

Výroba odlévaných výrobků a vytváření technologických základů

Marcel Juříčka

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marcel JUŘIČKA**
Osobní číslo: **T08197**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Výroba odlévaných výrobků a vytváření technologických základů**

Zásady pro vypracování:

- 1.Hodnotte slévárenskou technologii.
- 2.Rozeberte možnosti vytváření technologických základů, porovnejte produktivitu a přesnost metod.
- 3.Navrhněte technologii vytváření technologických základů na odlitcích.
- 4.Hodnotte přínos nové technologie.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Bednář, B.: Technologičnost konstrukce odlitků. UJEP Ústí nad Labem. 2004
2. Blašík, F. aj.: Technológia tvárnenia a zlievárenstva. Alfa Bratislava, SNTL Praha. 1988
3. Lukovics, I.: Konstrukční materiály a technologie. V VUT brno. 1990
4. Vetiška, A.: Hospodárné konstruování odlitků. SNTL Praha. 1973

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Imrich Lukovics, CSc.
Ústav výrobního inženýrství

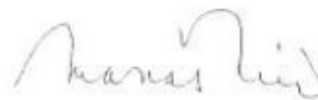
Datum zadání bakalářské práce: 14. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 3. června 2011

Ve Zlině dne 12. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- 1 beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- 2 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;
- 3 byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- 4 beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- 5 beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- 6 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;

7 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

.....

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:

I 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 vzdělávacímu 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:

I. 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.

II. 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.

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

ABSTRAKT

V této bakalářské práci se zabývám vytvářením technologických základů na odlitcích. V teoretické části popisují základy výroby výrobků odléváním a teorii obrábění. Dále jsou zde uvedeny čtyři základní metody obrábění, kterými se obrábějí surové odlitky. V praktické části popisují specifika obrábění odlitků, jako je upnutí odlitků, řezné podmínky, dosažené parametry na obráběných plochách a četnost slévárenských vad.

Klíčová slova: odlitek, obrábění, upnutí odlitků, přídavek na opracování

ABSTRACT

This paper is focused on developing technology platforms for castings. The theoretical part describes the basics of production of goods and the theory of casting machines. Then there are the four basic methods of working, which is rough machined castings. The practical part describes the specific machining of castings, such as clamping castings and machining allowances affect the parameters of the machined surfaces.

Keywords: casting, machining, clamping castings, machining allowance

Děkuji panu Prof. Ing. Imrichu Lukovicsovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a ochotu při zpracovávání této bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD.....	13
I. TEORETICKÁ ČÁST.....	14
1 PROCES VÝROBY ODLITKŮ.....	15
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY.....	15
1.2 TECHNOLOGICKÝ PROCES.....	15
1.3 ZPŮSOBY ODLÉVÁNÍ.....	15
2 SLÉVÁRENSKÁ FORMA.....	17
2.1 VÝROBA MODELOVÝCH ZAŘÍZENÍ A KOKIL.....	17
2.2 VÝROBA FOREM.....	18
2.3 VÝROBA JADER.....	18
2.4 VTOKOVÁ SOUSTAVA.....	19
2.5 FORMOVACÍ RÁMY.....	19
2.6 FORMOVACÍ SMĚSI.....	19
3 KONSTRUKCE ODLITKŮ.....	21
3.1 ÚKOSY.....	21
3.2 ZAOBLNĚNÍ HRAN.....	21
3.3 TVAR ODLITKU.....	21
3.4 SMRŠTĚNÍ ODLITKŮ.....	22
4 PŘÍPRAVA TEKUTÉHO KOVU.....	23
4.1 TAVÍCÍ PECE.....	23
4.2 MATERIÁLY K VÝROBĚ ODLITKŮ.....	23
4.3 TAVITELNOST.....	24
4.4 TEKUTOST A ZABÍHAVOST.....	24
4.5 VZNIK SLÉVÁRENSKÝCH VAD.....	24
5 ODLÉVÁNÍ FOREM.....	26
5.1 ZPŮSOB VÝROBY FOREM.....	26
5.2 UKLÁDÁNÍ JADER.....	26
5.3 SKLÁDÁNÍ FOREM.....	26
5.4 ZAPLNĚNÍ FORMY.....	27
5.5 TUHNUTÍ A CHLÁDNUTÍ ODLITKU.....	27
6 DOKONČOVACÍ OPERACE.....	29
6.1 UVOLŇOVÁNÍ ODLITKŮ Z FORMY.....	29
6.2 ČIŠTĚNÍ ODLITKŮ.....	29
6.3 ZÁKLADOVÁNÍ ODLITKŮ.....	29
7 TEORIE OBRÁBĚNÍ.....	31

7.1 POHYBY PŘI OBRÁBĚNÍ.....	31
7.2 GEOMETRIE OBRÁBĚCÍCH NÁSTROJŮ.....	32
7.3 MATERIÁL ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ.....	33
7.4 OBRÁBĚNÍ ODLITKŮ.....	34
8 SOUSTRUŽENÍ.....	36
8.1 ZÁKLADY SOUSTRUŽENÍ.....	36
8.2 NÁSTROJE PRO SOUSTRUŽENÍ.....	36
8.3 UPÍNÁNÍ NÁSTROJŮ A OBROBKŮ.....	37
8.4 STROJE PRO SOUSTRUŽENÍ.....	38
9 FRÉZOVÁNÍ.....	39
9.1 ZÁKLADY FRÉZOVÁNÍ.....	39
9.2 NÁSTROJE PRO FRÉZOVÁNÍ – FRÉZY.....	40
9.3 UPÍNÁNÍ NÁSTROJŮ A OBROBKŮ PŘI FRÉZOVÁNÍ.....	40
9.4 STROJE PRO FRÉZOVÁNÍ – FRÉZKY.....	41
10 VRTÁNÍ.....	43
10.1 ZÁKLADY VRTÁNÍ.....	43
10.2 NÁSTROJE PRO VRTÁNÍ – VRTÁKY.....	43
10.3 UPÍNÁNÍ NÁSTROJŮ A OBROBKŮ.....	44
10.4 STROJE PRO VRTÁNÍ – VRTAČKY.....	44
11 BROUŠENÍ.....	46
11.1 ZÁKLADY BROUŠENÍ.....	46
11.2 NÁSTROJE PRO BROUŠENÍ	47
11.3 UPÍNÁNÍ NÁSTROJŮ A OBROBKŮ.....	47
11.4 NÁSTROJE PRO BROUŠENÍ – BRUSKY.....	48
II. PRAKTICKÁ ČÁST.....	50
12 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	51
13 CHARAKTERISTIKA ODLITKŮ.....	52
13.1 VÍKO Z MATERIÁLU EN-GJL-250	52
13.2 VÍKO Z MATERIÁLU AlSi10MgMn	53
14 VÍKO Z MATERIÁLU EN-GJL-250.....	54
14.1 UPNUTÍ ODLITKU.....	54
14.2 ŘEZNÉ PODMÍNKY.....	57
14.3 PARAMETRY OBROBENÝCH PLOCH.....	58
14.4 ČETNOST A CHARAKTERISTIKA SLÉVÁRENSKÝCH VAD DLE HLOUBKY OBROBENÉ PLOCHY..	58
15 VÍKO Z MATERIÁLU - HLINÍKOVÁ SLITINA	60

15.1 UPNUTÍ ODLITKU.....	60
15.2 ŘEZNÉ PODMÍNKY.....	61
15.3 PARAMETRY OBROBENÝCH PLOCH.....	61
15.4 ČETNOST A CHARAKTERISTIKA SLÉVÁRENSKÝCH VAD DLE HLOUBKY OBROBENÉ PLOCHY.....	62
ZÁVĚR.....	64
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	65
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	66
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	67
SEZNAM TABULEK.....	69

ÚVOD

Historie slévárenství sahá hluboko do minulosti, ale až teprve koncem 19. století začalo být významnou součástí rozvíjející se strojírenské výroby. Ve 20. století se začaly objektivizovat a zkoumat slévárenské jevy a to vedlo k rozšíření použití odlitků především do automobilového a leteckého průmyslu. V poslední době se slévárenské technologie vyvíjejí hlavně díky rozvoji výpočetní techniky – CAD systémů.

První zmínky o obrábění v dávné minulosti jsou o procesech řezání (starší doba kamenná), ale začátky opracování materiálů, tak jak je známe z dnešní doby, souvisí až s průmyslovou revolucí na konci 18. a začátku 19. století. V dnešní době je vývoj tohoto technologického procesu spojován hlavně s obráběním na CNC strojích a používáním nově vyvinutých materiálů na výrobu nástrojů.

Většina výrobků, které jsou vyrobeny slévárenskou technologií, jsou součástí větších technologických celků a jsou před montáží obrobny. V této bakalářské práci porovnávám vytváření technologických základů u odlitků, které jsou vyrobeny rozdílnou technologií odlévání a jsou z různých materiálů. Zaměřuji se hlavně na upnutí odlitků, které vzhledem k technologii odlévání má svá specifika, dále se zabývám řeznými podmínkami, parametry opracované plochy a četností slévárenských vad dle hloubky obrobene plochy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROCES VÝROBY ODLITKŮ

Slévárenství definujeme jako netřískové výrobní odvětví, jehož součástí je vlastní technologický proces výroby odlitků a také vlastnosti základních a pomocných surovin, které se používají při výrobě. [5]

1.1 Základní pojmy

Princip výroby odlitků spočívá v tom, že roztavený kov se naleje do žáruvzdorné formy, která tvarem dutiny odpovídá negativu budoucího odlitku. Po ztuhnutí taveniny ve formě vzniká odlitek.

Slitiny železa jsou odlévány převážně do netrvalých (jednorázových) forem, které se vyrábí ze zrnitého materiálu – formovací směsi. Proces výroby forem se nazývá formování a dutina formy se zhotovuje otláčením modelu do formovací směsi.

Model svým tvarem odpovídá tvaru budoucího odlitku, ale jeho rozměry jsou větší o hodnotu smrštění kovu. Vnitřní dutiny a otvory se vyrábí pomocí jader, které se vyrábí v jaderníku. [2]

1.2 Technologický proces

Výroba odlitků je souhrnem mnoha technologických operací, které lze rozdělit na pět základních:

- výroba modelů a jaderníků
- výroba formy a jader
- příprava tekutého kovu
- odlévání (zaplnění dutiny formy)
- uvolnění odlitků z formy a dokončovací operace [1]

1.3 Způsoby odlévání

a) Gravitační lití

Je využívána tíha taveniny vytékající ze slévárenského kelímku. Tento způsob odlévání se používá při odlévání do pískových forem, do keramických forem a do kovových forem.

b) Odstředivé lití

Využívá odstředivou sílu pro vyplnění dutiny taveninou.

c) Tlakové lití

K plnění formy taveninou se používá tlak (vysokotlaký a nízkotlaký způsob). Zde se používají kovové formy. [5]

2 SLÉVÁRENSKÁ FORMA

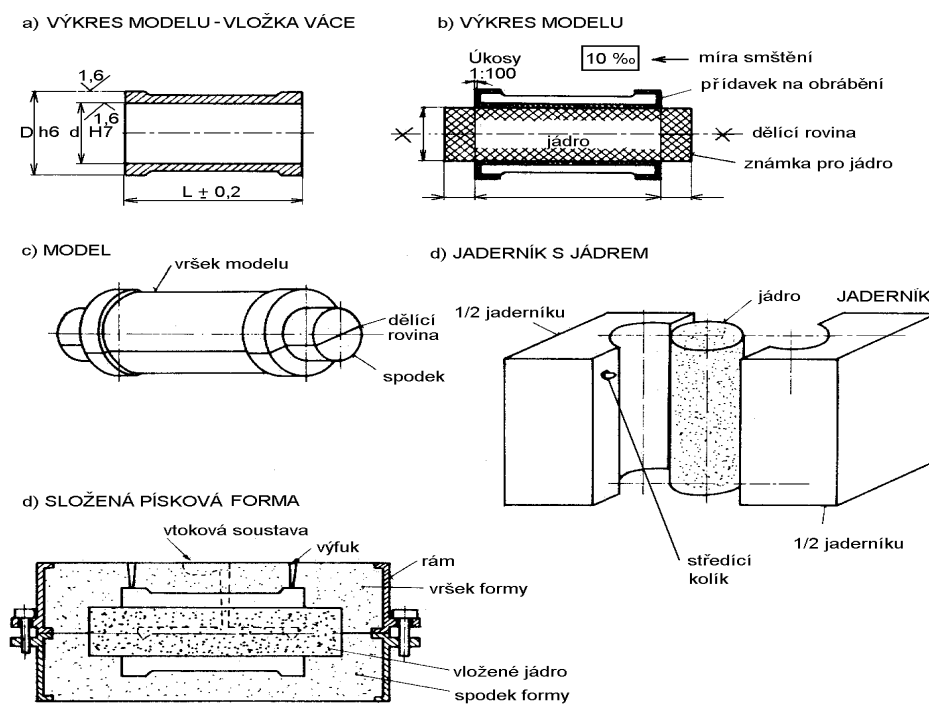
Základní rozdělení slévárenských forem je na formy:

a) Netrvalé formy

Slévárenský model (resp. modelové zařízení) „vytváří“ do formovací směsi, která je ve formovacím rámu, negativní tvar budoucího odlitku. Tyto formy jsou na jedno použití – při vytlačování zchlazeného odlitku z formovacího rámu se forma zničí. Tímto způsobem je vyráběno ca 80% odlitků.

b) Trvalé formy

Forma je zhotovena z kovové slitiny – vyrábí se odlitím hrubého tvaru formy a následným obrobením. Tyto formy nazýváme kokily a jejich životnost se pohybuje v řádu až statisíců kusů. [4]



Obr.1 – Schéma netrvalé (pískové) formy

2.1 Výroba modelových zařízení a kokil

Modelová zařízení, která jsou určena k výrobě netrvalých forem tvoří jednak samotné modely (mají tvar budoucího odlitku) a poté vtoková soustava (přivádí tekutý kov

do dutiny formy) a modelové desky (na nich je vše usazeno). Materiály, ze kterých se vyrábí modely a vtoková soustava: dřevo, epoxyd, slitiny hliníku a mědi. Modelové desky jsou nejčastěji vyrobeny z hliníku, dále z překližky a ze slitin kovů.

Kokily jsou vyrobeny nejčastěji se šedé litiny nebo z nástrojových ocelí. Součástí kokily je kromě samotné dutiny formy taky jednoduchá vtoková soustava. [1]

2.2 Výroba forem

U kokil je dutina formy součástí samotné kokily a tudíž jediným procesem, před samotným odlitím odlitku, je příprava formy – její nástřik.

U netrvalých forem je nutné dutinu formy nejdříve vyrobít - „vytvarováním“ modelového zařízení do formovací směsi – tento proces se nazývá formování.

Formování lze rozdělit na formování ruční a formování strojní.

Formování je proces, při kterém je k formovacímu rámu přiloženo modelové zařízení (modelová deska, modely, vtoková soustava). Formovací rám je poté „vysypán“ formovací směsí, která je „zhutněna. Po vytáhnutí modelového zařízení z formovacího rámu zůstává ve formovací směsi „obtisk“ modelů a vtokové soustavy. „Obtisk“ modelů tvoří negativ tvaru budoucího odlitky a je dutinou formy.

Každá slévárenská forma je rozdělena dělicí rovinou na dvě poloviny. Každá polovina je odformována zvlášť do formovacího rámu. Poté jsou oba formovací rámy přiloženy k sobě. Tímto je vytvořena „kompaktní dutina“, která se obsahuje jak tvar negativu budoucího odlitku, tak dutinu vtokové soustavy pomocí níž je přiváděn tekutý kov. [2]

2.3 Výroba jader

Otvory samotných odlitků, vnitřní a jiné tvary, které nelze odformovat modely jsou vyráběny pomocí tzv. jader. Jádra jsou vyráběny z jádrových směsí (mají obdobné vlastnosti jako formovací směsi) v tzv. jaderníku.

Základní rozdělení jaderníků je dle způsobu vytvrzování na:

- a) teplé – k zpevnění jaderníkové směsi dochází vlivem ohřátí od teplého jaderníku
- b) studené – k zpevnění jaderníkové směsi dojde samovolným vytuhnutím

Princip výroby jader:

V jaderníku je dutina (která tvoří negativ tvaru budoucího jádra) a ta je „vstřelením“ jádrové směsi zaplněna. Jaderník je rozdělen pomocí dělicí roviny na dvě části, tak aby bylo možné vyrobené jádro vyjmout z dutiny jaderníku (děje se tak pomocí tzv. vyhazovačů). [4]

2.4 Vtoková soustava

Vtoková soustava slouží k „dopravě“ tekutého kovu do dutiny formy. Součástí vtokové soustavy jsou: vtoková jamka, vtokový kanál, struskový kanál a vtokvé zářezy. Do vtokové soustavy se vkládá ještě sítko, které má za úkol zachytit nečistoty, které se vyskytují v tekoucím kovu.

Další kritéria, které by měla splňovat vtoková soustava:

- rovnoměrné zaplnění všech dutin formy, bez zbytečných vírů, nasávání vzduchu a plynů z okolí
- oddělení všech nečistot (struska, formovací směs, atd)
- naplnění formy v určitém časovém intervalu [2]

2.5 Formovací rámy

Formovací rám „ohraničuje“ formovací směs, ve které je „otisknuto“ modelové zařízení a tudíž drží zhutněnou formovací směs pohromadě. Kompletní forma vzniká složením dvou formovacích rámu „na sebe“ - aby formovací rámy lícovaly používá se tzv. zaváděcích kolíků.

Formovací rámy bývají nejčastěji vyrobeny odlitím z litiny, oceli nebo ze slitiny hliníku. [1]

2.6 Formovací směsi

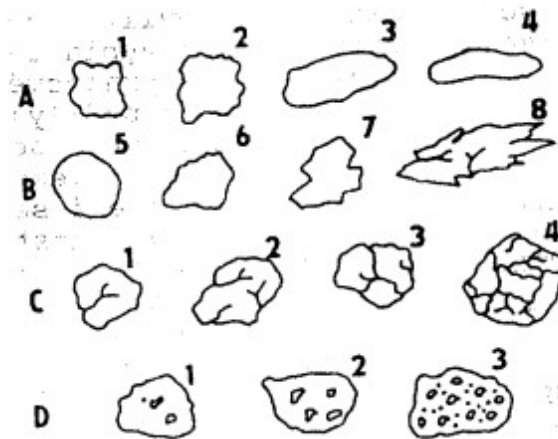
Jsou to sypké materiály, které tvoří dutinu formy. Formovací směsi se vyrábí (jsou míchány) z těchto surovin:

- písky (ostřiva) – podstatná část formovací směsi – až 92%

- pojiva – spojují zrna ostřiva
- přísady – zlepšují vlastnosti forem a jader

Formovací směsi, tak aby plnily svoji funkci „dutiny formy“ musí mít tyto fyzikální, chemické a technologické vlastnosti:

- žáruvzdornost
- tepelnou vodivost
- prodyšnost
- poddajnost
- rozpadavost
- „co nejmenší“ reakci s tekutým kovem [2]



Obr.2 – Ostřivo (jednotlivá zrna)

Jednotlivá zrna dělíme dle (viz. obr. 2):

- tvaru zrna (A)
- hran zrna (B)
- povrchu zrna (C)
- celistvosti zrna (D)

3 KONSTRUKCE ODLITKŮ

Při konstrukci odlitků je potřeba zohlednit specifika slévárenské technologie a není možné konstrukční řešení „přebírat“ z jiných technologií (kování, svařování, obrábění, atd.). [3]

3.1 Úkosy

Modelová zařízení a jaderníky musí být „opatřena“ úkosy tak, aby bylo možné modelové zařízení vyjmout ze zhutněné formy (a jádro z jaderníku). Doporučované hodnoty slévárenských úkosů jsou dány normou a pohybují se nejčastěji od 1° do 4°. [3]

3.2 Zaoblení hran

Hrany a rohy na odlitcích se zaoblují s dostatečně velkým poloměrem.

Důvodů je několik:

- a) lepší odformování modelu do formovací směsi
- b) snadnější zaplnění dutiny formy roztaveným kovem
- c) omezení poškození hran modelového zařízení při manipulaci
- d) rovnoměrnější chládnutí taveniny

Optimální zaoblení hran a rohů se pohybuje od rádiusu 2mm výše. [3]

3.3 Tvar odlitku

Tvar odlitku by měl tvořit jednoduché geometrické útvary, kde budou převládat rovinné a válcové plochy.

Pokud je požadovaný tvar složitější, tak by výstupky a žebra měly být orientovány kolmo k dělicí rovině. Je výhodnější tyto tvary konstruovat tak, aby je bylo možné protáhnout až do dělicí roviny. Pokud to není možné, tak se tyto části odlitku formují pomocí volných částí modelů nebo pomocí jader. Tento způsob řešení vyžaduje zvýšené náklady.

Při přechodech stěn, mezi silnější a slabší částí, zachováváme pokud možno stejnoměrné průřezy bez místního nahromadění materiálu.

Pokud jednotlivé části odlitku mají nestejněměrné podmínky tuhnutí, může to způsobit nestejnorodé vlastnosti materiálu a tím i zhoršení mechanických vlastností. Toto je možné eliminovat správnou konstrukcí odlitku. [3]

3.4 Smrštění odlitků

Při chládnutí a tuhnutí taveniny ve formě dochází k objemovým změnám, které vedou ke změnám rozměrů odlitku. Většina odlévaných materiálů při chládnutí a tuhnutí svůj objem zmenšuje, proto hovoříme o smršťování. Se smrštěním je nutno počítat již při výrobě modelových zařízení – rozměry modelů se vyrábí větší právě o hodnotu smrštění.

MATERIÁL	LICÍ TEPLOTA [°C]	OBJEMOVÉ SMRŠTĚNÍ [%]	LINEÁRNÍ SMRŠTĚNÍ [%]
Legovaná ocel	1400-1600	3-10	1,5-2,5
Nelegovaná ocel	1500-1600	4-7	1,2-2
Tvárná litina	1300-1400	3-13	0,5-1
Temperovaná litina	1300-1400	2-6	1,5-2
Šedá litina	1250-1350	0-1,5	0,5-1,3
Slitiny hliníku	650-780	4-8	0,5-1,5

Tab. 1 – Licí teploty a hodnoty smrštění materiálů

Dalším průvodním jevem, který vzniká při tuhnutí a chládnutí taveniny, je vnitřní pnutí. Tento jev je nežádoucí a způsobuje ho smršťování jednotlivých částí odlitku rozdílnou rychlostí. Vnitřní pnutí dále dělíme dle příčiny jeho vzniku na:

- teplotní – způsobené teplotní roztažností
- fázová – příčinou jsou objemové změny slitiny při fázových přeměnách [3]

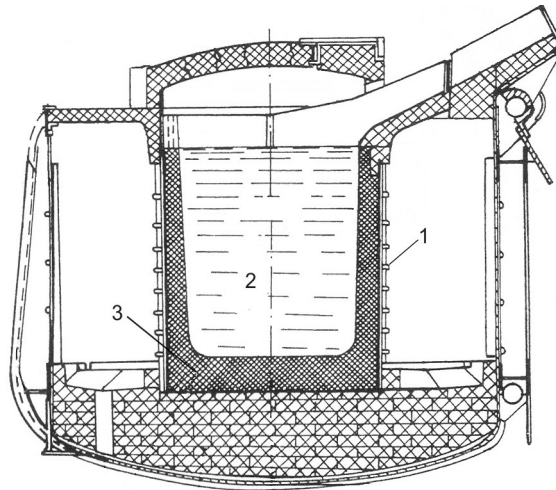
4 PŘÍPRAVA TEKUTÉHO KOVU

4.1 Tavicí pece

Materiál pro výrobu odlitků se připravuje v tavicích pecích, které se dělí na:

- a) kuplovný
- b) elektrické pece (indukční, obloukové, odporové)
- c) plynové pece (kelímkové, šachtové, rotační)

Materiál je z tavicích pecí dopravován do forem v lící pánvi. [1]



Obr.3 – Schéma elektrické indukční pece (1 – měděný induktor, 2 – kov, 3 - kelímek)

4.2 Materiály k výrobě odlitků

Nejběžněji používané materiály k výrobě odlitků:

- oceli na odlitky
- litiny (šedá litina, tvárná litina, temperovaná litina, vermikulární litina)
- slitiny neželezných kovů (hliník, měď, zinek, hořčík, titan)

Teploty tavení některých kovů a slitin:

Železo čisté – 1539 °C

Ocel uhlíková – 1500 °C

Šedá litina – 1150 °C

Měď – 1083 °C

Hliník – 658 °C [5]

4.3 Tavitelnost

Je to vlastnost, která popisuje schopnost kovů a jejich slitin přecházet z pevného skupenství do kapalného a zároveň schopnost tvořit homogenní taveniny při zachování určitého chemického složení a čistoty materiálu.

Při posuzování tavitelnosti daných materiálů vycházíme z:

- tavicí a lící teploty
- chování tavenin při chládnutí / tuhnutí
- struktury materiálu (litiny se stejnorodou strukturou jsou hůře tavitelné, než litiny s nestejnorodou strukturou) [1]

4.4 Tekutost a zabíhavost

Tekutost taveniny je definována jako převrácená hodnota dynamické viskozity. Vliv na rychlost proudění taveniny ve formě vystihuje kinematická viskozita, která je u tavenin kovů a slitin řádově srovnatelná s vodou a tudíž je možné při proudění taveniny ve formě aplikovat zákony hydromechaniky.

Zabíhavost taveniny je její schopnost, co nejdůkladněji vyplnit dutinu formy. Na zabíhavost má vliv několik faktorů, jako jsou lící teplota, typ slitiny, konstrukce odlitku a vtokové soustavy, viskozitou taveniny a dalšími. [4]

4.5 Vznik slévárenských vad

Při tuhnutí taveniny dochází k jevům, které způsobují nežádoucí vznik slévárenských vad:

a) Staženiny a mikroporozita

Velikost staženin závisí na velikosti smrštění materiálu a může se v jednotlivých místech lišit v závislosti na konstrukci odlitku a na odvodu tepla při tuhnutí. Na tvar staženiny má

velký vliv chemické složení litiny. Mikroporozita je závislá na podmínkách a délce tuhnutí litiny – čím delší je interval tuhnutí, tím je větší podíl mikroporozity na úkor staženin.

b) Trhliny

Vznik trhlin je závislý na použité slévárenské technologii a na druhu odlévané slitiny (u ocelí je velký sklon k tvorbě trhlin, zatímco u šedé a tvárné litiny je velmi malý).

c) Povrchové napětí

Důsledkem vzniku povrchového napětí při odlévání slitiny, může být pronikání taveniny do formovacího materiálu, což má za následek vznik mechanických zapečenin. Nejvíce náchylné na tento typ vad jsou kouty, hrany a vpadlé části odlitku, kde se forma nejvíce prohřívá. Líc forem se v praxi často ošetřuje ochrannými nátěry a tím se zabraňuje pronikání taveniny do formovacího materiálu. [3]

5 ODLÉVÁNÍ FOREM

5.1 Způsob výroby forem

Nejrozšířenější způsob výroby odlitků je gravitační lití do netrvalých forem. Způsob výroby těchto forem můžeme rozdělit do čtyř skupin - dle druhu pojícího mechanismu, který se používá pro zpevnění jednotlivých částí formovacího materiálu:

- a) I. generace – ke zpevnění formovací směsi dochází mechanickými prostředky
- b) II. generace – formovací směs je zpevňována chemicky
- c) III. generace – formovací směs je zpevňována fyzikálním procesem
- d) IV. generace – k chemickému zpevnění formovací směsi dochází biologickým procesem [5]

5.2 Ukládání jader

Jádra se do forem ukládají do tzv. známek, které zajišťují fixaci jádra vůči vnějšímu tvaru formy. Cílem této fixace je zabezpečit rozměrovou přesnost odlitku, v tomto případě hlavně zajištění pozice tvaru, který tvoří jádro, vůči dalším konturám odlitku.

Jádra jsou ve formě nejčastěji uložena:

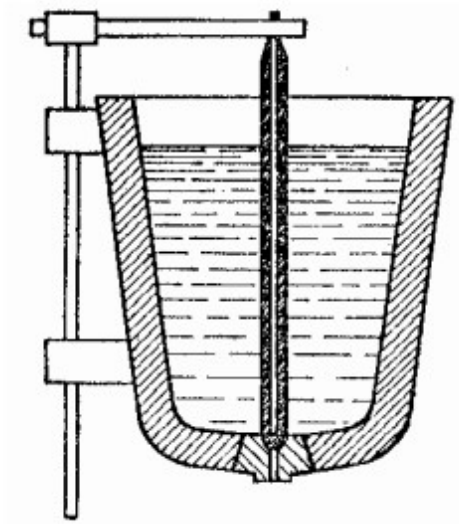
- ve vodorovných válcových známkách
- ve svislých kuželových známkách [1]

5.3 Skládání forem

Po uložení jader do spodní části formy je se skládá vršek a spodek formy. Vzájemná poloha formovacích rámců, ve kterých je vrše a spodek formy je zajištěna pomocí závadčích kolíků. Na automatických slévárenských linkách se tento proces děje „strojně“, při ruční výrobě jsou formovací rámy na sebe skládány pomocí jeřábů. [2]

5.4 Zaplnění formy

Po dosažení chemického složení a požadované teploty je tavenina „odpíchnuta“ do lící pánve, které jsou buď bubnové (se spodní výpustí) nebo kelímkové. Struska, která má nižší hustotu než tavenina, vyplave nahoru a je „odebrána“. [1]



Obr.4 – Schéma lící pánve

5.5 Tuhnutí a chládnutí odlitku

Po zaplnění dutiny formy taveninou jsou formy „odstaveny“, aby mohly odlitky zchladnout. Při tomto procesu dochází ke smršťování materiálu a tím i k objemovým změnám, které jsou podmíněny teplotní roztažností a objemovými změnami při fázových přeměnách.

Objemové změny je možno rozdělit dle období, ve kterém probíhají na:

- smršťování chládnoucí tekuté fáze
- objemové změny při tuhnutí
- smršťování chládnoucí tuhé fáze
- objemové změny při fázových přeměnách tuhé fáze

Při chládnutí odlitku mohou mít objemové změny, vzhledem k nehomogennímu teplotnímu poli, rozdílný charakter. Objemové změny a jejich rozdílný charakter má vliv na výsledný tvar a rozměry odlitku a vznik vnitřních vad a pnutí. [2]

6 DOKONČOVACÍ OPERACE

6.1 Uvolňování odlitků z formy

Po zchládnutí odlitku je odlitek uvolněn z formy. Způsoby uvolnění odlitku z formy jsou nejčastěji:

a) Vytlačování

Děje se tak pomocí pneumatického zařízení, na kterém je připevněna tvarová deska, která vytlačí prostor odlitku a formovací směsi z formovacího rámu.

b) Vytloukání

Je to nejčastější způsob, kde formovací rámy najedou na vytloukací rošt, který vibruje. Na roštu zůstane formovací rám a surový odlitek včetně vtokové soustavy. [1]

6.2 Čištění odlitků

Tento proces se děje v části slévárny, která se nazývá čistírna nebo cídírna.

Od odlitku je nejprve odstraněna vtoková soustava a nálitky. To se děje většinou na mechanických pilkách nebo se řezou plamenem. Vtoková soustava má těsně u těla odlitku tzv. zářez a je možné ji odstranit bouchnutím kladiva.

Poté jsou od odlitku odbroušeny všechny části, které „nepatří“ ke konečnému tvaru odlitku, tzn. zbytky po vtokové soustavě, po nálitcích a v některých případech se brousí i přetoky, které zůstanou v místech dělicí roviny.

Po obroušení jsou odlitky tryskány. Princip tryskání spočívá v tom, že na odlitek je veden proud zrnitého materiálu (litnové nebo ocelové broky). Tímto způsobem je odlitek omílán a jsou odstraněny zbytky formovací směsi a sraženy ostré hrany po broušení. [1]

6.3 Základování odlitků

Je to způsob jak zajistit odlitky z litin a ocelí proti korozi. Nejčastěji se odlitky namáčejí do základní barvy a poté jsou sušeny.

Pokud zákazník nepožaduje úpravu odlitků základováním, je potřeba zajistit tyto odlitky proti korozi při přepravě. To se děje nejčastěji balení do pytlů s antikorozi ochranou. [1]

7 TEORIE OBRÁBĚNÍ

Technologií obrábění můžeme z polotovaru vytvořit výrobek požadovaného tvaru, při požadované přesnosti a jakosti obrobených ploch. Zaujímá významné místo ve strojírenské výrobě.

Podstatou tohoto technologického procesu je odebírání částic materiálu vlivem účinků mechanických, elektrických a chemických procesů, nebo jejich kombinacemi.

Řezání je obrábění, kde se břitem řezného nástroje odebírají částice materiálu ve tvaru třísky. Realizace řezného procesu se dějí interakcí řezného nástroje a obrobku.

Obrábění je realizováno v soustavě obrábění SNOP, kde:

S – obráběcí stroj

N – řezný nástroj

O – obrobek

P - přípravek.

Obrobek je charakterizován jednotlivými rozměry a tvary ploch. Přestavuje objekt obráběcího procesu a je to obráběná nebo již obrobená součást nebo dílec.

Řezný nástroj uskutečňuje řezání tím, že vniká svou pracovní plochou tj. břitem do materiálu obrobku a odděluje postupně částice ve tvaru třísky.

Přídavek na obrábění je vrstva materiálu, kterou je potřeba obráběním odstranit.

Odebíraná vrstva je část přídavku, která je odřezávána jedním břitem ve formě třísky.

Tříska je odříznutá a deformovaná odebíraná vrstva materiálu obrobku. [6]

7.1 Pohyby při obrábění

Hlavní řezný pohyb je vzájemný pohyb mezi nástrojem a obrobkem, který realizuje obráběcí stroj.

Vedlejší řezný pohyb (posuv) je realizován jako další relativní pohyb mezi nástrojem a obrobkem (u některých způsobů obrábění tento pohyb není).

Výsledný řezný pohyb je vektorový součet současného hlavního a vedlejšího řezného pohybu.

Přísuv (hloubka řezu) je pohyb, kterým se nastavuje nástroj do pracovní polohy na požadovanou šířku záběru.

Řezná rychlost je okamžitá rychlost hlavního řezného pohyb bodu ostří vzhledem k obrobku. [7]

7.2 Geometrie obráběcích nástrojů

Nástrojové i geometrické parametry obráběcích nástrojů jsou definovány pomocí úhlů a ty jsou definovány v jednotlivých rovinách.

Na obrázku je nástrojová geometrie břitu soustružnického nože se zakreslením jednotlivých úhlů, kde:

α_0 – ortogonální úhel hřbetu

κ_r – úhel nastavení

β_0 – ortogonální úhel břitu

κ_r' – vedlejší úhel nastavení

γ_0 – ortogonální úhel čela

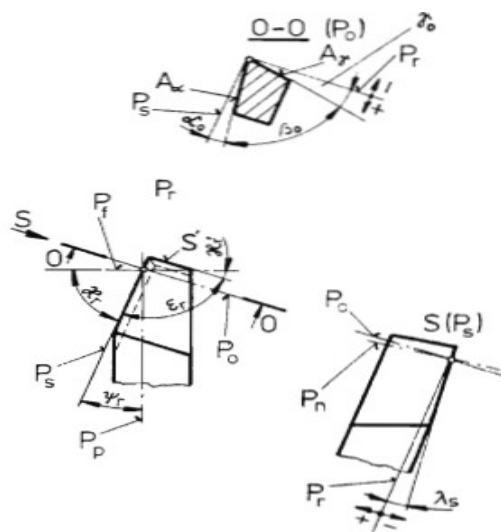
ψ_r – doplňkový úhel nastavení

δ_0 – ortogonální úhel řezu

ε_r – úhel špičky

λ_s – úhel sklonu ostří

r_ε – poloměr špičky



Obr.5 – Nástrojová geometrie břitu soustružnického nože

Jednotlivé úhly se identifikují ve dvou rovinách souřadnicové soustavy:

- nástrojová – geometrie řezné části je ve statickém pojetí
- pracovní – geometrie řezné části v procesu řezání

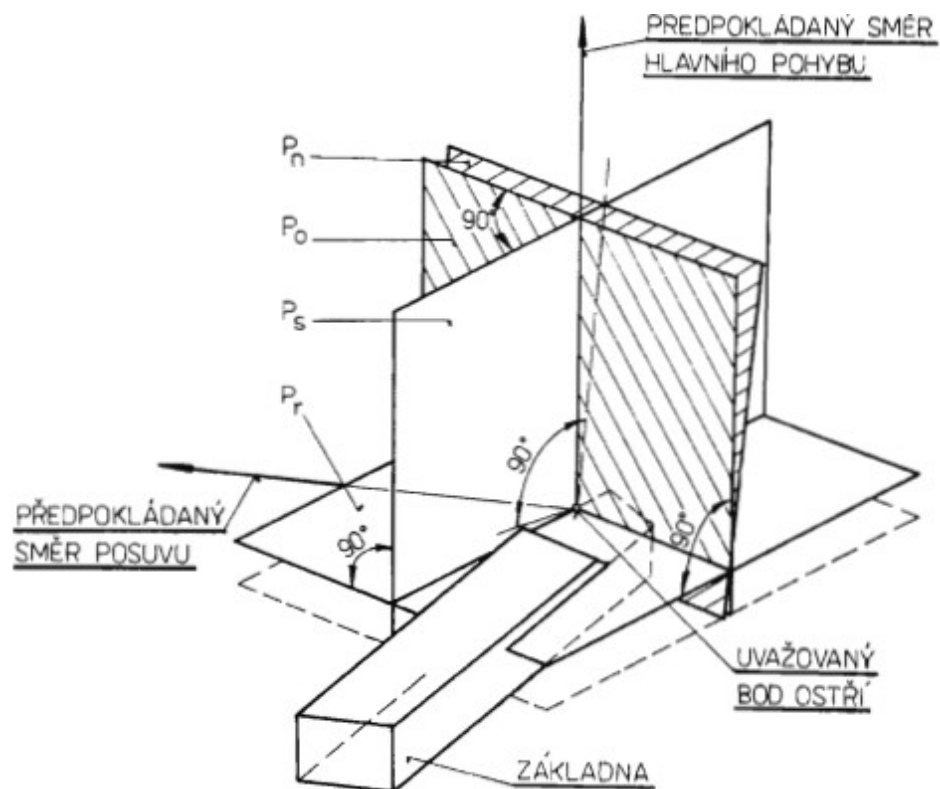
Na obrázku je nástrojová souřadnicová soustava soustružnického nože, kde:

P_r – nástrojová základní rovina

P_s – nástrojová rovina ostří

P_o – nástrojová ortogonální rovina

P_n – nástrojová normálová rovina [6]



Obr.6 – Nástrojová souřadnicová soustava soustružnického nože

7.3 Materiál řezných nástrojů

Materiál břitu nástroje je vystaven intenzivnímu mechanickému a tepelnému namáhání. Toto vede k otupování břitu, což má vliv na kvalitu výroby, její produktivitu a celkové výrobní náklady.

Materiál břitu nástroje musí být vždy z tvrdšího materiálu, aby mohl řezný klín vniknout do materiálu obrobku a odřezávat třísku.

Základní rozdělení materiálů řezných nástrojů:

- nástrojové oceli (uhlíkové, slitinové, rychlořezné)
- slinuté karbidy
- řezná keramika
- cermety (kombinace houževnatosti kovu a tvrdosti keramiky)
- syntetické velmi tvrdé materiály (kubický nitrid bóru, diamant) [7]

7.4 Obrábění odlitků

Obrábění odlitků se používá zejména pro zvýšení jakosti povrchu a dosažení vyšších rozměrových přesností. Dále je možné obráběním vytvořit tvary, které nelze z technologických nebo ekonomických důvodů vyrobit odléváním.

Je nutné počítat s tím, že při obrábění budou vznikat související se slévárenskou technologií a to:

- nepřesnost tvaru a rozměrů
- nehomogenní struktura
- porezita a tvrdší místa

Je nutné počítat s tím, že při opracování povrchu odlitku se odstraní jakostní licí kůra, čímž se sníží o několik procent pevnost odlitku a někdy i houževnatost a mez únavy.

Funkční obrobene plochy je vhodné, kvůli výskytu slévárenských vad, umístit do spodní části odlitku.

U odlitků, které jsou určeny pro následné opracování, se používají přednostně litiny s nižšími pevnostmi, které mají lepší obrobiteľnosť.

Při konstrukci odlitku, je nutné dodržovat několik zásad:

- minimalizovat objem obrábění „odlehčením“ funkčních ploch odlitku
- plochy určené k obrábění, mají být pokud možno válcové a rovinné a navzájem kolmé nebo rovnoběžné
- zajistit přístupnost obráběných ploch pro příslušné nástroje
- umožnit dostatečně snadné, tuhé a přesné ustavení a upnutí odlitku

- nepředlévat úzké otvory a drážky

Přídavky na obrábění se určují s ohledem na:

- polohu obráběné plochy (na horních plochách, kde je největší výskyt slévárenských vad, se volí často přídavky až o 50% větší než na ostatních plochách)
- sériovost výroby (v kusové výrobě se volí větší přídavky a naopak v sériové výrobě se vyplatí přídavky minimalizovat)

Velikost doporučených přídavků na obrábění odlitků je obsažena v normě ISO 8062. [6]

8 SOUSTRUŽENÍ

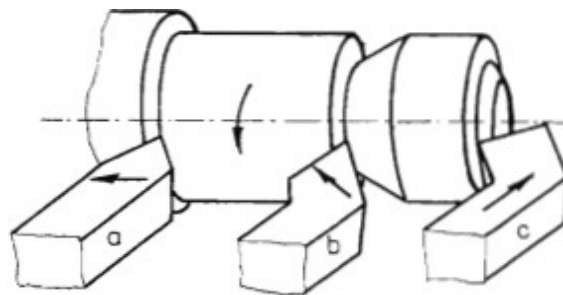
8.1 Základy soustružení

Tato nepoužívanější metoda obrábění je určena především k opracování válcových ploch a to jak vnějších, tak vnitřních. Dále je možné obrábět rotační plochy tvarovými nástroji, kuželové plochy, čelní rovinné plochy a řezat závity.

Kromě uvedených operací je možné na soustruzích vrtat, vyhrubovat, vystružovat a zahlubovat.

Rotující obrobek vykonává hlavní řezný pohyb. Nástroj vykonává posuvový pohyb a to ve směru:

- a) podélném
- b) obecném
- c) příčném [6]



Obr.7 – Základní pohyby při soustružení

8.2 Nástroje pro soustružení

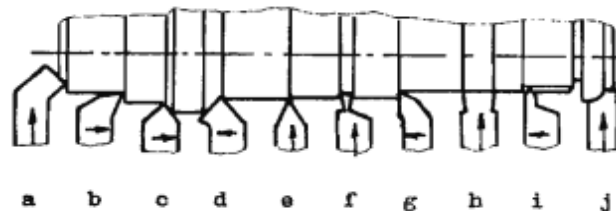
Pro soustružení se používají různé typy soustružnických nožů, které lze dělit z různých hledisek:

- a) dle materiálu bříty
- b) dle konstrukce



Obr.8 – Konstrukce soustružnických nožů

c) dle geometrického tvaru



Obr.9 – Rozdělení soustružnických nožů dle geometrického tvaru

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| a – ubírací nůž čelní | b – rohový nůž |
| c – ubírací nůž přímý | d – ubírací nůž ohnutý |
| e – hladící nůž | f – zapichovací nůž |
| g – ubírací nůž stranový | h – nabírací nůž |
| i – závitový nůž | j – rádiusový nůž [6] |

8.3 Upínání nástrojů a obrobků

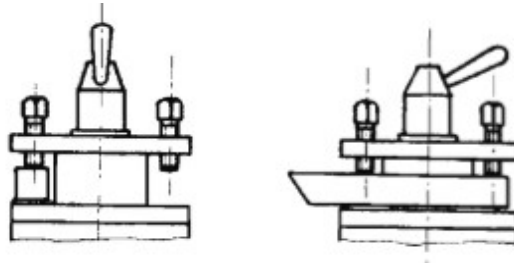
Upnutí obrobku na soustruhu závisí na jeho tvaru, velikosti, hmotnosti, průměru, délce a druhu stroje.

Základní způsoby upnutí obrobku na soustruhu:

- mezi hroty (za použití středících důlků a unašeče)
- do sklíčidla (pro krátké výrobky)
- do univerzální upínací desky (pro tvarové výrobky)

- do kleštín (tyčový materiál menších průměrů)

Upínání nástrojů pro soustružení - soustružnické nože se nejčastěji upínají do nožové hlavy. [6]



Obr.10 – Upínání soustružnických nožů do nožové hlavy

8.4 Stroje pro soustružení

Soustružnické stroje můžeme rozdělit dle dvou kritérií:

a) dle konstrukčního hlediska

- hrotové
- svislé
- čelní
- revolverové
- speciální

b) dle stupně automatizace

- ručně ovládané
- poloautomatické
- automatické [6]

9 FRÉZOVÁNÍ

9.1 Základy frézování

Je to nejrozšířenější metoda obrábění rovinných a tvarových ploch, které se uskutečňuje vícebřitým frézovacím nástrojem, tzv. frézou.

Podstatou frézování je odebrání materiálu obrobku jednotlivými břity frézy, která se otáčí kolem své osy. Během jedné otáčky vniká každý břit alespoň jednou do obrobku a poté ze záběru vychází a tudíž břity frézy pracují, na rozdíl od soustružení, vždy v podmínkách přerušovaného řezu.

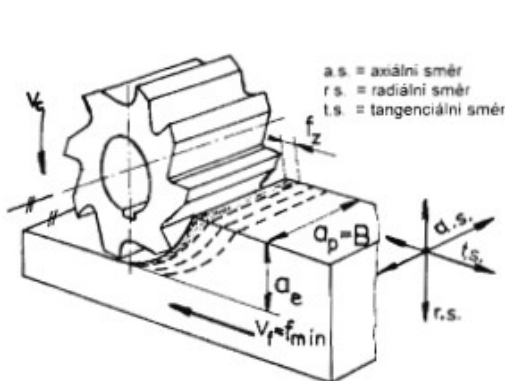
Hlavní pohyb při frézování koná rotující fréza.

Vedlejší (posuvový) pohyb koná obrobek, který je upnutý na pracovním stole obráběcího stroje (frézky) – tento pohyb je zpravidla přímočarý.

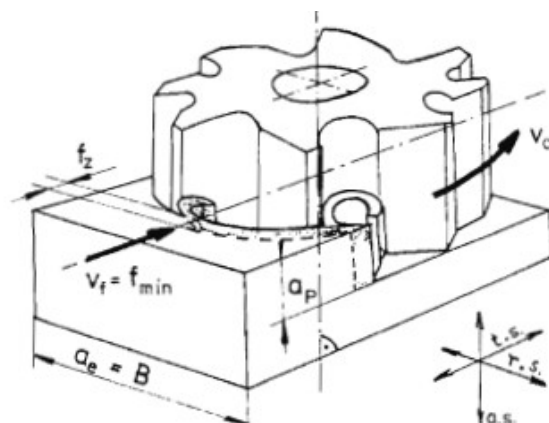
Dle orientace osy hlavního pohybu nástroje rozdělujeme frézování na:

- a) frézování válcové – osa rotace je rovnoběžná s obrobenou plochou
- b) frézování čelní – uskutečňuje se čelem i obvodem frézy nebo frézovací hlavy a osa nástroje je kolmá na obráběnou plochu

Čelní frézování uskutečňované frézovacími hlavami (s vestavěnými břitovými destičkami) je produktivnější než frézování válcové.



Obr.11 - Frézování válcovou frézou

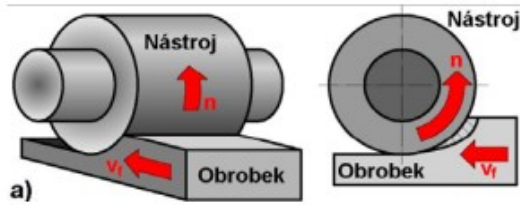


Obr.12 - Frézování čelní frézou

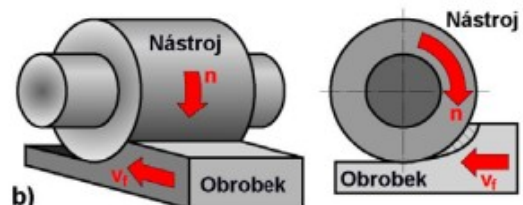
Frézování můžeme dále dělit dle smyslu otáčící nástroje na:

- a) sousledné

b) nesousledné [6]



Obr.13 – Frézování nesousledné



Obr.14 – Frézování sousledné

9.2 Nástroje pro frézování – frézy

Nástroje pro frézování (frézy) jsou definovány jako několikabřité nástroje a uspořádání břitů je na válcové, kuželové nebo jiné tvarové ploše frézy. U čelních fréz jsou břity i na čelní ploše.

Rozsah technologie umožňuje použití mnoha druhů fréz, které lze dělit do skupin z několika hledisek.

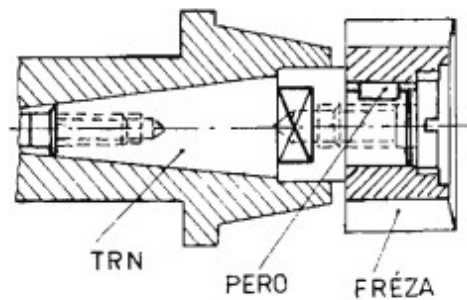
- Dle ploch na nichž leží ostří: válcové, čelní, válcové čelní
- Dle způsobu výroby zubů: se zuby frézovanými, se zuby podsoustruženými
- Dle směru zubů vzhledem k ose rotace: se zuby přímými, se zuby ve šroubovici
- Dle počtu zubů: jemnozubé, hrubozubé
- Dle konstrukčního uspořádání: celistvé, s vyloženými zuby, s vyměnitelnými břitovými destičkami [6]

9.3 Upínání nástrojů a obrobků při frézování

Válcové frézy se upínají za otvor v těle nástroje pomocí speciálních frézovacích trnů s podpěrou.

Stopkové nástroje mají normalizovaná zakončení a upínají se do kleštiny a upínacího pouzdra.

Upnutí čelních fréz a frézovacích hlav se realizuje pomocí frézovacích trnů s podélným nebo příčným perem.



Obr.15 – Upínání na trnu

Obrobek je při frézování upínán většinou mechaickými prostředky. Menší výrobky se upínají do běžných strojních svěráků, u větších výrobků používáme upínky a podpěry pro přímé upnutí na drážky pracovního stolu. [6]

9.4 Stroje pro frézování – frézky

Obráběcí stroje pro frézování dělíme podle základní konstrukce na:

a) Konzolové frézky

Jejich hlavním znakem je konzola, která je upevněna na vedení stojanu stroje. Tato frézka umožňuje nastavení obráběné součásti ve třech osách a používá se pro frézování rovinných a tvarových ploch malých a středně velkých součástí.

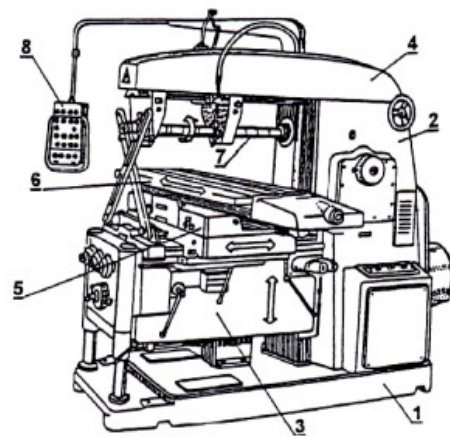
b) Stolové frézky

Nemají konzolu, ale podélný příčný stůl a svislý pohyb je zajišťován přemístováním vřeteníku po vedení stojanu stroje. Tyto stroje mají tuhou konstrukci a obrábí se na nich těžké a rozměrné výrobky.

c) Rovinné frézky

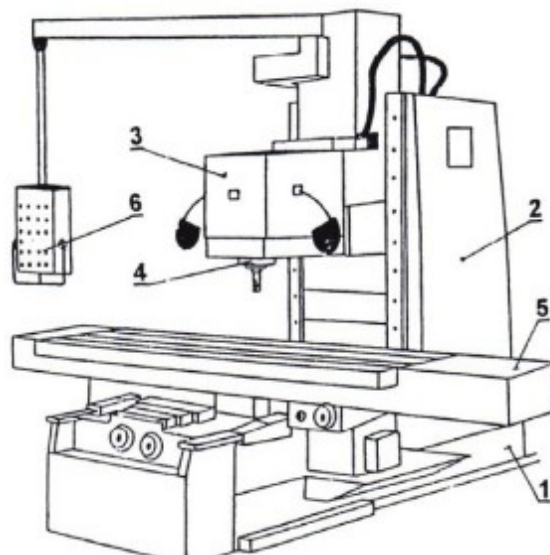
Mají stavebnicové provedení, kde pracovní stůl se pohybuje pouze v podélném směru. Příčné a svislé pohyby zajišťují vřeteníky.

d) Speciální frézky [6]



- 1 – základna
- 2 – stojan
- 3 – konzola
- 4 - rameno
- 5 – příčný stůl,
- 6 – podélný pracovní stůl,
- 7 – vřeteno
- 8 – ovládací panel

Obr.16 – Vodorovná konzolová frézka



- 1 – základní deska
- 2 – stojan
- 3 – vřeteník
- 4 – vřeteno
- 5 – pracovní stůl
- 6 – ovládací panel

Obr.17 – Stolová frézka

10 VRTÁNÍ

10.1 Základy vrtání

Je to metoda opracování, při níž se zhotovují otvory do plného materiálu nebo se zvětšují již předvyrobené otvory. K této výrobní technologii se vztahují další metody obrábění jako je vyhrubování, vystružování a vyvrtávání.

Nástroj (vrták) zde vykonává jak hlavní (rotační) pohyb, tak i vedlejší pohyb (přímočarý posuv).

Při vrtání je z technologického hlediska vždy významný poměr L/D , tzn. poměr vrtané délky k vrtanému průměru. Tento ukazatel a to, zda jde o vrtání otvoru průchozího, nebo slepého významně ovlivňuje nároky na utváření a odvod třísky z otvoru.

Charakteristickým rysem všech obráběcích nástrojů na díry je to, že se řezná rychlost zmenšuje od obvodu směrem k ose nástroje, kde má téměř nulovou hodnotu.

Základní rozdělení vrtání:

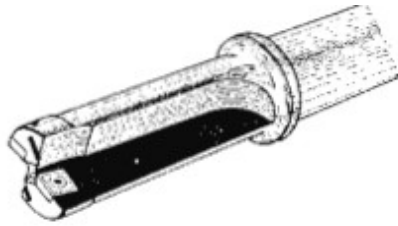
- vrtání do plného materiálu
- vrtání na jádro
- vrtání předvyrobených otvorů (tzn. zvětšování těchto otvorů) [6]

10.2 Nástroje pro vrtání – vrtáky

Nástroje pro vrtání mají jeden nebo více břitů a jsou na nich šroubové drážky pro odvod třísek.

Hlavním nástrojem pro vrtání je šroubovitý vrták. V ose vrtáku je umístěno příčné ostří, které za předpokladu symetrického naostření vyrovnává pasivní složky řezné síly a nástroje vykazují dobrý samostředící efekt. Tyto nástroje jsou realizovány většinou jako monolitní a jsou schopny přebušování.

Další skupinou nástrojů pro vrtání jsou vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami, které obvykle disponují více břity. Destičky jsou upnuty v těle nástroje pomocí šroubů, nebo pomocí kazet, které usnadňují jejich výměnu. [6]



Obr.18 – Vrták s VBD

10.3 Upínání nástrojů a obrobků

Vrtáky s válcovou stopkou upínáme do speciálních sklíčidel a vrtáky s kuželovou stopkou upínáme do dutiny vřetene obráběcího stroje (v některých případech pomocí redukční vložky).

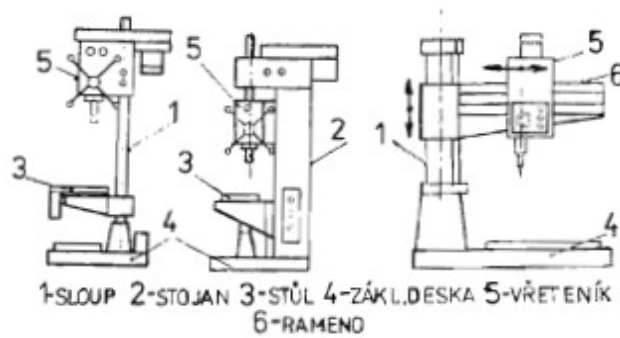
Upínání obrobků je v zásadě shodné s upínáním obrobků při frézování, tzn. pomocí upínek, svěráků nebo speciálních přípravků. V řadě případů používáme tzv. Vrtací pouzdra, které umožňují polohování a vedení nástroje a tím zvyšujeme přesnost a kvalitu obráběného otvoru. [6]

10.4 Stroje pro vrtání – vrtačky

Základní typy vrtaček dle jejich konstrukce:

- ruční
- stolní
- sloupové, stojanové, radiální
- vodorovné (na hluboké díry)
- speciální

Vrtání lze realizovat i na soustruzích, vyvrtávačkách a obráběcích centrech. [6]



Obr.19 – Typy vrtaček – sloupová, stojanová, radiální

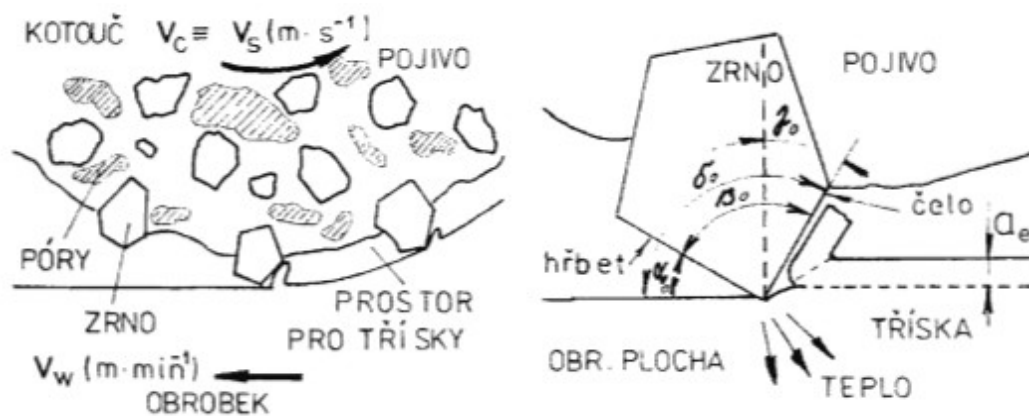
11 BROUŠENÍ

11.1 Základy broušení

Jedná se o abrazivní metodu obrábění, při které zabírá vícebřítý nástroj s geometricky nedefinovanými břity. Břity tvoří zrna brusiva, které jsou spojeny pojivem.

Touto dokončovací technologií lze dosáhnout velmi přesných a jakostních povrchů.

Velká obvodová rychlost a velký počet záběrů (který je daný počtem zrn) jsou příčinou velkých plastických deformací a intenzivního vývinu tepla. Tento jev je nutné kompenzovat intenzivním chlazením.



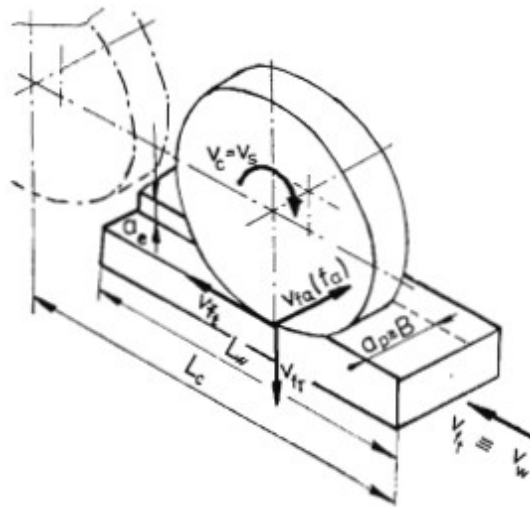
Obr.20 – Podmínky při záběru brousícího kotouče

Podle tvaru obrobenej plochy se dělí broušení na:

- rovinné broušení
- broušení dokulata
- broušení na otáčivém stole
- tvarové broušení
- kopírovací broušení
- broušení tvarovými brousícími kotouči

Další rozdělení broušení dle aktivní části brousícího kotouče

- obvodové broušení
- čelní broušení [6]



Obr.21 – Podélné rovinné broušení obvodem brousícího kotouče

11.2 Nástroje pro broušení

Brousící nástroj tvoří pevné těleso různých tvarů a velikostí a skládá se z:

- brousících zrn – tvoří řezné klíny
- pojiva – spojuje brusná zrna dohromady
- pórů – mají funkci zubových mezer

Rozdělení brousících nástrojů podle geometrického tvaru:

- kotouče (nejčastěji používané)
- segmenty
- kameny

Nejčastější typy materiálů, které se používají pro výrobu brusných kotoučů:

- oxid hlinitý Al_2O_3 (umělý korund, elektrolyt) – broušení oceli, temperované litiny
- karbid křemíku SiC (karborundum) – broušení šedé litiny, měď, sklo a keramika [6]

11.3 Upínání nástrojů a obrobků

Brusné kotouče se upínají mechanicky na vřeteno brousícího stroje pomocí přírub.

Sočástí upnutí jsou ještě vložky z gumy nebo měkké lepenky, které se vkládají mezi přírubu a brusný kotouč.

Problém házivosti brusného kotouče (vynucené kmity) se řeší vyvažováním, které se děje na vyvažovacím stojánku pomocí vyvažovacích tělísek.

Upínání obrobků se řeší dle tvaru broušené plochy:

- a) Vnější rotační plochy – upínání mezi hroty (za středící důlky), obrobek je unášen tzv. srdcovým unašečem
- b) Vnitřní rotační plochy – obrobek se upíná pomocí sklíčidla nebo upínek do pracovní desky vřeteníku
- c) Rovinné plochy – nejčastěji se obrobek upíná na magnetickou desku [6]

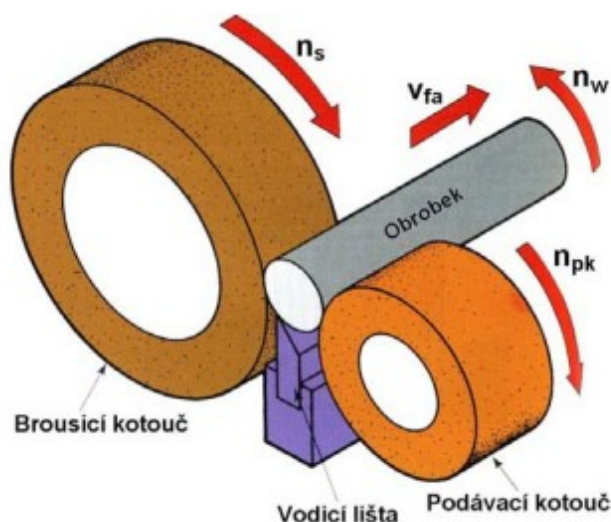
11.4 Nástroje pro broušení – brusky

- a) Hrotové brusky

Broušení rotačních ploch, obrobek je upnut mezi hroty.

- b) Bezhraté brusky

Charakteristické pro tyto brusky je to, že obrobek není upnutý, ale je pouze „přitlačován“ k nástroji podávacím kotoučem. Brusný kotouč je upnutý ve vřeteníku, který má konstantní otáčky. Podávací kotouč je upnutý v podávacím vřeteníku, který je uložený posuvně, má měnitelné otáčky a je sklopný.



Obr.22 – Bezhraté průběžné broušení

- c) Brusky na díry

Slouží k broušení vnitřních rotačních a kuželových otvorů. Nejvýznamnějším představitelem je sklíčidlová bruska – obrobek je upnutý do sklíčidla vřeteníku, který je uložený na příčných saních.

d) Rovinné brusky

Dělí se na vodorovné a svislé. Nejtypičtějším představením jsou vodorovné rovinné brusky s přímočarým vratným pohybem., kde je obrobek upnutý pomocí elektromagnetické desky.

e) Speciální brusky

Brusky určené k speciálním technologickým operacím – např. brusky na ostření, na broušení závitů, na broušení ozubení a na broušení klikových hřídelí. [6]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

12 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

V praktické části této bakalářské práce budu popisovat a srovnávat podmínky vytváření technologických základen u dvou odlitků, které jsou vyrobeny z rozdílných materiálů a různou technologií odlévání.

První je odlitek ze šedé litiny, přesně z materiálu EN-GJL-250, vyrobený technologií gravitačního lití do netrvalých pískových forem. Druhý je odlitek z hliníku, přesně z materiálu AlSi10Mg dle DIN, vyrobený technologií gravitačního lití do kokil. Oba odlitky jsou rozměrově velmi podobné i z hlediska technologické základny a dalšího opracování.

Při vytváření technologické základny u obou odlitků budu popisovat:

- upnutí obrobků
- řezné podmínky
- dosažené parametry na opracovaných plochách
- slévárenské vady

13 CHARAKTERISTIKA ODLITKŮ

13.1 Víko z materiálu EN-GJL-250

Jedná se o víko do hydraulických zubových čerpadel, které se vyznačuje hlavní těsnicí plochou, čtyřmi otvory pro uchycení šroubem a hydraulickým portem, který slouží k uchycení hydraulické hadice k čerpadlu.

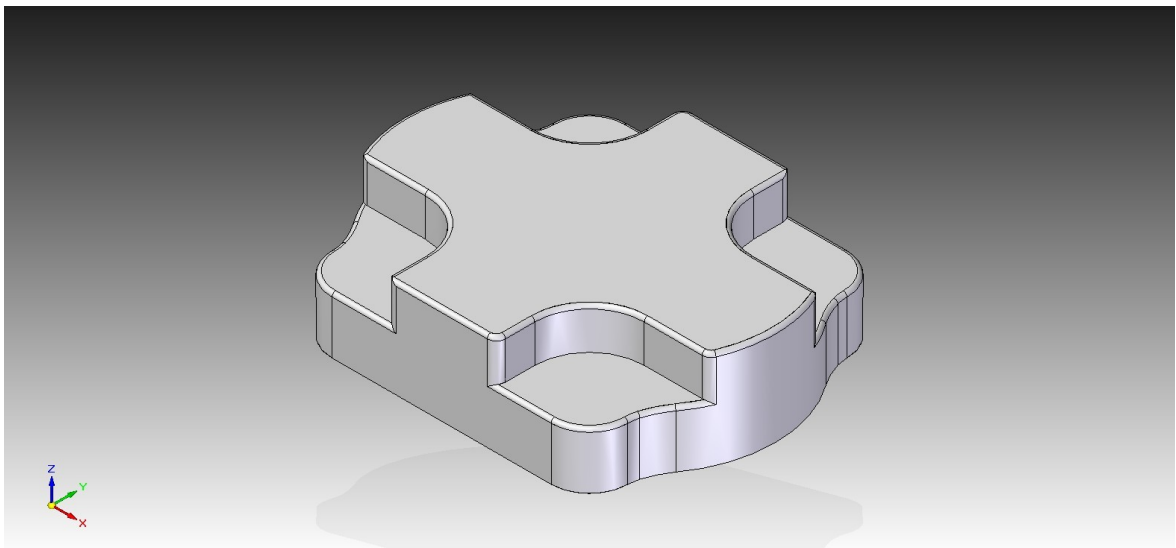
Odlitek je vyroben technologií gravitačního lití do pískových forem (formovací linka DISAMATIC).

Materiál EN-GJL-250 je označován jako šedá litina se zaručenými mechanickými vlastnostmi, na které má vliv:

- jednak tvar, velikost a množství lupínkového grafitu
- a dále chemické složení a rychlost ochlazování

Tato litina s lupínkovým grafitem je charakterizována především:

- pevností v tahu $R_m = 250-350\text{MPa}$
- tvrdostí HB 180-240



Obr. 23 – 3D model odlitku ze šedé litiny

13.2 Víko z materiálu AlSi10MgMn

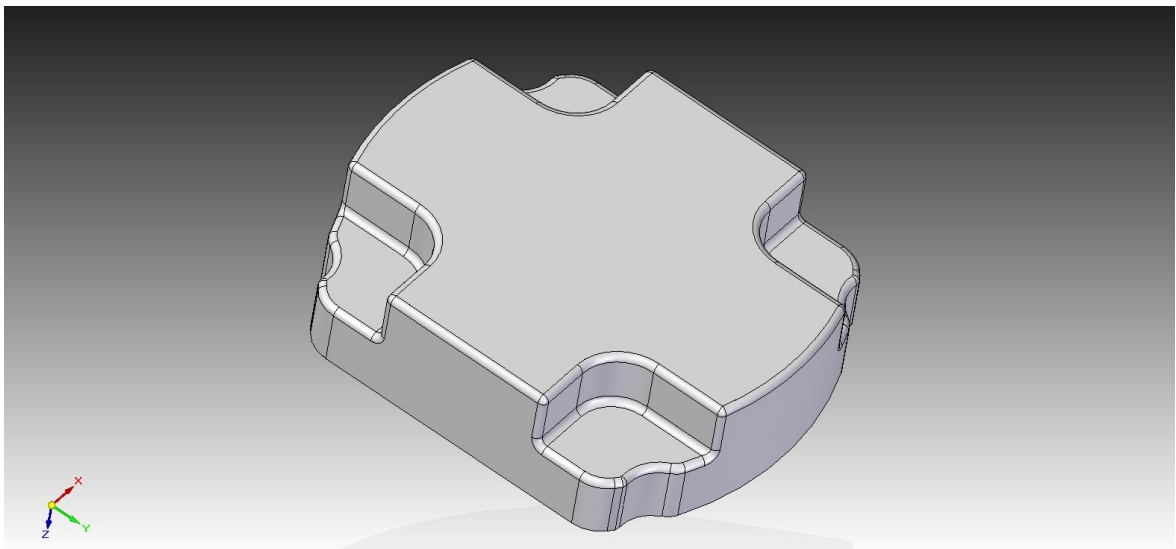
Jedná se o víko do hydraulických zubových čerpadel, které se vyznačuje hlavní těsnící plochou, čtyřmi otvory pro uchycení šroubem a hydraulickým portem, který slouží k uchycení hydraulické hadice k čerpadlu.

Odlitek je vyroben technologií gravitačního lití do kokil. Kokila je dvoučetná.

Materiál AlSi10MgMn se vyznačuje dobrou slévatelností a odolností vůči korozi.

Mechanické vlastnosti této hliníkové slitiny:

- pevnost v tahu $R_m = 300\text{MPa}$
- tvrdost okolo 100HB



Obr. 24 – 3D model odlitku z hliníku

14 VÍKO Z MATERIÁLU EN-GJL-250

14.1 Upnutí odlitku

Při upínání v obráběcích strojích se často vyskytuje problém s úkosy na upínacích plochách, které bývají od 1,5° do 3°.

Proto se na upínací čelisti (sklíčidla nebo svěráku) vkládají speciálně upravené vložky, které kopírují tento úkos nebo jsou upínací čelisti „podbroušeny“ tak, aby kopírovaly tento úkos.

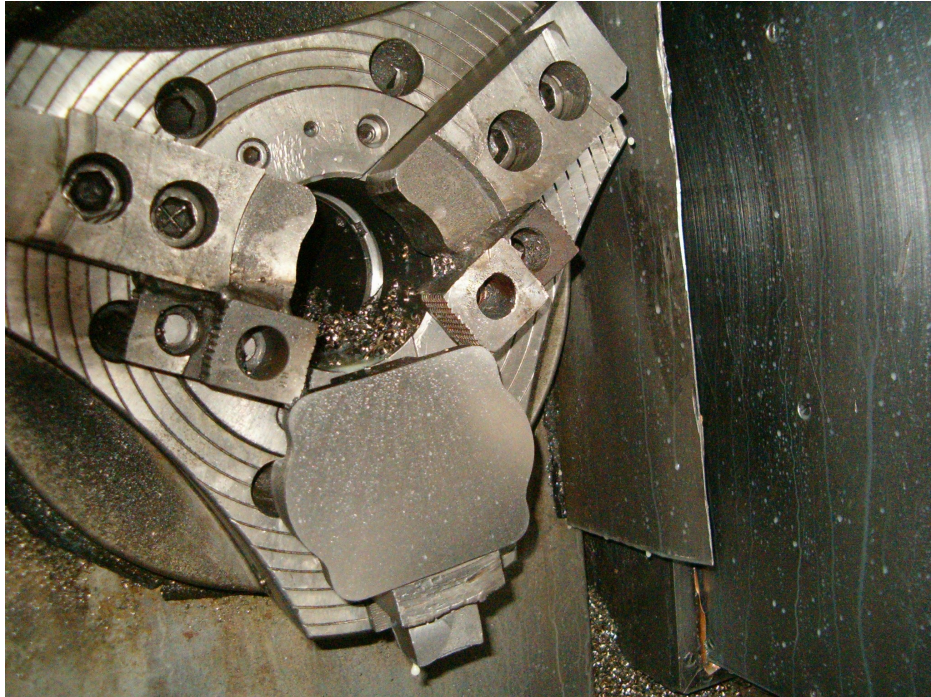
Upínací plocha čelistí bývá „zdrsněna“ vroubkováním, které eliminuje malý úkos na upínací ploše a odlitek je upnut bez speciálně upravených vložek.



Obr. 25 – Technologická základna

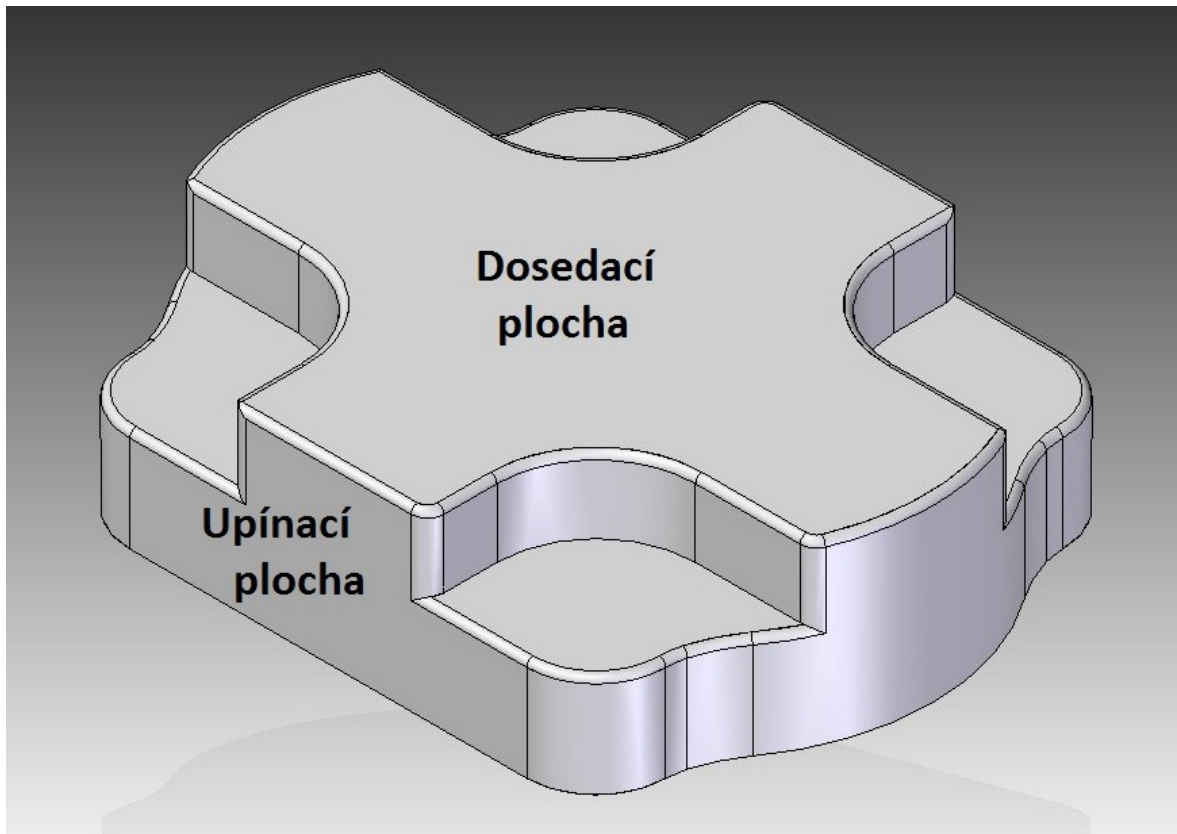
Pro výrobu technologické základny je víko z litiny opracováno na revolverovém soustruhu. Upnutí je provedeno do sklíčidla, jehož čelisti jsou opatřeny „vroubkováním“, které při rozměrech upínací plochy eliminuje to, že na upínací ploše je slévárenský úkos.

Upnutí do sklíčidla je „mimostředné“ pomocí upravených čelistí, což znamená, že celá opracovávaná plocha je obráběna „přerušovaným řezem“.



Obr. 26 – Mimostředné upnutí do sklíčidla

Ve střední části sklíčidla je doraz, o který se „opře“ protilehlá strana od technologické základny, tzv. dosedací plocha. Síla, kterou se víko z litiny upne činí 1,57MPa. Na upínací ploše zůstanou nepatrné otisky od „vroubkování“ upínacích čelistí, které jsou ze strany koncového zákazníka akceptovány.

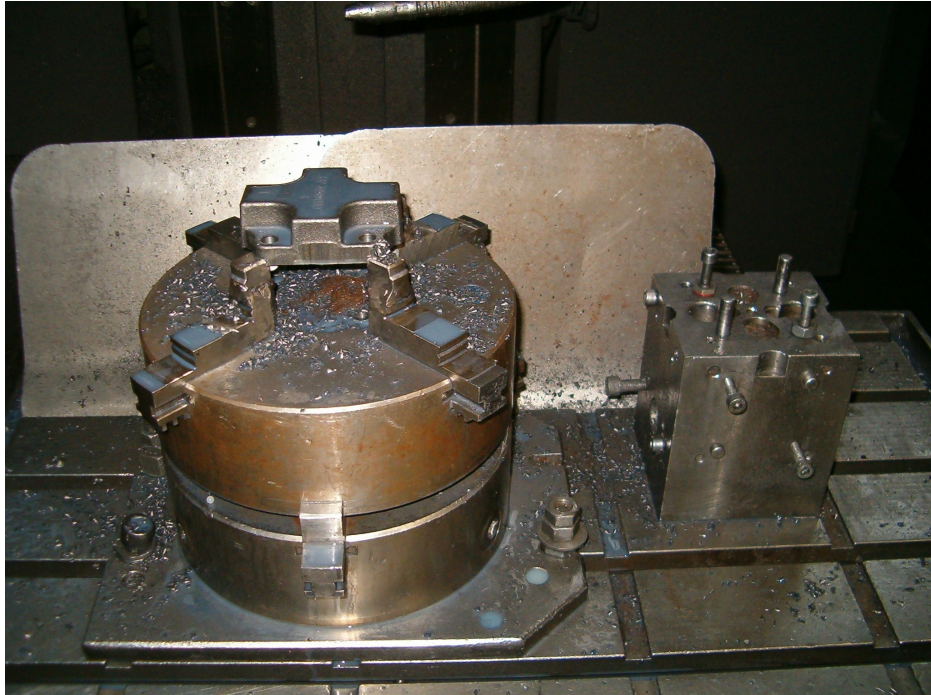


Obr. 27 – Dosedací a upínací plocha

Materiál upínacích čelistí: většinou zušlechťená ocel 12050.

Při opracování technologické základny „na čisto“ (v praxi se používá výraz „šlichtování“) je upnutí odlitku identické jako při hrubování.

Opracování průchozích otvorů se provádí na vrtacím centru MATSUURA, které umožňuje upnutí dvou odlitků a v jednom úkonu vrtají dvě vřetena. Odlitky jsou upnuty do speciálních držáků.



Obr. 28 – Upnutí odlitků při operaci vrtání na obráběcím centru MATSUURA

14.2 Řezné podmínky

Při hrubování technologické základny na revolverovém soustruhu jsou voleny:

- otáčky $n = 280$ ot/min
- posuv $f = 0,25$ mm/ot
- šířka záběru ostří $a_p = 1,4$ mm

Při opracování technologické základny „na čisto“ na soustruhu SPT jsou voleny:

- otáčky $n = 600$ ot/min
- posuv $f = 0,1$ mm/ot
- šířka záběru ostří $a_p = 0,4$ mm

Při vrtání otvorů $d = 10,7$ mm na stroji MATSUURA jsou voleny:

- otáčky $n = 1200$ ot/min
- posuv $f = 150$ mm/ot

14.3 Parametry obrobených ploch

Při hrubování na revolverovém soustruhu se dosahuje drsnosti na technologické základně:

$$Ra = 2,3-4,2$$

$$Rz = 11-17$$

Lepších parametrů je dosaženo dál od osy otáčení vřetena, vzhledem k vyšším řezným rychlostem. Drsnost plochy je také ovlivněná tím, že se jedná o přerušovaný řez.

Při opracování technologické základny „na čisto“ je potřeba splnit parametry předepsané zákazníkem. Technologická základna bude sloužit na finálním výrobku jako těsnicí plocha a proto jsou výkresem předepsány:

- $Ra < 1,6$
- rovinnost $< 0,01$

Hodnoty naměřené na technologické základně po opracování „na čisto“:

Číslo měřeného kusu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Naměřená drsnost Ra	1,1	0,9	1,3	1,2	1,1	0,9	1,3	1,2	0,8	1,4
Naměřená rovinnost	0,009	0,0084	0,0075	0,0089	0,01	0,0084	0,0093	0,0096	0,0098	0,011

Tab. 2 – Hodnoty rovinnosti a drsnosti

Použité měřicí přístroje:

- drsnoměr: TR - 110
- třísořadnicový měřicí přístroj od firmy MITUTOYO

14.4 Četnost a charakteristika slévárenských vad dle hloubky obrobené plochy

Základní rozdělení slévárenských vad z hlediska možnosti jejich výskytu na opracovaných plochách:

- vady vnější
- vady vnitřní

Před samotným opracováním kontroluje pracovník obsluhy obráběcího stroje vizuálně odlitek, se zaměřením na slévárenské vady. Tyto vady mohou být:

- vady povrchu ve smyslu bublin, staženin a pórů
- rozměrové vady – např. nezaběhlé místa nebo přebroušená vnější kontura odlitku

Před samotným opracováním je vytríděno ca 0,5% surových odlitků na výše uvedené vady.

Bezprostředně pro hrubování je opracovaná plocha opět kontrolována pracovníkem obsluhy obráběcího stroje. V této fázi jsou viditelné hlavně vnitřní vady, které se týkají makrostruktury odlitku, protože opracovaná plocha ještě nedosahuje požadovaných parametrů z hlediska drsnosti a rovinnosti (vady mikrostruktury nejsou lidským okem viditelné).

Nejčastěji se vyskytující vady makrostruktury:

- bubliny
- bodliny
- staženiny (řediny)
- cizí tělesa

U těchto odlitků je po operaci „hrubování“ vytríděno, na výše uvedené vady, přibližně 0,5% opracovaných odlitků.

Po opracování „na čisto“ se opět kontroluje opracovaná plocha – v této fázi se pracovník zaměřuje hlavně na mikrostrukturní vady, což jsou mikroskopické dutiny ve smyslu staženin, bodlin a trhlin.

V této fázi je vytríděno přibližně 1% opracovaných odlitků.

Při další operaci, což je vrtání otvorů se slévárenské vady prakticky nevyskytují. Na závěr se provádí namátková kontrola všech opracovaných odlitků, jejíž součástí je i kontrola opracovaných ploch se zaměřením na možný výskyt slévárenských vad.

15 VÍKO Z MATERIÁLU - HLINÍKOVÁ SLITINA

AlSi10MgMn

15.1 Upnutí odlitku

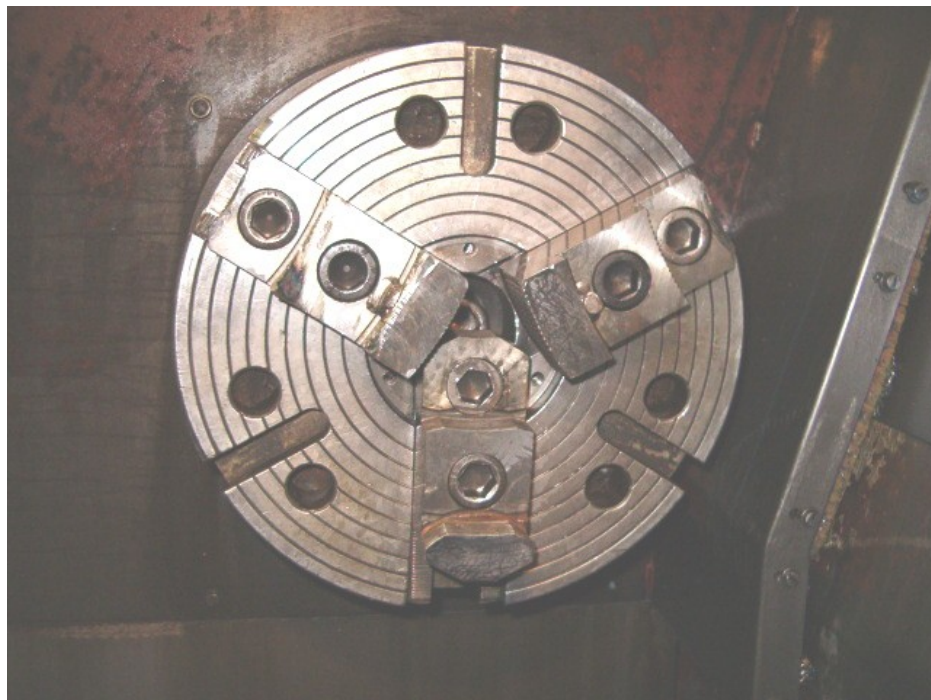
Pro opracování technologické základny se používá univerzální soustruh SPT 32, a odlitek se upíná do upínacích čelistí sklíčidla.

Vroubkování na čelistech sklíčidla „eliminuje“ slévárenský úkos, který je v tomto případě 2°.

Upínací síla je v případě hliníkového odlitku nastavena na 1,4MPa a zajišťuje:

- dostatečně bezpečné upnutí odlitku ve sklíčidle
- velikost otačení „vroubkování“ čelistí je zanedbatelná a je ze strany koncového zákazníka akceptovatelná

O plochu na sklíčidle se „opírá“ dosedací plocha, což je protistrana myšlené technologické základny – ustavovací plocha.



Obr. 29 – Upravené čelisti pro upnutí víka z hliníkové slitiny

Při upínání je důležité, aby ustavovací plocha dostatečně dosedla na dosedací plochu ve sklíčidle a tento stav, aby zůstal zachován i po samotném upnutí – tzn. „sevření“ odlitu do

čelistí. Tímto bude zaručená dostatečná rovnoběžnost technologické základny a ustavovací plochy, kterou tvoří protistrana na odlitku a která zůstane ve finální fázi nepracovaná. Rovnoběžnost technologické základny a protistrany na odlitku není předepsaná přímo na výkrese ale předpokládá se.

15.2 Řezné podmínky

Při jednom upnutí, které je popsáno v bodě 15.1, se technologická základny opracuje tzv. hrubovací šponou a šponou „na čisto“.

Při hrubování technologické základny jsou voleny:

- otáčky $n = 900$ ot/min
- posuv $f = 0,1$ mm/ot
- šířka záběru ostří $a_p = 1,5$ mm

Při opracování technologické základny „na čisto“:

- otáčky $n = 900$ ot/min
- posuv $f = 0,08$ mm/ot
- šířka záběru ostří $a_p = 0,3$ mm

Při vrtání otvorů $d = 10,7$ mm na stroji MATSUURA jsou voleny:

- otáčky $n = 1200$ ot/min
- posuv $f = 150$ mm/ot

15.3 Parametry obrobených ploch

Při hrubování se dosahuje drsnosti na technologické základně:

$$Ra = 1,9-4,5$$

$$Rz = 9-19$$

Lepších parametrů je dosaženo dál od osy otáčení vřetena, vzhledem k vyšším řezným rychlostem. Drsnost plochy je také ovlivněná tím, že se jedná o přerušovaný řez.

Při opracování technologické základny „na čisto“ je potřeba splnit parametry předepsané zákazníkem. Technologická základna bude sloužit na finálním výrobku jako těsnicí plocha a proto jsou výkresem předepsány:

- $R_a < 1,6$
- rovinnost $< 0,01$

Hodnoty naměřené na technologické základně po opracování „na čisto“:

Číslo měřeného kusu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Naměřená drsnost R_a	1,2	1,1	0,9	1,4	1	1,4	1,3	1,3	1,1	0,9
Naměřená rovinnost	0,01	0,0094	0,0089	0,0092	0,01	0,0102	0,0096	0,0099	0,01	0,0105

Tab. 3 – Hodnoty rovinnosti a drsnosti

Použité měřicí přístroje:

- drsnoměr TR-110
- třísouřadnicový měřicí přístroj od firmy MITUTOYO

15.4 Četnost a charakteristika slévárenských vad dle hloubky obrobené plochy

Stejně jako u odlitků z jiných slitin je základní rozdělení vad na:

- vady vnitřní
- vady vnější

Před opracováním dochází k vizuální kontrole vnějších vad a to zejména:

- zda nejsou na odlitku nezaběhlá místa
- nedodržení rozměrů vlivem vady při smrštění odlitku
- zda nejsou na odlitku staženiny

Při této kontrole je vyříděno minimum odlitků, které by vykazovaly výše popsané vady – odpovídá přibližně 0,1% ze všech opracovaných odlitků.

Další kontrola odlitků se provádí až po hrubování a opracování „na čisto“. Zde se můžou objevit především vady spojené s vadami struktury materiálu a mohou to být:

- trhliny a praskliny
- bubliny
- vměstky
- zákalky
- jiné mikroskopické dutiny

Při kontrole opracované technologické základny je na výše uvedené vady vytríděno opět velice malé procento všech opracovaných odlitků – přibližně 0,2%.

Při poslední operaci, což je opracování průchozích otvorů, se další slévárenské vady prakticky nevyskytují.

Před zabalením finálního opracovaného odlitku jsou odlitky kontrolovány pracovníkem výstupní kontroly – jedná se o namátkovou kontrolu, která se týká jak rozměrů, tak případného výskytu slévárenských vad.

ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce je popsána výroba odlévaných výrobků, se zaměřením na nejpoužívanější slévárenskou technologii a to gravitační lití do pískových forem. Dále jsou popsány základní metody opracování, kterými se vytváří technologické základny na odlitcích.

V praktické části jsou porovnány dva odlitky z různých materiálů (šedé litina EN-GJL-250 a slitina hliníku AlSi10MgMn), které byly vyrobeny různou technologií (gravitační lití do pískové formy a gravitační lití do kokil). Rozměrově se jedná o identické odlitky. Upnutí obou odlitků je stejné, liší se pouze upínací síla – u hliníku musí být kvůli deformaci upínací plochy tato síla menší. Řezné podmínky dovolují použít u odlitku z hliníku vyšší řezné rychlosti, ale zároveň menší posuv. Dosažené parametry na obráběných plochách byly proměřeny a zpracovány do tabulky – výsledky ukazují, že drsnost obráběných ploch a rovinnost jsou stejné. Z hlediska výskytu slévárenských vad na obráběných plochách se jeví výhodnější hliníkový odlitek, kde je výskyt těchto vad minimální.

Z hodnocených parametrů je výhodnější a tudíž ekonomičtější opracovávat technologickou základnu na hliníkovém odlitku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Murgaš, Pokusa, Podhorský, Pokusová TECHNOLOGIA ZLIEVARENSTVA:
vydala Slovenská technická univerzita v Bratislavě, 2001, 185 stran, ISBN 80-
227-1480-1
- [2] Plachý, Němec, Bednář TEORIE SLÉVÁNÍ: vydala ČVUT v Praze, 1990,
108 stran
- [3] Bednář TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE ODLITKŮ: UJEP Ústí nad
Labem, 2004
- [4] Benko, Konečný, Šefara TECHNOLOGIA TVARENIA, ZLIEVANIA A
ZVARANIA: vydala Slovenská vysoká škola technická v Bratislavě, 1987
- [5] Bradáč odkaz www stránky: www.fme.vutbr.cz TECHNOLOGIE I.,
prezentace ve formátu Power Point
- [6] Mádl, Barcal ZÁKLADY TECHNOLOGIE II.: ČVUT v Praze, 2002
- [7] Kocman, Prokop TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ: vydalo VUT v Brně, 2005,
270 stran, ISBN 80-214-3068-0

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VBD – vyměnitelná břitová destička

DIN – německá státní norma

HB – hodnota měření tvrdosti dle Brinella

Ra – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu

Rz – největší výška profilu

d – průměr válcového otvoru

n – otáčky obráběcího stroje [ot/min]

f – posuv [mm/ot]

a_p – šířka záběru ostří [mm]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 – Schéma netrvalé (pískové) formy	17
Obr.2 – Ostřívo (jednotlivá zrna)	20
Obr.3 – Schéma elektrické indukční pece	23
Obr.4 – Schéma licí pánve	27
Obr.5 – Nástrojová geometrie břitu soustružnického nože	32
Obr.6 – Nástrojová souřadnicová soustava soustružnického nože	33
Obr.7 – Základní pohyby při soustružení	37
Obr.8 – Konstrukce soustružnických nožů	38
Obr.9 – Rozdělení soustružnických nožů dle geometrického tvaru	38
Obr.10 – Upínání soustružnických nožů do nožové hlavy	39
Obr.11 - Frézování válcovou frézou	40
Obr.12 - Frézování čelní frézou	40
Obr.13 – Frézování nesousledné	41
Obr.14 – Frézování sousledné	41
Obr.15 – Upínání na trnu	42
Obr.16 – Vodorovná konzolová frézka	43
Obr.17 – Stolová frézka	43
Obr.18 – Vrták s VBD	45
Obr.19 – Typy vrtaček – sloupová, stojanová, radiální	46
Obr.20 – Podmínky při záběru brousícího kotouče	47
Obr.21 – Podélné rovinné broušení obvodem brousícího kotouče	48
Obr.22 – Bezhroté průběžné broušení	49
Obr. 23 – 3D model odlitku ze šedé litiny.....	53
Obr. 24 – 3D model odlitku z hliníku	54
Obr. 25 – Technologická základna	55

Obr. 26 – Mimosředné upnutí do sklíčidla	55
Obr. 27 – Dosedací a upínací plocha	56
Obr. 28 – Upnutí odlitků při operaci vrtání na obráběcím centru MATSUURA	57
Obr. 29 – Upravené čelisti pro upnutí víka z hliníkové slitiny	60

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Lící teploty a hodnoty smrštění materiálů	22
Tab. 2 – Hodnoty rovinnosti a drsnosti	58
Tab. 3 – Hodnoty rovinnosti a drsnosti	62