro odlitky na opravu apreturou	51
Obr. 38. Nově vytvořené místo pro skladování prázdných beden	51
Obr. 39. Layout pracoviště vizuální kontroly odlitků	52
Obr. 40. Standart údržby a čištění	53
Obr. 41. Prostory pro úklid	53
Obr. 42. Kontrolní list	54
Obr. 43. Informační tabule	54
Obr. 44. Změna konstrukce beden a přepravy odlitků	55
Obr. 45. Skladovací plocha pro odlitky a bedny	55
Obr. 46. Starý a nový způsob uložení vzorových etalonů	57
Obr. 47. Porovnání předešlého a současného stavu pracoviště	57
Obr. 48. Srovnání nové a staré podlahy	58

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Parametry odlitků ve slévárně SPO Zlín [14].....	36
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Tabulka vad tvaru, rozměru a hmotnosti
- P II Tabulky vad povrchu a porušení celistvosti
- P III Tabulky vad dutin a vměstků
- P IV Tabulka vad struktur
- P V Tabulka vad chemického složení, nesprávného mechanického a fyzikálního složení

PŘÍLOHA P I: TABULKA VAD TVARU, ROZMĚRU A HMOTNOSTI

Č.	Název vady	Popis vady	Příčina výskytu vady
11	Nezaběhnutí	Neúplné vytvoření tvaru odlitku vlivem nedokonalého vyplnění formy tekutým kovem	Nízká lící teplota, malá lící rychlost, neodvzdušněná forma
12	Přesazení	Posunutí jedné části tvaru odlitku vůči ostatním	Vadné modelové zařízení, nesprávně složená forma, posunutí části formy
13	Zatekliny	Zateklý kov mezi částmi formy nebo podél známek jader	Vadné modelové zařízení, špatné uložení jader, nedokonalé zatížení formy při lití
14	Vyboulení	Deformace odlitku vlivem tlaku tekutého kovu	Špatná volba formovací směsi, nedostatečné vytvrzení formy či jader
15	Zborcení	Deformace tvaru a rozměru odlitku oproti výkresu vyvolaná vnitřním pnutím	Nevhodná konstrukce odlitku, brzké uvolnění odlitku z formy
16	Mechanické poškození	Poškození tvaru a rozměru odlitku při mechanických operacích	Neopatrná přeprava, neopatrné čištění a odstraňování vtoků a nálitků
17	Nedodržení rozměrů	Nedodržení povolených rozměrových úchylek odlitku	Chybné rozměry modelu, měkká forma, nepřesná konstrukce formy
18	Nedodržení hmotnosti	Nedodržení povolených úchylek od směrné kusové hmotnosti	Chybné rozměry modelu, měkce pýchovaná forma

PŘÍLOHA P II: TABULKY VAD POVRCHU A PORUŠENÍ CELISTVOSTI

Č.	Název vady	Popis vady	Příčina výskytu vady
21	Přípečeniny	Drsný povrch odlitku, který vznikne spečením formovací směsi s kovem	Hrubozrnná formovací směs, nízká žáruvzdornost písku, nevhodný nátěr formy, vysoká lící teplota
22	Zavaleniny	Neúplné slití proudů kovu předčasně zoxidovaného a ztuhlého	Nízká lící rychlost, nízká lící teplota, nevhodně zaústěná vtoková soustava
23	Zálupy	Rýhy nebo prohlubně na povrchu zakryté šupinou kovu	Nízká lící rychlost, nízká pevnost a vysoká teplotní roztažnost formovací směsi
24	Nárasty, strupy	Výstupky kovu od základního tvaru odlitku způsobené erozí formy	Nevhodná formovací směs, poškození formy nebo jádra proudem kovu
25	Výronky	Žilkovité výrůstky na povrchu odlitku, které vznikly zatečením kovu do trhlin ve formovacím materiálu	Nízká plastičnost formovací nebo jádrové směsi, praskání formy nebo jader při skládání
26	Výpotky	Kapkovité tvary na povrchu odlitku	Vycezování nízkotavitelných složek při tuhnutí a smršťování odlitku
27	Okujení, opálení	Nadměrná vrstva oxidů na povrchu odlitku	Nevhodné tepelné zpracování, nesprávné otryskání
28	Pohmoždění, omačkání, otlučení	Zdeformování odlitku při mechanických operacích	Nesprávné čištění odlitků, neopatrná manipulace s odlitky

Č.	Název vady	Popis vady	Příčina výskytu vady
31	Trhlinky	Roztržení odlitku po hranicích zrn za vysokých teplot	Nepoddajná forma nebo jádro, špatná konstrukce odlitku
32	Prasklinky	Roztržení odlitku za nižších teplot důsledku pružných deformací. Prasklinky se nachází uvnitř zrn	Tuhá konstrukce odlitku, rychlé chlazení, místní ohřev, koncentrace vnitřních napětí

PŘÍLOHA P III: TABULKY VAD DUTIN A VMĚSTKŮ

Č.	Název vady	Popis vady	Příčina výskytu vady
41	Bubliny	Povrchové nebo vnitřní dutiny s hladkým povrchem, vytvořené plyny	Nedostatečné odplynění formy nebo jader, nedostatečné vysušení licího zařízení, opomenutí výfuků a průduchů
42	Bodliny	Malé protáhlé dutiny s hladkým povrchem, vytvořené pod povrchem odlitku	Nedostatečně dezoxidovaná ocel, vlhká formovací směs, navlhčená forma nebo jádro
43	Staženiny	Povrchové nebo vnitřní dutiny s hrubým krystalickým povrchem	Nesprávné nálitkování, nedostatečné tuhnutí, špatné ošetření nálitku
44	Řediny	Nahromadění malých staženin v průřezu	Neusměrněné tuhnutí
45	Mikro-staženiny	Mikrokrystalické řediny, které nelze pozorovat pouhým okem	Malý stupeň usměrněnosti tuhnutí, široký rozsah tuhnutí
46	Mikro-bubliny	Drobné bubliny, které vznikají během tuhnutí mezi krystaly vylučováním plynů rozpuštěných v tavenině	Nedostatečná desoxidace, špatné odplynění taveniny

Č.	Název vady	Popis vady	Příčina výskytu vady
51	Struskovitost	Povrchové nebo vnitřní dutiny v odlitku vyplněné struskou	Nezadržení strusky v pánvi nebo vtokové soustavě
52	Zadrogeniny	Povrchové nebo vnitřní dutiny v odlitku vyplněné pískem	Nekvalitní formování a formovací směs, nevhodné zaústění vtokové soustavy
53	Nekovové vměstky	Nekovové částice uzavřené v odlitku	Neustálení kovu v pánvi před litím, víření a oxidace kovu při lití
54	Broky	Okysličení kovové kuličky ztuhlé na povrchu nebo uvnitř odlitku	Špatné lití, tečení pánve, rozstřík kovu při lití
55	Kovové vměstky	Kovové částice v odlitku odlišné od základního kovu	Nerozpuštěné částice legujících přísad

PŘÍLOHA P IV: TABULKA VAD STRUKTUR

Č.	Název vady	Popis vady	Příčina výskytu vady
61	Odmíšení	Nestejněměrné rozložení materiálu v jednotlivých místech odlitku	Pomalé tuhnutí odlitku u velkých tloušťkách stěn
62	Nevyhovující lom	Odchylka jakosti lomu od normy nebo sjednaných technických podmínek	Přehřátá tavenina, nesprávné chemické složení, nesprávné tepelné zpracování
63	Zatvrdlina, Zákalka	U tvárné a šedé litiny místa s volným cementitem. U oceli místa s martenzitickou strukturou	Nesprávné chemické složení litin, rychlé ochlazování odlitku U oceli nesprávné tepelné zpracování
64	Obrácená zákalka	Místo s volným cementitem ve středu odlitku	Segregace karbidotvorných prvků ve středu odlitku
65	Nesprávná struktura	Odchylky v druhu, množství, velikosti od normy nebo technických podmínek	Špatné chemické složení, nesprávný způsob ochlazování odlitku, nevhodné tepelné zpracování

**PŘÍLOHA P V: TABULKA VAD CHEMICKÉHO SLOŽENÍ,
NESPRÁVNÉHO MECHANICKÉHO A FYZIKÁLNÍHO SLOŽENÍ**

Č.	Název vady	Popis vady	Příčina vzniku vady
71	Nesprávné chemické složení	Odchylka chemického složení od normy nebo technických podmínek	Špatný výpočet vsázky, nevhodné vedení tavby, vadný vsázkový materiál
72	Nevyhovující mechanické vlastnosti	Odchylky mechanických vlastností materiálu od normy nebo technických podmínek	Nesprávné chemické složení, mikrostaženiny a vměstky, nesprávná struktura, špatné tepelné zpracování
73	Nevyhovující fyzikální vlastnosti	Odchylky fyzikálních vlastností materiálu od normy nebo technických podmínek	Nevhodná struktura, špatné chemické složení, špatné tepelné zpracování [18]