

# **Výroba víka hydraulického čerpadla technologií gravitačního odlévání**

Filip Tomanec

---

Bakalářská práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Filip TOMANEC**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Výroba víka hydraulického čerpadla technologií gravitačního odlévání**

Zásady pro vypracování:

**Teoretická studie z oblasti technologie odlévání**

**Návrh kovové formy pro odlévání dílu hydraulického čerpadla z hliníkové slitiny**

**Zpracování výkresové dokumentace součásti a formy pro odlévání**

**Vytvoření 3D sestavy odlévací formy v prostředí CAD SW Pro/ENGINEER**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Bernásek, V. Technologie slévání. 3., upr. vyd. Pízeň : Západočeská univerzita, 2006. 175 s. ISBN 80-7043-491-0

Bednář, B. Technologičnost konstrukce odlitků. Vyd. 1. Ústí nad Labem : UJEP, ÚTRV, 2004. 101 s. ISBN 80-7044-614-5

Plachý, J. Teorie slévání. Vyd. 4. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2002, 164 s. ISBN 80-01-02471-7

Chakrabarti, A.K. Casting technology and Cast Alloys. New Delhi. Prentice. 2005. ISBN 81-203-2779-9

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

2. června 2010

Ve Zlíně dne 22. ledna 2010

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
vedoucí katedry

Příjmení a jméno: ..... Obor: .....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 .....

.....

---

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> 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).

<sup>3)</sup> 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). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

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

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

## **ABSTRAKT**

Ve své bakalářské práci se zabývám problematikou konstrukce kovové formy pro gravitační odlévání hliníku. V teoretické části je shrnuta problematika odlévání, konstrukce forem a materiálů výrobků. V praktické části je řešena konstrukce formy ve 3D programu Pro/ENGINEER a následné vyhotovení kompletní výkresové dokumentace v tomto programu pro součást víka hydromotoru.

Klíčová slova:

Odlévání, slitina hliníku, kovová forma, konstrukce.

## **ABSTRACT**

I would like to consider about construction of the gravitation metal mould for aluminum casting in my bachelor work. I will consider about questions of casting, construction of the mould and material of the product. In practical part I will make a construction of the mould in 3D program Pro/ENGINEER and then I will make a complete drawing documentation in this program.

Keywords:

Casting, aluminium alloy, metal mould, construction.

Děkuji mému vedoucímu Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za pomoc, kterou mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

Dále děkuji Ing. Pavlovi Kovářovi za jeho odbornou pomoc, ochotu a asistenci při vypracování praktické části bakalářské práce.

Také bych chtěl poděkovat panu Zdeňkovi Čižmářovi majiteli firmy H.P.-servis za jeho materiální a peněžní výpomoc při vypracovávání praktické části bakalářské práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 TECHNOLOGIE SLÉVÁRENSTVÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1    TECHNOLOGIE VÝROBY ODLITKŮ .....	12
1.1.1    Zvláštní způsoby odlévání.....	12
1.1.1.1    Lití do kovových forem .....	12
1.1.1.2    Vysokotlaké lití.....	14
1.1.1.3    Nízkotlaké lití .....	14
1.1.1.4    Sklopné lití.....	14
1.1.1.5    Odstředivé lití .....	14
1.1.1.6    Vakuové lití.....	15
1.1.1.7    Kontinuální lití.....	15
<b>2 SLÉVÁRENSKÁ FORMA</b> .....	<b>16</b>
2.1    VTKOVÁ SOUSTAVA .....	16
2.1.1    Vtoková jamka, nálevka.....	16
2.1.2    Vtokový kanál .....	17
2.1.3    Rozváděcí kanál, odstruskovač .....	18
2.1.4    Vtokové zářezy.....	18
<b>3 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE A KONSTRUKCE ODLITKŮ</b> .....	<b>20</b>
3.1    TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE .....	20
3.2    KONSTRUKCE ODLITKŮ .....	22
3.2.1    Úkosity na odlitcích.....	23
3.2.2    Zaoblení hran odlitků-bednář .....	23
3.2.3    Tvarování přechodu stěn a žebrování na odlitcích.....	24
3.2.4    Vliv tvaru na nestejnorodost struktury .....	26
3.2.5    Tvar obrysu, příčné průřezy odlitků .....	27
3.2.6    Dokonalé zaplnění formy tekutým kovem .....	27
3.2.7    Smrštění tuhé fáze při chladnutí odlitků .....	27
3.2.8    Zásady pro usnadnění obrábění odlitků-bednář .....	28
<b>4 MATERIÁLY PRO SLÉVÁNÍ</b> .....	<b>30</b>
4.1    SLÉVÁRENSKÉ SLITINY ŽELEZA .....	30
4.1.1    Litiny .....	30
4.1.2    Ocel na odlitky .....	30
4.2    SLÉVÁRENSKÉ SLITINY NEŽELEZNÝCH KOVŮ .....	30
4.2.1    Lehké slitiny.....	30
4.2.1.1    Slitiny hliníku .....	30
4.2.1.2    Slitiny hořčíku.....	33
4.2.1.3    Slitiny titanu.....	34
4.2.2    Těžké slitiny .....	34
4.2.2.1    Slitiny mědi – bronzы (Cu – Sn).....	34
4.2.2.2    Slitiny mědi – mosazi (Cu – Zn):.....	35
4.2.2.3    Slitiny zinku .....	35
4.2.2.4    Slitiny cínu a olova .....	35
<b>5 SHRUTÍ TEORETICKÉ A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI</b> .....	<b>36</b>



5.1	SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI .....	36
5.2	CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	36
<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>		<b>37</b>
<b>6</b>	<b>VÝROBNÍ PROGRAM FIRMY H. P. – SERVIS .....</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>SPECIFIKACE VÝROBKU .....</b>	<b>39</b>
7.1	FUNKCE VÝROBKU .....	39
7.2	MATERIÁL VÝROBKU .....	39
7.3	KONSTRUKCE VÝROBKU.....	39
7.4	KONSTRUKCE SLÉVÁRENSKÉHO MODELU .....	40
<b>8</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY .....</b>	<b>42</b>
8.1	MATERIÁL JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ FORMY .....	42
8.2	SESTAVA FORMY .....	43
8.3	ČÁSTI FORMY .....	43
8.3.1	Tvarová deska s vtokovou soustavou.....	43
8.3.2	Vtoková jamka .....	45
8.3.3	Deska pro tvárník a tvárník .....	46
8.3.4	Vyhazovací systém a otevírání formy .....	49
8.3.4.1	Vyhazovací desky .....	49
8.3.4.2	Vodící kroužky .....	51
8.3.4.3	Vyhazovací kolíky .....	51
8.3.4.4	Vratné kolíky .....	51
8.3.4.5	Dorazové šrouby .....	52
8.3.4.6	Táhlo .....	52
8.3.5	Opěrná deska .....	53
8.3.6	Vodící příruba .....	54
8.3.7	Ramena.....	55
8.3.8	Zajišťovací čep .....	55
8.3.9	Zajišťovací čep opěrné desky.....	55
8.3.10	Rozpěrná tyč.....	56
8.3.11	Pevná deska .....	56
8.3.12	Otočný svařenec .....	57
8.3.13	Čep otočného svařence.....	57
8.3.14	Vodící kolej .....	58
8.4	VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....	59
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>60</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>61</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>62</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>64</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>65</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>66</b>

## ÚVOD

Slévárenství se vyvinulo z řemeslné výroby, jejíž kořeny sahají hluboko do minulosti. Avšak teprve v posledním století se slévárenství stalo oborem, který významně zasáhl do rozvoje společnosti. Odlitky nás obklopují, aniž si to uvědomujeme ve všech sférách našeho života.

Odlévání a rozvoj této technologie tváření se začal rozvíjet nejen díky možnosti výroby složitých součástí, které bychom jinými technologiemi jen stěží dokázali vyrobit, ale také díky menšímu odpadu materiálu, který by vznikl při jiných technologických metodách. A to hlavně v hromadné či velkosériové výrobě.

Výroba odlitků se používá hlavně u složitých výrobků vyráběných hromadně kde rozdíl mezi cenou při výrobě výrobků odléváním a výrobě jinou technologií jsou velké a pokrývají tak cenu zařízení pro odlévání.

Výhodou technologie odlévání je výroba součástí s požadovaným tvarem a vlastnostmi. Tato výhoda je však vykompenzována vysokou technologickou a organizační náročností.

V mé práci jsem se zaměřil na výrobu odlitků z hliníku, kde se využívá kovových, tzv. trvalých forem. Tyto formy slouží převážně pro výrobu neželezných slitin. A vyrábějí se metodami konvenčního i nekonvenčního obrábění.

Pro konstrukci formy je nezbytná znalost technického kreslení, materiálů pro konstrukci forem, strojírenské technologie, základů konstruování i znalost některého z programů pro tvorbu 3D modelů a 2D výkresové dokumentace.

Při volbě tvaru, tolerancí a typu slitiny odlitku nesmí být opomenuta otázka minimalizace rizika vad a hospodárné výroby.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TECHNOLOGIE SLÉVÁRENSTVÍ

Slévárství můžeme definovat jako technologii, která se zabývá jednak vlastním technologickým procesem výroby odlitků ze slitin kovů, jednak vlastnostmi základních i pomocných surovin, používaných pro tuto výrobu.[1]

## 1.1 Technologie výroby odlitků

Ve slévárnách je v současnosti používána široká škála postupů, které se liší především způsobem výroby forem (jader) a lití. Volbu technologie při tom nejvýrazněji vymezuje konstrukce odlitku (včetně typu slitiny), požadavky na jakost a předpokládaný objem zakázky.[1]

Slitiny železa jsou odlévány v převážné míře do netrvalých syrových pískových forem, do nichž jsou pro vytváření dutin a bočních výstupků zakládána dle potřeby jádra, zhotovená nejčastěji z chemicky vytvrzovaných směsí. V kusové výrobě se pro výrobu forem používají volné modely, zatímco pro sériovou výrobu na formovacích strojích se používají modely upevněné na modelových deskách. Tato nejméně nákladná technologie vhodná pro kusovou až velkosériovou výrobu však neumožňuje odlévat značně složité ani těžké odlitky. Někdy také nevyhovuje pro nižší přesnost a hrubší povrch odlitků. V takových případech je možno používat pevnější a přesnější pískové formy obsahující jako pojivo nejčastěji umělé pryskyřice nebo vodní sklo, které dávají formám vyšší pevnosti než pojiva jílová.[2]

### 1.1.1 Zvláštní způsoby odlévání

Zvláštní způsoby odlévání využívají trvalých kovových forem a zvýšení sil při plnění dutiny formy. K jejich vývoji vedla snaha o zvýšení vnitřní kvality, rozměrové přesnosti a dalších vlastností odlitků, spolu se snahou o snížení spotřeby materiálu, energie a pracnosti. [1]

Jsou charakteristické tím, že každý způsob je vhodný a efektivní pro určitý druh odlitku nebo skupinu odlitků.[2]

#### 1.1.1.1 Lití do kovových forem

Kovové formy-kokily jsou formy trvalé, protože do jedné formy můžeme opakovaně odlévat i několik desítek tisíc odlitků. Životnost závisí na druhu odlévané slitiny a materiá-

lu kokily. Na životnost kokily má vliv i tvar odlitku, tloušťka jeho stěny, způsob výroby kokily a další faktory.[3]

Pro kokilu je nutno především volit materiál s malým koeficientem tepelné roztažnosti. Tím jsou vytvořeny předpoklady pro vznik nižších vnitřních napětí v kokile a tedy dosažení vyšší životnosti. Nejčastěji používaným materiálem je šedá litina. Kokily se vyrábějí buď třískovým obráběním, nebo litím. Životnost kokil litých, pokud se neodstraní licí kůra, bývá obvykle vyšší, než u kokil vyrobených třískovým obráběním.[4]

Důležitým faktorem při konstrukci kovových forem je stanovení tloušťky kokily. Ta závisí na tloušťce stěny odlitku, jeho materiálu způsobu chlazení kovové formy.[5]

Při konstrukci je rovněž důležitý způsob provedení známek jader. Používaná jsou jádra kovová, skořepinová nebo s jílovými pojivy sušená i syrová.[6]

Výhodou výroby odlitků v kovových formách oproti výrobě v netrvalých pískových formách je především vyšší produktivita práce ve slévárně, vyšší využití vsázky (zejména snížením přídavek na opracování), zvýšená tvarová a rozměrová přesnost odlitků a zlepšení hygienických podmínek slévárenského provozu. Zásadní úspora pracnosti spočívá ve skutečnosti, že odpadá výroba forem, včetně úpravy a dopravy formovacích směsí.[7]

Z hlediska jakosti odlitku i životnosti kokily je důležitá její provozní teplota. Při nízké teplotě kokily hrozí nebezpečí nezaběhnutí odlitku, případně vznik trhlin a prasklin u tvarově složitých odlitků. Naproti tomu příliš vysoká teplota kokily vede k jejímu předčasnému znehodnocení. Optimální provozní teplota závisí na druhu odlévaného materiálu. Při odlévání hliníkových slitin má být 150 až 200°C, pro šedou litinu 200 až 270°C.[8]

Před prvním odléváním je nutno kokilu přehřát, vzhledem k jejímu dalšímu ohřátí přestupem tepla z tuhajícího odlitku je jí nutno během dalších pracovních cyklů chladit.[9]

Technologický postup výroby odlitků v kovové formě se skládá z následujících operací:

- příprava kokily k odlévání, tj. odstranění poškozeného nátěru, nanesení nového nátěru, přehřev nebo ochlazení kokily,
- založení jader,
- složení kokily,

- odlítí kovu z pánve nebo dávkovače,
- vyjmutí odlitku z kokily a její ochlazení na potřebnou teplotu.

Použitelnost kokilového lití je velmi široká. Kokilové lití se nejvíce používá pro výrobu odlitků v leteckém a automobilovém průmyslu, při výrobě koster elektromotorů apod.[10]

#### ***1.1.1.2 Vysokotlaké lití***

U tohoto způsobu používáme kovové formy chlazené vodou. Tekutý kov se vtlačuje pomocí pístu odlévacího stroje přes vtokovou soustavu do dutiny formy. Kov za působení vysokého tlaku ve formě tuhne a po vychladnutí na určitou teplotu se odlitek z formy vyjme.[11]

Vysokotlakým litím se vyrábějí převážně dekorativní a nízko i středně namáhané součásti z neželezných slitin.[12]

#### ***1.1.1.3 Nízkotlaké lití***

Podstata nízkotlakého lití spočívá v postupném plnění dutiny formy kovem působením tlaku vzduchu nebo jiného plynu na hladinu kovu v tavicím kelímku. Plnění kovem je klidné, čímž se dosahuje vysoké kvality odlitků.[13]

Nízkotlaké lití se používá především pro odlévání slitin nízko-tavitelných kovů. Formy jsou většinou kovové.[14]

#### ***1.1.1.4 Sklopné lití***

Podstat metody spočívá v tom, že formovací rám s formou a zařízením, ve kterém je tekutý kov, tvoří jeden celek. Odlitek se odlévá otočením celého zařízení o 180°. Vtoková soustava obyčejně odpadá, odlévá se přímo do nálitku.[15]

#### ***1.1.1.5 Odstředivé lití***

Při odstředivém lití jsou odlitky vyráběny naléváním tekutého kovu do rotující formy.[16]

Odstředivé lití se používá převážně pro lití válcových pouzder, trubek, pístních kroužků, brzdových bubnů nebo polotovarů pro ozubená kola.[17]

#### ***1.1.1.6 Vakuové lití***

Odlévání složitých odlitků metodou přesného lití ve vakuu dosáhlo značného rozšíření. Převážnou část tvoří odlitky ze žárovevných slitin niklu, legovaných hliníkem a titánumem, u nichž je tavení a lití ve vakuu nezbytností a odlitky ze slitin na bázi železa a kobaltu.[18]

#### ***1.1.1.7 Kontinuální lití***

Kontinuální lití je proces, při kterém se odlitek tvoří průběžně z tekutého kovu, přičemž jeho průřez má jednoduchý nebo profilový tvar.[19]

Kontinuálním litím se vyrábějí nejčastěji profily pro různé součástky v leteckém a automobilovém průmyslu, vodící tyče, pouzdra a profily, nahrazující profily válcované.[20]

## 2 SLÉVÁRENSKÁ FORMA

Výroba odlitků se provádí také do jiných, než jen kovových forem a to do forem:

- a) netrvalých (jednoučelových), to jsou formy pískové,
- b) kombinovaných (polo-trvalých), kdy se hlavní části formy opakovaně používají s tím, že po každém odlití se do ní vkládají části netrvalé.[21]

### 2.1 Vtoková soustava

Vtoková soustava je soustavou kanálů, kterými je tekutý kov přiváděn do dutiny formy. Úkolem vtokové soustavy je zajištění klidného proudění kovu optimální rychlostí bez nebezpečí rázů a poškození formy. Zabránění víření, rozstříku, oxidaci kovu a zajištění dostatečného tlaku k plnění formy. Dalším úkolem vtokové soustavy je odloučení a zachycení strusky a dalších nekovových nečistot z taveniny tak, aby nebyly zaneseny do odlitku.[22]

Typ vtokové soustavy je pak závislý na druhu odlévané slitiny a konstrukci odlitku.[23]

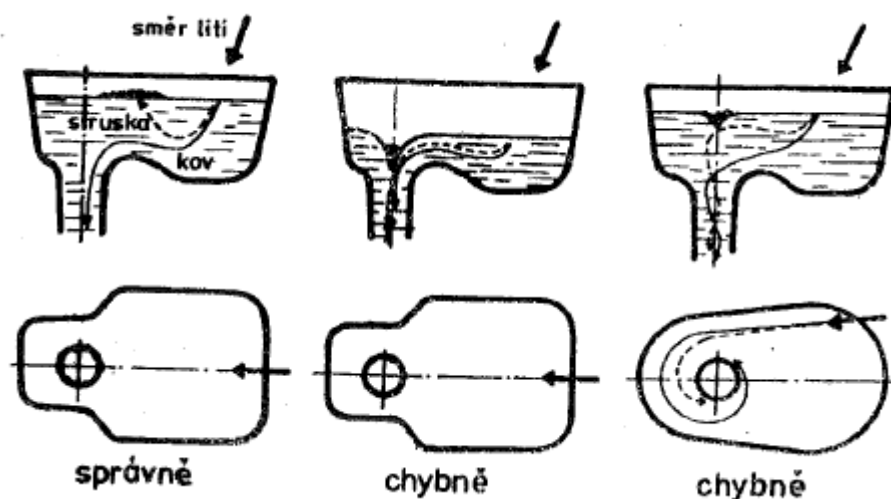
#### 2.1.1 Vtoková jamka, nálevka

Vtoková jamka se používá u vtokových soustav s rafinačním účinkem. Její základní funkce:

- a) usměrnění a uklidnění proudu taveniny z licí pánve,
- b) zásobník taveniny zajišťující plynulé odlévání,
- c) zachycení nečistot (zejména strusky).[24]

Má-li vtoková jamka plnit svoji rafinační funkci, je nezbytné, aby tavenina v ní dosahovala přiměřené výšky – viz obrázek 1. V opačném případě se nečistoty dostávají buď přímo s proudem taveniny, nebo prostřednictvím vertikálního víru ve vyústění, dále do vtokového kanálu. Také nesprávný směr proudu kovu při plnění vtokové jamky podporuje vznik vírů a turbulence. Velmi choulostivým okamžikem je začátek odlévání, kdy hladina kovu ve vtokové jamce nedosahuje požadované úrovně. Proto u náročnějších odlitků se čistota taveniny při zalití zajišťuje odléváním na zátku. Kovová zátka vhodného tvaru, opatřená žáruvzdorným nátěrem a dobře vysušená, se vkládá před odléváním do zaústění vtokového kanálu a vyjímá teprve po zaplnění vtokové jamky do potřebné výše.[25]





Obr. 1 Tvar a způsob plnění vtokových jamek

S ohledem na správnou funkci nesmí během lití dojít ve vtokové jamce k výraznějšímu poklesu hladiny. Z tohoto důvodu musí být vtoková jamka nejen dostatečně vysoká, ale také přiměřeně objemná. K vyprázdnění vtokové jamky nemá dojít ani v závěru odlévání. Zůstává proto částečně zaplněná i po ukončení odlévání a v tom ohledu snižuje využití tekutého kovu. Z tohoto důvodu se u menších odlitků často vtoková jamka nahrazuje vtokovou nálevkou. Metalurgickou čistotu pak zajišťuje keramická vložka (tzv. cedítka), která se vkládá na dno nálevky.[26]

### 2.1.2 Vtokový kanál

Vtokovým kanálem se dopravuje kov z vtokové jamky do odstruskovače nebo rozváděcího kanálu. Pro výtok taveniny z vtokové jamky do volného prostoru je možno použít Bernoulliho rovnici.[27]

Jeho průřez je vzhledem k povrchovým silám v tavenině kruhový, neboť kruh je útvar s minimální hodnotou poměru obvod/plocha. Vtokové kanály lze rozdělit na:

- Rovnotlaké proudění bude mít nejmenší ztráty a bude klidné bez nebezpečí nasávání plynů.
- Přetlakové proudění – pokud bude v některém místě skutečný průřez kanálu větší, než průřez ideální.[28]
- Podtlakové proudění – pokud bude v některém místě skutečný průřez kanálu menší, než průřez ideální.[29]

### 2.1.3 Rozváděcí kanál, odstruskovač

Funkce rozváděcího kanálu spočívá v horizontálním rozvedení taveniny ve vlastní formě. Jeho geometrie musí sledovat požadavek maximálního uklidnění proudu taveniny, vytékajícího z vtokového kanálu a rovněž tak požadavek minimálního ochlazení taveniny. Podobně jako ve vtokovém kanále, nemá ani zde vznikat podtlak, který vede k naplynění taveniny a vždy znamená zvýšené nebezpečí výskytu bublin v odlitcích. Tímto je vymezena velikost jeho průřezu. Naproti tomu tvar průřezu může být v podstatě libovolný.[30]

U odstruskovače se k výše uvedeným požadavkům připojuje požadavek odstranění nečistot, které s proudem taveniny pronikly do odstruskovače.[31]

Velmi účinným prostředkem pro zvýšení vnitřní čistoty odlitků jsou keramické filtry, které se vkládají do vtokové soustavy, pokud možno co nejbližší dutiny formy.[32]

### 2.1.4 Vtokové zářezy

Na jejich tvaru, velikosti, počtu a zejména rozmístění závisí dokonalé zaplnění vlastní dutiny formy tekutým kovem.[33]

Při navrhování vtokových zářezů je proto nutné vzít v úvahu následující hlediska:

- a) způsob plnění dutiny formy,
- b) míru ochlazení taveniny při plnění formy,
- c) průběh teplotního pole odlitku a formy.[34]

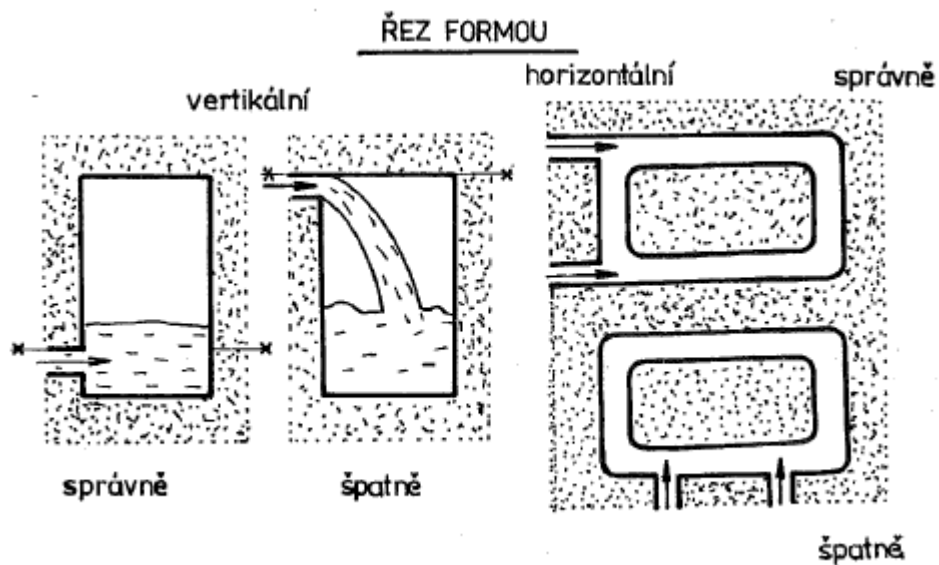
Plnění dutiny formy je žádoucí, aby bylo klidné, bez rozstříku taveniny a vzniku vírů. Proud kovu by rovněž neměl působit erozivně na stěny formy, či jader. Z těchto důvodů je nutné situovat vtokové zářezy tak, aby se pokud možno vyloučil volný pád taveniny v dutině formy a aby se také zamezilo kolmým nárazům proudům taveniny na stěnu formy nebo jádra - viz obrázek 2.[35]

Rozmístění vtokových zářezů ovlivňuje i teplotní pole odlitku, které má pro jeho vnitřní jakost značný význam.[36]

Počet vtokových zářezů přímo ovlivňuje délku dráhy, kterou musí tavenina při zaplňování dutiny formy urazit a tím i míru jejího ochlazení. Výraznější pokles teploty proudící taveniny může přivodit značné výrobní potíže, zejména při odlévání tenkostěnných odlitků.[37]

Příčný průřez bývá většinou trojúhelníkový, ovšem užívá se i průřezů kruhové úseče a lichoběžníkových.[38]

Podélný průřez zářezů je v převážné míře obdélníkový s konstantní velikostí po celé délce vtokového zářezu.[39]



Obr. 2 Rozmístění vtokových zářezů

### 3 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE A KONSTRUKCE ODLITKŮ

#### 3.1 Technologičnost konstrukce

Technologičnost konstrukce je široký pojem postihující komplexní souhrn požadavků, které má splnit konstrukce dílu nebo celku pro zajištění funkční způsobilosti, požadované životnosti a spolehlivosti při maximální hospodárnosti výroby.[2]

Obecně je možno shrnout hlavní požadavky na konstrukci z hlediska technologičnosti do následujících zásad:

- jednoduchý tvar a nízký počet dílů,
- vyhovující mechanické, fyzikální a fyzikálně-chemické vlastnosti materiálu,
- vysoké využití materiálu (malý odpad, vhodné profily, odlehčení nezatěžovaných částí),
- vyhovující technologické vlastnosti materiálu (slévatelnost, tvářitelnost, svařitelnost, obrobitelnost atd.),
- přizpůsobení konstrukce technologii výroby, která musí být volena s ohledem na předpokládaný objem výroby a požadovanou jakost,
- přihlídnutí k vlivu technologie na vlastnosti materiálu ( zpevnění plastickou deformací, vliv tloušťek, průběh vláken, anizotropie a nehomogenity, drsnost a stav povrchu, velikost a rozložení vnitřních pnutí, vměstky, poruchy souvislosti atd.),
- nízká cena a spotřeba materiálu,
- nízký počet druhů materiálu (s ohledem na skladování, hospodaření s odpadem a recyklaci vyřazených výrobků),
- využití hromadně vyráběných polotovarů a dílů (plechů, tyčí, profilů, trubek, spojovacích prvků atd.),
- volba tvaru a rozměrů s ohledem na technologii výroby (tloušťky stěn, otvory, dutiny, drážky, úkosy, výstupky, žebra, dělicí plochy, zaoblení atd.),
- přiměřené nároky na drsnost, přesnost, výskyt vnitřních vad, rozptyl hodnot mechanických vlastností, kombinace vlastností (nelze např. kombinovat požadavek vysoké pevnosti a nízké tvrdosti) apod.,

- přihlídnutí k vlivu možných vad a odchylek,
- využití tepelného a chemicko-tepelného zpracování, resp. povrchových úprav,
- jednoduchá, krátká a nenákladná příprava výroby,
- co nejmenší potřeba speciálních nástrojů, přípravků, strojů a zařízení,
- co nejmenší počet a co nejnižší složitost operací,
- co nejkratší doba a průběžný čas výroby a montáže,
- co nejjednodušší manipulace a doprava,
- co nejmenší potřeba výrobních a skladovacích ploch,
- využívání typizace (omezování počtu druhů součástí a celků),
- využívání unifikace (sjednocování rozměrů, tvarů, materiálů, součástí a skupin),
- využívání dědičnosti (přebírání osvědčených dílů a konstrukčních prvků – tím i výrobních postupů, nástrojů, nářadí, pomůcek),
- využívání možností mechanizace a automatizace výroby,
- nízká spotřeba surovin, energie, maziv, vody atd.,
- dobrá úroveň bezpečnosti a hygieny práce,
- minimální a nezávadný odpad a emise,
- možnost výměny a renovace poškozených a opotřeбенých dílů,
- možnost nenáročné recyklace výrobku, resp. Materiálu, po vyřazení výrobku z provozu.[2]

Protože je třeba zvažovat celé spektrum často zcela protichůdných požadavků, bývá cesta k optimální konstrukci zpravidla velmi složitá a náročná. Např. požadavek nízké spotřeby materiálu vede ke snaze používat pevnější oceli, které jsou ale nevhodné pro svařování a obrábění; snaha o využívání hromadně vyráběných polotovarů vede k horšímu využití materiálu a zvyšování pracnosti; nároky na jakost zvyšují náklady apod. Protože konstruktéři nemohou znát do podrobností všechny strojírenské technologické procesy a z nich vyplývající omezení či naopak možnosti, je zejména u náročnějších výrobků nebo větších sérií nezbytná spolupráce celé řady odborníků z oblasti konstrukce, materiálu, technologie, řízení jakosti i ekonomiky.[2]

Při vytváření konstrukcí odpovídajících všem zásadám technologičnosti je vzhledem k složitosti úkolu třeba postupně sledovat požadavky zákazníka s možnostmi hospodárné výroby co nejtěsnější spolupráci mezi konstruktérem a výrobcem. Pro zkrácení doby potřebné k uspokojení poptávky je žádoucí průběžná kooperace ve všech etapách od přípravných fází řešení úkolu, přes přípravu technologických postupů a zavádění výroby, až po vstup výrobku na trh. Jedině tím lze předejít uvedení výrobků dražších nebo méně jakostních než může zákazník snadněji a dříve získat od konkurence. Proto je doporučován následující postup:

1. Formulovat jednoznačně a pokud možno jednoduše základní požadavky, které musí výrobek splňovat, a to včetně omezujících požadavků na přípustné odchylky, jakost, cenu, termíny a množství.
2. Začít řešením hlavního úkolu, např. kinematikou mechanismu, přenosem sil, potřebou uzavřít určitý prostor apod.
3. Navrhnout současně několik variant, ve spolupráci s technologi je zhodnotit a vybrat nejvýhodnější řešení.
4. Upravit a rozpracovat zvolenou variantu („při tom užívat víc gumy než tužku“).
5. Konzultovat navrženou variantu s odborníky z oblasti materiálu, technologie výroby a ekonomiky.
6. Konzultovat navrženou variantu s konkrétním výrobcem.
7. Přizpůsobit konstrukci zvolenému materiálu a způsobu výroby.
8. Reagovat včas změnami konstrukce na problémy s jakostí, vývoj materiálů a technologií, pohyby cen, situaci na trhu apod.[2]

### **3.2 Konstrukce odlitků**

Předpokladem pro správný návrh konstrukce odlitku je dobrá znalost slévárenské technologie, z níž vyplývá celá řada pravidel, umožňující hospodárnou výrobu kvalitních odlitků požadovaných vlastností.[1]

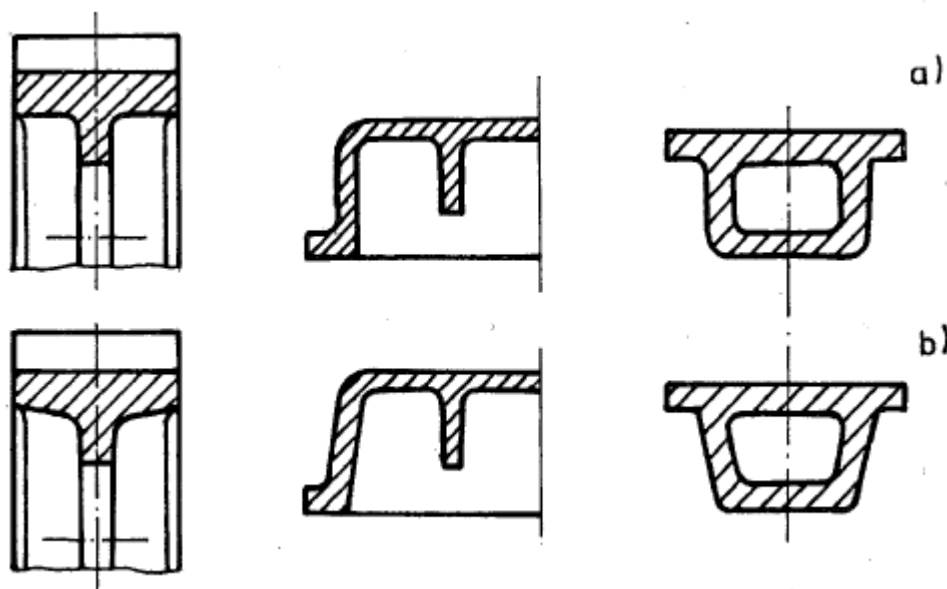
Mezi nejdůležitější hlediska, která je nutno v této souvislosti zvažovat, patří:

- a) zda zvolený materiál odpovídá nejlépe podmínkám při lití a tuhnutí (např. náchylnost k segregaci, ke vzniku staženin, atd.) a zda po ztuhnutí vyhoví jak z hlediska homogenity, tak požadovaných vlastností
- b) zda navržený tvar odlitku odpovídá správné konstrukci ze slévárenského hlediska (snadná vyrobiteľnosť formy, snadné zaplnění formy tekutým kovem, zabránění vzniku pnutí a staženin, možnost snadného čištění a mechanického obrábění odlitku).[1]

Zásady správné konstrukce odlitků v návaznosti na slévárenskou technologii:

### 3.2.1 Úkosy na odlitcích

K snadnějšímu vyjímání modelu z formy se volí na bočních plochách modelu úkosy. Z tohoto vyplývá, že konstruktér, který navrhuje tvar součásti, by měl znát základní pravidla formování odlitku, zejména polohu dělicí roviny a směr vytahování modelu z formy. S ohledem na tyto skutečnosti pak v maximální míře využívat konstrukčních úkosů součástí. Příklady správného navržení (b) konstrukčních úkosů v porovnání s méně vhodnými tvary (a) součástí na obrázku 3.[1]



Obr. 3 Použití úkosů při navrhování tvaru součásti

### 3.2.2 Zaoblení hran odlitků-bednář

Hrany a rohy odlitků se pokud možno zaoblují s dostatečně velkým poloměrem. Důvodů k tomuto opatření je několik:

- omezení poškozování hran modelového zařízení při manipulaci,
- zvýšení odolnosti formy proti porušení, usnadnění přesného zaplnění koutů formy tekutým kovem,
- omezení nebezpečí zranění při manipulaci s odlitkem,
- vyrovnání rychlosti chladnutí k získání rovnoměrné struktury.[1]

Z výše uvedených důvodů se na neobráběných plochách volí poloměry zaoblení co možná nejvyšší. V místě styku ploch, kde po obrobení má vzniknout ostrá hrana, bývají voleny poloměry zaoblení odlitku menší než příslušné přídavky na obrábění, aby postačil vliv případných úchylek rozměrů a tvaru hrubého odlitku, které mohou zmenšit předpokládanou tloušťku vrstvy odebíraného materiálu.[1]

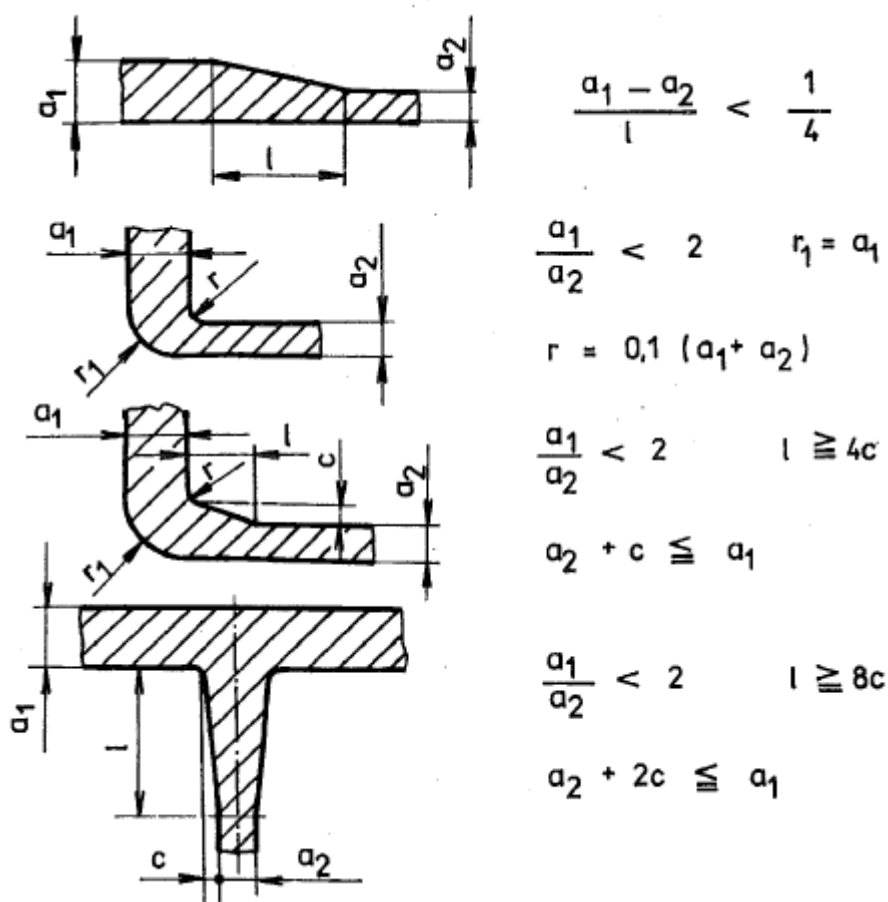
Ostré hrany se však naopak na odlitku obvykle využívají tam, kde by vedly k potřebě výroby složitějšího modelového zařízení nebo zvýšily výrazně pracnost při zaformování. V případě se tyto hrany srážejí při dokončovacích úpravách odlitku.[1]

### **3.2.3 Tvarování přechodu stěn a žebrování na odlitcích**

Při spojování stěn je důležité zachovávat pokud možno stejnoměrné průřezy bez místního nahromadění materiálu. Nevhodné přechody mezi silnými a slabými částmi odlitku mohou být příčinou únavových lomů na odlitcích.[1]

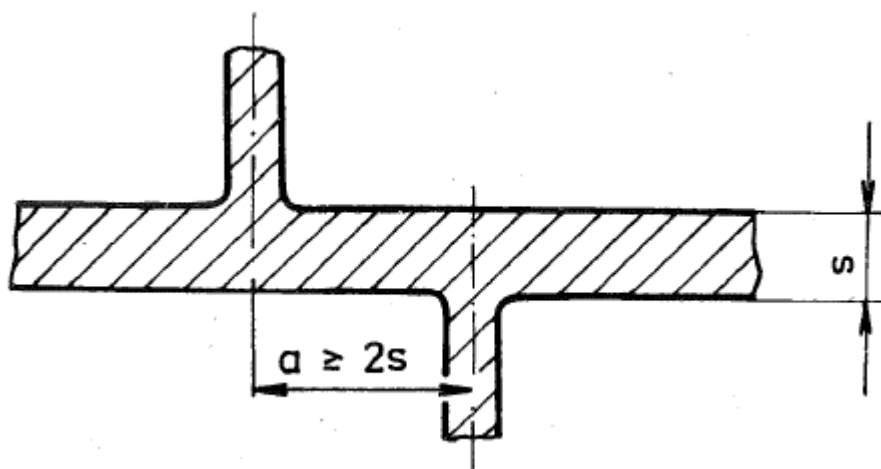
V případě konstrukční nutnosti je třeba přecházet pozvolna k větší nebo menší tloušťce stěny, jak je patrné z několika příkladů správně provedených rozměrových úprav na obrázku 4.[1]





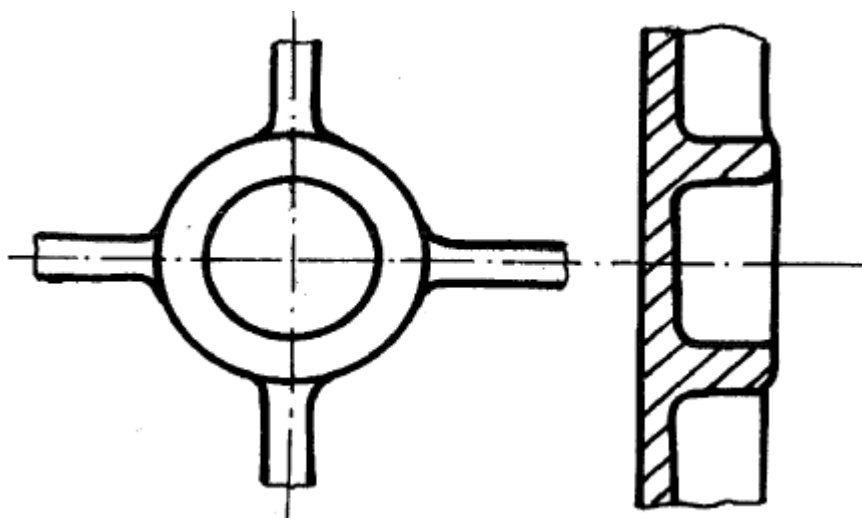
Obr. 4 Příklady napojení různých tloušťek stěn odlitku

Při žebrování odlitků nemají žebra ústít proti sobě, ale mají být střídavě přesazena. Je-li nutno z konstrukčních důvodů protilehlá žebra přiblížit, má být jejich vzdálenost minimálně  $a = 2s$  – viz obrázek 5.[1]



Obr. 5 Umístění žeber na odlitku

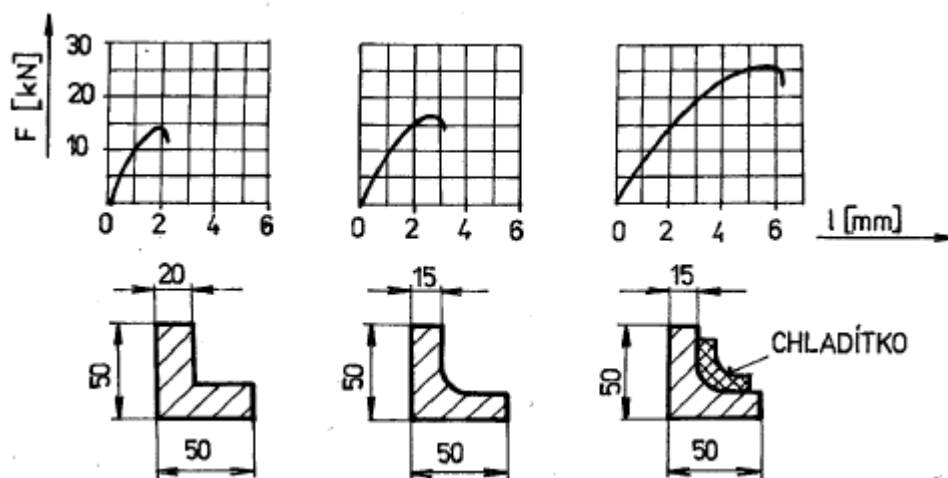
V případě nutnosti, tj. při styku několika žebër, je vhodné takové místo řešit způsobem, který je naznačen na obrázku 6.[1]



Obr. 6 Vybrání odlitku v místě styku více žebër

### 3.2.4 Vliv tvaru na nestejnorođost struktury

Nestejnorođost struktury a tím i mechanických vlastností kovu v různých částech odlitku je způsobena nestejnými podmínkami tuhnutí v těchto částech. Na obrázku 7 je znázorněn příklad ukazující zlepšení vlastností odlitků správným tvarováním (konstrukcí) a vhodnou technologií. V grafech nad obrázky je znázorněna velikost a průběh zátěžné síly  $F$  až do porušení odlitku.[1]

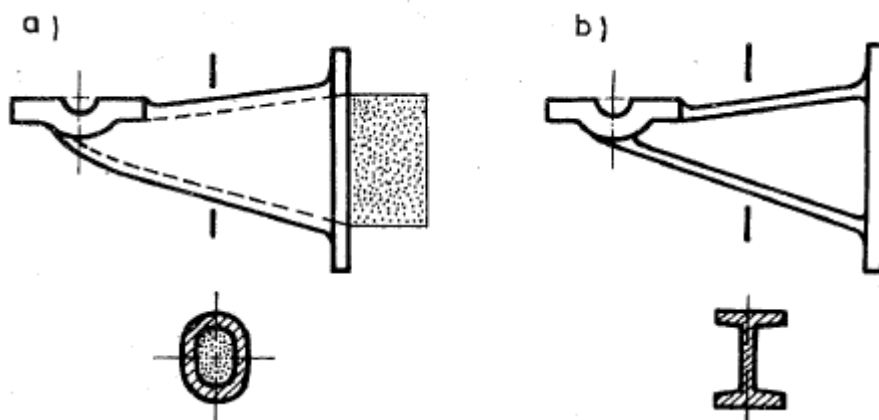


Obr. 7 Vliv zaoblení hran na pevnost uzlu

### 3.2.5 Tvar obrysu, příčné průřezy odlitků

Z hlediska snadnějšího mechanického opracování modelů, kokil apod. je třeba, aby vnější a vnitřní obrysy součástí mely, pokud je to z funkčního hlediska možné, pravidelné geometrické tvary.[1]

Změna průřezů součástí z uzavřených na otevřené I profily umožní rovněž značné snížení nákladů na výrobu odlitků, kdy mimo jiné odpadá nutnost použití jádra. Konstrukce méně vhodná (a) a upravená z hlediska průřezu součásti (b) je znázorněna na obrázku 8.[1]



Obr. 8 Vliv konstrukce součásti na snížení pracnosti výroby odlitku

### 3.2.6 Dokonalé zaplnění formy tekutým kovem

Konstrukce odlitků, především navrhování tloušťek stěn závisí ve značné míře i na slévárenských vlastnostech jednotlivých slitin.[1]

### 3.2.7 Smrštění tuhé fáze při chladnutí odlitků

Objemové změny chladnoucího ztuhlého odlitku se projevují především změnou jeho rozměrů. Pod teplotou solidu jsou objemové změny řízeny teplotní roztažností materiálu. Volné smršťování probíhá za předpokladu, že smršťování není brzděno ani mechanicky (odporem formy a jader) ani tepelně (odlišným smršťováním jiných částí odlitku). V praxi však bývá smršťování vždy v menší či větší míře brzděno.[3]

Rozdíl mezi volným a brzděným smrštěním je výsledná deformace odlitku. Ta může být buď zjevná (zkrivení odlitku) nebo utajená (nedodržení rozměrů odlitku).[3]

Lineární smrštění odlitků má praktický význam především pro určování přídavek na smrštění při výrobě modelového zařízení, jehož rozměry musí být o hodnotu lineárního smrštění větší než odpovídající rozměry odlitku. Při volbě přídavek na smrštění je však

třeba přihlédnout nejen k typu slitiny, ale i k podmínkám chladnutí, odporům formy a jader a deformaci formy účinkem tlaku kovu a teplotní roztažnosti.[3]

Tab. 1. Smršťování kovů a slitin při tuhnutí a chladnutí

Kov, slitina	Smrštění tekuté fáze při ochlazení o 100 °C evl %	Smrštění při tuhnutí evk %	Poměr objemu staženiny k celkovému objemu odlitku β %	Lineární smrštění odlitku αLs %
Železo čisté		3,0		2,39
Ocel uhlíková	0,4 až 1,6	2 až 6	3 až 10	1,2 až 2,0
Ocel legovaná				1,5 až 2,8
Šedá litina	1,1	-2 až 3	1 až 4	0,7 až 1,2
Tvárná litina		-2 až 1	0 až 13	0,5 až 1,0
Bílá litina		2 až 6	2 až 6	1,5 až 2,2
Slitina mědi	1,9	3 až 5	3 až 7	1,2 až 2,3
Slitina hliníku	1,2 až 1,3	3 až 6	3 až 6	0,9 až 1,5
Slitina hořčíku	7,0	4 až 6	4 až 6	1,1 až 1,4
Slitina zinku	1,39	4 až 6	4 až 6	1,1 až 1,6

### 3.2.8 Zásady pro usnadnění obrábění odlitků-bednář

Obrábění odlitků je užíváno především pro dosažení vyšších přesností a hladších povrchů. Obráběním se také vytvářejí jemné detaily, např. malé otvory, úzké drážky nebo přesné závity. Na druhé straně je třeba počítat s tím, že odstraněním jakostní licí kůry se snižuje pevnost odlitku a někdy i houževnatost s mezí únavy. Při obrábění odlitků dále vznikají potíže spojené s nepřesnostmi tvaru a rozměrů, tvrdšími místy, deformacemi po obrobení, nehomogenitami struktury a porezitou. K obecným zásadám návrhu odlitků z hlediska obrábění patří především tyto:

- Požadavky na obrábění je třeba snížit na minimum a to:
  - o u tvarově složitých ploch, zvláště dutin,
  - o rozměrných a těžkých odlitků,
  - o při odlévání těžce obrobitelných materiálů,
  - o v hromadné výrobě.
- Používat přednostně materiály s dobrou obrobitelností.
- Objem obrábění je třeba minimalizovat vhodným „odlehčením“ funkčních ploch odlitku.
- Plochy určené k obrábění mají být přednostně válcové a rovinné.

- Tvar odlitku musí umožnit snadné, tuhé a dostatečně přesné ustavení a upnutí odlitku, seřízení stroje a nastavení nástroje.
- Plochy, které mají být po obrobení jakostní, je vhodné situovat pokud možno do spodních částí odlitku.
- Díly, které budou později společně montovány je vhodné pro zvýšení přesnosti odlévat a obrábět společně a navzájem oddělit teprve po obrobení.
- Vzájemnou polohu obráběných ploch odlitku vzhledem k plochám neobráběným a příslušné přídavky na obrábění je třeba volit s ohledem na dosahovanou přesnost metody výroby forem a lití.[3]

## 4 MATERIÁLY PRO SLÉVÁNÍ

### 4.1 Slévárenské slitiny železa

Podle obsahu uhlíku rozdělujeme slitiny železa na:

- Oceli – do 2,0 % C
- Nízkouhlíkové litiny – 2,0 až 2,6 % C
- Surová železa a litiny – nad 2,6 % C.[3]

#### 4.1.1 Litiny

Nejvýznamnější skupinu slévárenských slitin tvoří litiny, k nimž patří slitiny železa s uhlíkem, v nichž obsah uhlíku převyšuje 2,14 % bez vlivu jiných prvků.[3]

#### 4.1.2 Ocel na odlitky

Ocelové odlitky se nejčastěji používají v konstrukcích, kde se od nich požadují určité mechanické vlastnosti.[3]

Ocel na odlitky je materiálově stále nejčistší a nejkvalitnější slévárenskou slitinou železa. Má nejvyšší možnost kombinace pevnosti a houževnatosti.[3]

Z pohledu slévatelnosti je ovšem ocel málo příznivá: vysoké teploty lití, snížená teplotnost, velké smršťování a stahování. Z uvedených vlastností vyplývá velký sklon k vadám odlitků. Je třeba předimenzovávat tloušťky stěn odlitků a volit méně složité konfigurace. Jinak hrozí nebezpečí vzniku staženin, trhlin a prasklin. Proto i technologie ocelových odlitků je náročná. [3]

### 4.2 Slévárenské slitiny neželezných kovů

#### 4.2.1 Lehké slitiny

##### 4.2.1.1 Slitiny hliníku

Hutní hliník s malými pevnostními hodnotami a špatnou slévatelností se k výrobě odlitků používá naprosto výjimečně tam, kde je určující vysoká elektrická vodivost. [3]

Proto odlitky vyrábíme ze slévárenských slitin hliníku. Přísadou vhodných dalších prvků (legování) docílujeme slitiny hliníku ve tvaru tuhých roztoků s omezenou rozpustností. Tím již ve stavu litém zvyšujeme hodnoty pevností a tvrdost, ale zlepšujeme i sléva-

telnost. Navíc určité legující prvky a jejich vhodné kombinace umožňují dále podstatně zlepšovat mechanické vlastnosti těchto druhů hliníkových slitin tepelným zpracováním – tzv. postupem vytvrzování odlitků. [3]

Celkově mají slitiny hliníku dobré slévárenské vlastnosti, odlévají se do syrových formovacích směsí, kovových forem i pod tlakem. Umožňují odlévání tenkostěnných odlitků složitých tvarů. [3]

Z velkého počtu vyvinutých a odzkoušených slitin se dnes v běžné slévárenské praxi používají základní typy slitin hliníku:

- Siluminy Al – Si

Al - Si 13 Mn	ČSN 42 43 30.00
	ČSN 42 43 30.01
	ČSN 42 43 30.03
Al Si 10 Mg Mn	ČSN 42 45 00.00
Al Mg 5 Si Mn	ČSN 42 45 15.00
	ČSN 42 45 15.01
Al Mg 9 Si Ca	ČSN 42 45 19.03
Al Mg 9 Mn Be	ČSN 42 45 68.03

Použití těchto slitin je převážně na odlitky chemického průmyslu, armatury, foto-přístroje, nádobí, potravinářský průmysl. [4]

- Al – Mg

K přednostem těchto slitin patří vysoké hodnoty pevnosti v tahu v litém stavu, značná korozivzdornost a s ohledem na nízkou měrnou hmotnost je výhodný poměr mezi pevností a hmotností. [4]

K nevýhodám patří sklon k tvorbě mikrotrhlin, zhoršená zabíhavost a vysoká afinita ke kyslíku (oxidace). [4]

- Al – Cu

Al Cu 4 Ni Mg	ČSN 42 43 15.60
---------------	-----------------

	ČSN 42 43 15.61
Al Cu 4 Si 5 Zn	ČSN 42 43 57.00
	ČSN 42 43 57.01
Al Cu 8 Fe Si	ČSN 42 43 61.00
	ČSN 42 43 61.01

Slitiny jsou obecně nazývány pojmem duraluminy. Mají větší sklon k trhlinám než siluminy, avšak vyznačují se lepší žáruvzdorností. Vysokých mechanických hodnot lze dosáhnout speciálním tepelným zpracováním. [4]

Slitin se používá na odlitky namáhané při vyšších teplotách (hlavy válců, písty), odlitky vyžadující větší tvrdost (řemenice, skříně), pouzdra a pánve kluzných ložisek. [4]

Z binárního diagramu vyplývá, že eutektický silumin obsahuje 11,7% Si. Je to vůbec nejrozšířenější skupina slévárenských slitin hliníku. Slitiny zvyšují své mechanické hodnoty přísadou dalších prvků (kromě Si): Mg, Cu, Zn. [4]

Další růst mechanických hodnot lze docílit tepelným zpracováním siluminů. Ze siluminů se odlévají součástky leteckého průmyslu, motorů, písty, hlavy válců, tlakově lité tenkostěnné odlitky pro automobilový průmysl ad. [4]

#### 4.2.1.1.1 Tavení slitin hliníku

Ve slévárnách se taví slitiny hliníku v pecích:

- Kelímkových vytápěných plynem,
- Elektrických odporových,
- Indukčních kanálových elektrických,
- Plynových,
- Elektrických odporových nístějových. [3]

O budoucí kvalitě odlitků rozhoduje z pohledu jakosti slitiny vedle dodržení chemického složení čistota materiálu a obsah plynů. Proto jsou tavírenské postupy zaměřeny na docílení minimálního obsahu plynů v tavenině při jeho reversibilním (vratném) vylučo-



vání během tuhnutí a na maximální čistotu, tj. odstranění nekovových vměstků a některých škodlivých kovových prvků z taveniny. [3]

Nečistoty jsou vyvolány snadnou oxidací hliníku na kysličník hlinitý  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Má velmi blízkou měrnou hmotnost s taveninou, proto se v celém objemu taveniny vznáší, zhoršuje tekutost slitiny a po jejím ztuhnutí vytváří šumivá místa, studené spoje, a heterogenizací struktury snižuje mechanické hodnoty. [3]

Naplynění tavenin slitin hliníku je vyvoláno absorpcí vodíku z vodní páry. Zdrojem vlhkosti je vsázka, palivo, kelímek, vyzdívka, tavící přípravky, tavící nářadí, často tedy technologická nekázeň. [3]

Rozpustnost vodíku v tekutém hliníku je asi 20 krát větší, než v tuhé fázi a stoupá s teplotou a parciálním tlakem. Zvýšením tlaku vylučování vodíku při tuhnutí odlitku prakticky zamezit (lítí v autoklávu, nízkotlaké lití), nebo tavením ve vakuu slitinu dokonale odplynit. Ve výrobě jsou metalurgické operace v průběhu taveb výběrově zaměřeny na zušlechťování taveniny tavícími přípravky – krycími, čistícími, a odplyňujícími. [3]

#### 4.2.1.1.2 Tepelné zpracování odlitků ze slitin hliníku

V převážné míře se odlitky ze slitin hliníku používají bez tepelného zpracování. [3]

#### 4.2.1.2 *Slitiny hořčíku*

Čistý hořčík má vysokou afinitu ke kyslíku. Z toho plynou značné potíže při jeho slévárenském zpracování. Z těchto důvodů i s ohledem na nízké mechanické vlastnosti čistého kovu se v průmyslu používají především jeho slitiny. [4]

##### Slitiny Mg – Mn:

Obsah Mn je volen pod 2,1%. Slitina má průměrné slévárenské vlastnosti, avšak vysokou korozivzdornost a dobrou svařitelnost. [4]

##### Slitiny Mg – Al – Zn:

S obsahem 7,5 – 9% Al; 0,2 – 0,8 % Zn (dále obsahuje Si, Cu, Fe, Ni, Be ...). Slitina se používá pro vysoce namáhané součásti letadel, motorů, podvozků, brzdových bubnů (nízká hmotnost, vysoká pevnost). [4]

### 4.2.1.3 Slitiny titanu

Použití – vždy pro speciální účely je motivováno velkým poměrem pevnosti k hmotnosti, odolností proti korozi, ve strojírenství součástí turbínových, reaktivních, raketových motorů, turbínové lopatky, rotory turbokompresorů. [3]

## 4.2.2 Těžké slitiny

### 4.2.2.1 Slitiny mědi – bronzы (Cu – Sn)

#### Cínový bronz:

Pevnost a tvrdost se s obsahem Sn zvyšuje. Pro slévárenské účely se používají slitiny do 20 % Sn. Teploty lití (1100°C) se s obsahem Sn snižují. Slitiny mají široký interval tuhnutí (při 10% Sn až 150°C), z čehož plyne jejich horší zabíhavost a sklon k objemovému tuhnutí. Proto také není nutné odlitky silně nálitkovat. [4]

#### Olovený bronz:

- Typické podvojně olovené bronzы (slitin Cu – Pb), (25 – 30% Pb),
- Olovené bronzы s přídavkem Sn, Ni. [4]

Tyto slitiny nacházejí použití pro odlitky značně namáhaných kluzných ložisek, pracujících za vysokých tlaků a obvodových rychlostí. [4]

#### Červený bronz:

Slitina kromě Sn obsahuje Zn nebo Pb. Používá se pro odlitky ventilových sedel, ložisek čerpadel, obráběcích a jiných strojů. [4]

#### Hliníkový bronz:

Slitiny mají vysoké mechanické hodnoty, dobrou korozivzdornost a nižší cenu s ohledem na deficitní Sn. Legování Mn působí zvyšování mechanických vlastností, Fe zvyšuje mechanickou pevnost cestou zjemnění zrna a Ni zvyšuje žárovzdornost a zlepšuje antikorozi vlastnosti. Slitiny vykazují sklon k trans-krystalizaci, dobrou zabíhavost, avšak velký sklon k tvorbě soustředěných staženin. [4]

#### Křemíkový bronz:

Jsou to slitiny Cu s Si a Zn do 15%. Jako náhrada deficitních cínových bronzů. [4]

#### Manganový bronz:

Slitina má schopnost si udržet pevnost v tahu i za zvýšených teplot. [4]

#### Beryliový bronz:

Slitina obsahuje až 2% Be. Po popouštění má pevnost v tahu až 1200 MPa a tažnost 2 – 3%. Odlitky při úderech nejiskří (odlitky do důlních strojů) a jsou nemagnetické. [4]

#### **4.2.2.2 Slitiny mědi – mosazi (Cu – Zn):**

Jsou to měděné slitiny se Zn (nad 15%). V přítomnosti dalšího prvku (Si, Al, Pb, Ni, Mn, Fe) vznikají mosazi speciální. [4]

Mosazí a speciálních se používá pro výrobu odlitků armatur, ozubených kol, součástí plavidel (odolné korozi mořské vody), elektrické součásti, apod. [4]

#### **4.2.2.3 Slitiny zinku**

Hutní zinek obsahuje kolem 1 % olova, až 0,1% železa a další nečistoty (užití pro mosaze a červený bronz). Jemný – elektrolytický – zinek (99,7 – 99,9 % Zn) a jeho čistota je pro budoucí objemovou stálost odlitků ze slitin zinku nejdůležitější. [3]

Slitiny dobře slévateľného zinku se používají především pro tlakové lití odlitků. Hlavní přísada je hliník a měď, setinové přísady hořčíku zlepšují rozměrovou stálost. [3]

Všechny slitiny zinku podléhají snadno korozi (lakování, chemické fosfátování, chromování atd.), snadno se porušují jak kyselinami, tak zásadami. [3]

#### **4.2.2.4 Slitiny cínu a olova**

Nejsou to běžné slévářenské slitiny pro výrobu odlitků. Jejich typickým představitelem jsou olověné a cínové kompozice pro výstelky ložisek, pouzder, pánví a kluzných ploch. [3]

Cínové kompozice jsou slitiny cínu s antimonem, mědí (niklem) s rozmezím tuhnutí 350 – 235 °C. [3]

Olověné kompozice jsou slitiny olova s cínem, antimonem – rozmezí tuhnutí 280 – 240 °C; případně i s mědí – rozmezí tuhnutí 420 – 245 °C. [3]

## **5 SHRNUTÍ TEORETICKÉ A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI**

### **5.1 Shrnutí teoretické části**

V teoretické části jsem uvedl všeobecné znalosti, používané ve slévárenství a dále rozvedl části, ze kterých budu čerpat v praktické části mé bakalářské práce, tedy při návrhu a konstrukci formy pro gravitační odlévání hliníku.

### **5.2 Cíle praktické části**

Cílem mé praktické části je návrh a konstrukce formy pro gravitační odlévání hliníku v prostředí 3D programu Pro/ENGINEER a z toho vytvořená výkresová dokumentace všech částí výkresové dokumentace.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 VÝROBNÍ PROGRAM FIRMY H. P. – SERVIS

Firma se zabývá výrobou, opravou a prodejí hydraulických, pneumatických a elektro agregátů. Při výrobě firma využívá polotovary, které jsou vyráběny v jiných firmách. Jedna z firem dodávající tyto polotovary však ukončila svou výrobu. Jedná se o výrobu vík pro hydraulická čerpadla metodou gravitačního odlévání. Firma se rozhodla situaci vyřešit tím, že rozšíří svou dosavadní výrobu i o výrobu těchto odlévaných polotovarů. Od firmy, která dodávala odlévané polotovary dříve, odkoupila jednu z forem. Mým úkolem bylo navrhnout formu, která bude použitelná pro stejný stroj.

## 7 SPECIFIKACE VÝROBKU

### 7.1 Funkce výrobku

Tento výrobek slouží jako víko hydraulického zubového čerpadla. Výrobní série těchto vík je cca. 250ks za 1 rok.

### 7.2 Materiál výrobku

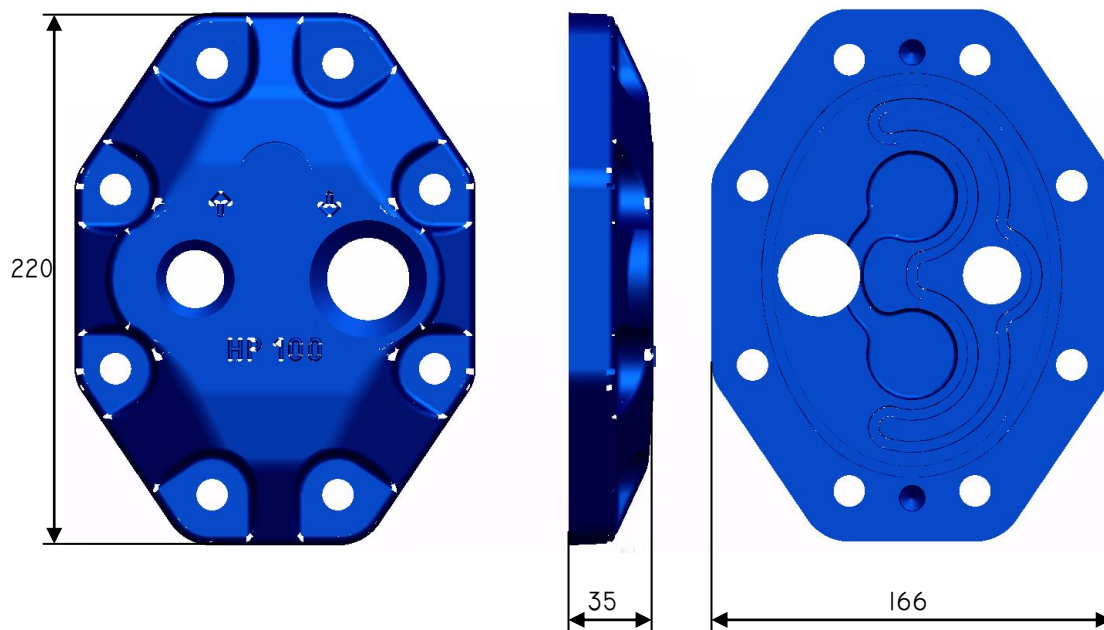
Jako materiál výrobku jsem použil hliníkovou slitinu s označením 42 4331.71.

Charakteristika slitiny:

Značka materiálu	Al – Si – Mg 42 4331.71
Značka EN	AC-ALSi10Mg(A)
Číslo EN	AC-43000
Značka ISO	ALSi10Mg
Měrná váha [kg/dm <sup>3</sup> ]	2,65
Interval tavení [°C]	570 – 600
Modul pružnosti [kg/mm <sup>2</sup> ]	7400 – 7800
Modul pružnosti ve smyku [kg/mm <sup>2</sup> ]	2600 – 2800
Tepelná vodivost [cal/cm.s.°C]	0,38

### 7.3 Konstrukce výrobku

Konstrukci výrobku jsem prováděl podle používané technické dokumentace, kterou jsem z 2D programu AutoCAD převedl do technické dokumentace v 3D programu ProENGINEER. Výkres součásti je v příloze č. I. Hmotnost výrobku je 1,866 kg, jeho objem je 0,712 dm<sup>3</sup>.



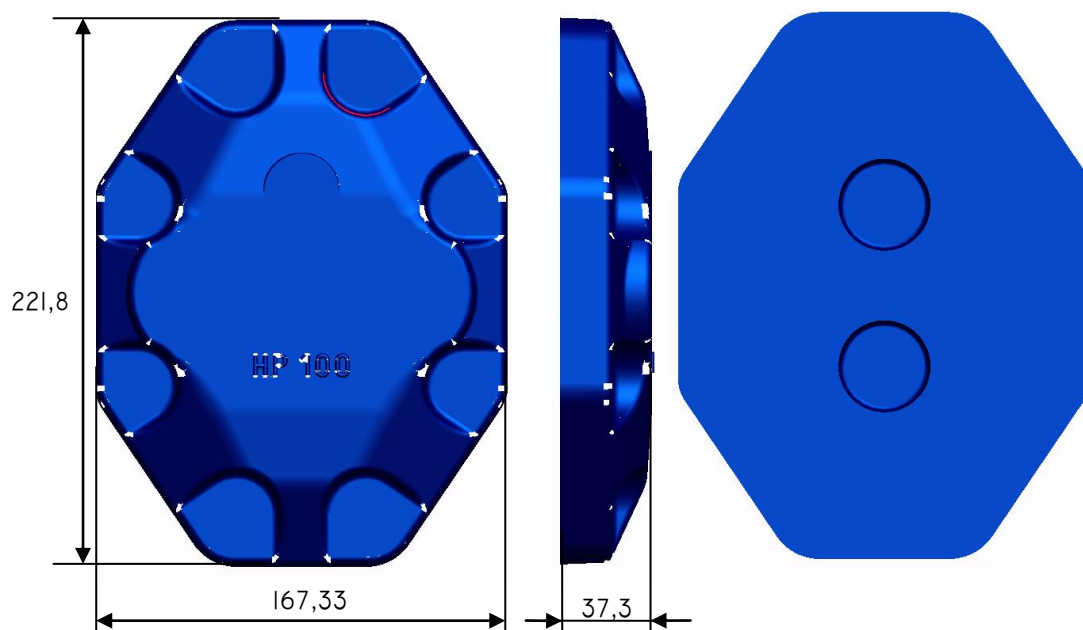
Obr. 9 Výrobek navržený v programu ProENGINEER

#### 7.4 Konstrukce slévárenského modelu

Konstrukci slévárenského modelu jsem provedl s použitím výrobku, který jsem vytvořil v prostředí programu ProENGINEER. Z původního modelu jsem odstranil díry pro upevňovací šrouby, díry pro středící čepy a drážky pro těsnění. Musel jsem odstranit i závitové díry a šipky, které mění svou vzájemnou polohu dle použití víka.

Po konzultaci s konstruktérem ve firmě H.P.-SERVIS (dále jen konstruktérem) jsem provedl zvětšení výrobku o velikost smrštění 0,8 % a přidal přírůstek na obrábění základny 2 mm. Výkres součásti je v příloze č. II. Hmotnost odlitku je 2,392 kg, jeho objem je 0,903 dm<sup>3</sup>.





Obr. 10 Slévárenský model navržený v programu ProENGINEER

## 8 KONSTRUKCE FORMY

Pro vlastní konstrukci jsem jako předlohu použil formu odkoupenou z firmy, ve které se výroba odlitků pro firmu H.P.-SERVIS dříve prováděla.

### 8.1 Materiál jednotlivých dílů formy

Z hlediska znalostí o chování oceli 14 220 (podle EN 10084 je značka oceli 16MnCr5 a číslo materiálu 1.7131) v této firmě a nižší ceně díky velkému odběru tohoto druhu materiálu jsem navrhl po dohodě s konstruktérem tento materiál jako materiál všech dílů formy.

Charakteristika oceli 14220:

Tab. 2. Chemické složení oceli 14 220

Chemické složení [hm%]						
	C	Cr	Mn	P	S	Si
min.	0,14	0,8	0,1	0	0	0,17
max.	0,19	1,1	1,4	0,04	0,04	0,37

Tab. 3. Základní informace o oceli 14 220

Základní informace	
Norma	ČSN 414220
Materiál	14 220
Číslo materiálu	414220
Třída odpadu	21
Měrná hmotnost[kg/dm <sup>3</sup> ]	7.850

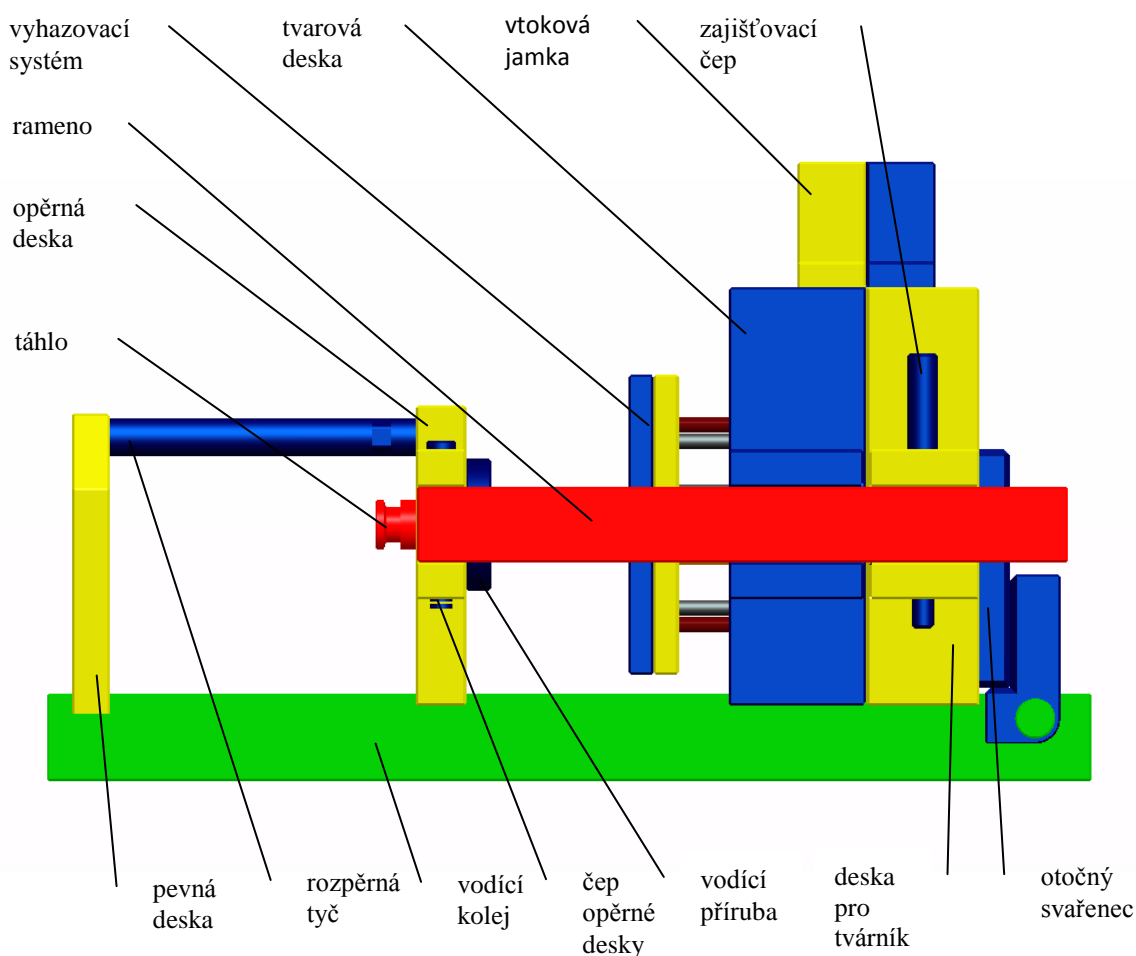
Tab. 4. Doporučené teploty pro ocel 14 220

Doporučené teploty		
	Min.teplota (°C)	Max.teplota (°C)
Teplota kování	800	1250
Normalizační žíhání	880	920
Žíhání na měkko	680	120
Kalení do vody	850	880
Kalení do oleje	850	880
Popouštění	podle požadované pevnosti	

## 8.2 Sestava formy

Vzájemnou funkci jednotlivých dílů můžeme vidět na závěrečné sestavě formy na obrázku 11. Výkres soustavy formy je v příloze č. III

Konstrukce jednotlivých dílů formy je řešena s ohledem na stroj, který hydraulicky ovládá zdvih pohyblivých částí formy.



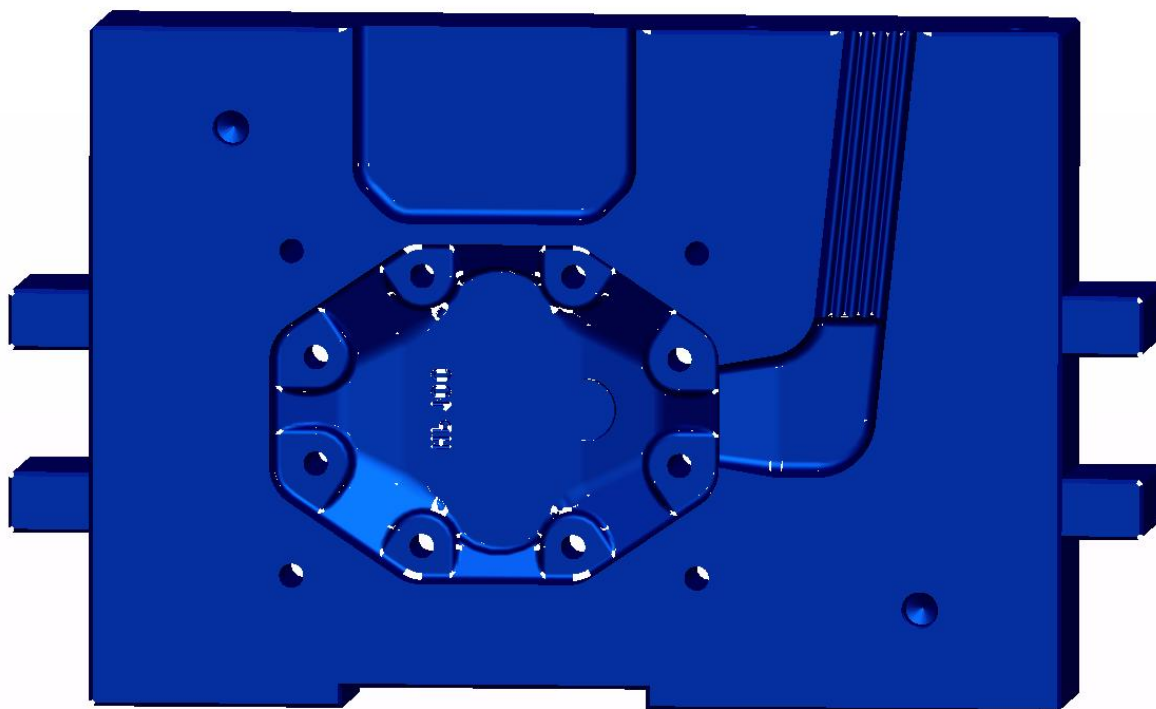
Obr. 11 Sestava formy

## 8.3 Části formy

### 8.3.1 Tvarová deska s vtokovou soustavou

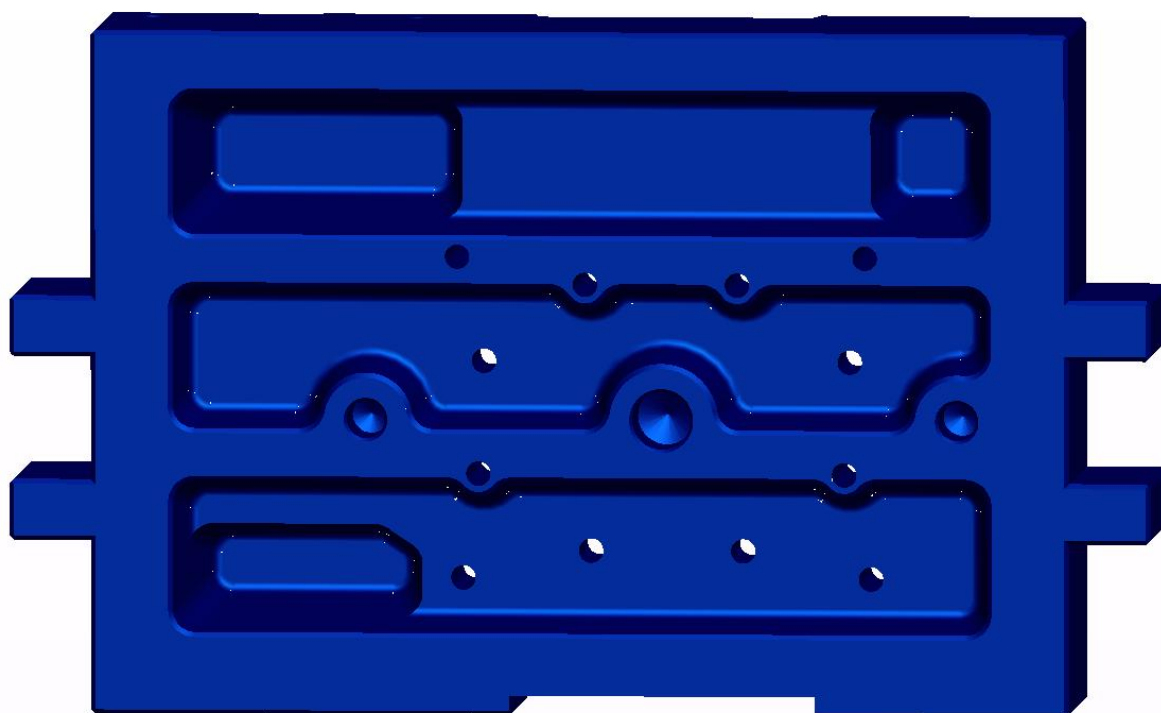
Konstrukci tvaru jsem provedl odečtením tvaru víka z celého objemu desky. Vtakovou soustavu jsem převzal z formy, kterou firma odkoupila od zanikající firmy. Pouze

jsem změnil způsob přívodu taveniny, kdy byl na odkoupené formě přívod k čelní ploše výrobku, což však zvyšovalo spotřebu materiálu při odlévání i zvyšovalo čas při úpravách povrchu odlitku. Přívod taveniny jsem následovně zvolil z boční strany k výrobku, jak lze vidět na obrázku 12. Výkres součásti je v příloze č. IV.



Obr. 12 Tvarová deska – pohled do dělicí roviny

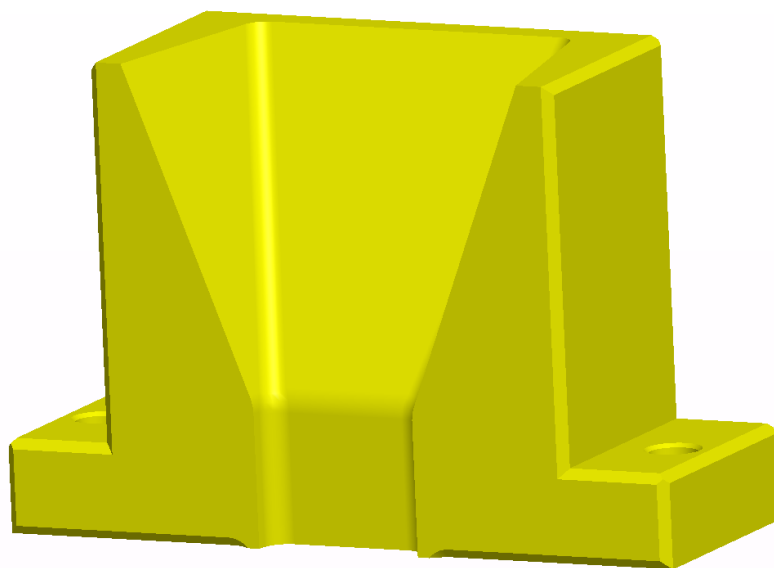
Ke kvalitnějšímu odvodu tepla z desky a z důvodu nutnosti zajištění výroby shodných výrobků a zvýšení rychlosti jednoho cyklu jsem provedl z vnější strany tvarové desky provedl vybrání materiálu, jak vidíme na obrázku 13. Vybráním materiálu se snížila výsledná hmotnost formy čímž se zlepšila manipulovatelnost s formou a zmenšila síla potřebná pro otevření formy.



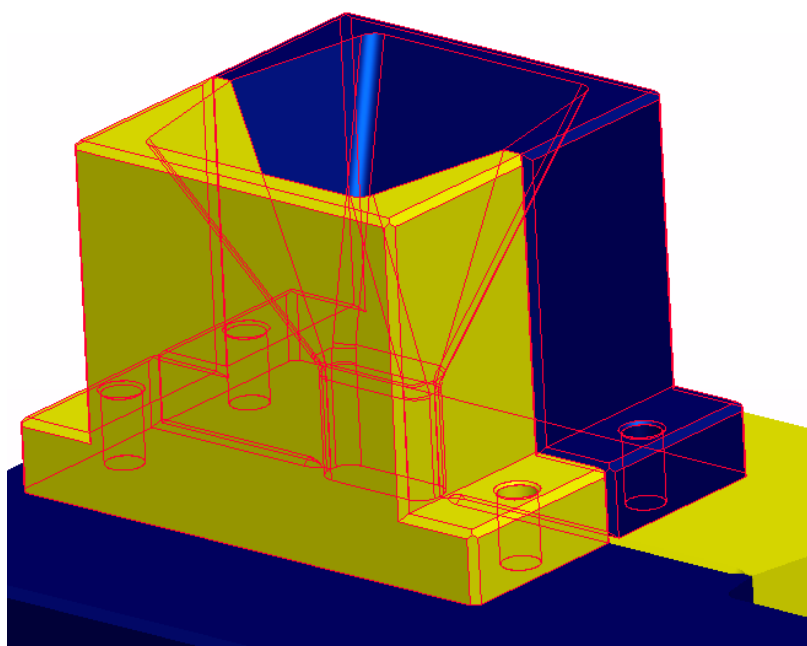
Obr. 13 Tvarová deska – pohled z vnější strany

### 8.3.2 Vtoková jamka

Je složena ze dvou částí o stejném tvaru i stejných rozměrech, které jsou rozděleny dělicí rovinou. Vtokovou jamku ukazuje obrázek 14 a obrázek 15. K jednotlivým deskám jsou připevněny šroubovými spoji. Její tvar a velikost byl odvozen z vtokové jamky odkoupené formy. Výkres součásti je v příloze č. V.



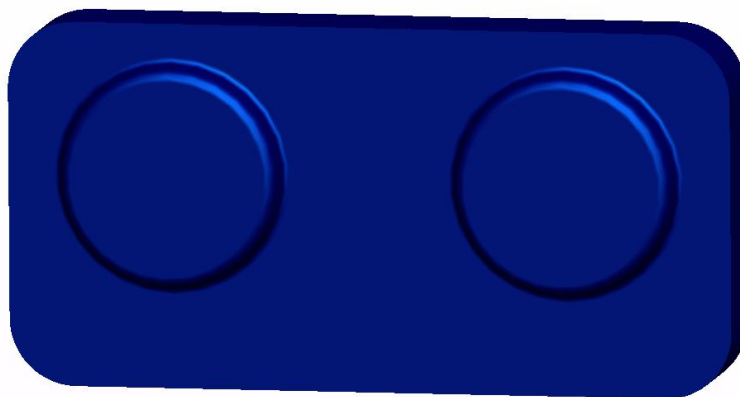
Obr. 14 Vtoková jamka – jedna část



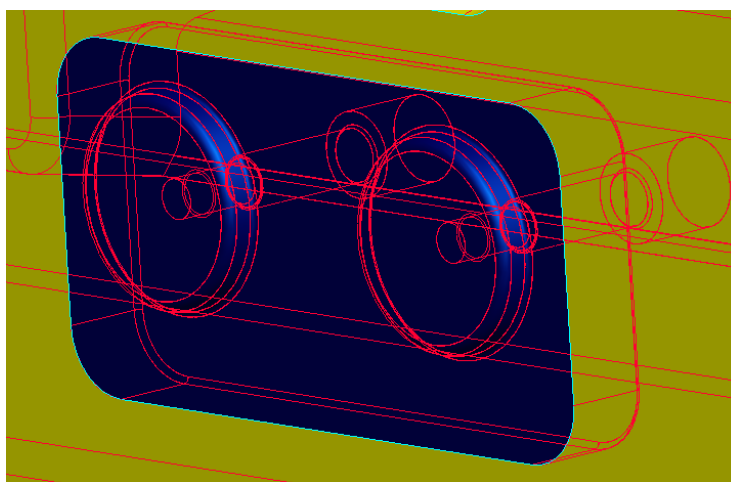
Obr. 15 Umístění vtokové jamky na formě

### 8.3.3 Deska pro tvárník a tvárník

Tvárník pro díry je malých rozměrů a proto jsem ho pro snadnou vyměnitelnost navrhl jako výměnný. Tvárník je uchycen pomocí šroubových spojů, jak je znázorněno na obrázku 16 a 17. Výkres tvárníku je v příloze č. VI.

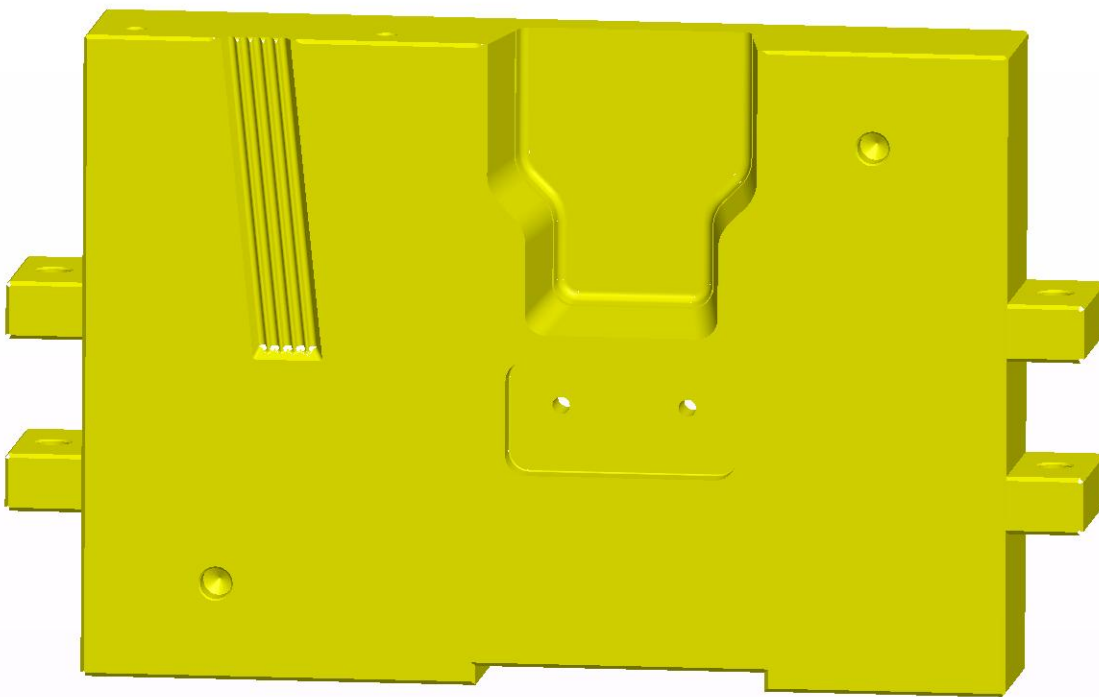


Obr. 16 Tvárník



Obr. 17 Umístění tvárníku v desce pro tvárník

Na desce pro tvárník můžeme vidět vybrání, které má dvě funkce. První funkcí je účinné odvodušnění. Dále funguje jako přetok materiálu, což následně dělník využije pro kontrolu zaplnění dutiny formy. Drážka ve vybrání slouží pro plech, za který se následovně umísťuje izolační deska. Výše uvedené ukazuje obrázek 18. Na této desce jsem z vnější strany ,tak jako u tvarové desky, navrhl vybrání kvůli účinnému chlazení a snížení hmotnosti (obrázek 19). Výkres desky pro tvárník je v příloze č. VII.



Obr. 18 Deska pro tvárník – pohled z dělicí roviny



Obr. 19 Deska pro tvárník – pohled z vnější strany

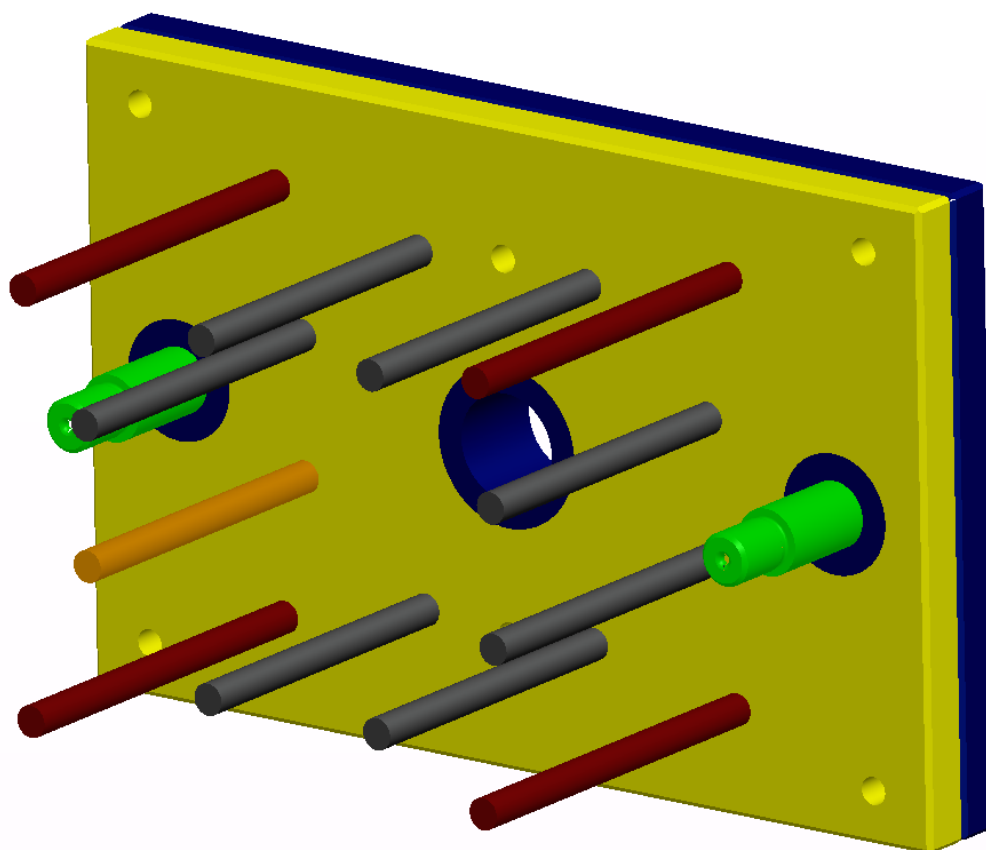


### 8.3.4 Vyhazovací systém a otevírání formy

Forma se otevírá pomocí táhla, které je umístěno v tvarové desce. Posuvem táhla nejprve dojde k otevření formy o vzdálenost, která je dostatečná pro vypadnutí odlitku i s vtokovou soustavou.

Po otevření formy o tuto vzdálenost dojde vlivem dosednutí vyhazovacích desek na opěrnou desku k pohybu vyhazovacích desek s vyhazovacími kolíky vůči výrobku a tím k vyhození odlitku.

Vyhazovací systém se skládá z opěrné a kotevní vyhazovací desky, vyhazovacích kolíků, vratných kolíků, dorazových šroubů a vodících kroužků a je ukazuje jej obrázek 20.

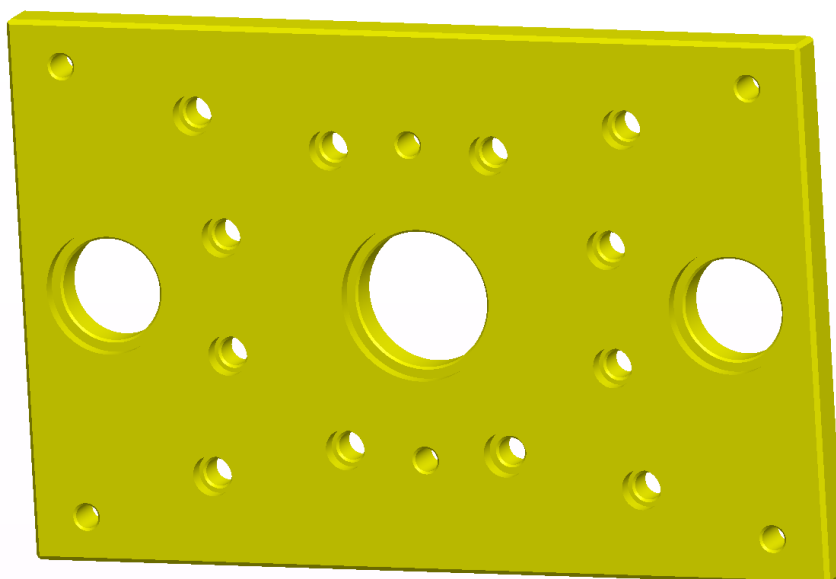


Obr. 20 Vyhazovací systém

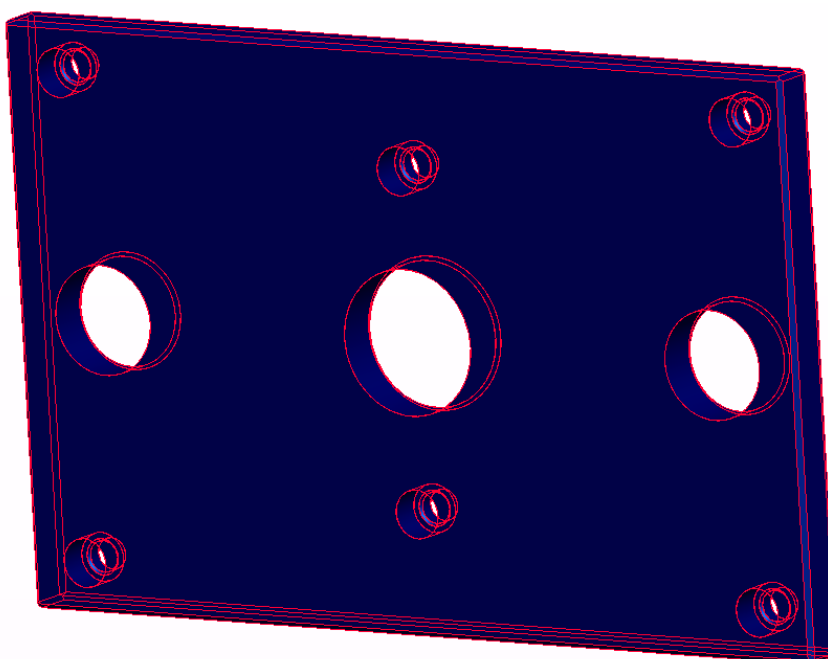
#### 8.3.4.1 Vyhazovací desky

Jsou vzájemně vystředěny pomocí vodících kroužků a spojeny pomocí šroubových spojů. Jsou v nich ukotveny vyhazovací kolíky, vratné kolíky a vodící kroužky. Kotevní deska zabraňuje jejich pohybu v radiálním směru a v osovém směru pouze na jednu stranu. Opěrná deska pak zabraňuje pohybu ukotvených částí v druhém osovém směru. Výkres

kotevní vyhazovací desky je v příloze č. VIII, výkres opěrné vyhazovací desky je v příloze č. IX.



Obr. 21 Vyhazovací deska kotevní

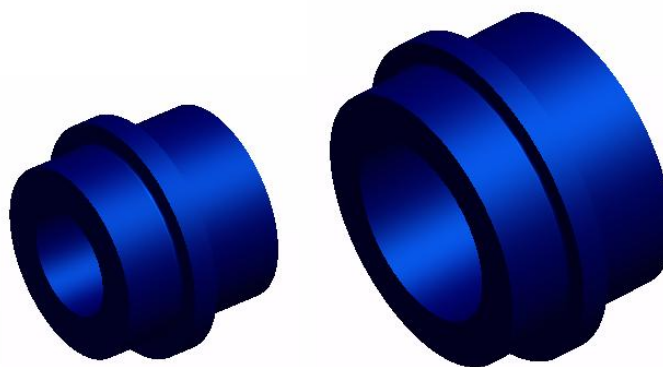


Obr. 22 Vyhazovací deska opěrná

#### 8.3.4.2 *Vodící kroužky*

Vodící kroužky jsou určeny pro vedení táhla a dorazových šroubů. Výhodou vodících kroužků je možná vyměnitelnost při jejich opotřebení či poškození. Kromě vodící funkce mají také funkci středění vyhazovacích desek.

Jejich umístění je mezi vyhazovacími deskami, což můžeme vidět na obrázku 20. Výkres vodících kroužků pro dorazové šrouby je v příloze č. X, výkres vodícího kroužku pro táhlo je v příloze č. XI.



Obr. 23 Vodící kroužky pro vedení dorazových šroubů a pro vedení táhla

#### 8.3.4.3 *Vyhazovací kolíky*

Slouží k vyhození neboli vyjmutí odlitku z dutiny formy. Pro jejich správnou funkci jsem navrhl 8 vyhazovacích kolíků rovnoměrně rozložených na odlitku. Jako vyhazovače jsem použil normálie AH 12-160, které budou zkráceny na potřebnou délku dle výkresu součásti. Výkres součásti je v příloze č. XII.



Obr. 24 Vyhazovací kolík zkrácený na potřebnou délku

#### 8.3.4.4 *Vratné kolíky*

Slouží k tomu, aby se při uzavírání formy vrátil vyhazovací systém do polohy, ve které byl před vyhozením. K jejich funkci dochází při zasouvání formy, kdy vlivem kontaktu vratných kolíků s deskou pro tvárník dojde k zasunutí vratných kolíků a tím celého vyhazovacího systému i s vyhazovacími kolíky.

Použijeme normálie AH 12-200. Tyto kolíky zkrátíme na požadovanou délku podle příslušného výrobního výkresu. Výkres součásti je v příloze č. XIII.

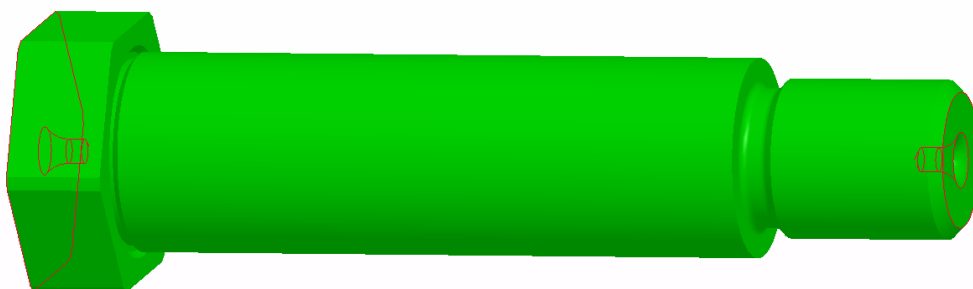


Obr. 25 Vratný kolík zkrácený na potřebnou délku

#### 8.3.4.5 Dorazové šrouby

Jejich úkol je takový, aby při zajíždění vyhadzovacích kolíků zpět do původní polohy (tj. uzavřené formy) zajely vyhadzovací kolíky do přesné polohy, tj. takové aby ani nevyčnívaly (čímž by vznikl otvor v odlitku), ani nezajely příliš hluboko (čímž by vznikl v místě kolíku výstupek).

Dalším úkolem dorazových šroubů je unést váhu vyhadzovacích desek spolu s táhlem. Vyhadzovací desky nestojí a ani nepojíždějí na vodící koleji. Dorazové šrouby jsou na konci opatřeny hlavou s šestihrannou hlavou. Uchycení dorazových šroubů s tvarovou deskou ukazuje obrázek 28. Výkres součásti je v příloze č. XIV.



Obr. 26 Dorazový šroub

#### 8.3.4.6 Táhlo

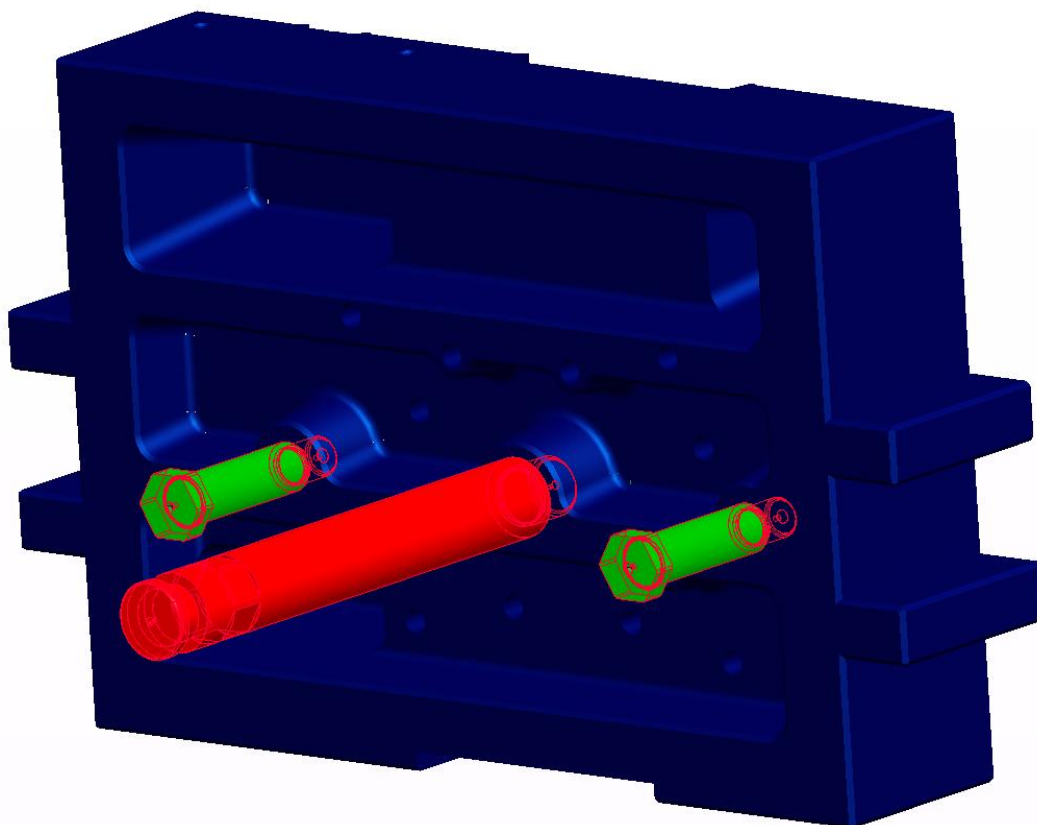
Slouží pro otevírání a uzavírání formy a k spuštění vyhadzovacího systému. Jeho spojení s tvarovou deskou je pomocí závitů. Táhlo prochází vodícím kroužkem pro táhlo a vodící přírubou, která je uchycená v opěrné desce.

Dále je táhlo opatřeno vnějším šestihranem, který slouží pro montáž či demontáž táhla.

Konec táhla je upraven pro spojení se strojem pomocí pevné spojky, která musí zamezit axiálnímu posuvu ve spoji. Výkres součásti je v příloze č. XV.



Obr. 27 Táhlo



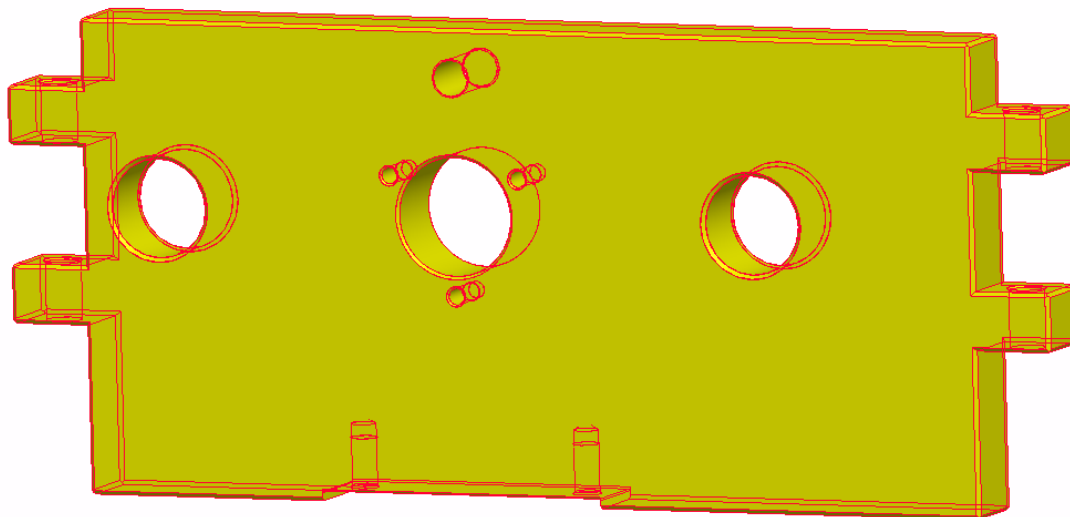
Obr. 28 Připojení táhla a dorazových šroubů k tvarové desce

### 8.3.5 Opěrná deska

Její hlavním úkolem je udržení pevné polohy desky pro tvárník a vedení tvarové desky pomocí ramen.

Dále slouží pro vedení táhla pomocí vodící příruby. Další dvě díry v opěrné desce jsou zde proto, aby nedocházelo k nárazu dorazových šroubů na tuto desku, čímž by se nevysouvaly vyhazovací kolíky a tak nevyhodil odlitek.

Její polohu zajišťuje drážka pro vodící kolej, šroubové spojení s kolejí a rozpěrná tyč, která je spojena s pevnou deskou. Výkres součásti je v příloze č. XVI.

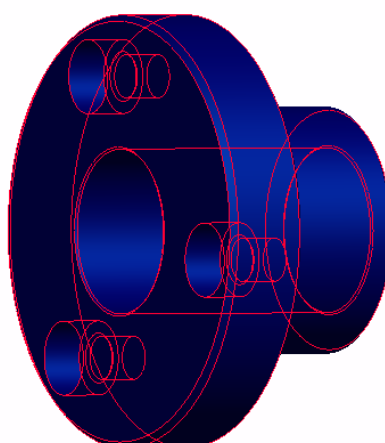


Obr. 29 Opěrná deska

### 8.3.6 Vodící příruba

Je umístěna v opěrné desce a slouží pro vedení táhla. Výhodou jejího použití je možnost výměny při opotřebení, či případném poškození otvoru.

K opěrné desce je připevněna pomocí třech šroubů. Výkres součásti je v příloze č. XVII.



Obr. 30 Vodící příruba

### 8.3.7 Ramena

Tvoří spojovací prvek mezi opěrnou deskou a deskou pro tvárník. Jsou uchyceny pomocí čepů. Vytáhnutím zajišťovacích čepů lze ramena otočit a tím uvolnit polohu desky pro tvárník.

Vyfrézovaná plocha ramen má za úkol snížit hmotnost celé sestavy. Výkres součásti je v příloze č. XVIII.



Obr. 31 Rameno

### 8.3.8 Zajišťovací čep

Musí zajistit jak přesnou polohu ramene a desky pro tvárník, tak i jednoduchou demontáž při čištění či jednoduchých opravách dutiny formy. Výkres součásti je v příloze č. XIX.



Obr. 32 Zajišťovací čep

### 8.3.9 Zajišťovací čep opěrné desky

Zajišťuje polohu ramene v opěrné desce. Proti vypadnutí je čep zajištěn pomocí zá-  
pichu pro pojistný kroužek. Výkres součásti je v příloze č. XX.



Obr. 33 Zajišťovací čep opěrné desky

### 8.3.10 Rozpěrná tyč

Zajišťuje pevnou vzdálenost mezi opěrnou a pevnou deskou a tuhost vzájemně spojených součástí.

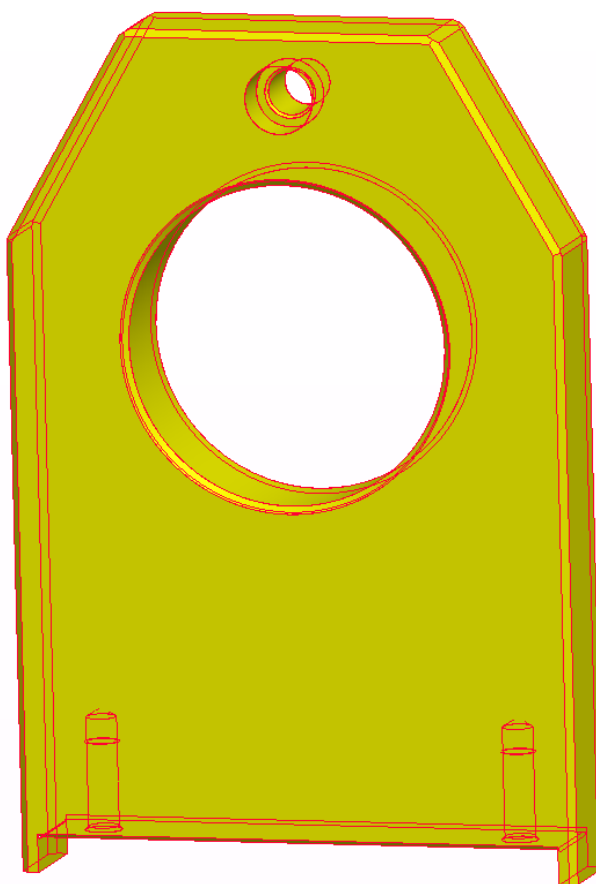
Je opatřena vyfrézovaným šestihranem pro snadnou montáž i demontáž. Výkres součásti je v příloze č. XXI.



Obr. 34 Rozpěrná tyč

### 8.3.11 Pevná deska

Je spojena s rozpěrnou tyčí pomocí šroubu. Pevná deska dosedá na vodící kolej, ke které je připevněna pomocí dvou šroubů. Velká díra s trubkovým válcovým závitem slouží pro napojení ovládacího mechanismu pro táhlo. Výkres součásti je v příloze č. XXII.



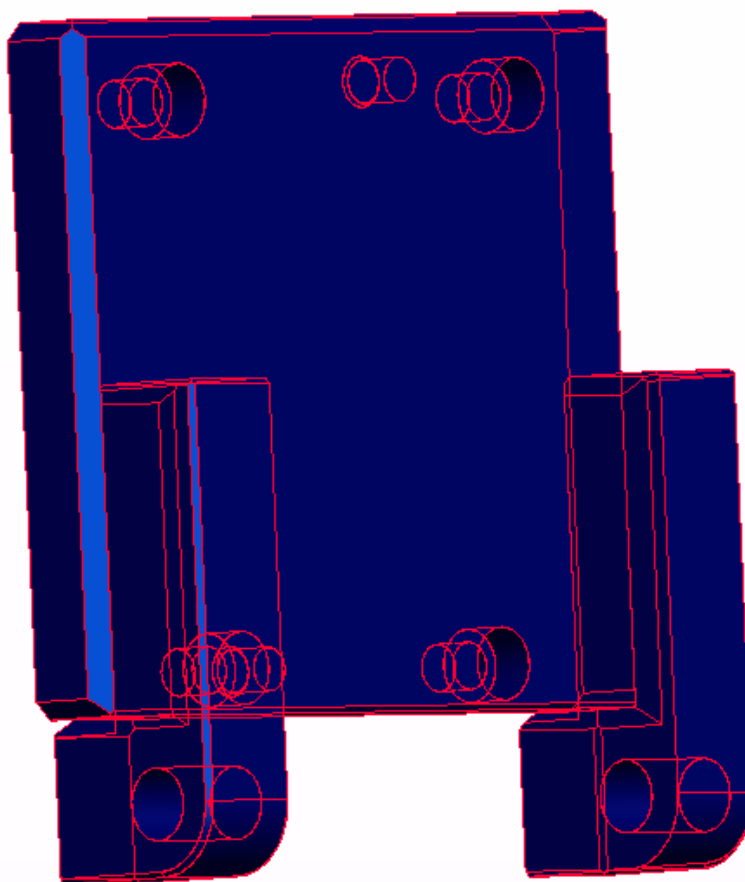
Obr. 35 Pevná deska



### 8.3.12 Otočný svařenec

Jeho funkce zajišťuje jednoduché odklopení desky pro tvárník okolo osy čepu, který prochází otočným svařencem. Tato konstrukce usnadňuje přístupnost k dutině formy, k vtokové soustavě a k odvzdušnění dutiny formy. To je následně využito při čištění, či menších opravách formy.

Napojení svařence na desku pro tvárník a napojení čepu ke svařenci ukazuje obrázek 38. Kolem osy tohoto čepu se může svařenec a tím i deska pro tvárník otáčet. Výkres součásti je v příloze č. XXIII.



Obr. 36 Otočný svařenec

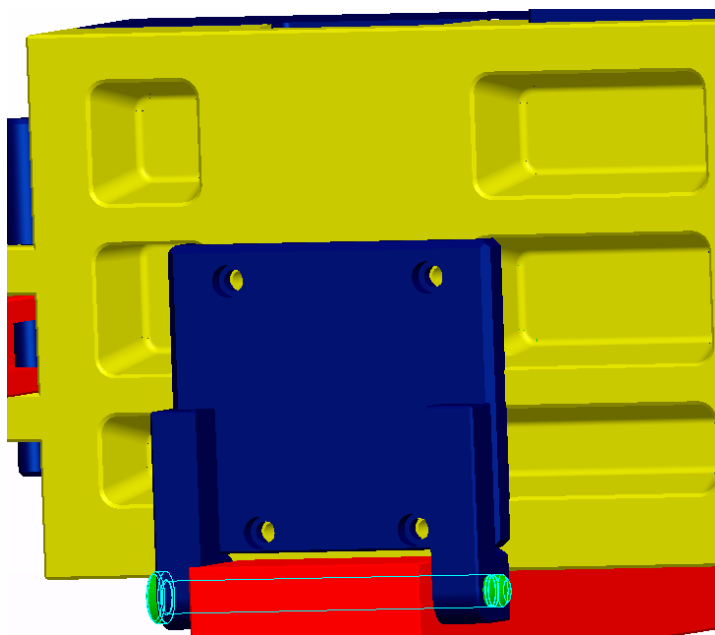
### 8.3.13 Čep otočného svařence

Zajišťuje polohu svařence. Je zajištěn pomocí pojistného kroužku.

Napojení čepu na vodící kolej a otočný svařenec je na obrázku 38. Výkres součásti je v příloze č. XXIV.



Obr. 37 Čep otočného svařence



Obr. 38 Ukázka napojení čepu a svařence k formě

### 8.3.14 Vodící kolej

Má splňovat několik funkcí:

1. Vodící plocha pro desku s tvárnici
2. Upevňujeme na ni pevnou a opěrnou desku a čep otočného svařence
3. Nese celou sestavu, a proto musí mít odpovídající tuhost

Vyfrézování vodící koleje se provádí kvůli snížení tření mezi vodící kolejí a deskou s tvárnici. Výkres součásti je v příloze č. XXV



Obr. 39 Vodící kolej

## **8.4 Výkresová dokumentace**

V příloze bakalářské práce přikládám kompletní výkresovou dokumentaci výrobku, modelu a všech částí formy včetně sestavy formy a kusovníku. Jde o přílohy číslo I – XXV.

## ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce byl návrh a konstrukce formy pro gravitační odlévání hliníku včetně výkresové dokumentace.

V teoretické části jsem shrnul poznatky o konstrukci kovových forem a konstrukci slévárenských modelů. Dále znalosti z oblasti používaných materiálů pro slévání a samostatné technologie odlévání.

V praktické části jsem řešil samostatnou konstrukci formy v programu ProENGINEER. Pro její řešení jsem využil znalosti z teoretické části. Samotnou konstrukci jsem přizpůsobil stroji, na kterém se bude forma používat, a také výrobním strojům a nástrojům, na kterých se forma vyráběla.

V praktické části jsem také vyhotovil technickou dokumentaci v podobě výrobních výkresů, kterou jsem řešil v programu ProENGINEER a je uvedena v příloze bakalářské práce.

Konstrukce formy jakožto cíl mé bakalářské práce byl splněn. Tato forma je nyní plně používána v provozu. Bakalářská práce byla vypracována ve spolupráci s firmou H.P.-SERVIS, která se zabývá opravou, výrobou a prodeji hydraulických, pneumatických a elektrických agregátů.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Bernášek, V. *Technologie slévání*. 3., upr. vyd. Plzeň : Západočeská univerzita, 2006. 175.s. ISBN 80-7043-491-0.
- [2] Bednář, B. *Technologičnost konstrukce odlitků*. Vyd. 1. Ústí nad Labem : UJEP, ÚTRV, 2004. 101.s. ISBN 80-7044-614-5.
- [3] Plachý, J. *Teorie slévání*. Vyd.4. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2002, 164 s. ISBN 80-01-02471-7.
- [4] JELÍNEK, P. *Slévárství*. Vyd.5. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. 255 s. ISBN 80-24-81282-7.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ČSN Česká státní norma

EN Evropská normalizace

F síla

kN kilo Newton

MPa megapascal

°C stupeň Celsia

cal kalorie

s sekunda

kg kilogram

cm centimetr

mm<sup>2</sup> milimetr čtvereční

dm<sup>3</sup> decimetr krychlový

Al hliník

Be beryllium

C uhlík

Ca vápník

Cu měď

Fe železo

Mg hořčík

Mn mangan

Ni nikl

P fosfor

Pb olovo

S síra

Si křemík

Zn zinek

2D dvourozměrný prostor

3D trojrozměrný prostor

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>obr. 1 tvar a způsob plnění vtokových jamek.....</i>	<i>17</i>
<i>obr. 2 rozmístění vtokových zářezů.....</i>	<i>19</i>
<i>obr. 3 použití úkosů při navrhování tvaru součásti .....</i>	<i>23</i>
<i>obr. 4 příklady napojení různých tloušťek stěn odlitku.....</i>	<i>25</i>
<i>obr. 5 umístění žeber na odlitku.....</i>	<i>25</i>
<i>obr. 6 vybrání odlitku v místě styku více žeber .....</i>	<i>26</i>
<i>obr. 7 vliv zaoblení hran na pevnost uzlu .....</i>	<i>26</i>
<i>obr. 8 vliv konstrukce součásti na snížení pracnosti výroby odlitku .....</i>	<i>27</i>
<i>obr. 9 výrobek navržený v programu proengineer .....</i>	<i>40</i>
<i>obr. 10 slévárenský model navržený v programu proengineer.....</i>	<i>41</i>
<i>obr. 11 sestava formy.....</i>	<i>43</i>
<i>obr. 12 tvarová deska – pohled do dělicí roviny.....</i>	<i>44</i>
<i>obr. 13 tvarová deska – pohled z vnější strany.....</i>	<i>45</i>
<i>obr. 14 vtoková jamka – jedna část .....</i>	<i>46</i>
<i>obr. 15 umístění vtokové jamky na formě .....</i>	<i>46</i>
<i>obr. 16 tvárník.....</i>	<i>47</i>
<i>obr. 17 umístění tvárníku v desce pro tvárník .....</i>	<i>47</i>
<i>obr. 18 deska pro tvárník – pohled z dělicí roviny .....</i>	<i>48</i>
<i>obr. 19 deska pro tvárník – pohled z vnější strany .....</i>	<i>48</i>
<i>obr. 20 vyhazovací systém .....</i>	<i>49</i>
<i>obr. 21 vyhazovací deska kotevní .....</i>	<i>50</i>
<i>obr. 22 vyhazovací deska opěrná.....</i>	<i>50</i>
<i>obr. 23 vodící kroužky pro vedení dorazových šroubů a pro vedení táhla.....</i>	<i>51</i>
<i>obr. 24 vyhazovací kolík zkrácený na potřebnou délku.....</i>	<i>51</i>
<i>obr. 25 vratný kolík zkrácený na potřebnou délku.....</i>	<i>52</i>
<i>obr. 26 dorazový šroub.....</i>	<i>52</i>
<i>obr. 27 táhlo.....</i>	<i>53</i>
<i>obr. 28 připojení táhla a dorazových šroubů k tvarové desce.....</i>	<i>53</i>
<i>obr. 29 opěrná deska .....</i>	<i>54</i>
<i>obr. 30 vodící příruba.....</i>	<i>54</i>
<i>obr. 31 rameno.....</i>	<i>55</i>
<i>obr. 32 zajišťovací čep.....</i>	<i>55</i>
<i>obr. 33 zajišťovací čep opěrné desky.....</i>	<i>55</i>
<i>obr. 34 rozpěrná tyč.....</i>	<i>56</i>
<i>obr. 35 pevná deska .....</i>	<i>56</i>
<i>obr. 36 otočný svařenec.....</i>	<i>57</i>
<i>obr. 37 čep otočného svařence .....</i>	<i>58</i>
<i>obr. 38 ukázka napojení čepu a svařence k formě.....</i>	<i>58</i>
<i>obr. 39 vodící kolej .....</i>	<i>58</i>



**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Smršťování kovů a slitin při tuhnutí a chladnutí .....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 2. Chemické složení oceli 14 220.....</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 3. Základní informace o oceli 14 220.....</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 4. Doporučené teploty pro ocel 14 220 .....</i>	<i>42</i>

**SEZNAM PŘÍLOH**

- I. Výrobní výkres víka hydraulického čerpadla
- II. Výrobní výkres slévárenského modelu víka hydraulického čerpadla
- III. Výkres sestavy formy
- IV. Výrobní výkres tvarové desky
- V. Výrobní výkres obou částí vtokové jamky
- VI. Výrobní výkres tvárníku
- VII. Výrobní výkres desky pro tvárník
- VIII. Výrobní výkres vyhazovací desky kotevní
- IX. Výrobní výkres vyhazovací desky opěrné
- X. Výrobní výkres vodícího kroužku pro dorazové šrouby
- XI. Výrobní výkres vodícího kroužku pro táhlo
- XII. Výrobní výkres vyhazovacího kolíku
- XIII. Výrobní výkres vratného kolíku
- XIV. Výrobní výkres dorazového šroubu
- XV. Výrobní výkres táhla
- XVI. Výrobní výkres opěrné desky
- XVII. Výrobní výkres vodící příruby
- XVIII. Výrobní výkres ramena
- XIX. Výrobní výkres zajišťovacího čepu
- XX. Výrobní výkres zajišťovacího čepu opěrné desky
- XXI. Výrobní výkres rozpěrné tyče
- XXII. Výrobní výkres pevné desky
- XXIII. Výrobní výkresy otočného svařence a všech jeho částí
- XXIV. Výrobní výkres čepu otočného svařence
- XXV. Výrobní výkres vodící koleje