

Optimalizace výroby ve slévárně SPO Zlín

Bc. Martin Masařík

Diplomová práce
2016

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Masařík**
Osobní číslo: **T14294**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Řízení jakosti**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Optimalizace výroby ve slévárně SPO Zlín**

Zásady pro vypracování:

- 1. Zpracujte literární rešerši na dané téma**
- 2. Zhodnocení současného stavu výroby přesných odlitků**
- 3. Návrh zefektivnění jednotlivých procesů výroby**
- 4. Návrh a posouzení nové voskové směsi pro výrobu voskových modelů**
- 5. Provedte vyhodnocení úspor navrhovaných řešení**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání diplomové práce:

13. května 2016

Ve Zlíně dne 15. ledna 2016



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



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

Příjmení a jméno: Bc. Masařík Martin

Obor: Řízení jakosti

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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 9.5.2016



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 nevydělečně 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 vyšší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá zefektivněním výrobního procesu ve slévárně přesného lití. Úvodní část diplomové práce se věnuje samotné technologii přesného lití a jednotlivým fázím výrobního procesu. Dále jsou zde popsány základní metody průmyslového inženýrství, pomocí kterých proběhne optimalizace výrobního procesu ve slévárně.

Praktická část analyzuje současný stav ve slévárně a navrhuje změny pro zefektivnění výrobního procesu. Výsledky z realizace zefektivnění na pracovišti tryskání potvrzují, že navržené změny byly správně zvoleny a jsou velkým přínosem pro slévárnu. Navržený proces zefektivňování má sloužit jako vzor pro ostatní fáze výrobního procesu ve slévárně SPO Zlín.

Klíčová slova: zefektivnění, zlepšení, technologie přesného lití, výrobní proces,

ABSTRACT

The thesis has been dealing with efficiency and improvement of production proces in investment foundry industry. Theoretical part of thesis contains own technology description of investment casting and each operations of production process. Next it has been describing basic methods of industrial engineering, according to these methods occure improvement of production process in foundry.

Practical part of thesis has been analysing current situation in foundry and has been suggesting changes for efficiency and improvement of production proces. The results of efficiency from the blasting workshop confirm, that suggested changes were correctly choosen and had been become big benefit for company. The suggested process of this improvement could be serve as model for other operation in production proces in foundry SPO Zlín.

Keywords: efficiency, improvement, investment casting, production proces

Poděkování

Tímto chci poděkovat Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za cenné rady a konzultace spojené s diplomovou prací. Dále bych chtěl poděkovat kolegům ze slévárny za konzultace a také své rodině za ochotu a trpělivost při psaní diplomové práce.

OBSAH

ÚVOD	11
I. TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PŘESNÉ LITÍ	13
1.1 Technologické možnosti přesného lití	14
1.2 Metoda vytavitelného modelu	14
1.3 Historie metody vytavitelného modelu	16
1.4 Přehled světové produkce a využití odlitků [38]	17
1.5 Popis technologie vytavitelného modelu – Fáze výroby	19
1.5.1 Vývoj a výroba formy	20
1.5.2 Výroba a sestavení voskového modelu	22
1.5.3 Sestavení voskových modelů	28
1.5.4 Obalování stromečků	29
1.5.5 Vytavování vosku	32
1.5.6 Žihání skořepin	34
1.5.7 Tavení a odlévání	35
1.5.8 Odstranění keramiky	39
1.5.9 Oddělení odlitků od vtokové soustavy	40
1.5.10 Odstranění zbylé keramiky	41
1.5.11 Finální operace	42
1.5.12 Kontrola jakosti odlitků	42
2 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ	46
2.1 Štíhlá výroba – základ PI	46
2.2 Podstata průmyslového inženýrství	47
2.3 Metody průmyslového inženýrství	47
2.4 Produktivita a efektivita	49

2.5	Plytvání a jeho identifikace	49
2.6	5S – pět S.....	50
2.7	Snímek pracovního dne	55
3	SHRnutí TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI	57
II.	PRAKTICKÁ ČÁST	58
4	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI SPO ZLÍN s r.o.....	59
4.1	Technologie přesného lití ve slévárně SPO Zlín	61
4.2	Parametry odlitků SPO Zlín	64
4.3	Odlévané materiály v SPO Zlín.....	65
5	SCREENING VE SPOLEČNOSTI SPO ZLÍN.....	66
5.1	Závěr ze screeningu	68
5.2	Návrh zefektivnění procesů výroby.....	68
6	5S A ERGONOMIE PRACOVIŠTĚ V SPO	70
6.1	Snímek pracovního dne na pracovišti bubnového tryskání	70
6.2	Realizace 5S na pracovišti bubnového tryskání	76
7	ZEFEKTIVNĚNÍ PRACOVIŠTĚ BUBNOVÉHO TRYSKÁNÍ.....	82
8	POSOUZENÍ NOVÉ VOSKOVÉ SMĚSI	88
9	ZHODNOCENÍ PROVEDENÉHO ZEFEKTIVNĚNÍ	90
	ZÁVĚR.....	94
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	95
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	98
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	99
	SEZNAM TABULEK	102
	PŘÍLOHA PI – Náměrový protokol Drsník.....	103
	PŘÍLOHA PII – Náměrový protokol Klapka limu DN 100.....	105
	PŘÍLOHA PIII – Náměrový protokol Klíč 502.....	107

PŘÍLOHA IV – Náměrový protokol Klinkenrad.....	109
PŘÍLOHA V – Náměrový protokol Ključ	111
PŘÍLOHA VI – Náměrový protokol Rameno limu DN 150.....	113
PŘÍLOHA VII – Náměrový protokol Carello	115

ÚVOD

Každý úspěšná společnost musí následovat aktuální vývoj ve svém oboru, pokud chce na trhu obstát a být úspěšná. Proto se i slévárna SPO Zlín s r.o., používající technologii vytavitelného modelu rozhodla značně zmodernizovat a optimalizovat svoji výrobu.

Modernizace a zefektivnění výrobního procesu ve slévárně SPO Zlín s r.o. spočívá v zavedení systému standardizace jednotlivých pracovišť pomocí metod průmyslového inženýrství a navrhnutí takových řešení a změn, které povedou ke zlepšení výrobního procesu a tím i k lepším ekonomickým výsledkům a zkrácení doby výroby odlitků.

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je věnována samotné technologii přesného lití a jednotlivým fázím výrobního procesu. V druhé polovině teoretické části jsou popsány základní metody průmyslového inženýrství a podrobně se zabývá metodou 5S, která bude použita v praktické části diplomové práce.

V úvodu praktické části je popsán současný stav výroby ve slévárně SPO Zlín s r.o. a s tím i provedená analýza silných a slabých stránek jednotlivých procesů ve výrobě. Samotná praktická část se zabývá návrhem optimalizace a zefektivnění jednotlivých procesů ve výrobě obecně.

Na závěr praktické části byl prakticky proveden systém optimalizace a zefektivnění na pracovišti tryskání. Výsledky zefektivnění potvrzují, že navrhovaný systém optimalizace je správný a vyhovující pro slévárnu SPO Zlín.

Výsledkem diplomové práce je vypracovaný systém optimalizace a zefektivnění jednotlivých fází výroby ve slévárně, které povedou k dosažení lepších podmínek pro práci ve firmě a k udržitelnosti a konkurenceschopnosti společnosti v dnešním podnikatelském prostředí.

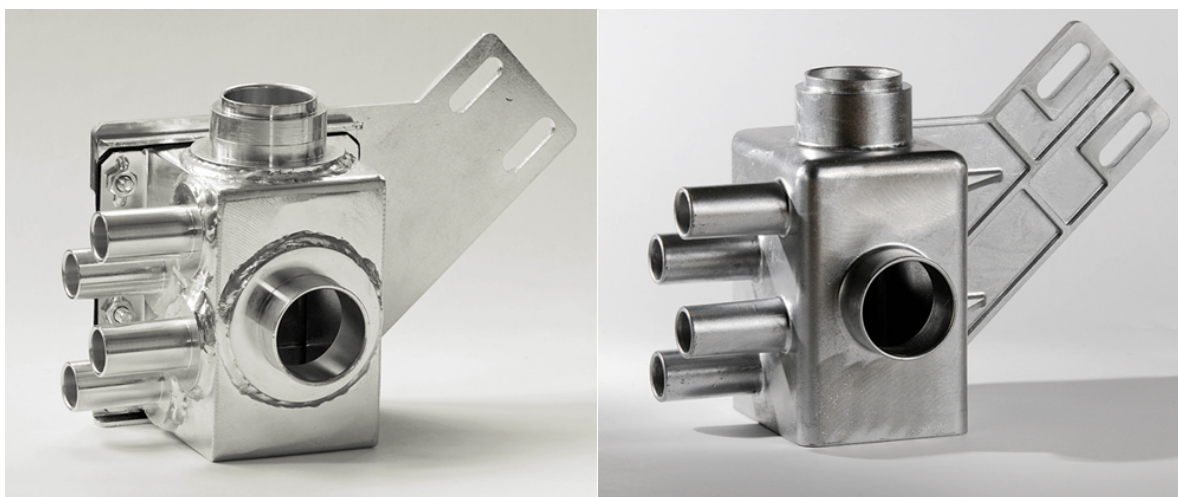
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŘESNÉ LITÍ

Jako přesné lití jsou označovány všechny metody, které umožňují zhotovit rozměrově a tvarově přesnější odlitky než běžně užívané slévárenské metod. Užší vymezení tohoto pojmu určuje toleranci $\pm 0,25\%$ relativní přesnosti. Proto tedy tvoří technologii přesného lití zejména metoda vytavitelného modelu. [1]

Přesné lití umožňuje vyrábět tvarově složité součásti s dostatečnou drsností povrchu a rozměrovou tolerancí bez následného nákladného obrábění nebo toto obrábění snižuje na minimum. Metoda vytavitelného modelu pak umožňuje vyrobit tvarově velmi složité, rozměrově přesné odlitky s velmi dobrou jakostí povrchu, a to zejména ze slitin jen obtížně nebo dokonce současnými technologiemi neobrobitelných kovů. Vkládaná jádra pak umožňují vytvoření složitých a velmi přesně definovaných dutin náročných odlitků. [1]

Odlitky je možno konstruovat s řadou výztuh, vylehčení, otvorů, žeber, kolíků, negativních úkosů, a to vše v nejrůznějších provedeních. Často lze skládat do jednoho odlitku několik strojních součástí, které byly dříve spojovány svařováním, pájením, nýtováním, případně rozebíratelným spoji. [1]



Obr. 1. Porovnání součásti vyrobené konvenční technologií a přesným litím [39]

1.1 Technologické možnosti přesného lití

- Minimální síla stěny: slitiny železných kovů 0,5 mm, neželezných kovů 0,3 mm
- Maximální hmotnost odlitku: 200 kg
- Hmotnost běžně litých odlitků: 50 kg
- Maximální rozměr: 1000 mm
- Dobrá technická úroveň a vybavenost slévárny umožňuje běžné odlévání kusů o maximálním rozměru 500 mm
- Drsnost povrchu: Ra 3,2 μ m

Tab. 1 *Rozměrová přesnost jednotlivých metod lití [2]*

Metoda lití	Dosažitelná optimální tolerance pro jmenovitý rozměr 30 až 50 mm
Vytavitelným modelem	$\pm 0,03$ až $\pm 0,1$ mm
Lití do sádrových forem (Shawova metoda)	$\pm 0,1$ až $\pm 0,3$ mm
Tlakové lití	$\pm 0,05$ až $0,2$ mm
Kokilové lití	$\pm 0,1$ až $\pm 0,3$ mm
Lití do písku	± 1 až ± 2 mm

1.2 Metoda vytavitelného modelu

Metoda vytavitelného modelu patří mezi metody přesného lití, která dnes pro svou universálnost a rozšířenost zastává klíčovou pozici na poli moderních technologií lití kovů. Lze je začlenit mezi technologie “near to shape“ (produkty blízké hotovým výrobkům). [3]

Při výrobě součástí se stále prosazují vyšší požadavky na jakost, kvalitu povrchu, rozměrovou přesnost, vnitřní čistotu, vyšší funkční parametry a to při silném tlaku na výrobní náklady. U některých strojních součástí se musí stále uplatňovat progresivní výrobní způsoby strojírenské metalurgie, která jsou schopny uvedené požadavky splňovat. Mezi progresivní způsoby lze zařadit také přesné lití vytavitelným modelem, jenž při efektivním uplatnění umožňuje podstatné úspory materiálu a snižuje použití dokončovacích operací. [3]

Na vytavitelný model se dají odlévat téměř všechny materiály. Lze odlévat dokonce i velice reaktivní materiály jako například titan a jeho slitiny. Dále nabízí možnost výroby odlitek z obtížně obrobitelného materiálu, kde je výroba součástí jinou technologií mimořádně nákladná, nebo dokonce zcela nemožná. V technické literatuře se uvádí, že metody přesného lití nabízejí konstruktérům nejširší možnost ve volbě materiálu. [3]



Obr. 2. Odlitky vyrobené technologií přesného lití

1.3 Historie metody vytavitelného modelu

Základní myšlenka metody přesného lití, znamená pod pojmem „lití na ztracený vosk“, je používaná již více než 6 tisíciletí. Přesný původ procesu ale není prokázán a vzniklo mnoho různých teorií, kde se technologie objevila poprvé. Během byla tato myšlenka více či méně používaná napříč celým světem. [4]



Obr. 3. Egypt, 18. Dynastie (1450 p. n. l.) [5]

Ačkoliv je dnes přesné lití na vytavitelný model jednou z nejmodernějších technologií lití, používanou na odlitky s vysokými nároky, po celá milénia se využívala pouze k výrobě uměleckých předmětů. Až od první poloviny 20. století, kdy se začalo používat kobaltových slitin, došlo kombinací těchto dvou výzkumů k použití ve zdravotnictví, konkrétně jako zubní a ortopedické náhrady. Nicméně, stále se jednalo pouze o málo procento použití. [4]

Opravdový rozmach nastal až během druhé světové války, kdy bylo nutné vyrábět složité, lehké a přitom pevné součásti do nejrůznějších armádních zařízení. Jak je známo, jakákoliv válka posune výzkum ohromným směrem kupředu. Letecký výzkum tehdy potřeboval najít technologii, která by byla schopná splnit ty nejnáročnější podmínky nejen po stránce složitosti výrobku, ale hlavně z hlediska rychle reprodukovatelnosti v úzkých tolerancích ze slitin s vysokým bodem tavení a vysokou metalurgickou čistotou.

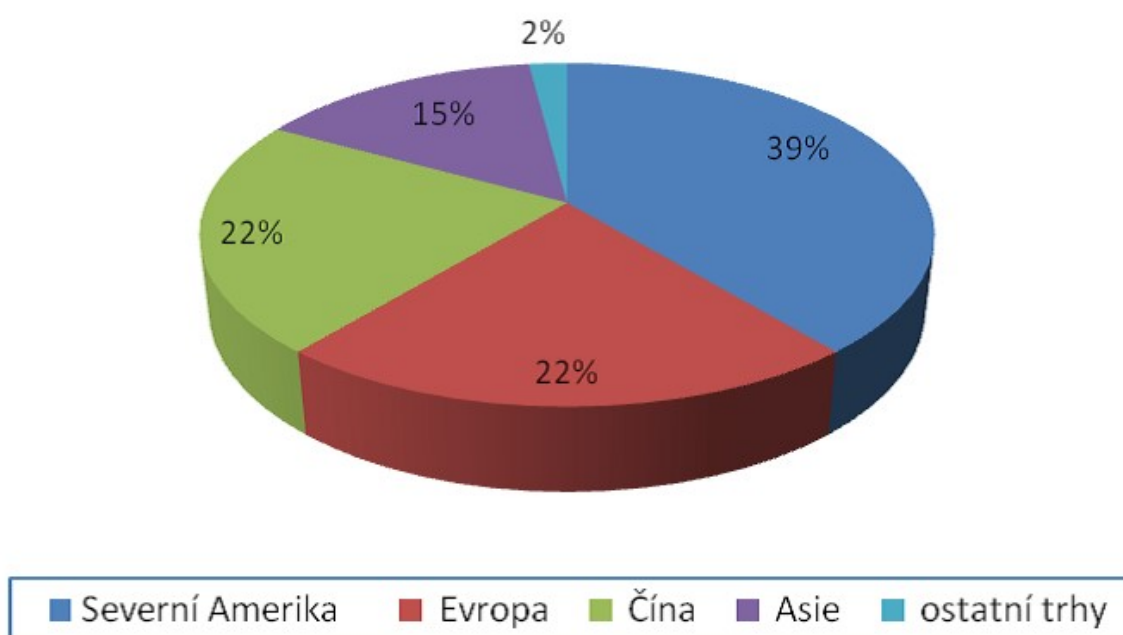
A to vše pokud možno tak, aby bylo ušetřeno co nejvíce energií a materiálů. Takovou technologií se zdála být právě metoda přesného lití na vytavitelný model. To odstartovalo používání této metody, tak jak ji známe dnes. [4]



Obr. 4. Odlitek hřebenu ze zlata (300g – oblast Dněpru – 4 stol. n. l.) [5]

1.4 Přehled světové produkce a využití odlitků [38]

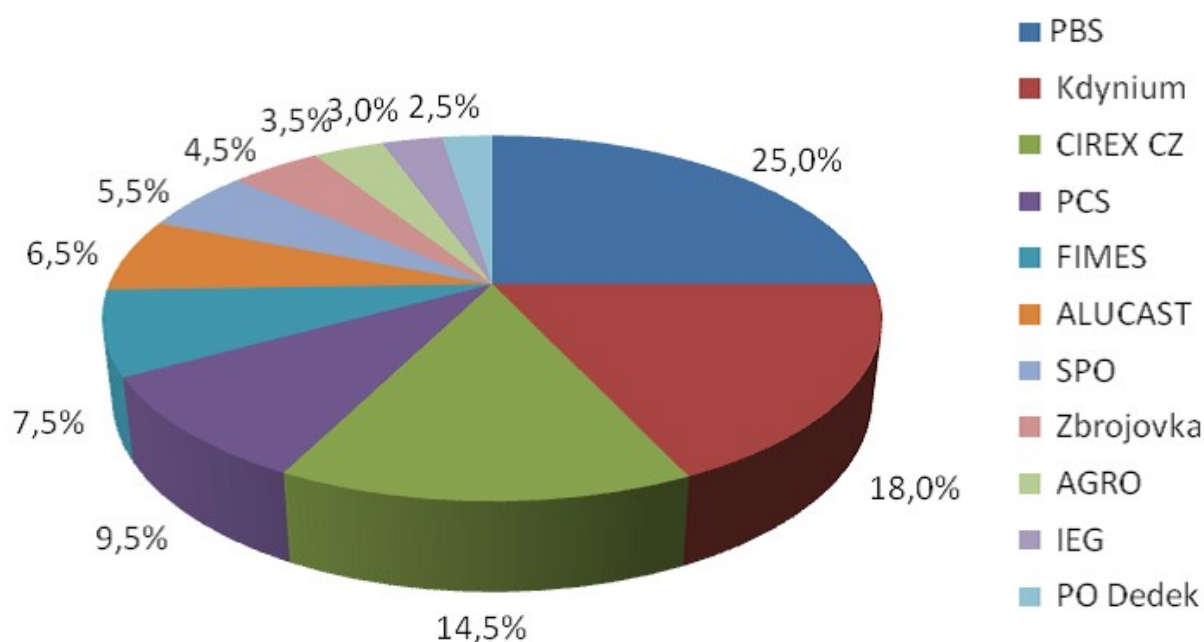
Produkce výroby odlitků technologií vytavitelného modelu se neustále zvyšuje. Jedinou výjimkou byl rok 2008, kdy byla výroby ovlivněna celosvětovou ekonomickou krizí. Od té doby pak výroba opět roste a lze předpokládat, že tento vzestupný trend bude pokračovat. Například objednávky v leteckém průmyslu jsou zadány až na 8 let dopředu. Přehled světové výroby podle regionů je vidět v následujícím grafu. [38]



Obr. 5. Prodej přesných odlitků dle regionu v roce 2011 [38]

Rozvoj trhu s odlitky zhotovenými pomocí této technologie je vzestupný i v České republice (Podíl jednotlivých sléváren na prodeji odlitků ukazuje obr. 5. Obrat pro rok 2010 byl 55 mil. USD (tj. 930 mil. Kč) při 810 zaměstnancích v oboru. Pro rok 2011 pak 58 mil. USD (tj. 1 105 mil. Kč) při 850 zaměstnancích v oboru.

Rozdíl nárůstu v USD a Kč je způsoben kolísáním měnového kurzu. V roce 2012 však nastala stagnace, která byla zapříčiněna hlavně špatnou ekonomickou situací v některých zemích EU, zejména v Řecku, Itálii, Španělsku a Portugalsku



Obr. 6. Podíl jednotlivých sléváren v ČR na prodeji odlitků v roce 2011 [38]

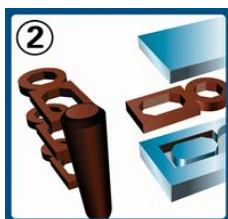
Produkty technologie přesného lití lze nalézt v mnoha odvětvích lidské činnosti (Obr. 2). Mezi nejvýznamnější odběratele výrobků patří zejména letecký, energetický a automobilový průmysl. Dále se přesné odlitky také využívají v lékařství, vojenské technice i pro komerční účely.

1.5 Popis technologie vytavitelného modelu – Fáze výroby

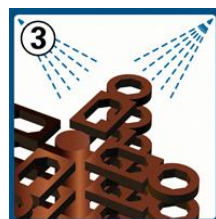
Termín „investment casting“ (česky „metoda vytavitelného vosku“) vznikl z charakteristického kroku této technologie a tím je nanášení (anglicky nanášet - „to invest“) keramické hmoty na voskový model. [6]



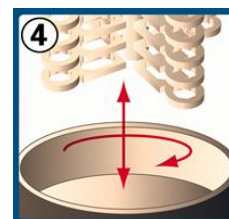
1 Vývoj a výroba formy



2 Výroba a sestavení voskového modelu



3 Oplachování sestav



4 Obalování sestav



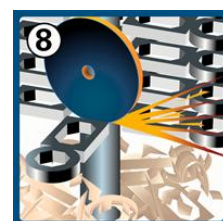
5 Vytavování



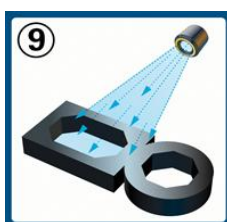
6 Žihání



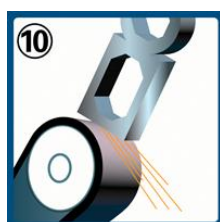
7 Odlévání



8 Dokončovací operace



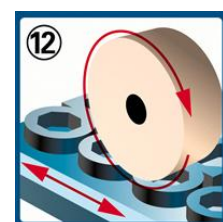
9 Tryskání



10 Broušení



11 Visuální kontrola



12 Obrábění



13 Povrchová úprava



14 Finální kontrola

Obr. 7. Jednotlivé fáze výrobního procesu [18]

Metoda vytavitelného modelu jak bylo již uvedeno, je specifická v tom, že obsahuje mnoho jednotlivých operací, která každá z nich do určité míry ovlivňuje finální kvalitu odlévaného výrobku. A proto je důležité se zaměřit na každou fázi výroby zvlášť a zajistit její precizní provedení.

Výrobní proces je rozdělen do několika fází, které jsou k vidění na obr. 4. Základním prvkem této metody je model, vyrobený z voskové směsi. Ten se vyrábí vstříkáním rozehřátého vosku do mateční formy. Použité modelové zařízení má významný vliv na kvalitu budoucího odlitku.

Vyrobené a očištěné voskové modely jsou napojeny (sestaveny) na centrální vtokový kůl nebo zabudovány do vtokové soustavy. Vtoková soustava je většinou vyrobena z jiného druhu vosku, než je samotný vzor, protože na ní nejsou kladeny jakostní požadavky.

Tento sestavený voskový celek je následně obalen do keramických obalů a vzniká tzv. skořepina. Ta se vyrábí namočením voskového modelu do obalové hmoty a následně obalen žárovečným materiálem o vhodné zrnitosti. Cyklus se opakuje tolikrát, dokud nemá obal požadovanou tloušťku, aby vydržel následné operace. Tento cyklus je dnešní době již automatizován.

Z řádně vysušené a vytvořené skořepiny se odstraní vosková hmota. Nejčastěji se používá přehřátá pára. Po odstranění vosku se musí skořepina vysušit a následně vyžít před samotným odléváním.

Po odlití, ztuhnutí, a vychlazení se ze stromečku odstraní keramika a to nejčastěji pneumatickým kládívem. Následují pak dokončovací operace jako oddělování, broušení a tryskání. Po očištění jsou odlitky podrobeny kontrolám. [7]

1.5.1 Vývoj a výroba formy

Vývoj a výroba formy je první operace v technologii vytavitelného modelu. Z výrobního výkresu a 3D modelu zákazníka je vytvořen výkres odlitku se všemi náležitostmi, jako jsou technologické přídatky, nejnütnější úkosy a vtoky.

Dle výkresu odlitku je zhotovena forma. Tvar formy je shodný s tvarem konečného odlitku a jakákoliv nepřesnost formy pak ovlivní voskový model a tím i následně odlitek. Proto jsou na výrobu matečních forem kladeny velmi vysoké nároky.

Forma musí mít velmi kvalitní povrch a přesné rozměry, které se ovšem neshodují s rozměry výsledné součásti. Zde je nutné dbát na teplotní roztažnost vosku. Dutina formy musí být zvětšena o předpokládané procento smrštění. Je tedy důležité znát všechny faktory výroby, aby forma zachycovala tyto rozměrové změny a bylo dosaženo přesných rozměrů požadovaných zákazníkem.

Formy lze rozdělit: [41]

- Podle konstrukce
 - Samostatné formy pro jeden model
 - Samostatné formy pro více modelů (etážový odstřík)
 - Ve formě výměnných vložek do upínacích vstřikovacích lisů

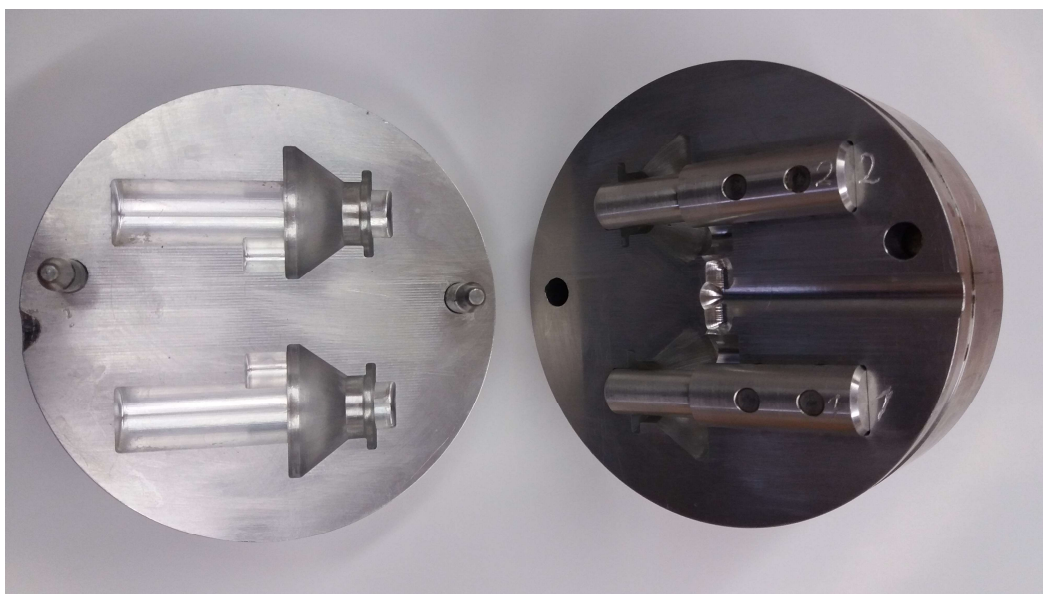
- Podle účelu a použití
 - Forma k výrobě vlastních modelů
 - Forma k výrobě vtoků, nálitků, konektorů, apod.

- Podle stupně mechanizace
 - S ručním vyjímáním
 - S vyhazovači modelů
 - S jádry a částmi forem ručně nebo mechanicky rozebíratelnými
 - Celkově mechanizované nebo automatizované

- Podle způsobu výroby
 - Obráběním (podle výkresu)
 - Odléváním (podle matečného modelu)
 - Galvanoplastika, metalizace

- Podle materiálu formy
 - Ocel
 - Hliníkové slitiny
 - Nízko tavitelné slitiny
 - Zinkové slitiny
 - Plastické hmoty
 - Sádra
 - Kaučuk

Pro dlouhou životnost, rozměrovou přesnost a velkou sériovou výrobu jsou nejpoužívanější formy vyrobené obráběním z oceli nebo hliníkových slitin. Modely jsou velmi přesné, ale jistou nevýhodou je nákladnost výroby formy. Formy mohou totiž obsahovat několik výsuvných jader a částí. [41]



Obr. 8. Duralová forma pro výrobu voskového modelu [18]

1.5.2 Výroba a sestavení voskového modelu

Základním předpokladem pro vyrobení kvalitního odlitku touto metodou přesného lití je kvalitní voskový model. Proto je nutné věnovat této operaci zvýšenou pozornost, dbát na čistotu zařízení, pracoviště, kvalitu forem a přípravků. [8]

Principem je vstřikování voskové směsi do matečné formy. Matečná forma je opatřena dutinou kopírující přesný tvar odlitku. Tuto dutinu vosková směs vyplní a zatuhne. Poté dochází k rozebrání matečné formy a vyjmutí voskového modelu.

Samotné vstřikování je velmi důležitá a kontrolovaná operace. Vstřikovací parametry jako jsou teplota vosku, vstřikovací tlak, rychlost plnění, doba dotlaku, tvar a zaústění vtoku, mají vliv na konečné rozměry voskového modelu a jsou prakticky jedinou možností řízeného ovlivnění polohy tolerančního pole konečného odlitku. Tento proces se provádí na specializovaných vstřikovacích lisech, který je uveden na obr. 9.



Obr. 9. Moderní vstřikovací lis Shell-O-Matic [9]

Ty vstřikují roztavený vosk, jehož teplota se pohybuje v rozmezí 55 – 90 °C pod tlakem do formy. Formy bývají opatřeny separátorem, který zabraňuje nalepování vosku na stěny a usnadňuje vyjímání modelů. Poté, co vosk ve formě zchladne a ztuhne, je model vyjmut a očištěn od případných otřepů z dělicí roviny. Před tím, než se model složí na modelové sestavy, musí se nechat „vyzrát“ (stabilizovat). Tento proces trvá minimálně 24 hodin. Stabilizace rozměrů je velmi důležitý proces, protože „Jakost hotového odlitku nemůže být nikdy lepší, než je kvalita voskového modelu“ [10]

1.5.2.1 Voskové směsi

V dnešní době se voskové směsi skládají z velkého množství složek (obr. 10). To proto, aby bylo možné splnit náročné požadavky na jejich konečné vlastnosti. Mezi složky voskových směsí patří přírodní uhlovodíkové vosky, přírodní esterové vosky, přírodní a syntetické pryskyřice, syntetické vosky, organická plniva a voda. [22]



Obr. 10. Voskové směsi [26]

Pokud vezmeme v úvahu množství složek, které vosková směs obsahuje, je zřejmé, že chování těchto směsí je složitou záležitostí.

Požadované vlastnosti voskových směsí jsou:

Minimální teplotní roztažnost, vysoká pevnost, vosk by se neměl lepit na stěny formy, měl by tvořit čistý hladký povrch a přesně reprodukovat stěny formy, chemická odolnost proti keramické směsi, vysoká smáčivost při kontaktu s břeczkou. Dále by měl obsahovat minimum popela, doba tuhnutí ve formě by měla být co nejkratší a směsi by měli být dobře recyklovatelné. [22]

1.5.2.1.1 Rozdělení voskových směsí

Vosky na modely: [22]

- Neplněné vosky (přímé):

Mezi výhody těchto vosků patří nízký obsah popela, vysoká kvalita povrchu, snadná regenerace a rekonstituce, navíc je možné je odštíknout v širokém rozsahu teplot. Modely z těchto vosků však mohou trpět častým výskytem propadlin v oblastech nahromadění materiálu. Tento problém lze omezit intenzivnějším chlazením forem nebo lokálním užitím voskových jader.

- Emulzifikované vosky:

Tyto vosky jsou vlastnostmi velmi podobné neplněným voskům. Obsahují však plnivo, vodu nebo vzduch, které snižuje výskyt propadlin a zvyšuje rozměrovou stabilitu vosků. Obsah těchto plniv (emulzifikátorů) se pohybuje mezi 7-12%. Výroba modelů obvykle probíhá za nižších vstřikovacích tlaků.

- Plněné vosky:

V současnosti jsou nejpoužívanějšími modelovými vosky. Obsahují organické plnivo v podobě prášku, který je ve vosku nerozpustný. Obsah plniva se pohybuje v rozmezí mezi 20-40%. Díky němu má model lepší rozměrovou stabilitu a povrch modelu se méně propadáva. Tyto vosky jsou vhodné pro složité tenkostěnné modely.

Vosky na vtoky: [22]

Složením velmi podobné neplněným voskům, mají však vyšší pevnost, aby byly schopny unést samotné modely. Na vtokové soustavy se používají také regenerované přímé vosky.

Vodou rozpustné vosky: [22]

Používají se na výrobu voskových jader. Jsou rozpustné ve vodě nebo slabých kyselinách. Poměrně dobře se odštíknou, mají dobrou rozměrovou stabilitu a malý sklon k propadání povrchu.

Speciální vosky: [22]

Vosky na lepení – Základní vlastností těchto vosků je vysoká adheze. Používají se především na lepení modelů.

Namáčecí vosky – Voskové směsi s nízkou viskozitou určené pro zmenšení nebezpečí vzniku trhlin u skořepin při vytavování vosku v autoklávu.

Vosky na opravu – Pomocí těchto vosků se opravují poškozené modely.

1.5.2.1.2 Recyklace vosků

Po použití ztrácí vosková směs požadované vlastnosti a nelze ji tedy použít znovu. Je však možné použitou směs recyklovat a její vlastnosti tak obnovit. Toto řešení je oproti nové směsi ekonomicky výhodné i šetrné k životnímu prostředí. Pro tento účel lze využít dva procesy:

- Regenerace

Při regeneraci dochází pouze k částečné obnově technologických vlastností. Regenerovaný vosk je vhodný pouze pro výrobu vtokových soustav.

- Rekonstituce

Pokročilý proces, při kterém dochází téměř k úplné obnově technologických vlastností. Při tomto procesu je nutné do vosku přidat nové suroviny. Rozměrová přesnost je takřka totožná s panenským voskem. Rekonstituovaný vosk je vhodný i na výrobu modelů. [22]

1.5.2.1.3 Zkoušení vosků

Zkoušení voskových směsí je velice důležité, Pomocí různých zkoušek zjistíme, zda má vosk požadované vlastnosti a jestli je vhodný pro danou situaci. [22]

Stručný popis zkoušených vlastností: [22]

1. Bod skápnutí

Bod skápnutí je teplota, při které dochází ke změně skupenství vosku z pevného na kapalné. Znalost této hodnoty je důležitá především kvůli vytavování vosku ze skořepiny.

2. Bod tuhnutí:

Bod tuhnutí je teplota, při které přestává vosk téci pod vlivem gravitace. Tato hodnota je důležitá zejména z hlediska vstřikovacích vlastností.

3. Viskozita:

Hodnota viskozity určuje, jak snadno vosk teče. Viskozita je závislá na teplotě. Obvykle se viskozita zjišťuje za teploty, při níž se vosk vstříkuje do formy.

4. Zabíhavost:

Při zkoušce zabíhavosti je vosk při známých parametrech vstříknut do speciální spirálové formy. Zkouška se vyhodnocuje podle toho, jak daleko vosk doteče.

5. Penetrace:

Jedná se o měření tvrdosti. Vyhodnocuje se hloubka díry po vniku jehly daných rozměrů kolmo do povrchu voskového vzorku. Test probíhá při dané teplotě, velikosti zatížení a délce trvání.

6. Statická zkouška ohybem:

Tato zkouška je důležitá z hlediska manipulace s voskovým modelem. Mechanické vlastnosti se projeví při vyjímání modelu z formy, sestavování stromečku a obalování.

7. Rozměrová analýza:

Rozměrová analýza je zkouška zjišťující rozměrové změny vosku po odstříknutí. Tuto hodnotu ovlivňuje jak vlastnost samotného vosku, tak i parametry vstřikování. Za ideální se považuje co nejmenší hodnota smrštění. Největší vliv na smrštění má obsah plniva, čím je obsah plniva větší, tím klesá smrštění.

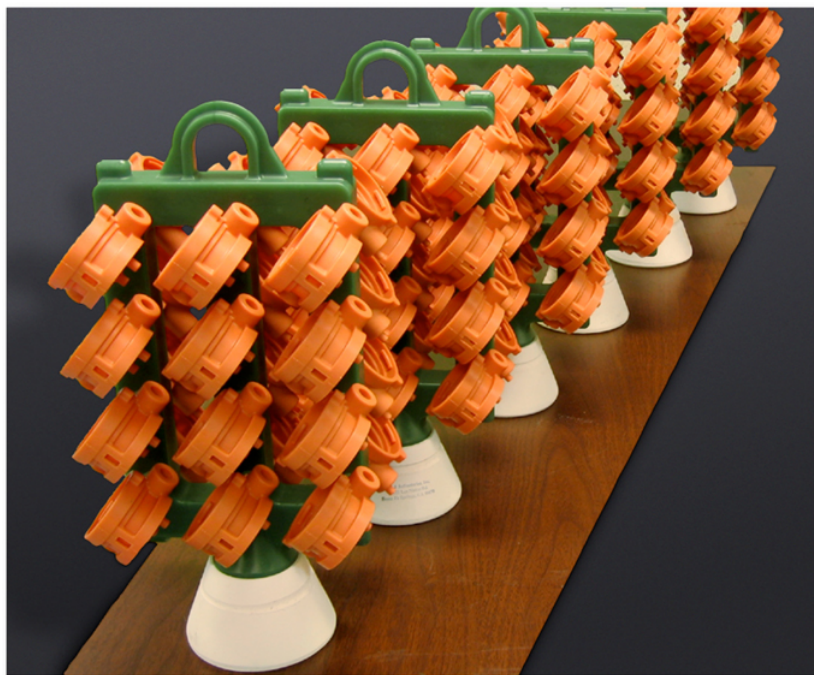
8. Obsah popela

Pomocí této zkoušky se zjišťuje procentuální obsah nespalitelných látek ve vosku. Vysoký obsah popelovin ve vosku je příčinou viditelných defektů na voskových modelech. Maximální obsah popela pro účely přesného lití byl stanoven na 0,05%.

1.5.3 Sestavení voskových modelů

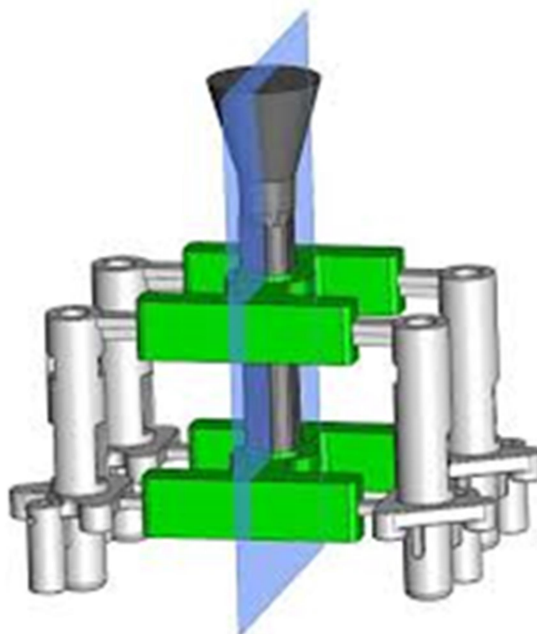
Po stabilizaci se odstříknuté voskové modely skládají a napojují na vtokovou soustavu a vytváří tzv. stromeček. Pokud jde o rozměrný voskový model je sestaven samostatně. V případě velmi malých modelů se na vtokovou soustavu sestavuje i desítky kusů těchto modelů.

Připojování voskových modelů k vtokové soustavě je možno provádět dvěma způsoby, a to pájením nebo lepením. Princip pájení spočívá v natavení dosedacích ploch modelu i vtokové soustavy. Poté se pájedlo z místa styku vytáhne a model se přitlačí k vtokové soustavě. Při lepení se na stykové plochy nanáší roztavené lepidlo.



Obr. 11. Sestavené voskové modely [40]

Vtoková soustava se skládá z nálevky, vtokového kůlu, doplňovací sestavy a vtoku. Vtok bývá většinou již součástí matečné formy jednotlivých kusů. Elementy vtokové soustavy se vyrábějí stejně jako jednotlivé voskové modely.



Obr. 12. *Skladba vtokové soustavy* [18]

Rozložení a počet modelů na stromečku musí být navržen s ohledem na následující obalování a odlévání. Po obalení stromečku se nesmějí jednotlivé modely navzájem dotýkat a musí být mezi nimi mezera. Dále musí být stromeček sestaven tak, aby byl k modelům dobrý přístup a nevznikalo riziko poškození již připevněných modelů. Modely by měli být také umístěny tak, aby nedocházelo k nesteromnému usazování obalové hmoty v dutinách, což by vedlo k nerovnoměrnému chladnutí.

1.5.4 Obalování stromečků

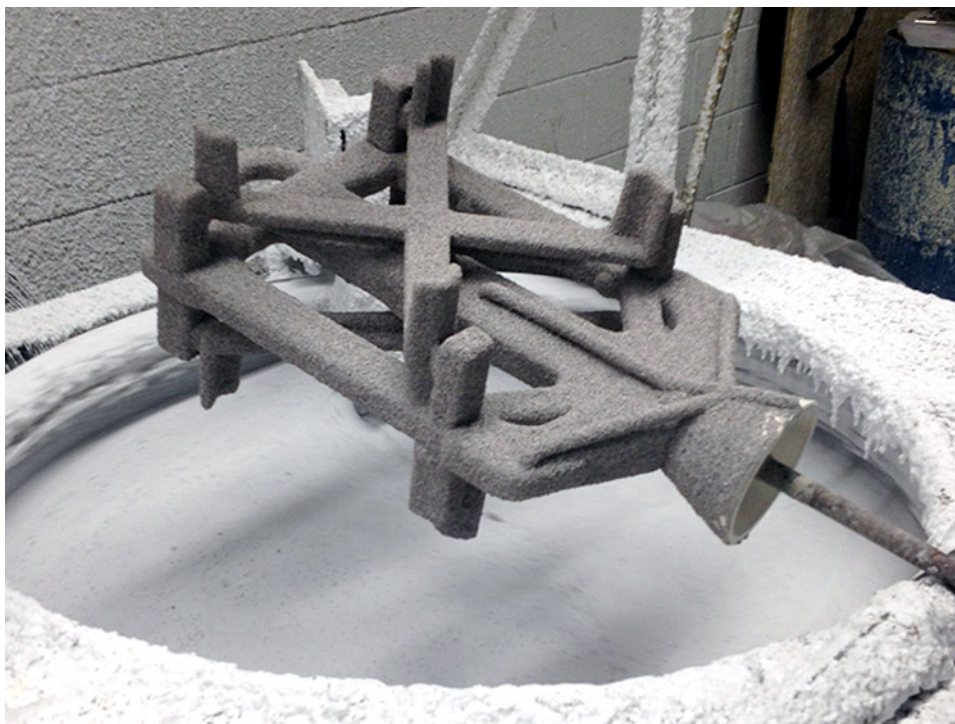
Jedním nejdůležitějším procesem ve výrobě odlitek metodou vytavitelného modelu je obalování stromečků. Pomocí této operace je možno vyrábět tvarově složité odlitky z různých slitin jak železných tak i neželezných. Vzhledem k tomu, že finální odlitek bude mít pouze tak kvalitní, jak kvalitní je skořepinová forma, je nutno zajistit aby obalení bylo skutečně precizní. [4]

Kroky vedoucí k tvorbě keramické formy:

Prvním krokem je odstranění mastnoty a nečistot z povrchu voskové soustavy (vtokový systém + voskové modely), v opačném případě by hrozilo špatně přilnutí prvního obalu na povrch voskového modelu. [11]

Druhým krokem je ponoření voskového stromečku do keramické směsi (obr. 9). Běžně se tato směs nazývá pracovní „břečka“. Břečka se skládá ze dvou hlavních složek, z pojiva na bázi alkosolů nebo hydrosolů a plniva, které je obvykle křemenná moučka. Výběr těchto dvou elementů současně s typem ostríva podstatně ovlivňují většinu vlastností keramické formy. [11]

K zamáčení dochází pozvolna strojně nebo ručně, podle možností slévárny a ihned po vytažení se se stromečkem manipuluje tak, aby došlo k okapání přebytečné směsi zpět do zásobníku. Keramická směs musí na povrch stromečku důkladně nanášena do všech koutů, spárů a dutin, do kterých mnohdy není dobře vidět a je nezbytné, aby byla po celém povrchu stromečku vrstva břechky rovnoměrná. [4, 11]



Obr. 13. Obalování stromečku (ponoření do keramické směsi) [19]

Bezprostředně po okapání přebytku keramické směsi dochází ke třetímu kroku, a to nanášení žárovzdorného posypového materiálu – ostřiva (obr. 12). Ostřivo může být nanášeno fluidně nebo gravitačním (sprchovým) sypačem. Na první obaly se zpravidla používají ostřiva s jemnější zrnitostí pro zajištění dokonalé kopie kontury voskového modelu. Další slouží především jako nosný prvek a současně nesmí ovlivňovat prodyšnost formy, proto se používá ostřivo s hrubší zrnitostí. Pro správný výběr ostřiva jsou důležité tři vlastnosti, tepelná roztažnost, teplota tavení a chemická netečnost vůči litému kovu. [11]



Obr. 14. Obalování stromečku (posyp žárovzdorným materiálem) [20]

Takto obalený voskový stromeček je nutno řádně vysušit. K sušení dochází na vzduchu nebo působením plynného činidla, většinou čpavku. Během tohoto procesu tvorby keramické skořepiny je přísně sledována vlhkost, teplota a proudění sušícího prvku. [11]

Po důkladném vysušení prvního obalu dochází stejným způsobem k tvorbě dalších vrstev. Keramická forma je připravena k dalšímu zpracování po nanesení potřebného počtu obalů v závislosti, velikosti a litém materiálu. [11]

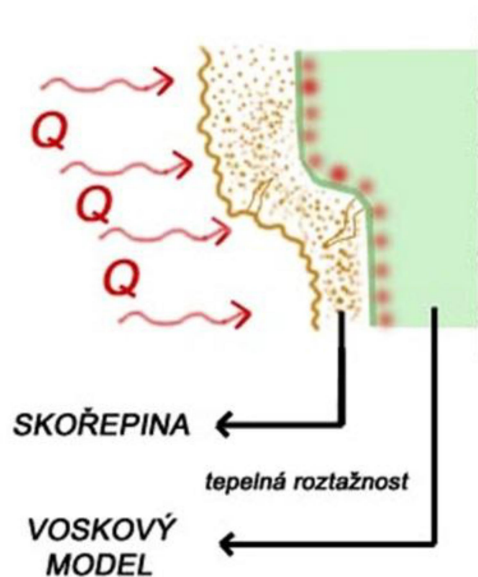


Obr. 15. *Sušení stromečku* [21]

1.5.5 Vytavování vosku

Další fází, po vytvoření a dokonalém vysušení skořepinové „obálky“, je odstranění voskové hmoty z dutiny skořepiny, tzv. vytavování. Princip spočívá v rychlém ohřevu keramické skořepiny s voskovou hmotou nad teplotu tavení vosku, kdy dojde k vytečení voskové směsi. Tímto způsobem vznikne keramická forma připravená k lití tekutého kovu. Zásadním problémem je zde, ale rozdílná roztažnost vosku a keramické skořepiny. Skořepina se roztahuje v daleko menším měřítku, proto je zde nebezpečí vzniku prasklin. [4]

Řešením tohoto problému je vytvoření tzv. dilatační spáry, která je vytvořená rychlým ohřevem skořepiny neboli tepelným šokem (obr. 16). Tímto způsobem se nataví tenká vrstva vosku přiléhající na skořepinu, která zachytí rozměrové změny vosku. Dilatační spára by měla vzniknout po celé ploše skořepiny. [4]



Obr. 16. Dilatační spára [18]

Vytavování se provádí dvěma hlavními způsoby: [6]

A) Za vysokých teplot – vložení do pece o teplotě minimálně 750°C a následným zvýšením teploty na žíhací (900-1000°C)

B) Za nízkých teplot

- Ve vroucí vodě
- A autoklávu v přehřáté páře (tlak 0,3-0,5 MPa, teplota 135-165°C)
- Dielektrickým ohřevem (ohřev navlhčené skořepiny v poli vysokofrekvenčních oscilací)
- Proudem teplého vzduchu do středu voskového modelu

Nejčastěji se v dnešní době používá pára v autoklávu. Je zde obrovskou výhodou vytvoření tepelného šoku, kdy dojde k vytvoření malé vrstvičky roztaveného vosku na rozhraní forma – vosk. Tato vrstva má funkci dilatační spáry, čímž zabráníme popraskání vlivem rozdílného roztahování. Další výhodou je pohodlný odtok vosku do sběrné vany. Důležité je, aby byly skořepiny v autoklávu naskládány tak, aby byl zaručen dobrý odtok vosku z dutiny. [6]

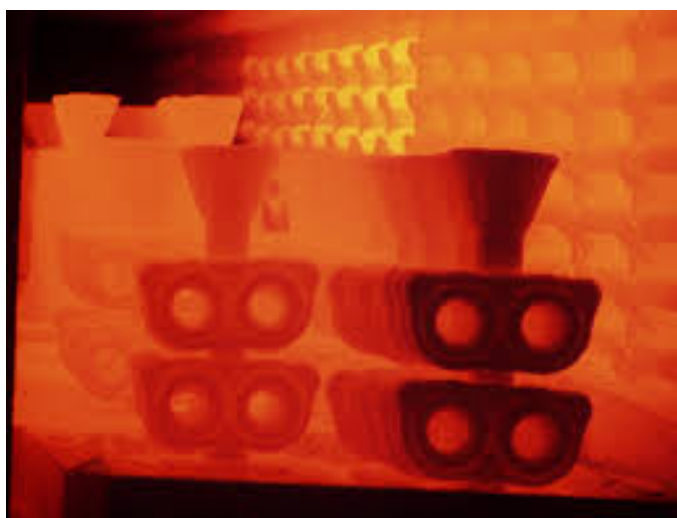
Vytavený vosk je dále regenerován nebo rekonstituován v závislosti na možnostech slévárny a druhu používaného vosku. [6]



Obr. 17. Autokláv [34]

1.5.6 Žihání skořepin

Těsně před samotným litím je nutné provést žihání skořepiny. Jednak z hlediska odstranění (vypálení) zbytku vosku a všech těkavých látek (vlhkost), tak z hlediska převedení vazné vrstvy SiO₂ na formu krystalickou. Žihací teploty se pohybují v rozmezí 900-1000°C pro SiO₂ a 1200-1400°C pro molochit, korund a další. [6]



Obr. 18. Žihání skořepin [12]

1.5.7 Tavení a odlévání

Způsob tavení závisí především na typu odlévané slitiny a požadované kvalitě odlitku. Běžně se používají klasické atmosférické pece. Pro vyšší kvalitu tavené lázně existují pece umístěné ve vakuu. V dnešní době se nejčastěji používají pece elektrické. Ty se dále dělí na indukční a odporové. [13]



Obr. 19. Ukázka tavicích pecí [14]

Indukční elektrické pece používají síťovou nebo střední frekvenci a vyrábějí se jako kelímkové, vanové, bubnové, obvykle však kanálkové. Vlivem vířivých proudů procházejících taveninou dochází k dobré homogenizaci taveniny, což je značnou výhodou. Na druhou stranu dochází k přimíchávání kyslíku z atmosféry, což vede k silnému naplynění taveniny. To je problém především u slitin hliníku. [13]

Odporové elektrické pece se vyrábějí nejčastěji jako kelímkové a používají se pro menší tavící výkony. Tavenina není dobře promíchávána, dochází zde ale k minimálnímu propalu a naplynění. [13]

U těchto pecí se možné provádět většinu úprav taveniny jako je legování, rafinace, modifikace a jiné. [13]



Obr. 20. Tavení materiálu v indukční peci [18]

Před samotným odléváním se odebírá z pece kontrolní vzorek z taveniny z důvodu zjištění chemického složení, popřípadě dalších zkoušek nezbytných pro přesnou přípravu tekutého kovu k lití

Odlévání je jedna z nejdůležitějších částí celé technologie. Metodou vytavitelného modelu umožňuje odlévat širokou škálu slitin. Je to jeden z důvodů progresivnosti této technologie. Způsob lití nebo teplota slitiny při odlévání ovlivňují strukturu odlitku a tím jeho vlastnosti. Odlévání je proto velice důležitým procesem.

Samotný proces lití se provádí buď na vzduchu (otevřené lití) nebo ve vakuu (vakuové lití). Při vakuovém lití se dosahuje vyšší kvalita odlitku naopak nevýhodou je vyšší cena a nižší produktivita.

Typy metod odlévání: [16]

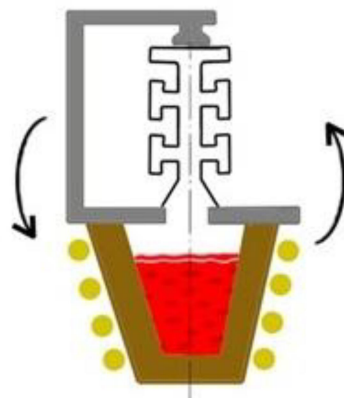
- Klasické (gravitační)
- Sklopné
- Vakuové
- Vakuové nasávání

Klasické – do skořepiny umístěné na licím poli je za přístupu vzduchu vléván roztavený kov. Pro zatečení kovu využívá pouze vlastní hmotnosti. Metoda je též známa jako gravitační lití. [16]



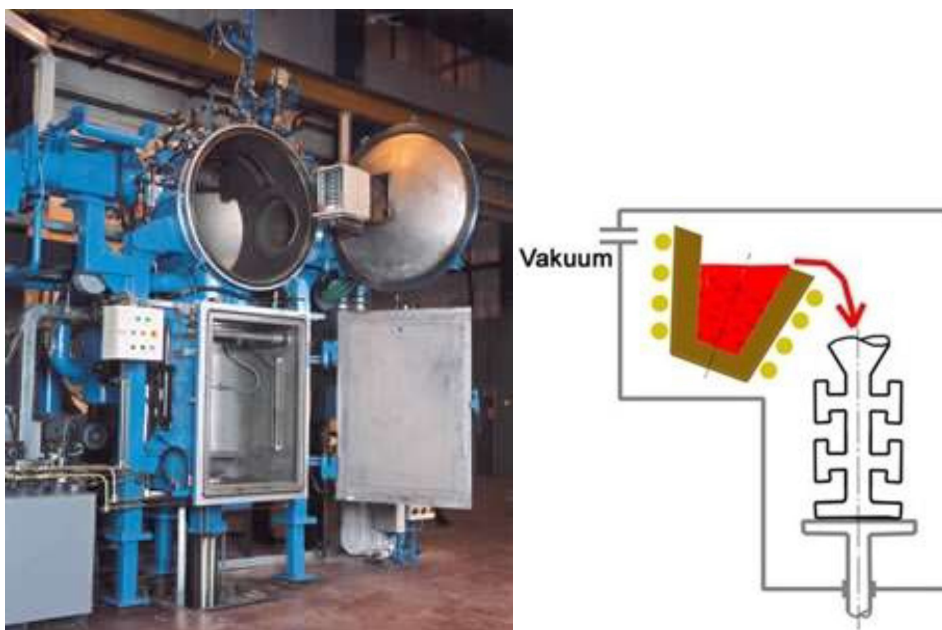
Obr. 21. *Gravitační lití* [18]

Sklopné – Kov je roztaven v otočné tavící peci, na které je připevněna forma. Nakloněním pece dojde k vyplnění formy kovem. [16]



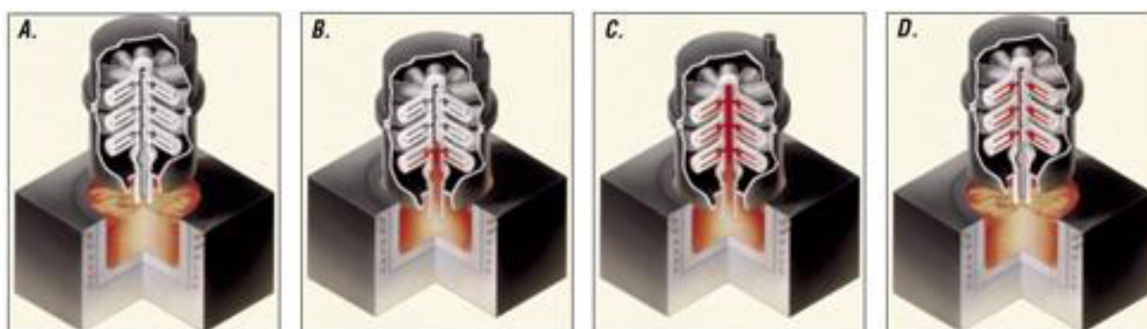
Obr. 22. *Sklopné lití* [16]

Vakuové – Kov se nataví ve vakuu a odlévá se za postupného snižování podtlaku. [16]



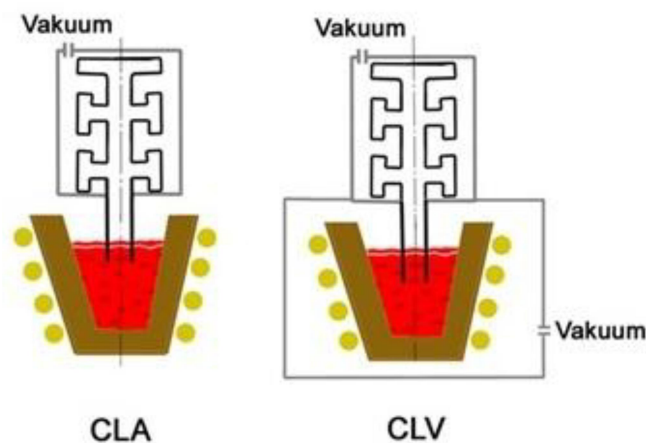
Obr. 23. *Vakuové lití* [16]

Vakuové nasávání – Forma je nad kelímkem s roztaveným kovem, který se do skořepiny nasaje pomocí podtlaku. Po naplnění formy se odlitky začnou tuhnout, zatímco kov ve vtokovém kůlu zůstává roztavený. Po uvolnění podtlaku se proto vrací zpět do kelímku pro opětovné použití. [16]



Obr. 24. *Vakuové nasávání* [16]

Rozlišujeme dva způsoby vakuového nasávání: CLA a CLV. Rozdíl je, že při metodě CLV se kov taví ve vakuu, zatímco při metodě CLA nikoliv. [16]



Obr. 25. Schéma CLA a CLV [16]

1.5.8 Odstranění keramiky

První operace po zchladnutí odlitku je odstranění keramické skořepiny ze stromečku. To se děje ručně, kdy pracovník údery kladivem do vtokové soustavy otlouká keramiku či strojně v pneumatickém kladivu za pomoci vibrací. Strojní odstraňování keramiky v pneumatickém kladivu je velmi hlučné a prašné. Proto je stromeček uzavřen do zvukotěsné komory opatřené odsáváním.



Obr. 26. Ruční oklepávání skořepiny [37]



Obr. 27. Vysokotlaké čištění odlitků

V poslední době se používá nový způsob odstraňování keramiky za pomoci vysokého tlaku vodního paprsku. Tento způsob, ale není vhodný pro všechny slévárny a pro jejich technologii.

1.5.9 Oddělení odlitků od vtokové soustavy

Po odstranění keramiky ze stromečku jsou odlitky odděleny od vtokové soustavy. To se děje pomocí kotoučových či rozbrušovacích strojů. V některých případech se k oddělování odlitků ze stromečku používá také hliníková palice, kdy se ručně odklepávají odlitku od vtokové soustavy.



Obr. 28. Rozbrušovačka [35]

Po oddělení na odlitku zůstane zbytek po vtoku, který se musí odstranit na pásových bruskách dle požadavků.

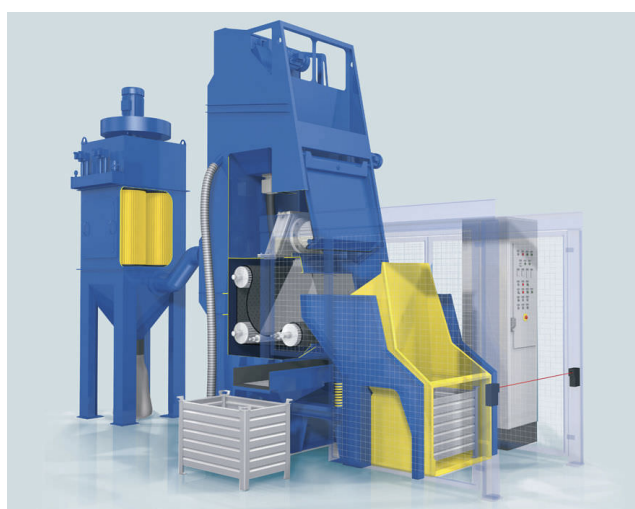


Obr. 29. Pásová bruska [36]

1.5.10 Odstranění zbylé keramiky

Odstraňování skořepiny po odlití nebývá vždy dostačující a dokonalé a proto je potřeba odlitek vzhledově upravit. V současné době se používají chemické nebo častěji abrazivní metody. V některých případech se používají obě metody současně.

Abrazivní metody lze rozdělit na tryskání tlakové, které jako médium využívá vzduch nebo vodu a na tryskání bez použití vzduchu, při kterém jsou abrazivní částice na odlitky vrhány pomocí lopatkového kola.



Obr. 30. Bubnové tryskací zařízení [37]

Chemické metody spočívají v ponoření odlitků do chemické lázně, kde dochází k odstranění zbylé skořepiny. Existují dva způsoby:

Lázeň s rozpuštěnou solí – rozpuštěná sůl je hydroxid sodný s vyrovnávacími aditivy nebo bez nich. Sůl je rozpuštěna ve vaně při teplotě 475 – 600 °C. Sůl velmi dobře odstraní zbytky keramiky. Doba ponoření odlitku je v rozmezí od 10-20 min. v závislosti na tvaru, velikosti a odlévaného materiálu.

Horká vodní žíravá lázeň – jedná se o lázeň s alkalickým koncentrátem, obvykle hydroxidem draselným. Odlitky jsou ponořovány do roztoku o teplotě cca. 800°C po dobu několika hodin, poté jsou opláchnuty a sušeny.

1.5.11 Finální operace

Po úplném očištění odlitku od keramiky se provádí dokončovací operace, mezi které patří broušení povrchových vad a nerovností, leštění a omílání. Někdy je nutné zařadit mezi dokončovací operace také tepelné zpracování z důvodů změny struktury materiálu či následné opracování odlitku. [16]

1.5.12 Kontrola jakosti odlitků

Kontrola jakosti je stěžejním nástrojem pro ekonomiku slévárny. Nelze si představit, že by se odlitky vyráběly stále dokola s vysokým procentem zmetkovitosti, aniž by docházelo k různým nápravným opatřením. [8]

Je přirozené kontrolovat výrobek během celého procesu výroby mezi jednotlivými operacemi a ne jen na konci celého výrobního cyklu. Není možné, aby neshodný výrobek, způsobený vadou voskového modelu, putoval celou výrobou až k finální kontrole a zde se teprve vyřadil. Stejně tak není možné, odlila celá tavba z materiálu, který nemá předepsané obsahy prvků. To by vedlo ke ztrátám, které by se slévárnám staly osudnými. Z toho plyne, že je důležité kontrolovat nejen odlitek na konci procesu, ale také provádět kontrolu během cesty odlitku od voskového modelu až po expedici. [8]

Přehled možných kontrol jakosti ve slévárně: [16]

Vzhledová kontrola – časově nenáročná a levná defektoskopická metoda. Kontrola se provádí pouhým okem, lupou či pomocí endoskopů, včetně systémů s malými kameny a osvětlením. [16]

Rozměrová kontrola – kontrola přesnosti provedení, tolerovaných rozměrů, tvarů a polohy. Zpravidla pro metodu přesného lití se vychází s normy VDG – P690. [17]

Chemické složení materiálu – rychlá, nedestruktivní analýza chemického složení materiálu založena na rozdílné absorpci monochromatického záření různými prvky. Záření je zachycováno fotocitlivým snímačem, který vyhodnotí počet, druh a obsah prvků v kovu (v %). [16]



Obr. 31. *Spektrometr* [18]

Metalografie – destruktivní defektoskopická metoda. Jejím cílem je zviditelnění struktury materiálu a následné studium pomocí optického či elektronového mikroskopu. [16]



Obr. 32. *Makrostruktura zkoušeného materiálu* [25]

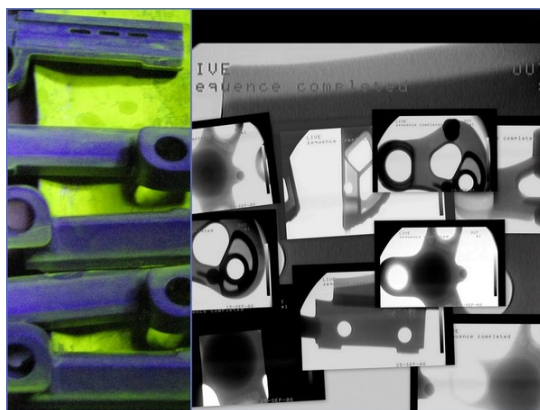
Kontrola mechanických vlastností – destruktivní defektoskopické metody, při nichž se vyhodnocují mechanické vlastnosti materiálu. Patří sem například zkoušky pevnosti v tahu, tažnosti či tvrdosti. [16]



Obr. 33. Tahová zkouška materiálu [25]

Kapilární defektoskopie – nedestruktivní metoda používaná k určení povrchových trhlin a necelistvostí. Po nanesení kapaliny na testovaný odlitek dojde k jejímu zachycení v trhlinách, což indikuje jeho defekt. [16]

Rentgen – nedestruktivní metoda založena na prozařování materiálu ionizačním zářením s následným vyhodnocením snížení intenzity při průchodu odlitkem. Intenzita záření je rozdílná v reakci na strukturní povrchové nebo vnitřní materiálové defekty či změny tloušťky materiálu. [16]



Obr. 34. Nedeštruktivní zkoušky odlitku [35]

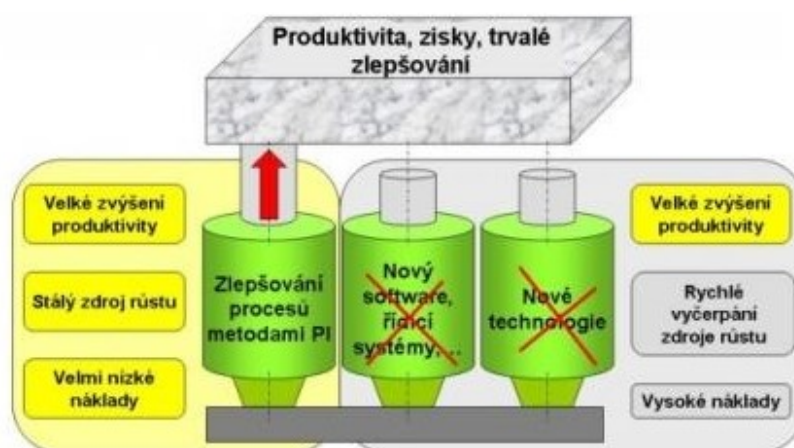
Ultrazvuk – nedeštruktivní metoda spočívá ve změnách propustnosti a odrazech ultrazvukové vlny v důsledku nečelivosti materiálu. [16]



Obr. 35. Zkouška ultrazvuku materiálu [25]

2 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Průmyslové inženýrství je oborem, který se rozvinul na základě studia technologie výrobku i technologie procesu. Je to uznávaný vědecký obor, který se zabývá návrhem, zaváděním a zlepšováním výrobních systémů, jejichž cílem je produkce výrobků nebo poskytování služeb. Tyto systémy mají socio-technickou povahu a integrují lidi, informace, stroje, energie, materiál a procesy v rámci celého životního cyklu výrobku, služby nebo programu. Procesní inženýrství v těchto systémech podporuje dosažení vysokého výkonu, vysoké produktivity, plnění plánu, a řízení nákladů. PI se zaměřuje především na neinvestiční zvyšování produktivity procesu [27]. Průmyslové inženýrství je mnohdy spojováno s tzv. štíhlou výrobou. [33]



Obr. 36. Zaměření průmyslového inženýrství [28]

2.1 Štíhlá výroba – základ PI

Štíhlá výroba či Lean manufacturing je metodika, kterou vyvinula firma Toyota po 2. světové válce jako Toyota Production System (TPS). Duchovními otci této metodiky jsou Taichi Ohno a Shingeo Shingo. Jedná se o přístup k výrobě, který je odlišný od klasického přístupu. Hlavní myšlenkou a cílem je, že se výrobce snaží uspokojit v maximální míře zákaznickovy požadavky tím, že bude vyrábět jen to, co zákazník požaduje. [33]

Snaží se vytvářet produkty v co možná nejkratší době a pokud možno s minimálními náklady, bez ztráty kvality nebo na úkor zákazníka. Dosáhneme toho minimalizací plýtvání.

Tato metodika se snaží řídit heslem „náš zákazník, náš pán“. Její princip spočívá v náhledu na rovnici zisku, a to s následujícím způsobem:

$$\text{Náklady} + \text{Zisk} = \text{Cena} \quad \text{mění na:} \quad \text{Cena} - \text{Náklady} = \text{Zisk}$$

2.2 Podstata průmyslového inženýrství

Základní podstatou PI je neustálé odstraňování ztrát a odstraňování plýtvání neboli muda. To spočívá především v neustálém putování výrobním provozem, kdy se zaznamenávají činnosti, které přidávají hodnotu a činnosti které hodnotu nepřidávají. Dále je kladena otázka: „Co zákazník od tohoto procesu požaduje?“ Zákazníkem je zde myšlen každý navazující proces (vnitřní), anebo konečný vnější zákazník. Pohled „zákazníka“, který dokáže oddělit kroky, které v procesu přidávají hodnotu od kroků, které hodnotu nepřidávají či dokonce ubírají lze aplikovat na každý proces ať už výrobní, či informační nebo na proces poskytování služeb. [33]

2.3 Metody průmyslového inženýrství

Samotné metody můžeme rozdělit na dvě skupiny a to:

Základní metody – jsou zaměřeny na určitou, většinou úzkou skupinu problémů produkčního systému a představují „nejlepší praxi“ při jejich řešení, jejich přínos je málokdy dosažitelným jiným způsobem. Výsledkem jejich užití je hmatatelné zlepšení procesu. Jsou většinou jednoduché, první užitečné výsledky přinášejí v krátké době a jsou zpravidla velmi dobře vyhodnotitelné. Jsou základem zlepšování. Při zavádění průmyslového inženýrství se mají využívat jako první v řadě a jsou to: [28]

- Jednokusový tok
- Jidoka
- Kanban
- MOST
- 5 S
- POKA-YOKE
- Projektové řízení
- Průmyslové moderace
- SMED
- Standardizace
- TPM
- Visuální řízení

Komplexní (zastřešující) metody – Jejich nejvýznamnějším rysem je schopnost spojovat základní metody do celků, zaměřených zpravidla širší oblast problematiky průmyslového podniku. Jejich využití v „začátečnické“ firmě je velmi problematické, naopak je nutné, aby pracovníci dané firmy již měli ve zlepšování produkčního systému něco za sebou. Mezi komplexní metody patří: [28]

- Just-In-Time (JIT)
- Kaizen
- Nová montáž
- Six sigma
- Štíhlé pracoviště
- TOC – Teorie omezení
- Trvalé zlepšování procesů
- Týmová práce

2.4 Produktivita a efektivita

Produktivita je míra, která vyjadřuje, jak dobře jsou využity zdroje při vytváření produktu. Jejím nejobecnějším vyjádřením je poměr mezi výstupem z procesu a vstupem potřebných zdrojů do procesu. Efektivita představuje poměr mezi aktuálním výstupem a standardním výstupem vyjádřený v procentech. [31]

2.5 Plýtvání a jeho identifikace

V souvislosti s oborem průmyslové inženýrství se vždy hovoří o plýtvání a jeho odstraňování. V případě nějaké charakteristiky lze říci, že plýtvání je vše, co v produktu nepřidává hodnotu, ale naopak přidává náklady a zákazník není ochoten za tyto činnosti nepřidávající hodnotu zaplatit. [32]

8 druhů plýtvání [29]:

Čekání – čekání na materiál, čekání na opravu stroje, pozorování stroje operátorem, aj.

Nadvýroba – vyžaduje dodatečné náklady, místo na skladování a i dodatečnou práci na znehodnocených výrobcích, které nebyly prodány

Nadbytečná manipulace a transport – nejčastější druh plýtvání, který vzniká při nadměrné manipulaci s materiálem. Doprava se sice součástí výrobního procesu, ale nepřidává žádnou hodnotu. Plýtvání také vzniká při nevhodně navržených pracovištích a meziskladech.

Špatný pracovní postup – může vyvolat potřebu dodatečné práce. Jedná se o dlouhé dráhy nástrojů před započítím vlastní operace, navržení špatného materiálu, nevhodná konstrukce výrobku nebo nástroje, aj.

Nadbytečné zásoby – zásoby přináší dodatečné náklady na jejich udržování. Dalším problémem jsou i dlouhé časy výměn nástrojů, vadné výrobky či poruchy strojů, aj.

Zbytečné pohyby – vyplývají z nepotřebných pohybů, které nejsou spojeny s přidáním hodnoty pro výrobek, jsou neproduktivní

Chyby pracovníků – zvyšují náklady dodatečnými činnostmi jako je opakování operace, uvolnění místa pro vadné produkty, demontáž, aj.

Plýtvání tvůrčím potenciálem, schopnostmi, znalostmi a talentem pracovníků

2.6 5S – pět S

Jedná se o organizační metodu pocházející z Japonska, kde byla zformována jako součást TPS. Je to základní nástroj PI a zpravidla zavádění štihlé výroby první využívaný. Má za úkol vytvořit štihlé pracoviště, kde se nachází pouze ty předměty, které přidávají hodnotu produktu. Charakteristikou takového pracoviště je vyznačení přístupových cest, pracovních oblastí a umístění materiálu. Původně byla zaměřena na výrobní linky, avšak je použitelná prakticky kdekoliv. Hlavním přínosem je zjednodušení a zpřehlednění pracoviště. Uspořádané pracoviště má kladný vliv na pracovníka, eliminuje zranění, napomáhá na koncentraci a zvyšuje jeho výkonnost. Princip tedy spočívá v minimalizaci úsilí při pracovních činnostech a jako u všech metod PI v odstranění plýtvání času a penězi způsobené především: [33]

- Špatnými nástroji
- Hledáním správného nástroje, materiálu, součástky
- Zbytečnému přesouvání materiálu a náradí a předávání z ruky do ruky
- Tříděním a kompletací rozházených předmětů a podkladů a další

Minimalizujeme tedy čas potřebný k výkonu činnosti, eliminujeme chyby a tím snižujeme náklady na pracovní proces.

5S znamená označení pěti základních pravidel, která v japonštině začínají písmenem S. Stejnětak v angličtině jsou použity ekvivalenty s písmenem S na začátku slova. Tyto pravidla jsou: [33]

1. **Seiri** (anglicky Sort) – Vytřídit – projít pracoviště a vytřídit nepotřebné položky.
2. **Seiton** (anglicky Straighten) – Uspořádat / Označit – Položky, které zůstávají přehledně a logicky uspořádané a označené (např. montážní klíč dle velikosti).
3. **Seiso** (anglicky Shine) – Uklidit / pročistit – každý by měl být domovník.
4. **Seiketsu** (anglicky Standardize) – Standardizace – Vytvoření pravidel pro sledování prvních 3S.
5. **Shituke** (anglicky Sustain) – Sebekázeň – udržovat denně stabilizované pracoviště.

V některých případech je zmiňováno ještě šesté S a to Safety (bezpečnost). Některé prameny tvrdí, že bezpečnost je samozřejmostí, která automaticky vychází z 5S a není nutné šesté S zmiňovat. Jiné prameny naopak tvrdí, že je rozumné šesté S zmiňovat, aby byla zajištěna vyšší bezpečnost, která je prvořadým hlediskem v mnoha podnicích. [33]

Při zavádění této metody je důležité mít zajištěno průběžné vzdělávání zaměstnanců, například školením odborným pracovníkem. Dále je podstatné průběžné přizpůsobování norem a stále zamýšlení se nad metodou a stále zlepšování metody, zejména pokud se ve výrobě objeví nový výrobek, nové zařízení, nový zaměstnanec nebo nové pracovní předpisy. Společnosti pro podporu 5S často zavádí motivační nástěnky, plakáty a vývěsky, aby bylo zajištěno vzdělávání zaměstnanců a udržení standardů. Různé společnosti, které vzali 5S za své, je také různě pojmenovávají dle svých potřeb. Můžeme se tak setkat s implementací typu 5C, tedy: „Clear out, configure, clean & check, conform, custom & practice“. Podstata však přetrvává i pod jiným názvem. Je to především cílené plánování pracoviště, tak aby na něm zůstalo jen to, co je skutečně potřebné. Ostatní položky mají být přehledně uspořádány ve vyhrazených úložných prostorech a nepotřebné jsou uloženy ve vzdálenějším skladu. Všem musí být jasné, kde se jaká položka nachází a musí být dobře přístupna. [33]

Pro nepořádek a nevyužité položky na pracovišti není místo a je třeba je okamžitě likvidovat. Pokud je na pracovišti dodrženo 5S, není nutné nic nikde hledat, nikdo se nezdržuje zbytečným přesouváním předmětů, odpad je odstraňován průběžně, nikde nic nepřekáží a potřebné informace jsou přehledně prezentovány na viditelných a dostupných místech. Při zavádění 5S se postupuje v pěti fázích a to: [33]

První fáze – Seiri – Vytrídít – Nechat na pracovišti jen to co je potřebné

Tento krok se týká především přípravy a zjištění jak budeme metodiku 5S implementovat. Začínáme s tříděním položek, které mají na pracovišti význam a jsou potřebné a využívané. Tříděním by měly projít všechny stroje, nářadí, přípravky, dokumenty a ostatní položky související s procesem. Cílem, je rozdělit položky na ty, co na pracovišti: [33]

- musí být – jsou často používané a nutné k výkonu činnosti
- mohou být odstraněny - hledáme alternativní skladovací místo
- musí být odstraněny – jsou nepotřebné, zbytečné atp.

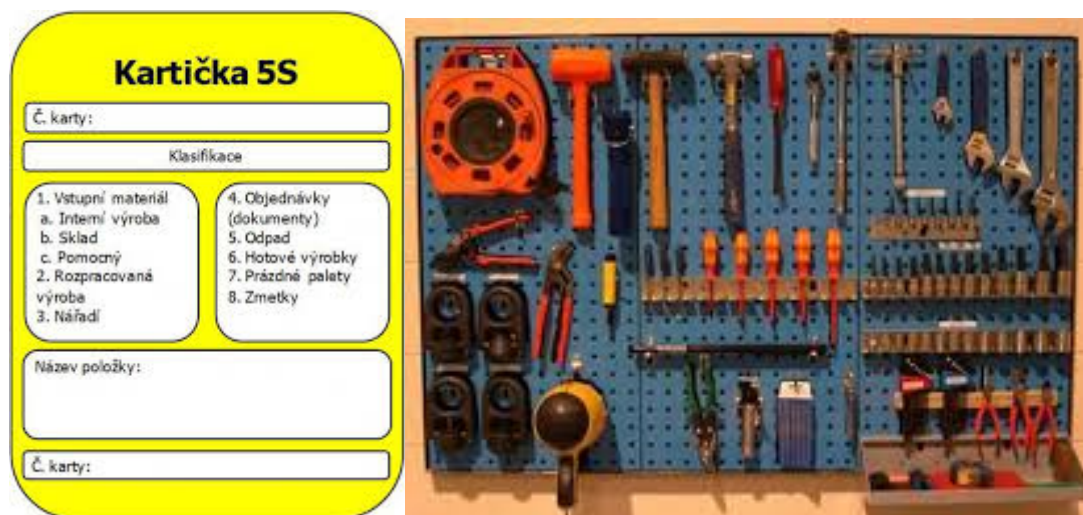
Hlediskem využitelnosti položky může být například frekvence využívání. Například pokud je položka využívána alespoň jednou denně (týdně, měsíčně), uznáme ji jako potřebnou a označíme ji. Položky, které jsou využívány méně často, než je zvolená mez, na pracovišti nemají co dělat a přemístíme je do společné místnosti (komory, skladu, šuplíku), tak aby v případě potřeby byly dosažitelné. Mnohdy se využívá pro každý předmět tzv. Kartiček 5S. Karta je přiložena k předmětu a v první fázi zjišťujeme využitelnost položky. Na kartě je uvedeno: [33]

- název operace
- procesu a číslo karty
- název položky a její klasifikace
- frekvence užívání položky
- popřípadě další využitelné informace

Nejpozději v této fázi bývá také vhodné začít se školením zaměstnanců, na kterém jsou seznámeni s tím, jak bude metoda 5S implementována, jakou má roli pro společnost a v neposlední řadě její přínosy. [33]

Druhá fáze – Seiton (Straighten / Set in order) – Uspořádat, nastavit, systematizovat

Spočívá v uvážlivém označení a uspořádání. Každá vyříděná položka v prvním kroku je označena pro rychlou identifikaci. Dále je pro tuto položku pečlivě vybráno místo pro její uložení. Správné místo vybíráme s ohledem na velikost, váhu a frekvenci užívání položky. Je důležité, aby byla dobře dosažitelná pro pracovníka. Ten se tak při správné implementaci stává produktivnější a sebejistější, jelikož není zdržován neustálým hledáním předmětů. Naopak ví, co a kde je a má být. Některé zdroje uvádí, že je důležité ujasnit si posloupnost pracovních kroků a pracovní postup. Z tohoto základu pak může vycházet rozčlenění nástrojů ve sledu pracovních operací tak, aby byly postupně za sebou uloženy a hned připraveny. Pro jednotlivé položky se mnohdy ono správné místo barevně nebo dle tvaru označuje. [33]



Obr. 37. Kartička 5S a uspořádání nářadí [33]

Třetí fáze - Seiso (Shining nebo Cleans) – Čistit a udržovat pořádek

Je zaměřena na úklid. Na pracovišti by měl být pořádek. Odstranění nečistot, oleje, odpadu apod. co nejdříve, by se mělo stát rutinou pro každého pracovníka. Čisté a přehledné pracoviště snadněji umožňuje identifikovat případné nežádoucí zdroje znečištění nebo poruchu zařízení či dokonce předcházet poruchám, jako je například vytečení oleje z motoru, které když je včas odhaleno nebude mít za následek poškození takového motoru. Je tedy namístě vyhledávat zdroje znečištění a eliminovat je. Kromě úklidu je také nutné vrátit použité nástroje zpět na své určené místo a i toto místo udržovat v čistotě. Přínos třetího S je příjemnější pracovní prostředí a zvýšení bezpečnosti. Je třeba definovat: [33]

- Co je třeba čistit?
- Kdo bude tuto činnost vykonávat?
- Kdy a jak často?
- Jaké prostředky k tomu budeme potřebovat?

Čtvrtá fáze – Seiketsu (Standardizing) - Standardizace

Neboli provádějte stejnou práci stejně, avšak tím nejlepším možným způsobem. Standardizace má za úkol udržet předchozí tři S. Každý pracovník má své úkoly a plní je tak aby byly naplněny předchozí 3S. Někdy se pracovníci zaškolují, tak aby první 3S znali nazpaměť, dodržovali je a přesně věděli, co mají dělat. Všechny pracovní postupy jsou standardizovány. Mnohdy také bývá využíváno kontrolních dokumentů. [33]

Pátá fáze - Shitsuke (Sustainig) - Disciplína

Poslední krok pěti S znamená disciplínu na pracovišti. Čili závazek udržovat pořádek, odstranit špatné návyky a dodržovat první 4S jako běžnou praxi. Používají se kontrolní dokumenty, návštěvy managementu na pracovišti nebo nástěnky a vývěsky, které 5S stále připomínají. Když dojde ke změně procesu je nutné metodu 5S aktualizovat. Projít znovu

všech 5S a upravit je tak, aby novému procesu nebo výrobku odpovídala. Jakmile je dosaženo toho, že zaměstnanci dobrovolně toto dodržují, bez připomínání a upozorňování vedoucími, nastává čas na další zlepšování procesu. Při dodržení těchto pěti S je pak celé pracoviště daleko přehlednější, vizuální kontrola stavu věci daleko rychlejší a odstranění ztrát efektivnější. Výsledkem je tedy přehledné, čisté, organizované a uspořádané pracoviště s průhledným a dobře srozumitelným systémem dílenského řízení. Pracovníci se aktivně podílejí na vytvoření a udržení základních podmínek pro trvalé zlepšování výrobního podniku. Jsou motivováni, zainteresováni a dobře informováni o výrobě a stavu na pracovišti. [33]

2.7 Snímek pracovního dne

Pro vytvoření norem spotřeby práce jsou v praxi často aplikovány časové a pohybové studie, mezi které patří snímek pracovního dne, snímek operace, momentové pozorování, dvoustranné pozorování a pohybové studie. Přímé měření práce je metoda prováděná přímo na pracovišti v reálném čase, kdy se sleduje průběh práce. Jednou z metod přímého měření práce je snímek pracovního dne. Snímek pracovního dne představuje nepřetržitý záznam veškeré spotřeby času pracovníka během jeho směny. Předností metody je přesné zachycení činností pracovníka spolu s časy a tím získání podrobných informací o průběhu práce. Díky blízkému kontaktu s pracovníky může pozorovatel rozpoznat vybrané problémy přímo v procesech. V neprospěch u této metody hraje časová náročnost spolu s psychickým zatížením pozorovatele i pozorovaných. [30]

Hlavní cíl analýzy snímku pracovního dne [30]:

- samotné zpracování snímku pracovního dne
- zachycení, vyhodnocení času procesu bez přidané hodnoty (ztrátové časy)
- zhodnocení využití stroje
- zmapování náběhu směny
- sledování výkonu pracoviště během jedné pracovní hodiny

Vedlejší cíle analýzy jsou ve stanovení spotřeby času na jednotlivých krocích, definování účinnosti procesu a jeho rezerv, zhodnocení času změny produktů, zpracování mapy procesu, zachycení spaghetti diagramu, zhodnocení vhodnosti provádění procesu, analýza způsobu organizace práce, zachycení příčin výskytu vad či prověření systému údržby. [30]

Údaje snímku pracovního dne lze aplikovat pro [30]:

- návrh opatření k vylepšení organizace práce
- rozpoznání příčin nedostatečných výkonů
- rozbor produktivních postupů
- analýzu využití pracovníků a výrobních zařízení
- vymezení normovaných hodnot časů
- uvedení norem obsluhy

3 SHRnutí TEoretické Části a cíle Praktické Části

Teoretická část diplomové práce obecně popisuje samotnou technologii přesného lití vytavitelným modelem a porovnává technologické možnosti oproti jiným metodám lití. Dále je zmíněna historie a současné trendy v technologii přesného lití. Následně je velká pozornost věnována jednotlivým fázím výroby od prvotní výroby formy až po finální kontrolu odlitku.

Druhá polovina teoretické části se zabývá průmyslovým inženýrstvím a jeho podstatou. Stručně jsou popsány základní metody průmyslového inženýrství. Podrobně jsou rozebrány metody 5S a snímek pracovního dne, které byly použity v praktické části.

Cíle praktické části:

- Provést screening slévárny SPO Zlín. Zjistit reálný aktuální stav výroby (najít potenciál pro zlepšení), analyzovat silné a slabé stránky společnosti.
- Navrhnout kroky k zefektivnění a optimalizaci pro jednotlivé procesy výroby
- Posouzení nové voskové směsi pro výrobu voskových modelů na voskovně
- Realizace a ověření navržených změn na pracovišti tryskání
- Zhodnocení úspor navrženého řešení na pracovišti tryskání

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI SPO ZLÍN s r.o.

SPO ZLÍN je slévárna přesných odlitků. Specializací této slévárny je výroba odlitků metodou vytavitelného modelu litím do žhavých keramických forem. Slévárna zde svou historii započala psát před více než padesáti lety. Před dvaceti lety pak vznikla slévárna přesných odlitků s názvem SPO ZLÍN. SPO ZLÍN je první soukromá slévárna v České republice. Řadu let se tato slévárna vyznačuje nejsilnější tradicí výroby odlitků metodou vytavitelného modelu u nás. [18]

Slévárna SPO ZLÍN produkuje odlitky, jež nalézají širokého využití v mnoha průmyslových výroбах. Nejčastěji jsou odlitky ze slévárny SPO ZLÍN využity v potravinářském, energetickém, zbrojním či obuvnickém průmyslu. Slévárna SPO ZLÍN se specializuje zejména na výrobu odlitků z austenitických ocelí. Jejich kvalitu slévárna podpírá certifikací ISO 9001. Slévárna však pro svou výrobu nevyužívá pouze austenitické oceli, vyrábět je možno také z uhlíkové oceli, nízko a středně legované oceli, nástrojové oceli či bílé litiny. Globálně vzato používá slévárna materiály korozivzdorné austenitické, korozivzdorné martenzitické a žáruvzdorné. [18]



Obr. 38. Slévárna SPO Zlín [18]

Technologie přesného lití, jíž slévárna SPO ZLÍN využívá, si jinak poradí s rozličnými tvary komponentů, čímž uspokojí i ty nejnáročnější zákazníky. Její největší předností je, že tak slévárna zvládá vyrábět i z materiálů jinak velmi obtížně obrobitelných či dokonce neobrobitelných. Slévárna SPO ZLÍN přitom produkuje vskutku širokou škálu výrobků prvotřídní kvality, ať už jde o odlitky váhy 0,001 či odlitky hmotnosti 5 kg. Velikostně pak slévárna nabízí rozpětí od 2 do 250 mm. Přitom dokáže vyrábět odlitky mnoha složitých tvarů.[18]



Obr. 39. Odlitky slévárny SPO Zlín [18]

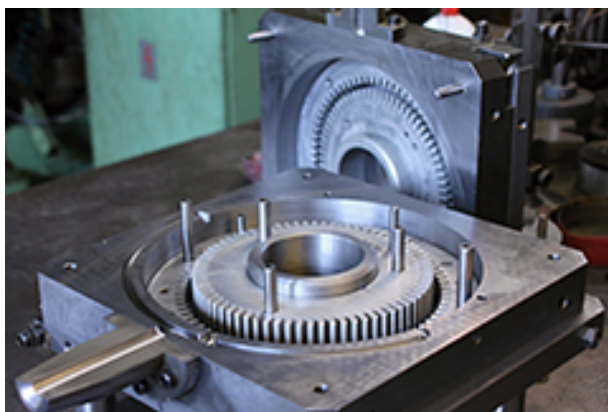
Slévárna SPO ZLÍN vyrobí 200 tun odlitků ročně. Úspěchy, jimiž se slévárna právem pyšní, lze odhadnout již ze struktury stabilních odběratelů, jimiž jsou z velké většiny zahraniční společnosti. Odlitky, jež produkuje slévárna SPO ZLÍN, jsou pro ně atraktivní nejen svou vysokou kvalitou, ale také příznivými cenami. Pokud jde o pověst, je tato slévárna spojována s dochvilností v dodávkách a s výrobní precizností. Z plných 75 % vyváží slévárna SPO ZLÍN své výrobky do Švédska, Švýcarska, Itálie, Německa, Francie, do Izraele a řady dalších zemí. [18]

4.1 Technologie přesného lití ve slévárně SPO Zlín

Předností technologie přesného lití je možnost vyrábět tvarově náročné součásti, které se přibližují optimálnímu tvaru a zároveň použít materiály, které jsou obtížně obrobitelné nebo neobrobitelné.

Popis technologie výroby odlitku:

Výroba voskových modelů – Připravená vosková směs je vstřikována pod tlakem do duralových forem vlastní výroby.



Obr. 40. Duralová forma pro vstřikování

Sestavování voskových modelů na stromeček – Voskové modely jsou sestavovány a pájeny na vtokové soustavy (vznikne tzv. stromeček).



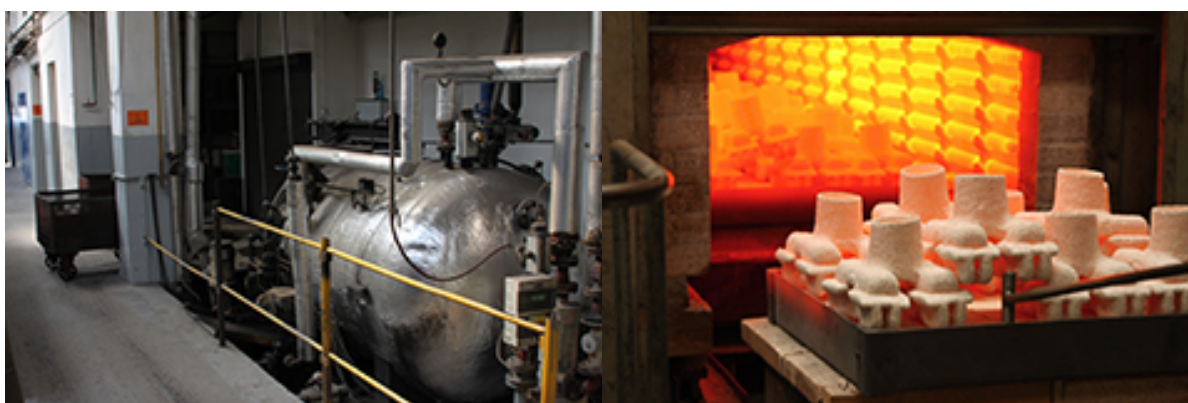
Obr. 41. Sestavené modely na vtokovou soustavu

Namáčení voskových modelů do keramické směsi a písku – Jednotlivé stromečky jsou namáčeny do keramické směsi na bázi SiO_2 a do křemičitých písků a vysušovány v klimatizovaných prostorách.



Obr. 42. *Obalený stromeček*

Vytavování vosku v autoklávu a žíhání skořepiny – Vosk ze skořepiny je vytavován v autoklávu pomocí páry. Těsně před odléváním jsou skořepiny vyžehány na 980°C .



Obr. 43. *Vytavování vosku v autoklávu, žíhání skořepiny*

Odlévání – K tavení kovu se používají středofrekvenční otevřené pece s tyristorovým měničem o výkonu 200 kW o objemu 3 x 100 kg.



Obr. 44. Odlévání odlitků v SPO Zlín

Odstraňování keramiky – Ochlazené odlitky jsou ve vibračním stroji zbaveny keramické skořepiny.



Obr. 45. Odlitky po odstranění keramiky

Dokončovací operace – Na odlitcích jsou prováděny dokončovací operace, kde dochází k finální úpravě odlitku.

- Předtryskání v komorovém tryskači
- Oddělování odlitků na rozbrušovacích strojích
- Tepelné zpracování
- Konečné tryskání odlitků abrazivem dle typu oceli
- Obrábění, broušení, leštění, povrchová úprava

Visuální a rozměrová kontrola – 100% visuální kontrola každého odlitku. Rozměrová kontrola voskových modelů a samotných odlitků (3D měření). Celý proces výroby odlitků je monitorován a kontrolován nezávislou kontrolou.

Balení a expedice – Hotový odlitek je zabalen dle specifikací a požadavků jednotlivých zákazníků a včasně doručen.

4.2 Parametry odlitků SPO Zlín

Kapacita slévárny je 200 tun odlitků ročně a dodací termíny 4-6 týdnů po zhotovení formy.

Tab. 2 *Tabulka parametrů odlitku v SPO [18]*

Minimální hmotnost:	0.001 kg
Maximální hmotnost:	10 kg
Maximální rozměry:	300 mm
Minimální tloušťka stěny:	2 mm
Drsnost povrchu:	Ra = 6,3μm

4.3 Odlévané materiály v SPO Zlín

Pro výrobu odlitku se používají tyto oceli:

- Uhlíkové oceli
- Nízko a středně legované oceli
- Nástrojové oceli
- Korozivzdorné austenitické
- Korozivzdorné martenzitické
- Žárovzdorné
- Otěruvzdorná bílá litina

Slévárna se specializuje na výrobu odlitků z austenitických ocelí. Dle požadavků může dodávat odlitky z různých ocelí dle norem ČSN a DIN, vhodných k tavení na otevřených pecích. Slévárna odlévá zhruba 75 druhů materiálů.



Obr. 46. Odlitky slévárny SPO Zlín [18]

5 SCREENING VE SPOLEČNOSTI SPO ZLÍN

Ve slévárně byl proveden screening, jehož cílem bylo zjistit aktuální stav výroby (najít potenciál pro zlepšení) a navrhnout kroky k optimalizaci, které se společnosti vyplatí. Předmětem screeningu nebyl obchodní proces ani žádný z podpůrných nebo řídicích procesů, screening se týkal pouze výrobního procesu a logistiky.

Silné stránky společnosti:

- Technologicky dobře vybavená výroba s jasným materiálovým tokem
- Historie společnosti
- Zavedená výroba
- Areál přímo přizpůsobený technologii
- Velké portfolio odlévaných materiálů
- Rozmanitost vyráběných odlitků

Slabé stránky společnosti: (možno vidět na obrázcích)

- Stav strojního vybavení
- Kvalifikace personálu
- Akceschopnost údržby
- Ergonomie pracovišť
- Uspořádání pracovišť
- Nízké využití některého strojního zařízení
- Chybějící komplexní informační systém



Obr. 47. Špatná ergonomie skladovacích prostor



Obr. 48. Stav strojního vybavení v brusírně



Obr. 49. Špatná ergonomie pracoviště – Hlučné místa

5.1 Závěr ze screeningu

- Výroba je rozdělena do technologických bloků. Nejsou však známy reálné limity těchto technologií. Pro řízení a plánování těchto technologií je zapotřebí zvolit pro každou technologii jiný postup.
- Chybějící výkonové normy pro jednotlivé operace ve výrobním procesu.
- V rámci celé výroby není jednotná evidence zakázky
- Velmi nízká úroveň standardizace (5S, TPM)
- Plánování každé technologie samostatně

5.2 Návrh zefektivnění procesů výroby

Z provedeného screeningu lze konstatovat, že ve slévárně je velký potenciál pro zlepšení. V každé fázi procesu lze najít prostor pro zefektivnění, které by bylo prospěšné pro společnost. Vedení společnosti si musí určit priority návrhů na zefektivnění a pojmout je jako projekt. V současné době jako nejvhodnější bylo nabráno těchto 5 návrhů pro zefektivnění.

1. Stabilizace personálu

Z důvodu odchodů, výměny a možného nárůstu výroby je zapotřebí vytvořit kvalifikační matice, definovat kvalifikační předpoklady pro jednotlivé činnosti a pracovní pozice a adaptační proces pro nové zaměstnance (včetně časové osy zaškolení).

2. Stabilizace strojního vybavení a systému údržby strojního zařízení

Z důvodů nevyhovujícího stavu strojního zařízení je zapotřebí definovat plány preventivních prohlídek strojního zařízení. Trénovat personál na vyhledávání abnormalit a zaškolit údržbu na provádění činností dle plánů preventivních prohlídek a opravy strojního zařízení.

3. Definování limitů jednotlivých technologií – úzké místo, určení potenciálu ke zlepšení

Pro jednotlivé pracoviště určit jejich kapacitu (odstraňování plýtvání nebo normováním).

4. 5S a ergonomie na pracovišti

Uspořádání jednotlivých pracovišť dle metody 5S. Vytvořit standardy čištění a úklidu, layouty pracovišť, vyznačení komunikačních a skladových prostor na pracovišti. Definovat jednotný způsob manipulace s odlitky.

5. Posouzení vhodnosti nové voskové směsi pro výrobu voskových modelů

Současná vosková směs se vyrábí z 5 složek, a to tím, že se jednotlivé složky roztaví a smíchají v určitém pořadí a gramáži. Výroba je z technologického i ekonomického hlediska náročná a nevyhovující.

A proto společnost dodávající jednu z pěti složek dlouhodobým výzkumem vyvinula novou hotovou novou voskovou směs přímo pro společnost SPO Zlín. Největší výhodou je to, že nová směs je již připravená a není jí potřeba míchat.

Po konzultaci s vedením společnosti bylo dohodnuto, že návrhy 1 – 3 jsou dlouhodobého charakteru a tudíž je potřeba se na ně důkladně připravit a analyzovat než se začnou realizovat.

Diplomové práce se tedy bude pouze zabývat těmito návrhy:

- 5S a ergonomie pracoviště
- Posouzení vhodnosti nové voskové směsi

6 5S A ERGONOMIE PRACOVIŠTĚ V SPO

Na žádném pracovišti ve slévárně není zavedena metoda 5S ani pracovníci s metodou nepřišly do styku. I přes tuto skutečnost mají pracoviště svůj řád a pracovník není zdržován od práce ani nemá významné překážky při práci.

Před samotnou realizací metody 5S bude zapotřebí provést snímek pracovního dne na pracovišti, aby se získal reálný přehled o dění na pracovišti. Snímkem pracovního dne se získají skutečná reálná data o všech attributech a charakteru výrobního procesu.

Vybrané pracoviště kde se bude provádět snímek pracovního dne a pak následně metoda 5S je pracoviště bubnového tryskání. Důvod výběru tohoto pracoviště je ten, že je to poslední operace před expedicí odlitků a v případě prokázání úspěšného zavedení se již celkový výrobní proces výroby odlitků zefektivní a bude prospěšný pro společnost.

6.1 Snímek pracovního dne na pracovišti bubnového tryskání

Stručná popis pracoviště - Úkolem pracoviště bubnového tryskání je tryskat povrch odlitků na požadovanou kvalitu. Na pracovišti pracuje 1 pracovník, který obsluhuje 4 bubnové tryskače současně. Všechny stroje jsou umístěny vedle sebe v jedné linii. Nakládka i vykládka odlitků probíhá ručně.

Úkolem snímku pracovního dne je zjistit veškeré úkony a pohyby pracovníka, které se dějí na pracovišti v pracovní dobu. Snímek pracovního dne probíhal ve středu 24.2.2016.

Pro snímek pracovního dne byl vytvořen formulář, do kterého byly zapsány veškeré úkony a činnosti a doba jejich trvání. Činnosti byly do 8 kategorií: nakládka-vykládka, čekání, ruční tryskání, úklid, porucha-údržba, osobní potřeby, manipulace a komunikace.

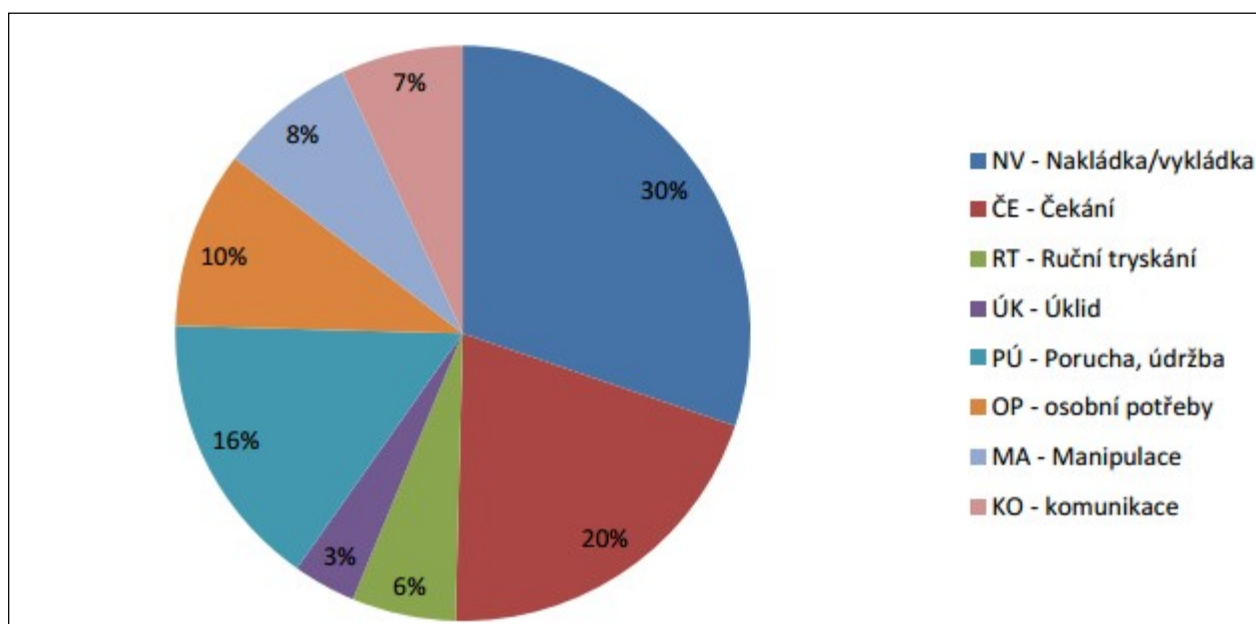
Tab. 3 Snímek pracovního dne

Čas od	Čas do	Trvání	Popis prováděných úkonů	Činnost / kategorie
6:00	6:05	0:05	Příchod, zapnutí strojů	KO - komunikace
6:05	6:14	0:09	Porada s mistrem	KO - komunikace
6:14	6:17	0:03	Nakládka DISA - 11400	NV - Nakládka/vykládka
6:17	6:31	0:14	Švýcar - nastavení stroje, úprava kola	PÚ - Porucha, údržba
6:31	6:33	0:02	Nakládka Švýcar - 11672	NV - Nakládka/vykládka
6:33	6:35	0:02	Navážení odlitků	MA - Manipulace
6:35	6:38	0:03	Porucha DISA - tlak vzduchu	PÚ - Porucha, údržba
6:38	6:42	0:04	Vyložení DISA - 11400	NV - Nakládka/vykládka
6:42	6:45	0:03	Naložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
6:45	6:50	0:05	Porucha DISA - tlak vzduchu	PÚ - Porucha, údržba
6:50	6:57	0:07	Odvoz odlitků z DISY na kontrolu	MA - Manipulace
6:57	6:59	0:02	Konzultace se mnou	KO - komunikace
6:59	7:05	0:06	Porucha DISA - tlak vzduchu	PÚ - Porucha, údržba
7:05	7:08	0:03	Vyložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
7:08	7:10	0:02	Naložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
7:10	7:20	0:10	Konzultace se mnou	KO - komunikace
7:20	7:24	0:04	Vyložení Švýcar - 11672	NV - Nakládka/vykládka
7:24	7:29	0:05	Vyložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
7:29	7:32	0:03	Naložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
7:32	7:36	0:04	Manipulace s odlitky - 11829	MA - Manipulace
7:36	7:46	0:10	Čekání, oddech	ČE - Čekání
7:46	7:49	0:03	Vyložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
7:49	7:52	0:03	Naložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
7:52	7:55	0:03	Vyložení Švýcar - 11672	NV - Nakládka/vykládka
7:55	7:58	0:03	Naložení Švýcar - 11672	NV - Nakládka/vykládka
7:58	8:07	0:09	Čekání, oddech	ČE - Čekání
8:07	8:10	0:03	Vyložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
8:10	8:12	0:02	Naložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
8:12	8:23	0:11	Čekání, oddech	ČE - Čekání
8:23	8:25	0:02	Vyložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
8:25	8:27	0:02	Naložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
8:27	8:32	0:05	Vyložení Švýcar - 11672 Umlen	NV - Nakládka/vykládka
8:32	8:44	0:12	Čekání, oddech	ČE - Čekání
8:44	8:47	0:03	Vyložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
8:47	8:50	0:03	Naložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
8:50	9:02	0:12	Čekání, oddech	ČE - Čekání
9:02	9:04	0:02	Vyložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
9:04	9:07	0:03	Naložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
9:07	9:10	0:03	Vyložení Švýcar - 11672	NV - Nakládka/vykládka
9:10	9:12	0:02	Naložení Švýcar - 11672	NV - Nakládka/vykládka
9:12	9:14	0:02	Manipulace s odlitky	MA - Manipulace
9:14	9:24	0:10	Čekání, oddech	ČE - Čekání
9:24	9:26	0:02	Vyložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka
9:26	9:28	0:02	Naložení DISA - 11829	NV - Nakládka/vykládka

9:28	9:30	0:02	Odvoz beden s odlitky na kontrolu	MA - Manipulace
9:30	9:36	0:06	Údržba tryskače SLAVATA na tryskání	PÚ - Porucha, údržba
9:36	9:38	0:02	Naložení Slavata - 10632	NV - Nakládka/vykládka
9:38	9:45	0:07	Tryskání síta pro voskovnu v RT	KO - komunikace
9:45	9:54	0:09	Čekání, oddech	ČE - Čekání
9:54	9:57	0:03	Vyložení DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
9:57	10:00	0:03	Nakládka DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
10:00	10:02	0:02	Manipulace s paletami	MA - Manipulace
10:02	10:15	0:13	WC	OP - osobní potřeby
10:15	10:45	0:30	Oběd	OP - osobní potřeby
10:45	10:48	0:03	Čekání, oddech	ČE - Čekání
10:48	10:50	0:02	Vykládka Slavata - 10632	NV - Nakládka/vykládka
10:50	10:52	0:02	Vykládka DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
10:52	10:54	0:02	Nakládka DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
10:54	10:57	0:03	Nakládka Slavata - 10632	NV - Nakládka/vykládka
10:57	11:02	0:05	Vykládka Švýcar - 11672	NV - Nakládka/vykládka
11:02	11:30	0:28	Oprava Švýcar - špatně tryská	PÚ - Porucha, údržba
11:30	11:32	0:02	Nakládka Švýcar - 11672	NV - Nakládka/vykládka
11:32	11:36	0:04	Vykládka DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
11:36	11:39	0:03	Nakládka DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
11:39	11:42	0:03	Vykládka Slavata - 10632	NV - Nakládka/vykládka
11:42	11:44	0:02	Nakládka Slavata - 10632	NV - Nakládka/vykládka
11:44	11:50	0:06	Manipulace s paletami	MA - Manipulace
11:50	11:52	0:02	Nakládka RT – 10632	NV - Nakládka/vykládka
11:52	11:56	0:04	Zachycení odlitku v DISE - 11672	PÚ - Porucha, údržba
11:56	12:14	0:18	Ruční tryskání - 10632	RT - Ruční tryskání
12:14	12:17	0:03	Vykládka DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
12:17	12:20	0:03	Nakládka DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
12:20	12:29	0:09	Porucha DISA	PÚ - Porucha, údržba
12:29	12:36	0:07	Navezení palet	MA - Manipulace
12:36	12:38	0:02	Naložení Švýcar – 11766	NV - Nakládka/vykládka
12:38	12:42	0:04	Úklid broků	ÚK - Úklid
12:42	12:45	0:03	Vyložení Slavata - 10632	NV - Nakládka/vykládka
12:45	12:47	0:02	Naložení Slavata - 10632	NV - Nakládka/vykládka
12:47	13:00	0:13	Úklid broků	ÚK - Úklid
13:00	13:05	0:05	WC	OP - osobní potřeby
13:05	13:07	0:02	Vykládka DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
13:07	13:10	0:03	Nakládka DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
13:10	13:15	0:05	Vykládka Švýcar - 11766	NV - Nakládka/vykládka
13:15	13:17	0:02	Nakládka Švýcar - 11766	NV - Nakládka/vykládka
13:17	13:38	0:21	Čekání, oddech	ČE - Čekání
13:38	13:41	0:03	Vykládka DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
13:41	13:43	0:02	Nakládka DISA - 11672	NV - Nakládka/vykládka
13:43	13:45	0:02	Vykládka Švýcar - 11766	NV - Nakládka/vykládka
13:45	13:50	0:05	Odvoz palet na kontrolu	MA - Manipulace
13:50	14:00	0:10	Ruční tryskání - 10632	RT - Ruční tryskání

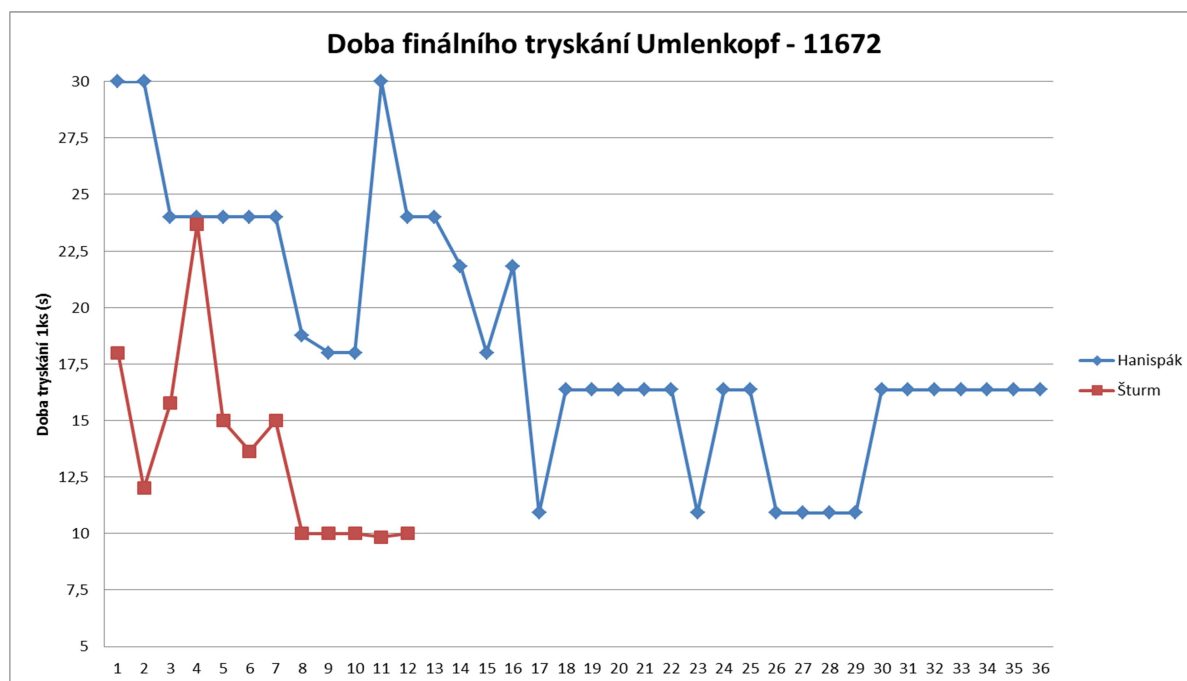
Tab. 4 Shrnutí činností ze snímkování pracovního dne

Doba (hod)	Činnost / kategorie
2:25	NV - Nakládka/vykládka
1:37	ČE - Čekání
0:28	RT - Ruční tryskání
0:17	ÚK - Úklid
1:15	PÚ - Porucha, údržba
0:48	OP - osobní potřeby
0:37	MA - Manipulace
0:33	KO - komunikace
8:00	CELKEM



Obr. 50. Rozložení časů operátora na bubnovém tryskání

Během snímkování bylo vyzorováno hned několik příležitosti pro zlepšení, které by vedly k úsporám a zefektivnění výrobního procesu. Jako nejvýznamnější plýtvání se jevila rozdílná doba tryskání stejného odlitku. Na obr. 51 je možno vidět rozdíly v čase pro stejný odlitek.



Obr. 51. Rozdílná doba tryskání u stejného odlitku

Závěry ze snímku pracovního dne:

- Tryskání probíhá podle pocitu pracovníka, nejsou definovány časové limity a dávky pro tryskání jednotlivých odlitků (vznikají obrovské prostoje a dochází k plýtvání)
- Není přesně definováno, v kterém stroji se má odlitek tryskat (nyní dle pracovníka)
- Není využita kapacita všech bubnových tryskačů
- Chybí evidence spotřeby abraziva
- Na pracovišti není vytvořen layout pracoviště a seznam pracovních pomůcek
- Na pracovišti jsou věci, které nejsou potřeba pro samotnou činnost tryskání
- Chybí standardy úklidu a čištění pracoviště, standardy údržby strojů
- Nejsou definovány prostory pro navážení palet a manipulační cesty
- Pracovník ručně nakládá i vykládá odlitky (cca. 5000kg/denně)

- Nevyhovující stav některých bubnových tryskačů
- Pracovník není hodnocen podle odvedené práce – chybějící motivační program
- 20% z celkového času tvořili prostoje – čekání
- 16% z celkového času stroje stály a netryskaly – porucha, údržba
- 50% pracovní doby tvoří nevýrobní činnosti (činnosti nepřidávající hodnotu – čekání, úklid, poruchy, osobní potřeby, komunikace)



Obr. 52. Nedostatky na pracovišti tryskání



Obr. 53. Nepořádek na pracovišti tryskání

Návrhy na zefektivnění:

- Vytvořit layout pracoviště a seznam pracovních pomůcek
- Opravit bubnové tryskače a vytvořit standardy údržby strojů
- Vytvořit standardy čištění strojů a úklidu pracoviště
- Vyznačit prostory pro navážení palet a komunikační cesty
- Přesně definovat časové limity a dávky pro jednotlivé odlitky
- Odstranit ruční nakládání a vykládání odlitků z tryskačů
- Hodnotit pracovníka dle vykonané práce a plnění standardů
- Využít na 100% kapacitu všech strojů – přesné určení (stroj/odlitek)
- Kontrola pracovníka a pracoviště dle vytvořených standardů nadřízeným

6.2 Realizace 5S na pracovišti bubnového tryskání

Prvním krokem u metody 5S bylo vytřídění (Seiri) a ponechání na pracovišti jen ty věci, které jsou potřebné a využívají se. Tříděním prošly všechny stroje, nářadí, přípravky a ostatní věci, které souvisejí s procesem tryskání. Cílem vytřídění bylo rozdělit všechny položky do 3 úrovní:

- Musí být na pracovišti – jsou často používané a nutné
- Možno odstranit z pracoviště – jsou velmi málo využívané, ale jsou potřebné. Nutno najít jiné skladovací místo.
- Nutno odstranit z pracoviště – jsou nepotřebné a zbytečné



Obr. 54. *Separace nepotřebných věcí na pracovišti tryskání*

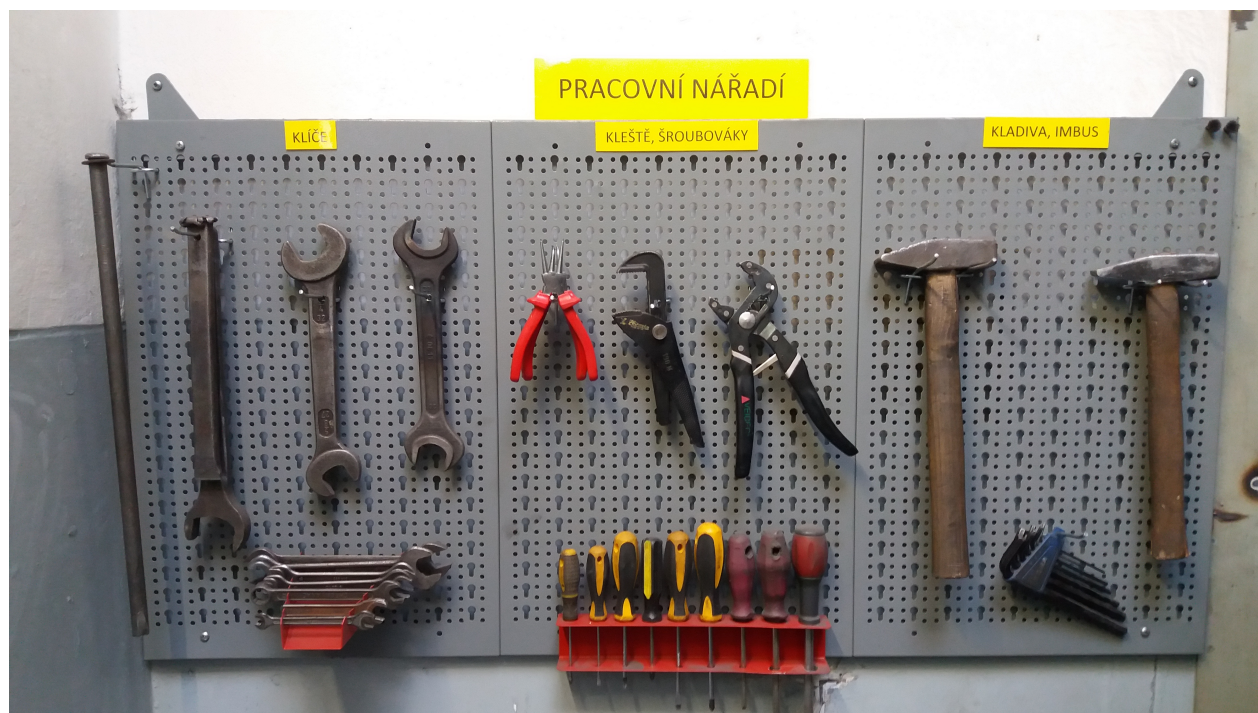
Druhým krokem u metody 5S bylo uspořádat/označit (Seiton) položky, které zůstaly na pracovišti po vytrídění. Zde bylo pečlivě rozmyslet, kde budou položky uloženy z důvodů velikosti, váhy a frekvence používání. Nejpoužívanější položky jako jsou pracovní a pomůcky a nářadí byly umístěné co nejbliže k pracovníkovi.



Obr. 55. *Vertikální vizualizace položek na pracovišti tryskání*



Obr. 56. Vizualizace úklidových pomůcek na pracovišti tryskání

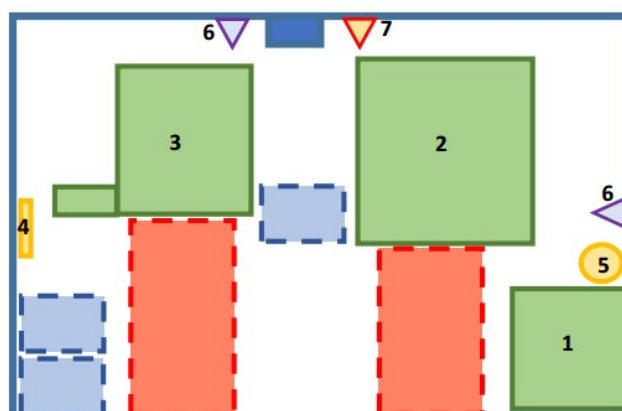


Obr. 57. Uložení potřebného pracovního nářadí na stěnu

Výstupem druhého kroku bylo vytvoření layoutu pracoviště tryskání, na kterém je zachyceno rozmístění jednotlivých objektů na pracovišti a standardu čištění stroje s kontrolním listem.



Standard rozvržení pracoviště tryskání Tryskač: DISA, Slavata



LEGENDA

1 - Inkubátor
4 - Nářadí
7 - Elektřina

2 - DISA

5 - Odpadkový koš

3 - Slavata

6 - Vzduch

Skladovací plocha

Manipulační plocha



Standard rozvržení pracoviště tryskání Tryskač: Švýcar, Ruční tryskač



LEGENDA

1 - Ruční tryskač

4 - Nářadí

7 - Elektřina

2 - Švýcar

5 - Odpadkový koš

3 - Skříňka

6 - Vzduch

Skladovací plocha

Manipulační plocha

Obr. 58. Layout pracoviště bubnového tryskání

Třetí fáze u realizace metody 5S bylo čistit a udržovat pořádek na pracovišti (Seiso). Byly vytvořeny standardy čištění a údržby pro stroje a k tomu fotky pro lepší vizualizaci.



Standard čištění a údržby Tryskač: DISA BB85



#	Místo, lokalita	Standard pro čištění	Provádí	Způsob čištění a pomůcky	Čas trvání	Interval
1	Horní a zadní část stroje	Odstranění prachu a broků	Obsluha stroje	Ofuk vzduchem	2 min	Po každé směně
2	Prostor za strojem	Zametení nečistot, prachu a broků	Obsluha stroje	Ručně - Smeták, smetáček, lopatka	2 min	Po každé směně
3	Oddělovací síto - pod komorou	Odstranění nečistot	Obsluha stroje	Ručně - lopatka	2 min	Po každé směně
4	Oddělovací síto - u elevátoru	Odstranění nečistot	Obsluha stroje	Ručně - lopatka	2 min	Po každé směně
5	Manipulační a skladovací plochy	Zametení nečistot, prachu a broků	Obsluha stroje	Ručně - Smeták, smetáček, lopatka	2 min	Po každé směně
6	Zásobník prachu	Vynesení prachu	Obsluha stroje	Ručně	1 min	1x týdně
7	Odpadkový koš	Vynesení	Obsluha stroje	Ručně	1 min	1x týdně
8	Plášť stroje	Odstranění mastnoty a nečistot	Obsluha stroje	Ručně - hadr, technický benzin	8 min	1x týdně



Fotky ke standardu čištění – Tryskač DISA BB85



Obr. 59. Standard čištění stroje na pracovišti tryskání

Dalším krokem u metody 5S je standardizace (Seiketsu) neboli, provádět stejnou práci stejně, avšak tím nejlepším možným způsobem. Standardizace má za úkol udržovat předchozí 3S – třídit, uspořádat/označit a čistit a udržovat pořádek. Pro dodržování prvních 3 fází metody 5S na pracovišti tryskání byl vytvořen kontrolní list, kde pracovník bude zaznamenávat provedené úkony dle standardu čištění a úlohou mitra je kontrolovat kvalitu provedeného čištění.



Datum	Provedl	Kontrolní bod								Podpis mistra
		1	2	3	4	5	6	7	8	

Obr. 60. Kontrolní list pro standard čištění

Posledním krokem u metody 5S je disciplína (Shitsuke) na pracovišti, tj. závazek udržovat pořádek, odstraňovat špatné návyky a dodržovat první 4S jako běžnou praxi. Důležitou roli zde hraje vizualizace metody 5S. Na pracovišti tedy byly umístěny všechny dokumenty 5S a taky nástěnka pro interní sdělení na pracovišti.



Obr. 61. Vizualizace dokumentů 5S na pracovišti tryskání

7 ZEFEKTIVNĚNÍ PRACOVIŠTĚ BUBNOVÉHO TRYSKÁNÍ

Ze snímku pracovního dne pro zefektivnění výrobního procesu tryskání byly navrženy tyto změny:

- Oprava bubnových tryskačů – provozuschopnost strojů
- Přesně definovat časové limity a dávky pro jednotlivé odlitky
- Zefektivnit ruční vykládání odlitků z tryskačů
- Vyznačit prostory pro palety s odlitky, které jsou připravené k tryskání

Oprava bubnových tryskačů – Na všech strojích byly nalezeny menší či větší závady a nedostatky, které mohou ihned či v budoucnu vyvolat poruchu a odstávku stroje. V současné době neexistuje systém údržby pro tryskací zařízení a nejsou nastaveny mechanismy pro údržbu bubnových tryskačů.

Mezi největší nedostatky u stroje je unikající tryskací abrazivo ze stroje (netěsnost dveří, spojů, hadic a komponentů), chybějící kryty u ložisek, chybějící matice a šrouby, atd.). Všechny tyto nedostatky a závady vedou k neefektivnímu řízení výrobního procesu.

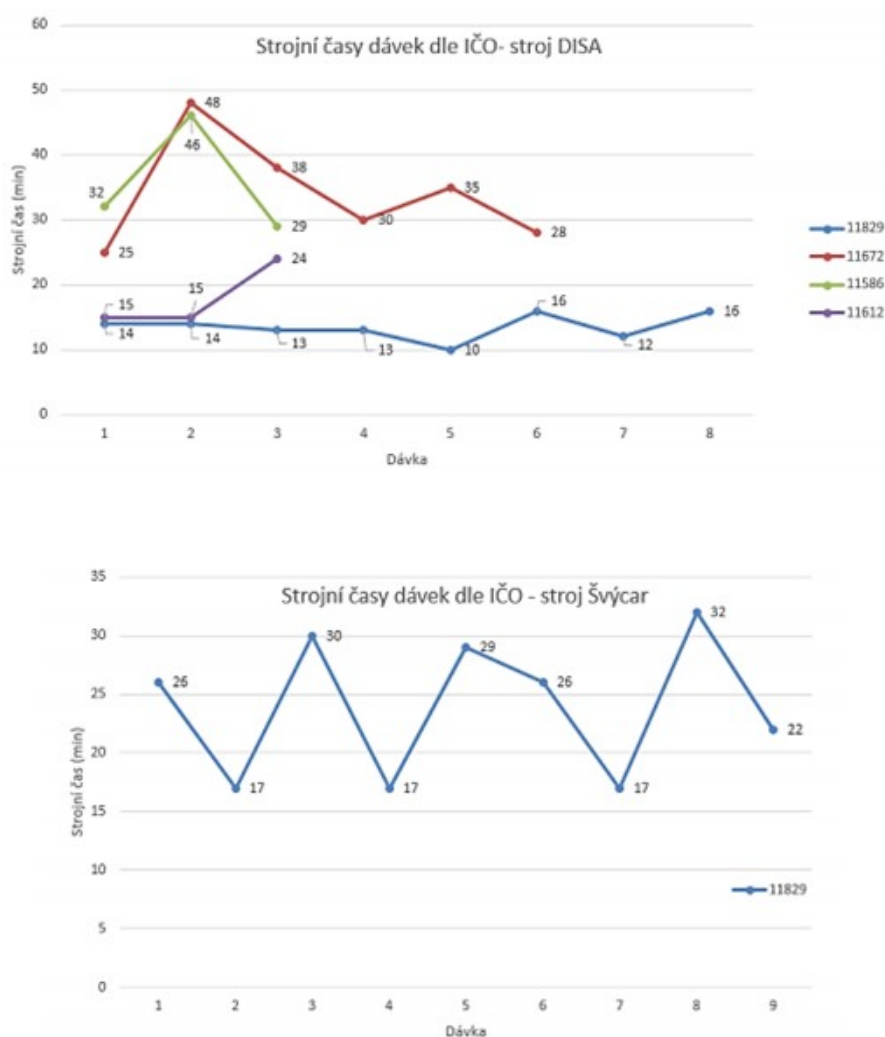


Obr. 62. Ukázka závad a nedostatků na bubnových tryskačích

Pro zlepšení současného stavu byly veškeré závady a nedostatky vyfoceny a předány specializované společnosti zabývající se servisem tryskacího zařízení. Po konzultaci s představiteli společnosti bylo také dohodnuto, že pro všechny bubnové tryskače vypracují systém údržby a kontrol (denní, týdenní, měsíční, roční interval pro jednotlivé části strojů).

Náklady na opravu všech tryskačů byly 120 813kč.

Časové limity a dávky pro tryskání – Ze snímku pracovního dne bylo zjištěno, že stejný odlitek se tryská jinou dobu a je tryskán v různých dávkách. Tímto ve výrobním procesu tryskání vznikají obrovské prostoje v tryskání.



Obr. 63. Rozdílné dávky a strojní časy pro stejný odlitek

Možné příčiny rozdílných strojních časů:

- Ztráta pojmu o čase, zapomenutí se
- Vykonávání jiné činnosti
- Díky absenci norem – není definováno optimální dávka ani jakou dobu má být tryskání prováděno

Navrhované řešení pro zefektivnění:

- Ke každému stroji nainstalovat digitální odpočet – časovač, který po uplynutí nastavené doby vypnul stroj a dal signál – zvukový a vizuální - světlo, že provedené tryskání je u konce (náklady na 1 stroj – 14 500kč).
- Do vytvořeného formuláře začít sbírat strojní data z jednotlivých tryskání. Na základě dlouho sbíraných dat lze vytvořit normu spotřeby času a stanovení optimální dávky pro každý odlitek. Data je potřeba sbírat dlouhou dobu. Tyto data budou v budoucnu sloužit pro nový informační systém ve společnosti.

Zefektivnění ručního vykládání odlitků – rukami pracovníka při tryskání projde cca. 4000 – 5000kg materiálu denně. Veškeré nakládání a vyložení odlitků se děje ručně. Pro zefektivnění procesu vyložení odlitků z tryskače byla vyrobena skluzavka, po které odlitky sklouznou přímo do palety. Skluzavka je vhodná pouze malé a střední odlitky.



Obr. 64. Instalace skluzavky na tryskač

Tab. 5 Výpočet zefektivnění skluzavky

Den	Objem	s vykládkou
24.2.2016	1076,8	2153,6
	Ušetření díky skluzavce	1076,8
	Snížení ruční manipulace o	50,0%
	Počet nakládek a vykládek	24
	Průměrný čas vykládky	2,5 min
	Celkový čas vykládek	60 min.
	Čas vykládky při zavedení skluzavky (max.)	1 min.
	Celkový čas vykládek	24 min.
	Časová úspora při vykládkách	36 min.
	Časová úspora při vykládkách	60,0%

Náklady za výrobu skluzavky činily 2340kč.



Obr. 65. Skluzavka na bubnovém tryskači

Po zavedení skluzavky došlo k rapidnímu zefektivnění vykládky odlitků. Dosáhlo se snížení ruční manipulace o 50% a zkrátí se čas při vykládkách o 60%.

Prostory pro palety s odlitky připravené k tryskání – Na pracovišti byly palety s odlitky rozmístěny chaoticky a nahodile tam kde zrovna bylo místo. Docházelo k situacím, že pracovník tryskání si musel nejprve oddělat klidně i 4 palety, aby se dostal pro tu paletu, kterou měl tryskat (docházelo k prostojům a plýtváním). Současně nebylo také dodržováno místo pro komunikační cesty, které musí být volné z důvodu bezpečnosti.

Pro zefektivnění výrobního procesu tryskání bylo vytvořeno a vyznačeno 10 míst pro palety s odlitky (obr. 67). Přístup k paletám je bezproblémový a bezpečný. Prostory jsou v blízkosti bubnových tryskačů, a tak nedochází k prostojům. Přesný počet 10 míst pro palety byl zvolen záměrně, protože pokud je více než 10 palet na tryskání, má přeplněné kapacitou a nestíhá se. Tedy se stává úzkým místem ve výrobním procesu v celé slévárně.

Současně také pro snížení lidské námahy a zvýšení bezpečnosti při přepravě a manipulaci s drobnými odlitky v modré bedně byly na bednu navařeny tzv. nožičky, které umožňují přepravu a manipulaci bedny pomocí paletového vozíku. V minulosti byly bedny bez nožiček přepravovány pomocí páky, která byla nebezpečná a pro ženy byla manipulace dosti obtížná.

Náklady na 1 ks bedny – 375kč



Obr. 66. Změna konstrukce beden pro přepravu



Obr. 67. Vyznačené prostory pro palety s odlitky na tryskání



Obr. 68. Prostory pro palety po zefektivnění

8 POSOUZENÍ NOVÉ VOSKOVÉ SMĚSI

Druhým návrhem na zefektivnění je technologicky posoudit vhodnost nové voskové směsi od společnosti Romonta přímo vyvinutou pro slévárnu SPO Zlín. Největší výhodou této voskové směsi je to, že je již hotová a připravená pro vstřikování, a nemusí se jednotlivé suroviny pro směs připravovat a míchat.

Ze zkoušené voskové směsi byl v laboratoři proveden rozbor, z kterého byly získány tyto hodnoty a vlastnosti.

Tab. 6 *Vlastnosti voskové směsi*

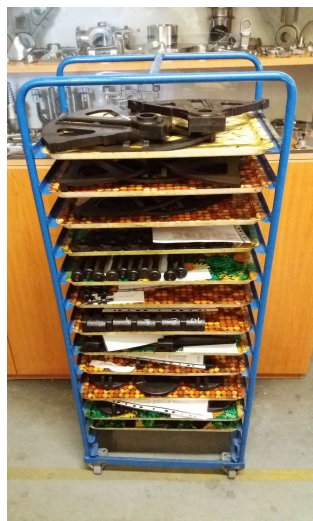
Vlastnost voskové směsi	Současná vosková směs	Nová vosková směs
Bod tuhnutí (°C)	73	70
Bod skápnutí (°C)	82	83,2
Obsah popela (%)	0,12	0,04
Viskozita při 100°C (mPas)	38-45	26

Nejvýznamnějším kritériem hodnocení voskové směsi je rozměrová přesnost voskového modelu. Pro rozměrové zkoušky voskové směsi bylo vybráno těchto 7 různých voskových modelů – Carello, Drsník, Klapka limu DN100, Klíč, Klinkenrad, Ključ, Rameno limu DN150. Výkresy a fotky jednotlivých voskových modelů je možno vidět v přílohách PI-PVII.

Těchto 7 různých voskových modelů bylo vybráno záměrně, protože svým tvarem a složitostí pokrývají celé spektrum vyráběných voskových modelů od těch nejjednodušších až po nejsložitějších ve slévárně SPO Zlín.

Každého voskového modelu bylo odstříknuto 10ks. Celkem bylo odstříknuto 70 voskových modelů a dohromady naměřeno 1055 rozměrů. Všechny údaje jsou zaznamenány v náměrových protokolech, z kterých byla pořízena průměrná hodnota rozměru.

Jednotlivé vyhodnocení zkoušené voskové směsi a k tomu veškeré náměrové protokoly jsou k dispozici v přílohách PI - PVII diplomové práce.



Obr. 69. Voskové modely ze zkoušené voskové směsi

Kladné výsledky ze zkoušek voskové směsi:

- Rozměrová stabilita voskové směsi je na vyhovující úrovni (dodržena 1% smrštitivost)
- Vosková směs je již hotová a není jí potřeba připravovat
- Povrch voskového modelu je vyhovující
- Úspora času při přípravě voskové směsi (7500kč/měsíc)
- Úspora místa ve skladu materiálu (16 palet – 16m³)

Záporné výsledky ze zkoušek voskové směsi:

- Cena voskové směsi (150-155kč/kg)
- Vosková směs je příliš medová - špatně se odstraňují otřepy a přetoky z voskového modelu po vstříkování. Tato negativní vlastnost se dle výrobce dá odstranit přidáním specifické suroviny.

9 ZHODNOCENÍ PROVEDENÉHO ZEFEKTIVNĚNÍ

Celkem bylo navrženo 5 návrhů na zefektivnění. První 3 návrhy byly dlouhodobějšího charakteru a závisely na rozhodnutí managementu společnosti, a tudíž nebyly zahrnuty do diplomové práce. Zefektivnění se tedy týkalo dalších 2 návrhů a to:

- Zavedení metody 5S na pracovišti bubnového tryskání
- Posouzení nové voskové směsi

Realizace metody 5S na pracovišti bubnového tryskání:

Jak již bylo zmíněno, žádný pracovník společnosti nepřišel do styku s metodami průmyslového inženýrství, a proto již při úvodním seznámením a u prováděného snímku pracovního dne byl viděn odpor a nejistota při jakékoliv otázce. Pracovníci měli nedůvěru k těmto metodám a zamítali jakoukoliv změnu či návrh na změnu stávajícího systému.

Z pořízeného snímku pracovního dne byly zjištěny velké nedostatky a obrovské prostoje ve výrobním procesu. Navíc na pracovišti chyběly tyto dokumenty - layout pracoviště, vizualizace prostoru pro palety, standardy čištění a údržby, pracovní a úklidové prostředky, nástěnky a další. Veškeré příležitosti pro zlepšení a nedostatky je možno taky najít v sekci 7.1.

Po zavedení metody 5S na pracovišti tryskání došlo k těmto změnám:

- Snížení prostojů o 30% ve výrobním procesu
- Úspora času při vykládce o 60% a snížení lidské manipulace při vykládce o 50%
- Rápidní zlepšení pracovního prostředí
- Vizualizace pracoviště
- Zavedený systém sběru strojních dat pro budoucí ERP
- Náklady na realizaci metody 5S byly cca.150 000kč. Drtivou většinu nákladů tvořily opravy tryskačů. Návratnost do 1 měsíce.

Jako podpůrný důkaz o provedeném zefektivnění a zlepšení je tvrzení pracovníka i managementu společnosti, že po zavedení metody 5S je pracoviště efektivnější a pracovníkovi se lépe pracuje. A také v provedených zákaznických a certifikačních auditech je pracoviště tryskání ukazováno jako vzorový příklad přeměny pomocí metod průmyslového inženýrství.



Obr. 70. Pracoviště tryskání po zefektivnění



Obr. 71. Vizualizace metody 5S



Obr. 72. Vyznačené prostory na pracovišti tryskání

Posouzení nové voskové směsi:

Z provedených zkoušek lze konstatovat, že nová vosková směs je vyhovující z technologického hlediska (především rozměrová stabilita a kvalita povrchu voskového modelu).

Při používání nové voskové směsi dojde k těmto zlepšením:

- Stálost výrobního procesu výroby voskového modelu
- Rozměrová stabilita a kvalita povrchu voskového modelu
- Úspora času při přípravě voskové směsi (15hod. za měsíc = 7500kč)
- Úspora místa ve skladě materiálu o 80% (není potřeba 5 surovin, ale pouze 1 surovina, cca. 16m³)

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout nejvhodnější změny, které by vedly k zefektivnění a optimalizaci výrobního procesu ve slévárně přesného lití. Současně ale také navrhnuté změny realizovat a ověřit si, zda jsou přínosné pro společnost. Nejdříve bylo zapotřebí důkladně se seznámit s celým výrobním procesem, analyzovat silné a slabé stránky a provést snímek pracovního dne. Po analýze byly vybrány 2 návrhy na zefektivnění – 5S a ergonomie pracoviště a posouzení nové voskové směsi.

Samotná realizace metody 5S na pracovišti bubnového tryskání prokázala velké zefektivnění výrobního procesu. Byly vytvořeny podpůrné dokumenty metody 5S jako je layout pracoviště, standardy čištění a údržby, vizualizace pracoviště, definice náradí a pracovních pomůcek. Dále byla přidána skluzavka na tryskač, která uspoří čas i sníží ruční manipulaci pracovníka. Pro vyšší bezpečnost a lepší manipulaci s odlitky byly upraveny přepravní bedny. Diplomová práce si kladla za úkol vizuálně pomocí obrázků přiblížit metodu 5S i v netradičním oboru a jako je slévárenství.

Druhý návrh na zefektivnění se týkal posouzení nové voskové směsi z technologického hlediska. Měření bylo prokázáno, že vosková směs je vyhovující z hlediska rozměrové stability a kvality povrchu voskového modelu a je vhodná pro výrobní proces. Při používání nové voskové směsi by došlo k stabilizaci výroby voskových modelů a úspoře času při přípravě a místa pro skladování suroviny.

Především výsledky z realizace metody 5S byly pro management společnosti byly impulzem, že metodu 5S budou aplikovat na ostatní fáze výrobního procesu ve slévárně. Tato diplomová práce bude nejenom ve společnosti SPO Zlín sloužit jako vzor a inspirace pro implementaci metod průmyslového inženýrství ve slévárnách přesného lití.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MRÁZEK, Technologie přesného lití. SLÉVÁRENSTVÍ, 9-10/2008, 486 s
- [2] DOŠKAŘ, J., J. GABRIEL, M. HOUŠŤ a M. PAVELKA. Výroba přesných odlitků. 1 vyd. Praha: SNTL, 1976, 315 s
- [3] HERMAN, Aleš. Lití na vytavitelný model. ČVUT Praha, cit. 2009-05-20 30 s. Dostupné z <http://www: http://stc.fs.cvut.cz>
- [4] BEELEY, Peter R. Investment casting. 1 ed. London: The institute of Materials, 1995, 486 s. ISBN09-017-1666-9
- [5] HORÁČEK, Milan. HISTORIE SLÉVÁRENSTVÍ [online]. 2008 [cit. 2014-05-30]. Dostupné z <http://ust.fme.vutbr.cz/slevarenstvi/dowland/historie-slevarenstvi.pps>
- [6] HORÁČEK, Milan. Rozměrová přesnost odlitků vyráběných metodou vytavitelného modelu. 1. Vyd. Brno: VUT FSI, 2009, 89 s. ISBM 80-214-2558-X.
- [7] KRACMAN, Ondřej. Faktory ovlivňující přesnost odlitků u metody voskového modelu. ČVUT Praha: 10 s, Dostupné z <http://www:stc.fs.cvut.cz>
- [8] ŠMATELKA, J. Technologie lití na vytavitelný model – přehled vad. Brno: VUT, FSI, 2012, 53 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Vít Mikulka
- [9] ŠMÍD, D. Optimalizace technologie vybraných náročných odlitků ze slitin Al. Brno: VUT, FSI, 2009, 87 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Milan Horáček, CSc.
- [10] Lost Wax Casting Process in India [online]. 6.4.2012 [cit. 2014-05-30]. Dostupné z <http://www.prevailcasting.com/process-lost-wax.html>
- [11] ELBEL, Tomáš. Vady odlitků ze slitin železa. Brno: Matecs, 1992, 340 s
- [12] HORÁČEK, Milan. Latest trends in investment casting technology [online]. 2008 [cit. 2014-05-30]. Dostupné z <http://www.investmentcastingwax.com/dowlands/tl6.pdf>
- [13] ROUČKA, Jaromír. Metalurgie neželezných slitin. 1 vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 118 s. ISBN 80-214-2790-6.

- [14] Webové stránky Lac. Dostupné z <http://www.lac.cz/novinky/elektricka-stacionarni-kelimkova-pec-ptv-330-11>
- [15] Vysoká škola chemicko – technická v Praze [online]. 2009 – 2014 [cit. 2014-05-25]. Metalografie I. Příprava vzorku pro pozorování mikroskopem. Dostupné z <http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/fmmetalografie1/teorie.htm>
- [16] MATOUŠEK, R. Technologie vytavitelného modelu v současnosti. Brno: VUT, FSI, 2014, 37 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Milan Horáček, CSc.
- [17] VDG – P690. Investment castings: Dimensional tolerance, surface condition, machining allowance. 1999
- [18] Webové stránky s r.o. SPO Zlín. Dostupné z <http://www.spo-zlin.cz>
- [19] Webové stránky Inc. Milwaukee precision casting. Dostupné z <http://www.milwaukeekeeprec.com>
- [20] Webové stránky Inc. Shellcast. Dostupné z <http://www.shellcastinc.com/>
- [21] Webové stránky Inc. Texas precision metalcast. Dostupné z <http://www.txp.com>
- [22] TALANDA, Ivan. HORÁČEK, Milan. JEDOVNICKÝ, Jan. Moderní voskové směsi a výběr jejich nejvhodnějších kombinací pro slévárnu Fimes, a.s.. Slévárenství: Časopis pro slévárenský průmysl. 2012. LX, 9-10, s. 332-336. ISSN 0037-6825
- [23] Webové stránky Inc. Texas precision metalcast. Dostupné z <http://www.txp.com>
- [24] MIKULKA, V. Optimalizace technologie výroby AL odlitku litého metodou vytavitelného modelu. Brno: VUT, FSI, 2010, 74 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Milan Horáček, CSc.
- [25] Webové stránky a.s. ZPS-Slávárna. Dostupné z <http://www.sl.zps.cz>
- [26] Webové stránky Inc. Carmel Wax. Dostupné z <http://www.waxmanufacturer.com>
- [27] Encyklopedia Britannica, překlad Jiří Vacek, Plzeň 1995 [cit. 17.12.2009]. Dostupné z http://www.kip.zcu.cz/kursy/svt/eb/prum_eng

- [28] Webové stránky f. Produktivita.cz. Dostupné z <http://www.produktivita.cz>
- [29] MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 1996 Cesty k vyšší produktivitě: Strategie založená na průmyslovém inženýrství. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 254 s. ISBN 8090223508.
- [30] HÝŽA, J. Projekt zlepšení vybraných procesů ve firmě. Zlín: UTB, FAME, 2015, 109 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Petr Briš CSc.
- [31] MAŠÍN, Ivan, 2005. Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štihlé výroby. 1. vydání. Liberec: Institut technologie a managementu, 106 s. ISBN 8090353312.
- [32] LIKER, Jeffrey K, 2004. The Toyota way: 14management principles from the worlds greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill, 330 s. ISBN 00-713-9231-9.
- [33] SCHNEDERLE R. Optimalizace výrobního procesu metodami průmyslového inženýrství. Brno: VUT, FEKT, 2011, 63 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Stejskal
- [34] Webové stránky Walton Process Technologies. Dostupné z <http://www.autoclaves.com>
- [35] Webové stránky Incastconsultancy. Dostupné z <http://www.incastconsultancy.com>
- [36] Webové stránky s r.o. Alumetall. Dostupné z <http://www.alumetall.cz>
- [37] Webové stránky s r.o. Wheelabrator. Dostupné z <http://www.wheelabratorgroup.com>
- [38] WILLIAMS, Ron; HORÁČEK, Milan; HIRST, Richard. Přehled světové produkce odlitků vyráběných metodou vytavitelného modelu. Slévárství: Časopis pro slévárenský průmysl. 2012, LX, 9-10, s. 319-322. ISSN 0037-6825.
- [39] Webové stránky s r.o. Alucast. Dostupné z <http://www.alucast.cz>
- [40] Webové stránky Inc. MPI. Dostupné z <http://www.mpi-systems.com>
- [41] ÚŘEDNÍČEK, L. Rozměrová stabilita odlitků ze slitin Al zhotovených metodou vytavitelného modelu. Brno: VUT, FSI, 2008, 81 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Milan Horáček, CSc.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Ra	střední aritmetická úchylka profilu
mm	Milimetr
m	Metr
hod	Hodina
s	Sekunda
min	Minuta
kg	Kilogram
t	Tuna
%	Procenta
CLA	Podtlakové lití na vzduchu (Countergravity Low-Pressure Air)
CLV	Podtlakové lití ve vakuu (Countergravity Low-Pressure Vacuum)
5S	Metoda průmyslového inženýrství
ERP	Informační systém společnosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Porovnání součásti vyrobené konvenční technologií a přesným litím	13
Obr. 2 Odlitky vyrobené technologií přesného lití	15
Obr. 3 Egypt, 18. Dynastie (1450 p. n. l.)	16
Obr. 4 Odlitek hřebenu ze zlata (300g – oblast Dněpru – 4 stol. n. l.)	17
Obr. 5 Prodej přesných odlitků dle regionu v roce 2011	17
Obr. 6 Podíl jednotlivých sléváren v ČR na prodeji odlitků v roce 2011	18
Obr. 7 Jednotlivé fáze výrobního procesu	19
Obr. 8 Duralová forma pro výrobu voskového modelu	22
Obr. 9 Moderní vstřikovací lis Shell-O-Matic.....	23
Obr. 10 Voskové směsi	24
Obr. 11 Sestavené voskové modely	28
Obr. 12 Skladba vtokové soustavy	29
Obr. 13 Obalování stromečku (ponoření do keramické směsi).....	30
Obr. 14 Obalování stromečku (posyp žárovzdorným materiál.....	31
Obr. 15 Sušení stromečku	32
Obr. 16 Dilatační spára	33
Obr. 17 Autokláv	34
Obr. 18 Žihání skořepin	34
Obr. 19 Ukázka tavicích pecí	35
Obr. 20 Tavení materiálu v indukční peci	36
Obr. 21 Gravitační lití	37
Obr. 22 Sklopné lití	37
Obr. 23 Vakuové lití	38
Obr. 24 Vakuové nasávání	38
Obr. 25 Schéma CLA a CLV	39
Obr. 26 Ruční oklepávání skořepiny	39
Obr. 27 Vysokotlaké čištění odlitků	40
Obr. 28 Rozbrušovačka.....	40
Obr. 29 Pásová bruska	41
Obr. 30 Bubnové tryskací zařízení	41

Obr. 31 Spektrometr	43
Obr. 32 Makrostruktura zkoušeného materiálu.....	43
Obr. 33 Tahová zkouška materiálu	44
Obr. 34 Nedestruktivní zkoušky odlitku.....	45
Obr. 35 Zkouška ultrazvuku materiálu	45
Obr. 36 Zaměření průmyslového inženýrství	46
Obr. 37 Kartička 5S a uspořádání náradí.....	53
Obr. 38 Slévárna SPO Zlín	59
Obr. 39 Odlitky slévárny SPO Zlín	60
Obr. 40 Duralová forma pro vstřikování	61
Obr. 41 Sestavené modely na vtokovou soustavu	61
Obr. 42 Obalený stromeček	62
Obr. 43 Vytavování vosku v autoklávu, žihání skořepiny	62
Obr. 44 Odlévání odlitků v SPO Zlín	63
Obr. 45 Odlitky po odstranění keramiky	63
Obr. 46 Odlitky slévárny SPO Zlín.....	65
Obr. 47 Špatná ergonomie skladovacích prostor	67
Obr. 48 Stav strojního vybavení v brusírně..	67
Obr. 49 Špatná ergonomie pracoviště – Hluché místa	67
Obr. 50 Rozložení časů operátora na bubnovém tryskání	73
Obr. 51 Rozdílná doba tryskání u stejného odlitku	74
Obr. 52 Nedostatky na pracovišti tryskání	75
Obr. 53 Nepořádek na pracovišti tryskání	75
Obr. 54 Separace nepotřebných věcí na pracovišti tryskání	77
Obr. 55 Vertikální vizualizace položek na pracovišti tryskání.....	77
Obr. 56 Vizualizace úklidových pomůcek na pracovišti tryskání	78
Obr. 57 Uložení potřebného pracovního náradí na stěnu	78
Obr. 58 Layout pracoviště bubnového tryskání	79
Obr. 59 Standard čištění stroje na pracovišti tryskání	80
Obr. 60 Kontrolní list pro standard čištění	81
Obr. 61 Vizualizace dokumentů 5S na pracovišti tryskání	81
Obr. 62 Ukázka závad a nedostatků na bubnových tryskačích	82

Obr. 63 Rozdílné dávky a strojní časy pro stejný odlitek	83
Obr. 64 Instalace skluzavky na tryskač	84
Obr. 65 Skluzavka na bubnovém tryskači	85
Obr. 66 Změna konstrukce beden pro přepravu	86
Obr. 67 Vyznačené prostory pro palety s odlitky na tryskání	87
Obr. 68 Prostory pro palety po zefektivnění	87
Obr. 69 Voskové modely ze zkoušené voskové směsi.....	89
Obr. 70 Pracoviště tryskání po zefektivnění	91
Obr. 71 Vizualizace metody 5S.....	91
Obr. 72 Vyznačené prostory na pracovišti tryskání	92

SEZNAM TABULEK

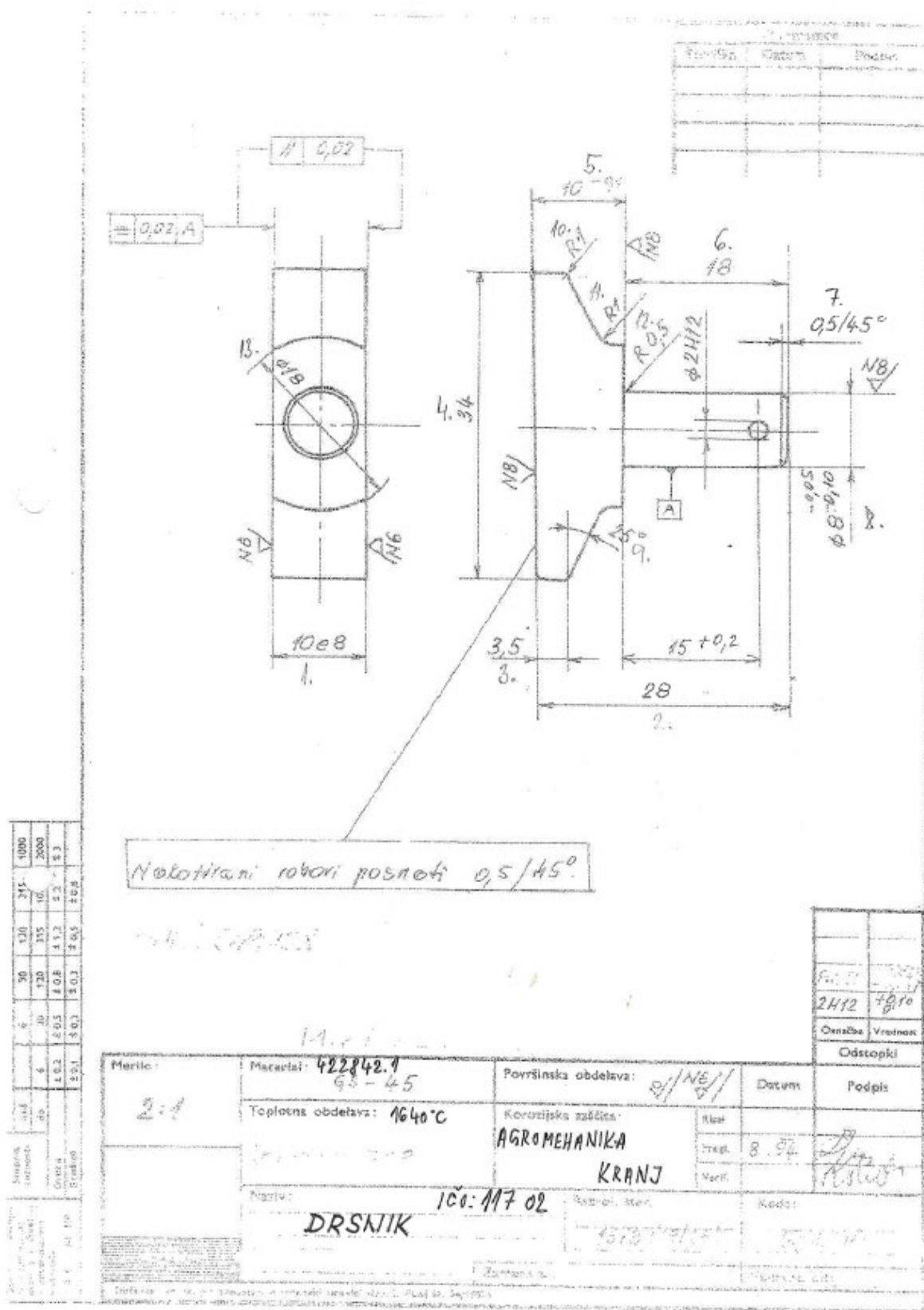
Tab. 1 Rozměrová přesnost jednotlivých metod lití.....	14
Tab. 2 Tabulka parametrů odlitku v SPO	64
Tab. 3 Snímek pracovního dne	71
Tab. 4 Shrnutí činností ze snímkování pracovního dne	73
Tab. 5 Výpočet zefektivnění skluzavky	85
Tab. 6 Vlastnosti voskové směsi	88

PŘÍLOHA PI – Náměrový protokol Drsník

Název	Drsník	IČO	11702
Zákazník	Agromechanika Kranj	Vyhotoveno	20.3.2016

	Rozměr	Současný vosk	Nový vosk	Rozdíl	Poznámka k novému vosku
1	10 e8	11,00	11,04	0,04	OK
2	28	28,50	28,35	-0,15	OK
3	3,5	3,50	3,55	0,05	OK
4	34	34,40	34,35	-0,05	OK
5	10 -0,1	10,50	10,54	0,04	OK
6	18	17,70	17,83	0,13	OK
7	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	OK	OK
8	8-0,1	9,10	9,05	-0,05	OK
9	25°	25°	25°	OK	OK
10	R1	R1	R1	OK	OK
11	R1	R1	R1	OK	OK
12	R0,5	R0,5	R0,5	OK	OK
13	18	18,20	18,05	-0,15	OK





Neobtíraní roviny posneti 0,5/45°

1000	315	500	630	800	1000	1250	1600	2000
0,01	0,02	0,04	0,08	0,15	0,3	0,6	1,2	2,5
0,01	0,02	0,04	0,08	0,15	0,3	0,6	1,2	2,5
0,01	0,02	0,04	0,08	0,15	0,3	0,6	1,2	2,5

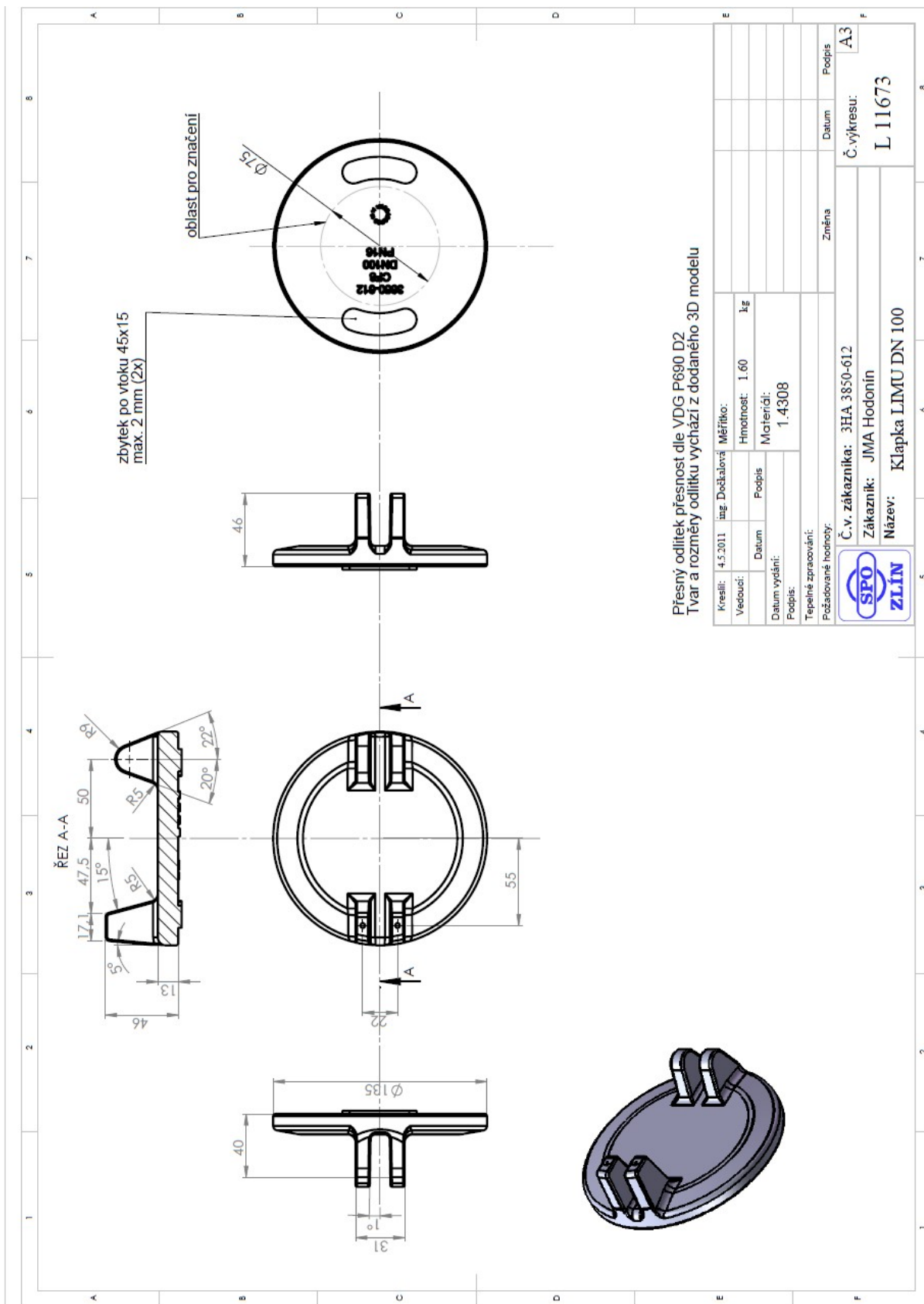
Měřič:	Materiál: 422842.9 63-45	Povrchová úprava: Ra/NB	Dotčen	Podpis
2:1	Teplotní úprava: 1640°C	Korozijní značka: AGROMECHANIKA	Řešil: 8.94	Podpis: [Signature]
Název: DRSNIK	ICO: M7 02	KRANJ	Verzi:	Podpis: [Signature]
Zaměst. č.:		Kada:		

PŘÍLOHA PII – Náměrový protokol Klapka limu DN 100

Název	Klapka limu DN 100	IČO	11673
Zákazník	JMA	Vyhotoveno	2.6.2015

	Rozměr	Současný vosk	Nový vosk	Rozdíl	Poznámka k novému vosku
1	46	47,00	46,82	-0,18	OK
2	13	13,10	13,10	0,00	OK
3	R5	R5	R5	OK	OK
4	20°	20°	20°	OK	OK
5	22°	22°	22°	OK	OK
6	R9	R9	R9	OK	OK
7	50	50,30	50,19	-0,11	OK
8	47,5	47,80	47,62	-0,18	OK
9	15°	15°	15°	OK	OK
10	R5	R5	R5	OK	OK
11	17,1	17,50	17,30	-0,20	OK
12	5°	5°	5°	OK	OK
13	40	40,80	40,25	-0,55	OK
14	1°	1°	1°	OK	OK
15	31	31,00	31,32	0,32	OK
16	135	136,70	137,34	0,64	Povoleno
17	22	22,10	22,17	0,07	OK
18	55	55,4	55,2	-0,20	OK
19	45x15-2x	47,5x14	45x15-2x	OK	OK



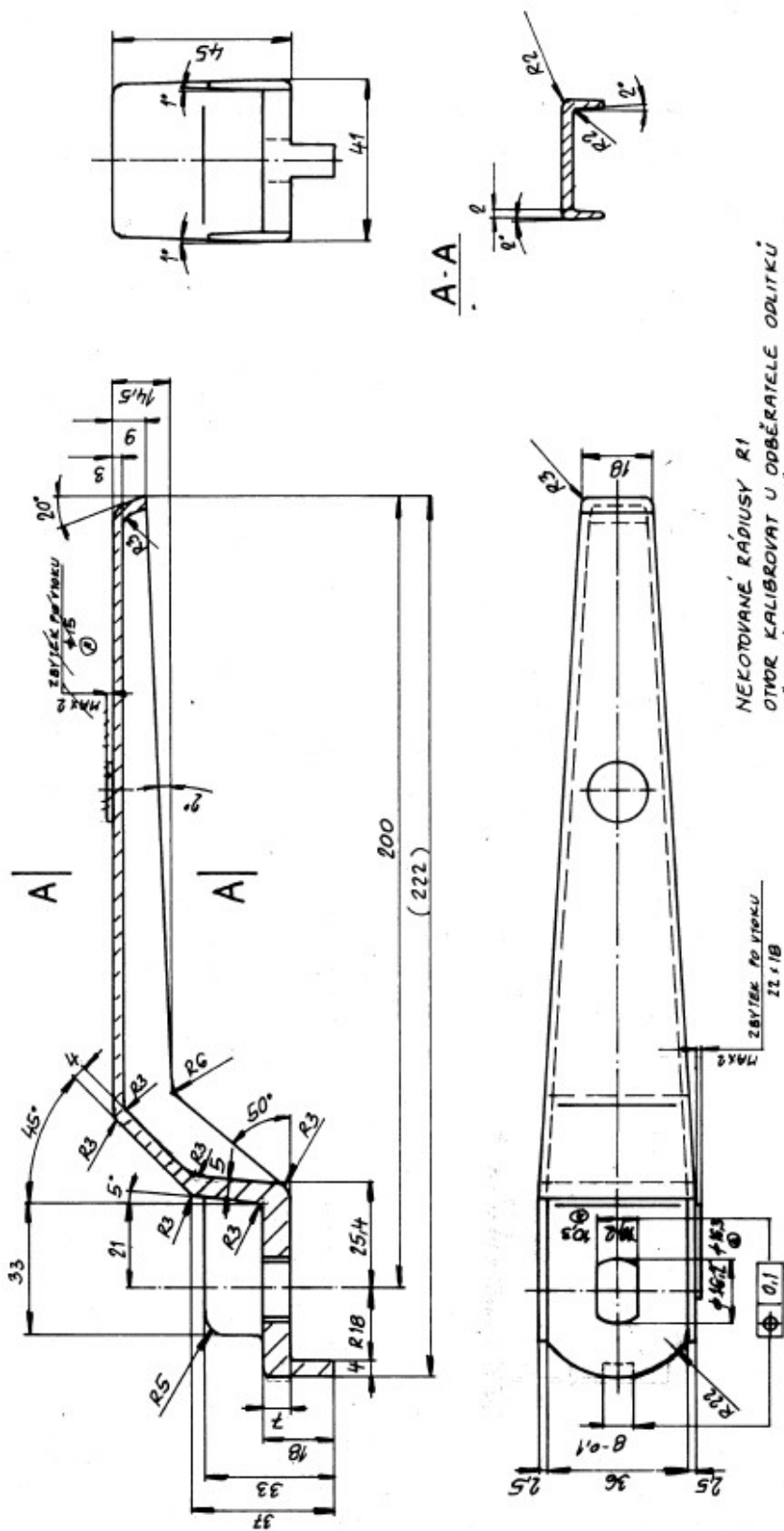


PŘÍLOHA PIII – Náměrový protokol Klíč 502

Název	Klíč 502	IČO	10893
Zákazník	Arako	Vyhotoveno	29.3.2016

	Rozměr	Současný vosk	Nový vosk	Rozdíl	Poznámka k novému vosku
1	16,2	16,25	16,25	0,00	OK
2	10,2	10,23	10,53	0,30	OK
3	8 -0,1	8,04	8,09	0,05	OK
4	36	36,07	35,95	-0,12	OK
5	2,5	2,30	2,45	0,15	Různá šířka
6	18	18,58	18,47	-0,11	OK
7	4	4,08	4,12	0,04	OK
8	R18	OK	OK	OK	OK
9	25,4	27,78	27,61	-0,17	OK
10	18	18,21	18,29	0,08	OK
11	7	7,12	7,20	0,08	OK
12	33	33,25	33,67	0,42	OK
13	R5	OK	OK	OK	OK
14	3	neměřeno	3,02		OK
15	41	neměřeno	41,01		OK
16	222	neměřeno	224,93		OK
17	200	neměřeno	202,05		OK





NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R1
OTVOR KALIBROVAT U ODBĚRATELE ODLITKŮ
PŘESNÝ ODLITEK - PŘESNOST ČSN 014470.2

POZ.	NAZEV	MATERIÁL	ČÍS. ZNAK. MAT.	ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM	HMOTN.	CENA	POZNÁMKA
KOMPL.	19	Alu		ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
KONTROL.	3			ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
VEDOUČÍ	96	KOLAR		ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
REF. NORN.				ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
REF. MATER.				ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
PANUČKA				ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
D				ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
M				ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
N				ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
P				ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
PODPAK VYKAZÍ				ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
PODPAK KONEKT.				ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
PRÁŠKOVINA				ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
NUMERUS C. Y.				ROZMĚR NEZ. PŘED.	ROZMĚR S. PŘIDÁVKEM			
LA 1444 502		NAZEV STROJE		FORMY PRO		L 140137		DILV
SPO		PŘESNÉ LITÍ ZAKÁZKOVÉ		C. Y.		630 DI		DIL

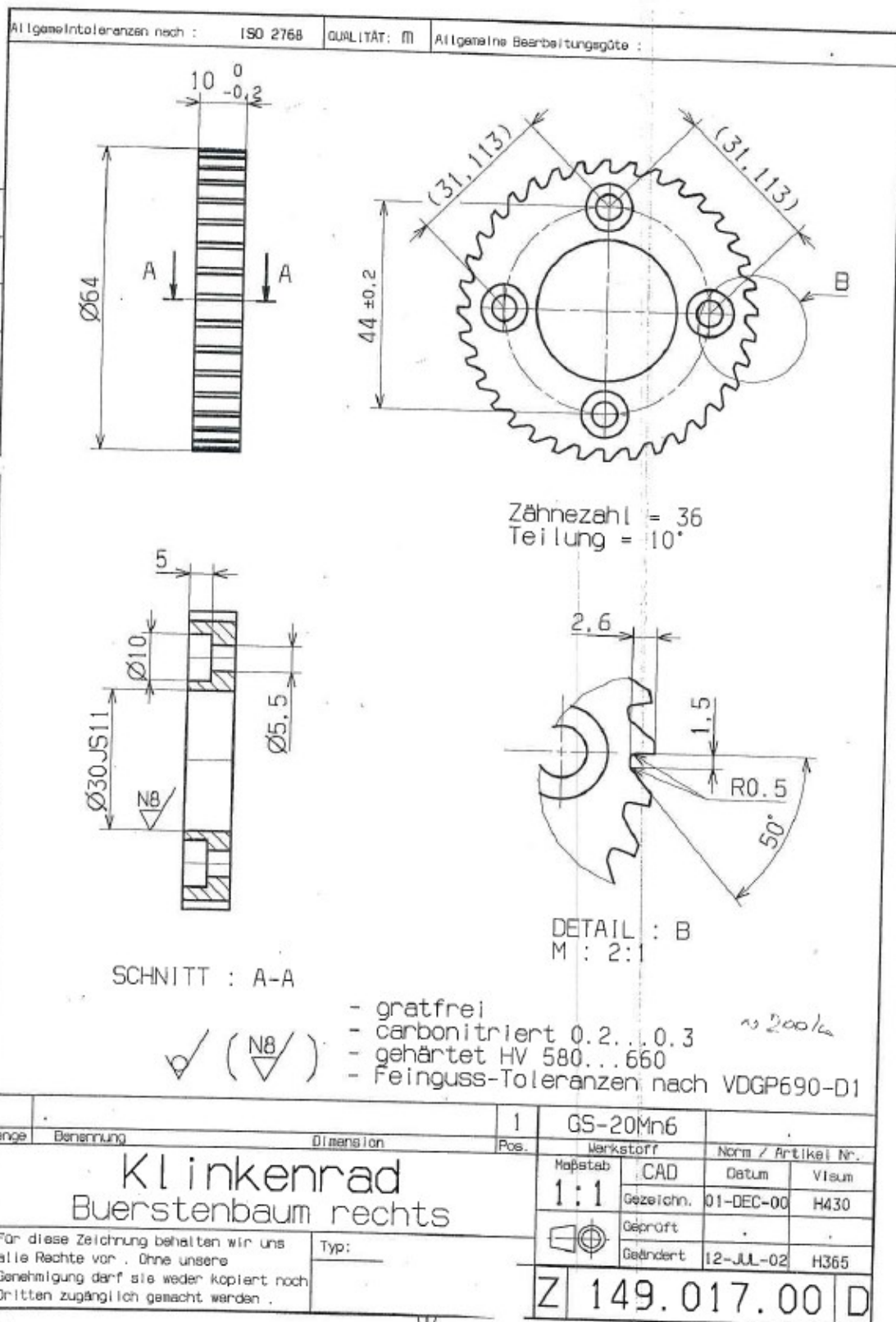
PŘÍLOHA IV – Náměrový protokol Klinkenrad

Název	Klinkenrad	IČO	11562
Zákazník	Protechnik	Vyhotoveno	24.3.2016

	Rozměr	Současný vosk	Nový vosk	Rozdíl	Poznámka k novému vosku
1	64	64,00	64,26	0,26	OK
2	10 -0,2	10,10	10,07	-0,03	OK
3	30js11	28,60	28,63	0,03	OK
4	2,6	2,50	2,59	0,09	OK
5	50°	OK	OK	OK	OK



ORIGINAL



A4 *

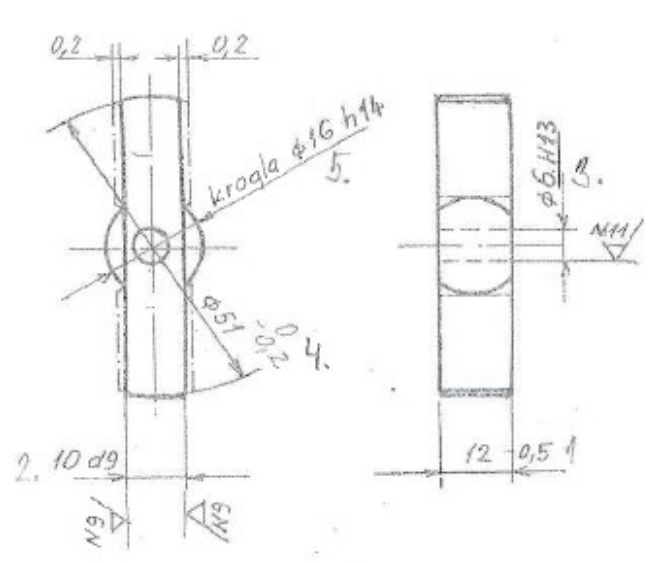
PŘÍLOHA V – Náměrový protokol Ključ

Název	Ključ	IČO	11703
Zákazník	Agromechanika Kranj	Vyhotoveno	24.3.2016

	Rozměr	Současný vosk	Nový vosk	Rozdíl	Poznámka k novému vosku
1	10d9	9,85	9,80	-0,05	OK
2	51 -0,2	51,10	51,17	0,07	OK
3	16h14	16,00	15,97	-0,03	OK
4	12 -0,5	12,10	12,04	-0,06	OK
5	6h13	6,07	6,13	0,06	OK



Stavilka	Obznam	Podpis



robovi posneti 0,5/45°

Měřítko v mm

1000	100	10	1
500	50	5	0,5
200	20	2	0,2
100	10	1	0,1

Stupeň zveločení: 1:1

Skupina: 10.2

Směr: 10.2

odlitek: 549155
 cementitaci 0,5-0,8mm
 60HRC

6,113	+0,075
10d9	-0,008
16h11	-0,026
16h11	-0,11
Označka	Vrchnost
Odstopki	

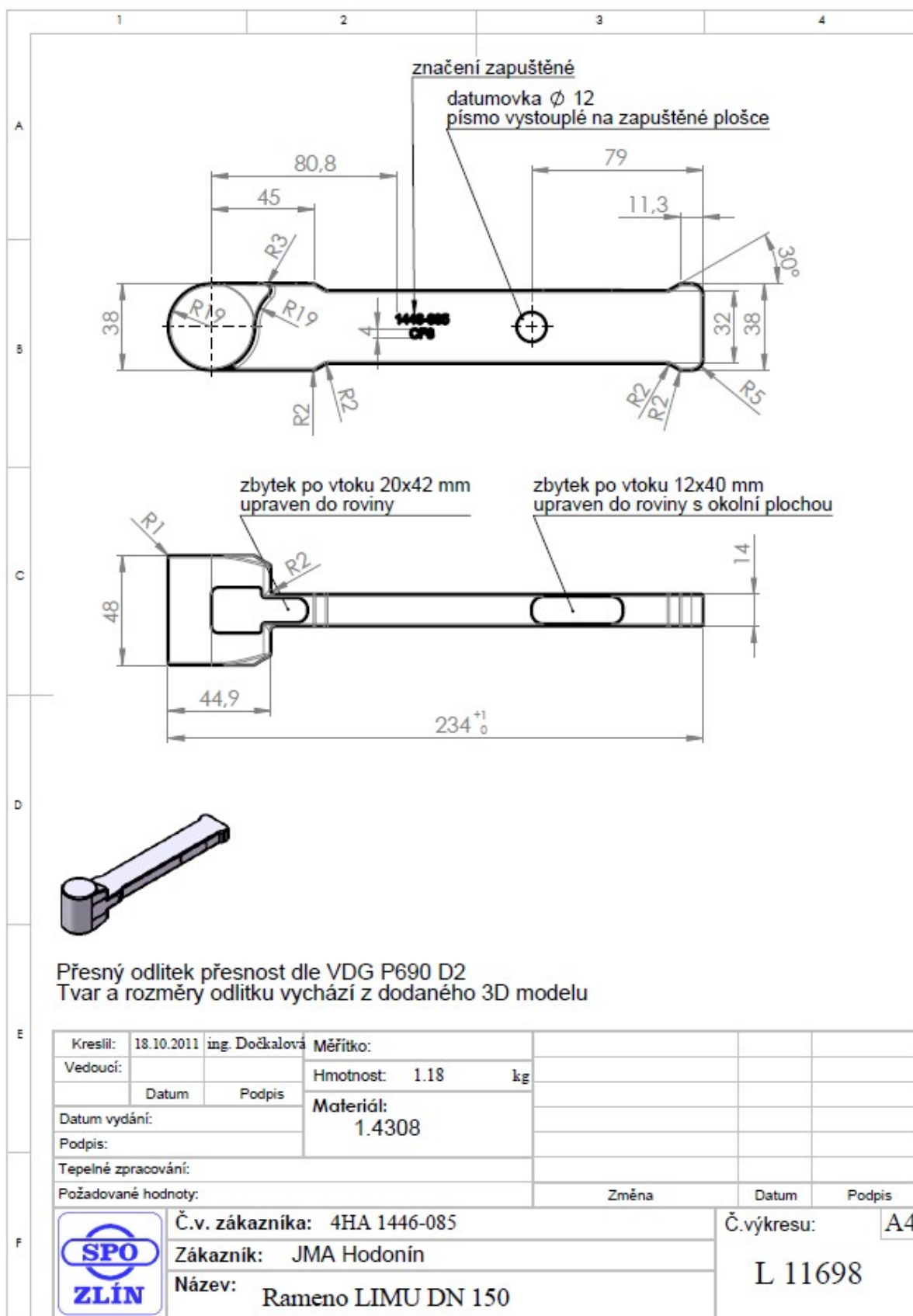
Merilo: 1:1	Materiál: 422842.1 BCM 02 - 2.4921	Površinová úprava: 1/19/10/1	Datum	Podpis
	Teplota úpravy: 760°C pobojování 700-7300 N/mm²	Korozijská ochrana: AGROMECHANIKA KRANJ	Real 8,94	[Signature]
Název: KLJUC	100:117 03	Razvoj. čev. 13/8	Kód: 607205	
Zaměst. z:			Vejšava od:	

PŘÍLOHA VI – Náměrový protokol Rameno limu DN 150

Název	Rameno limu DN 150	IČO	11698
Zákazník	JMA	Vyhotoveno	30.3.2016

	Rozměr	Současný vosk	Nový vosk	Rozdíl	Poznámka k novému vosku
1	235,3 +1	237,70	238,00	0,30	OK
2	14	14,30	14,24	-0,06	Propadlé
3	R2	R2	R2	OK	OK
4	R1	R1	R1	OK	OK
5	48	48,3	48,36	0,06	Propadlé
6	44,9	45,2	45,02	-0,18	OK
7	38	38,30	38,10	-0,20	OK
8	R2	R2	R2	OK	OK
9	R2	R2	R2	OK	OK
10	R19	R19	R19	OK	OK
11	R5	R5	R5	OK	OK
12	38	38,4	38,55	0,15	OK
13	30°	30°	30°	OK	OK
14	32	32,20	32,34	0,14	OK
15	11,3	11,50	11,41	-0,09	OK
16	76,3	80,40	80,57	0,17	OK
17	popis 4mm	popis 4mm	popis 4mm	OK	OK
18	R3	R3	R3	OK	OK
19	80,8	80,8	80,8	0,00	Dopočet
20	45	45,3	45,37	0,07	OK
21	R19	R19	R19	OK	OK
22	R2	R2	R2	OK	OK
23	R2	R2	R2	OK	OK





PŘÍLOHA VII – Náměrový protokol Carello

Název	Carrello 680	IČO	11480
Zákazník	I.G.M.I.	Vyhotoveno	17.3.2016

	Rozměr	Současný vosk	Nový vosk	Rozdíl	Poznámka k novému vosku
1	27	27,30	27,27	-0,03	OK
2	8	8,20	8,13	-0,07	OK
3	2	1,50	2,03	0,53	OK
4	R3	R3	R3	OK	OK
5	9,5	9,50	9,52	0,02	OK
6	19 +0,5	19,30	19,44	0,14	OK
7	17	17,00	17,19	0,19	OK
8	7 -0,3	7,00	6,95	-0,05	OK
9	9,5	9,60	9,62	0,02	OK
10	187	189,60	189,86	0,26	Prohnuté u zkoušeného
11	6,5	6,60	6,56	-0,04	OK
12	73	73,90	74,02	0,12	OK
13	9,5	9,50	9,55	0,05	OK
14	9,5	9,60	9,58	-0,02	OK
15	13,5 -0,5	13,50	13,54	0,04	OK
16	27	27,10	27,15	0,05	Propadlé u současného
17	52	52,50	52,34	-0,16	OK
18	32	32,10	31,92	-0,18	OK
19	12,9	13,30	12,90	-0,40	OK
20	57,6	58,60	57,66	-0,94	OK
21	R4	R4	R4	OK	OK
22	R4	R4	R4	OK	OK
23	9,3°	9,3°	9,3°	OK	OK
24	15,3	15,20	15,35	0,15	OK
25	R1	R1	R1	OK	OK
26	2,5	2,4	2,52	0,12	OK
27	4	4,2	4,15	-0,05	OK
28	15°	15°	15°	OK	OK
29	5,6	5,6	5,59	-0,01	OK
30	25	25,20	25,20	0,00	OK
31	12	12,2	12,5	0,30	Propadlé u zkoušeného
32	5,5	5,3	5,54	0,24	OK
33	12,4-0,1/-0,4	12,45	12,34	-0,11	OK



