

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: 2302T019 Stavba výrobních strojů a zařízení

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukce formy pro tlakové lití

Autor: **Bc. Roman Šmíd**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Martin HYNEK, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Roman ŠMÍD**
Osobní číslo: **S13N0049P**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Konstrukce formy pro tlakové lití**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Vypracujte rešerši z oblasti forem pro odlévání kovů. Vypracujte kompletní konstrukční návrh včetně výkresové dokumentace. Návrh doplňte potřebnými technologickými analýzami a vypracujte zhodnocení navržené konstrukce formy.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Rešerše forem pro odlévání kovů
2. Vytvoření modelu zadaného dílu
3. Konstrukční návrh formy pro zadaný díl s potřebnými technologickými analýzami
4. Vypracování 3D modelů a výrobní dokumentace formy
5. Zhodnocení navržené konstrukce formy

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra 1.* Brno: Computer Press, 1999

LEINVEBER, J., RASA, J., VÁVRA, P. *Strojníké tabulky.* Praha: Scienta, spol. s.r.o., 1998

NADCA *Product Specifications Standards for Die Castings.* Wheeling, IL: North American Die Casting Association, 2012


Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Martin Hynek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Miroslav Grach**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání diplomové práce: **22. září 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **22. května 2015**


Doc. Ing. Jirí Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 22. září 2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem lidem, kteří mi přispěli radami a připomínkami při zpracování této diplomové práce, zejména pak panu Doc. Ing. Martinu Hynkovi Ph.D. za systematické vedení této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Francescu Bigliettimu za poskytnutí programu Cast-Designer a cenných rad při řešení problematiky týkající se numerické simulace. Neméně velké poděkování patří mé rodině za morální podporu při studiu.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Šmíd	Jméno Roman	
STUDIJNÍ OBOR	2302T019 „Stavba výrobních strojů a zařízení“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	Jméno Martin	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Konstrukce formy pro tlakové lití		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	99	TEXTOVÁ ČÁST	71	GRAFICKÁ ČÁST	28
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)	Diplomová práce obsahuje informace o základních technologiích odlévání kovů. Numerickou simulaci vysokotlakého lití pro dva vtokové systémy. Konstrukci tlakové lící formy a popis jednotlivých komponentů. Numerická simulace byla provedena výpočtovým softwarem Cast-Designer. Konstrukce tlakové lící formy byla zhotovena pomocí CAD systému Catia V5R19.
ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	
KLÍČOVÁ SLOVA	Odlévání kovu, Tlaková lící forma, Numerická simulace, Vysokotlaké lití, Cast-Designer, Catia V5,
ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Šmíd	Name Roman	
FIELD OF STUDY	2302T019 „Design of Manufacturing Machines and Equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	Name Martin	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	A Die Casting Mold Design		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	99	TEXT PART	71	GRAPHICAL PART	28
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	Diploma thesis includes information of the basic die casting technology. The thesis also contains a numerical simulation of high-pressure die casting for two gating systems. It also contains a design of die casting mold manipulator and description of its parts. The numerical simulation was performed by computation software Cast-Designer. The design of the die casting mold was created in CAD system Catia V5R19.
KEY WORDS	Die casting, Die casting mold, Numerical simulation, High-Pressure Die casting, Cast-Designer, Catia V5

Obsah

Obsah.....	6
1. Použité zkratky a symboly	8
2. Úvod.....	9
3. Odlévání kovů	9
3.1 Gravitační lití.....	10
3.2 Nízkotlaké lití	10
3.3 Vysokotlaké lití.....	11
3.3.1 Stroje pro vysokotlaké lití	12
4. Formy pro odlévání kovů	13
4.1 Formy netrvalé.....	13
4.1.1 Výroba netrvalých forem	14
4.2 Formy trvalé	16
4.2.1 Tlaková licí forma	16
5. Vytvoření modelu zadaného dílu	20
6. Numerická simulace vysokotlakého lití	25
6.1 Cíle numerické analýzy	25
6.2 Vstupní parametry	25
6.3 Výpočtová síť	25
6.4 Počáteční a okrajové podmínky.....	25
6.5 Výsledky numerické simulace.....	25
6.6 Numerická simulace první vtokové soustavy.....	26
6.6.1 Výpočtová síť	26
6.6.2 Počáteční a okrajové podmínky	27
6.6.3 Výsledky numerické simulace	27
6.7 Numerická simulace druhé vtokové soustavy	32
6.7.1 Výpočtová síť	32
6.7.2 Počáteční a okrajové podmínky	33
6.7.3 Výsledky numerické simulace	33
6.8 Závěr.....	38
7. Konstrukce formy pro tlakové lití	39
7.1 Sestava formy pro tlakové lití.....	39
7.2 Popis činnosti formy pro tlakové lití	40

7.3	Komponenty tlakové lící formy.....	41
7.3.1	Tvarové vložky.....	41
7.3.2	Rámy	43
7.3.3	Vtoková soustava	45
7.3.4	Odvzdušňovací soustava	47
7.3.5	Jádra	48
7.3.6	Pohyblivé části formy (šíbry).....	50
7.3.7	Vedení formy.....	54
7.3.8	Mezideska formy.....	55
7.3.9	Vyhazovací paket	55
7.3.10	Upínací deska	58
7.3.11	Temperace formy	59
7.3.12	Transportní prvky formy	65
8.	Závěr.....	66
	Použitá literatura:	66

1. Použité zkratky a symboly

Zkratky	Název
mm	jednotka délky
MPa	jednotka tlaku
°C	jednotka teploty
N	jednotka síly
s	jednotka času
KKS	Katedra konstruování strojů
ZCU	Západočeská univerzita v Plzni
FST	Fakulta strojní
CSN	Česká státní norma
DIN	Německá národní norma

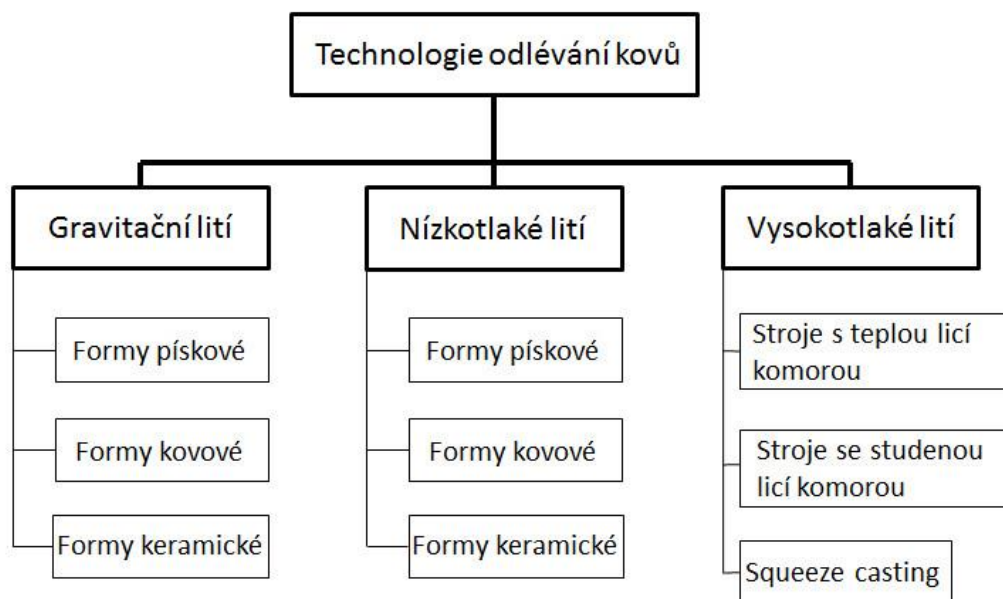
2. Úvod

Cílem diplomové práce je konstrukční návrh formy pro tlakové lití. Vytvoření odlévaného dílu, konstrukce 3D modelů a výkresové dokumentace je zhotovena v softwaru Catia V5r19.

3. Odlévání kovů

Technologie odlévání kovů se dělí na tři základní skupiny:

1. Gravitační lití
2. Nízkotlaké lití
3. Vysokotlaké lití



Obrázek 1 - Rozdělení technologií odlévání kovu[4]

Hlavními parametry, které určují technologii odlévání:

1. Tvar, rozměr a hmotnost odlitku
2. Jakost povrchu a rozměrová přesnost
3. Materiál odlitku
4. Velikost série

3.1 Gravitační lití

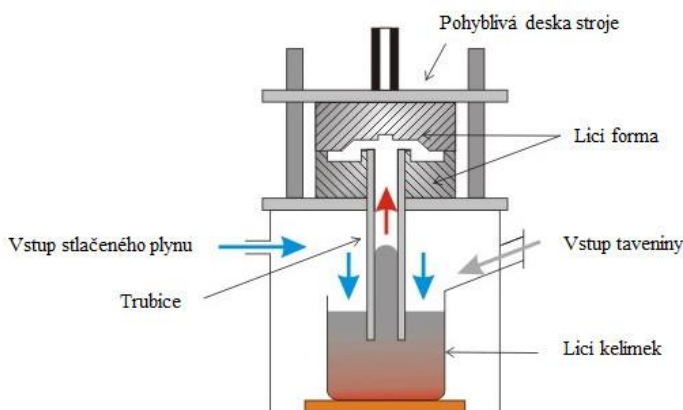
Technologie lití kovu využívá k vyplnění dutiny lící formy odpovídající budoucímu odlitku hmotnosti roztaveného kovu a gravitačního zrychlení. Základním typem gravitačního lití je lití do pískových forem, které nachází uplatnění u menších sérií z důvodu nižších nákladů na zhotovení, úpravu nebo údržbu pískové formy. Nevýhodou lití do pískových forem je především kvalita povrchu, rozměrová přesnost odlitků a častější výskyt vnitřních vad odlitků. Pokročilejším způsobem gravitačního lití je lití za použití jednoduchých kovových forem tzv. kokil. Technologie lití do kokil umožňuje odlévání ve větších sériích a v porovnání s technologií lití do písku lze dosáhnout vyšší kvality povrchu a rozměrové přesnosti. Nevýhodou jsou vyšší vstupní investice na výrobu kokily.[5]



Obrázek 2 Gravitační lití kovu[13]

3.2 Nízkotlaké lití

Jedná se o technologii lití kovu, při které je tavenina přiváděna do lící formy působením tlaku plynu. Tavenina je přiváděna do udržovací pece umístěné pod lící formou. V udržovací peci se nachází lící kelímek, který je naplněn taveninou a za působení tlaku plynuje pomocí trubice tavenina přivedena do dutiny formy. Tlak plynu musí být nastaven tak, aby došlo k plynulému vyplnění dutiny formy bez vad, které mohou vznikát např. při gravitačním lití. Přetlak působí po celou dobu tuhnutí odlitku v dutině formy. Hodnota přetlaku se pohybuje v závislosti na hustotě taveniny v rozmezí 0,02 až 0,04 MPa. V porovnání s technologií gravitačního lití dochází k vyššímu stupni využití materiálu a snížení výrobních nákladů. Technologie nízkotlakého lití kovu nachází uplatnění u osově symetrických a tenkostěnných odlitků z neželezných kovů v malých a středních sériích.[4]



Obrázek 3 – Nízkotlaké lití [14]

3.3 Vysokotlaké lití

Jedná se o technologii lití kovu, při které je tavenina přiváděna do lící formy za zvýšeného tlaku vyvozeným obvykle pístem, méně častěji plynem. Zvýšeným tlakem lze dutinu lící formy vyplnit taveninou ve velmi krátkém čase. Za působení stálého tlaku tzv. dotlaku tavenina uvnitř dutiny formy ztuhne. Technologie nachází uplatnění při odlévání tvarově složitých, tenkostěnných a přesných odlitků. Vysoká rozměrová přesnost odlitku v některých případech umožňuje vynechání obráběcích a dokončovacích operací a snižuje tak náklady na výrobu. V porovnání s předešlými technologiemi odlévání lze vysokotlakým litím dosáhnout vyšší jakosti povrchu.[3]

Výhody vysokotlakého lití:

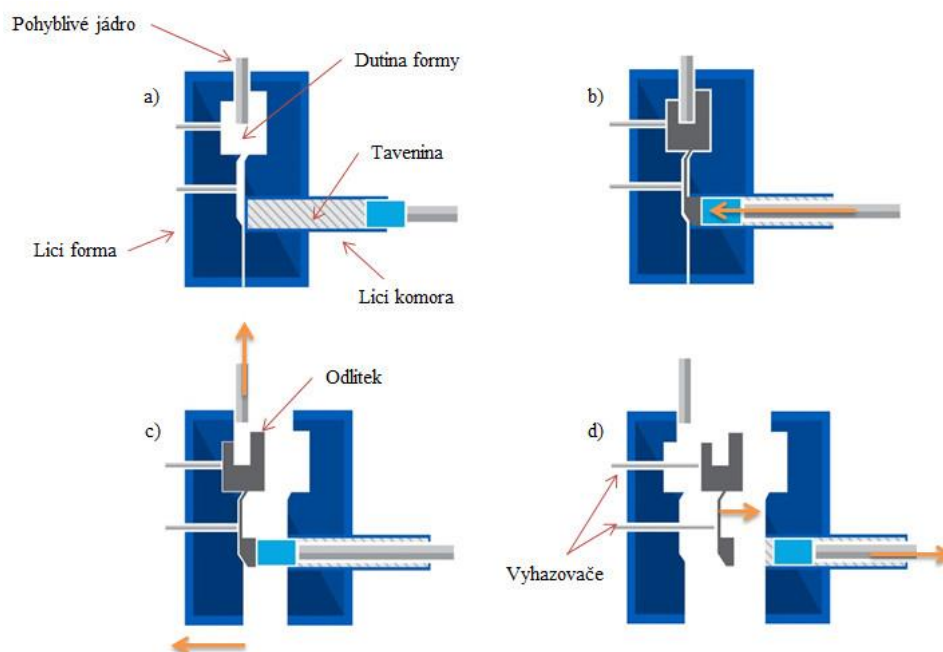
1. Vysoké využití kovu
2. Výroba tvarově složitých odlitků
3. Výroba tenkostěnných odlitků
4. Vysoká jakost povrchu
5. Zvýšená produktivita práce

Nevýhody vysokotlakého lití:

1. Vysoké náklady na výrobu lící formy
2. Vysoká pořizovací cena stroje

Pracovní cyklus vysokotlakého lití:

- a) Uzavření lícího stroje a ustavení pohyblivých jader a šibrů, naplnění lící komory taveninou
- b) Pohyb pístu a zaplnění dutiny lící formy taveninou, tuhnutí taveniny uvnitř dutiny za působení dotlaku
- c) Otevření lící formy spojené s odjetím pohyblivých jader, uvolnění odlitku
- d) Vyhození odlitku z lící formy pomocí vyhazovačů, ošetření dutiny lící formy separační látkou před spuštěním dalšího cyklu



Obrázek 4- Pracovní cyklus vysokotlakého lití [15]

3.3.1 Stroje pro vysokotlaké lití

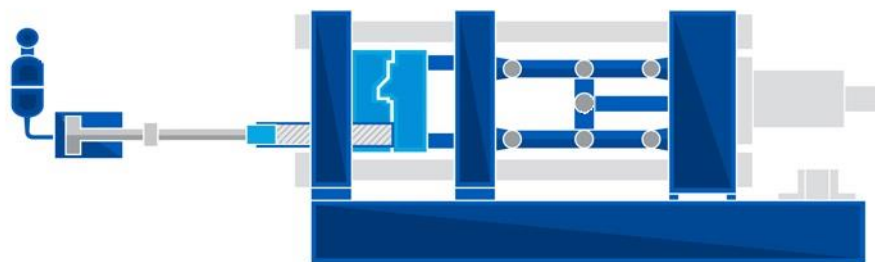
V současnosti existuje na světě velké množství firem, které se zabývají konstrukcí a výrobou strojů pro tlakové lití např. japonská firma Toshiba. Firmy nabízejí stroje různých velikostí a stupňů automatizace. Největšího rozvoje u strojů pro tlakové lití dochází především v oblasti vstřikovacích a dávkovacích mechanismů.

Dle konstrukce se stroje pro tlakové lití dělí na dvě základní skupiny:

1. Stroje se studenou lící komorou
2. Stroje s teplou lící komorou

3.3.1.1 Stroje se studenou lící komorou

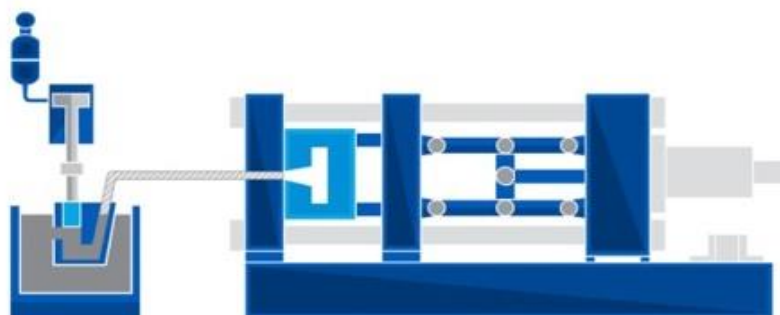
Jsou nejčastěji využívány u tlakového lití kovu. Podle polohy lící komory se dělí na horizontální a vertikální. Příprava taveniny probíhá v peci mimo lící stroj, následuje přemístění do lící komory stroje, odkud je tavenina pomocí pístu přivedena pod tlakem do dutiny formy.[6]



Obrázek 5 - Stroj se studenou lící komorou [16]

3.3.1.2 Stroje s teplou lící komorou

Jsou stroje, ve kterých je lící komora součástí tavící pece. Vhodnost teplé lící komory nacházíme u odlévání slitin zinku, hořčíku a dalších slitin s nízkým bodem tání. Mezi výhody strojů s teplou komorou patří snížená oxidace taveniny, která nastává při přemístování taveniny z pece do lící komory.[7]



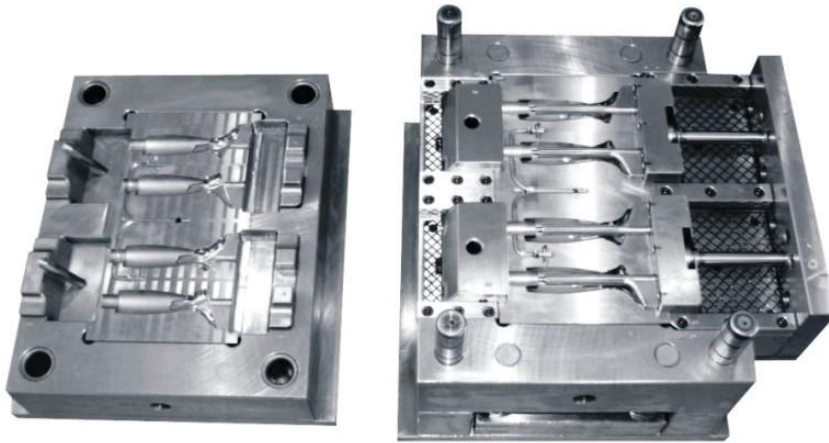
Obrázek 6 - Stroj s teplou lící komorou [17]

4. Formy pro odlévání kovů

Formy jsou slévárenské nástroje, pomocí kterých se tavenina přivedená z pracovního stroje přemění na výsledný odlitek. Pracovním prostorem formy je tzv. dutina, která odpovídá tvarem budoucímu odlitku. [4]

Rozdělení forem pro odlévání kovu:

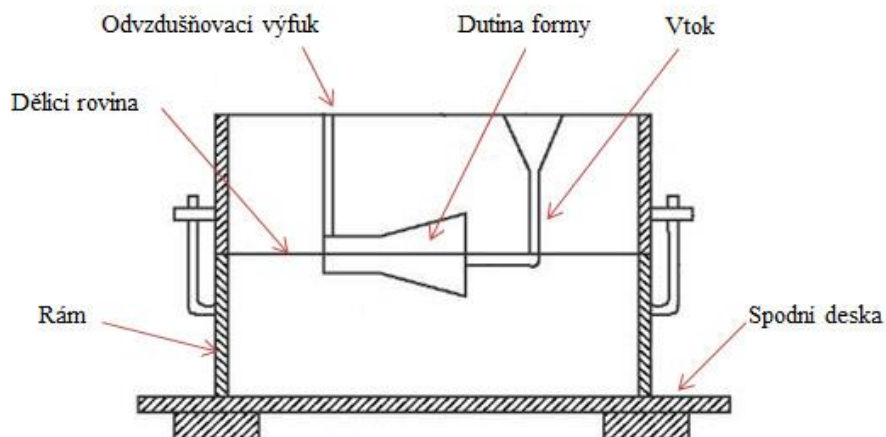
1. Formy netrvalé
2. Formy trvalé



Obrázek 7 - Trvalá forma pro odlévání kovu [18]

4.1 Formy netrvalé

Jedná se o formy, které jsou po odlití a vyjmutí odlitku vždy porušeny a proces lití není možné okamžitě opakovat. Základním představitelem netrvalých forem jsou formy pískové, typicky používané u gravitačního lití kovu. Pro výrobu netrvalých forem se používají formovací směsi, které tvoří ostřiva, pojiva a přísady. Ostřivo je nosná část formovací směsi, často se používá křemenný písek. Část formovací směsi tvoří pojivo spojující zrnka ostřiva. Příklad přísady se přidávají do formovacích směsí za účelem zlepšení vlastností, kterými jsou např. prodyšnost a rozpadavost. Směsi se následně strojově smíchají, aby se dosáhlo homogenního promísení formovací směsi s požadovanými vlastnostmi jako pevnost, tvárnost a žáruvzdornost.[5]



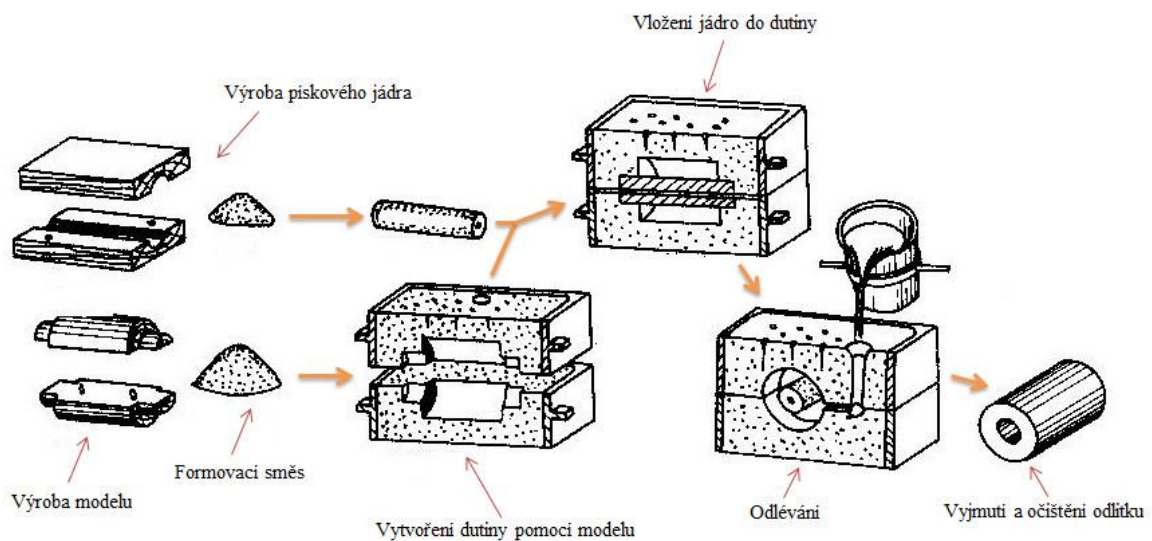
Obrázek 8 - Schéma netrvalé formy [19]

4.1.1 Výroba netrvalých forem

Způsobů výroby netrvalých forem je známa celá řada. Velmi často používaný způsob je formování do dvou rámců za pomoci modelu. Formovací směs je po strojním smíchání vložena do kovového formovacího rámu, kde je následně zpevňována a formována pomocí modelu. Model, který svým tvarem odpovídá odlitku je otisknut do formovací směsi a vzniká tak dutina (negativ modelu). Podle složitosti mohou být modely jednoduché nebo dělené. Otvory uvnitř odlitku nebo složitý vnější tvar odlitku je možné zhotovit také pomocí jader. Ta se dělí na jádra pravá a nepravá. Jádra pravá slouží k vytvoření otvoru uvnitř odlitku, jádra nepravá naopak slouží k vytvoření složitější vnějšího tvaru odlitku.[5,8]

Dalším možným způsobem výroby formy je výroba pomocí skořepiny. Kovový model je obsypán formovací směsí s tenkou vrstvou pojiva. Následně se model ohřeje na teplotu kolem 250°C, čímž dochází k vytvrzení formovací směsi a získání dutiny v požadovaném tvaru.[8]

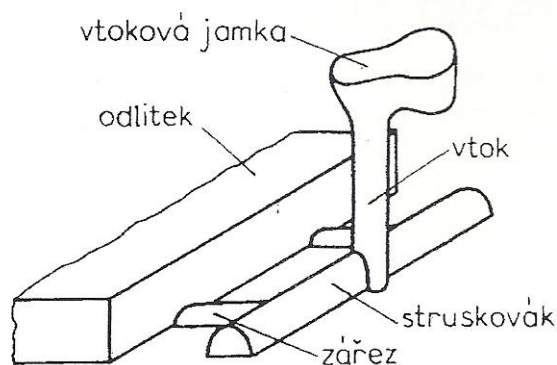
Velmi moderní metodou odlévání do netrvalých forem je metoda spalitelného modelu. Model včetně vtokové soustavy vyrobený ze speciální pěny je vložen do formy a zasypán. Následuje ztuhnutí formovací směsi v okolí modelu. Litím kovu do formy dochází k postupnému spalování a nahrazování modelu kovem, který následně ztuhne a je vyjmut z formy. Nevýhody spočívají především v početné výrobě modelů. [8]



Obrázek 9 - Postup odlévání metodou dvou rámců [20]

4.1.1.1 Vtoková soustava netrvalých forem

Soustava kanálů, jejichž hlavní funkcí je přivedení taveniny do dutiny formy. Vtoková soustava dále musí zajistit při klidném plnění dutiny formy dobré zaběhnutí kovu v celém objemu dutiny, zachycení strusky a nečistot. Nečistoty a struska negativně ovlivňují kvalitu odlitku. Vtoková soustava se skládá z vtokové jamky, vtokového kanálu, dopadové jamky, odstruskovače a zářezů. Vtoková soustava bývá modifikována podle velikosti, tvaru odlitku a materiálu odlitku. [8]



Obrázek 10 - Vtoková soustava [21]

Prvky vtokové soustavy:

- Vtoková jamka – plynule plní vtokovou soustavu taveninou přivedenou z lící pánve
- Vtokový kanál – navazuje na vtokovou jamku a dále rozvádí taveninu do odstruskovačů
- Odstruskovače – rozvádějí taveninu směrem k zářezům a zabraňují vniknutí strusky do prostoru dutiny formy
- Zářezy – kanály spojující dutinu formy s vtokovou soustavou, umístění zářezů se obvykle volí ve středu nebo spodku formy

4.1.1.2 Odvzdušnění netrvalých forem

Proces odlévání doprovází vznik nežádoucích plynů v uzavřeném prostoru dutiny. Odstranění plynů z dutiny formy dochází pomocí tzv. výfuků, jejichž umístění se volí na základě tvaru a rozměru odlitku. Do forem se také často napichují tzv. průduchy, kterými se zvyšuje množství odvedených plynů z formy do okolí. [8]

4.1.1.3 Nálitky

Kov tuhnoucí v dutině formy se zároveň smršťuje a dochází tak ke geometrickým změnám odlitku. Nálitky jsou zásobníky tekutého kovu, které kompenzují smrštění odlitku kontinuálním doplňováním taveniny při tuhnutí tak, aby bylo dosaženo předepsané geometrické přesnosti. Z funkčního hlediska je tedy nutné, aby odlitek ztuhl dříve, než dojde ke ztuhnutí kovu v nálitku. Umístění nálitků se ve formě volí tak, aby během ochlazování mohl kov z nálitků kompenzovat smrštění odlitku po celé jeho ploše.[8]

4.2 Formy trvalé

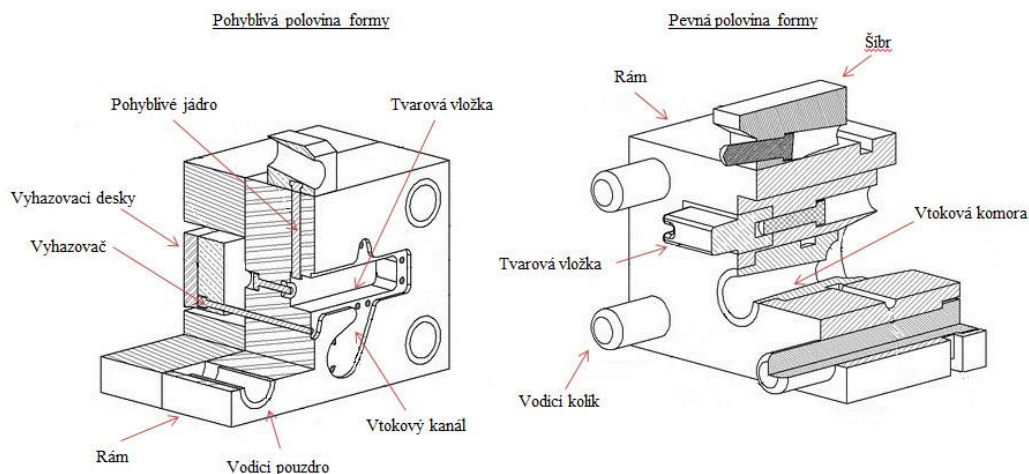
Jsou formy, u kterých po odlití a vyjmutí odlitku následuje pouze postřík funkčních částí separační látkou a forma je připravena proces lití opakovat. Trvalé formy nacházejí uplatnění u gravitačního, nízkotlakého a vysokotlakého lití kovu. Životnost je do značné míry ovlivněna podmínkami lití, způsobem ošetření funkčních částí a odlévaným materiálem. Trvalé formy jsou běžně vyráběny z ocelí s dobrými mechanickými vlastnostmi (vysoká mez pevnosti a kluzu, zvýšené odolnosti proti tepelnému namáhání, nízká tepelná roztažnost, atd.). [4]



Obrázek 11 - Tlaková lící forma [22]

4.2.1 Tlaková lící forma

Tlaková lící forma je rozdělena na dvě poloviny, polovinu pohyblivou a nepohyblivou, podle umístění formy na lícím stroji. Obě poloviny formy jsou tvořeny rámy, ve kterých jsou uloženy tvarové vložky odpovídající tvaru odlitku. Forma dále obsahuje prvky pro přívod taveniny do dutiny formy, mechanismus vyhození odlitku z prostoru formy, temperační systém, odvzdušňovací systém a vedení polovin formy. Velmi často je forma opatřena pohyblivými systémy (šíbr), které napomáhají odlévání a vyhození u tvarově složitých odlitků. Otvory u odlitků se zhotovují stejně jako u netrvalých forem pomocí vložených jader.[3]



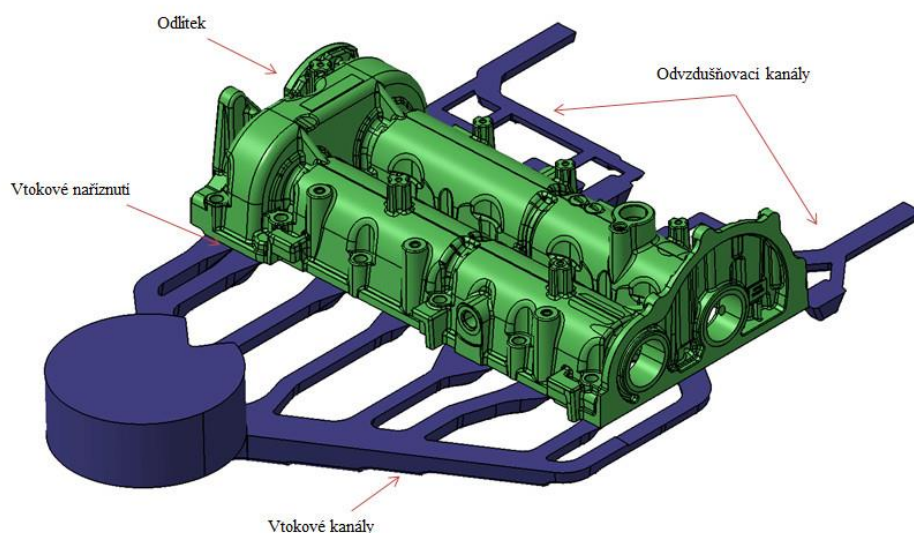
Obrázek 12 - Schéma tlakové lící formy [23]

4.2.1.1 Násobnost formy

Násobnost formy je určena počtem odlitek vyrobených při jednom pracovním cyklu. Pokud je při pracovním cyklu odlit pouze jeden odlitek, jedná se o formu jednonásobnou. Jestliže jsou vyrobeny např. tři odlitky při jednom pracovním cyklu, jedná se o formu trojnásobnou. Násobnost formy si určuje zadavatel.

4.2.1.2 Vtoková soustava

Hlavní funkcí vtokové soustavy je přemístit taveninu pomocí vtokových kanálů z prostoru lící komory stroje do dutiny formy v dostatečném množství v co možná nejkratším čase. Existuje celá řada zásad, podle kterých se vtoková soustava navrhuje. Plnění dutiny by mělo docházet bez turbulentního proudění taveniny, aby se nesnižovala životnost dutiny formy a odlitek byl bez vnitřních vad. V místě, ve kterém tavenina vstupuje do dutiny formy (vtokové nařiznutí) by neměly být žádné překážky. Umístění vtokových nařiznutí se volí dle velikosti a geometrie odlitku. Vtoková soustava musí být navržena tak, aby při plnění dutiny formy docházelo ke kontinuálnímu odvodu vzduchu z prostoru dutiny odvzdušňovacím systémem. Forma je vždy před nasazením do výroby testována. Pokud výsledky neodpovídají požadavkům, dochází k následné optimalizaci vtokové soustavy. V současnosti se také pro vyhodnocování vtokové soustavy využívají simulační programy.[3]



Obrázek 13 - Vtokový systém

4.2.1.3 Odvzdušňovací systém

Odvzdušňovací systém je tvořen kanály, kterými se odvádí vzduch uzavřený v dutině a vtokových kanálech formy. Nedostatečným odvodem vzduchu se zvyšuje riziko vzniku vad na odlitku jako je např. poretita. Odvzdušňovací systém je stejně jako vtokový optimalizován po odzkoušení.[3]

Dělení odvzdušňovacích systémů:

1. S odvzdušňovacími deskami
2. S podporou vakua

Odvzdušňovací desky

Desky jsou umístěny na konci odvzdušňovacího systému a vzduch vytlačovaný z dutiny je přes odvzdušňovací kanály a odvzdušňovací desky odveden z prostoru formy. Odvzdušňovací deska je konstrukčně nejjednodušší odvzdušňovací prvek s nižšími nároky na údržbu. Desky jsou umístěny na obou polovinách formy. K odvzdušnění se využívá vlnová mezera mezi dvojicí na sobě ležících desek. [4,9]

Odvzdušnění s podporou vakua

Je speciální odvzdušňovací systém využívající podtlaku k vyvedení uzavřeného vzduchu z prostoru dutiny formy. Systém tvoří vakuová pumpa, vakuové ventily, řízení a kontrola vakua ve formě. Vakuová pumpa vytváří podtlak v době, kdy jsou pomocí pístu licího stroje utěsněny licí komora stroje a dutina s vtokovými kanály. Faktorem, který ovlivňuje účinnost vakuového systému, je načasování. Při působení vakua před utěsněním dochází k proudění vzduchu skrze celý systém. Naopak při opožděném zapojení vakua může dojít k uzavření vzduchu uvnitř odvzdušňovacího systému. [9]

Vakuové ventily se podle konstrukce dělí na:

1. Statické
2. Dynamické

Statické ventily (vlnovce) jsou konstrukčně podobné odvzdušňovacím deskám, navíc jsou nezávisle chlazeny a obsahují připojení k vakuové pumpě. Vzduch je stejně jako u odvzdušňovacích desek vyváděn pomocí úzké vlnové mezery mezi ventily. [9]



Obrázek 14 - Statické odvzdušňovací ventily [24]

Dynamické ventily mohou být mechanické, elektromechanické nebo hydraulické. Dynamické ventily jsou schopny větších průtoků vzduchu, tím pádem zvyšují účinnost systému a zkracují dobu odvzdušnění formy. [9]



Obrázek 15 - Dynamický odvzdušňovací ventily [25]

4.2.1.4 Vyhazovací systém

Vyhození odlitku po dokončení lití zajišťuje vyhazovací mechanismus, který je tvořen vyhazovacími deskami s uloženými vyhazovači. Vyhazovací systém je spojen a ovládán pohyblivým tahačem umístěným na stroji.

4.2.1.5 Temperační systém

Procesem lití dochází k nerovnoměrnému teplotnímu zatížení formy, které vede ke snížení životnosti zatěžovaných částí formy. Temperační systém při pracovním cyklu zajistí optimální teplotní podmínky pomocí temperačního média, obvykle oleje, proudícího v otvorech předvrtaných v temperovaných částech formy. Temperační okruhy jsou tvořeny nejrůznějšími prvky jako např. rychlospojky, přepážky, ucpávky, trubky, které slouží k řízení směru proudu média.

4.2.1.6 Pohyblivé části formy

Dříve zmíněný požadavek snadného odformování odlitku po ztuhnutí v dutině formy bývá realizováno pomocí pohyblivých částí tzv. šíbrů. Šíbry se při pracovním procesu pohybují v předem určených drahách a jejich polohy jsou závislé na pracovním cyklu lití. Před přivedením taveniny do formy je nutné tyto šíbry pevně ustavit. Po licím procesu a následném ztuhnutí odlitku jsou uvedeny do pohybu směřujícímu z prostoru odlitku. Ovládání je při jednodušší konstrukci šíbru mechanické pomocí šikmého kolíku, složitější a objemnější šíbry jsou zpravidla ovládané hydraulickými válci.

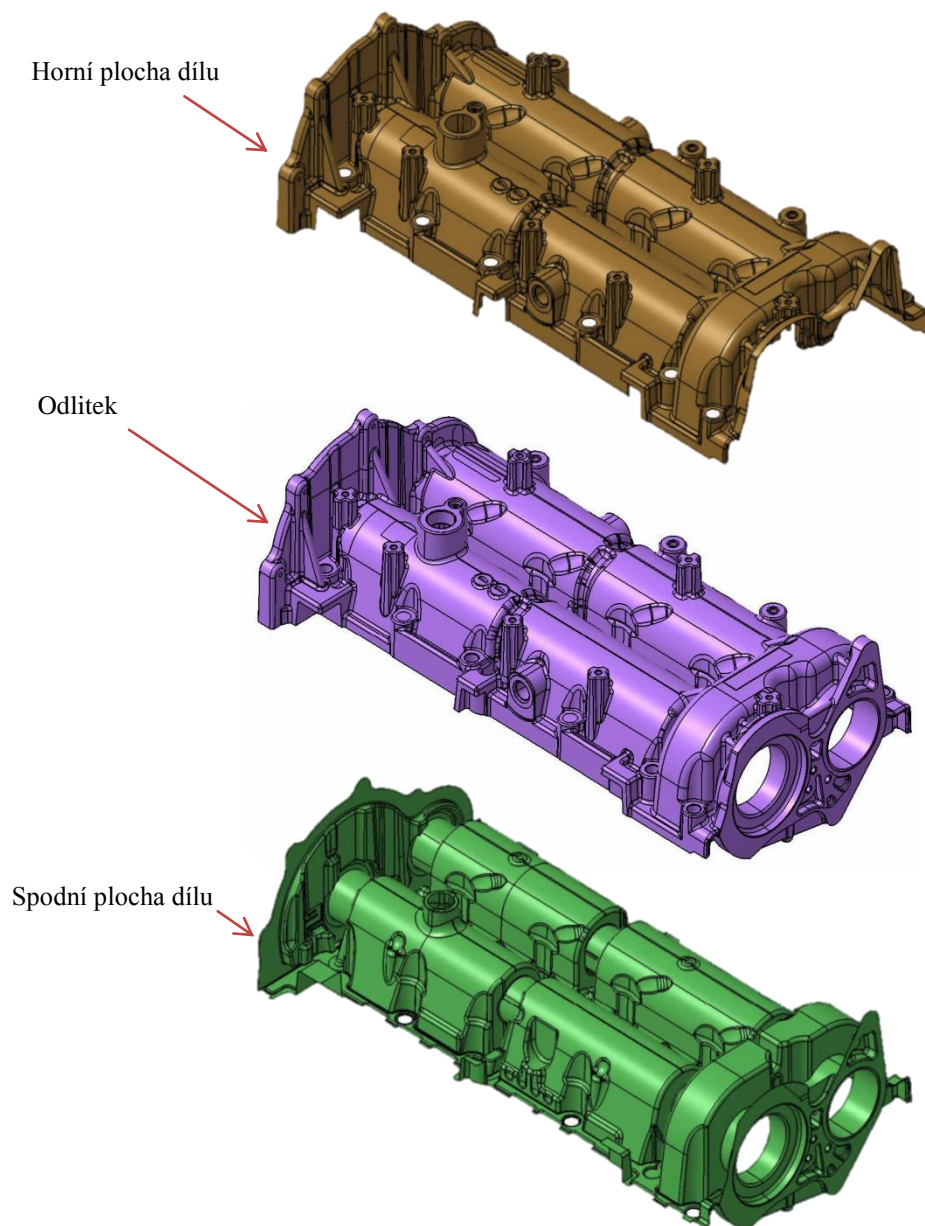
4.2.1.7 Vedení formy

Hlavní funkcí systému je přesné vedení pohyblivé části formy vůči části nepohyblivé při otevírání a zavírání formy v závislosti na pracovním cyklu. Základní rozdělení vedení se odvíjí podle umístění na formě. Vedení může být vnitřní nebo vnější.

5. Vytvoření modelu zadaného dílu

Díl, podle kterého bude tlaková lící forma navrhována, je víko hlavy válců, sloužící ve spalovacím motoru k uložení vačkových hřídelů ovládající ventily. Materiál dílu je slitina hliníku AlSi9Cu3 vyznačující se velmi dobrou slévateľností a rozměrovou stálostí. Díky dobré slévateľnosti nachází slitina uplatnění při odlévání tenkostěnných odlitků pod tlakem. Smršťitelnost se u slitiny AlSi9Cu3 pohybuje kolem 0.7 %. Lící teplota slitiny se pohybuje mezi 650-700°C. [10]

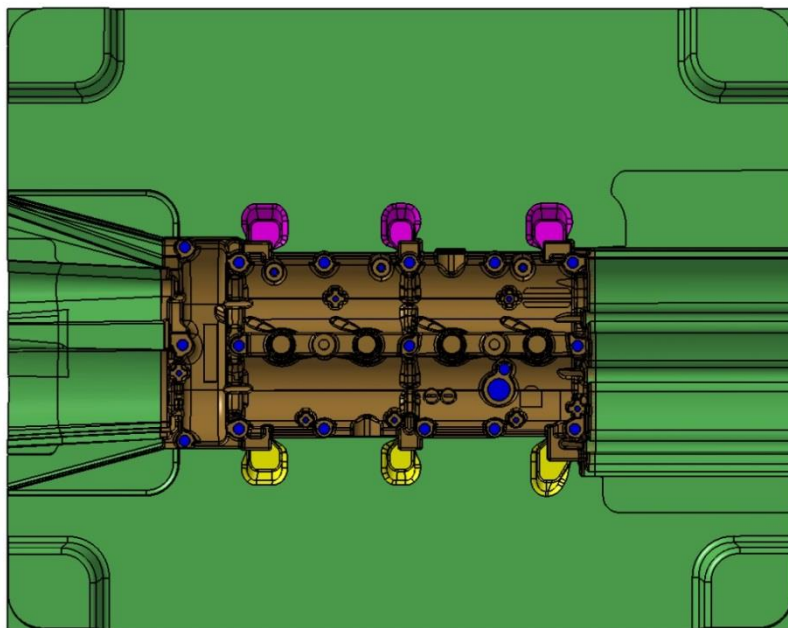
Díl víka hlavy válců slouží jako zadání pro vypracování konstrukce formy pro tlakové lití. Zadaný díl byl poskytnut ve formátu STEP, který musel být následně přepracován do funkčního modelu pomocí softwaru Catia V5R19. Pomocí funkčního modelu lze vytvořit dvě plochy, horní plochu dílu a spodní plochu dílu, podle kterých se následně oříznou tvarové vložky formy.



Obrázek 16 - Vytvořené plochy dle zadaného dílu

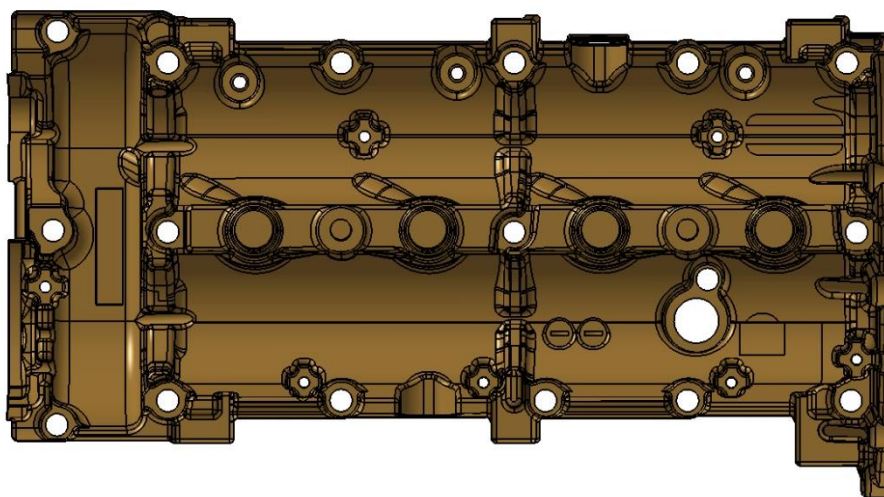
Vytvořenými plochami nelze oříznout tvarové vložky tak, aby přesně odpovídaly požadovanému tvaru dílu. Oříznutí vložky je možné pouze plochou přesahující hrany vložky po celém obvodu a plochou uzavřenou po celém povrchu. Jinými slovy plocha nesmí obsahovat otvory a musí přesahovat plochu vložky. Takto vytvořená plocha se nazývá ořezová. Ořezová plocha se skládá z plochy dílu, ploch vyplňující budoucí otvory v odlitku, ploch výstupků pro ustavení a výběhové plochy.

Dále je uveden postup horní plochy dílu, pro spodní je postup analogický.



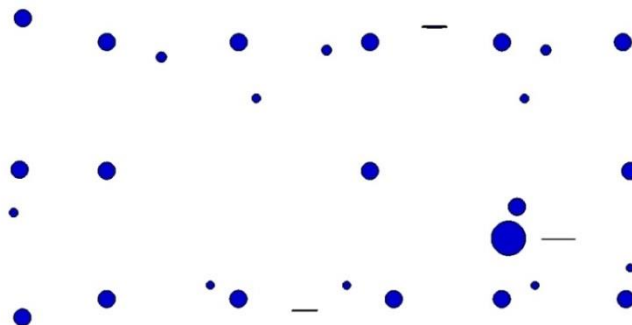
Obrázek 17 Ořezová plocha

Plocha odpovídající tvaru odlitku musí být upravena o hodnotu smrštění materiálu odlitku a roztažnosti materiálu formy. Ke smrštění odlitku dochází v důsledku jeho tuhnutí. Dalším faktorem ovlivňující geometrickou přesnost odlitku je tepelná roztažnost materiálu formy v okolí odlitku způsobená ohřevem od taveniny. CAD model odlitku musí zohledňovat oba tyto faktory, aby měl výsledný odlitek požadovanou geometrickou přesnost.



Obrázek 18 Plocha dílu

Plochy vyplňující budoucí otvory, které je na odlitku nutné zhotovit během procesu lití, slouží k uzavření plochy dílu a vytvoření funkční ořezové plochy.



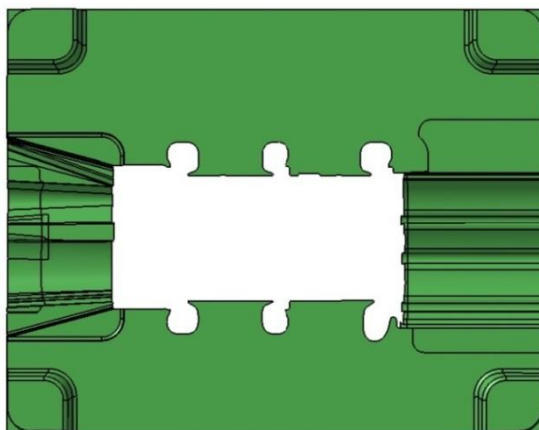
Obrázek 19 Plochy otvorů

Plochy výstupků pro ustavení slouží pro zhotovení výstupků na odlitku umožňující manipulaci s odlitkem nebo ustavení odlitku při dokončovacích a kontrolních operacích.



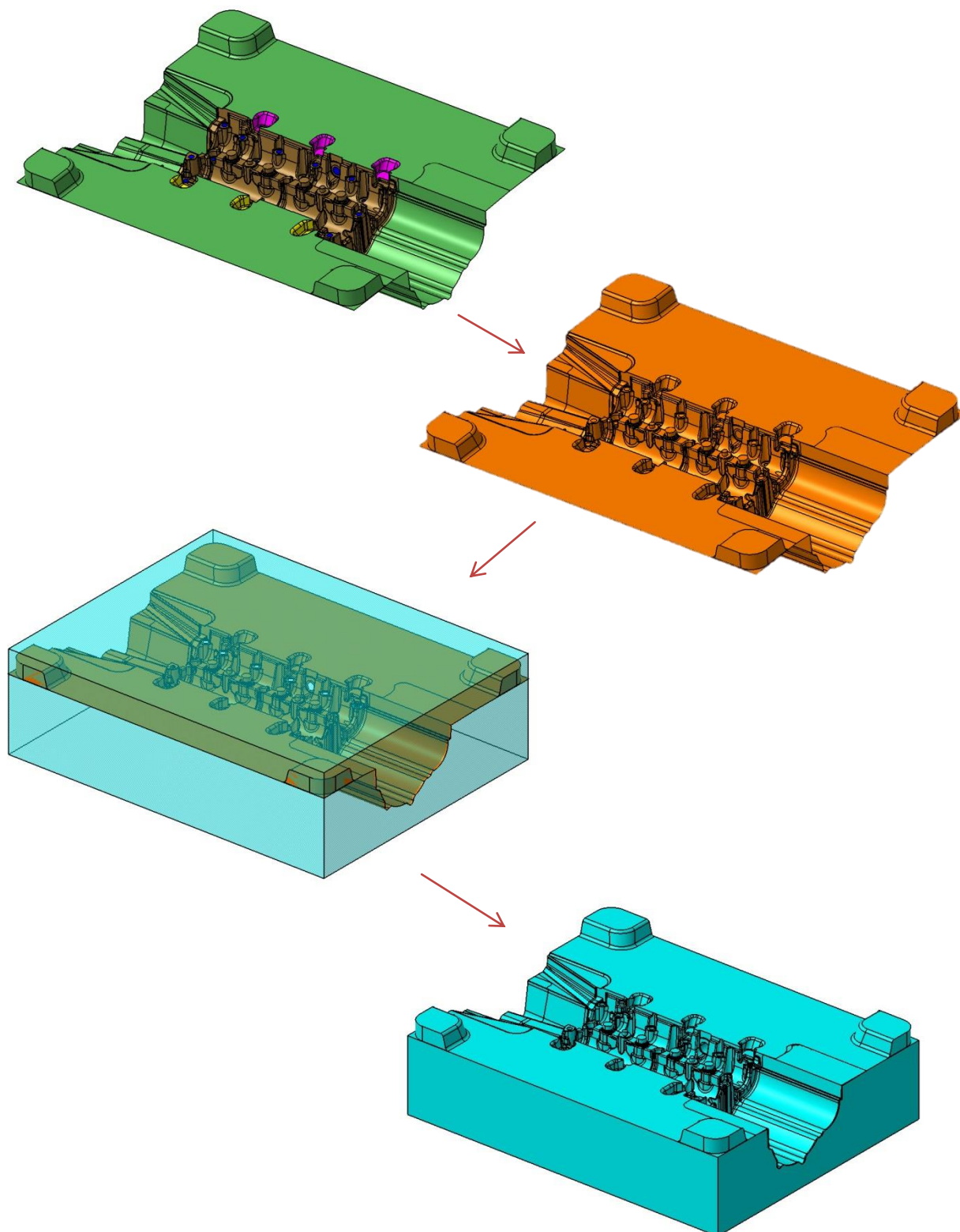
Obrázek 20 Plochy ustavovacích výstupků

Výběhová plocha je potřebná pro splnění druhé podmínky oříznutí vložky, tedy k jeho přesahu přes hrany vložky. Pro dosažení požadované geometrické přesnosti v okolí dílu je nutné výběhovou plochu tangents napojit na všechny předešlé plochy (plochu dílu a plochy ustavovacích výstupků). V rozích výběhové plochy jsou vytvořeny ostrůvky pro lepší centrování vložek.



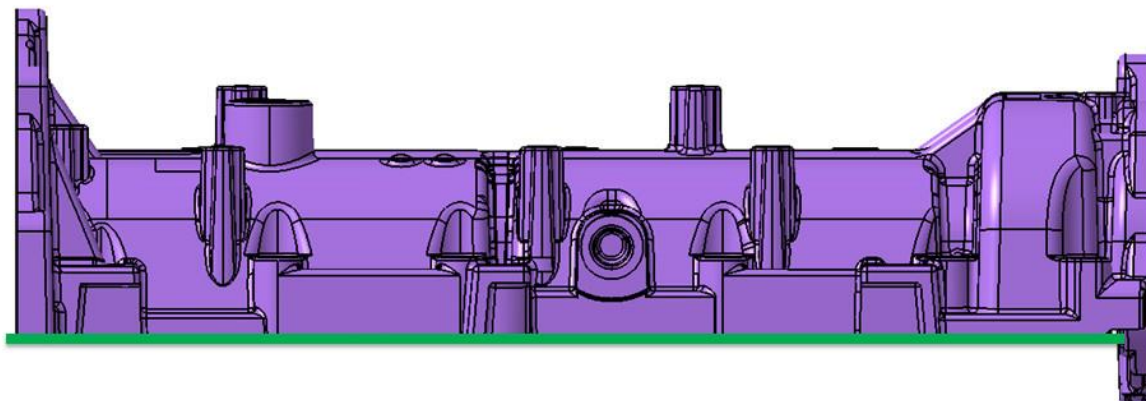
Obrázek 21 Výběhová plocha

Ořezová plocha složená z výše uvedených ploch poslouží k oříznutí vložky. Jednoduchý postup oříznutí je uveden na následujícím obrázku. Výroba tvarové vložky je převážně prováděna na víceosých obráběcích centrech, důvodem je geometrická a tvarová složitost ořezové plochy.



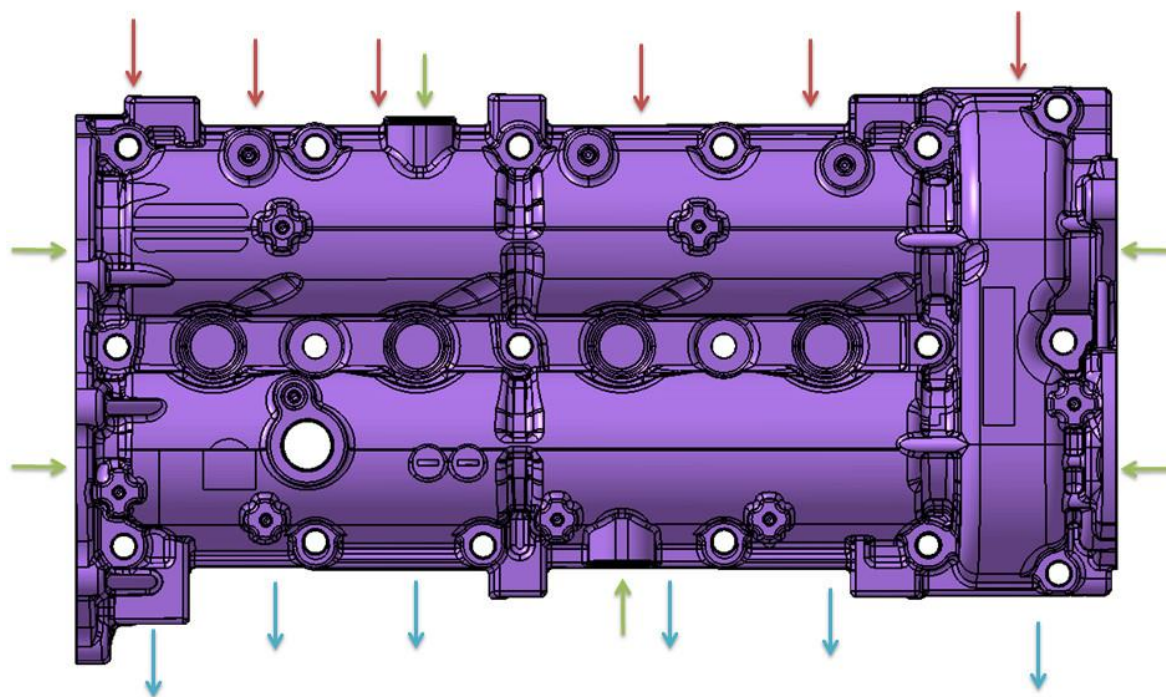
Obrázek 22 Postup výroby tvarové vložky

Na základě konstrukce zadaného dílu bylo nejprve určeno umístění dělicí roviny. Dělicí rovina se nachází na spodním okraji dílu (viz zelená čára), tedy na těsnící ploše víka hlavy válců.



Obrázek 23 Umístění dělicí roviny

Umístění vtokových naříznutí je zvoleno s ohledem na plynulé a rovnoměrné plnění dutiny formy (viz červené šipky). Výstupy vzduchu jsou umístěny proti vtokovým naříznutím (viz modré šipky).



Obrázek 24 Umístění vtokového naříznutí, odvodu vzduchu a bočních jader

6. Numerická simulace vysokotlakého lití

V současné době se při konstrukci forem pro vysokotlaké lití využívá moderních CAD systémů. Obdobně se využívají CAE systémy ve slévárnách pro přípravu a optimalizaci odlitků. Numerické simulace mohou poukázat na problémy a nebezpečí při tlakovém lití. Simulace dále mohou sloužit pro optimalizaci procesu tlakového lití kovu.

6.1 Cíle numerické simulace

Numerická simulace vysokotlakého lití zkoumá vhodnost navrhované vtokové a odvodušňovací soustavy, které ovlivňují zaplnění dutiny formy. Dále lze simulací studovat např. vliv temperačních okruhů na tuhnutí odlitku, výskyt vnitřních vad odlitku, dobu tuhnutí odlitku atd..

6.2 Vstupní parametry

Základem pro numerickou simulaci je 3D geometrie vyráběného dílu, vtokového a odvodušňovacího systému. K odlitku je nutné následně připojit vtokovou soustavu. Vtoková soustava se skládá z tablety, vtokových kanálů a vtokového naříznutí. Po připojení vtokové soustavy k odlitku následuje napojení odvodušňovací soustavy skládající se z odvodušňovacích kanálů a odvodušňovacích jamek. Odvodušňovací soustava je napojena na opačné straně než soustava vtoková. Připojením vtokové a odvodušňovací soustavy je možné připravit numerickou simulaci plnění a tuhnutí odlitku.

6.3 Výpočtová síť

Geometrie odlitku, vtokové a odvodušňovací soustavy slouží pro vytvoření výpočtové sítě. Tato síť zachycuje rychlostní a teplotní gradienty proudící taveniny. Přesné výsledky jsou podmíněny vhodnou velikostí elementů tvořící výpočtovou síť. Příliš malé elementy ovšem znamenají delší výpočtový čas.

6.4 Počáteční a okrajové podmínky

Spuštění simulace je podmíněno vhodným výběrem okrajových podmínek, jako jsou materiály formy, materiál odlitku, teplota taveniny, počáteční teplota formy, licí stroj a rychlost plnění formy. Materiálové termofyzikální parametry mohou být získávány z materiálových databází výpočtových softwarů nebo z databází od specializovaných firem.

6.5 Výsledky numerické simulace

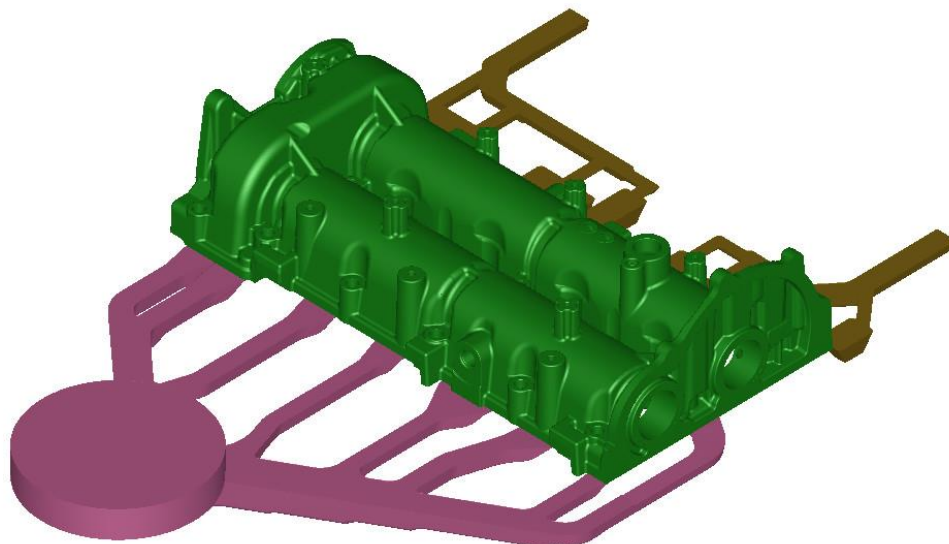
Pomocí numerické simulace můžeme hledat vady, jakými jsou např. porozita vznikající při tuhnutí kovu nebo uzavření plynů při špatném plnění dutiny formy. Dalšími častými vadami, jež lze odhalit pomocí simulace, mohou být nezaběhnutí kovu do celého objemu dutiny nebo výskyt oxidických blan.

6.6 Numerická simulace navržených vtokových soustav

V této kapitole budou popsány dvě numerické simulace vysokotlakého lití s rozdílnými vtokovými systémy. Simulace byly provedeny programem Cast-Designer. Na základě výsledků bude vybrán jeden vtokový systém, který se následně použije při návrhu tlakové licí formy.

6.6.1 Numerická simulace první vtokové soustavy

Jako vstup pro numerickou simulaci posloužil 3D model odlitku, vtokové a odvodušňovací soustavy vytvořený v softwaru CATIA V5R19. Ten byl převeden ve formátu step do výpočtového softwaru Cast-Designer V6.2. V prostředí Cast-Designeru byla vytvořena výpočtová síť, vloženy okrajové podmínky a poté spuštěna numerická simulace. Výsledky analýzy jsou zobrazeny v prostředí softwaru ParaView.

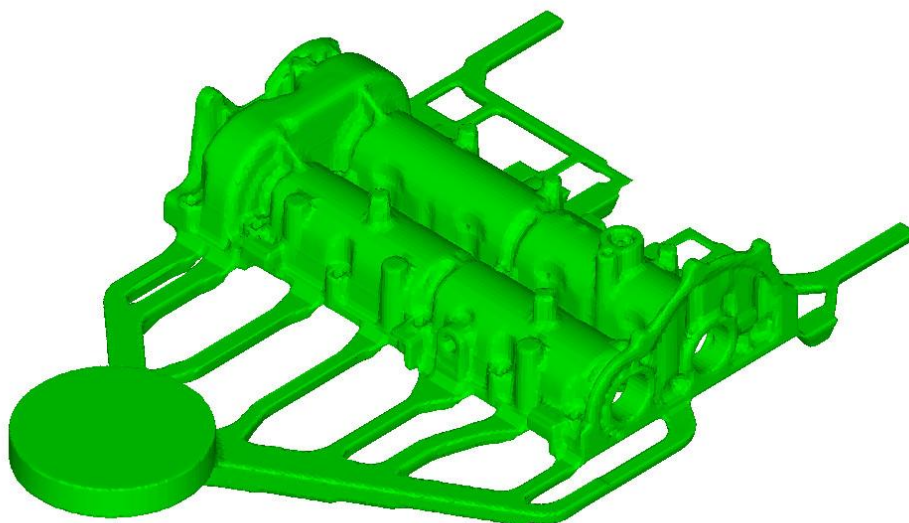


Obrázek 25 Model odlitku, vtokové a odvodušňovací soustavy

6.6.1.1 Výpočtová síť

Pomocí funkce Fastmesh byla vytvořena objemová výpočtová síť. Objemové prvky sítě jsou rozděleny do dvou velikostí. Výpočtová síť odlitku je vytvořena prvky o velikosti 3.5mm z důvodu přesnějšího výsledku simulace.

Na povrchu tělesa byla vytvořena plošná síť, reprezentující plochu přestupu tepla mezi odlitkem a tělesy, které jsou v s ním v kontaktu.



Obrázek 26 Výpočtová síť

6.6.1.2 Počáteční a okrajové podmínky

Výpočet probíhá pouze na modelu odlitku s vtokovou a odvzdušňovací soustavou. Prostředí formy bylo popsáno pomocí funkce Quikmould, která nahradí tělesa v kontaktu s počítaným tělesem. Funkce Quickmould výrazně urychlí proces výpočtu. Materiál odlitku a formy byl vložen z materiálové knihovny programu CAST-DESIGNER. Následně byly vloženy okrajové podmínky procesu lití jako rychlost pístu při plnění dutiny, počáteční teploty formy a taveniny a velikost dotlaku licího stroje.

Parametr	Hodnota
Materiál odlitku	AlSi9Cu3
Materiál formy	DIEVAR
Teplota taveniny před litím	680°C
Teplota formy před litím	20°C
Typ licího stroje	IDRA 2200
Uzavírací síla stroje	2200 kN
Rychlost pístu při plnění dutiny	2.3 m/s
Velikost dotlaku stroje	12.5 Mpa

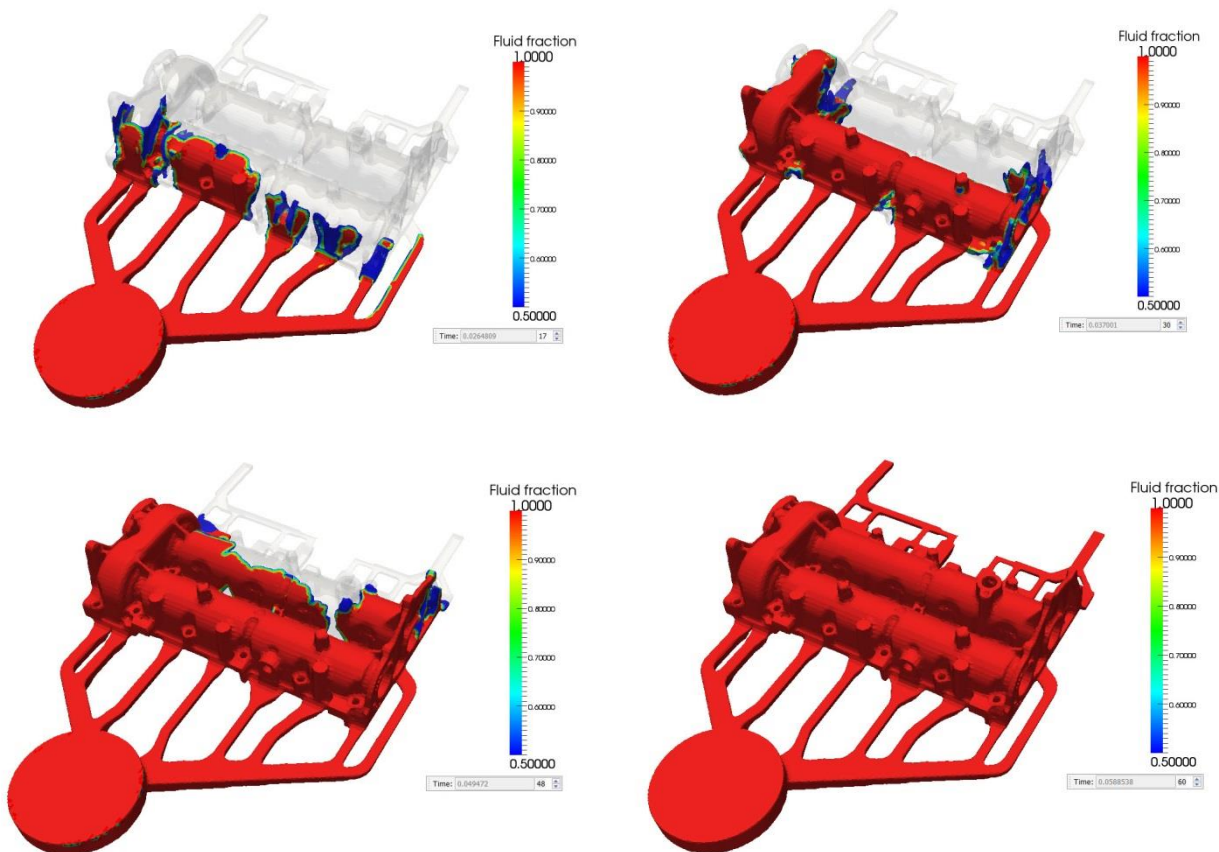
Tabulka 1 Okrajové podmínky simulace

6.6.1.3 Výsledky numerické simulace

Ve výsledcích byly zkoumány procesy: plnění dutiny formy, tuhnutí odlitku, doba zaplnění dutiny formy a porezita vzniklá tuhnutím odlitku nebo uzavřeným vzduchem uvnitř odlitku.

6.6.1.4 Plnění dutiny formy

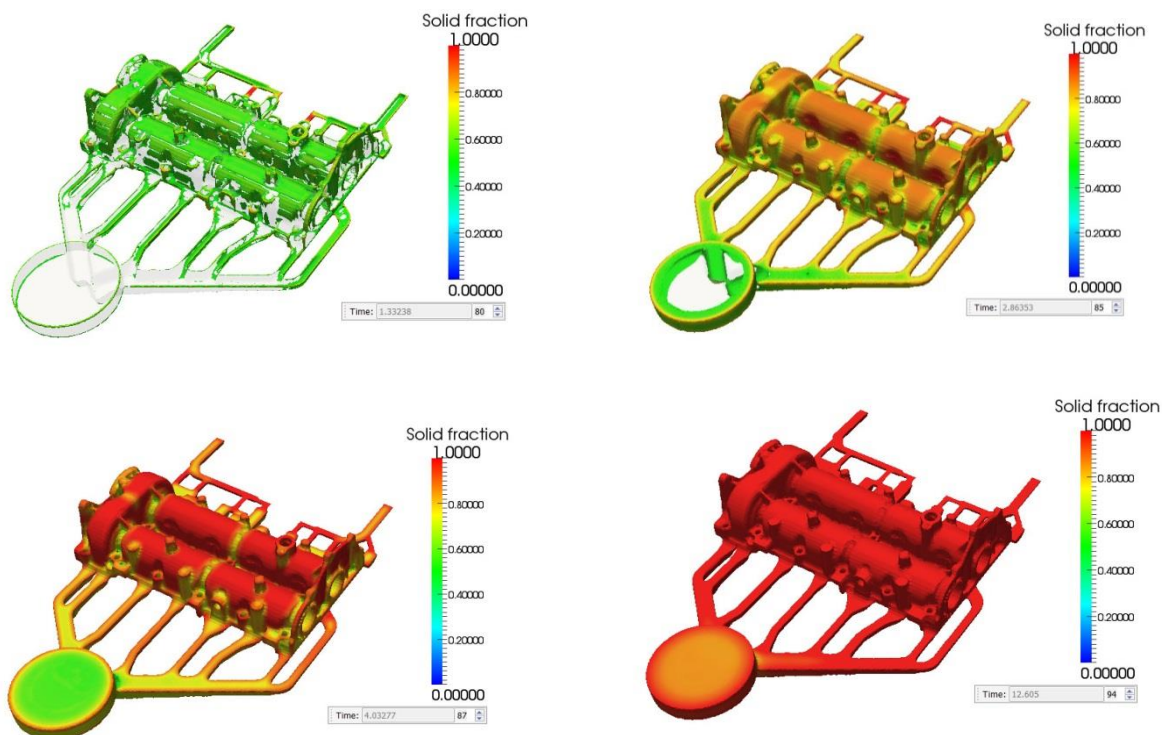
Z obrázku 27 plněního cyklu je vidět, jak dochází v průběhu času k vyplnění dutiny formy. Teplota taveniny je po dobu lití dostatečně vysoká a dojde tak k úplnému vyplnění dutiny formy. Z toho vyplývá, že druh slitiny odlitku a teplota lití byly vhodně zvoleny.



Obrázek 27 Plnění dutiny formy

6.6.1.5 Tuhnutí odlitku

Na dokončený proces plnění dutiny formy je možné navázat simulací tuhnutí odlitku. Teplo je odváděno z tuhnoucí taveniny do prostoru formy. Pokles teplot je nejvýraznější v okrajových oblastech odlitku a v místech, kde je menší tloušťka stěn.

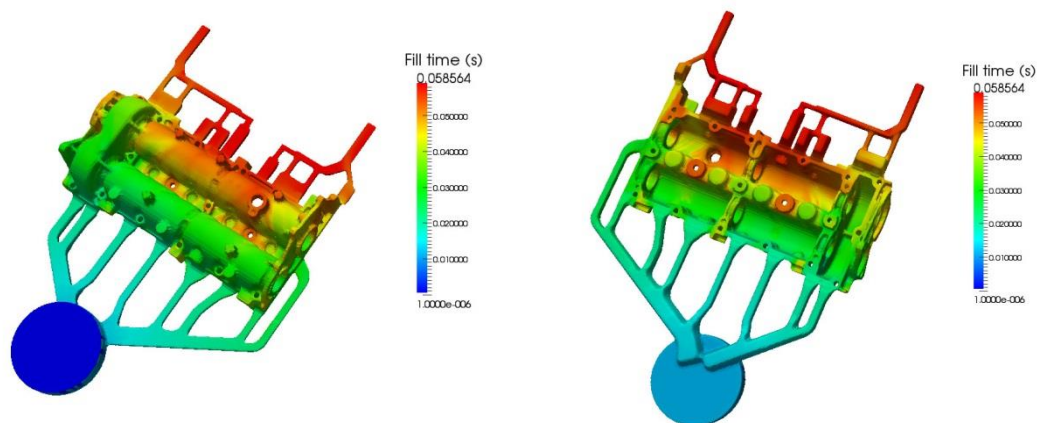


Obrázek 28 Tuhnutí odlitku

Ke ztuhnutí odlitku dojde po necelých 13 sekundách. V době, kdy došlo ke ztuhnutí odlitku a kovu ve vtokové a odvzdušňovací soustavě je vnitřní oblast tablety stále nad teplotou solidu, jak je vidět z posledního obrázku tuhnoucího cyklu. Tento problém lze ovšem snadno vyřešit umístěním chlazení do okolí tablety.

6.6.1.6 Doba zaplnění dutiny formy

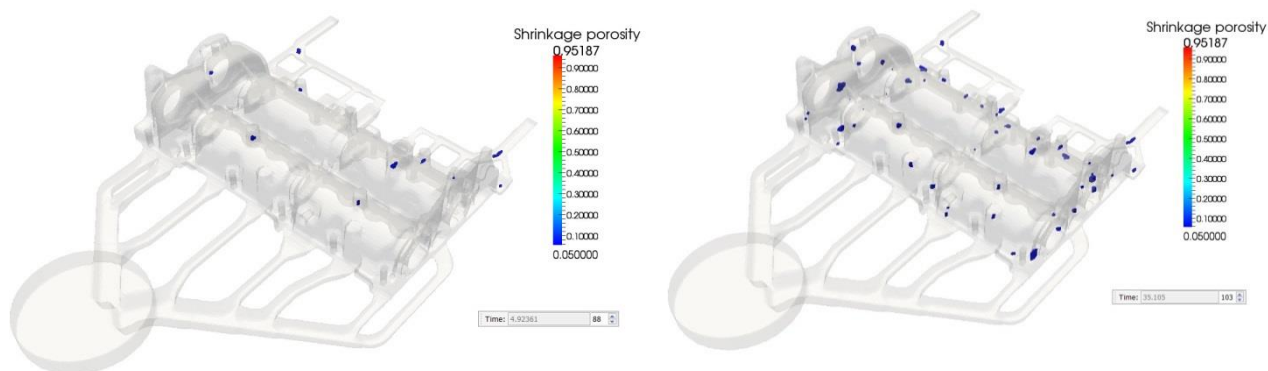
Zaplnění dutiny dochází ve směru od vtokové soustavy k odvzdušňovací soustavě. Doba zaplnění dutiny formy při rychlosti pístu 2.3m/s je 0.058564 sekund. Posledními místy zaplnění jsou odvzdušňovací kanály umístěné proti vtokovým naříznutím. Díky tomu dochází k odvzdušňování po celou dobu plnění dutiny formy. Odvzdušňovací soustava je tedy navržena správně.



Obrázek 29 Doba zaplnění dutiny

6.6.1.7 Porezita vzniklá tuhnutím odlitku

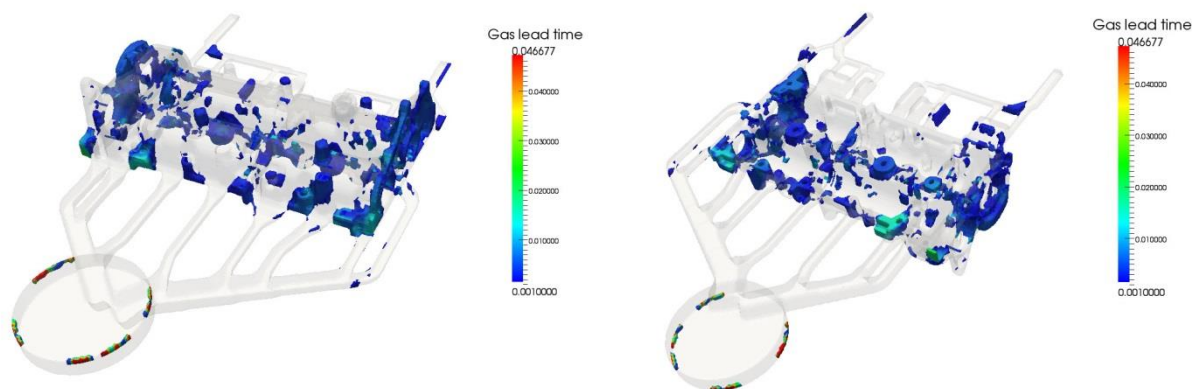
Na obrázcích jsou vidět problémová místa, která jsou ovlivněna objemovými změnami vznikajícími při tuhnutí odlitku. Tuhnutím taveniny uvnitř dutiny formy odlitek snižuje svůj objem a dochází tak ke geometrickým změnám. Tyto změny je možné kompenzovat v případě, že vtoková naříznutí nejsou zcela zatuhlá a mohou při dotlaku stále přivádět taveninu do dutiny formy.



Obrázek 30 Porezita způsobená změnou objemu odlitku

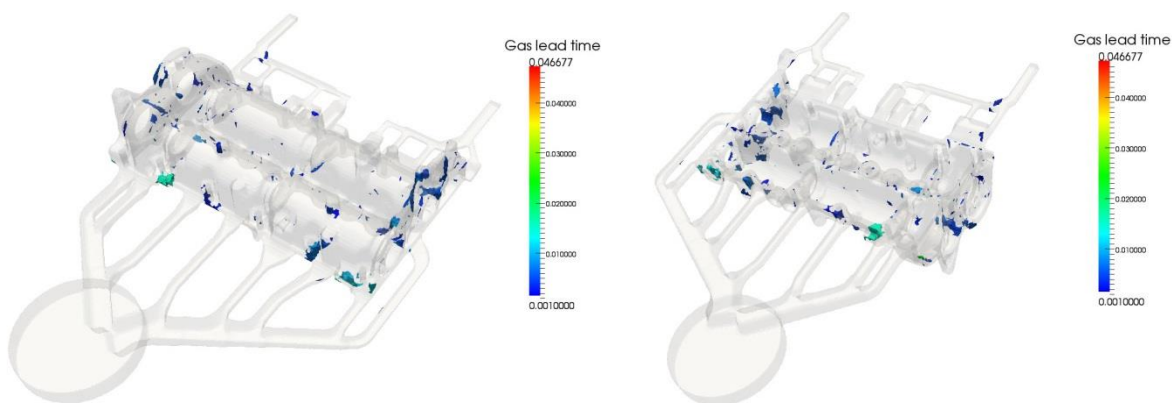
6.6.1.8 Uzavřený vzduch v odlitku

Během tlakového lití dochází vlivem turbulentního proudění k uzavírání vzduchu uvnitř odlitku. Taveninou uzavřený vzduch nemůže postupovat dutinou formy k odvzdušňovacímu systému a vytvoří tak v odlitku vzduchové bubliny. Na následujícím obrázku lze vidět místa s výskytem uzavřeného vzduchu.



Obrázek 31 Vzduch uzavřený uvnitř odlitku

Na obrázku 31 je vidět vzduch uzavřený uvnitř odlitku, který má za následek výskyt vnitřních vad odlitku. Největší výskyt uzavřeného vzduchu je na bocích odlitku u zesílených stěn. Dalšími kritickými místy jsou ustavovací výstupky.

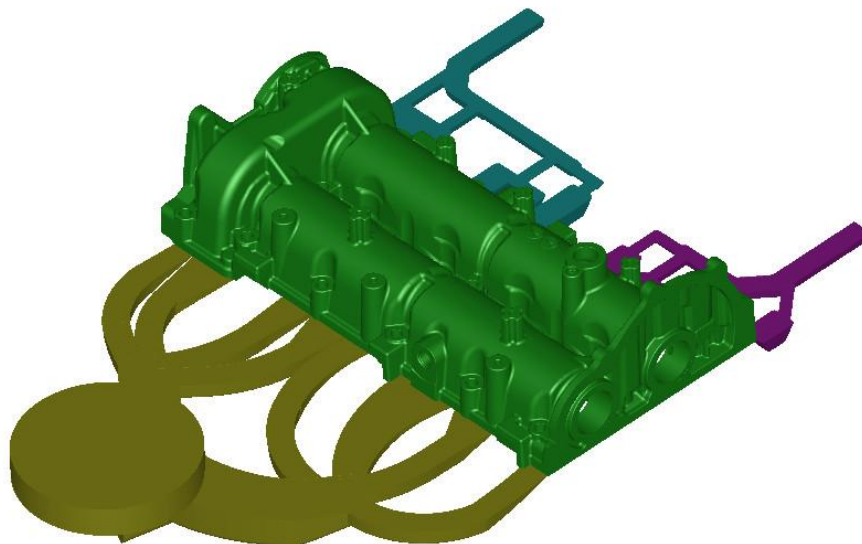


Obrázek 32 Vzduch uzavřený na povrchu odlitku

Na obrázku 32 je vidět vzduch uzavřený na povrchu odlitku způsobující povrchové vady odlitku jako např. nedolítí. Místa koncentrace povrchových vad jsou opět ustavovací výstupky.

6.6.2 Numerická simulace druhé vtokové soustavy

Pro druhou numerickou simulaci vysokotlakého lití byla použita odlišná vtoková soustava. Model odlitku a odvzdušňovací soustavy zůstal beze změn. Vtoková soustava byla vytvořena v modelovém prostředí výpočtového softwaru Cast-Designer V6.2. Výpočet byl proveden stejně jako u první simulace ve výpočtovém prostředí Cast-Designeru. Výsledky simulace jsou zobrazeny pomocí softwaru ParaView.

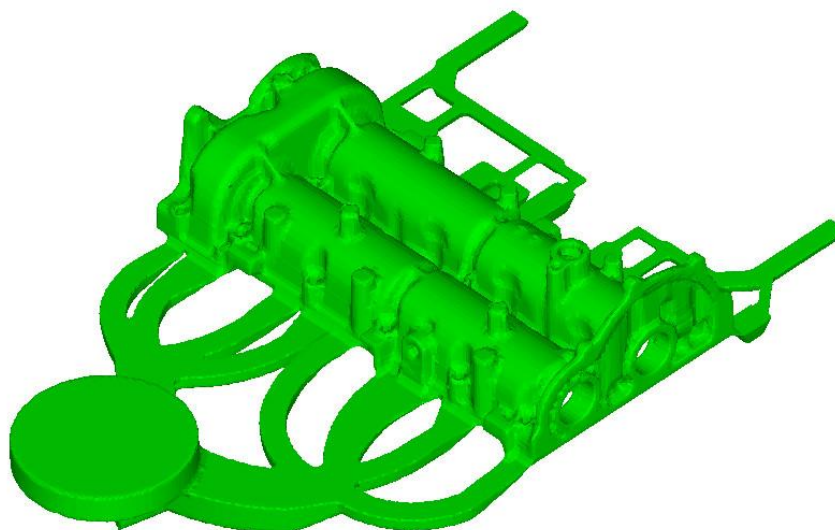


Obrázek 33 Model odlitku, vtokové a odvzdušňovací soustavy

6.6.2.1 Výpočtová síť

Výpočtová síť byla vytvořena na modelu pomocí funkce Fastmesh. Z důvodu snadnějšího porovnání výsledků mezi simulacemi byla velikost prvků objemové výpočtové sítě volena také 3.5mm.

Na povrchu tělesa byla vytvořena plošná síť, která slouží při výpočtu jako plocha, na které dochází k přestupu tepla mezi odlitkem a formou.



Obrázek 34 Výpočtová síť

6.6.2.2 Počáteční a okrajové podmínky

Výpočet probíhá stejně jako první simulace na zjednodušeném modelu odlitku s novou vtokovou soustavou a původní odzdušňovací soustavou. Prostředí formy bylo popsáno pomocí funkce Quikmould, která nahradí tělesa v kontaktu s počítaným tělesem. Funkce Quickmould výrazně zrychlí samotný proces výpočtu. Materiál odlitku a formy byl vložen z materiálové knihovny programu CAST-DESIGNER. Následně byly vloženy okrajové podmínky procesu lití jako rychlost pístu při plnění dutiny, velikost dotlaku licího stroje a počáteční teploty formy a taveniny.

Parametr	Hodnota
Materiál odlitku	AlSi9Cu3
Materiál formy	DIEVAR
Teplota taveniny před litím	680°C
Teplota formy před litím	20°C
Typ licího stroje	IDRA 2200
Uzavírací síla stroje	2200 kN
Rychlost pístu při plnění dutiny	2.3 m/s
Velikost dotlaku stroje	12.5 Mpa

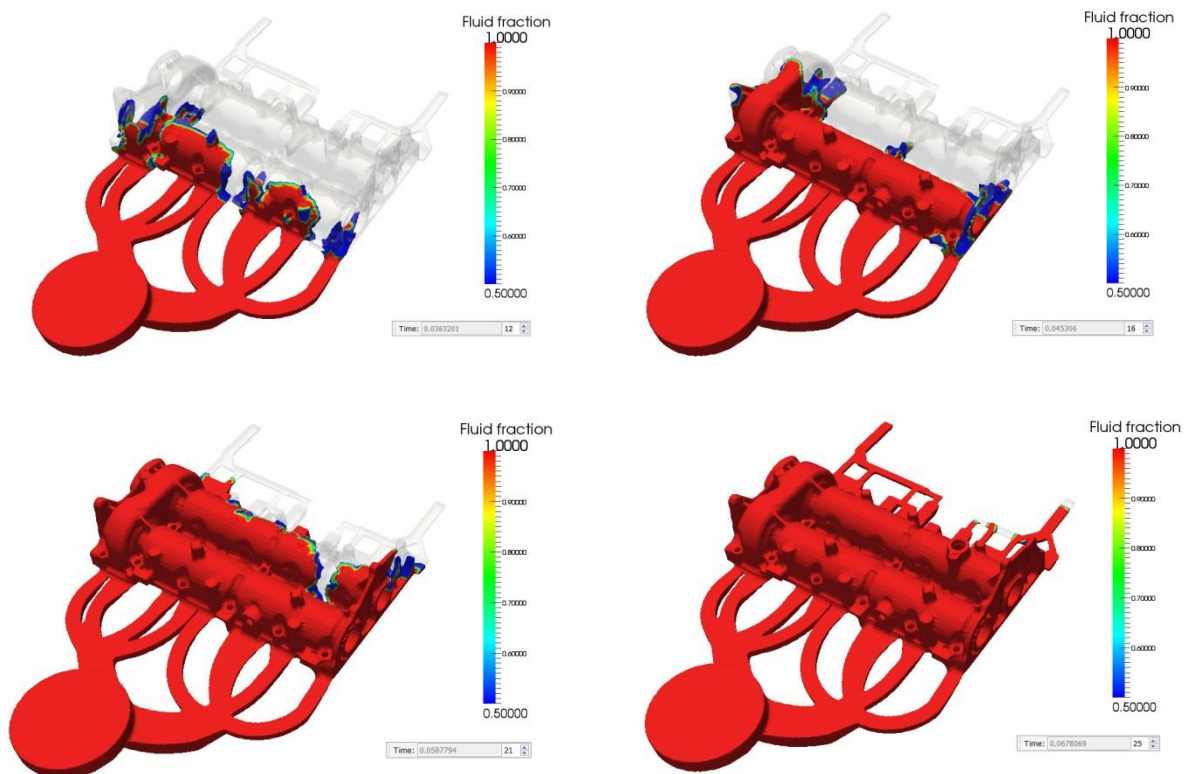
Tabulka 2 Okrajové podmínky simulace

6.6.2.3 Výsledky numerické simulace

Vyhodnocení druhé simulace probíhá u stejných dějů jako při první simulaci. Jedná se tedy o simulaci plnění a tuhnutí odlitku, perezity v odlitku a uzavřeného vzduchu.

6.6.2.4 Plnění dutiny formy

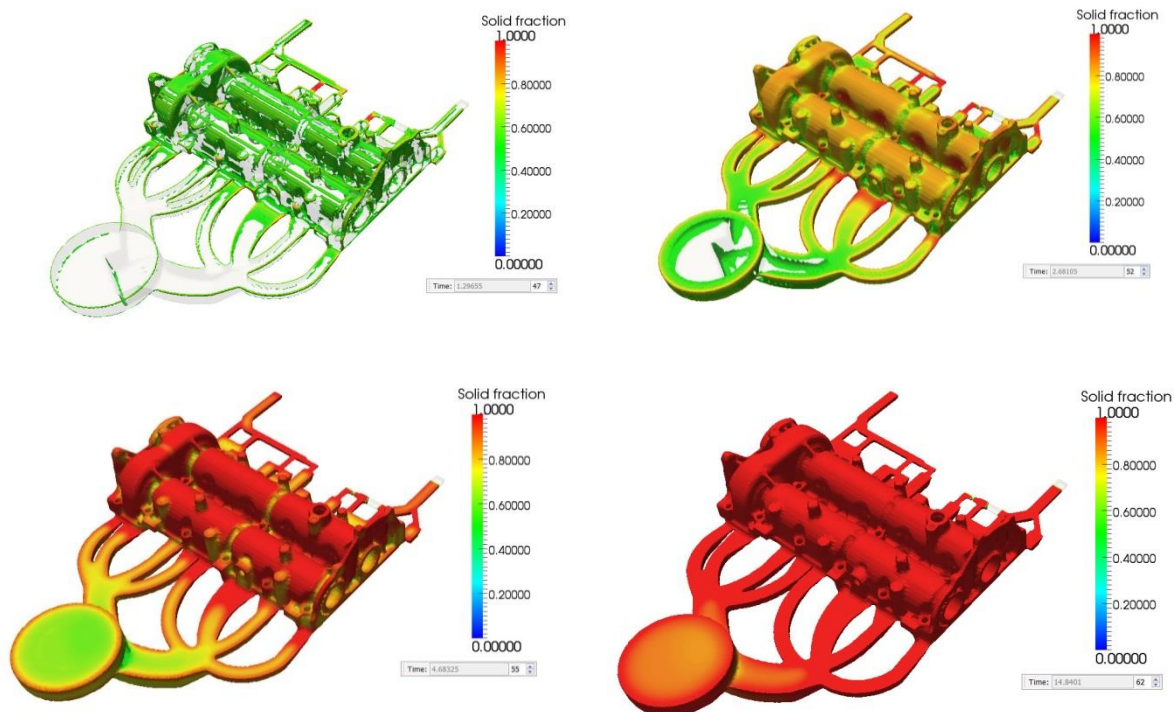
Obrázek 35 ukazuje, jak dochází v průběhu času k vyplnění dutiny formy. Teplota taveniny je po dobu lití dostatečně vysoká a dojde tak k úplnému vyplnění dutiny formy. Proces lití je z pohledu druhu slitiny a teplotě lití zvolen vhodně.



Obrázek 35 Plnění dutiny formy

6.6.2.5 Tuhnutí odlitku

Proces tuhnutí se při použití odlišného vtokového systému neliší. Teploty solidu je dosahováno nejprve u tenkostěnných a krajních oblastí odlitku a v místech vtokových naříznutí.

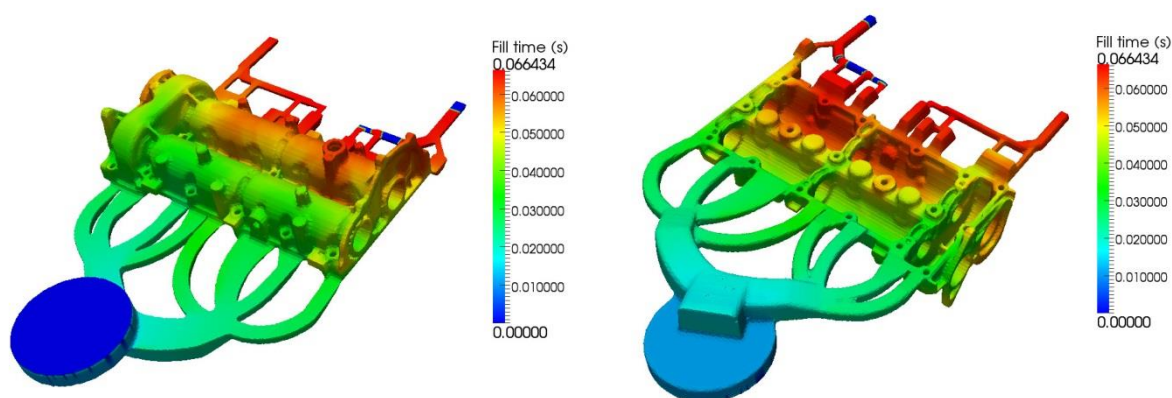


Obrázek 36 Tuhnutí odlitku

Ke ztuhnutí odlitku dojde po necelých 15 sekundách. Stejně jako v prvním případě po zatuhnutí kovu v dutině a uvnitř vtokové a odvzdušňovací soustavy je vnitřní oblast tablety stále nad teplotou solidu. Použití chlazení tablety bude nutné také u druhého typu vtokového systému.

6.6.2.6 Doba zaplnění dutiny formy

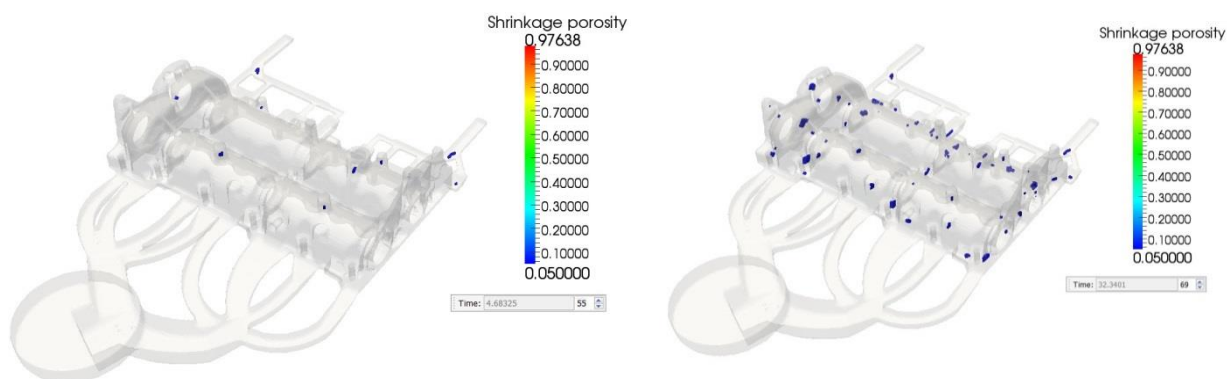
Zaplnění dutiny dochází ve směru od vtokové soustavy k odvodušňovací soustavě. Doba zaplnění dutiny formy při rychlosti pístu 2.3 m/s je 0.066434 sekund. Odvodušňovací kanály jsou poslední místa, která se zaplní kovem. Jak je vidět na obrázku 66 odvodušňovací soustava nebude ale zcela zaplněna taveninou, uvnitř kanálků zůstává uzavřený vzduch. Uzavřený vzduch uvnitř odvodušňovacího kanálu nebude mít negativní vliv na celkovou kvalitu odlitku.



Obrázek 37 Doba plnění dutiny

6.6.2.7 Porezita vzniklá tuhnutím odlitku

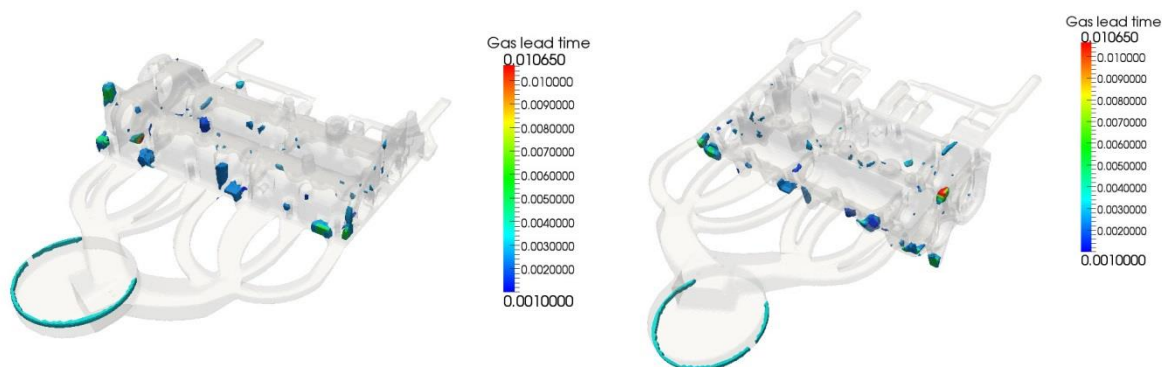
Tuhnutí odlitku a místa ovlivněná objemovými změnami jsou vyznačena na obrázku 99. Tyto změny je možné kompenzovat v případě, že vtoková naříznutí nejsou zcela zatuhlá a mohou při dotlaku stále přivádět taveninu do dutiny formy. První simulace přináší obdobné výsledky jako simulace druhá. Porezita vznikající tuhnutím tedy není ovlivněna vtokovou soustavou, nýbrž samotným tvarem odlitku.



Obrázek 38 Porezita v odlitku vzniklá změnou objemu

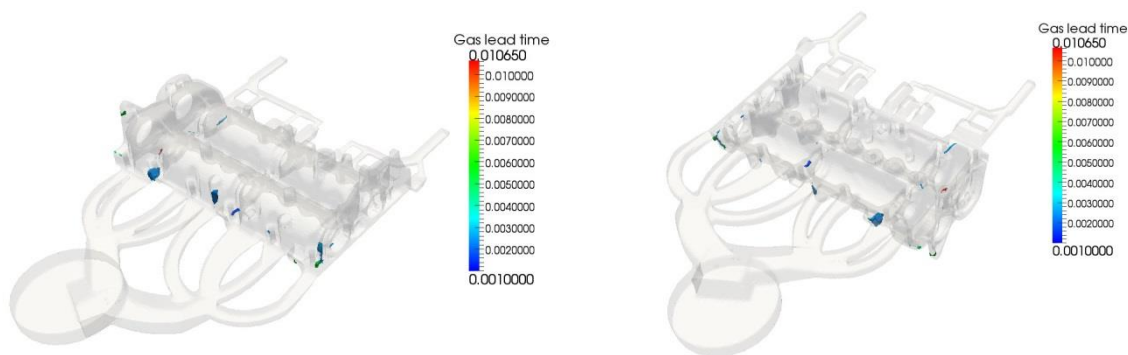
6.6.2.8 Uzavřený vzduch v odlitku

Vlivem turbulentního proudění taveniny v dutině formy dochází k uzavírání vzduchu a vzniku tzv. vzduchové bubliny. Rychlost taveniny uvnitř vtokového naříznutí, geometrie odlitku a druh taveniny jsou parametry, kterými lze ovlivnit uzavírání vzduchu uvnitř taveniny.



Obrázek 39 Vzduch uzavřený uvnitř odlitku

Na obrázku 39 jsou vidět vzduchové bubliny uvnitř odlitku, které mají za následek vnitřní vady odlitku. V porovnání s výsledkem první simulace došlo se změnou vtokového systému k výrazně lepším výsledkům.



Obrázek 40 Vzduch uzavřený na povrchu odlitku

Na obrázku 40 jsou vidět místa vzduchu uzavřeného na povrchu odlitku, která výrazně ovlivňují povrchovou jakost odlitku. Změnou vtokového systému došlo také k výrazně lepším výsledkům. Snižuje se tak riziko vzniku vad jako např. nedolití.

6.6.3 Závěr

Numerická simulace vysokotlakého lití proběhla pomocí softwaru Cast-Designer. Výpočet probíhal vždy na zjednodušeném modelu obsahující pouze odlitek, vtokovou a odvzdušňovací soustavu. Zjednodušený model umožňuje zjednodušení přípravy simulace a zkrácení výpočtového času. Varianty se od sebe lišily pouze vtokovým systémem. Vhodnost vtokového systému byla hodnocena na základě výsledků simulace jako je tuhnutí odlitku, doba plnění dutiny formy, porezita a uzavřený vzduch. Okrajové podmínky obou simulací byly totožné.

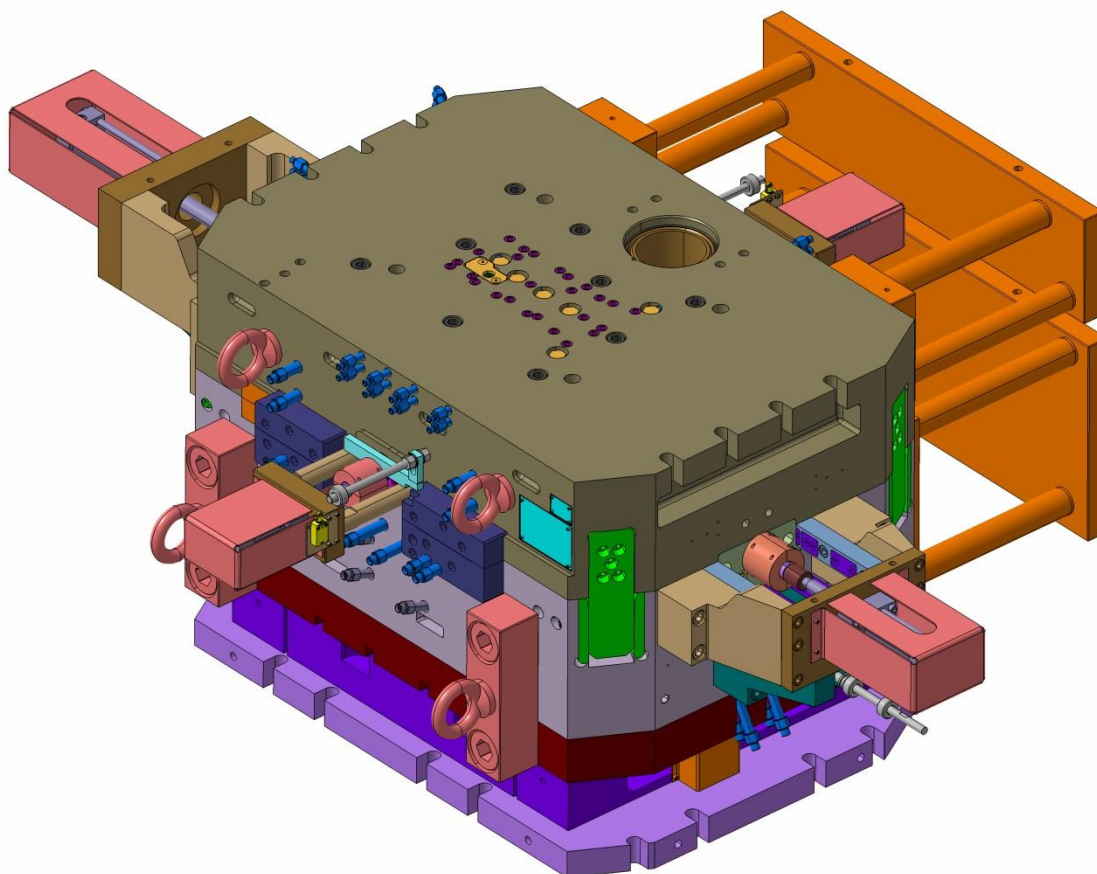
První varianta vtokového systému byla navržena v softwaru CatiaV5R19 a následně převedena do výpočtového prostředí Cast-Designeru. Simulace plnění formy ukázala postupné zaplňování nejprve vtokového systému, následně dutiny formy a jako poslední odvzdušňovacího systému. Tento fakt naznačuje, že vtoková soustava je navržena správně. Největší problém nastal při uzavírání vzduchu během procesu lití. U navržené vtokové soustavy dochází při plnění dutiny k nadměrnému uzavírání plynů v tavenině, které vedou ke vzniku povrchových a podpovrchových vad.

Model druhé varianty vtokového systému byl vytvořen přímo v softwaru Cast-Designer. Tavenina postupuje z vtokové soustavy do dutiny formy a následně do odvzdušňovací soustavy, u které nedojde k úplnému zaplnění. V odvzdušňovací soustavě dojde k tzv. nedolití. Nedolití uvnitř odvzdušňovací soustavy ovšem neovlivní výslednou kvalitu odlitku a není tak nutné odvzdušňovací soustavu upravovat. Nejvýraznější změnou při použití druhého typu vtokového systému bylo snížení uzavřeného plynu v tavenině.

Při použití obou variant vtokových systémů došlo k vyplnění formy ve velice krátkém čase. Odvzdušnění formy bylo zajištěno po celou dobu plnění. Největší rozdíl byl zjištěn ve výsledcích uzavřeného vzduchu uvnitř taveniny. Výrazně lepšího výsledku dosáhla druhá varianta, proto následný návrh formy pro tlakové lití bude pracovat s touto variantou.

7. Konstrukce formy pro tlakové lití

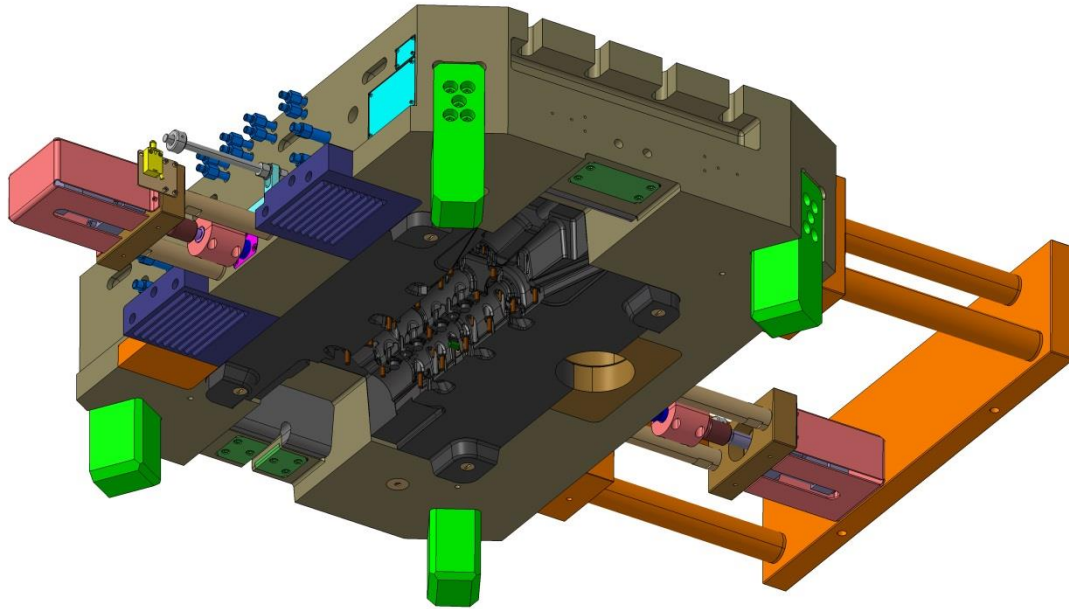
7.1 Sestava formy pro tlakové lití



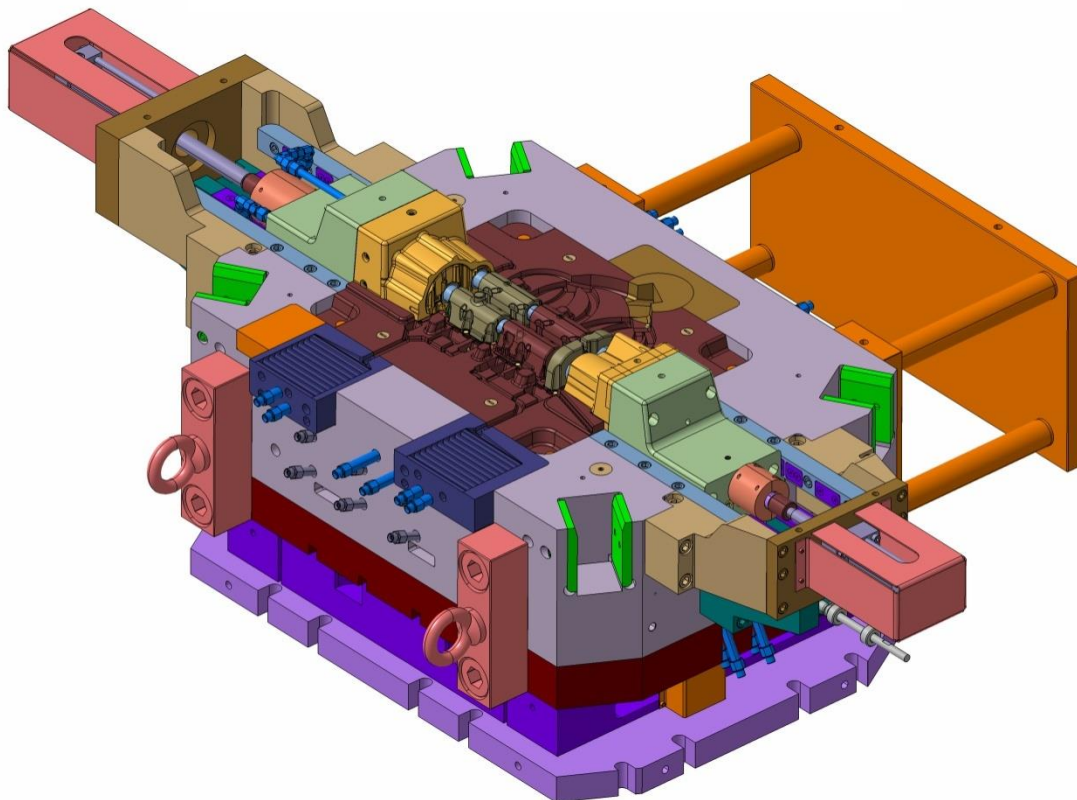
Obrázek 41 Sestava formy pro tlakové lití

7.2 Popis činnosti formy pro tlakové lití

Jednónásobná tlaková licí forma se skládá ze dvou polovin. Polovina nepohyblivá, která je v licím stroji upnuta k nepohyblivé desce a polovina pohyblivá, která je upnuta na pohyblivé desce licího stroje.



Obrázek 43 Nepohyblivá polovina formy



Obrázek 42 Pohyblivá polovina formy

Hlavní pracovní pohyb nástroje vykonává pohyblivá polovina formy. Pracovním pohybem se rozumí zdvih, který je závislý na geometrickém charakteru odlévaného dílu. Velikost zdvihu byla určena na 450 mm s ohledem na výšku odlitku, prostor potřebný k odformování odlitku a uchopení manipulačním zařízením.

Uzavřená tlaková lící forma s ustavenými pohyblivými částmi je postupně plněna taveninou směřující do dutiny formy. Postupné plnění dutiny formy je doprovázeno celou řadou technologických procesů prováděných speciálními komponenty umístěnými na formě. Po vyplnění a zatuhnutí kovu v dutině následuje proces odformování a vyhození odlitku pomocí vyhazovacího mechanismu.

Mezi technologické procesy doprovázející plnění a tuhnutí kovu patří temperace. Temperaci se rozumí cirkulace temperačního média (minerální olej o teplotě 180°C) uvnitř formy v předem vytvořených kanálech v částech formy, které se dostávají do přímého kontaktu s taveninou nebo jsou v její blízkosti. Temperační médium je do prostoru formy přiváděno pomocí rychlospojek a koncovek. Dalším technologickým procesem ovlivňující kvalitu odlitku je odvzdušnění prováděné během lití čtyřmi odvzdušňovači.

Odformováním odlitku se rozumí jeho uvolnění tak, aby bylo možné bezpečné vyhození z prostoru formy. Odformování provádějí pohyblivé sestavy šíbrů, které během lícího procesu mění svojí polohu a s jejichž pomocí jsou vytvořeny v odlitku otvory během lití.

Posledním procesem je samotné vyhození odlitku pomocí vyhazovacího mechanismu, jehož činnost bude detailněji popsána v následující kapitole.

7.3 Komponenty tlakové lící formy

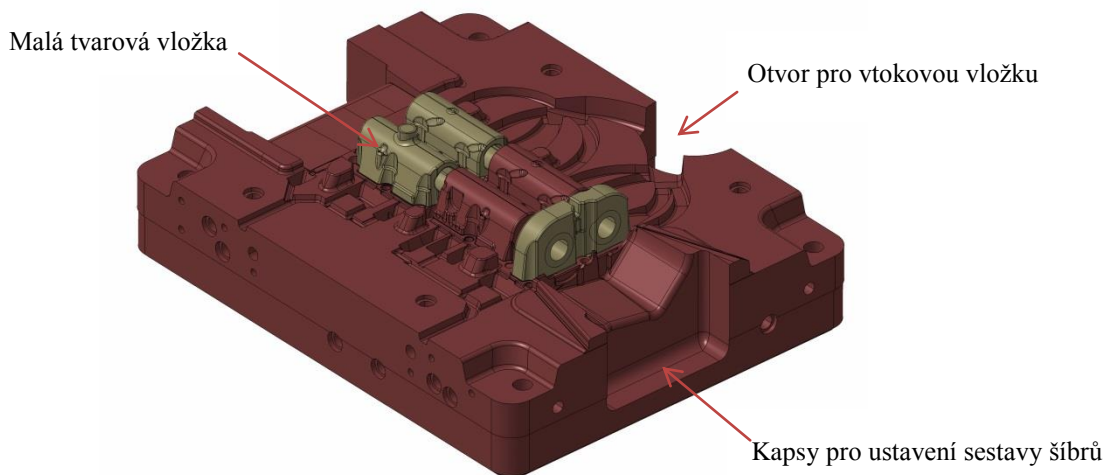
Sestava tlakové lící formy se skládá z velkého množství komponent, které plní různé funkce od vedení taveniny ve formě až po temperaci jednotlivých částí. Nejdůležitější komponenty včetně jejich funkcí budou detailně popsány v této kapitole.

7.3.1 Tvarové vložky

Patří k nejdůležitějším komponentům formy, jsou vloženy a upevněny v rámech obou polovin formy. Tvarové vložky při dosednutí obou polovin formy vytvoří dutinu ve tvaru odlitku. Geometrická přesnost a kvalita povrchu těchto tvarových ploch zásadně ovlivňuje kvalitu výsledného odlitku. Postup výroby tvarové plochy vložky byl popsán v kapitole 4.

Tvarová vložka pohyblivé poloviny formy

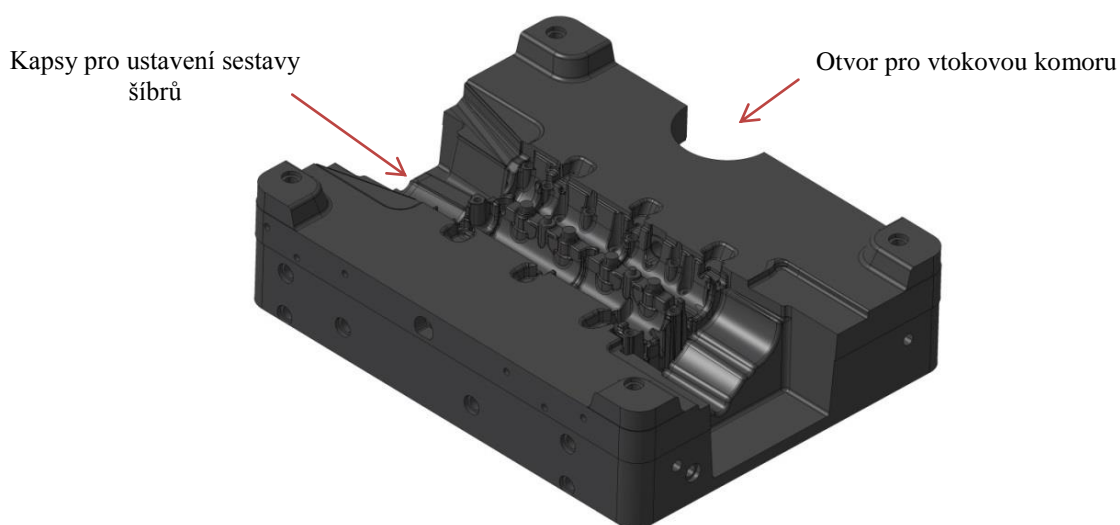
Vložka je složena ze tří částí, velké tvarové vložky a dvou malých tvarových vložek. Jeden z důvodů použití malých vložek je snadnější výroba tvarových ploch. Velká tvarová vložka obsahuje otvor pro vtokovou vložku, vyfrézované kapsy pro vložení malých vložek a obrobené vtokové kanály pro přívod taveniny ke tvarové ploše. Frézovány jsou také kanály odvádějící vzduch z dutiny formy umístěné na druhé straně tvarové plochy. Kapsy obrobené na bocích vložky slouží pro ustavení sestavy šíbrů s vloženými jádry. Tvarová vložka dále obsahuje vyvrtané otvory pro vyhazovače, vratné kolíky, šikmá a přímá jádra. Temperace vložky je prováděna skrz vyvrtané okruhy, kterými je vedeno temperační médium.



Obrázek 44 Tvarová vložka pohyblivé poloviny formy

Tvarová vložka nepohyblivé poloviny formy

Vložka nepohyblivé části formy má mimo tvarovou plochu také na jedné straně vytvořený otvor, do kterého je vložena vtoková komora, přivádějící taveninu ze stroje do prostoru formy. Stejně jako u vložky pohyblivé poloviny jsou i na vložce nepohyblivé poloviny vyvrtány otvory temperačních okruhů, bočních a přímých jader. Kapsy pro sestavy šíbrů jsou stejně jako u vložky pohyblivé poloviny formy obrobeny na bocích.



Obrázek 45 Tvarová vložka nepohyblivé poloviny formy

Požadavky na použitý materiál u tvarových vložek jsou při tlakovém lití založeny především na odolnosti vůči namáhání za zvýšené teploty. Tvarové vložky se obvykle vyrábějí z nástrojových ocelí, ale existují materiály od firem specializujících se na výrobu materiálů používaných na namáhané prvky tlakových licích forem. Běžně se tvarové vložky vyrábějí z např. ocelí W.Nr. 1.2312 (DIN 40CrMnMoS86).

Tvarové vložky jsou vyrobeny z materiálu DIEVAR Cr-Mo-V. Jedná se o legovanou ocel od stejnojmenné firmy. Ocel se vyznačuje odolností proti plastické deformaci a opotřebením za zvýšených teplot, stejně tak odolností proti tepelné únavě. Tepelné namáhání patří mezi nejzásadnější zatížení ovlivňující životnost tvarových vložek.[11]

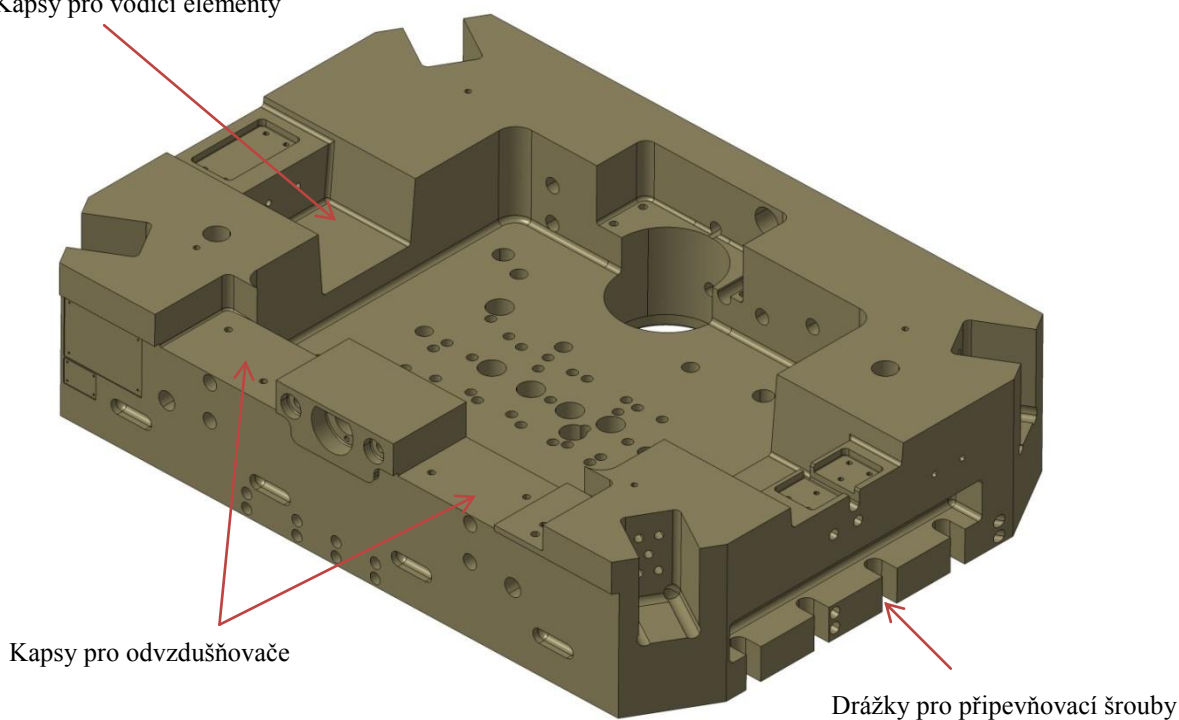
7.3.2 Rámy

Rámy umístěné v obou polovinách formy jsou základním prvkem, na který jsou navázány ostatní komponenty dané poloviny formy. Rámy mohou být vyrobeny frézováním z ocelového bloku nebo odlévány s následným opracováním funkčních ploch. Jedná se o nejrozměrnější prvky celé formy s vyfrézovanou rozměrnou kapsou uprostřed, do které je následně vložena tvarová vložka.

Rám nepohyblivé poloviny formy

Uchycení pevné poloviny formy je konstrukčně řešeno pomocí T šroubů vložených ve vyfrézovaných drážkách na spodní straně rámu. V rozích rámu jsou obrobena kapsy pro vodící elementy formy. Jako u tvarové vložky je rovněž v rámu vytvořen otvor pro vtokovou komoru formy. Odvzdušňovače jsou vloženy ve dvou postranních kapsách na horní straně rámu.

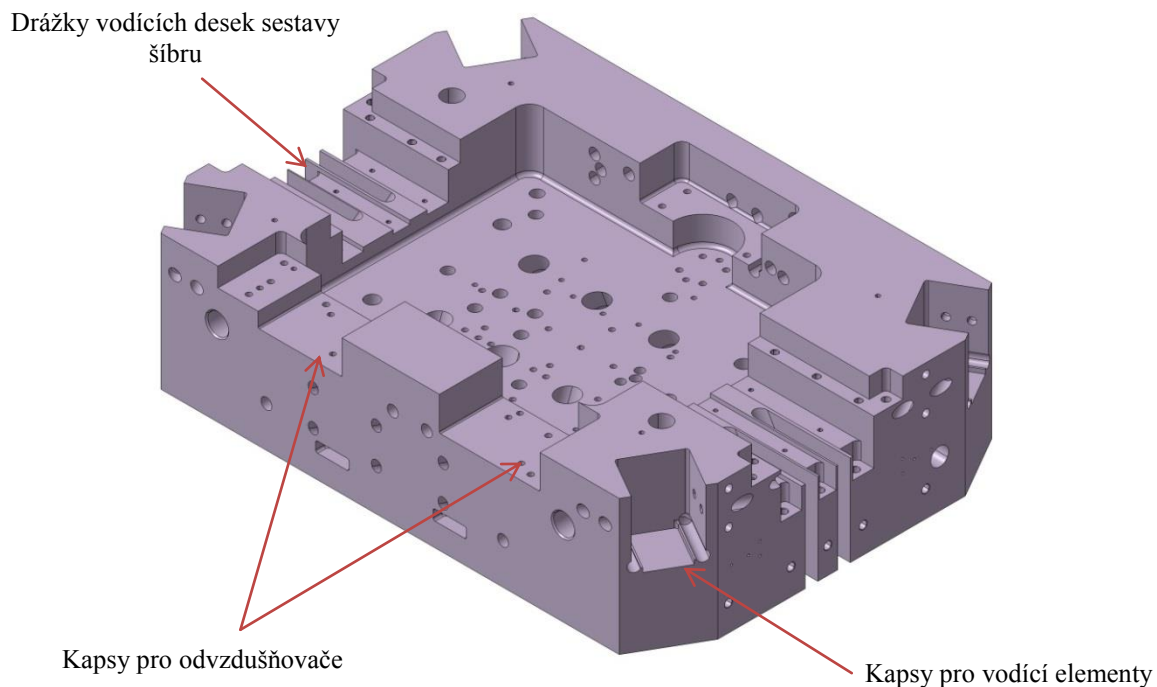
Kapsy pro vodící elementy



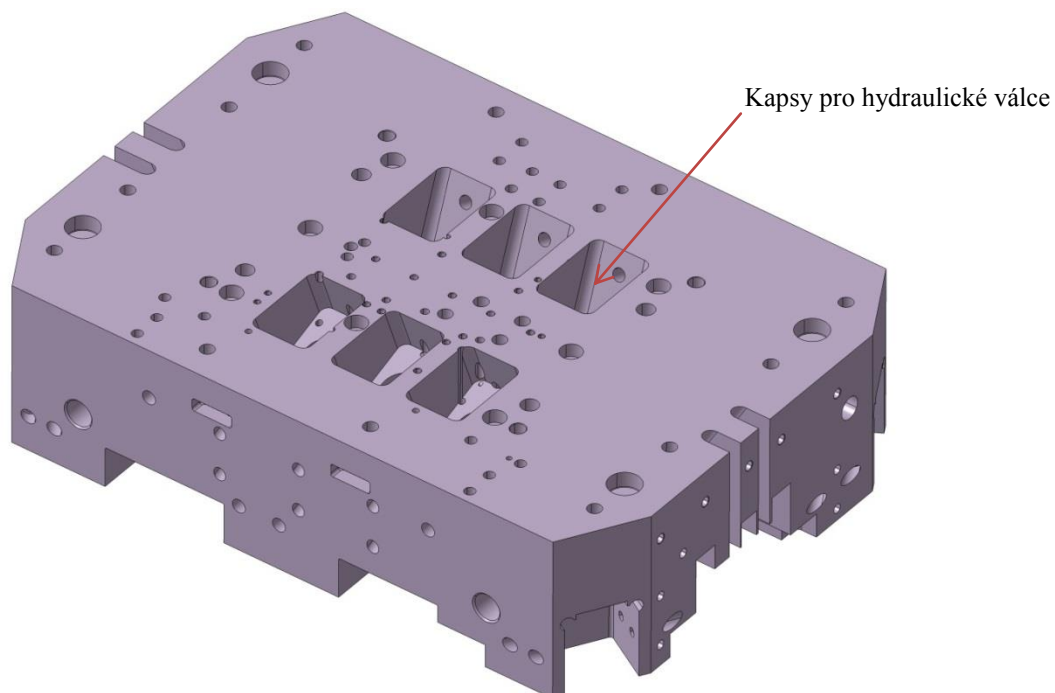
Obrázek 46 Rám nepohyblivé poloviny formy

Rám pohyblivé poloviny formy

Uvnitř těla rámu jsou kapsy pro tvarovou vložku a vtokovou vložku. Jako u rámu pohyblivé poloviny jsou v rozích kapsy pro protilehlé vodící elementy a na horní straně pro dva odvzdušňovače. Na bocích jsou obrobena vodorovné drážky pro vodící desky sestavy šíbru. Ve spodní části rámu jsou vyfrézovány kapsy pro hydraulické válce.



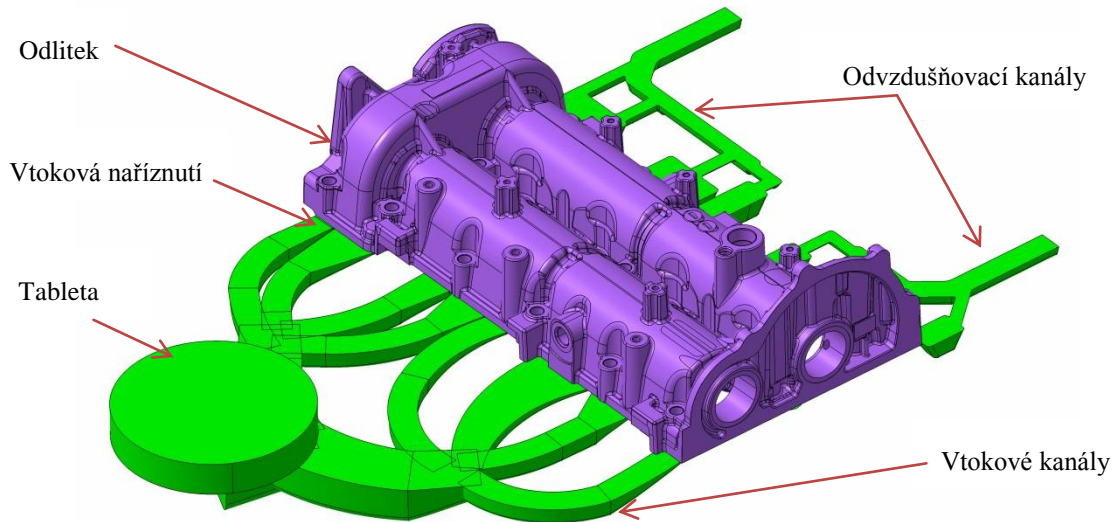
Obrázek 47 Horní strana rámu pohyblivé poloviny formy



Obrázek 48 Spodní strana rámu nepohyblivé poloviny formy

7.3.3 Vtoková soustava

Přemístění taveniny z prostoru lící komory stroje do dutiny formy je hlavní funkcí vtokové soustavy sestávající se z vtokové komory formy, vtokové vložky a dvojice vložek. Tavenina prochází nejprve vtokovou komorou a následně pokračuje přes vtokovou vložku do vytvořených vtokových kanálů ve tvarové vložce.



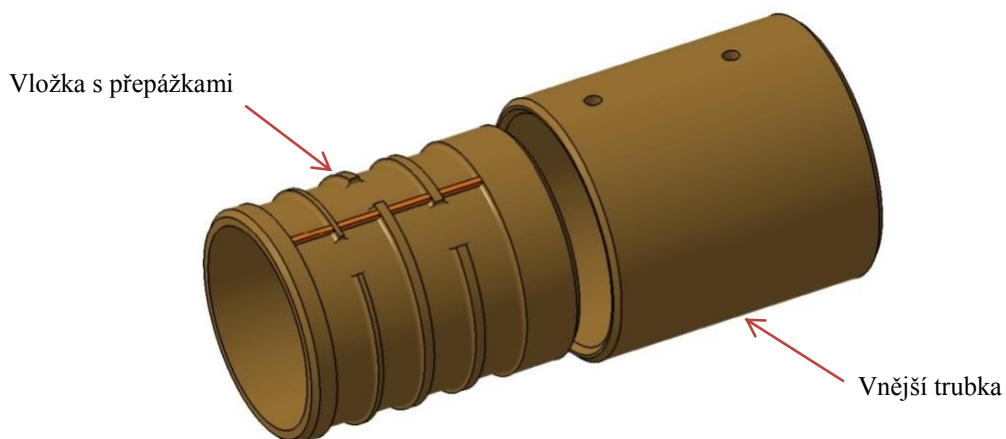
Obrázek 49 Vtoková soustava s odlítkem

Vtokové kanály

Vtokové kanály slouží k vedení taveniny od místa přívodu do prostoru formy až ke vtokovému naříznutí, kterým je tavenina dopravena do dutiny formy. Rozměry a tvar vtokových kanálů jsou nejprve voleny, následné úpravy se provádí na základě výsledků testovacího provozu formy.

Vtoková komora

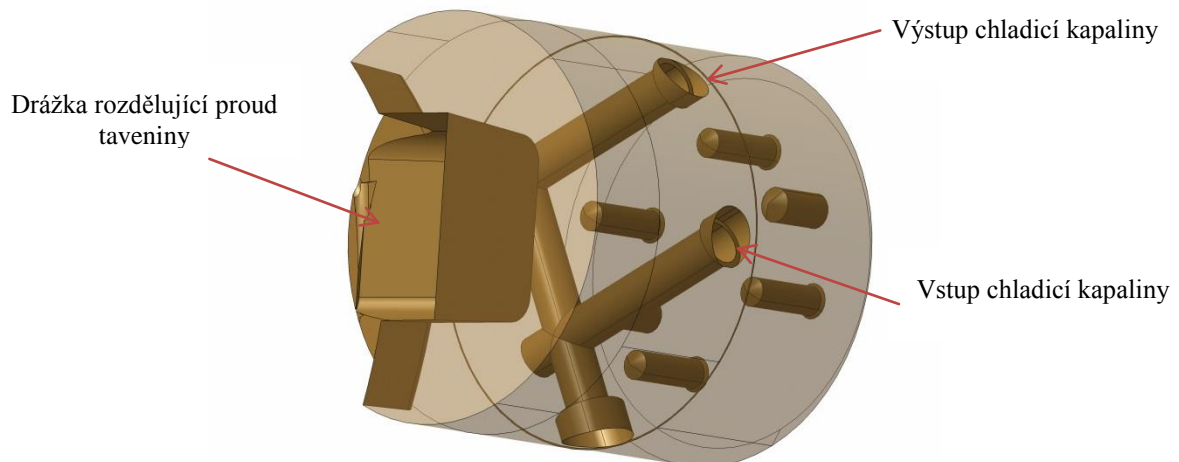
Numerická simulace tuhnutí odlitku v dutině formy poukázala na fakt, že tableta přechází do pevné fáze pomaleji než odlitek. Aby nedocházelo ke zbytečným prostojeům, je nutné okolí tablety intenzivně chladit pomocí vtokové komory. Vtoková komora je konstrukčně řešena jako svařenec vložky s přepážkami a vnější trubky. Vložka má po obvodu obrobeny čtyři drážky, které společně s přivařenou čtveřicí přepážek usměřňují tok chladicí kapaliny.



Obrázek 50 Vtoková komora

Vtoková vložka

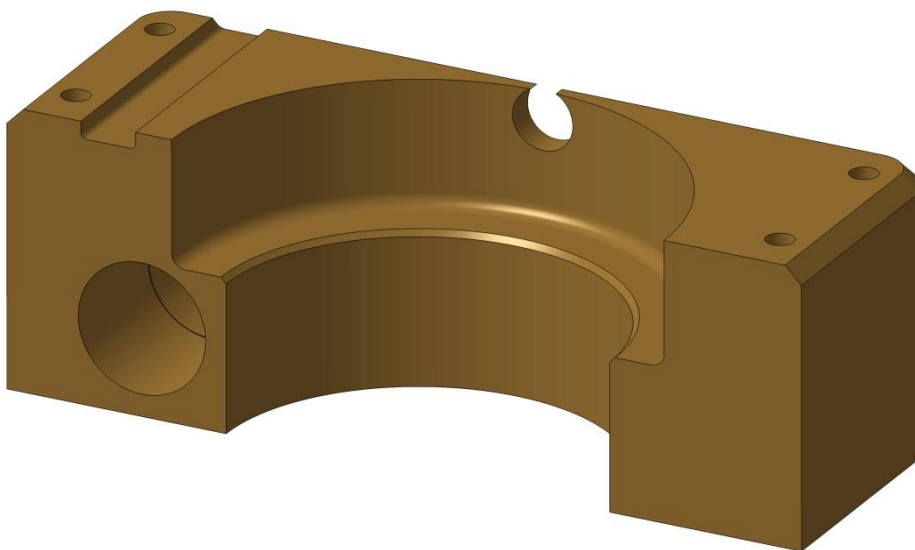
Tavenina procházející vtokovou komorou formy se následně dostává ke vtokové vložce. Vtoková vložka rozděljuje proud kovu pomocí vyfrézované drážky do vtokových kanálů vytvořených na horní ploše tvarové vložky. Chladicí okruh napomáhající tuhnutí spodní části tablety je řešen pomocí vyvrtaných otvorů v těle vložky. Těmito otvory je vedena chladicí kapalina. Pro názornost je použit obrázek průhledného 3D modelu vtokové vložky.



Obrázek 51 Vtoková vložka

Vložky komory

Vložky zabraňují tomu, aby nedocházelo k přímému kontaktu mezi proudící taveninou a rámem příslušné poloviny formy.

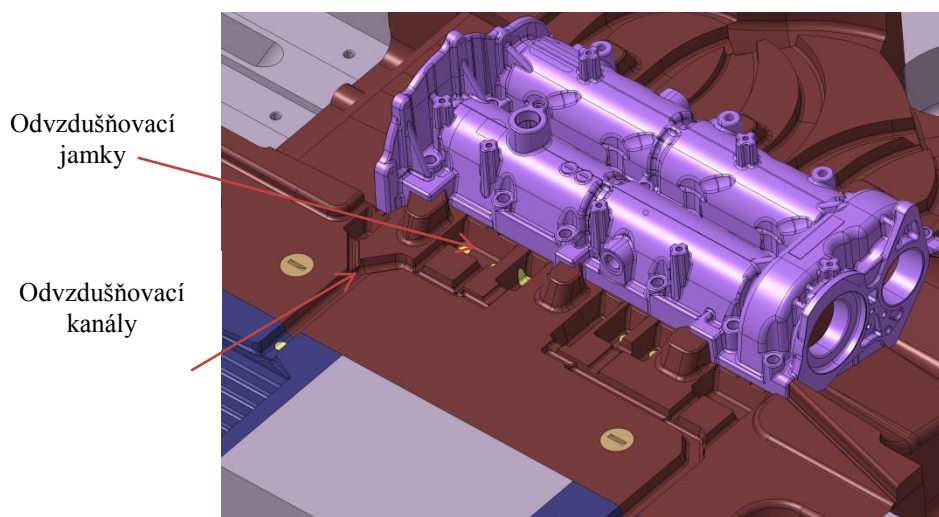


Obrázek 52 Vložka komory

7.3.4 Odvzdušňovací soustava

Uzavřený vzduch uvnitř dutiny formy je odváděn pomocí jednoduchého systému odvzdušňovacích kanálů ústících do odvzdušňovačů, kterými je vzduch odváděn z prostoru formy do okolí. Vzduch je tlačěn z dutiny formy proudem taveniny, která je po zaplnění dutiny kontinuálně vytlačována tlakem licího stroje, dále do odvzdušňovacích kanálů, kde následně při působení konstantního tlaku stroje (dotlaku) zatuhne.

Odvzdušňovací kanály se nacházejí pouze na tvarové vložce pohyblivé poloviny formy, odvzdušňovače jsou uloženy na obou polovinách formy.



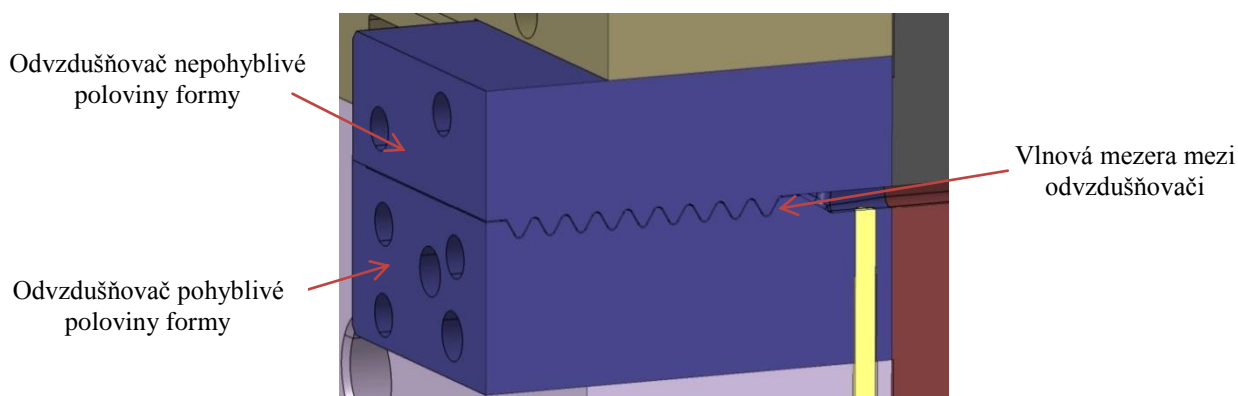
Obrázek 53 Odvzdušňovací soustava

Odvzdušňovací kanály

Vzduch vytlačovaný proudící taveninou z dutiny formy se nejprve hromadí v odvzdušňovacích jamkách. Odvzdušňovací jamky jsou napojeny na odvzdušňovací kanály, kterými je následně veden vzduch až k dvojici odvzdušňovačů. Odvzdušňovací jamky a kanály se v průběhu odvádění vzduchu zároveň zaplňují taveninou procházející skrz dutinu formy, která při působení dotlaku zatuhne.

Odvzdušňovače

Dvě dvojice odvzdušňovačů jako poslední prvky odvzdušňovací soustavy slouží k vyvedení vzduchu z prostoru formy do okolí. Vyvedení vzduchu je realizováno úzkou mezerou mezi vlnovými plochami dosednutých odvzdušňovačů.



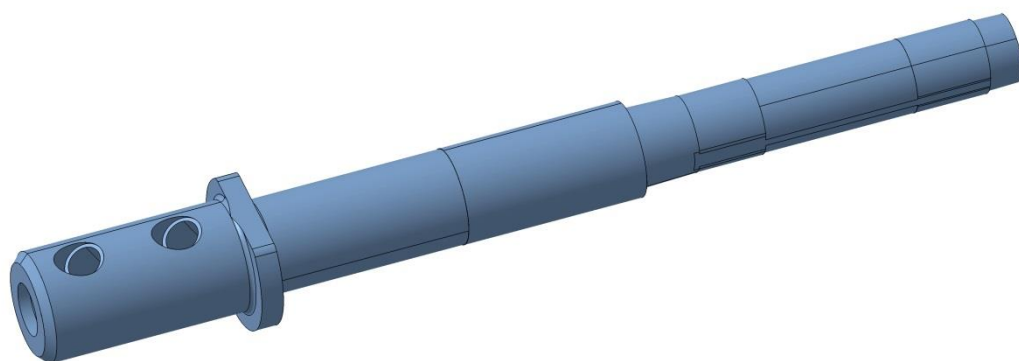
Obrázek 54 Mezera mezi odvzdušňovači

7.3.5 Jádra

Otvory předepsané na odlitku jsou vyráběny při odlévání pomocí válcových jader různých velikostí a délek. Jádra jsou ve formě vždy uložena tak, aby zasahovala do dutiny formy v místech budoucího otvoru a byla při plnění dutiny obtečena taveninou. Podle velikosti a polohy jsou použity čtyři typy jader.

Velká boční jádra

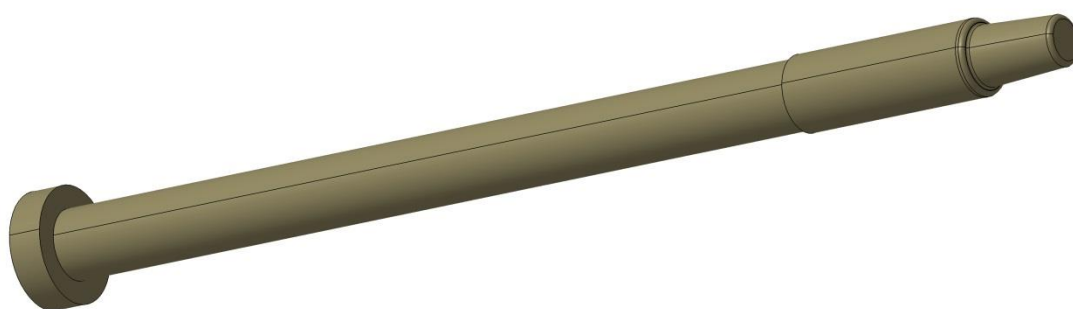
Jedná se o největší typ jader zhotovující vnitřní otvory pro uložení ložisek vačkového hřídele uvnitř víka hlavy válců. Poloha bočních jader by znemožňovala odformování odlitku, proto jsou jádra ustavena v pohyblivé sestavě šíbru, který umožňuje přemístění jader po každém licím procesu z prostoru odlitku. Jádra jsou temperována z důvodu zvýšení životnosti a lepšího zaběhnutí kovu v prostoru kolem jader. Temperace bočního jádra je detailněji popsána v části zabývající se temperací formy.



Obrázek 55 Velké boční jádro

Malá boční jádra

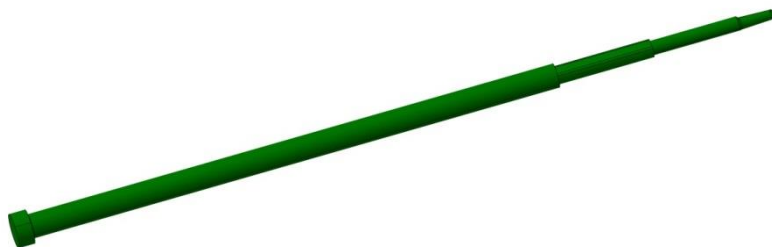
Otvory pro snímače otáček vačkových hřídelů uložených ve víku hlavy válců jsou předlity pomocí malých bočních jader. Malá jádra jsou také z důvodu odformování napojena na malou sestavu šíbru.



Obrázek 56 Malé boční jádro

Šikmá jádra

Otvory na odlitku dopravující olej do prostoru ložisek vačkových hřídelů jsou předlity pomocí šikmých jader. Jádra jsou uložena uvnitř pístnice hydraulického válce a vedena pomocí pevných pouzder ustavených v tvarové vložce.



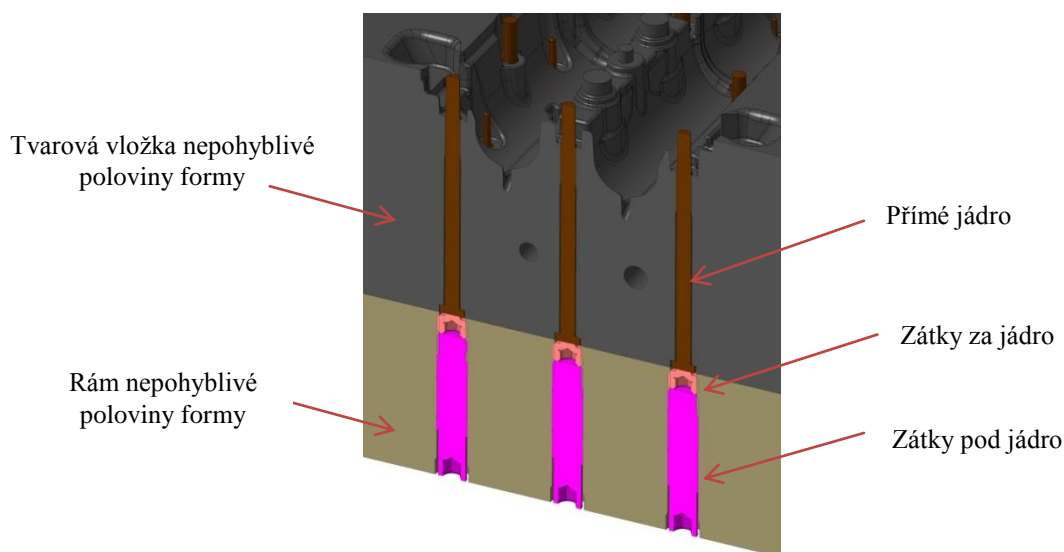
Obrázek 57 Šikmé jádro

Přímá jádra

Otvory pro pevné spojení víka hlavy válců s hlavou válců spalovacího motoru, nebo krytem víka hlavy válců vytvářejí přímá jádra. Přímá jádra nebrání žádným způsobem v odformování odlitku, mohou být tedy uloženy pevně, bez nutnosti změny polohy během procesu lití. Jádra jsou vložena pouze do předvrtaných otvorů ve tvarové vložce nepohyblivé poloviny formy. Přímá jádra jsou podepřena a ustavena pomocí dvojice zátek za jádro a zátek pod jádro.



Obrázek 59 Přímé jádro



Obrázek 58 Ustavení přímých jader

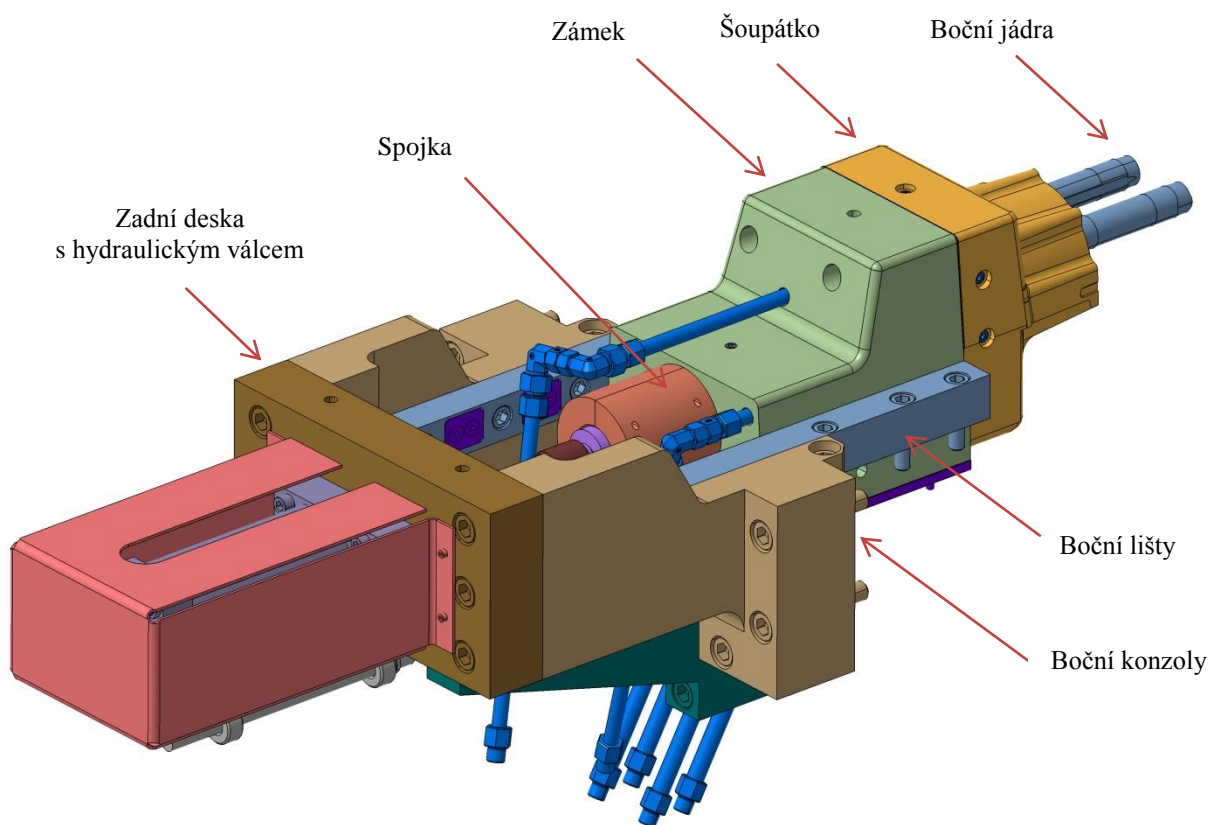
7.3.6 Pohyblivé části formy (šibry)

Pohyblivé mechanismy slouží pro ovládání jader, která znemožňují po ztuhnutí odlitku jeho následné odformování. Tlaková lící forma využívá trojici pohyblivých sestav. První sestavou je velká sestava šibru ovládající velká boční jádra, druhou sestavou je malá sestava šibru ovládající malá boční jádra a poslední sestavou jsou samostatné hydraulické válce ovládající jádra šikmá.

Velká sestava šibru

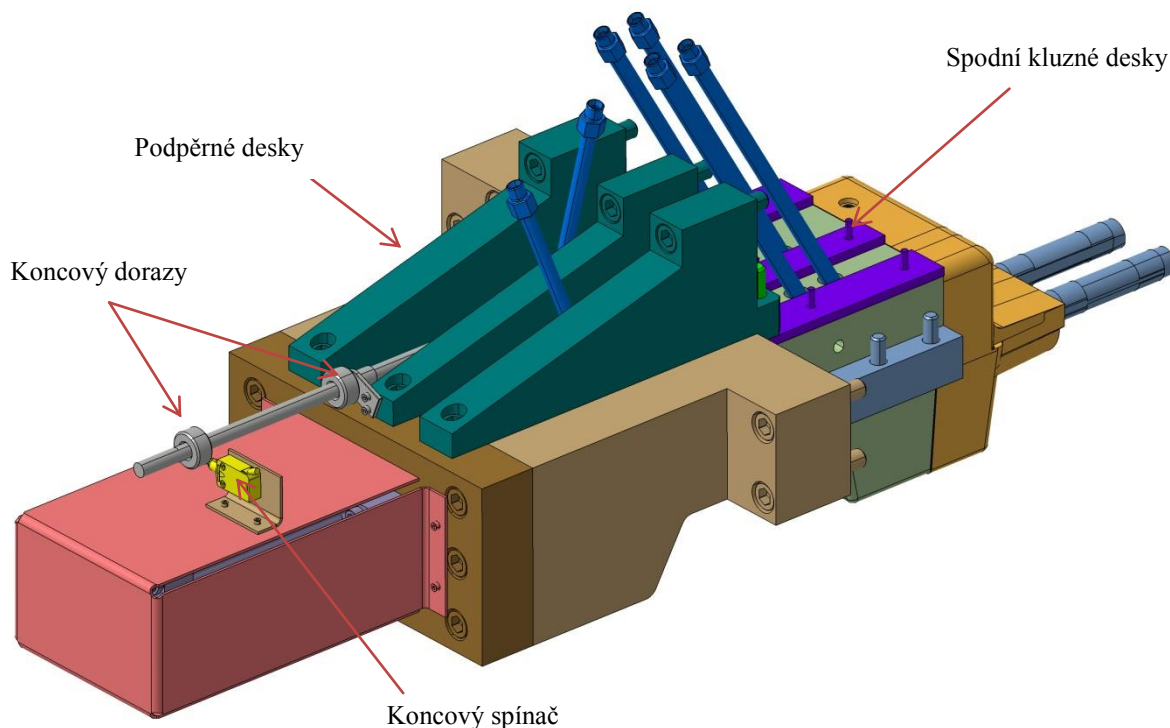
Sestava šibru je tvořena nosnou částí pevně spojenou s rámem a pohyblivou částí s uloženými bočními jádry. Základem nosné části velké sestavy šibru jsou dvě boční konzoly a trojice podpěrných desek. Všechny nosné části jsou samostatně přišroubovány k rámu pohyblivé poloviny formy pomocí šroubů s vnitřním šestihranem. K nosným částem sestavy šibru jsou také připojeny další části sestavy sloužící pro vedení pohyblivé části sestavy šibru jako boční lišty s kluznými destičkami a spodní kluzné desky. Nepohyblivou část sestavy uzavírá zadní deska s hydraulickým válcem připevněna k bočním konzolám.

Pohyblivou část sestavy šibru tvoří zámek a šoupátko s uloženými bočními jádry. Boční jádra jsou vložena do šoupátka a ustavena pomocí zámku přišroubovaného k šoupátku. Přímočarý posuvný pohyb vyvolaný hydraulickým válcem je přes dvojici čepů uložených ve spojce přenesen na zámek pevně spojený se šoupátkem. Hydraulický válec je nakupovaný komponent od firmy Parker specializující se na prvky hydraulických obvodů. Hlavními parametry hydraulického válce jsou průměr válce a zdvih. Průměr válce společně s tlakem hydraulické kapaliny určuje uzavírací sílu hydraulického válce. Zdvih válce je zvolen na základě délky bočního jádra zasahujícího do dutiny formy. Při výsuvné délce jádra 175 mm je zdvih válce stanoven na 180 mm.[12]

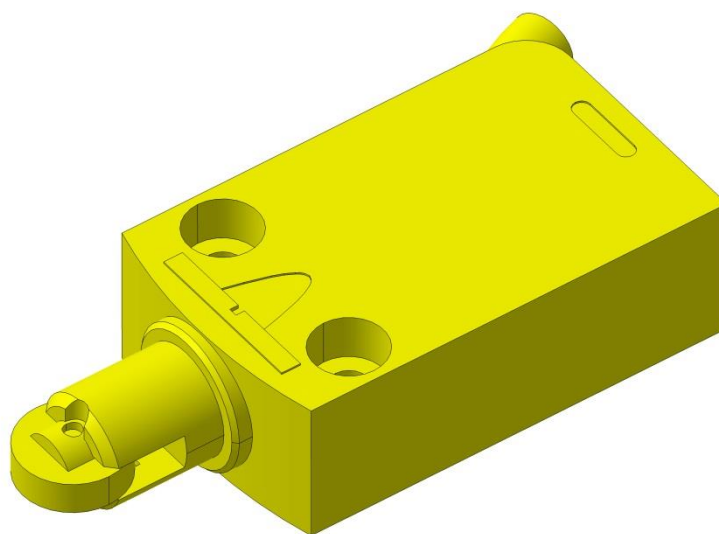


Obrázek 60 Velká sestava šibru

Koncové polohy pohyblivé části jsou nastaveny pomocí jednoduchého mechanismu koncových dorazů umístěných na tyči v předepsaném snadno nastavitelném rozmezí, které odpovídá požadovanému zdvihu pístu. Detekci koncové polohy provádí koncový spínač při kontaktu s dorazy. Koncový spínač je součástí nakoupenou od firmy Telemacanique.



Obrázek 62 Velká sestava šíbru



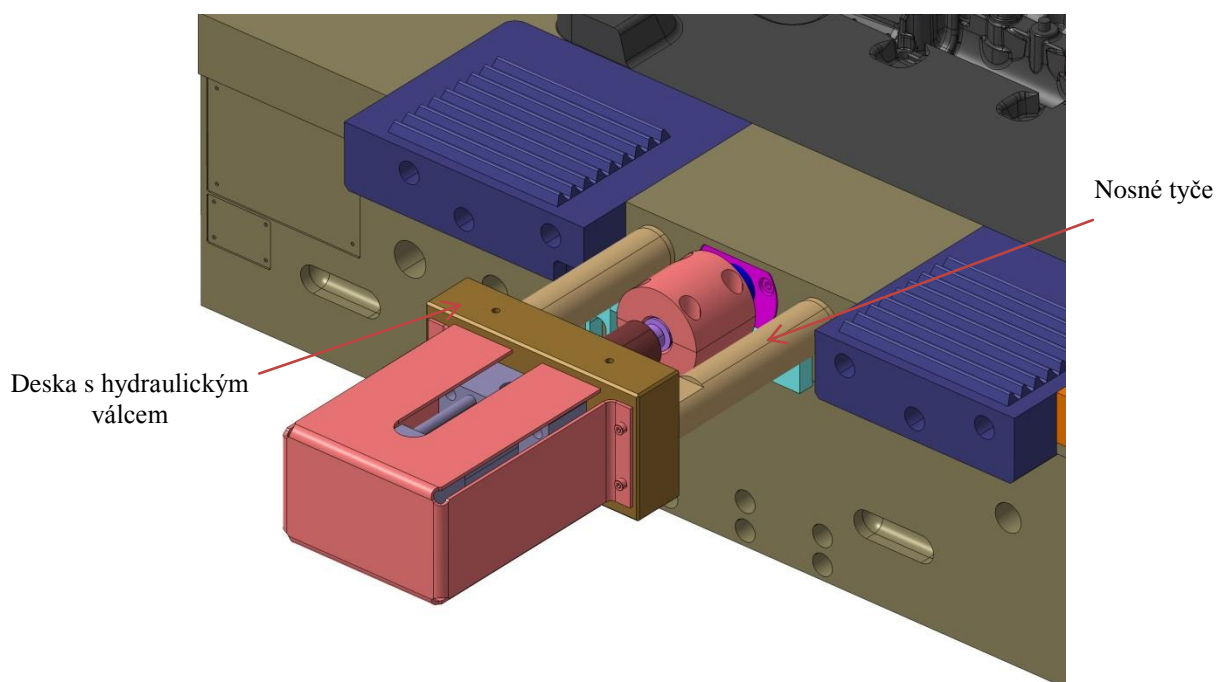
Obrázek 61 Koncový spínač

Malá sestava šíbru

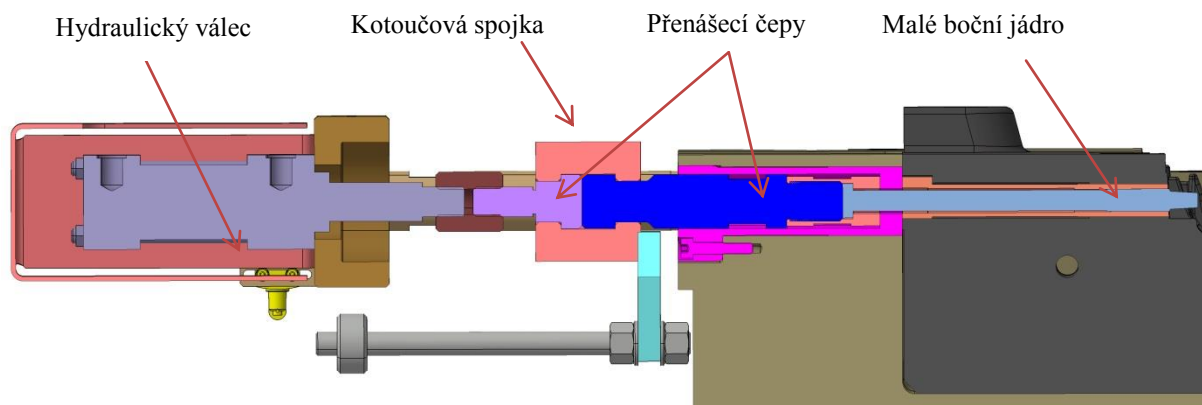
Malá sestava šíbru slouží pro ovládání malého bočního jádra během licího procesu. Posuvný pohyb od hydraulického válce je přenášén na jádro pomocí čepů spojených v kotoučové spojce. Malé boční jádro je vloženo do kotouče spojeného s pohyblivým čepem vystupující z kotoučové spojky.

Nosnou konstrukci tvoří dvojice tyčí spojených s rámem nepohyblivé poloviny formy a deskou s hydraulickým válcem.

Kontrola polohy malého bočního jádra je prováděna také pomocí koncového spínače a dorazu.



Obrázek 63 Malá sestava šíbru



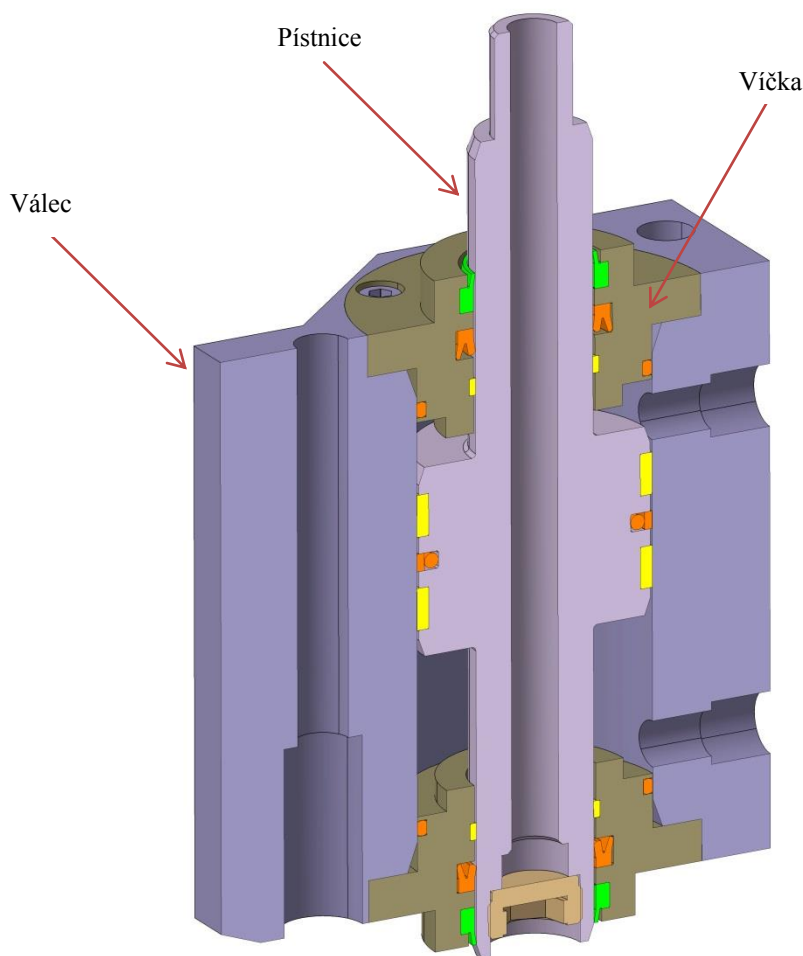
Obrázek 64 Řez malou sestavou šíbru

Hydraulický válec

Hydraulicky ovládaná část formy umožňuje pohyb šikmých jader po ztuhnutí odlitku. Rozměrová omezení v prostoru formy znemožnila použití jednodušší varianty nakupovaných hydraulických válců. Válec je nutné vyrobit s předem danými maximálními vnějšími rozměry určenými velikostí kapsy obrobene v rámu pohyblivé poloviny formy (160x155x114).

Hydraulický válec je navržen jako dvojčinný skládající se z válce, pístnice, dvojice víček a potřebných těsnících a vodících elementů. Vnitřek válce tvoří pracovní prostor, do kterého je přiváděno tlakové médium vyvrtnými otvory s těsnícím závitem Rp 3/8. Dutá pístnice slouží jako pohyblivý člen válce a zároveň jako uložení šikmého jádro. Víčka na koncích hydraulických válců uzavírají pracovní prostor válce. Jsou přišroubována k válci pomocí čtveřice šroubů s vnitřním šestihranem. Ochrana proti úniku tlakového média z pracovního prostoru válce zajišťují hydraulická těsnění vložená do vnější drážky víčka. Víčko dále obsahuje trojici drážek na vnitřním průměru pro stírací kroužek nečistot, pístnicové těsnění chránící před únikem tlakové kapaliny a vodící kroužek pístnice pro přesné přímočaré vedení pístnice ve válci.

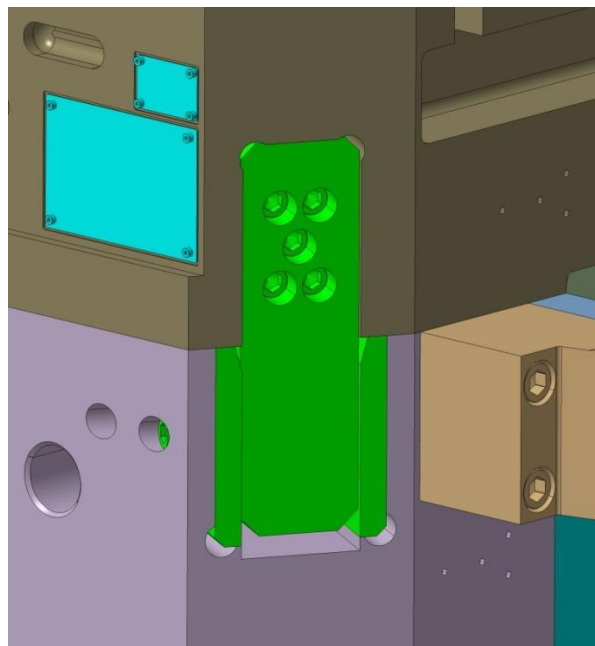
Pístnice s pístem je vyrobena jako jedna součást, na pístu je opatřena třemi drážkami pro dvojici vodících kroužků a těsnění.



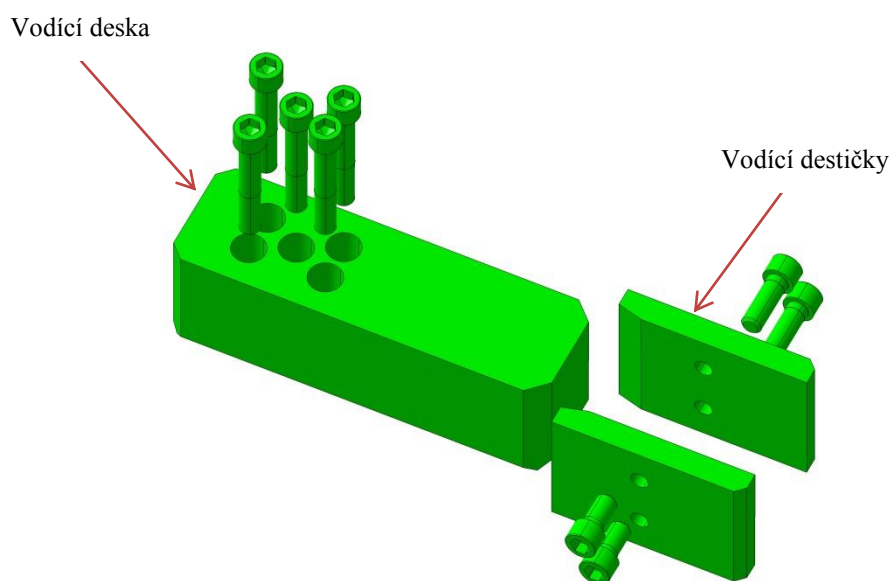
Obrázek 65 Řez hydraulickým válcem

7.3.7 Vedení formy

Vedení pohyblivé poloviny vůči polovině nepohyblivé zajišťuje externí sestava vedení umístěná v rozích rámu. Sestava je tvořena vodící deskou uloženou v kapse a přišroubovanou pětici šroubů s vnitřním šestihranem k rámu nepohyblivé poloviny formy a dvojicí vodících destiček umístěných po stranách v kapsách v rozích rámu pohyblivé poloviny formy. Plochy vedení, u kterých dochází během pracovního procesu ke kontaktu, musí být kalené a broušené pro zajištění přesného vedení s dlouhou životností. Nevýhoda umístění vedení v rozích příslušného rámu spočívá v rozšíření rozměru rámu. Zvyšuje se tak cena rámu resp. nástroje. Výhodou externího vedení je však snadná a rychlá výměna v případě poškození některého z komponentů.



Obrázek 66 Vedení při zavřené formě

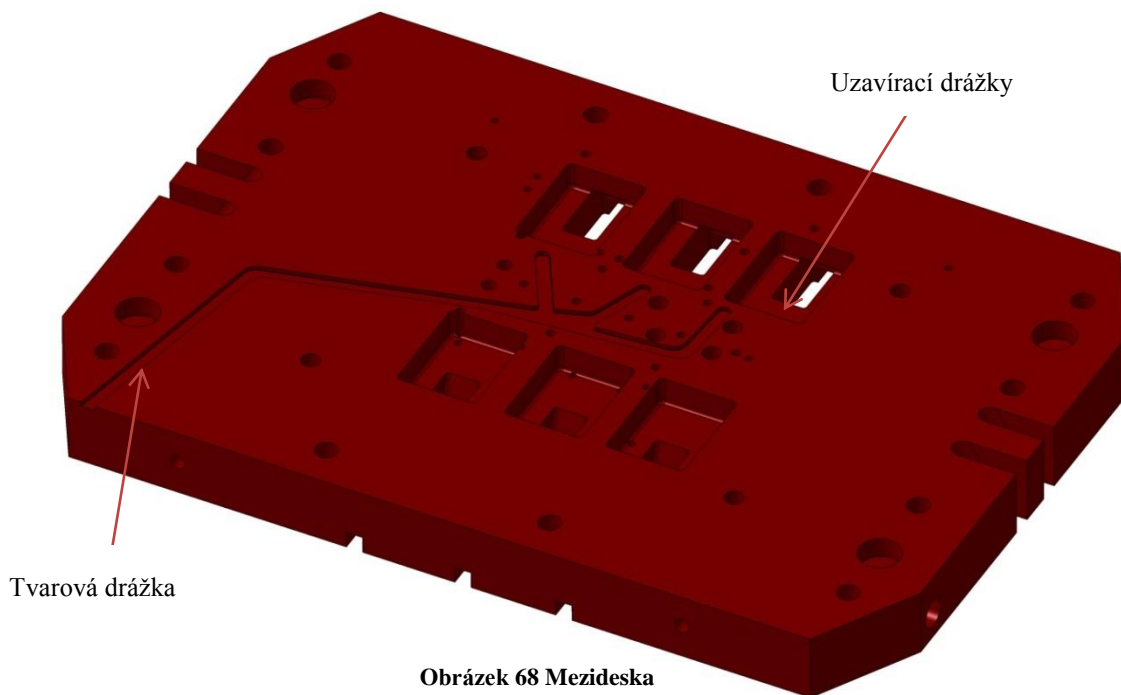


Obrázek 67 Vedení formy

7.3.8 Mezideska formy

Deska umístěná mezi rámem a stojinami pohyblivé poloviny formy. Hlavní funkce mezidesky spočívá v uzavření kapes rámu, ve kterých jsou vloženy a upevněny hydraulické válce pohybuující bočními jádry. Deska má na horní straně 6 drážek, které při spojení s rámem přesně dosednou na kapsy s hydraulickými válci a dochází tak k uzavření prostoru válců a k jejich ochraně proti možnému poškození.

Deska dále obsahuje jednu tvarovou drážku, ve které jsou uloženy kabely pro prvky kontrolující teplotu a funkčnost hydraulických válců během pracovního cyklu. V desce je vyvrtána řada otvorů pro šrouby s vnitřním šestihranem zajišťující pevné spojení s rámem pohyblivé poloviny formy. Deska navíc obsahuje čtveřici otvorů pro zapuštění vodících kolíků vyhazovacího paketu, který popisuje následující část.

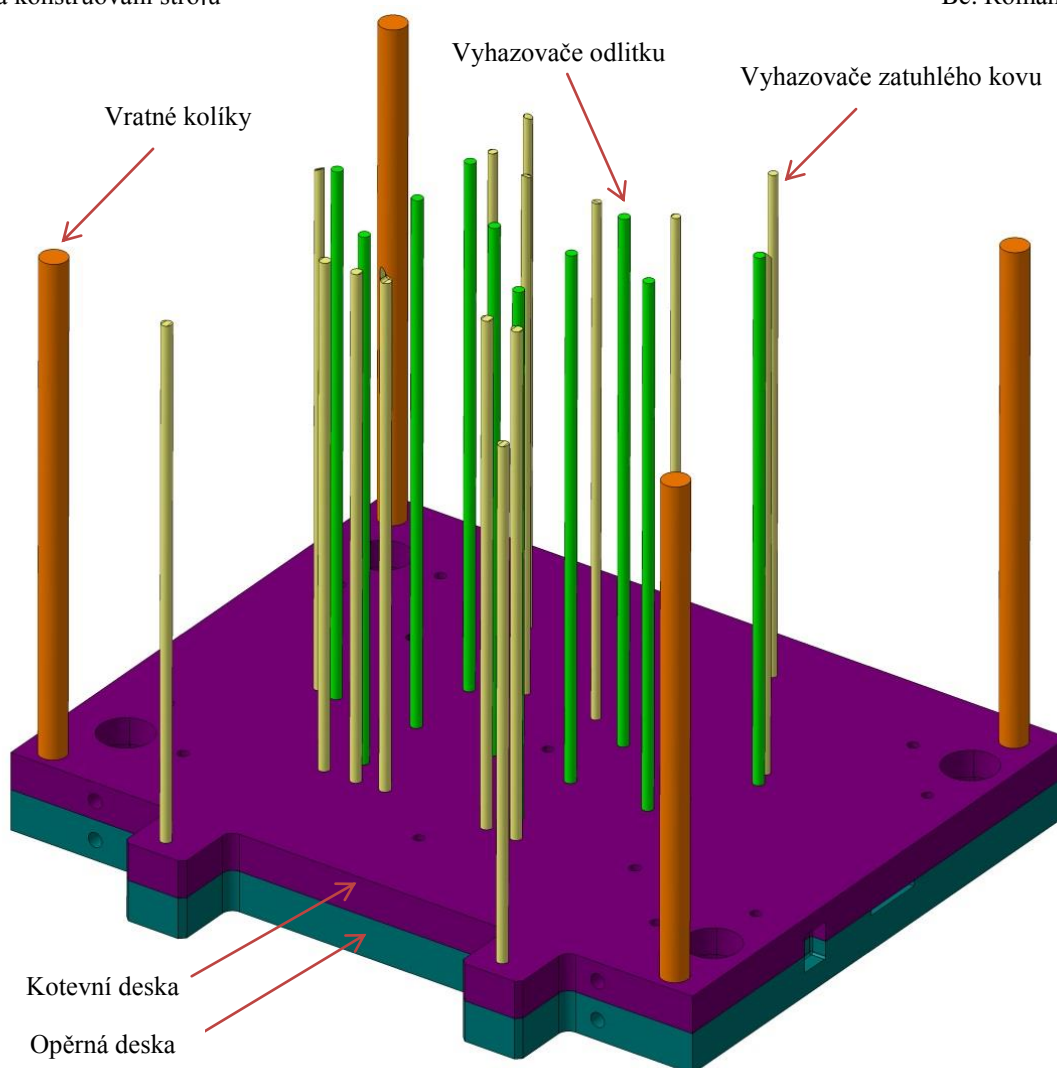


Obrázek 68 Mezideska

7.3.9 Vyhazovací paket

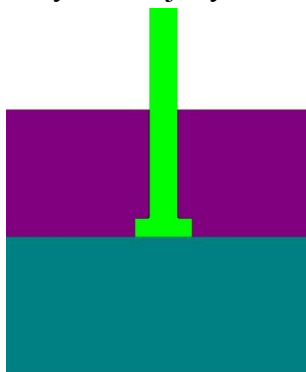
Hlavní funkce vyhazovacího paketu spočívá v bezpečném vyhození odlitku včetně ztuhlého kovu v kanálech. Paket tvoří kotevní a opěrná deska, vratné kolíky a vyhazovače. Vyhazovací paket dále obsahuje vedení, kontrolu polohy a nástavce na lící stroj.

Odlitek a kov zatuhlý ve vtokových a odvzdušňovacích kanálech je vyhozen z prostoru tlakové lící formy pomocí vyhazovačů. Vyhazovače jsou uloženy v předvrtaných otvorech uvnitř kotevní desky a opěry spodní válcovou dosedací plochou o desku opěrnou. Horní plocha každého vyhazovače odlitku je obrobena tak, aby co nejlépe kopírovala okolní tvarovou plochu a nevznikaly kruhové vyvýšeniny nebo propadliny na odlitku. Vyhazovače odlitku jsou umístěny na rovinných plochách odlitku, horní plocha vyhazovače je tedy také rovinná. Vyhazovače zatuhlého kovu umístěné ve vtokových a odvzdušňovacích kanálech kopírují tvarové plochy kanálů, aby nebránily proudu tekoucího kovu.



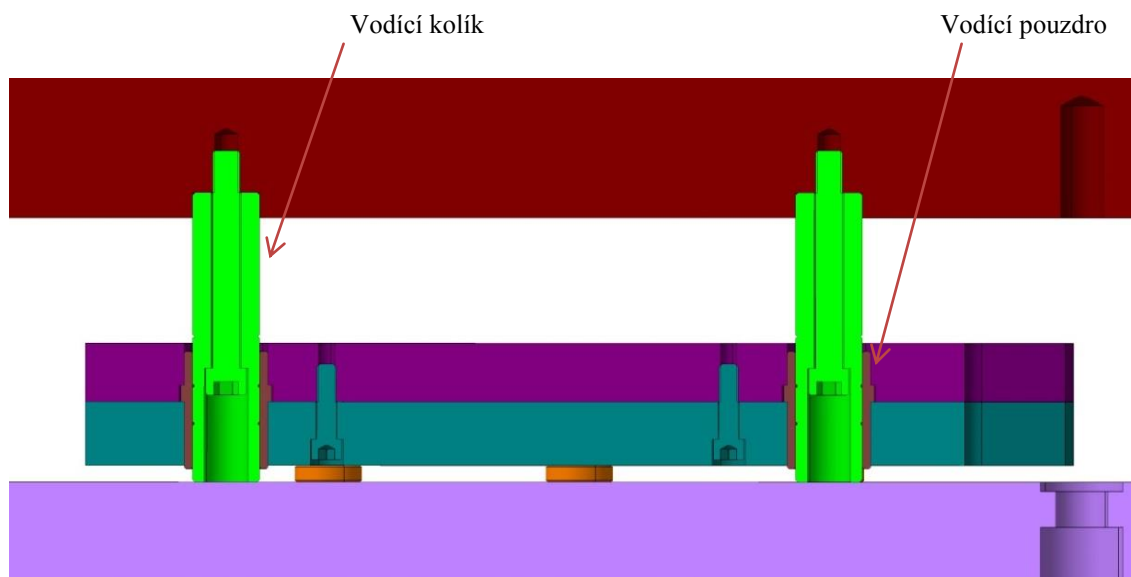
Obrázek 69 Vyhazovací paket

Vratné kolíky slouží pro navrácení vyhazovacího paketu do počáteční polohy před každým pracovním cyklem. Jsou uloženy stejně jako vyhazovače v kotevní desce a opřeny o opěrnou desku. Procesu vyhození nejprve předchází otevření tlakové licí formy a vysunutí bočních a šikmých jader, následuje přímočarý pohyb vyhazovacího paketu směrem k odlitku do doby, než je dosaženo vyhození odlitku. Vysunuté vratné kolíky při uzavírání formy narazí jako první na nepohyblivou polovinu formy a vracejí vyhazovací paket do počáteční polohy.



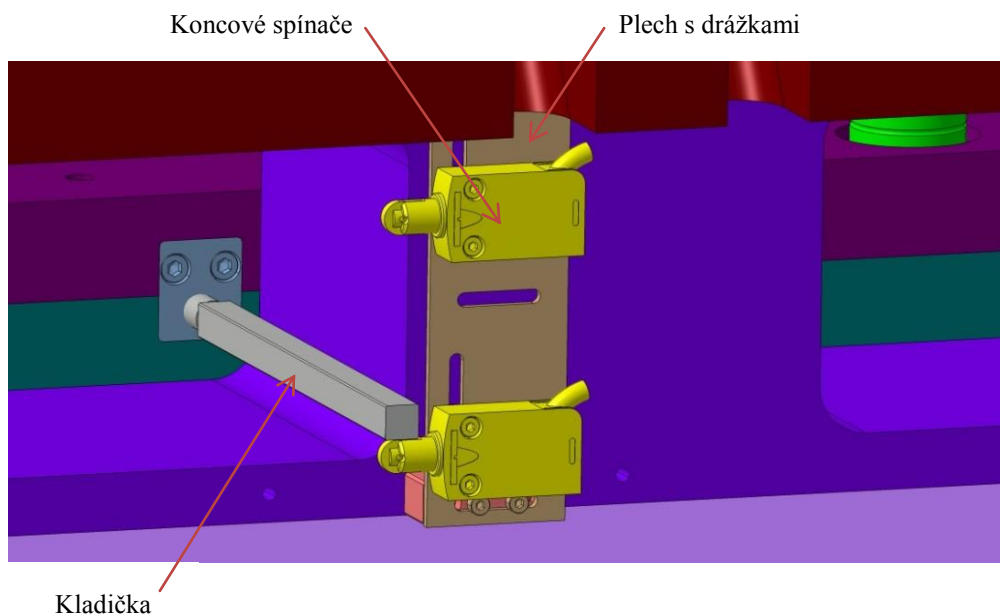
Obrázek 70 Uložení vyhazovačů uvnitř desek

Vedení vyhazovacího paketu umožňují čtyři válcová vedení tvořená vodícím kolíkem a vodícím pouzdrům. Vodící kolík je přišroubován k mezidesce pomocí šroubu s vnitřním šestihranem umístěným uvnitř každého vodícího kolíku a opřen o upínací desku. Vodící pouzdro je uloženo mezi kotevní a opěrnou desku.



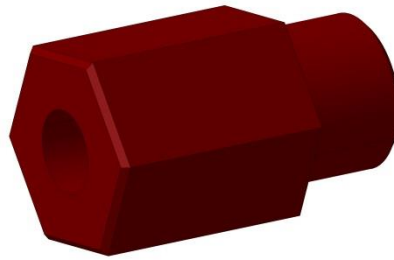
Obrázek 71 Řez vedením vyhazovacího paketu

Kontrola polohy vyhazovacího paketu je prováděna pomocí dvojice koncových snímačů, mezi kterými se pohybuje kladička spojená s jednoduchou deskou přišroubovanou ke kotevní desce. Koncové snímače mají rozstup rovnající se zdvihu vyhazovacího paketu a jsou umístěny na plechu s vyfrézovanými drážkami pro jednoduché přestavení rozstupu snímačů.



Obrázek 72 Kontrola polohy vyhazovacího paketu

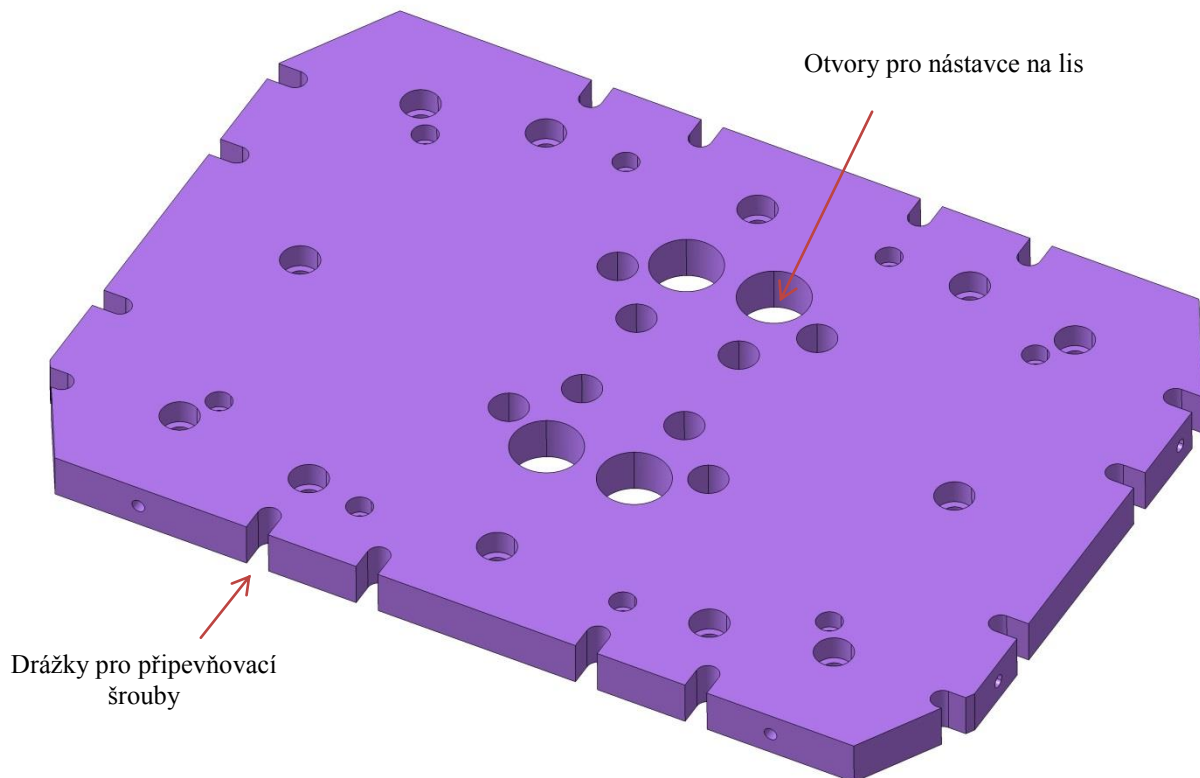
Nástavce na licí stroj slouží pro spojení vyhazovacího paketu s pohyblivou částí licího stroje. Nástavce jsou přišroubovány k opěrné desce a uvnitř těla mají otvor pro závitové tyče spojené s pohyblivou částí licího stroje.



Obrázek 73 Nástavec na lis

7.3.10 Upínací deska

Bezpečné a spolehlivé upnutí pohyblivé poloviny formy obstarává upínací deska. Upnutí je provedeno pomocí T šroubů vložených do drážek zhotovených po obvodu upínací desky. Deska je spojena s okolními komponenty pohyblivé poloviny formy pomocí šroubů vložených do předvrtaných otvorů. Dále deska obsahuje otvory pro nástavce na licí stroj, které spojují vyhazovací paket s licím strojem.



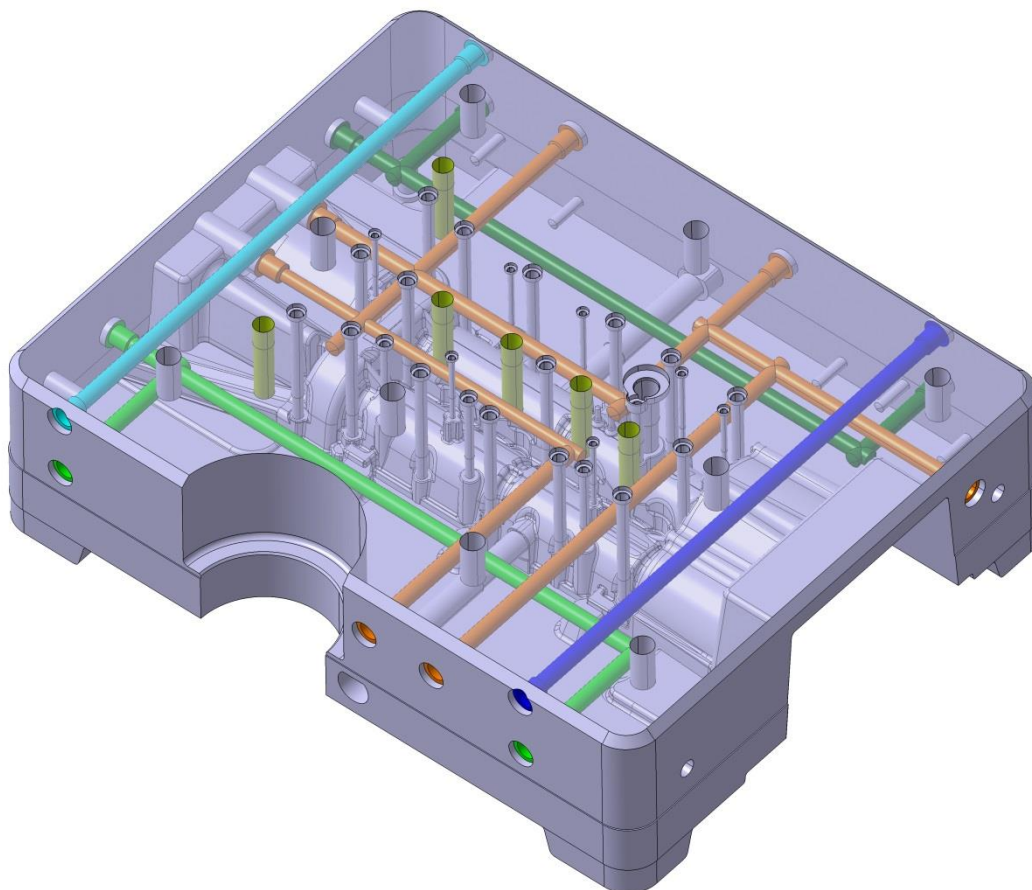
Obrázek 74 Upínací deska

7.3.11 Temperace formy

Proudící tavenina o teplotě 680°C odevzdává teplo do svého okolí a dochází tak k poklesu rychlosti proudu. Mohou vznikat vady odlitku jako např. studené spoje nebo staženiny. Zároveň jsou prvky formy ve styku s taveninou tepelně namáhány, výrazně se tak snižuje jejich životnost. K odstranění těchto nežádoucích účinků napomáhají temperační okruhy, ve kterých během licího procesu proudí temperační médium (minerální olej), snižuje se tak vliv cyklického namáhání způsobeného výkyvem teplot. Umístění temperačních okruhů volí konstruktér formy na základě zkušeností nebo na základě výsledků simulací licího procesu. Médium je do temperovaných součástí formy přiváděno pomocí trubek s koncovkami, které jsou napojeny na vnější příklady temperačního média. Forma obsahuje několik na sobě nezávislých temperačních okruhů (temperace tvarových vložek, temperace vtokové soustavy, temperace bočních jader atd.), které jsou detailně popsány v této kapitole.

Temperace tvarové vložky nepohyblivé poloviny formy

Temperační okruhy jsou tvořeny vyvrtanými otvory blízko tvarové plochy pro co největší účinnost temperace. Zároveň byla poloha vyvrtaných otvorů volena tak, aby temperační otvory nekolidovaly s předvrtanými otvory pro jádra. Na spodním obrázku jsou barevně rozlišeny jednotlivé temperační okruhy.



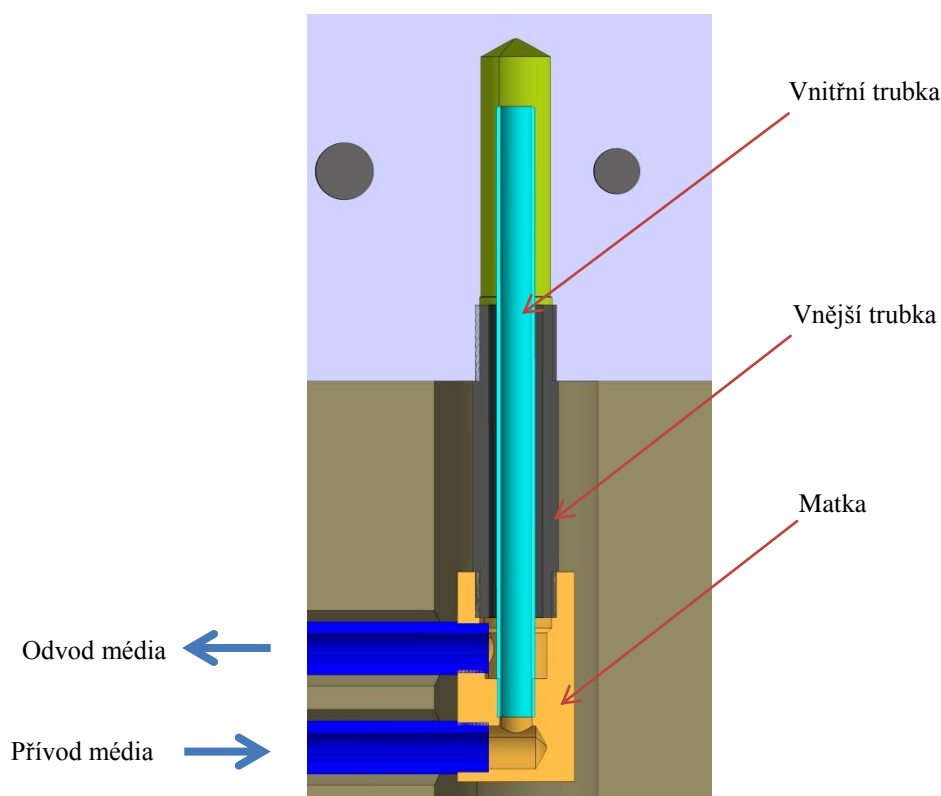
Obrázek 75 Temperace tvarové vložky nepohyblivé poloviny formy

K ochlazení tvarové vložky pro urychlení tuhnutí taveniny po vyplnění tvarové dutiny formy dochází pomocí sond vložených do otvorů uvnitř tvarové vložky. Těmito otvory proudí demineralizovaná voda o teplotě 20°C. Sestava sondy se skládá ze tří částí.

Základním prvkem sestavy je matka ve tvaru šestihranu s vyvrtaným neprůchozím otvorem ve středu. Jedna boční plocha obsahuje dva otvory se závity, kterými je pomocí zašroubovaných trubek do prostoru sestavy sondy přiváděna voda.

Dalším prvkem sestavy je vnější trubka zašroubovaná jedním koncem do matky a druhým do závitu, zhotoveným ve tvarové vložce.

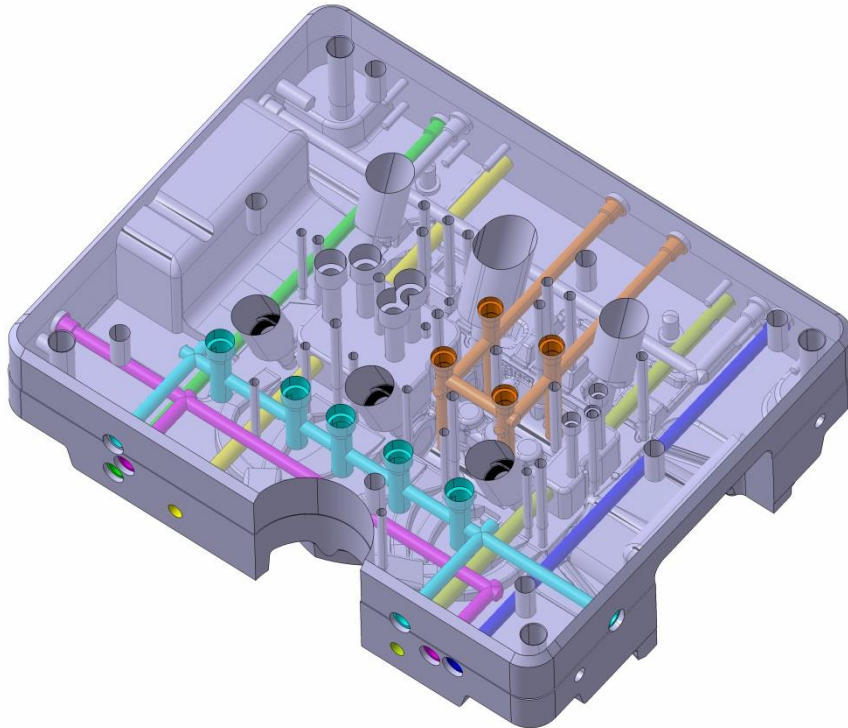
Poslední částí sestavy je vnitřní trubka, která je jedním koncem zašroubována do matky mezi dva boční otvory. Druhý konec je volně vložen do otvoru se závitem ve tvarové vložce. Voda dopravená do matky prochází nejprve vnitřní trubkou do prostoru otvoru ve tvarové vložce, následně do mezikruží mezi vnitřní a vnější trubkou, kterým je navedena do výstupního otvoru z matky přímo do trubky odvádějící vodu z prostoru formy.



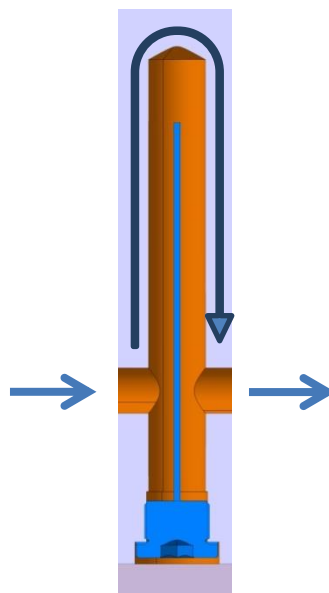
Obrázek 76 Řez chladicí sondou

Temperace tvarové vložky pohyblivé poloviny formy

Stejně jako u vložky nepohyblivé poloviny formy jsou temperační okruhy tvořeny vyvrtanými otvory. Výškové rozdíly tvarové plochy ztěžují rovnoměrnou temperaci na celém povrchu tvarové plochy. V tomto případě je možné použít přepážku uloženou v otvoru vedoucím k vyvýšené tvarové ploše. Na spodním obrázku jsou barevně rozlišeny jednotlivé temperační okruhy.

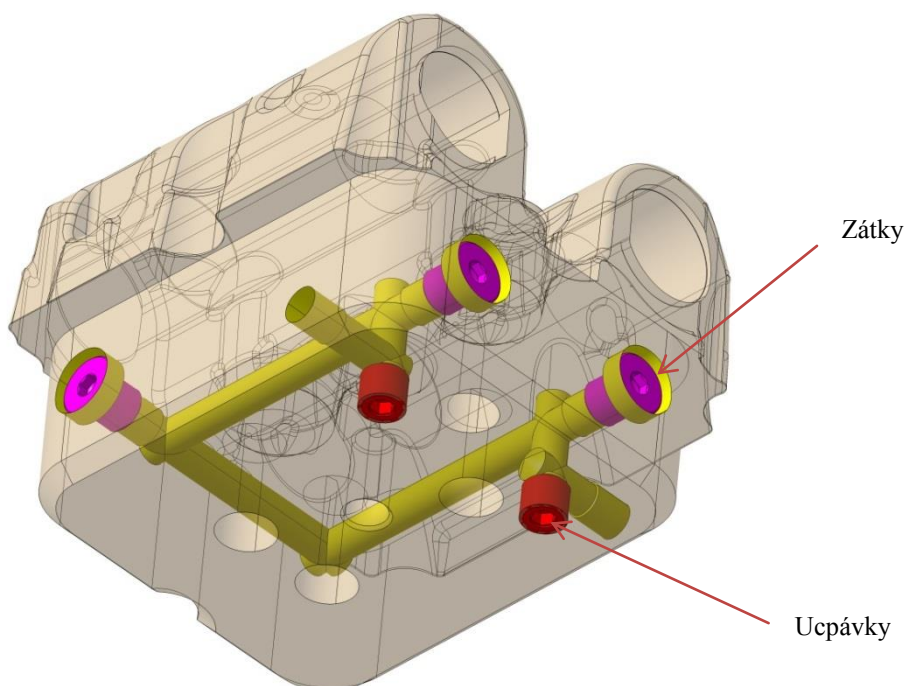


Obrázek 77 Temperace tvarové vložky pohyblivé poloviny formy



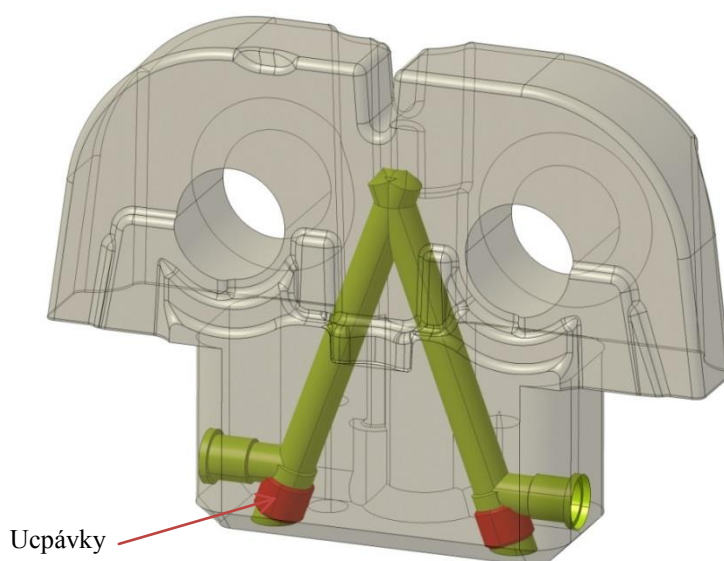
Obrázek 78 Funkce přepážky vložené do otvoru

Menší tvarové vložky využívají vyvrtaný labyrint pro průchod média a temperaci vložky. Proud média je do vložky přiveden trubkou vloženou do otvoru v rámu, která je na konci zašroubována pomocí těsnícího závitu. Následně je usměrňován v labyrintu pomocí trojice zátek a dvojice ucpávek.



Obrázek 79 Temperace menší tvarové vložky

Druhá menší tvarová vložka díky svému úzkému a vysokému rozměru využívá dvojice otvorů vyvrtaných do tvaru V, které účinně dokáží temperovat horní tvarovou plochu. Médium je do vložky přiváděno trubkou vloženou do otvoru v rámu, zašroubovanou těsnícím závitem do těla vložky. Spodní otvory jsou uzavřeny pomocí dvojice ucpávek.

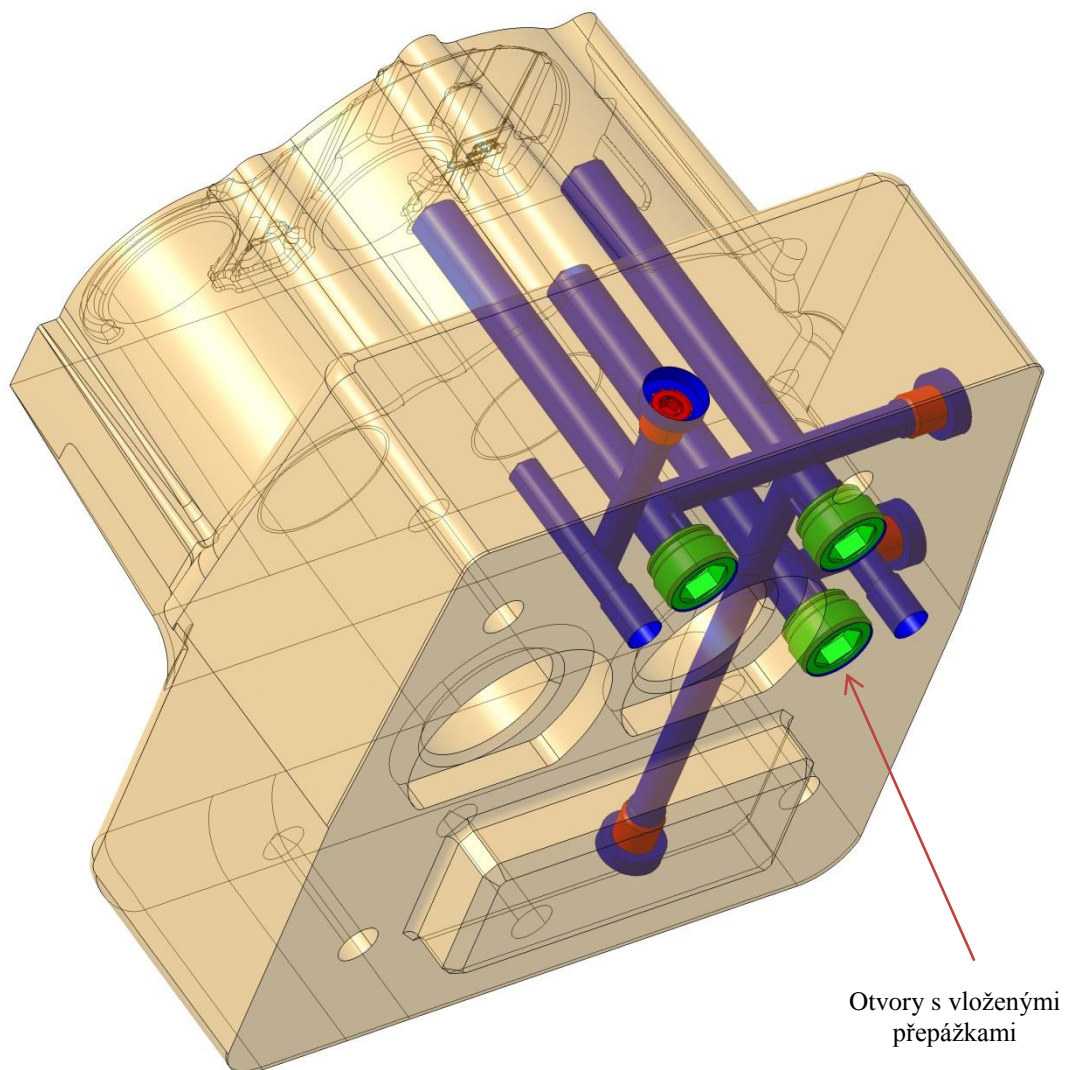


Obrázek 80 Temperace menší tvarové vložky

Temperace sestavy šíbru

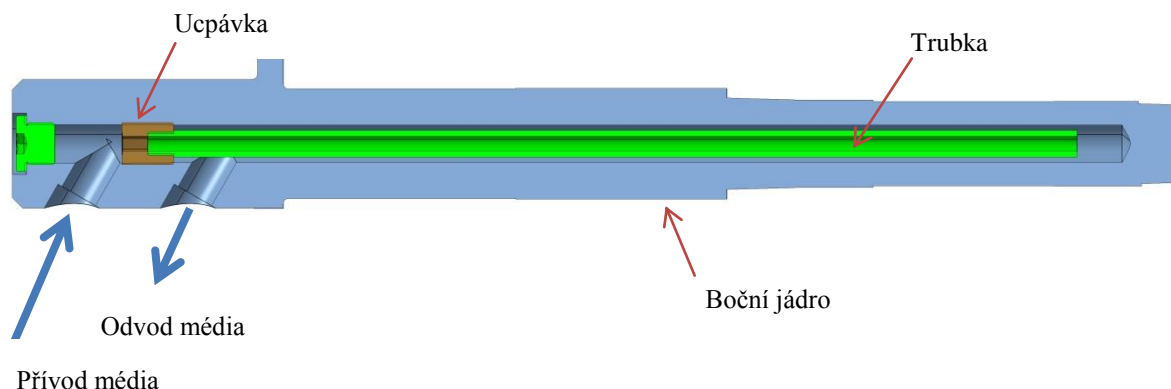
Temperace v sestavě šíbru probíhá pouze u bočních jader a šoupátka. Právě tyto komponenty se v průběhu licího cyklu dostávají do kontaktu s taveninou a je tedy nutné kontrolovat jejich teplotu pomocí temperačního média.

Horní tvarová plocha šoupátka tvoří boční část dutiny formy, proto je důležité ovládat teplotu této plochy. K tomuto účelu slouží trojice vyvrtaných otvorů o průměru 15mm vedoucích ke tvarové ploše, uvnitř kterých je vložena přepážka pro usměrnění proudu média. Dále jsou v šoupátku vyvrtány díry, kterými je médium přiváděno, rozváděno a následně po předání tepla vyvedeno ze šoupátka.



Obrázek 81 Temperace šoupátka

Boční jádra využívají pro temperaci jednoduchého principu proudění média v mezikruží. Uvnitř jádra je vyvrtán otvor o průměru 15mm, z boku jsou napojeny dva otvory pro přívod a odvod média z jádra. Do otvoru je vložena zátka s našroubovanou trubkou, jejíž vnější průměr je o 5mm menší než průměr vyvrtané díry. Médium je přivedeno stejně jako u předešlých součástí pomocí trubky do spodního bočního otvoru jádra a dále proudí přes vnitřní otvor zátky do trubky. Odtud vytéká do mezikruží mezi trubkou a jádrem. Mezikružím se médium dostává k hornímu bočnímu otvoru, kterým je následně odvedeno z bočního šoupátka.



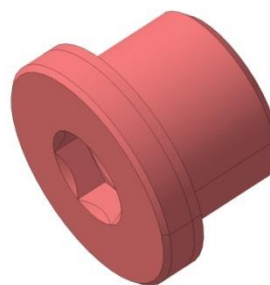
Obrázek 82 Temperace bočního šoupátka

Prvky temperačních okruhů

Jednoduché prvky sloužící k zefektivnění temperačních okruhů tím, že usměřňují proud média v předvrtaných otvorech. Temperační okruhy využívají prvků jako přepážek, ucpávek, zátek a koncovek. Zátka slouží především pro uzavření a utěsnění vyvrtaných otvorů. Ucpávky bez vnitřního otvoru slouží také k uzavření otvoru, pokud je do ucpávky vyvrtán otvor, je možné usměřňovat při temperaci v mezikruží proud média. Přepážka slouží pro přehrazení uvnitř otvoru, aby byla temperace co nejefektivnější. Koncovkami je přiváděno médium do temperačních okruhů.



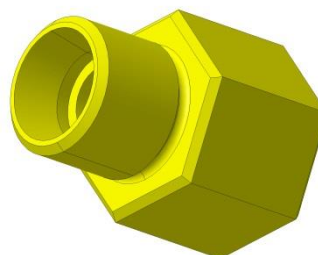
Obrázek 84 Ucpávka s vnitřním otvorem



Obrázek 83 Zátka



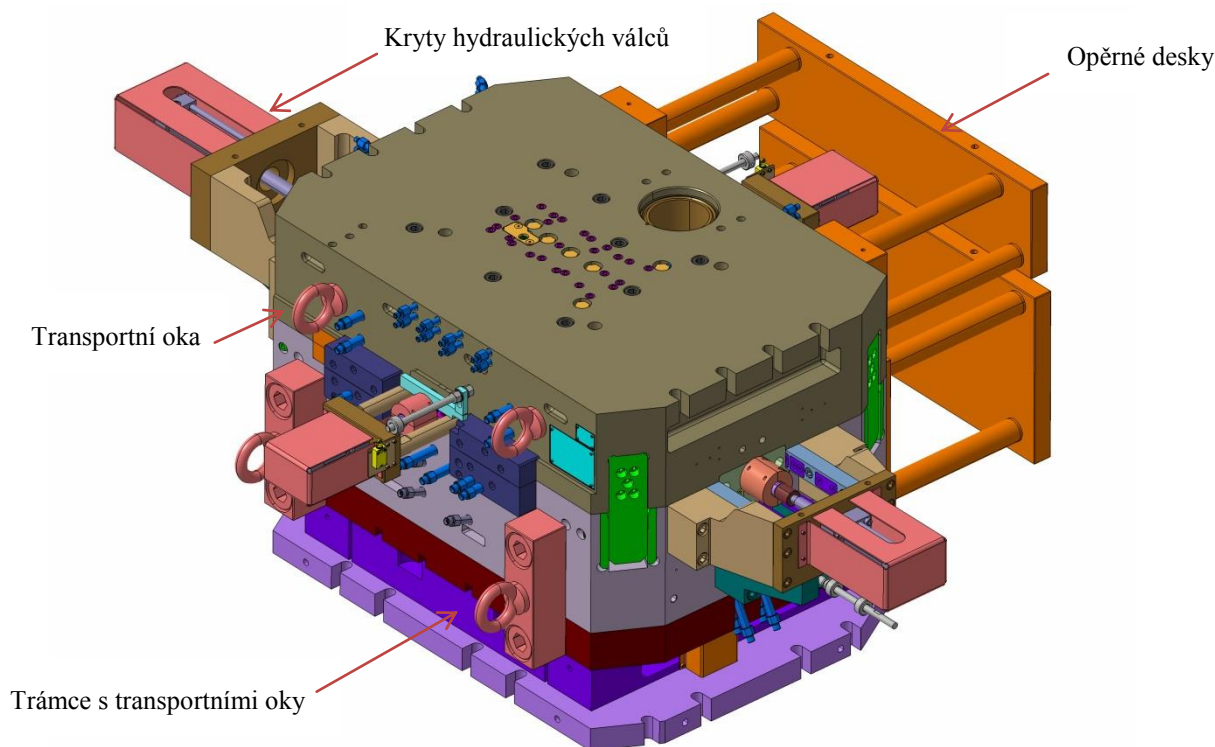
Obrázek 86 Přepážka



Obrázek 85 Koncovka

7.3.12 Transportní prvky formy

Transportní prvky umožňují přemísťování formy mezi skladovacím prostorem a pracovním prostorem lícího stroje. Forma je opatřena 4 transportními oky, po dvou na každé polovině formy. Rozmístění transportních ok je zvoleno z hlediska dostupného prostoru na boční ploše formy a zároveň tak, aby je bylo možné bezpečně připojit k transportnímu jeřábu a nedošlo k naklonění během transportu.



Obrázek 87 Sestava formy s transportními prvky

Nepohyblivá polovina formy je opatřena dvojicí transportních ok s velikostí závitu M36 zašroubovaných do rámu. Rozteč středových rovin obou ok je 685mm a vzdálenost od boční plochy rámu je u obou ok 290mm.

Pohyblivá polovina formy obsahuje trámce s transportními oky. Trámec je spojen s rámem a mezideskou pro lepší stabilitu formy při transportu pomocí dvou šroubů M56x90. Mezi otvory pro šrouby na trámci je vyvrtána díra se závitem M36 pro zašroubování transportního oka. Rozteč transportních ok na spodní polovině formy je 825mm a vzdálenost středu transportního oka od boku rámu je 220mm.

Forma je dále opatřena prvky, které nejsou přímo zapojeny do procesu přemístění formy, ale při transportu chrání některé části formy proti poškození, která by mohla nastat při nesprávné manipulaci během transportu formy. Mezi tyto prvky patří např. kryty chránící hydraulické válce sestavy šibrů před možným nárazem do překážky.

Dalšími prvky jsou opěrné desky, které slouží pro opření formy během transportu. Opěrné desky jsou upevněny pomocí 4 tyčí uložených v upínacích deskách. Upínací desky jsou v případě nepohyblivé poloviny formy připojeny k rámu. V případě pohyblivé poloviny formy jsou připojeny k mezidesce a rámu.

8. Závěr

Cílem diplomové práce bylo vytvořit podle zadaného dílu víka hlavy válců konstrukční návrh formy pro tlakové lití kovu doplněný o výkresovou dokumentaci.

Jako zadání práce posloužil 3D model víka hlavy válců spalovacího motoru ve formátu STEP. Z 3D modelu bylo nejprve nutné vytvořit funkční plochy, podle kterých jsou následně obrobena tvarové vložky obou polovin formy.

Nejprve byly navrženy dvě varianty vtokové soustavy s odvodušňovací soustavou, které posloužili jako vstupní data pro numerické simulace vysokotlakého lití. Počáteční a okrajové podmínky simulace byly pro obě varianty vtokové soustavy totožné.

Na základě numerické simulace bylo možné vyhodnotit proces lití z hlediska plnění dutiny formy, tuhnutí odlitku, doby zaplnění dutiny a možného výskytu vad v odlitku. Obě varianty vtokového systému byly schopny vyplnit dutinu formy. Simulace tuhnutí odlitku upozornila na části odlitku a vtokového systému, které je nutné během licího procesu intenzivně chladit. Během licího procesu dochází k uzavírání vzduchu uvnitř taveniny, který má za následek vznik vad uvnitř a na povrchu odlitku. Výskyt vad v odlitku bylo hlavní kritérium pro výběr vhodného vtokového systému, od které se následně odvíjí samotná konstrukce tlakové licí formy.

Další část této práce se zabývá konstrukcí tlakové licí formy a popisem funkce a umístění důležitých komponent. Sestava formy se skládá z pohyblivé a nepohyblivé poloviny. Každá polovina formy obsahuje rám, který slouží jako základna dané poloviny. Do rámu byly vloženy tvarové vložky a šoupátka, které vytvoří dutinu formy odpovídající odlitku. Následně bylo nutné ustavit všechna jádra zhotovující v odlitku otvory. Forma byla dále opatřena vyhazovacími deskami a vyhazovači sloužící pro vyhození odlitku z prostoru formy po ztuhnutí. Následně musely být umístěny vodící elementy pro vedení polovin formy. Jako poslední byla forma vybavena prvky pro manipulaci formy.

Navržené konstrukční řešení splňuje kompletně požadavky zadavatele práce. Výkresová dokumentace sestavy tvárnice, podpěrné konzoly, sestavy chlazení a vyhazovače jsou společně s kompletním 3D modelem navrhovaného řešení součástí konstrukčního návrhu.

Použitá literatura:

- [1] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra I*. Praha: Computer Press, 1999
- [2] LEINVEBER, J., RASA, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: Scienta, spol. s.r.o. 1998
- [3] Konstrukce formy pro tlakové lití. [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: u12133.fsid.cvut.cz/podklady/MPL/konstrukce_forem.pdf
- [4] Výroba odlitků ze slitin hliníku. [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/ksm/obsah/vyuka/MV-cv_3.pdf
- [5] Odlévání kovu do pískových forem. [online]. [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://www.custompartnet.com/wu/SandCasting>
- [6] Vysokotlaké licí stroje se studenou komorou. [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.dynacast.com/cold-chamber-die-casting>
- [7] Vysokotlaké licí stroje se teplou komorou. [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.dynacast.com/hot-chamber-die-casting>
- [8] Základy teorie a technologie slévárenství. [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: http://www.fmmi.vsb.cz/export/sites/fmmi/cs/studium-a-vyuka/studijni-opory/Zaklady_theorie_a_technologie_slevarenstvi.pdf
- [9] Prvky pro tlakové lití. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: http://www.diecastingdesign.org/standards/402_pdf/chapter02.pdf
- [10] Hliníkové slitiny pro pískové a kokilové lití. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: http://www.trimet.cz/cz/sv_EN_AB-46000.php
- [11] Materiálový list DIEVAR. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://www.empiredie.com/empire-die-casting/resource-center/downloads/pdf/dievar.pdf>
- [12] Katalog hydraulických válců PARKER. [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://ph.parker.com/us/en/hydraulic-cylinders>
- [13] Gravitační lití kovu. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://www.lecreuset.co.za/blog/classic-heritage-history-skills-behind-cast-iron-cookware>
- [14] Nízkotlaké lití kovu. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1392>
- [15] Pracovní cyklus vysokotlakého licí. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://www.dynacast.com/cold-chamber-die-casting>
- [16] Stroj se studenou komorou. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://www.dynacast.com/cold-chamber-die-casting>
- [17] Stroj s teplou komorou. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://www.dynacast.com/hot-chamber-die-casting>
- [18] Trvalá forma pro odlévání kovu. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: http://www.hsmolds.com/product.asp?id_code=00020002
- [19] Schéma netrvalé formy. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://what-when-how.com/materialsparts-and-finishes/sand-castings/>

- [20]Postup odlévání metodou dvou rámmů. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z:
<http://www.china-investmentcastings.com/sand-casting.html>
- [21]Vtoková soustava. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z:
http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2621
- [22]Tlaková licí forma. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z:
<http://www.titusplus.com/en/products/tooling/about/>
- [23]Schéma tlaková licí formy. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z:
http://www.wikiwand.com/en/Die_casting
- [24]Statické od vzdušňovací ventily. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z:
<http://www.castool.com/product/chill-vents>
- [25]Dynamické od vzdušňovací ventily. [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z:
<http://www.vdssa.ch/en/productssummary.php>

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Rozdělení technologií odlévání kovu [4]	9
Obrázek 2 Gravitační lití kovu [13]	10
Obrázek 3 – Nízkotlaké lití [14].....	10
Obrázek 4- Pracovní cyklus vysokotlakého lití [15].....	11
Obrázek 5 - Stroj se studenou licí komorou [16]	12
Obrázek 6 - Stroj s teplou licí komorou [17]	12
Obrázek 7 - Trvalá forma pro odlévání kovu [18]	13
Obrázek 8 - Schéma netrvalé formy [19]	13
Obrázek 9 - Postup odlévání metodou dvou rámců [20]	14
Obrázek 10 - Vtoková soustava [21].....	15
Obrázek 11 - Tlaková licí forma [22].....	16
Obrázek 12 - Schéma tlakové licí formy [23]	16
Obrázek 13 - Vtokový systém.....	17
Obrázek 14 - Statické odvzdušňovací ventily [24]	18
Obrázek 15 - Dynamický odvzdušňovací ventily [25].....	18
Obrázek 16 - Vytvořené plochy dle zadaného dílu	20
Obrázek 17 Ořezová plocha	21
Obrázek 18 Plocha dílu	21
Obrázek 19 Plochy otvorů.....	22
Obrázek 20 Plochy ustavovacích výstupků.....	22
Obrázek 21 Výběhová plocha	22
Obrázek 22 Postup výroby tvarové vložky	23
Obrázek 23 Umístění dělicí roviny	24
Obrázek 24 Umístění vtokového naříznutí, odvzdušnění a bočních jader.....	24
Obrázek 25 Model odlitku, vtokové a odvzdušňovací soustavy	26
Obrázek 26 Výpočtová síť	26
Obrázek 27 Plnění dutiny formy	28
Obrázek 28 Tuhnutí odlitku	29
Obrázek 29 Doba zaplnění dutiny	30
Obrázek 30 Porezita způsobená změnou objemu odlitku	30
Obrázek 31 Vzduch uzavřený uvnitř odlitku	31
Obrázek 32 Vzduch uzavřený na povrchu odlitku	31
Obrázek 33 Model odlitku, vtokové a odvzdušňovací soustavy	32
Obrázek 34 Výpočtová síť	32

Obrázek 35 Plnění dutiny formy	34
Obrázek 36 Tuhnutí odlitku	35
Obrázek 37 Doba plnění dutiny	36
Obrázek 38 Porezita v odlitku vzniklá změnou objemu	36
Obrázek 39 Vzduch uzavřený uvnitř odlitku	37
Obrázek 40 Vzduch uzavřený na povrchu odlitku	37
Obrázek 41 Sestava formy pro tlakové lití.....	39
Obrázek 42 Pohyblivá polovina formy	40
Obrázek 43 Nepohyblivá polovina formy	40
Obrázek 44 Tvarová vložka pohyblivé poloviny formy	42
Obrázek 45 Tvarová vložka nepohyblivé poloviny formy.....	42
Obrázek 46 Rám nepohyblivé poloviny formy	43
Obrázek 47 Horní strana rámu pohyblivé poloviny formy	44
Obrázek 48 Spodní strana rámu nepohyblivé poloviny formy	44
Obrázek 49 Vtoková soustava s odlitkem	45
Obrázek 50 Vtoková komora	45
Obrázek 51 Vtoková vložka.....	46
Obrázek 52 Vložka komory	46
Obrázek 53 Odvzdušňovací soustava.....	47
Obrázek 54 Mezera mezi odvzdušňovači.....	47
Obrázek 55 Velké boční jádro.....	48
Obrázek 56 Malé boční jádro	48
Obrázek 57 Šikmé jádro	49
Obrázek 58 Ustavení přímých jader.....	49
Obrázek 59 Přímé jádro.....	49
Obrázek 60 Velká sestava šíbru	50
Obrázek 61 Koncový spínač	51
Obrázek 62 Velká sestava šíbru	51
Obrázek 63 Malá sestava šíbru.....	52
Obrázek 64 Řez malou sestavou šíbru	52
Obrázek 65 Řez hydraulickým válcem	53
Obrázek 66 Vedení při zavěšené formě	54
Obrázek 67 Vedení formy	54
Obrázek 68 Mezideska	55
Obrázek 69 Vyhazovací paket.....	56

Obrázek 70 Uložení vyhazovačů uvnitř desek	56
Obrázek 71 Řez vedením vyhazovacího paketu	57
Obrázek 72 Kontrola polohy vyhazovacího paketu	57
Obrázek 73 Nástavec na lis	58
Obrázek 74 Upínací deska.....	58
Obrázek 75 Temperace tvarové vložky nepohyblivé poloviny formy	59
Obrázek 76 Řez chladicí sondou	60
Obrázek 77 Temperace tvarové vložky pohyblivé poloviny formy.....	61
Obrázek 78 Funkce přepážky vložené do otvoru	61
Obrázek 79 Temperace menší tvarové vložky	62
Obrázek 80 Temperace menší tvarové vložky	62
Obrázek 81 Temperace šoupátka	63
Obrázek 82 Temperace bočního šoupátka	64
Obrázek 83 Zátka	64
Obrázek 84 Ucpávka s vnitřním otvorem	64
Obrázek 85 Koncovka	64
Obrázek 86 Přepážka.....	64
Obrázek 87 Sestava formy s transportními prvky	65



Seznam tabulek



Tabulka 1 Okrajové podmínky simulace	27
Tabulka 2 Okrajové podmínky simulace	33



Výkresová dokumentace



Sestava tvárnice	01.14.1.000
Podpěrná konzola	01.14.2.127
Sestava chlazení	01.14.1.063
Vyhazovač	01.14.2.045

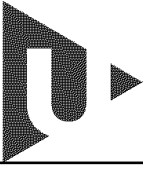

Volně vložené přílohy

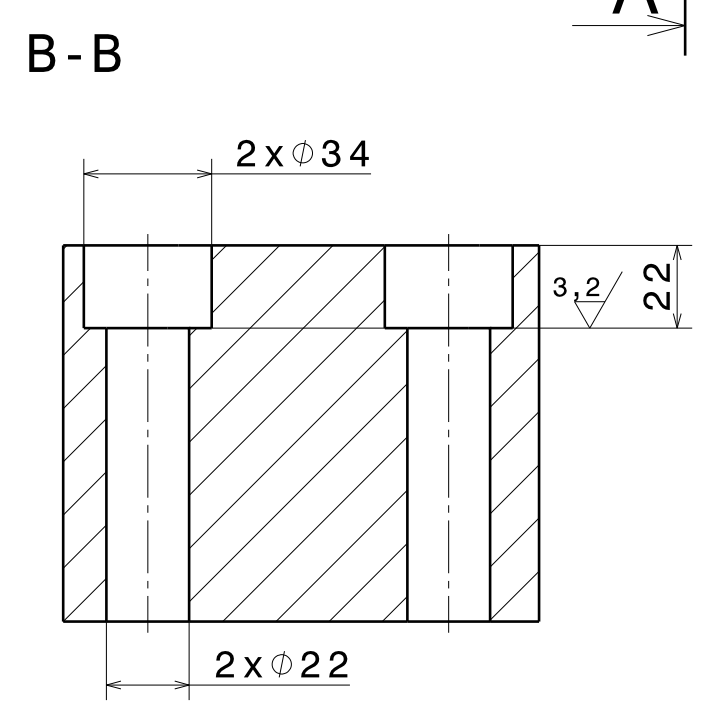
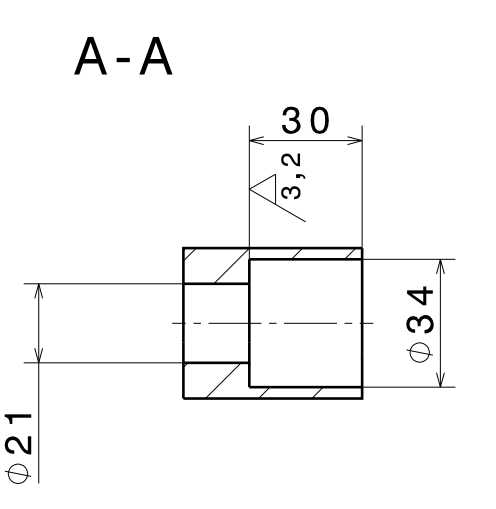
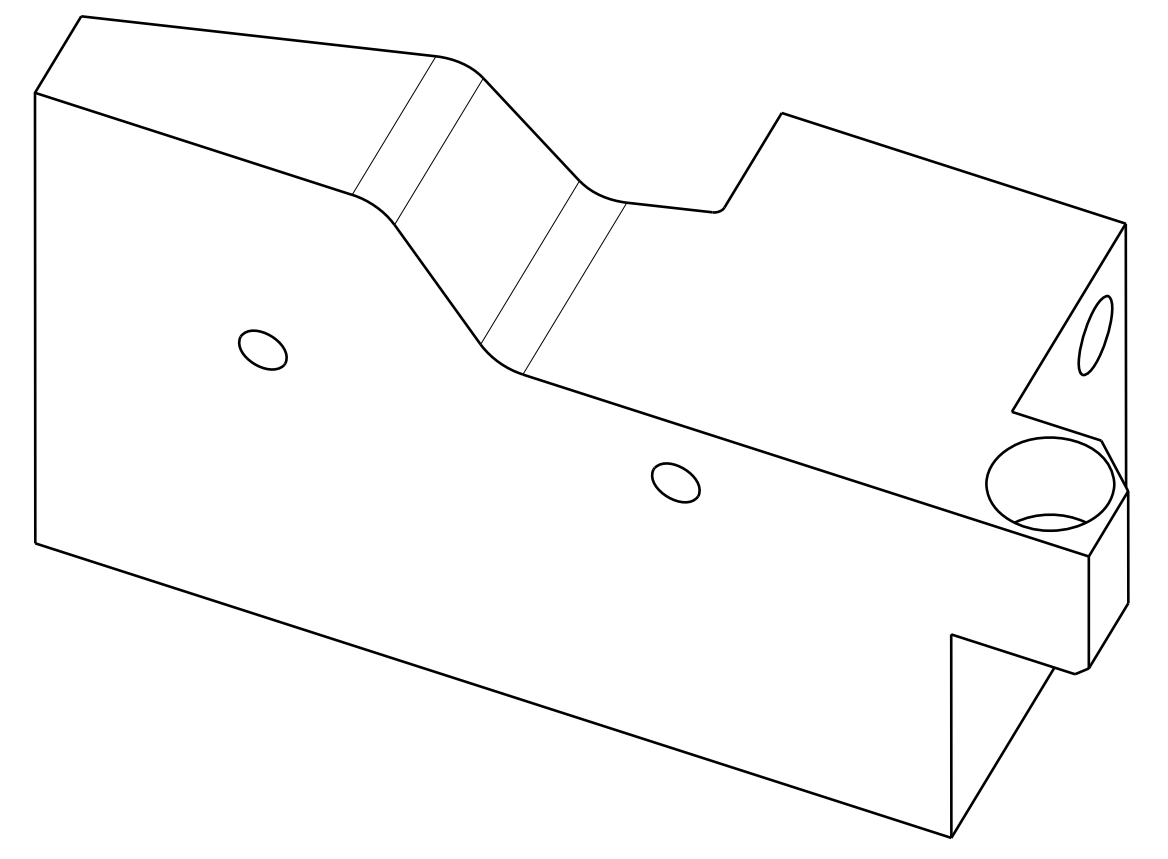
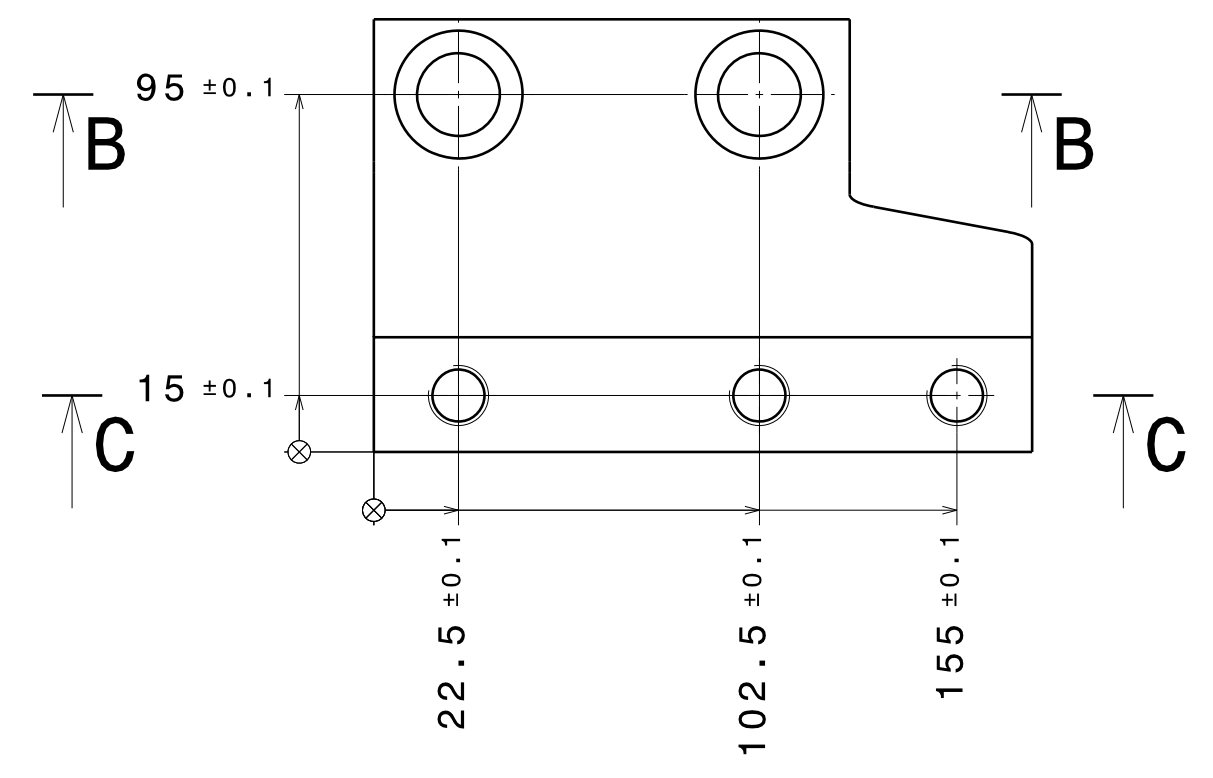
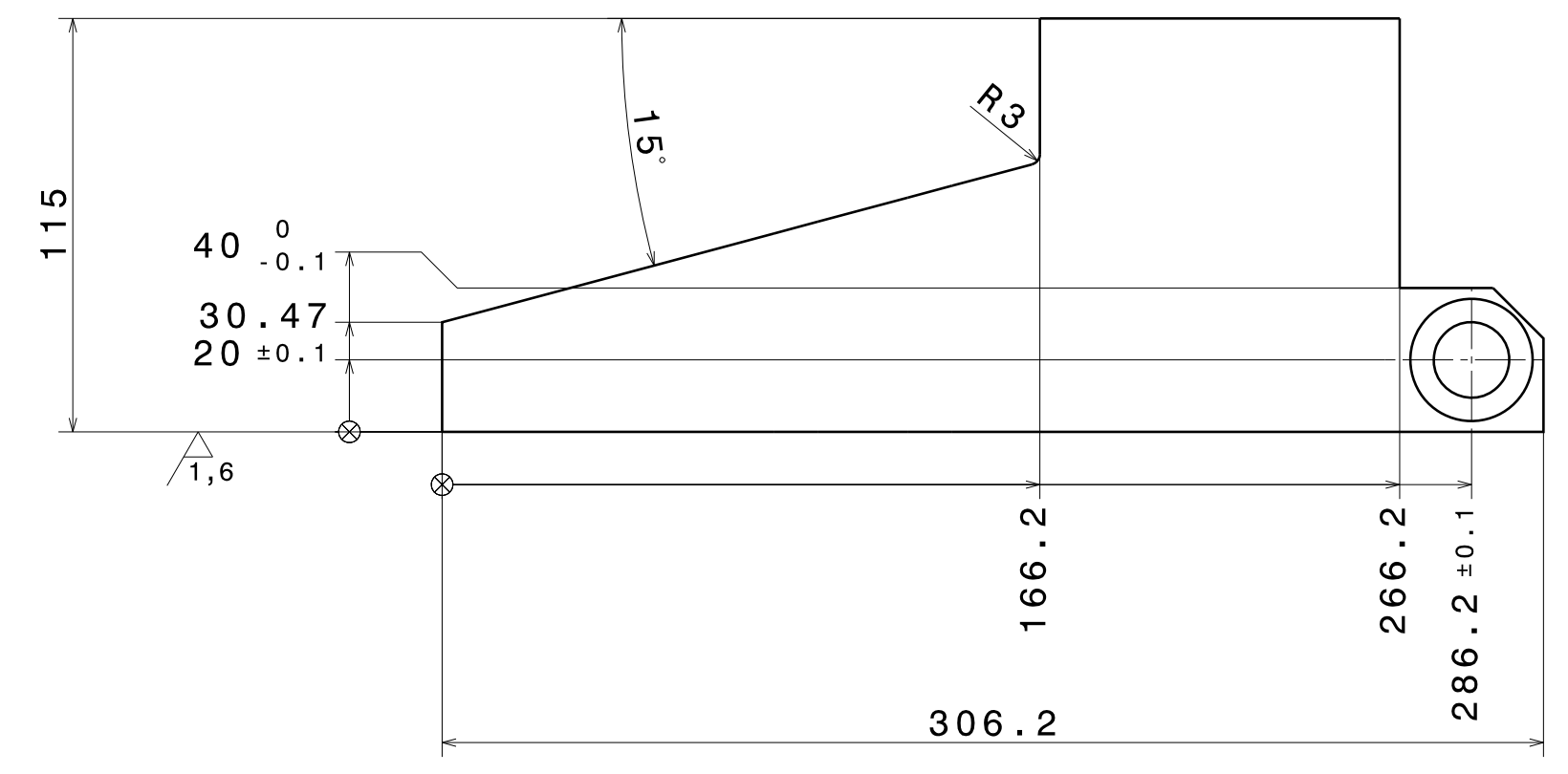
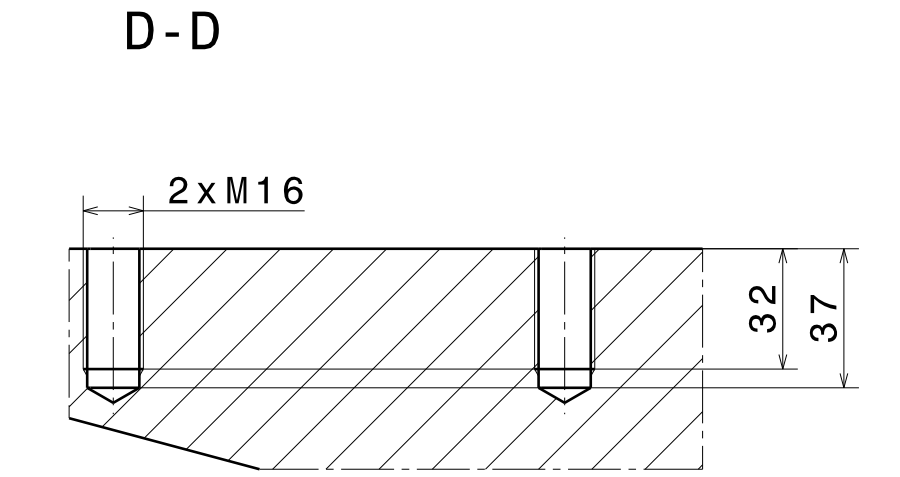
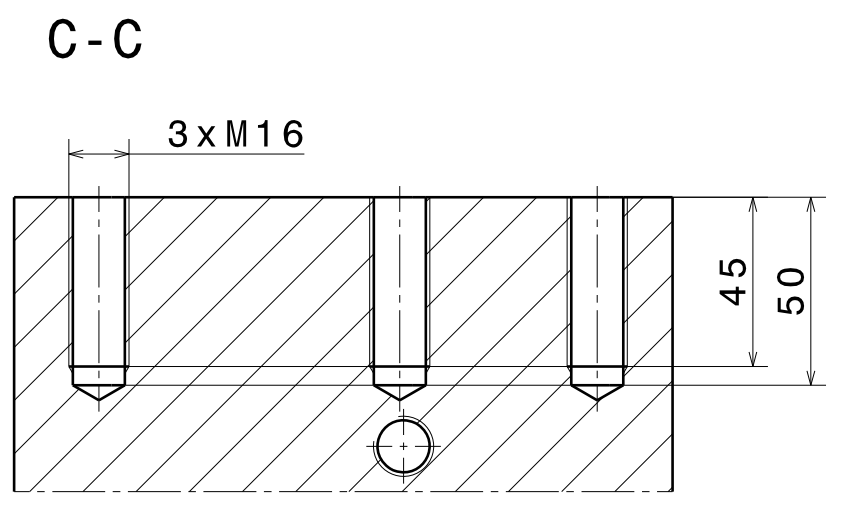
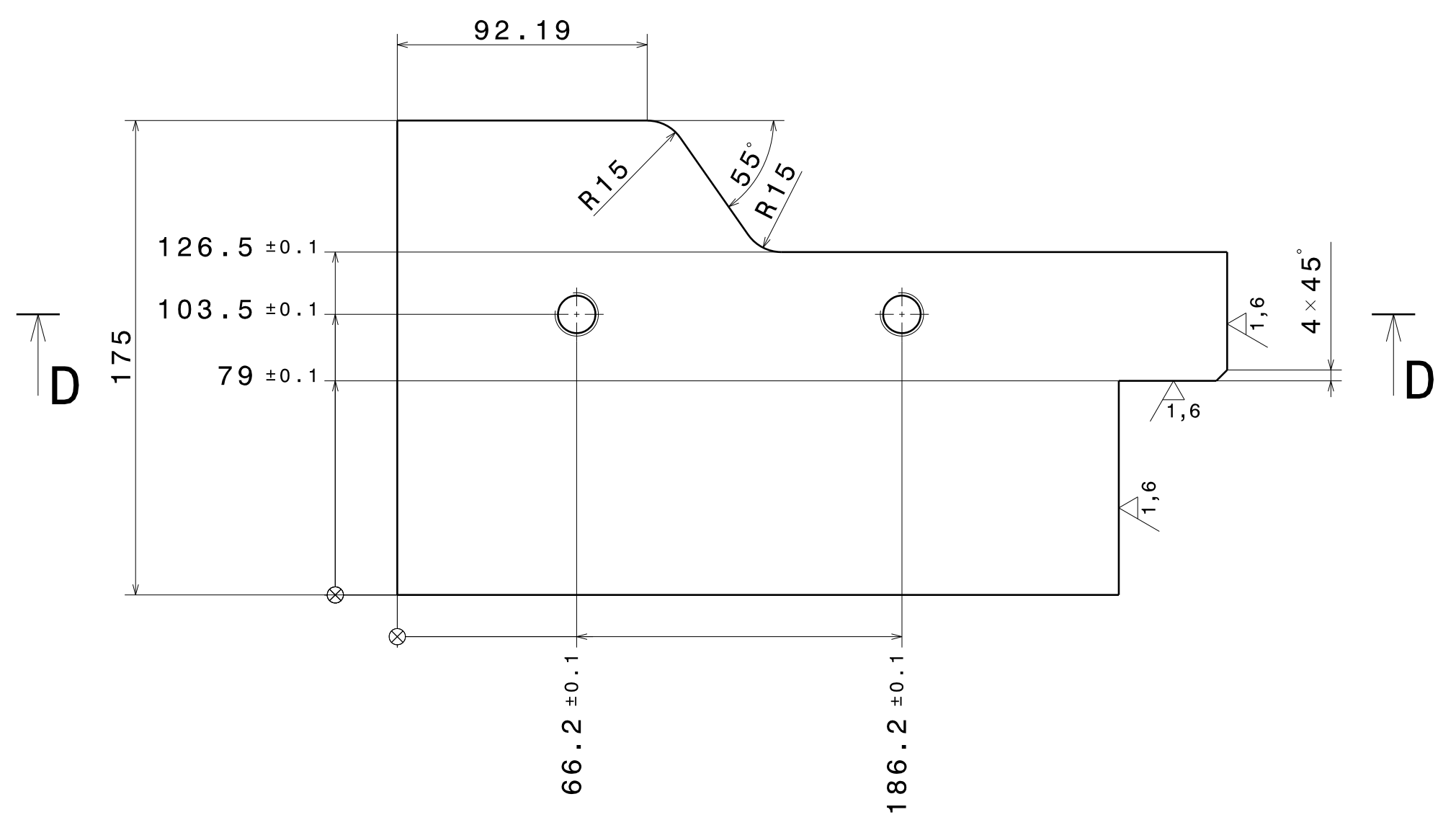
4		3		2		1		
1.020	KLIN - JKZ	60x100x200	1.7131	5,93	-	01.14.1.020	1	
1.019	CEP - JKZ	KR 45x250	1.0503	2,07	-	01.14.1.019	4	
1.018	DATUMOVKA - JKZ	KR 15x20	1.2343	0,004	-	01.14.1.018	2	
1.017	VODICI DESKA - JKZ	300x95x105	1.7131	18,86	-	01.14.1.017	4	
1.016	PRIPOJOVACI KOLIK - JKZ	KR 40x70	1.0503	0,26	-	01.14.1.016	2	
1.015	SPOJNY TRN - JKZ	KR 40x180	1.0503	1,16	-	01.14.1.015	1	
1.014	SPOJNY TRN - JKZ	KR 40x210	1.0503	1,4	-	01.14.1.014	1	
1.013	SPOJKA - JKZ	KR 35x65	1.0503	0,23	-	01.14.1.013	2	
1.012	POUZDRO TRNU - JKZ	KR 85x155	1.2343	1,35	-	01.14.1.012	1	
1.011	POUZDRO TRNU - JKZ	KR 85x175	1.2343	1,45	-	01.14.1.011	1	
1.010	POUZDRO JADRA - JKZ	KR 35x185	1.2343	0,29	-	01.14.1.010	1	
1.009	POUZDRO JADRA - JKZ	KR 35x225	1.2343	0,34	-	01.14.1.009	1	
1.008	UPINACI DESKA - JKZ	75x190x255	1.0570	22,16	-	01.14.1.008	1	
1.007	UPINACI DESKA - JKZ	75x165x255	1.0570	19,02	-	01.14.1.007	1	
1.006	VLOZKA KOMORY - JKZ	105x105x295	1.2343	13,27	-	01.14.1.006	1	
1.005	DORAZ - JKZ	50x100x155	1.2343	4,99	-	01.14.1.005	1	
1.004	VLNOVEC - JKZ	205x245x75	1.2343	22,08	-	01.14.1.004	1	
1.003	VLNOVEC - JKZ	205x205x75	1.2343	18,43	-	01.14.1.003	1	
1.002	TVARNICE - DIEVAR	720x570x200	DIEVAR	403,58	-	01.14.1.002	1	
1.001	RAM PEVNY - JKZ	895x275x1270	1.2312	1498,1	-	01.14.1.001	1	
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot	Hmot	Cislo vykresu	Pocetks
CAD 2	Datum / Date	Jmeno / Name		 ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI				
Kreslil / D WN	24/11/2014	SMID						
Prezk. / CHK	-	-						
Schval. / APP	-	-						
Index	Popis zmeny / change	Schval. / APP	Datum	Podpis	Poznamka / Note:			
1	-	-	-	-	-			
2	-	-	-	-	-			
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file 01_14_1_000_Sestava_tvornice.CATProduct		Projekt / Project 01		Meritko / Scale			
	Soubor-vykres / DRW-file 01_14_1_000_Sestava_tvornice.CATDrawing		C. sestavy / Assembly No. 01.14.0.000		-			
				C. hmotnost sestavy/ Assembly weight 2321				
SESTAVA TVARNICE Nazev / Title			Rev. 0	Cislo vykresu / Drawing NO. 01.14.1.000		Format A4		
				List / sheet 2	Pocet listu / no.sheet 6			

4		3		2		1		
1.040	JADRO - JKZ	KR 12x120	1.2343	0,02	-	01.14.1.040	3	
1.039	JADRO - JKZ	KR 17x165	1.2343	0,09	-	01.14.1.039	1	
1.038	JADRO - JKZ	KR 18x145	1.2343	0,08	-	01.14.1.038	1	
1.037	JADRO - JKZ	KR 18x100	1.2343	0,05	-	01.14.1.037	1	
1.036	JADRO - JKZ	KR 16x130	1.2343	0,04	-	01.14.1.036	3	
1.035	JADRO - JKZ	KR 17x165	1.2343	0,09	-	01.14.1.035	2	
1.034	JADRO - JKZ	KR 18x170	1.2343	0,09	-	01.14.1.034	12	
1.033	OPERNA DESTICKA - JKZ	50x15x100	1.0570	0,25	-	01.14.1.033	1	
1.032	ZATKA NA JADRO - JKZ	KR 25x20	1.0503	0,02	-	01.14.1.032	26	
1.031	ZATKA POD JADRO - JKZ	KR 25x100	1.0503	0,21	-	01.14.1.031	26	
1.030	DORAZ PRO SPINAC - KR 45x22	CSN 42 5510	1.0050	0,16	-	01.14.1.030	2	
1.029	DESTICKA - JKZ	30x20x65	1.0570	0,11	-	01.14.1.029	2	
1.028	DESTICKA - JKZ	35x20x220	1.0570	0,69	-	01.14.1.028	2	
1.027	PODPERNA DESKA - JKZ	245x55x950	1.0570	86,32	-	01.14.1.027	1	
1.026	TYC - JKZ	KR 60x455	1.0570	9,08	-	01.14.1.026	4	
1.025	DESKA PRO VALEC - JKZ	120x55x220	1.0570	7,38	-	01.14.1.025	2	
1.024	DESTICKA - JKZ	15x70x85	1.2343	0,43	-	01.14.1.024	1	
1.023	DESTICKA - JKZ	15x70x85	1.2343	0,44	-	01.14.1.023	1	
1.022	DESTICKA - JKZ	15x85x155	1.2343	1,05	-	01.14.1.022	1	
1.021	KLIN - JKZ	55x100x230	1.7131	5,65	-	01.14.1.021	1	
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot	Hmot	Cislo vykresu	Pocet ks
CAD 2	Datum / Date	Jmeno / Name		 ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI				
Kreslil / D WN	24/11/2014	SMID						
Prezk. / CHK	-	-						
Schval. / APP	-	-						
Index	Popis zmeny / change	Schval. / APP	Datum	Podpis	Poznamka / Note:			
1	-	-	-	-	-			
2	-	-	-	-	-			
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file 01_14_1_000_Sestava_tvornice.CATProduct		Projekt / Project 01		Meritko / Scale			
	Soubor-vykres / DRW-file 01_14_1_000_Sestava_tvornice.CATDrawing		C. sestavy / Assembly No. 01.14.0.000		-			
				C. hmotnost sestavy/ Assembly weight 2321				
SESTAVA TVARNICE Nazev / Title -			Rev. 0	Cislo vykresu / Drawing NO. 01.14.1.000			Format A4	
				List / sheet 3	Pocet listu / no.sheet 6			

4		3		2		1				
F	1.060	RYCHLOSPOJKA - FERONA	6HR22x40	1.0503	0,06	-	01.14.1.060	16	F	
	1.059	PLECH VALCE - P3-490x595	CSN 425340	1.0036	2,52	-	01.14.1.059	2		
	1.058	STITEK - P1-60x40	CSN 425340	1.0036	0,02	-	01.14.1.058	1		
	1.057	STITEK - P1-150x100	CSN 425340	1.0036	0,12	-	01.14.1.057	1		
E	1.056	PLECH KONCOVEHO SPINACE - P3-85x80	CSN 425340	1.0036	0,13	-	01.14.1.056	2	E	
	1.055	UCPAVKA - JKZ	KR 45x45	1.0570	0,38	-	01.14.1.055	2		
	1.054	ZASLEPKA - JKZ	KR 30x35	1.2343	0,08	-	01.14.1.054	4		
	1.053	SPOJKA VALCE - JKZ	KR 40x50	1.0570	0,36	-	01.14.1.053	2		
	1.052	KONCOVKA - FERONA	6HR24x40	1.0737	0,05	-	01.14.1.052	10		
D	1.051	TRUBKA - FERONA	TR 14x3x135	1.0254	0,1	-	01.14.1.051	2	D	
	1.050	TRUBKA - FERONA	TR 14x3x550	1.0254	0,44	-	01.14.1.050	2		
	1.049	TRUBKA - FERONA	TR 14x3x615	1.0254	0,49	-	01.14.1.049	2		
	1.048	TRUBKA - FERONA	TR 14x3x305	1.0254	0,24	-	01.14.1.048	2		
	1.047	TRUBKA - FERONA	TR 14x3x385	1.0254	0,31	-	01.14.1.047	2		
	1.046	TRUBKA - FERONA	TR 14x3x435	1.0254	0,35	-	01.14.1.046	6		
C	1.045	TRUBKA - FERONA	TR 22x3,2x220	1.0254	0,29	-	01.14.1.045	10	C	
	1.044	POHYBLIVE JADRO - JKZ	KR 25x245	1.2343	0,3	-	01.14.1.044	1		
	1.043	POHYBLIVE JADRO - JKZ	KR 25x285	1.2343	0,35	-	01.14.1.043	1		
	1.042	JADRO - JKZ	KR 12x115	1.2343	0,01	-	01.14.1.042	1		
	1.041	JADRO - JKZ	KR 12x105	1.2343	0,01	-	01.14.1.041	3		
B	Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot	Hmot	Cislo vykresu	Pocetks	B
	CAD 2	Datum / Date	Jmeno / Name	 ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI						
	Kreslil / D WN	24/11/2014	SMID							
	Prezk. / CHK	-	-							
	Schval. / APP	-	-							
	Index	Popis zmeny / change	Schval. / APP	Datum	Podpis	Poznamka / Note:				
	1	-	-	-	-	-				
	2	-	-	-	-	-				
A	 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK		Soubor-model / ASM-file 01_14_1_000_Sestava_tvornice.CATProduct Soubor-vykres / DRW-file 01_14_1_000_Sestava_tvornice.CATDrawing		Projekt / Project 01 C. sestavy / Assembly No. 01.14.0.000 C. hmotnost sestavy/ Assembly weight 2321		Meritko / Scale 1:5		A	
SESTAVA TVARNICE Nazev / Title -				Rev. 0	Cislo vykresu / Drawing NO. 01.14.1.000 List / sheet 4 Pocet listu / no.sheet 6			Format A4	A	
4		3		2		1				

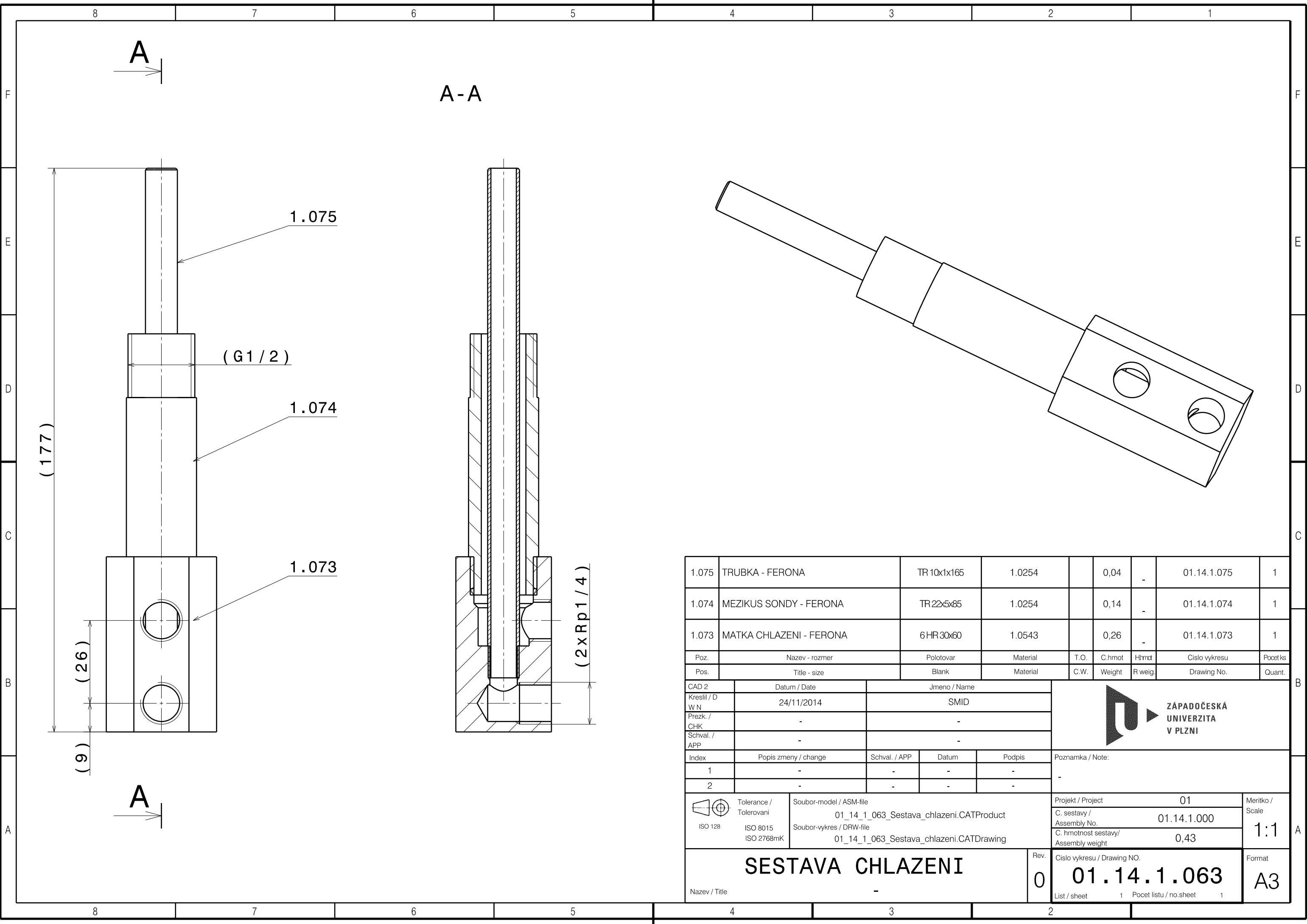
4		3		2		1				
F	1n017	SROUB - M10x50	ISO 4762	-		0,04	-	-	2	F
	1n016	SROUB - M8x40	ISO 4762	-		0,02	-	-	6	
	1n015	SROUB - M10x60	ISO 4762	-		0,05	-	-	8	
	1n014	SROUB - M12x70	ISO 4762	-		0,08	-	-	4	
E	1n013	SROUB - M12x60	ISO 4762	-		0,07	-	-	3	E
	1n012	SROUB - M12x120	ISO 4762	-		0,12	-	-	6	
	1n011	SROUB - M24x45	ISO 4762	-		0,31	-	-	4	
	1n010	SROUB - M24x75	ISO 4762	-		0,39	-	-	2	
	1n009	SROUB - M16x100	ISO 4762	-		0,2	-	-	20	
D	1n008	SROUB - M20x65	ISO 4762	-		0,24	-	-	4	D
	1n007	SROUB - M24x55	ISO 4762	-		0,34	-	-	4	
	1n006	SROUB - M24x120	ISO 4762	-		0,57	-	-	9	
	1n005	SROUB - M36x80	ISO 4762	-		1,14	-	-	2	
C	1n003	HYDRAULICKY VALEC - PARKER	40/JJ/K/AHM/ML/2/4/M/40	-		4,47	-	-	2	C
	1n002	KONCOVY SPINAC - TELEMACHANIQUE	switch_xcmd210211	-		0,2	-	-	2	
	1n001	ZAVITOVA TYC - M16x250	DIN975	-		0,37	-	-	2	
	1.064	SESTAVA SPOJKY	-	-		2,15	-	01.14.1.064	2	
	1.063	SESTAVA CHLAZENI	-	-		0,43	-	01.14.1.063	6	
	1.062	SESTAVA JADRA	-	-		0,12	-	01.14.1.062	1	
	1.061	SESTAVA SVARENCE	-	-		13,23	-	01.14.1.061	1	
B	Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot	Hmot	Cislo vykresu	Pocet ks	B
	CAD 2	Datum / Date	Jmeno / Name	 ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI						
	Kreslil / D WN	24/11/2014	SMID							
	Prezk. / CHK	-	-							
	Schval. / APP	-	-							
	Index	Popis zmeny / change	Schval. / APP	Datum	Podpis	Poznamka / Note:				
	1	-	-	-	-	-				
	2	-	-	-	-	-				
A	 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file 01_14_1_000_Sestava_tvornice.CATProduct			Projekt / Project 01			Meritko / Scale		
		Soubor-vykres / DRW-file 01_14_1_000_Sestava_tvornice.CATDrawing			C. sestavy / Assembly No. 01.14.0.000			1:5		
					C. hmotnost sestavy/ Assembly weight 2321					
	SESTAVA TVARNICE				Rev.	Cislo vykresu / Drawing NO. 01.14.1.000			Format A4	
	Nazev / Title				0	List / sheet 5 Pocet listu / no.sheet 6				
	4	3	2	1						

4				3				2				1								
F																				
E																				
D																				
C																				
B																				
A																				
1n029	KOLIK - 8x14				ISO 2338				-		0,01		-		1					
1n028	KOLIK - 12x35				ISO 2338				-		0,03		-		5					
1n027	MATICE - M4				ISO 4032				-		0,001		-		4					
1n026	MATICE - M16				ISO 4034				-		0,04		-		4					
1n025	UCPAVKA - KERN				2543-G1/2				-		0,05		-		7					
1n024	SROUB - M4x20				ISO 4762				-		0,003		-		14					
1n023	SROUB - M8x20				ISO 10642				-		0,01		-		2					
1n022	SROUB - 5x12				ISO 4762				-		0,004		-		12					
1n021	SROUB - M5x20				ISO 4762				-		0,005		-		8					
1n020	SROUB - M6x50				ISO 4762				-		0,01		-		2					
1n019	SROUB - M8x20				ISO 4762				-		0,02		-		10					
1n018	SROUB - M10x35				ISO 4762				-		0,03		-		2					
Poz.	Nazev - rozmer				Polotovar				Material		T.O.		C.hmot		Hhmct		Cislo vykresu		Pocet ks	
CAD 2	Datum / Date				Jmeno / Name				 ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI											
Kreslil / D WN	24/11/2014				SMID															
Prezk. / CHK	-				-															
Schval. / APP	-				-															
Index	Popis zmeny / change				Schval. / APP		Datum		Podpis		Poznámka / Note:									
1	-				-		-		-		-									
2	-				-		-		-		-									
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file 01_14_1_000_Sestava_tvornice.CATProduct				Soubor-vykres / DRW-file 01_14_1_000_Sestava_tvornice.CATDrawing				Projekt / Project 01				Meritko / Scale 1:5							
									C. sestavy / Assembly No. 01.14.0.000											
												C. hmotnost sestavy/ Assembly weight 2321								
SESTAVA TVARNICE								Rev. 0		Cislo vykresu / Drawing NO. 01.14.1.000				Format A4						
Nazev / Title										List / sheet 6				Pocet listu / no.sheet 6						
4				3				2				1								





TECHNICKE POZADAVKY:
1.NEKOTOVANA SRAZENI 14x45°

2.127	JKZ	120x180x315	1.0570	21,43	-	01.14.2.085	-
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C. hmot	Hmot	Cislo vykresu sestavy
Pos.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R.weig.	Assemlly drawing no.
CAD 2		Datum / Date		Jmeno / Name			
Kresil / Drawn by		10/05/2015		SMID			
Prezkoušel / Checked by		-		-			
Schválil / Approved by		-		-			
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:		
1	-	-	-	-	-		
2	-	-	-	-	-		
Tolerance / Tolerovani		Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project:		Meritko / Scale	
ISO 128		01_14_2_127_Podperna_konzola.CATPart		01		1:2	
ISO 8015		Soubor-vykres / DRW-file		C. sestavy / Assembly No.		01.14.2.085	
ISO 2768mK		01_14_2_127_Podperna_konzola.CATDrawing		Rev.		Cislo vykresu / Drawing NO.	
PODPERNA KONZOLA		0		01.14.2.127		Format	
Nazev / Title		-		1		A2	



1.075	TRUBKA - FERONA	TR 10x1x165	1.0254		0,04	-	01.14.1.075	1
1.074	MEZIKUS SONDY - FERONA	TR 22x5x85	1.0254		0,14	-	01.14.1.074	1
1.073	MATKA CHLAZENI - FERONA	6 HR 30x60	1.0543		0,26	-	01.14.1.073	1
Poz.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot	H/mrd	Cislo vykresu	Pocet ks
Pos.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R weig.	Drawing No.	Quant.

CAD 2	Datum / Date	Jmeno / Name			 ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Kreslil / D WN	24/11/2014	SMID			
Prezk. / CHK	-	-			
Schval. / APP	-	-			
Index	Popis zmeny / change	Schval. / APP	Datum	Podpis	Poznámka / Note:
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-

 Tolerance / Tolerovani ISO 128	ISO 8015	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project	01	Meritko / Scale 1:1
	ISO 2768mK	01_14_1_063_Sestava_chlazení.CATProduct	C. sestavy / Assembly No.	01.14.1.000	
		Soubor-vykres / DRW-file	C. hmotnost sestavy/ Assembly weight	0,43	Format A3
		01_14_1_063_Sestava_chlazení.CATDrawing	Cislo vykresu / Drawing NO.	01.14.1.063	
SESTAVA CHLAZENI Nazev / Title			Rev. 0	List / sheet 1	Pocet listu / no.sheet 1

