

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: B2301R016 Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Rozbor konstrukce licích forem

Autor: **Jan MATOUŠEK**

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

Akademický rok 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan MATOUŠEK**
Osobní číslo: **S12B0197P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Rozbor konstrukce licích forem**
Zadávací 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 řešerši z oblasti forem pro odlévání kovů. Vypracujte rozbor funkce jednotlivých prvků formy. Dále vypracujte konstrukční návrh zadaného uzlu včetně potřebných výpočtů a výrobní dokumentace.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Řešerše forem pro odlévání kovů
2. Rozbor funkce jednotlivých prvků formy
3. Konstrukce zadaného uzlu včetně potřebných výpočtů
4. Vypracování výrobní dokumentace

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra, 1. Praha: Computer Press, 1999*

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra, 2. Praha: Computer Press, 1999*

LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. Úvaly: ALBRA, 2008, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7*

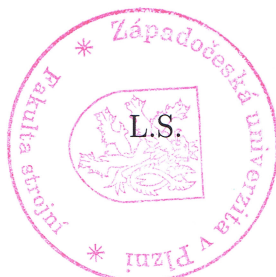
NADCA-NORTH AMERICAN DIE CASTING ASSOCIATION *NADCA product specification standards for die castings : aluminum, aluminum-MMC, copper, magnesium, zinc, and ZA alloys. Wheeling: NADCA-North American Die Casting Association, 2012, 1 sv., NADCA Publication 402*

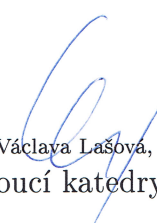
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

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

Datum zadání bakalářské práce: **22. září 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**


Doc. Ing. Jiří 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 bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Matoušek	Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	B2301R016 „Stavba výrobních strojů a zařízení“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	Jméno Martin	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Rozbor konstrukce licích forem		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	69	TEXTOVÁ ČÁST	50	GRAFICKÁ ČÁST	19
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje rešerši z oblasti konstrukce licích forem, návrh variant konstrukčního řešení šíbru, rozpracování optimální varianty a výkresovou dokumentaci vybraných komponent.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Odlévání kovů, tlaková licí forma, vysokotlaké lití, šíbr, hliník, slitiny hliníku

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Příjmení Matoušek	Jméno Jan	
FIELD OF STUDY	B2301R016 „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	Analysis of the construction of the casting molds		

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

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	69	TEXT PART	50	GRAPHICAL PART	19
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	Bachelor thesis includes description of the construction of the casting molds, the design variants of the construction of the slider, the description of the optimal variant and drawings documentation of the selected components.
KEY WORDS	Die casting, Die casting mold, High-Pressure Die casting, Slider, Aluminum, Aluminum alloys

Obsah

1. Seznam použitých symbolů a zkratk	1
2. Úvod	2
3. Rozdělení forem	2
4. Rozbor konstrukce formy pro tlakové lití hliníku	2
4.1. Tvarová vložka	4
4.2. Rám formy	4
4.3. Vyhazovací paket	5
4.4. Šíbr.....	5
4.5. Vtoková soustava.....	5
4.6. Temperační soustava	6
4.7. Transportní prvky	6
4.8. Vedení formy	6
4.9. Odvzdušňovací soustava.....	6
5. Model zadaného dílu	9
6. Násobnost formy	13
7. Návrh šíbru	13
7.1. Varianta A.....	14
7.2. Varianta B.....	16
7.3. Varianta C.....	19
7.4. Zhodnocení variant	22
7.5. Popis nového konstrukčního řešení;	23
7.5.1. Šíbr	24
7.5.2. Tělo.....	25
7.5.3. Doraz	25
7.5.4. Držák	26
7.5.5. Vedení	27
7.5.6. Hydraulický válec	28
7.5.7. Odměrování	29
8. Návrh uložení vodících lišt	31
9. Závěr	37
Použitá literatura	38
Internetové zdroje	38

Použitý software	38
Seznam obrázků	39
Seznam tabulek.....	40
Seznam příloh	40
Výkresová dokumentace.....	40

1. Seznam použitých symbolů a zkratek

ZČU	Západočeská univerzita v Plzni
FST	Fakulta strojní
KKS	Katedra konstruování strojů
CAD	computer-aided design (Počítačem podporované projektování)
3D	Trojdimenzionální, trojrozměrný
ČSN	Česká státní norma
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní norma)
DIN	Deutsche Industrie-Norm (Německá národní norma)
EN	Evropská norma
Si	Křemík (lat. <i>Silicium</i>)
Fe	Železo (lat. <i>Ferrum</i>)
Cu	Měď (lat. <i>Cuprum</i>)
Mn	Mangan (lat. <i>Manganum</i>)
Mg	Hořčík (lat. <i>Magnesium</i>)
Ni	Nikl (lat. <i>Niccolum</i>)
Zn	Zinek (lat. <i>Zincum</i>)
Sn	Cín (lat. <i>Stannum</i>)
Pb	Olovo (lat. <i>Plumbum</i>)
Ti	Titan (lat. <i>Titanium</i>)
Al	Hliník (lat. <i>Aluminium</i>)
%	Procentuální vyjádření celku
MPa	Jednotka tlaku (1MPa=10 ⁶ Pa)
°C	Jednotka teploty (0°C= -273,15K)
K	Jednotka teploty
°	Jednotka úhlu
J	Jednotka práce a energie
g	Jednotka hmotnosti (1g=0,001kg)
W	Jednotka výkonu
cm	Jednotka délky (1cm=0,01m)
mm	Jednotka délky (1mm=0,001m)

2. Úvod

Úkolem této bakalářské práce je rešerše z oblasti konstrukce licích forem a funkcí jejich jednotlivých prvků.

Dále návrh šífbru pro formu na tlakové lití hliníku dle zadaného dílu, včetně popisu jednotlivých komponent a zpracování výkresové dokumentace.

3. Rozdělení forem

Formy pro odlévání můžeme dělit podle určitých kritérií. Jedním z těchto kritérií je např. opakovatelnost použití. Do této skupiny patří následující druhy:

- **Netrvalé formy** – Tyto formy jsou zhotoveny formováním formovací směsi na model do rámu. Formovací směsi se skládá z ostřiva, pojiva a přísad. Model je negativ výsledného odlitku, vyráběný ve většině případů ze dřeva a zvětšený o hodnoty smrštění dané slitiny. Počet použití těchto forem je omezen na jediný kus odlitku. Po jeho odformování dochází k rozbití formy a následné vyjmutí odlitku. Zbytky formovací směsi vzniklé rozbitím je možné po regeneraci opětovně použít na přípravu modelových či výplňových směsí.[1]
- **Polotrvalé formy** – Výroba těchto forem se provádí pēchováním zrnitých keramických žáruvzdorných hmot na model do rámu. Model je obdobný jako u netrvalých forem. Polotrvalá forma lze použít vícekrát, ovšem musí být po každém licím cyklu opravena a následně vysušena.[1]
- **Trvalé formy** – Trvalé formy jsou určeny pro použití v provozu s velkosériovou produkcí odlitků. Tyto formy jsou vyrobeny obráběním kovových materiálů, což značně zvyšuje náklady na výrobu. Mezní hodnoty použití těchto forem jsou omezeny až konečným vyřazením z provozu, z důvodu porušení (mapováním, prasknutím, tvarovými deformacemi, či vytavením).[1]

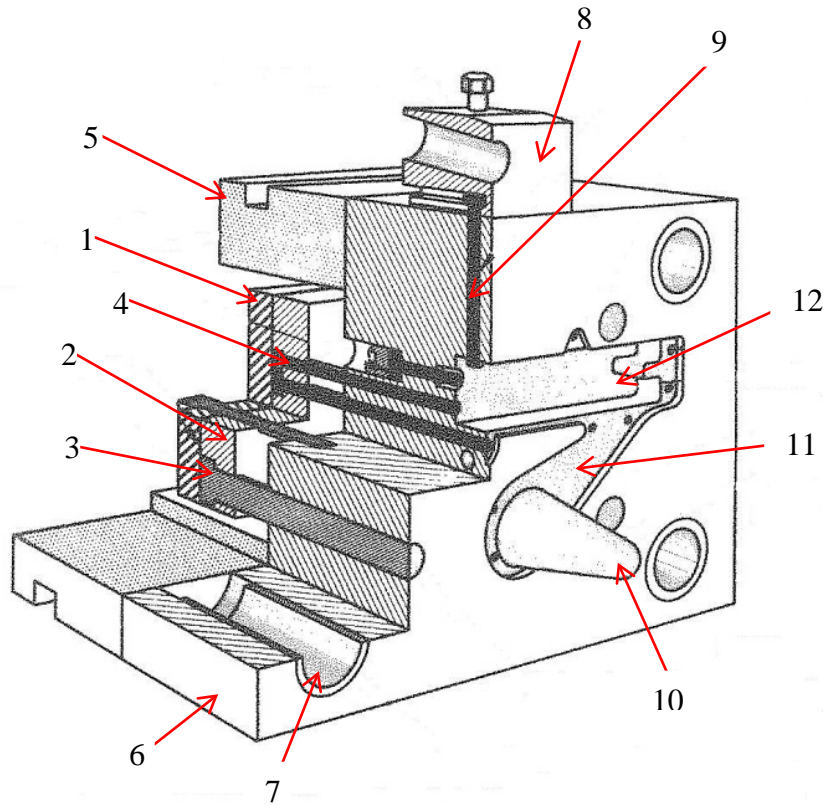
Dalším kritériem pro dělení je vlastní konstrukční řešení formy. Jednotlivé konstrukce forem jsou značně ovlivňovány použitou technologií.

- **Otevřené** – Formy tvořené jedním dílem. Svrchní část odlitku je tvořena ztuhou hladinou roztaveného kovu, spodní část odlitku je odvozena od tvaru dna dutiny formy. U těchto forem jsou vyhotoveny tzv. přepady, ty slouží pro odvedení přebytečného množství roztaveného kovu.[2]
- **Uzavřené** - Jsou složeny ze dvou dílů. Svrchní a spodní část odlitku je dána tvarem dutiny formy. Přebytečné množství taveniny a plynů, vzniklých při licím cyklu, je odvedeno pomocí výfuků.[2]

4. Rozbor konstrukce formy pro tlakové lití hliníku

Formy pro tlakové lití pracují za zvýšeného tlaku roztaveného kovu, proto jsou vyráběny z kovových materiálů a patří do skupiny trvalých forem. Je od nich očekávána rozměrová stálost za zvýšených provozních teplot, odolnost za zvýšených tlaků a vysoká trvanlivost.

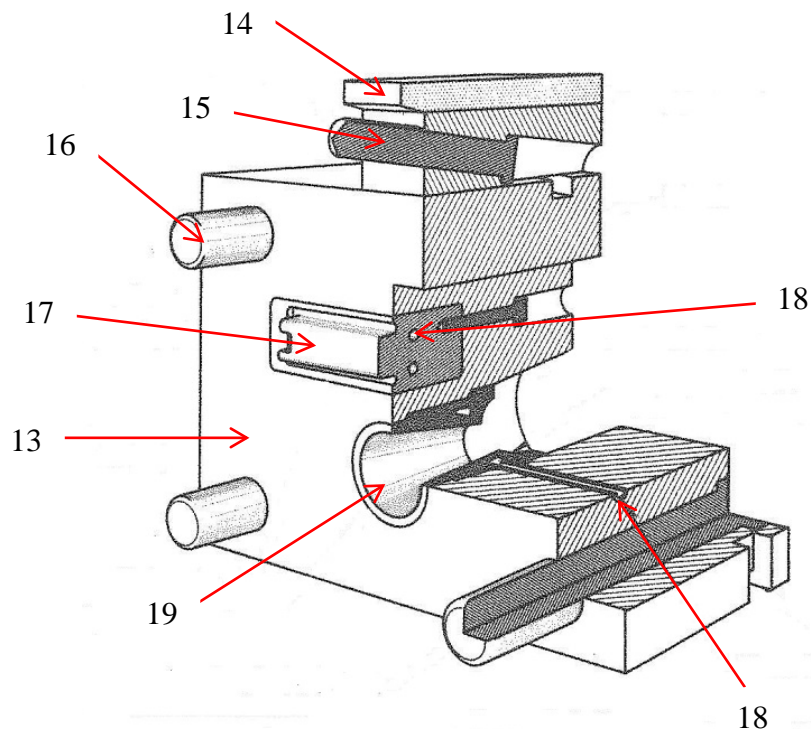
Tyto formy se skládají z pevné a pohyblivé části. Jednotlivé části jsou opět složeny z určitých komponent (viz Obrázek 1 a Obrázek 2).



Obrázek 1 - Popis formy - pohyblivá část [3]

1 – opěrná deska, 2 – kotevní deska, 3 – vratný kolík, 4 – vyhazovač, 5 – distanční sloupek, 6- tvárnice, 7 – vodící pouzdro, 8 – posuvný sběrač, 9 – jádro, 10 – vtokový kůl, 11 – vtokový kanál, 12 – dutina formy

Na obrázku 1 je uveden podrobný popis pohyblivé části formy. Nachází se zde celkový vyhazovací paket složený z opěrné desky (1), kotevní desky (2), vyhazovačů (4) a vratných kolíků (3). Dále se zde nacházejí stojny (5), kterými je pohyblivá část formy přichycena k prsoum tlakového licího stroje. V rámu (6) jsou uloženy vodící pouzdra (7), jakožto část vodícího systému. Z horní strany rámu je znázorněn šíbr (8), který ovládá jádro (9). Vtokový kůl (10) a vtokové naříznutí (11) jsou zde představitelé vtokového systému. Nejdůležitější částí je zde dutina formy (12).



Obrázek 2 - Popis formy - pevná část [3]

13 – tvárník, 14 – doraz posuvného sběrače, 15 – ovládací kolík, 16 – vodící kolík, 17 – tvarová vložka, 18 – temperovací trubice, 19 – vtokový kanál

Obrázek 2 znázorňuje pevnou část formy, která je připevněna na stacionární desku tlakového licího stroje. Největší část zde zaujímá rám pevné poloviny (13). Z jeho horní části je připevněn doraz šibru (14) s ovládacím kolíkem (15). Z pohledu do dělicí roviny jsou viditelné vodící kolíky (16) a tvarová vložka (17) dutiny formy. Tavenina z licího stroje je přivedena pomocí vtokového kanálu (19). Ten je temperovaný. Tuto temperaci představuje trubice (18), našroubována do boku vtokového kanálu. Dále je temperovaná i tvarová vložka formy.

4.1. Tvarová vložka

Tvarová vložka je nejvíce namáhanou částí formy. Skládá se z pohyblivé poloviny vložky a pevné poloviny vložky. Požadavkem na tvarovou vložku je vydržení okolo 120 000 licích cyklů při působení vysokého tlaku a za vysoké teploty. Funkční plochy vložky jsou leštěny pro zvětšení životnosti a snížení opotřebení. Materiálem pro výrobu se používá ocel s označením 1.2343 ESU nebo 1.2344.

4.2. Rám formy

Rám formy je složen z rámu pevné části formy a pohyblivé části formy. Z hlediska velikosti je největší částí formy. Slouží jako místo pro přichycení ostatních dílů formy. Mohou být vyrobeny z bloku materiálu za pomoci frézování. Materiálem pro výrobu rámu bývá zpravidla ocel označena 1.2311.

4.3. Vyhazovací paket

Úkolem vyhazovacího paketu je vytlačení odlitku z formy po dokončení licího cyklu. Je složen z opěrné desky, kotevní desky, jednotlivých vyhazovačů a vratných kolíků.

Primární funkcí vratných kolíků je odsunutí celkového paketu, když se forma uzavírá, tak aby jednotlivé vyhazovače nepřekáželi při dalším licím cyklu. Ovládání tohoto paketu je ve většině případů pomocí vyhazovacího mechanismu tlakového licího stroje.

Tvarem jednotlivé vyhazovače a vratné kolíky připomínají čepy s hlavou. Pomocí této hlavy jsou ukotveny mezi opěrnou a kotevní desku. Z druhé strany jsou zakončeny rovným čelem, zploštěním, či tvarovou plochou odpovídající místu působení na daném odlitku. Při tvarovém zakončení je nutné zajistit jejich rotaci okolo vlastní osy, např. zploštěním na hlavě. Geometrie výsledného odlitku velice ovlivňuje použité vyhazovače a také počet, který bude potřebný pro vyhození.



Obrázek 3 - Vyhazovač s rovným čelem [9]

4.4. Šíbr

Šíbr je používán pro vyhotovení podkosu, navrženého na výsledném odlitku. Podkos je také možné chápat jako plochu, která svým tvarem a polohou zamezuje vyjmutí odlitku z formy. Velmi často jsou tímto způsobem vyráběny otvory na bocích odlitku. Ovládání šíbru je možné realizovat mechanicky, pomocí čepu, nebo hydraulicky.

Podobný jako posuvný sběrač je střížník. Ten ovšem nemá za úkol vyhotovit určitý podkos, ale odstříhnout nálitek, či zbytek vtokové soustavy po licím cyklu.

4.5. Vtoková soustava

Vtokovou soustavou je přiveden roztavený kov z licího stroje do dutiny formy. Umístění vtokového kanálu je ovlivněno tvarem výsledného odlitku. Zpravidla se umísťuje do nejsilnější části výsledného odlitku. Při tlakovém lití jsou používány dva druhy vtokových soustav: teplá a studená.

Při teplé vtokové soustavě je čerpadlo umístěno přímo v lázni roztaveného kovu. Při použití této soustavy nesmí roztavený kov reagovat s materiálem čerpadla. Požívá se pro slitiny s nízkou teplotou tání, např. zinek, cín, slitiny olova a slitiny hořčíku.

Pokud vzniká reakce mezi roztaveným kovem a materiálem čerpadla, používá se studená vtoková soustava. Omezení použití této soustavy, pro určité slitiny, je velmi nízké. Studená vtoková soustava lze použít pro všechny slitiny běžně používané při vysokotlakém lití.

4.6. Temperační soustava

Temperace licí formy je chápána jako docílení rovnoměrného rozložení teploty v celé formě. Ovlivňuje kvalitu povrchu a materiálové vlastnosti výsledného odlitku. Temperovat je možné tvárnici, tvárník, vtokovou soustavu, ale i jednotlivá jádra.

Jako temperační médium jsou používány olej, glukol, vzduch, či voda. Účinnost vzduchu při temperování formy je velice malá, proto se používá jen zřídka. Při použití vody, jako temperačního média, je nutná její chemická úprava.[8]

Průchod média je realizován okruhy. Tyto okruhy se zpravidla vyrábějí vrtanými otvory. Tento způsob má při vhodném návrhu vysokou účinnost. Při použití takto vyrobených okruhů je nutné v některých případech použít určité komponenty, které zajišťují správné proudění média. Mezi tyto komponenty patří např. zátky, ucpávky, přepážky, hadicové přípojky atd.[8]

4.7. Transportní prvky

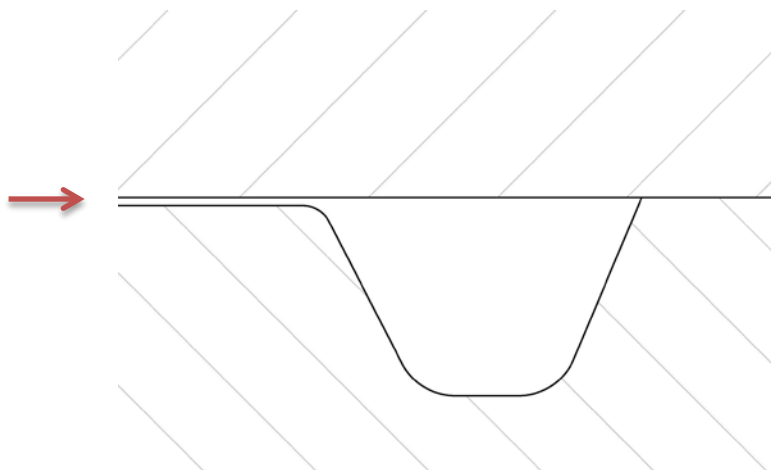
Tyto prvky jsou používány k manipulaci s formou při její montáži (demontáži) do tlakového licího stroje nebo při jiném transportu. Mezi tyto prvky patří např. závěsné šrouby s okem. Dalšími nutnými komponenty k transportu jsou prvky, které zamezují odlehnutí pevné a pohyblivé části formy.

4.8. Vedení formy

Vedení formy ve spolupráci se středícími prvky zajišťuje správnou polohu mezi pevnou a pohyblivou částí. Tím zajišťuje větší opakovatelnost licího procesu a snižuje počet odlišností rozměrů jednotlivých odlitků. Vedení je složeno z vodících kolíků a pouzder. Pro odstranění nečistot se na povrchu kolíku vyrábí drážky a na povrchu pouzder se vrtají otvory. Uložení vodících kolíků bývá zpravidla v pevné části formy, naopak pouzdra jsou v pohyblivé části formy.[7]

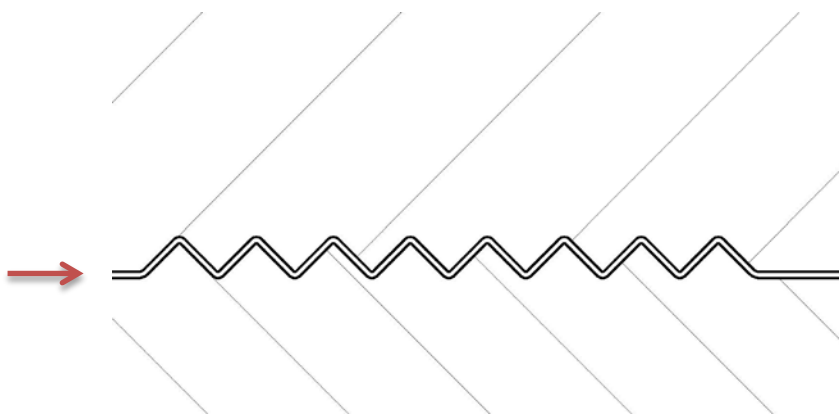
4.9. Odvzdušňovací soustava

Funkcí odvzdušňovací soustavy je odstranění přebytečného vzduchu z dutiny formy. Tento přebytečný vzduch vzniká při uzavření formy a následném plnění taveninou, tedy je nutné zajistit jeho odstranění. Odvzdušnění může být prováděno pomocí přetoků či vlnovcem. Přetoky, někdy uváděné jako ledvinky, připomínají svým tvarem dutiny, které jsou rozmístěné po celém obvodu dutiny formy. Princip takových přetoků je vytvoření většího prostoru dutiny formy, do kterého se při plnění stlačí přebytečný vzduch a zároveň jsou částečně zalité roztaveným kovem. Obrázek 4 zobrazuje řez možným přepadem, šipka znázorňuje směr proudění vzduchu a taveniny.



Obrázek 4 - Přetok v řezu

Název vlnovec je odvozen z podobnosti jeho tvaru k vlnce. Princip vlnovce je, na rozdíl od přetoků, úplné odvedení přebytečného vzduchu mimo formu. Vlnovec je složen ze dvou částí, každá z nich je zajištěna v pevné a pohyblivé části formy. Na stranách, kterými jsou si tyto části přilehlé, je vyhotovena tvarová plocha podobná vlnce. Mezi těmito tvarovými plochami je nutné dodržet určitou mezeru, kterou je odváděn přebytečný vzduch. Při prostupu taveniny skrz vlnovec dochází k velmi rychlému tuhnutí, a tím je docíleno, že roztavený kov se nedostane mimo oblast formy a nevznikne prostřík. Pro zvýšení účinnosti odvzdušňovací soustavy při použití vlnovce je nutné umístění, v co největší vzdálenosti od ústí vtokového kanálu. Na obrázku 5 je viditelný řez vlnovcem, šipka představuje směr proudění vzduchu a roztaveného kovu.



Obrázek 5 - Vlnovec v řezu



Obrázek 6 - Sortiment vlnovců od firmy NAFO Strakonice [6]

Na obrázku 6 jsou znázorněné různé variace vlnovců. Najdeme zde i temperované vlnovce, ty jsou rozeznatelné pomocí obsažených armatur pro připojení hadic s temperačním médiem.

5. Model zadaného dílu

Výsledný díl bude používán jako blok převodovky. Materiál, ze kterého má být vyroben je slitina hliníku s označením ADC 12, používaná pro vysokotlaké lití. Možnými ekvivalenty k tomuto materiálu jsou slitiny s označením: DIN 231, AlSi12(Fe) nebo EN AC 46 000. Chemické, mechanické a fyzikální vlastnosti pro ADC 12 jsou uvedeny v tabulkách níže.

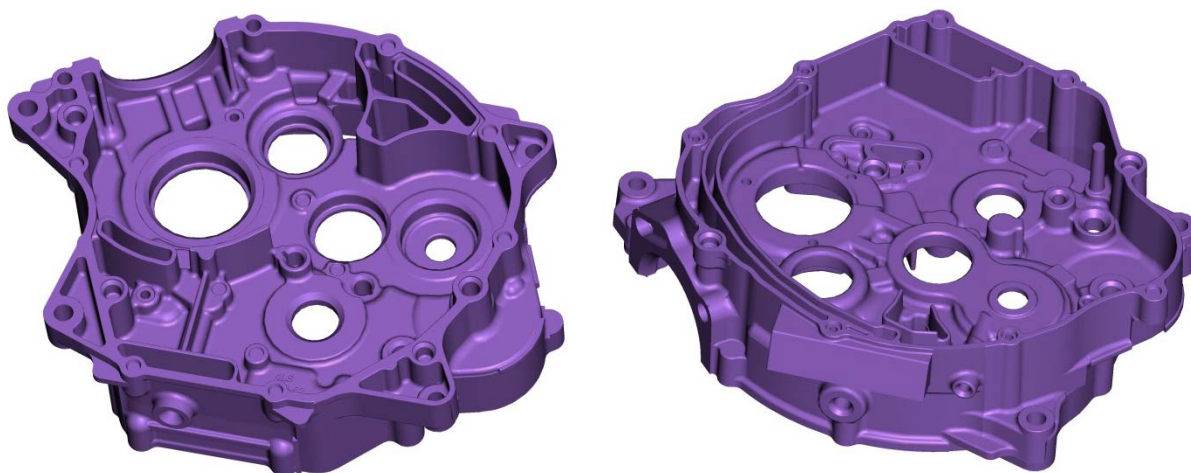
Tabulka 1 - Chemické složení materiálu ADC 12 [11]

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Sn	Pb	Ti	Al
Množství (%)	9,5-12	1,3 max	1,5-3,5	0,5 max	0,30 max	0,50 max	1 max	0,30 max	-	-	Zbytek do 100

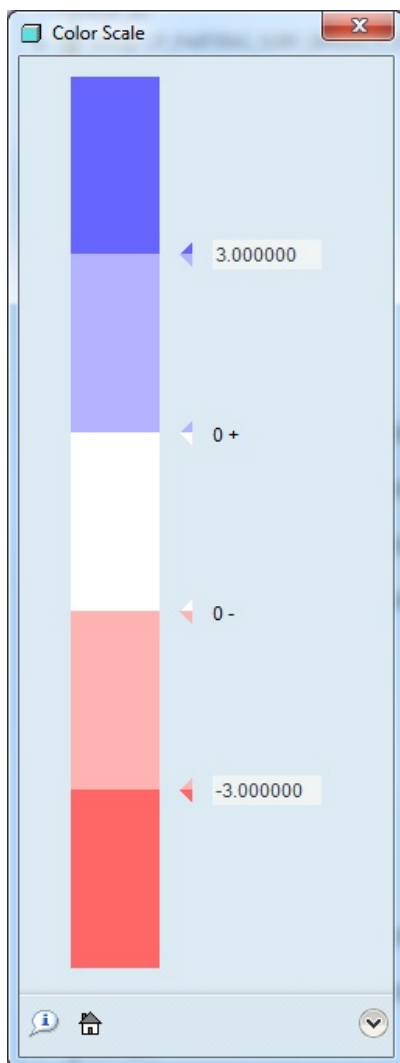
Tabulka 2 - Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu ADC 12 [11]

Hustota (g/cm³)	2,82
Tepelná kapacita (J/g · K)	0,963
Tepelná vodivost (W/m · K)	92
Teplota tání (°C)	516-582
Mez pevnosti (MPa)	331
Mez kluzu (MPa)	165
Poměrné prodloužení (%)	2,5

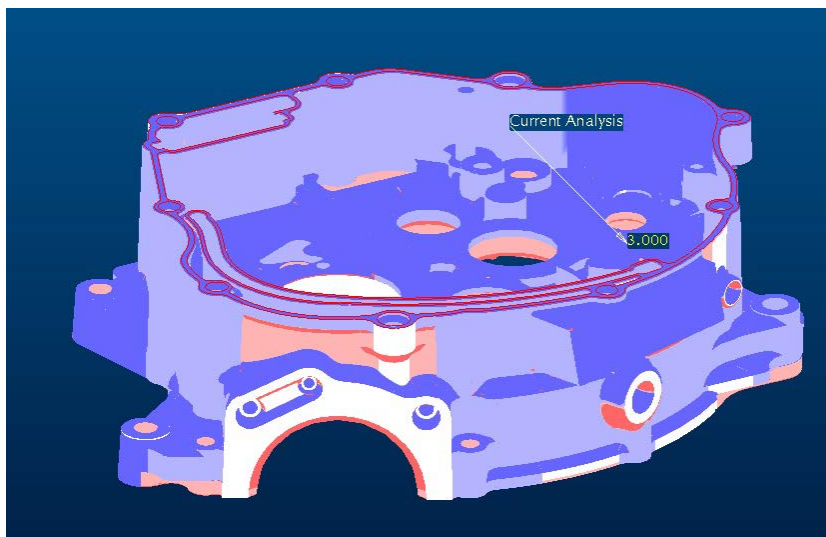
Vstupem pro návrh je model výsledného kusu ve formátu STEP, který dodal zadavatel. Před samotným návrhem formy bylo nutné zadaný model přepracovat do funkčního modelu. Poté byl zvětšen o hodnoty smrštění dané slitiny. Smrštění pro tento materiál se pohybuje okolo 0.5%, tím nám vznikne model odlitku.



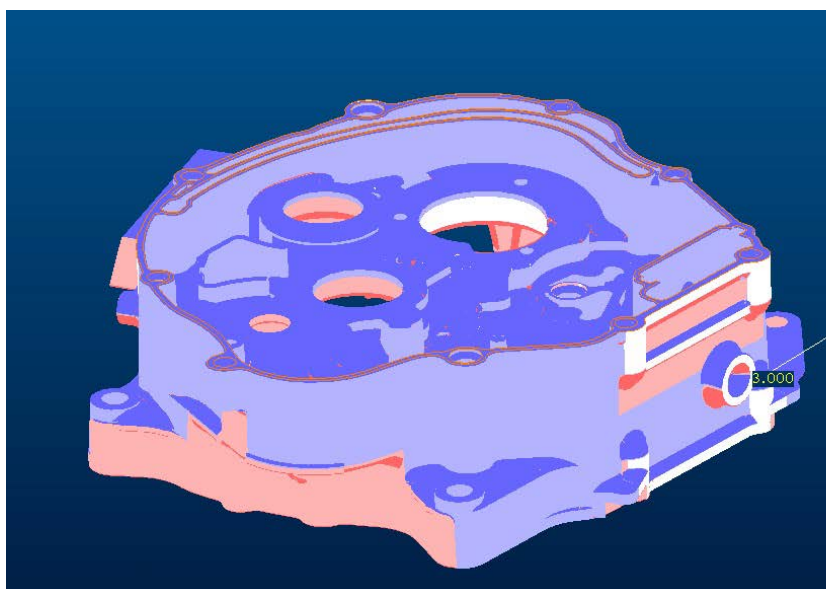
Obrázek 7 - Model odlitku



Obrázek 8 - Analýza úkosů - spektrum



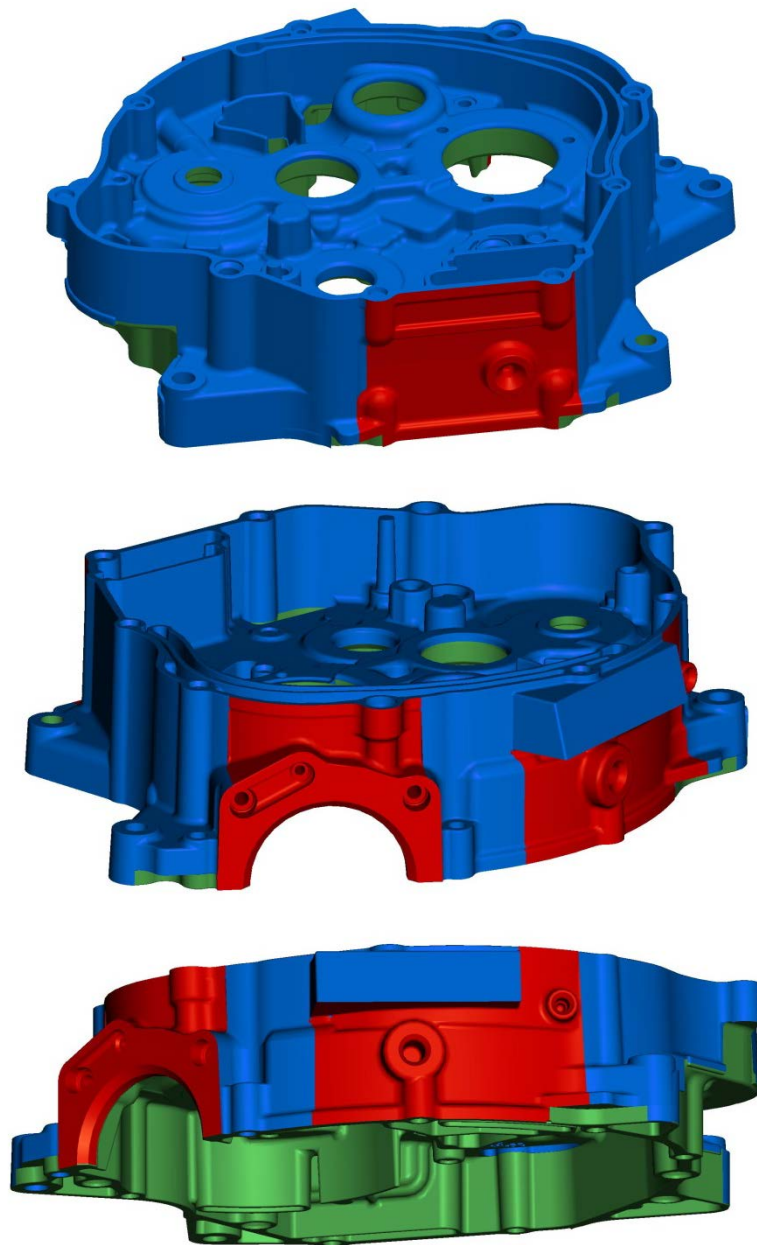
Obrázek 9 - Analýza úkosů - 1



Obrázek 10 - Analýza úkosů - 2

V dalším kroku byla provedena analýza úkosů. Výstupem této analýzy je grafické zobrazení rozložení úkosů na dílu. Na obrázku 8 je znázorněné spektrum, které je použito na modelu. Referenční rovinou pro určení směru úkosů byla horní plocha dílu, zvýrazněna červenou linií na obrázcích 9 a 10. Při postupu od referenční plochy směrem dolů dochází na modrých plochách k rozšiřování dílu (úkos nabývá kladných hodnot). Opakem jsou plochy zbarvené červeně, kterých, při shodném postupu, dochází k zužování dílu (úkos nabývá záporných hodnot), tím vznikají podkoso. Bíle zbarvené plochy jsou kolmé k referenční ploše.

V ideálním případě by bylo nejlepší, aby nedocházelo ke střídání těchto barev (směru úkosů) při postupu od referenční roviny směrem dolů. Zadaný díl není ideální případ, jak je vidět na obrázcích 9 a 10, vyskytují se zde tři místa, na kterých dochází ke střídání úkosů. Shodou okolností se také v těchto místech nacházejí boční otvory. K odformování bočních otvorů je zapotřebí použít šibry. Ty poslouží i pro výrobu ploch obsahující podkoso, které není možné odformovat ze spodní, ani z horní strany.



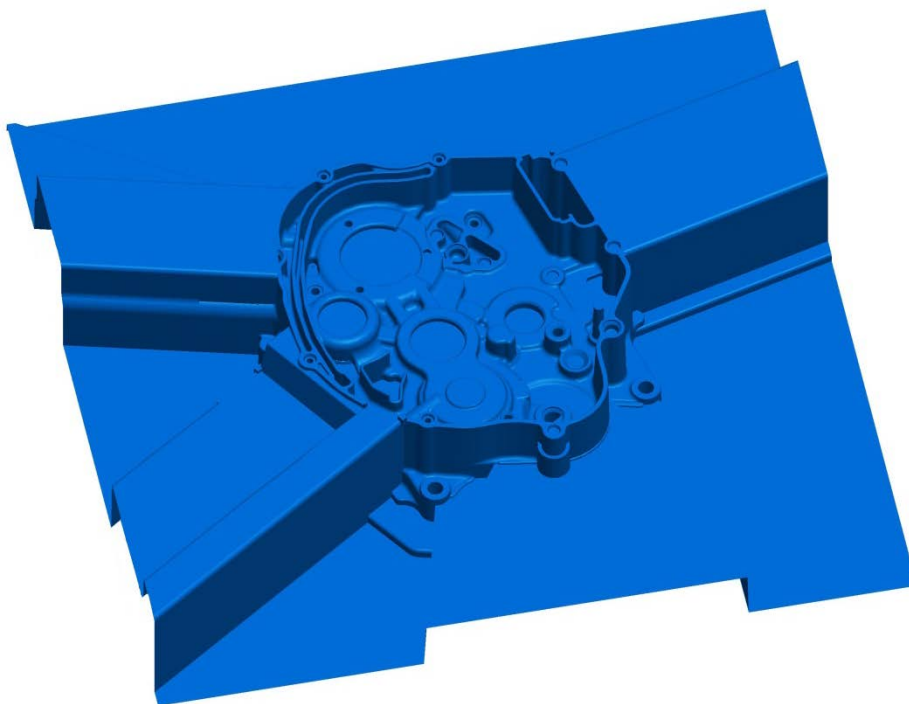
Obrázek 11 - Plochy vyráběné šíbrý

Na obrázku 11 je barevné rozvržení veškerých ploch dílu. Červené plochy znázorňují místa s podkoso a bočními otvory, potřebující k odformování šíbrý. Zelené plochy zobrazují spodní plochu a modré horní plochu dílu.

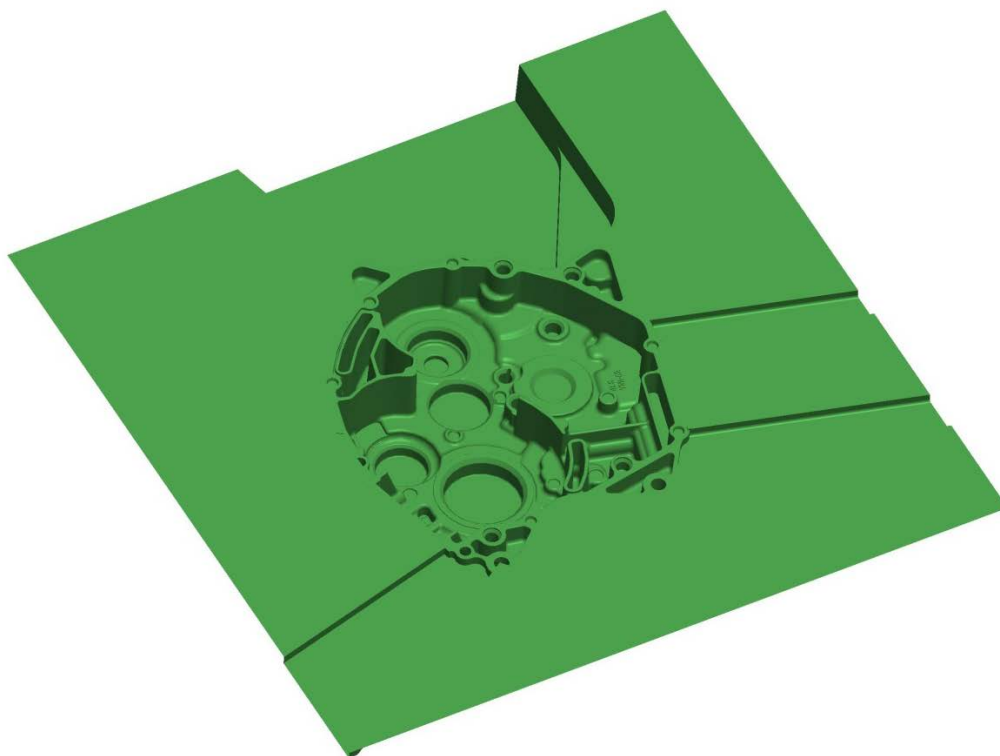
Následujícím krokem je vytvoření horní a spodní ořezové plochy na modelu dílu zvětšeného o hodnoty smrštění. Velikost smrštění, pro použitou slitinu, se pohybuje okolo 0,6%. Rozvržení těchto ploch je korektní s výsledky analýzy úkosů. Plochy formované šíbrý nejsou obsaženy v těchto plochách.

Horní ořezová plocha je tvořena horní plochou odlitku, modré plochy na obrázku 11. Dále se skládá z výběhové plochy, která musí na všech stranách přesahovat hrany výsledné tvarové vložky formy. To je požadováno pro správné oříznutí vložky. Veškeré otvory v dílu musejí

být zaslepeny, aby výsledná ořezová plocha byla celistvá. Jejich zaslepení je na hranici modré barvy se zelenou. Spodní ořezová plocha je složena obdobně jako horní za použití spodní plochy dílu.



Obrázek 12 - Horní ořezová plocha



Obrázek 13 - Dolní ořezová plocha

Po vytvoření ořezových ploch byla zvolena dělicí rovina. Dělicí rovina je rozhraní mezi pevnou a pohyblivou částí formy. Zároveň se s dělicí rovinou určuje směr otevírání formy, ten je vždy kolmý na tuto rovinu.

Dělicí rovina byla zvolena na spodní ploše odlitku. Na této ploše se prolínají výběhové plochy ořezových ploch.



Obrázek 14 - Dělicí rovina

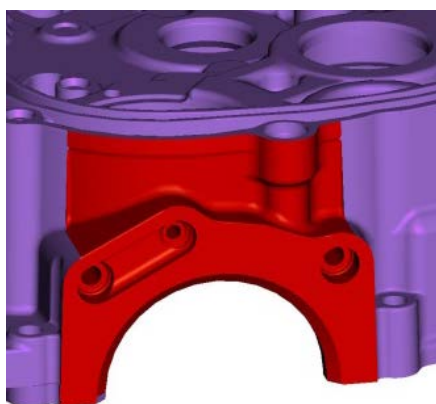
6. Násobnost formy

Násobnost formy je chápána jako počet vyhotovených odlitků při jednom licím cyklu. Je značně ovlivňována geometrií odlitku, objemem odlitku a roční produkcí.

Z hlediska složitosti odlitku a velikosti je tato forma jednonásobná, tj. při jednom licím cyklu bude vyhotoven jeden kus odlitku.

7. Návrh šíbru

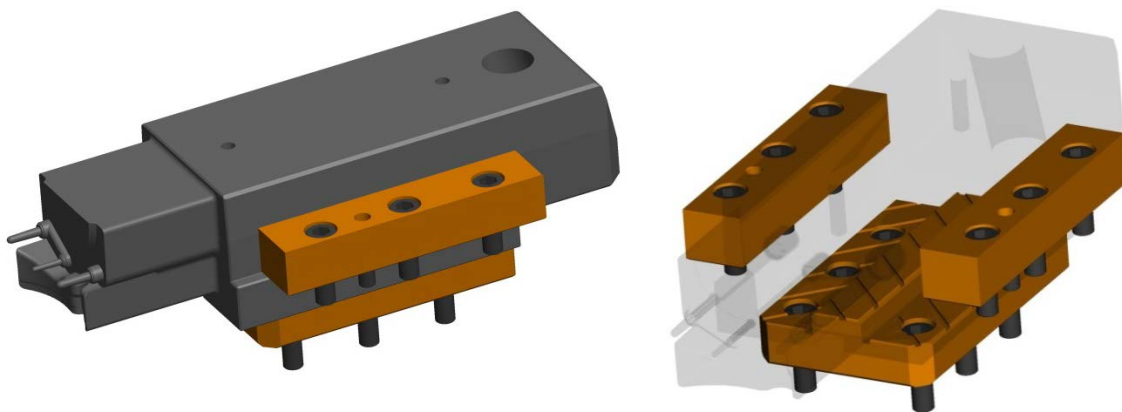
Následující kapitola obsahuje konstrukční návrh šíbru, potřebného k vyhotovení tvarových ploch (viz kapitola 5. Model zadaného dílu). Konstrukční řešení všech šíbrů jsou odlišná pouze ve tvaru formované plochy, proto zde bude popsán návrh jen jednoho šíbru. Tvarové čelo zakončující šíbr je vyhotoveno vstupní plochou (Obrázek 15).



Obrázek 15 - Vstupní plocha pro návrh

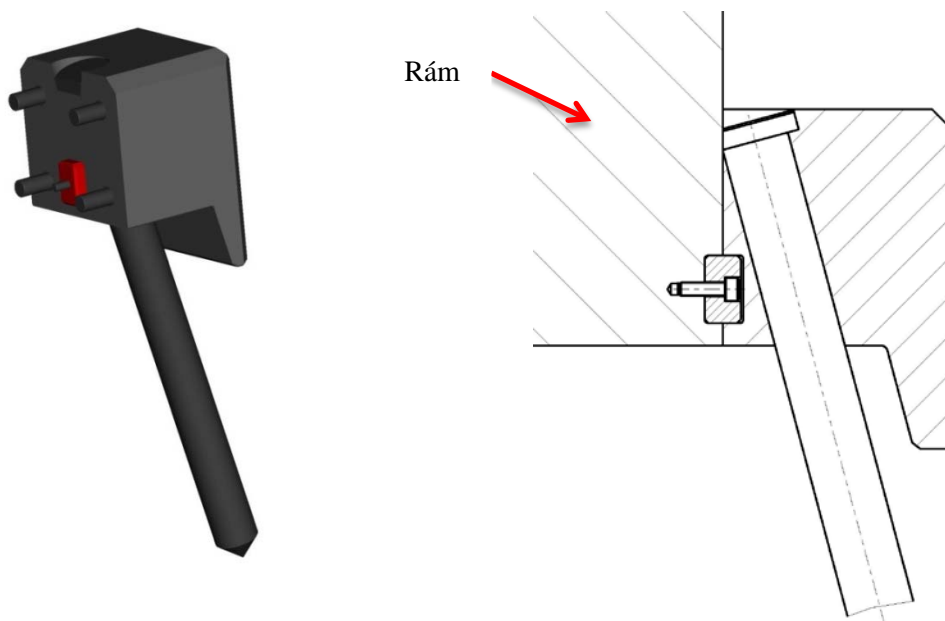
7.1. Varianta A

Šíbr je vyroben z monolitického bloku oceli (Obrázek 16). Pro zajištění přesného posuvného pohybu šíbru slouží vodící lišty, které jsou pomocí kolíků a šroubových spojů připevněny do pevné části formy. Na horních plochách spodní vodící lišty jsou vyhotoveny drážky odstraňující případné napadané nečisty.

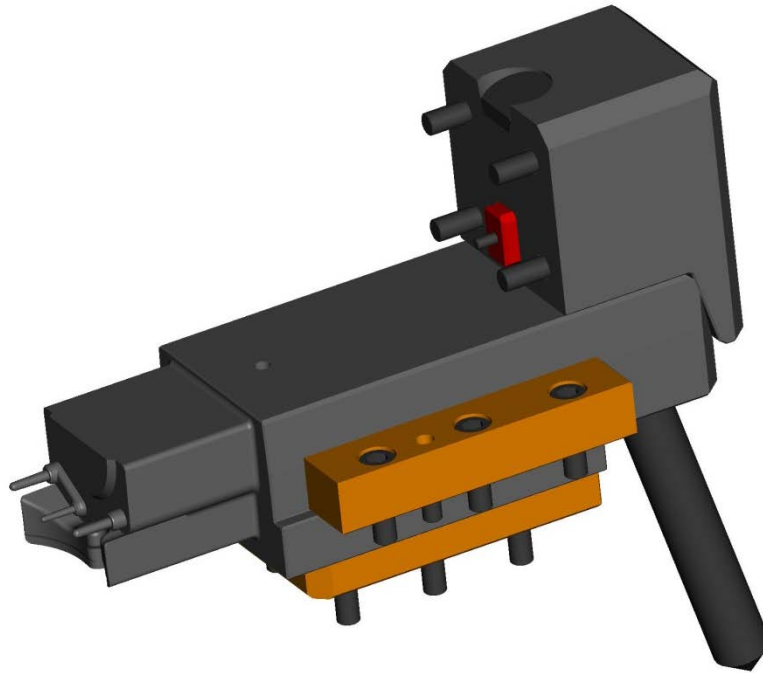


Obrázek 16 - Varianta A: šíbr

K pohyblivé desce formy je připevněn šroubovými spoji držák (Obrázek 17). Přesnou polohu držáku stanovuje kámen, který je taktéž přišroubovaný k pohyblivé desce formy. Do předvrtaného otvoru v držáku, sklopeného pod úhlem 15°, je vložen čep s hlavou. Ten slouží k ovládání posuvného sběrače při otevírání a zavírání formy. Na hlavě čepu je frézovaná plocha zamezující axiální posun čepu a rotaci okolo vlastní osy. Tvarový výstupek v zadní části držáku, který svou šikmou plochou dosedá na posuvný sběrač, splňuje funkci dorazu při uzavření formy, a tím pomáhá při zvyšování celkové tuhosti sběrače.



Obrázek 17 - Varianta A: ovládání šíbru



Obrázek 18 - Varianta A: sestava šíbru

Výhody varianty A:

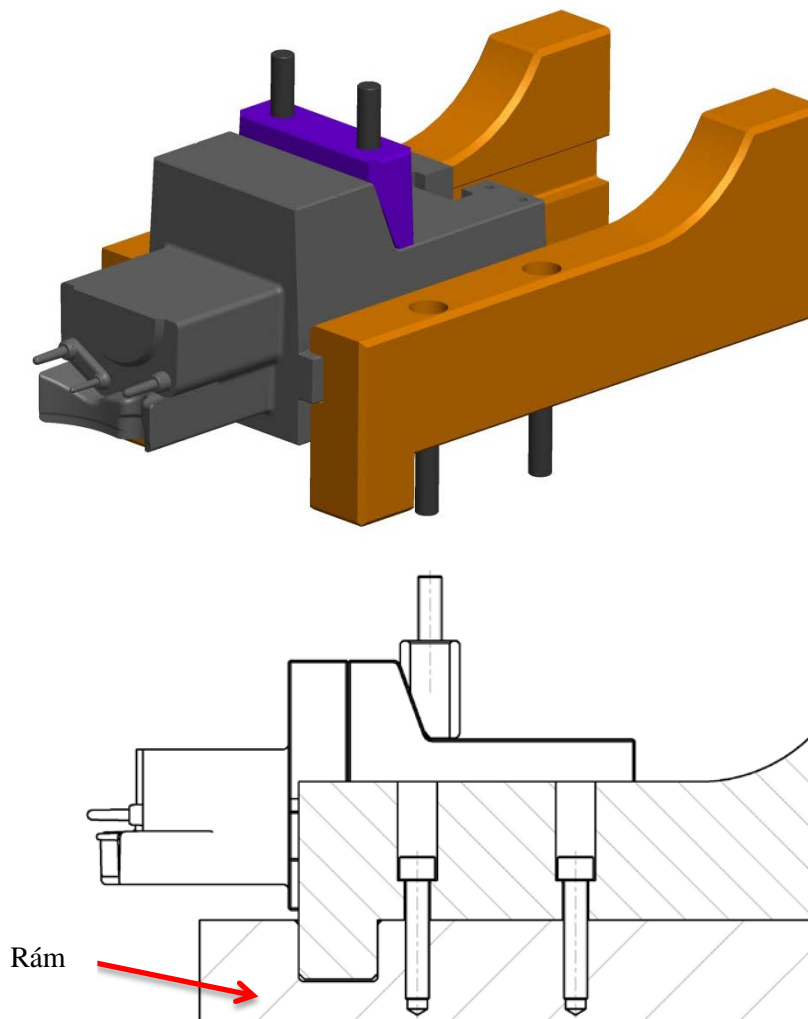
- Jednoduchá výroba
- Jednoduchá konstrukce posuvného sběrače

Nevýhody varianty A:

- Monolitická výroba šíbru dovoluje vyrábět pouze jeden jedinečný tvar odlitku
- Při větším počtu sběračů ve formě, je možné, že posuvný čep bude omezovat odlitek při vyhazování
- Napětí vzniklé od tlaku taveniny, působící na tvarovou plochu, prostupuje celým šíbrem přes doraz, až do pohyblivé desky formy.

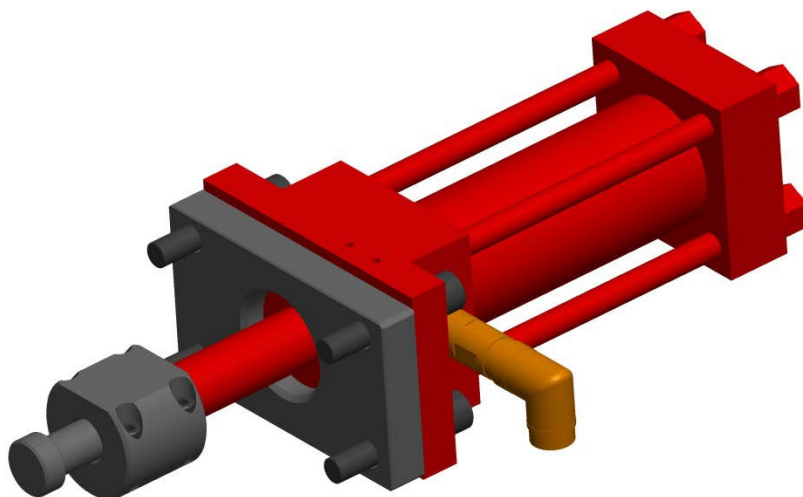
7.2. Varianta B

Šíbr je vyroben z jednoho bloku oceli. Z přední strany je zakončen negativem formované plochy, z druhé strany, ve tvarovém vybrání, je uchycen k ovládání šíbru. Vedení je na bocích vodícími lištami zajištěnými dvěma šrouby do rámu pohyblivé části formy. V zadní části vodících lišt jsou čtyři otvory se závity pro uchycení hydraulického válce. Pro snížení sil působících na šroubové spoje připevňující vodící lišty je v jejich přední části výstupek. Tento výstupek je vsazen do frézovaného otvoru stejného tvaru umístěného v rámu pohyblivé části. Doraz klínovitěho tvaru, opřený o jezdec, zvyšuje celkovou tuhost. Umístění dorazu je v pevné části pomocí dvou šroubů.



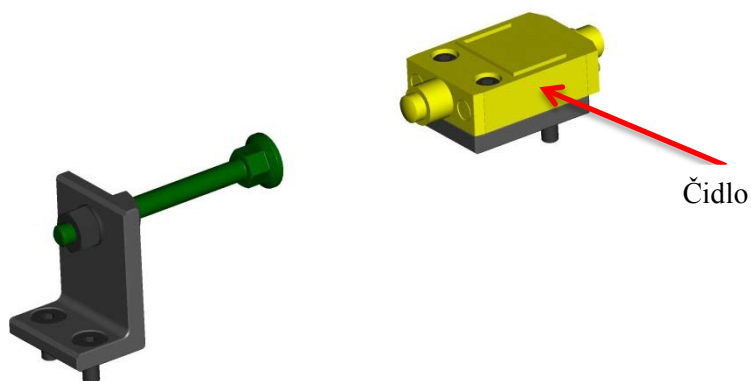
Obrázek 19 - Varianta B: šíbr

K ovládní pohybu sběrače je použit jednočinný hydraulický válec se zpětnou pružinou (Obrázek 20). Ten je uchycen šrouby k vodícím lištám. K rozložení napětí, je mezi čelní plohou válce a vodícími lištami umístěna ocelová deska. Samotné propojení jezdc a pístnice hydraulického válce je nakonstruováno čepem a hřídelovou spojkou.

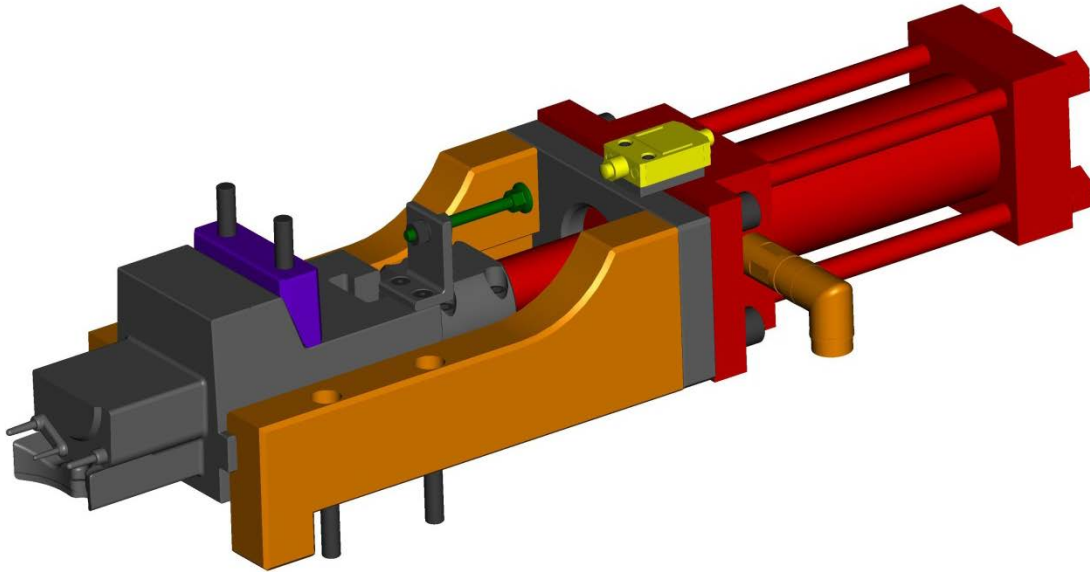


Obrázek 20 - Varianta B: hydraulický válec

Na svrchní části hydraulického válce je přišroubováno čidlo pro nastavení krajní polohy. Dotyk na čidlo je proveden pomocí hřídelky, ukotvené maticemi k rameni. To je uchyceno šrouby k šíbru.



Obrázek 21 - Varianta B: odměřování



XX+0.1

Obrázek 22 - Varianta B: sestava šíbru

Výhody varianty B:

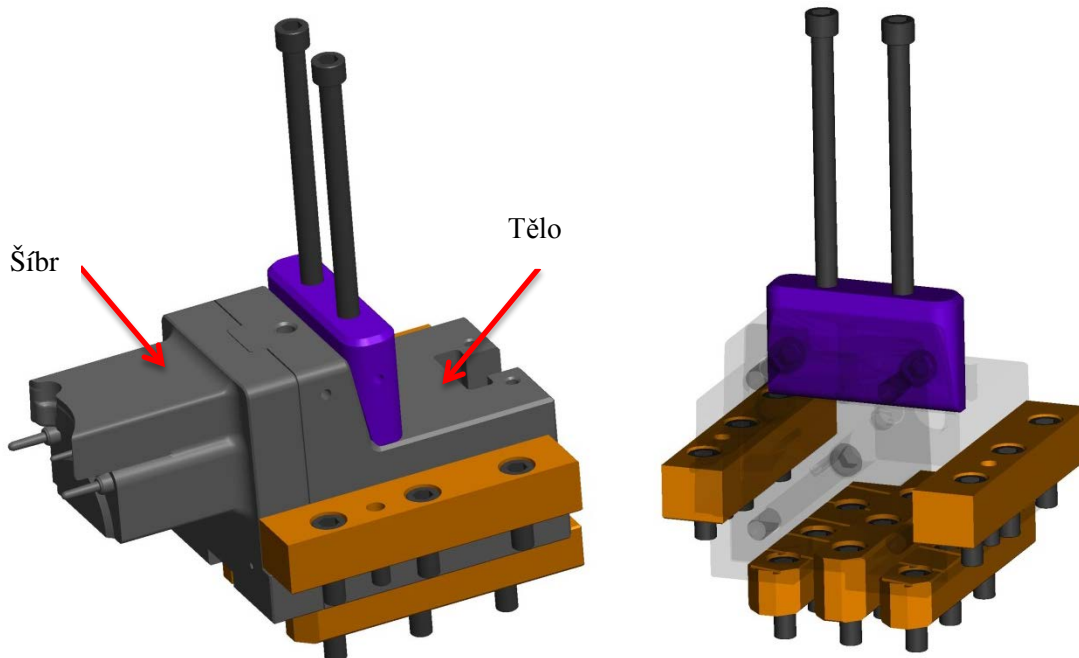
- Umístění dorazu v rámu zaručuje větší tuhost celé konstrukce než u varianty A
- Snadno nastavitelná výchozí pozice u vysunutí
- Pozice při zasunutí bez nutnosti nastavování, zajištěna zpětnou pružinou

Nevýhody varianty B:

- Složitější konstrukce
- Vyšší náklady na výrobu
- Přístup nečistot k čidlu
- Nutnost zavedení média do hydraulického válce

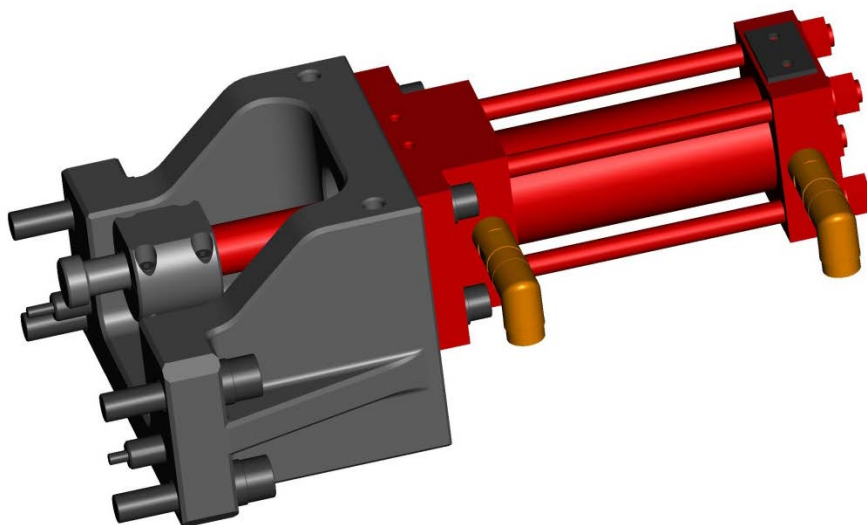
7.3. Varianta C

Šíbr je pomocí šroubů upevněn na tělo. Ten je veden vodícími lištami přišroubovanými do pohyblivé části formy. Pro zvýšení celkové tuhosti posuvného sběrače, při uzavření formy, slouží doraz vsazený do pevné části formy a zajištěný dvěma šrouby.



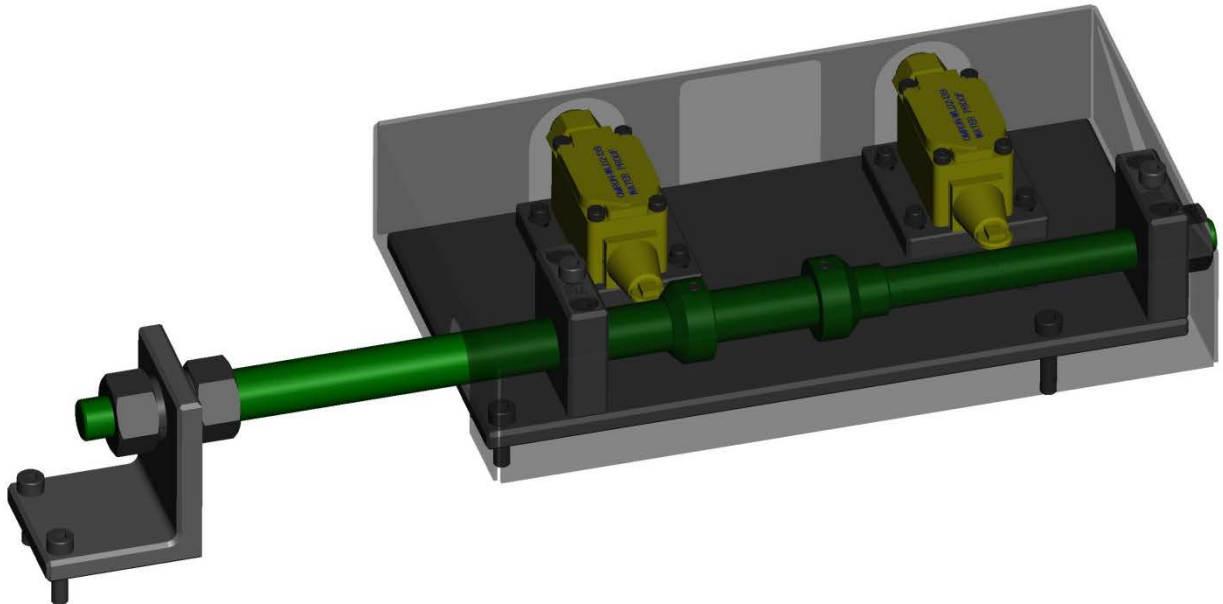
Obrázek 23 - Varianta C: šíbr

Polohování těla se šíbrem je realizováno dvoučinným hydraulickým válcem. Válec je pevně uchycen šrouby do držáku. Přesná poloha držáku, na pohyblivé části formy, je zajištěna pomocí kolíků a šroubových spojů. Propojení válce s jezdcem je navrženo tvarovým vybráním v zadní části jezce a čepem, připevněným hřídelovou spojkou k pístnici hydraulického válce.



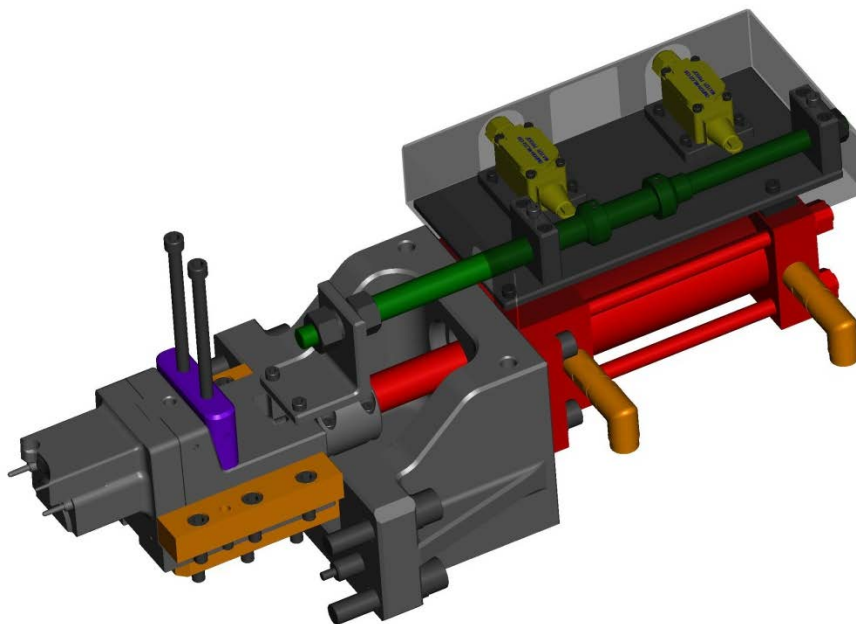
Obrázek 24 - Varianta C: hydraulický válec

Pro stanovení výchozích poloh hydraulického válce je navrženo odměřování (Obrázek 25) pomocí dvou koncových spínačů. Ty jsou umístěny na desce, přišroubované k horní části hydraulického válce. Vlastní odměřování je tvořeno pomocí dvou nákrůžků, navlečených na hřídeli a zajištěných pojistnými šrouby. Hřídel je pomocí dvou matic uchycena k rameni, které je z druhé strany přišroubováno k jezdcí. Celá deska se spínači je chráněna proti nečistotám krytem, vyrobeným jedním ohýbaným plechem s otvory sloužícími k připevnění.



Obrázek 25 - Varianta C: odměřování

Na obrázku níže je znázorněna celková sestava posuvného sběrače včetně všech komponent.



Obrázek 26 - Varianta C: sestava šífru

Výhody varianty C:

- Umožnění jednoduché výměny tvarové části šíbru, tím je docíleno více variací odlitků.
- Jednoduché nastavení výchozích poloh pomocí nákrůžků
- Pozice dorazu zamezuje prostupu napětí, vzniklým od tlaku taveniny, celým tělem sběrače
- Umístění dorazu garantuje, že hydraulický válec nemusí být během licího cyklu pod tlakem

Nevýhody varianty C:

- Nutnost zavedení hydraulického média do hydraulického válce
- Složitější výroba
- Vyšší náklady na výrobu

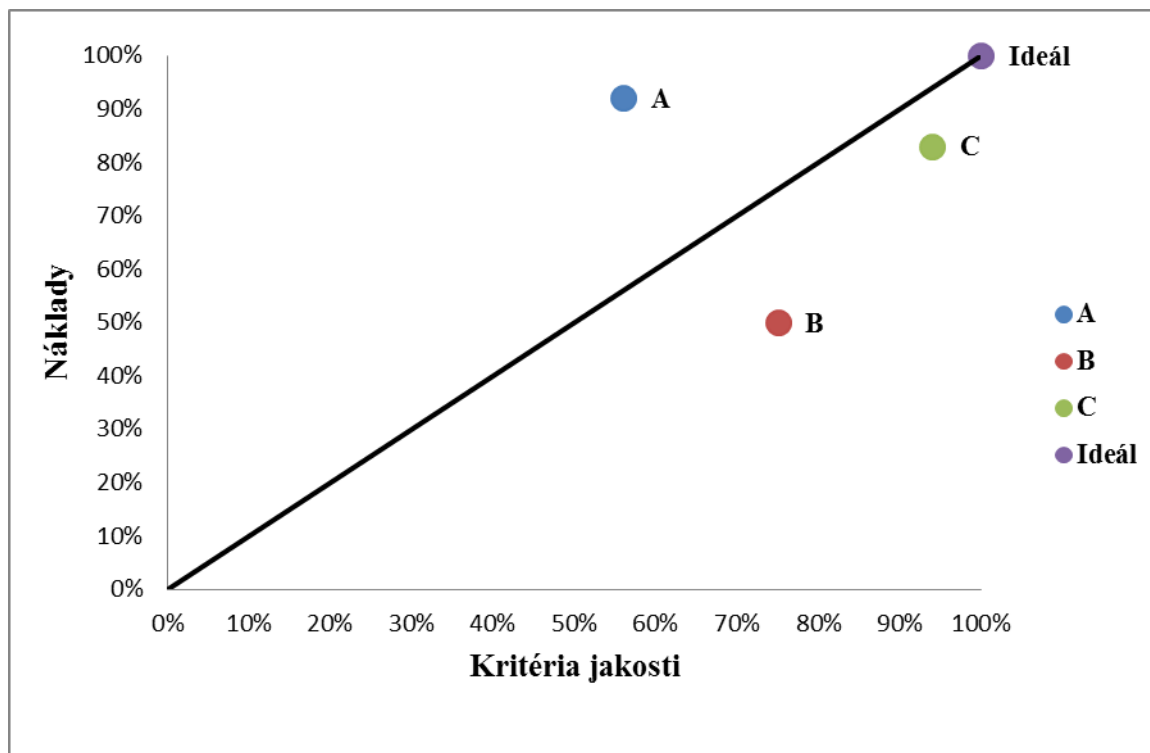
7.4. Zhodnocení variant

Tabulka 3 - Hodnocení variant

	Varianta	A	B	C	Ideál
Kritéria jakosti	Kvalita vyhození odlitku	2	3	4	4
	Složitost konstrukce	4	3	3	4
	Ochrana před nečistotami	2	2	4	4
	Variace odlitků	1	4	4	4
	Celk. souč. hodnocení	9	12	15	16
	Celk. norm. hodnocení	56%	75%	94%	100%
Náklady	Výrobní náklady	4	3	3	4
	Provozní náklady	4	2	3	4
	Náklady na údržbu	3	1	4	4
	Celk. souč. hodnocení	11	6	10	12
	Celk. norm. hodnocení	92%	50%	83%	100%
Celkové pořadí		2	3	1	

Bodování:

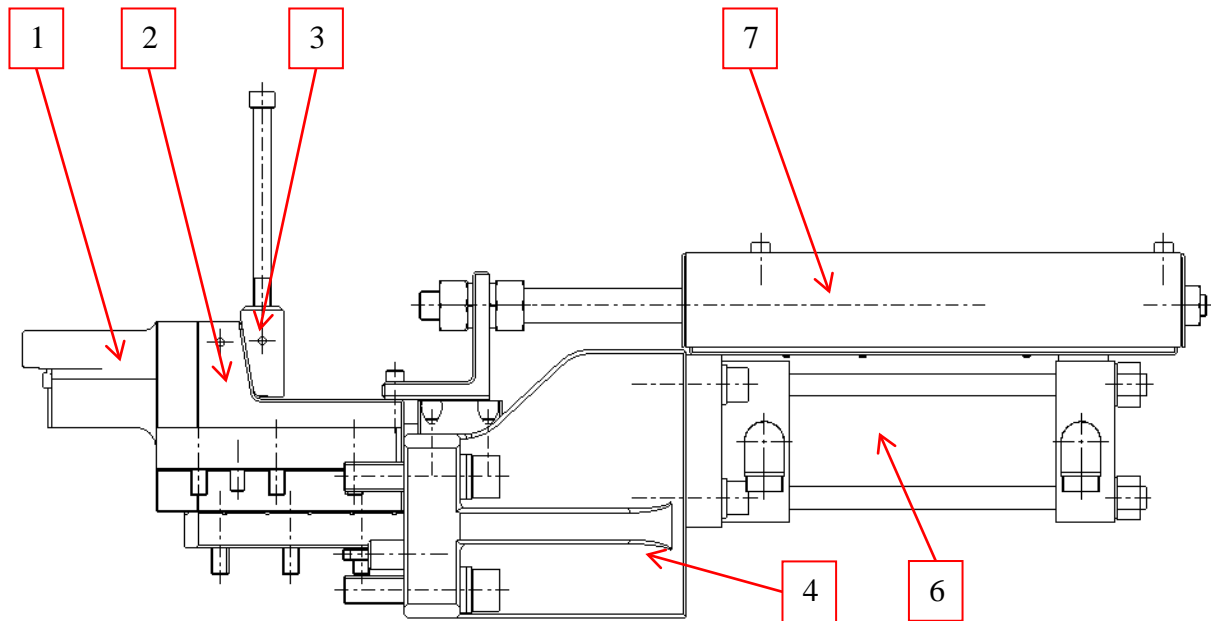
- 1... dostačující
- 2... uspokojivé
- 3... dobré
- 4... velmi dobré



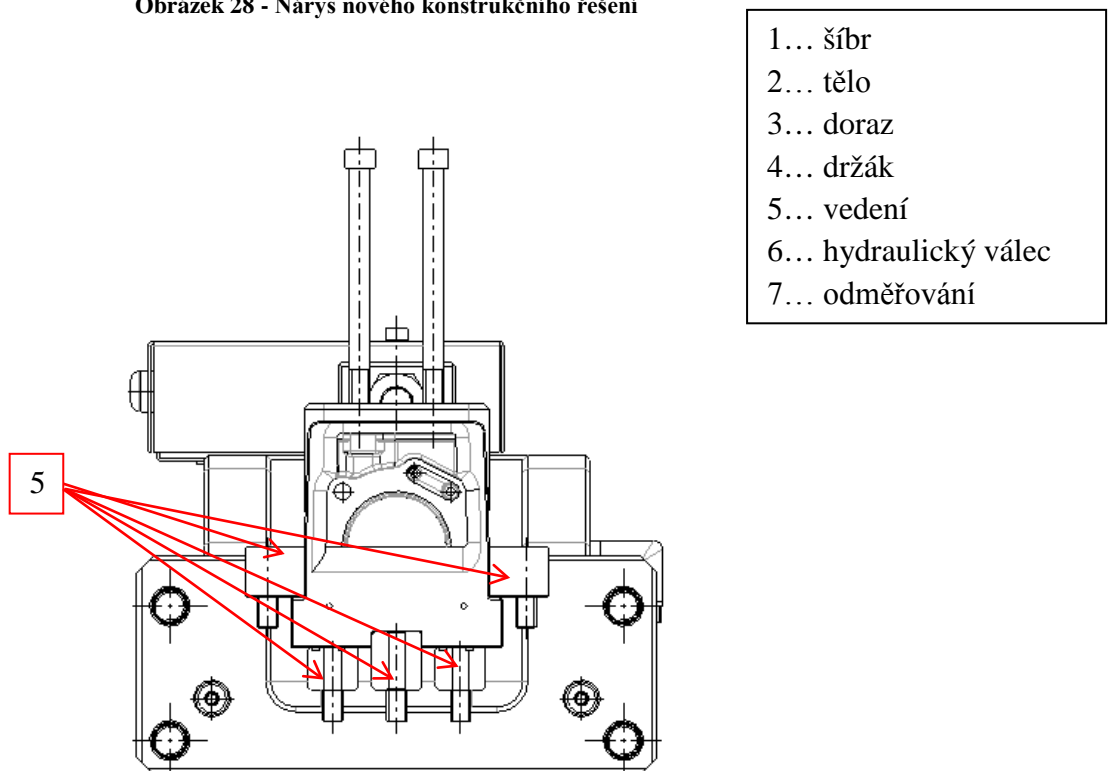
Obrázek 27 - Graf zhodnocení variant

7.5. Popis nového konstrukčního řešení;

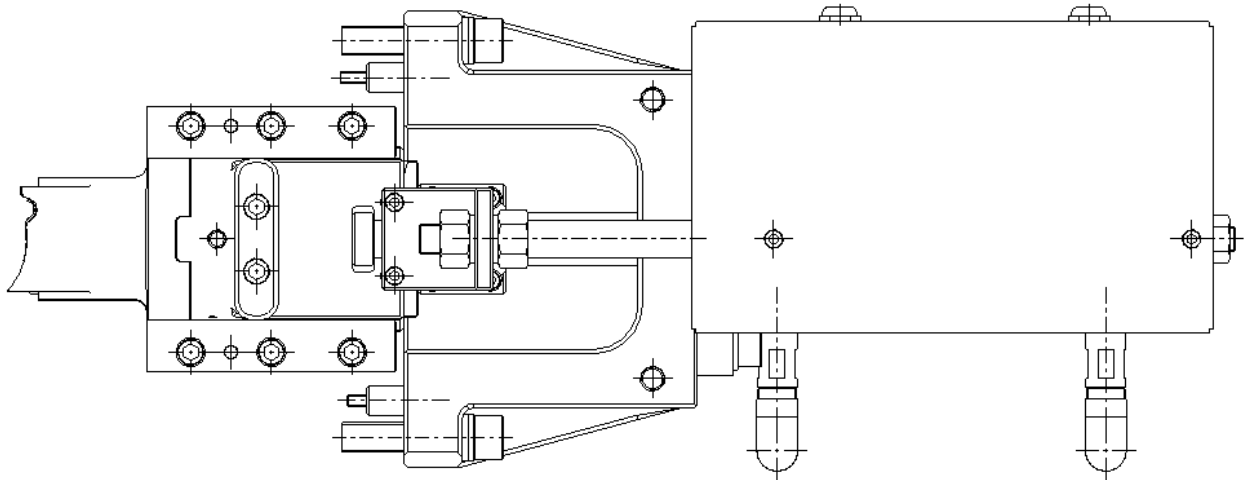
Nové konstrukční řešení spočívá v rozpracování varianty C, která byla vybrána jako nejschůdnější v předešlé kapitole.



Obrázek 28 - Nárys nového konstrukčního řešení



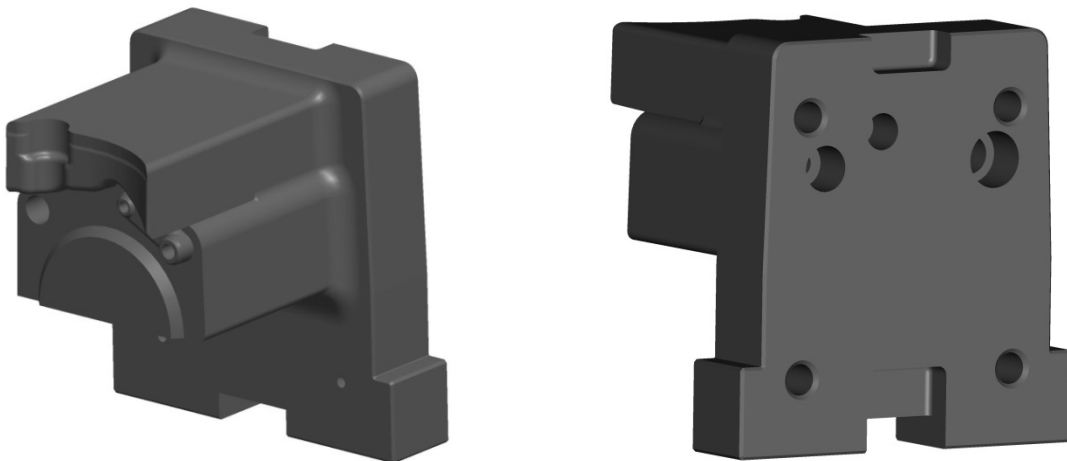
Obrázek 29 - Bokorys nového konstrukčního řešení



Obrázek 30 - Půdorys nového konstrukčního řešení

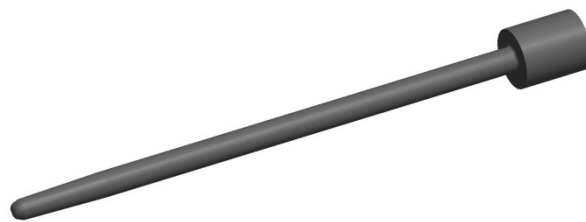
7.5.1. Šíbr

Šíbr (Obrázek 31) je vyroben frézováním z bloku materiálu 1.1730. Jeho přední strana má 3D tvar negativu vyráběné plochy. Z opačné strany je rovinná plocha pro dosednutí na čelo jezdce. Pro zajištění přesné polohy na jezdci jsou na zadní ploše navrženy dvě drážky a k přichycení čtyři závity M12.

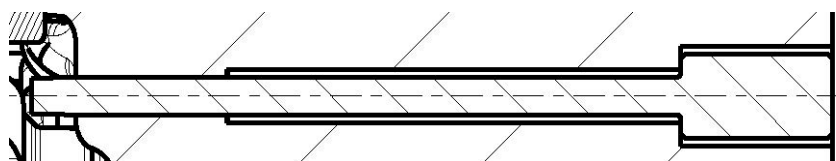


Obrázek 31 - Šíbr

Tenké výstupky na tvarové ploše jsou při odlévání značně namáhány. Při jejich porušení je nutná oprava. Pro rychlou a nízkonákladovou opravu byly tyto výstupky vytvořeny pomocí jader. Tento princip provedení má kladný vliv na výrobu, která se tím následně zlevní. Jádra (Obrázek 32) jsou vyrobena ze shodného materiálu jako samotný šíbr. Jejich uložení v otvorech je H7/g6, což zamezuje vznik průstřiku do otvoru (viz Obrázek 33)



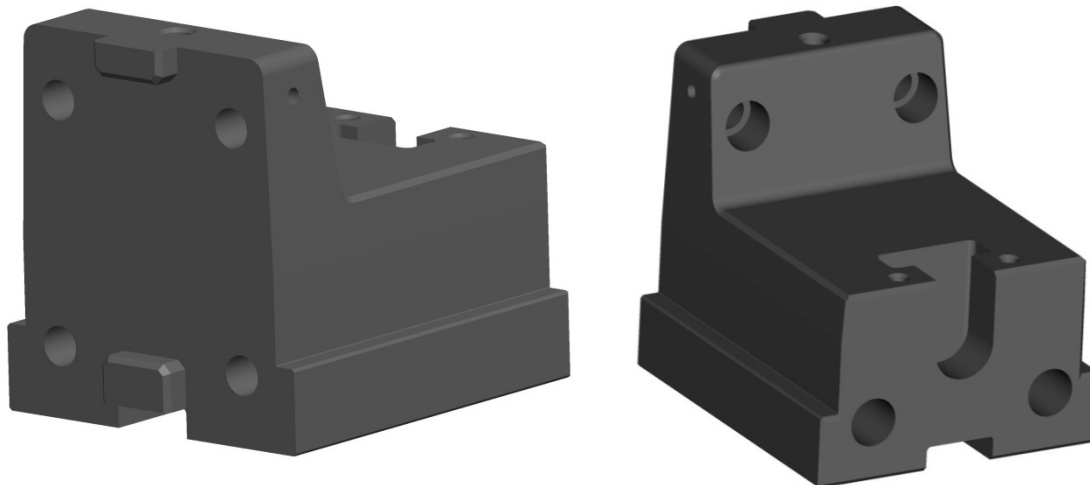
Obrázek 32 – Jádru



Obrázek 33 - Uložení jádra v řezu

7.5.2. Tělo

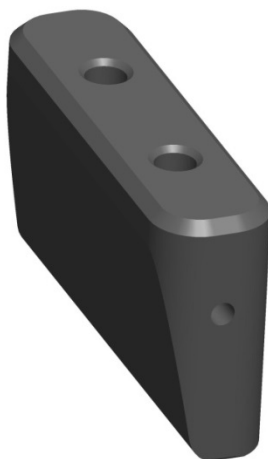
Materiál na výrobu těla byla zvolena ocel třídy 1.1730. Čelní plocha je svým obvodem shodná se zadní plochou šíbru. Dva tvarové výstupky na této ploše přesně zapadají do drážek na sběrači. Najdeme zde i čtyři otvory pro šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem dle ISO, zajišťující šíbr. Po obou bocích a zespodu jsou vodící plochy. V zadní části je tvarové vybrání k uchycení pístnice hydraulického válce a dva závity M8 pro přišroubování ramene. Poslední závit M12, vyrobený na horní ploše, slouží k manipulaci s jezdcem.



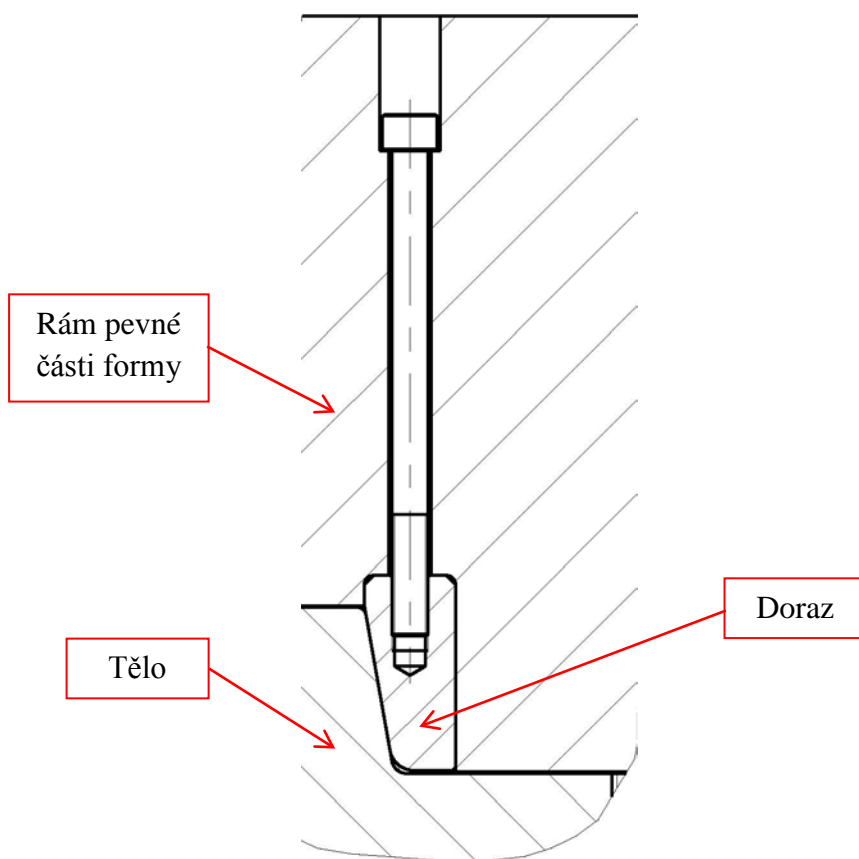
Obrázek 34 – Tělo

7.5.3. Doraz

Doraz je vyráběn z kusu oceli 1.1730. Jeho úkolem je zvýšení celkové tuhosti posuvného sběrače a zajištění nezátíženého hydraulické válce při licím cyklu. Pro nejmenší počet namáhaných prvků šíbru od působení síly, vznikající tlakem taveniny, je doraz umístěn, v co nejmenší vzdálenosti od samotné tvarové vložky formy. Tvar dorazu připomíná klín, který šikmou stranou přiléhá na tělo při uzavřené formě. K zajištění na pevnou část formy slouží dva šrouby M12. Pro ty jsou, z horní strany dorazu, vytvořeny otvory se závity.



Obrázek 35 - Doraz

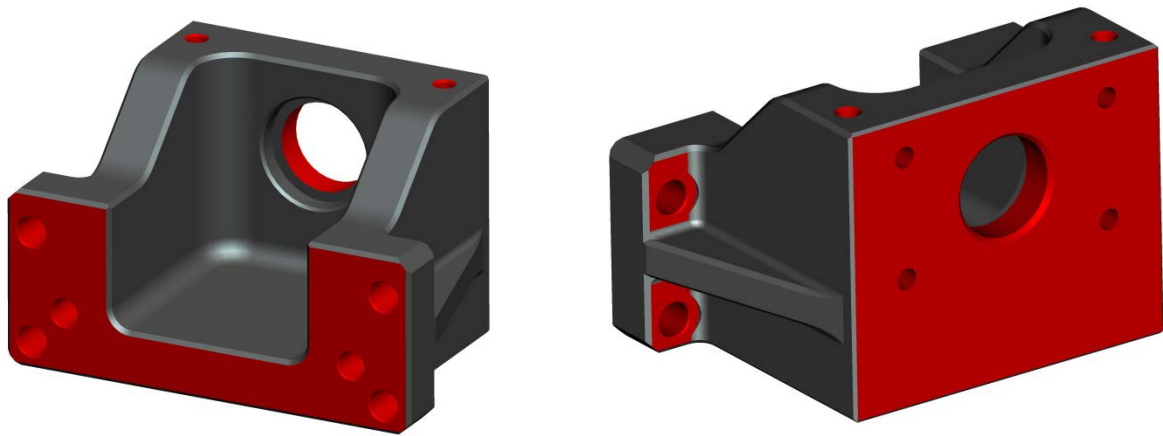


Obrázek 36 - Uchycení dorazu

7.5.4. Držák

Držák je vyroben jako odlitek, pouze funkční plochy jsou obráběny (červené plochy na Obrázku 37). Jeho hlavní funkcí je přichycení hydraulického válce na rám pohyblivé části formy. Na přední straně držáku jsou čtyři otvory $\text{Ø}22$ mm pro šrouby M20, k přichycení na rám, a dva otvory pro vložení kolíků $\text{Ø}20$ mm, zajišťující přesnou polohu. Z opačné strany je

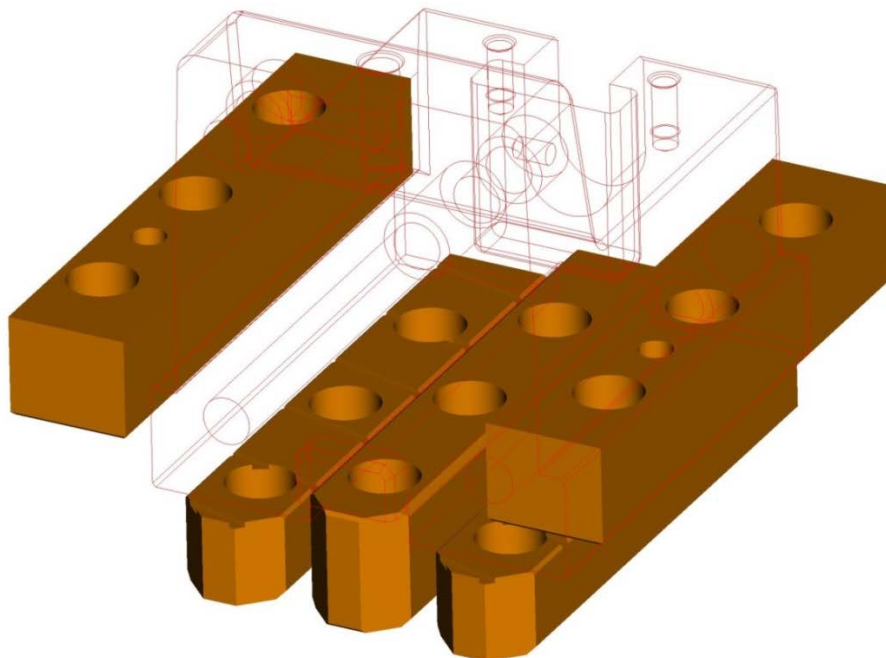
rovinná plocha. Sem dosedá čelo hydraulického válce. Ten je přichycen šrouby ve čtyřech otvorech se závity M16. Dále je na zadní ploše průchozí otvor, kterým je válec centrován. V horním pohledu na držák jsou viditelné dva otvory se závity M16, které slouží pro manipulaci.



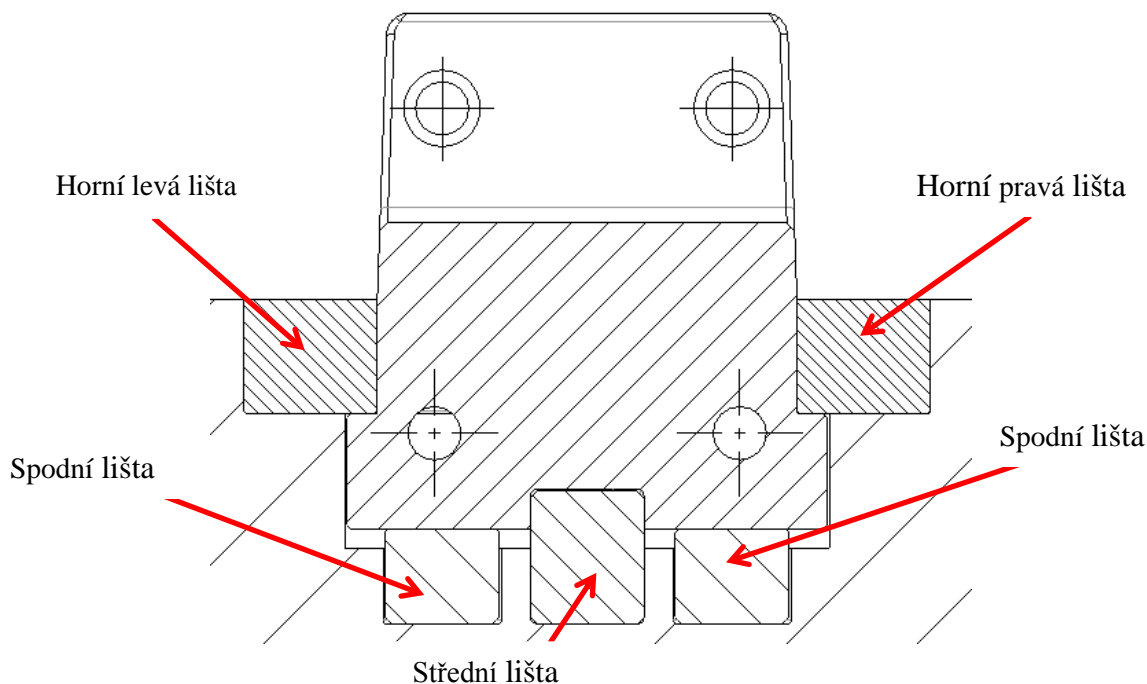
Obrázek 37 - Držák

7.5.5. Vedení

Vedení se skládá z pěti kusů vodících lišt (Obrázek 38 a 39). Každá z vodících lišt je přichycena pomocí tří šroubů M12 k pohyblivé části formy. Materiálem na výrobu vodících lišt je bronz, která má vhodné kluzné vlastnosti.

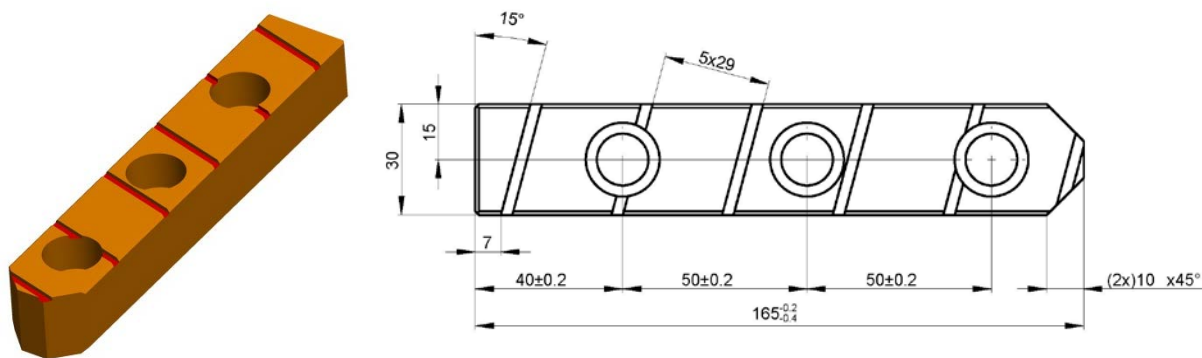


Obrázek 38 – Vedení



Obrázek 39 - Vedení v řezu

Střední vodící lišta zajišťuje vedení v bočním směru. Horní lišty vedou tělo šíbru na horní ploše a spodní lišty na spodní ploše těla. Na horní ploše spodních vodících lišt jsou navrženy drážky. Funkcí těchto drážek je seřiznutí a odvedení nečistot, které by se mohly dostat na vedení při licím procesu.



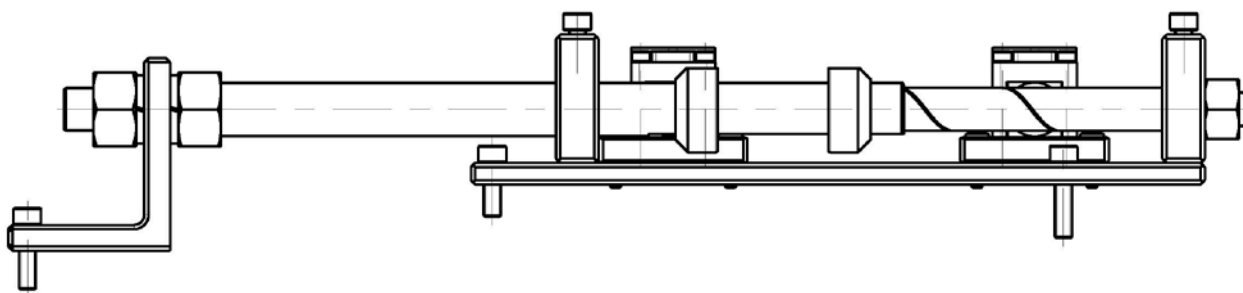
Obrázek 40 - Spodní vodící lišta

7.5.6. Hydraulický válec

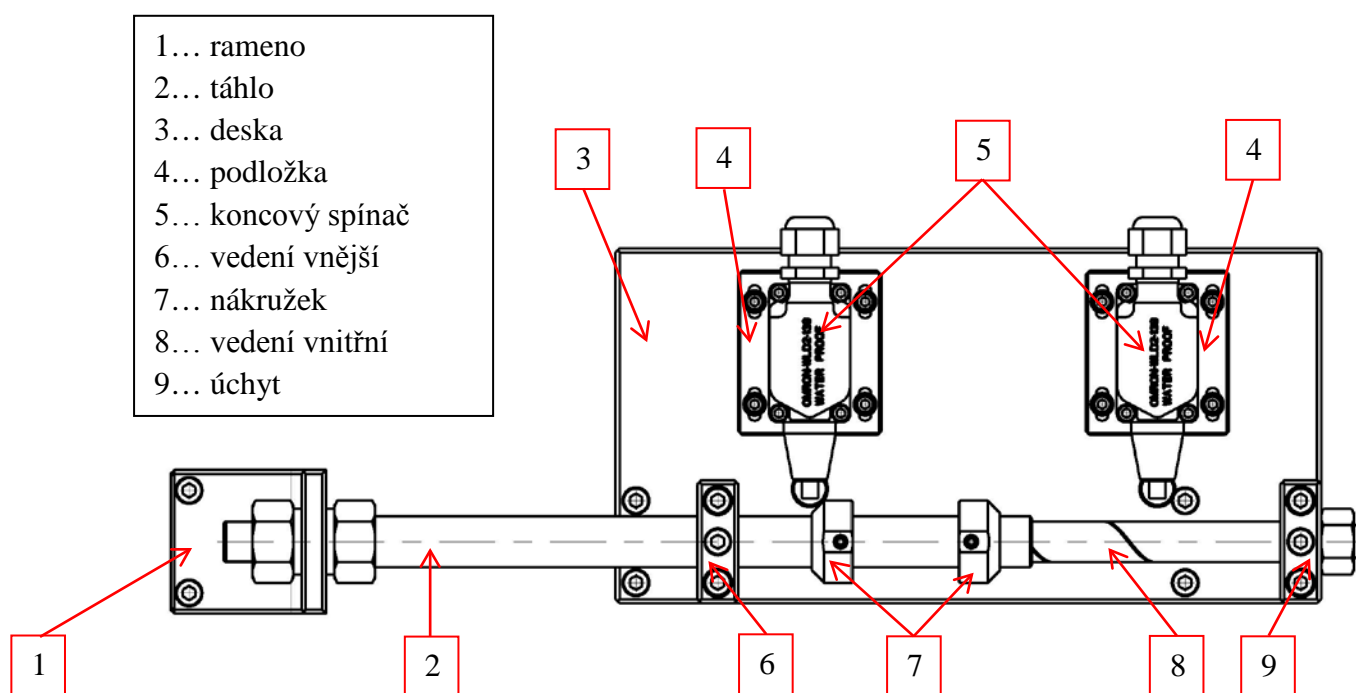
Úkolem hydraulického válce je zajistit přímočarý vratný pohyb těla se šíbrem. V tomto konstrukčním řešení není žádné zatížení působící na válec při licím cyklu, tím není nutné provádět výpočty pro zjištění jeho velikosti. Byl zvolen dvoučinný hydraulický válec od firmy NAMBU s označením FAN 80.

7.5.7. Odměrování

Odměrování je složeno z několika částí, které jsou znázorněné na obrázcích 41 a 42. Pro lepší zobrazení komponent je na těchto obrázcích znázorněno odměrování bez krytu (Obrázek 43).



Obrázek 41 - Narys odměrování



Obrázek 42 - Půdorys odměrování

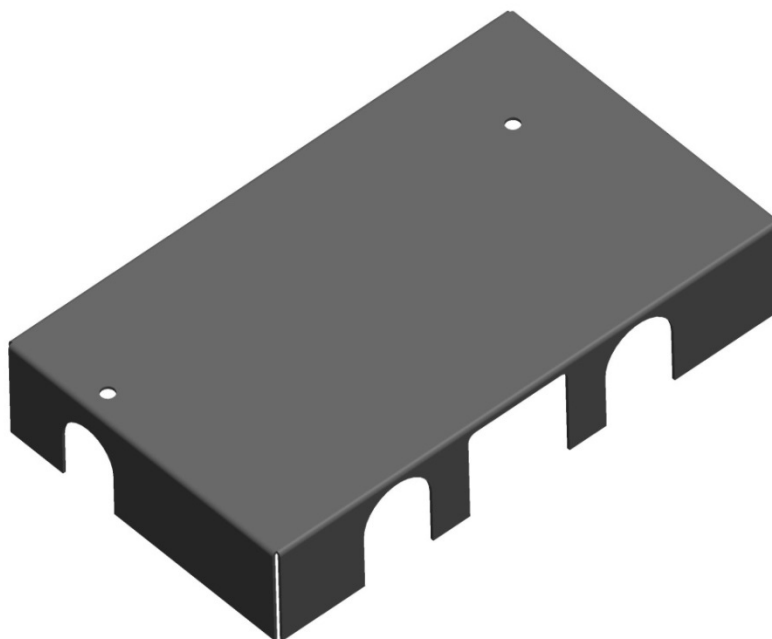
Rameno (1) je vyrobeno z profilu tvaru L. Ze spodní strany je přichyceno dvěma šrouby k tělu, z druhé strany je vyvrtán otvor. V tomto otvoru je pomocí dvou kusů pružných podložek a dvou matic zajištěno táhlo (2). To má tvar tyče, z jedné strany osazení se závitem M20x1 a ze strany druhé otvor $\text{Ø}20,2 \pm 0,05$. Na vnějším průměru táhla jsou dva nákrůžky (7) zajištěny pojistnými šrouby. Přesná poloha obou nákrůžků je nastavena při montáži. Táhlo je vedeno, na vnějším průměru, vedením vnějším (6). Skrz vedení vedou dva otvory pro uchycení k desce (3) a jeden otvor pro šroub držící kryt. Dále je táhlo vedeno, na vnitřním průměru, vedením vnitřním (8). Pro odstranění případných nečistot, je na povrchu vnitřního vedení soustružená spirála. Z opačné strany vedení je osazení se závitem M16x1. Tento závit s maticí slouží k uchycení vnitřního vedení k úchytu (9). Skrz úchyt vedou shodné otvory jako na vnějším vedení (6). Každý z koncových spínačů (5) je čtyřmi šrouby přichycen k podložce

(4). Hlavní funkcí podložky je výšková korekce spínače a táhla. Sekundární funkcí je nastavitelná vzdálenost spínače od povrchu táhla. Toho je dosaženo čtyřmi navrženými drážkami na každé podložce. Přichycení podložky k desce je šrouby vedoucími skrz drážky. Deska (3) se všemi komponenty je přišroubována čtyřmi šrouby k hydraulickému válci.

Materiály a polotovary veškerých komponent včetně krytu jsou uvedeny v tabulce 4. Nakupované součásti jsou zde normalizované díly a koncové spínače. Označení spínačů je 8-AWD2 od firmy OMRON.

Tabulka 4 - Materiály a polotovary komponent odměřování [10]

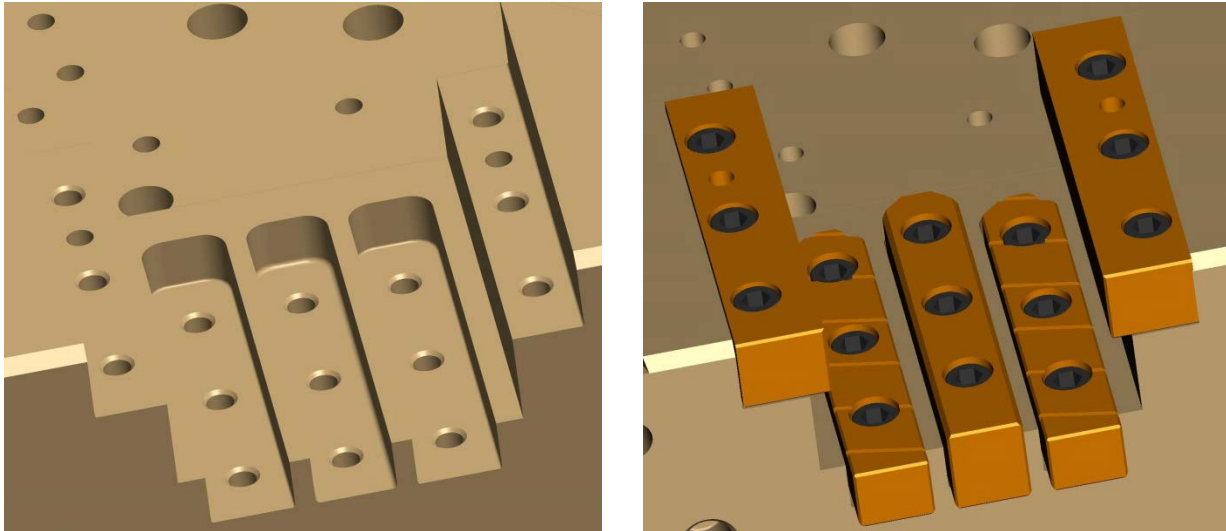
	Polotovar	Polotovar	Materiál
Rameno (1)	ČSN EN 10059	4HR 80 - 95	11 375
Táhlo (2)	ČSN EN 10278	KR 30 - 400	11 375
Deska (3)	ČSN EN 10051	P14-180x350	11 375
Podložka (4)	ČSN EN 10029	P16-80x85	11 375
Vedení vnější (6)	ČSN EN 10059	4HR 65 - 25	11 375
Nákružek (7)	ČSN EN 10278	KR 45 - 25	11 375
Vedení vnitřní (8)	ČSN EN 10278	KR 25 - 255	11 375
Úchyt vedení (9)	ČSN EN 10059	4HR 65 - 25	11 375
Kryt	ČSN EN 10051	P2-345x490	11 375



Obrázek 43 – Kryt

8. Návrh uložení vodících lišt

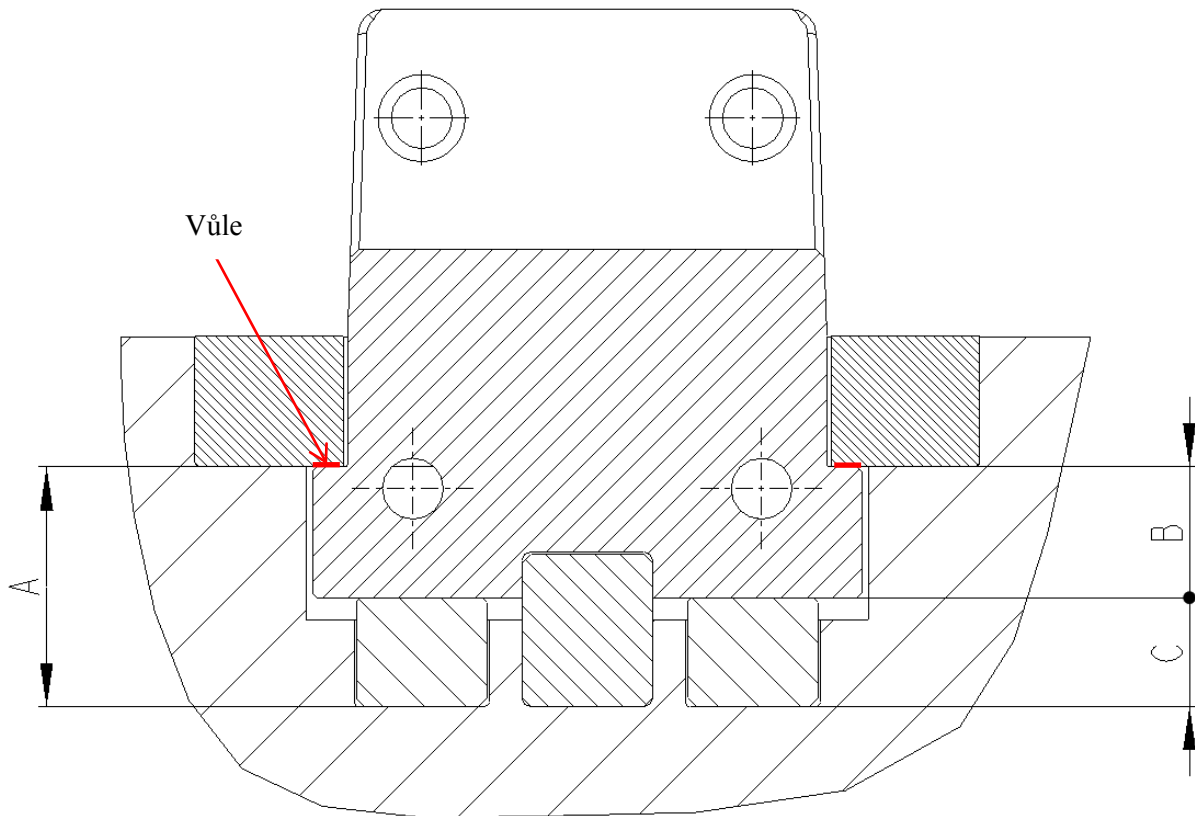
Jak bylo již uvedeno v předchozích kapitolách, jsou vodící lišty přišroubovány do rámu pohyblivé části formy. Návrh uložení lišt spočívá v navržení rozměrů a jejich tolerancí u jednotlivých komponent. Na obrázku 44 je znázorněno místo pro vložení a následné přichycení vodících lišt.



Obrázek 44 - Uložení vodících lišt

Pro docílení bezchybného pohybu posuvného sběrače je nutné zajistit potřebnou vůli mezi tělem a vodícími lištami, během licího procesu. Dále se nesmí opomenout fakt, že při licím cyklu je zvýšená teplota. Zvýšení teploty ovlivní veškeré rozměry, protože u jednotlivých komponent dochází k roztažnosti materiálu.

V uložení je nutné zajistit vůli mezi horními vodícími lištami a horizontálními vodícími plochami na těle šíbru (červená linie na obrázku 45). Na tomto obrázku jsou znázorněni rozměry potřebné pro výpočet. Rozměr A udává vzdálenost mezi spodní plochou horní vodící lišty a dnem drážky pro uchycení spodní vodící lišty. Rozměr B je vzdálenost mezi horní a spodní vodící plochou na těle šíbru. Rozměr C udává výšku spodní vodící lišty.



Obrázek 45 - Uložení vodících lišt v řezu - 1

Návrh rozměrů při teplotě 20°C a určení materiálů pro jednotlivé rozměry. Provozní teplota v místě uložení byla stanovena na 200°C.

$$A = 55,00^{+0,13}_{+0,09} \text{ mm , ocel}$$

$$B = 30,00^{+0,02}_{-0,02} \text{ mm , ocel}$$

$$C = 25,00^{+0,02}_{-0,02} \text{ mm , bronz}$$

Obecný výpočet vůle Z_{min} a Z_{max} ve svislém vedení.

$$Z_{min} = A_{min} - B_{max} - C_{max}$$

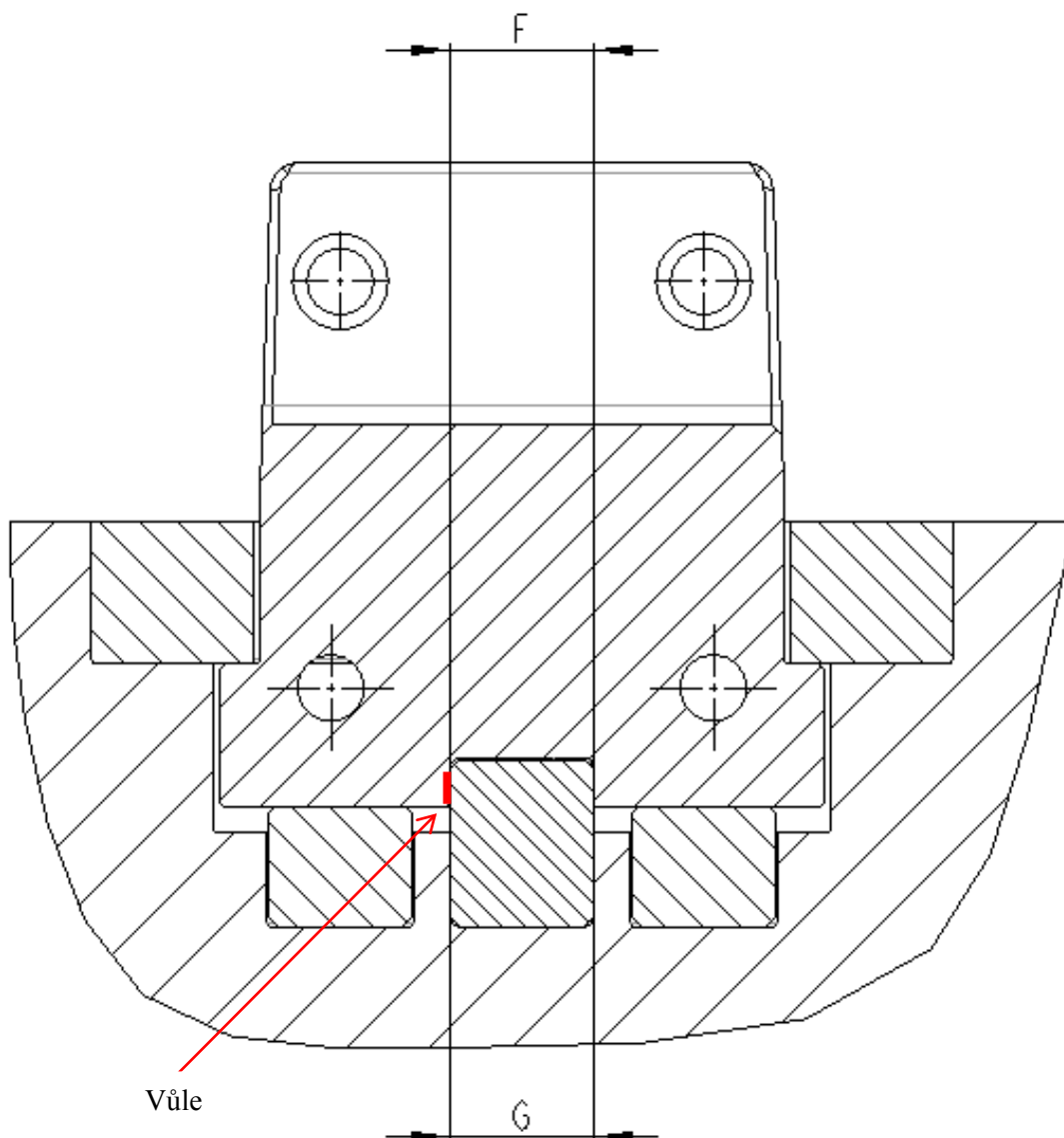
$$Z_{max} = A_{max} - B_{min} - C_{min}$$

K výpočtu svislé vůle byl použit software MITCalc, který vypočítal vůli ve 20°C a 200°C. Ve výpočtu pro provozní teplotu byly veškeré rozměry přepočítány v závislosti na roztažnosti daného materiálu. Formulář výpočtu je uveden v Příloze 1.

Tabulka 5 - Vůle svislého vedení

	Při 20°C	Při 200°C
Z_{min} [mm]	0,05	0,029
Z_{max} [mm]	0,17	0,15

Dalším místem, kde je nutné dodržet vůli pro pohyb šíbru, je mezi střední vodící lištou a stěnami drážky v těle šíbru, ve které je vložena tato střední lišta. Na obrázku 46 je názorně vidět tento řetězec s vůlí (červená linie). Rozměr F určuje šířku vodící drážky v těle šíbru a rozměr G šířku střední vodící lišty.



Obrázek 46 - Uložení vodících lišt v řezu - 2

Navržené rozměry při teplotě 20°C a materiálů jednotlivých rozměrů. Provozní teplota je totožná jako u předešlého návrhu (200°C).

$$F = 30H7\left(\begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0 \end{smallmatrix}\right) \text{ mm , ocel}$$

$$G = 30,00\left(\begin{smallmatrix} -0,04 \\ -0,07 \end{smallmatrix}\right) \text{ mm , bronz}$$

Obecný výpočet vůle Z_{min} a Z_{max} ve bočním vedení.

$$Z_{min} = F_{min} - G_{max}$$

$$Z_{max} = F_{max} - G_{min}$$

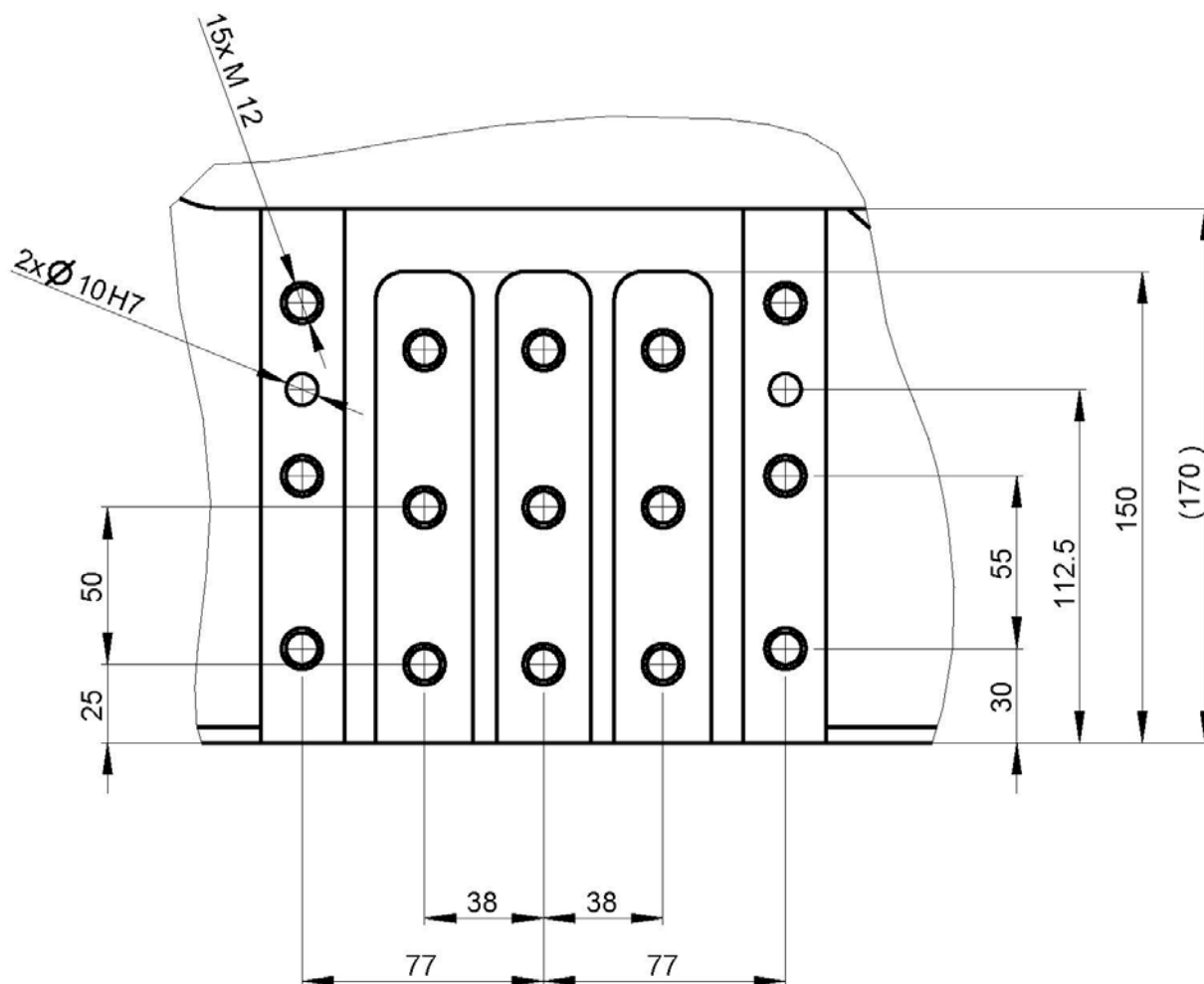
K výpočtu boční vůle byl opět použit software MITCalc, který vypočítal vůli při 20°C a při 200°C. Před samotným výpčtem bylo opět nutné zvětšit navržené rozměry F a G v závislosti na roztažnosti materiálu. Formulář výpočtu tolerančního řetězce je uveden v Příloze 2.

Tabulka 6 - Vůle bočního vedení

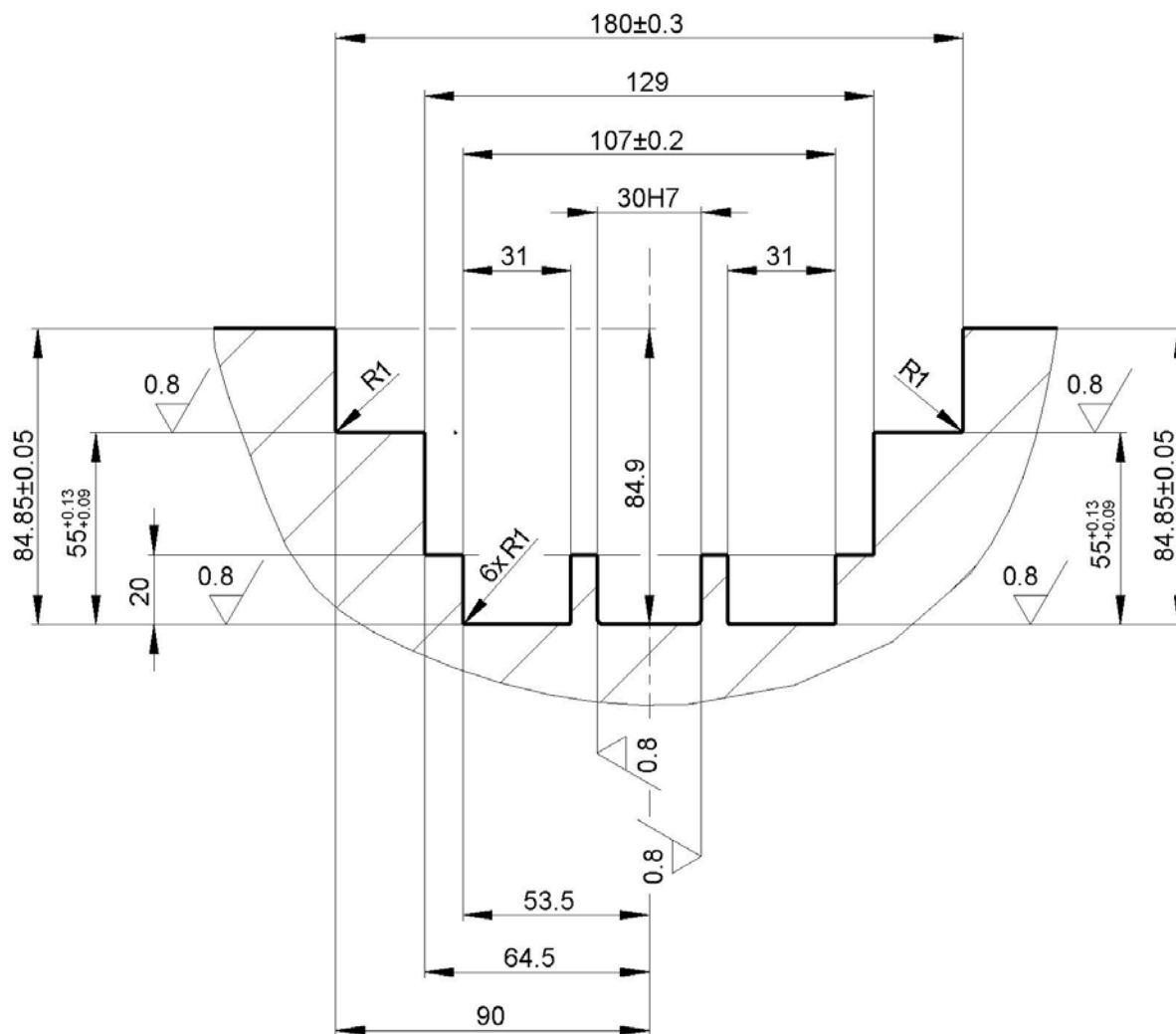
	Při 20°C	Při 200°C
$Z_{min}[\text{mm}]$	0,04	0,015
$Z_{max}[\text{mm}]$	0,091	0,066

Z tabulek 5 a 6 je viditelné, že při provozní teplotě 200°C a použití navržených rozměrů, je docíleno uložení s vůlí v obou případech, potřebné pro pohyb šíbru. Hodnoty, které nabývá Z_{max} , jsou značně ovlivňovány výrobními tolerancemi jednotlivých členů, obsažených v tolerančních řetězcích. Tyto tolerance jsou určeny v závislosti na způsobu obrábění. Veškeré tolerované plochy jsou obráběny broušením, proto je vhodné držet tolerance v setinách milimetru.

Na obrázcích 47 a 48 je znázorněné uložení šíbru v rámu pohyblivé desky formy s kótami.



Obrázek 47 - Půdorys uložení s kóty



Obrázek 48 - Řez uložení s kóty

9. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navržení konstrukčního řešení posuvného sběrače pro formu na tlakové lití hliníku.

Byl proveden popis konstrukce forem pro tlakové lití hliníku s popisem funkcí jednotlivých prvků obsažených ve formě.

Dále byl přestaven model výstupního dílu, včetně provedení analýzy úkosů. Na základě této analýzy byly navrženy plochy formované šíbrů a plochy obsažené v horní a dolní ořezové ploše. Forma byla stanovena jako jednonásobná, s ohledem na složitost geometrie výsledného dílu.

V návrhu byly představeny tři varianty konstrukčního řešení šíbrů. Dále se na základě vyhodnocení výhod a nevýhod daných řešení vybrala nejvhodnější varianta. Tato varianta byla dále popsána jako nové konstrukční řešení včetně pečlivého popisu jednotlivých komponent.

Za pomoci softwaru MITCalc 1.70a byly provedeny výpočty tolerančního řetězce pro uložení nové varianty, včetně celkového návrhu uložení v rámu pohyblivé části formy.

Použitá literatura

- [1] JELÍNEK, Petr. *Slévárství*. 4. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2000. 256 s. ISBN 80-7078-952-2
- [2] PROCHÁZKA, Jiří et al. *Technologie slévání, tváření a svařování*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 1986. 343 s.
- [3] LAPMAN, Steve, ed. et al. *ASM handbook. Vol. 15, Casting*. Materials Park: ASM International, 2008. XVIII, 1238 s. ISBN 978-0-87170-711-6
- [4] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [5] HOSNEDL, Stanislav a KRÁTKÝ, Jaroslav. *Příručka strojního inženýra: obecné strojní části. 1, Spoje, otočná uložení, hřídelové spojky, akumulátory mechanické energie*. Vyd 1. Praha: Computer Press, 1999. 313^s. Edice strojaře. ISBN 80-7226-055-3.

Internetové zdroje

- [6] www.nafo.cz
- [7] www.meusburger.com
- [8] www.ksp.tul.cz
- [9] www.dmeeu.com
- [10] www.ferona.cz
- [11] www.leekeegroup.com

Použitý software

- [12] Pro/ENGINEER Wildfire 5.0
- [13] MITCalc 1.70a

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Popis formy - pohyblivá část [3]	3
Obrázek 2 - Popis formy - pevná část [3].....	4
Obrázek 3 - Vyhazovač s rovným čelem [9].....	5
Obrázek 4 - Přetok v řezu.....	7
Obrázek 5 - Vlnovec v řezu.....	7
Obrázek 6 - Sortiment vlnovců od firmy NAFO Strakonice [6].....	8
Obrázek 7 - Model odlitku	9
Obrázek 8 - Analýza úkosů - spektrum	10
Obrázek 9 - Analýza úkosů - 1	10
Obrázek 10 - Analýza úkosů - 2	10
Obrázek 11 - Plochy vyráběné šíbrů	11
Obrázek 12 - Horní ořezová plocha	12
Obrázek 13 - Dolní ořezová plocha.....	12
Obrázek 14 - Dělicí rovina	13
Obrázek 15 - Vstupní plocha pro návrh	13
Obrázek 16 - Varianta A: šíbr	14
Obrázek 17 - Varianta A: ovládání šíbrů.....	14
Obrázek 18 - Varianta A: sestava šíbrů.....	15
Obrázek 19 - Varianta B: šíbr	16
Obrázek 20 - Varianta B: hydraulický válec	17
Obrázek 21 - Varianta B: odměřování	17
Obrázek 22 - Varianta B: sestava šíbrů	18
Obrázek 23 - Varianta C: šíbr	19
Obrázek 24 - Varianta C: hydraulický válec	19
Obrázek 25 - Varianta C: odměřování	20
Obrázek 26 - Varianta C: sestava šíbrů	20
Obrázek 27 - Graf zhodnocení variant	22
Obrázek 28 - Nárys nového konstrukčního řešení	23
Obrázek 29 - Bokorys nového konstrukčního řešení	23
Obrázek 30 - Půdorys nového konstrukčního řešení.....	24
Obrázek 31 - Šíbr	24
Obrázek 32 – Jádro.....	25
Obrázek 33 - Uložení jádra v řezu	25
Obrázek 34 – Tělo	25
Obrázek 35 - Doraz	26
Obrázek 36 - Uchycení dorazu	26
Obrázek 37 - Držák	27
Obrázek 38 – Vedení.....	27
Obrázek 39 - Vedení v řezu.....	28
Obrázek 40 - Spodní vodící lišta	28
Obrázek 41 - Nárys odměřování	29
Obrázek 42 - Půdorys odměřování.....	29

Obrázek 43 – Krypt	30
Obrázek 44 - Uložení vodících lišt.....	31
Obrázek 45 - Uložení vodících lišt v řezu - 1	32
Obrázek 46 - Uložení vodících lišt v řezu - 2	33
Obrázek 47 - Půdorys uložení s kóty	35
Obrázek 48 - Řez uložení s kóty	36

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Chemické složení materiálu ADC 12 [11].....	9
Tabulka 2 - Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu ADC 12 [11]	9
Tabulka 3 - Hodnocení variant	22
Tabulka 4 - Materiály a polotovary komponent odměřování [10]	30
Tabulka 5 - Vůle svislého vedení	33
Tabulka 6 - Vůle bočního vedení	34

Seznam příloh

- Příloha 1 - Formulář výpočtu tolerančního řetězce svislého vedení v softwaru MITCalc
Příloha 2 - Formulář výpočtu tolerančního řetězce bočního vedení v softwaru MITCalc

Výkresová dokumentace

Sestava šíbrů	BP_2015_000
Vedení vnější	BP_2015_005
Doraz	BP_2015_016

PŘÍLOHA č. 1

Formulář výpočtu tolerančního řetězce svislého vedení v softwaru MITCalc



Toleranční analýza lineárních rozměrových řetězců

Jednotky výpočtu	Tolerance ISO 286	Tolerance ANSI B4.1	Uložení ISO 286				Uložení ANSI B4.1	ISO 2768
SI Units (N, mm, kW...)	7	7	f	7	H	7	LC 3	m

i Informace o projektu

A Základní toleranční analýza

1.0 Návrh a optimalizace rozměrového řetězce2.0 Parametry uzavíracího členu

B Deformace soustavy v důsledku změny teploty

3.0 Návrh rozměrového řetězce

3.1 Provozní teplota T 200,0 [°C]

3.2 Návrh rozměrového řetězce

Znak	Název členu	Rozměry členu [mm]				Součinitel tepelné roztažnosti		Provozní rozměry	
		Jmenovitý	Tolerance	Minimum	Maximum	[10 ⁻⁶ /°C] <input checked="" type="checkbox"/>		Minimum	Maximum
A	vzdálenost mezi drážkami v rámu	55,0000	+0,13000 +0,09000	55,09000	55,13000	Konstrukční ocel	12,0	55,20899	55,24908
B	vodící plochy na těle	-30,0000	+0,02000 -0,02000	29,98000	30,02000	Konstrukční ocel	12,0	30,04476	30,08484
C	spodní vodící lišta	-25,0000	+0,02000 -0,02000	24,98000	25,02000	Bronz	16,7	25,05509	25,09521
D						Konstrukční ocel	12,0		
E						Konstrukční ocel	12,0		
F						Konstrukční ocel	12,0		
G						Konstrukční ocel	12,0		
H						Konstrukční ocel	12,0		
I						Konstrukční ocel	12,0		
J						Konstrukční ocel	12,0		
Z	Uzavírací člen	0,0000	+0,17000 +0,05000	0,05000	0,17000			0,02894	0,14923

4.0 Parametry uzavíracího členu4.1 Materiál Konstrukční ocel 4.2 Součinitel tepelné roztažnosti α 0,0 [10⁻⁶/°C]4.3 **Krajní rozměry** 20 °C 200 °C

4.4 Povolena dolní mez LL 0,00000 0,000000 [mm]

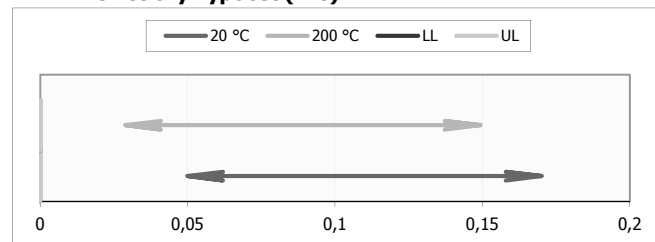
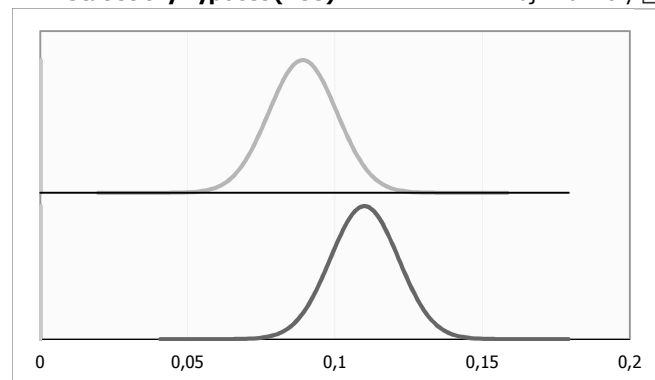
4.5 Povolena horní mez UL 0,00000 0,000000 [mm]

4.6 Střední rozměr 0,000000 0,000000 [mm]

4.7 **Aritmetický výpočet (WC)** 20 °C 200 °C4.8 Střední rozměr μ 0,110000 0,089088 [mm]4.9 Tolerance $\pm T$ 0,060000 0,060147 [mm]4.10 Minimální velikost Z_{\min} 0,050000 0,028941 [mm]4.11 Maximální velikost Z_{\max} **0,170000** **0,149234** [mm]4.12 **Statistický výpočet (RSS)** 20 °C 200 °C4.13 Střední rozměr μ 0,110000 0,089088 [mm]4.14 Směrodatná odchylka σ 0,011547 0,011575 [mm]

4.15 Výrobní výtěžnost Y 0,000 0,000 [%]

4.16 Zmetkovost R 1000000,0 1000000,0 [PPM]

4.17 **Krajní rozměry pro výtěžnost** 99.73 (± 3 Sigma) [%]4.18 Tolerance $\pm T$ 0,034641 0,034726 [mm]4.19 Minimální velikost Z_{\min} 0,075359 0,054362 [mm]4.20 Maximální velikost Z_{\max} **0,144641** **0,123813** [mm]4.21 **Aritmetický výpočet (WC)**4.22 **Statistický výpočet (RSS)** Krajní rozměry C **Rozšířená statistická analýza (6 Sigma)**5.0 Návrh rozměrového řetězce6.0 Parametry uzavíracího členuD **Selektivní montáž**7.0 Návrh rozměrového řetězce8.0 Párování součástí9.0 Optimalizace počtu sestavených výrobků

PŘÍLOHA č. 2

Formulář výpočtu tolerančního řetězce bočního vedení v softwaru MITCalc



Toleranční analýza lineárních rozměrových řetězců

Jednotky výpočtu	Tolerance ISO 286	Tolerance ANSI B4.1	Uložení ISO 286				Uložení ANSI B4.1	ISO 2768
SI Units (N, mm, kW...)	7	7	f	7	H	7	LC 3	m

i Informace o projektu

A Základní toleranční analýza

1.0 Návrh a optimalizace rozměrového řetězce2.0 Parametry uzavíracího členu

B Deformace soustavy v důsledku změny teploty

3.0 Návrh rozměrového řetězce

3.1 Provozní teplota T 200,0 [°C]

3.2 Návrh rozměrového řetězce

Znak	Název členu	Rozměry členu [mm]				Součinitel tepelné roztažnosti		Provozní rozměry	
		Jmenovitý	Tolerance	Minimum	Maximum	[10 ⁻⁶ /°C] <input checked="" type="checkbox"/>		Minimum	Maximum
F	Šířka drážky v těle šíbru	30,0000	+0,02100 0	30,00000	30,02100	Konstrukční ocel	12,0	30,06480	30,08585
G	Šířka střední vodící lišty	-30,0000	-0,04000 -0,07000	29,93000	29,96000	Bronz	16,7	30,01997	30,05006
H						Konstrukční ocel	12,0		
I						Konstrukční ocel	12,0		
J						Konstrukční ocel	12,0		
K						Konstrukční ocel	12,0		
L						Konstrukční ocel	12,0		
M						Konstrukční ocel	12,0		
N						Konstrukční ocel	12,0		
O						Konstrukční ocel	12,0		
Z	Uzavírací člen	0,0000	+0,09100 +0,04000	0,04000	0,09100			0,01474	0,06588

4.0 Parametry uzavíracího členu4.1 Materiál Konstrukční ocel 4.2 Součinitel tepelné roztažnosti α 0,0 [10⁻⁶/°C]4.3 **Krajní rozměry** 20 °C 200 °C

4.4 Povolena dolní mez LL 0,00000 0,000000 [mm]

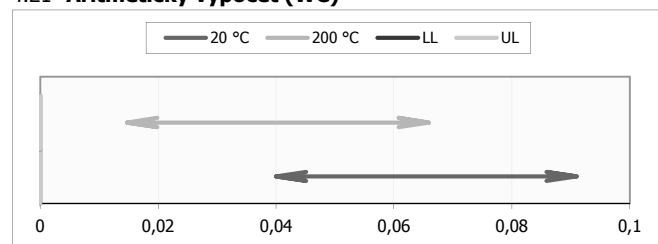
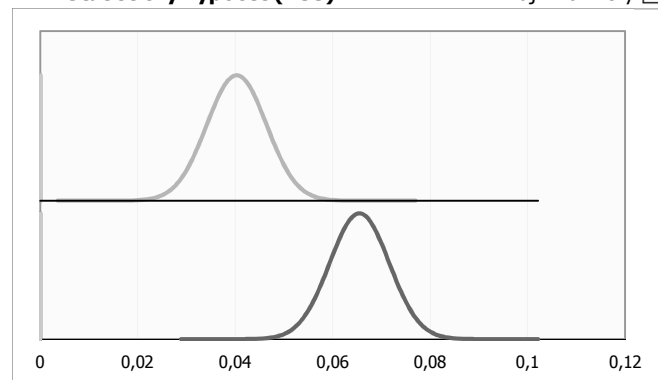
4.5 Povolena horní mez UL 0,00000 0,000000 [mm]

4.6 Střední rozměr 0,000000 0,000000 [mm]

4.7 **Aritmetický výpočet (WC)** 20 °C 200 °C4.8 Střední rozměr μ 0,065500 0,040308 [mm]4.9 Tolerance $\pm T$ 0,025500 0,025568 [mm]4.10 Minimální velikost Z_{\min} 0,040000 0,014740 [mm]4.11 Maximální velikost Z_{\max} **0,091000** **0,065876** [mm]4.12 **Statistický výpočet (RSS)** 20 °C 200 °C4.13 Střední rozměr μ 0,065500 0,040308 [mm]4.14 Směrodatná odchylka σ 0,006103 0,006120 [mm]

4.15 Výrobní výtěžnost Y 0,000 0,000 [%]

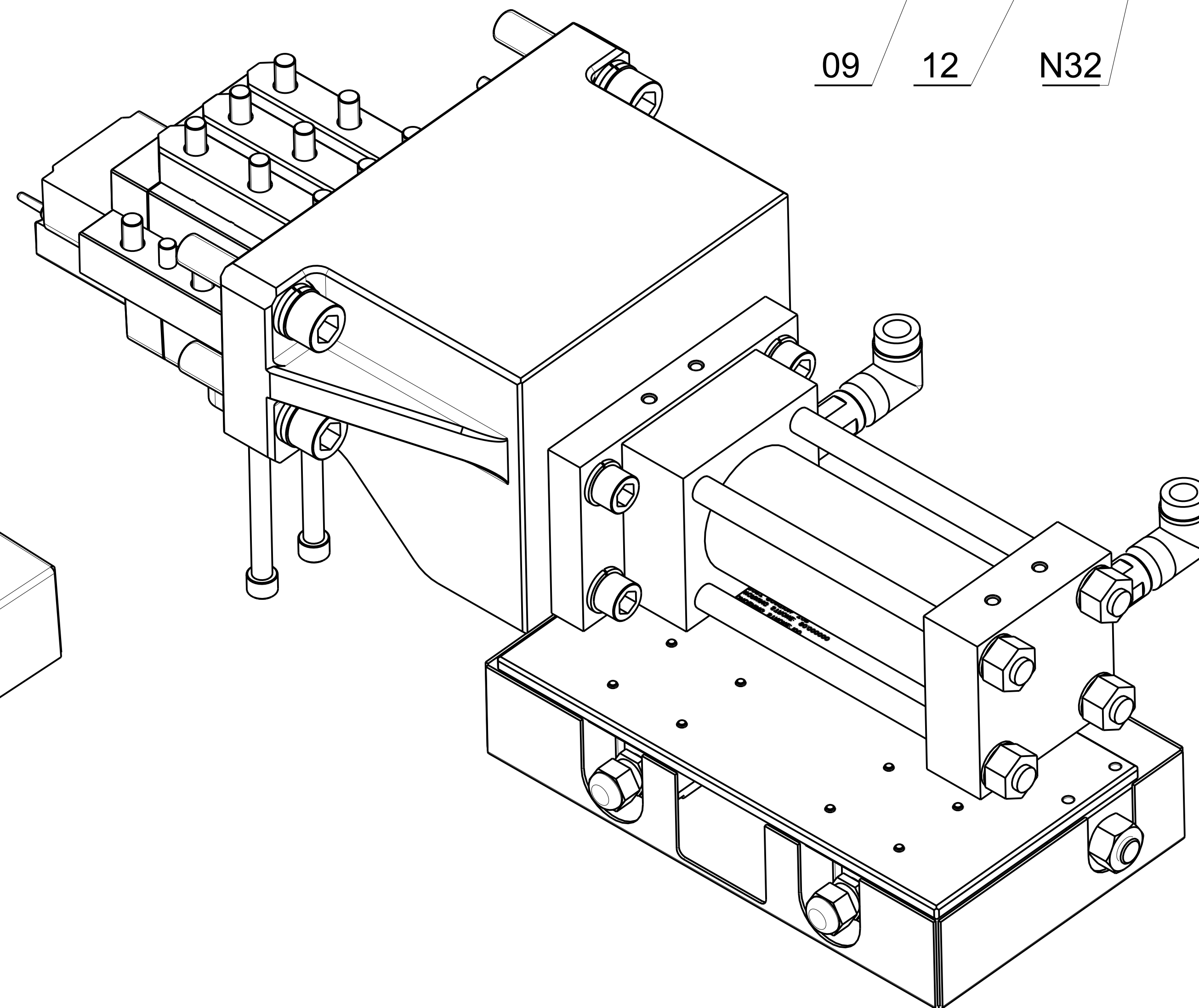
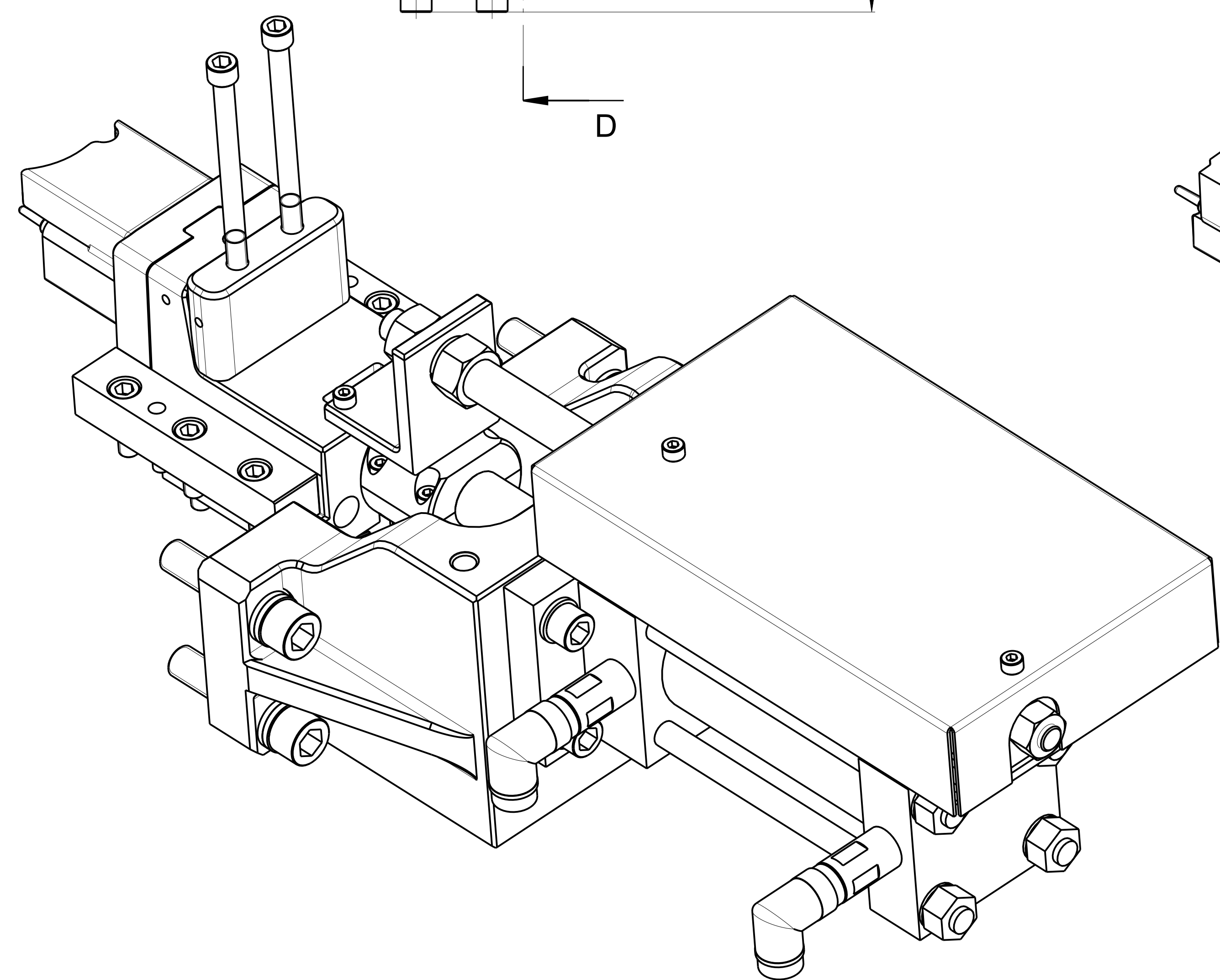
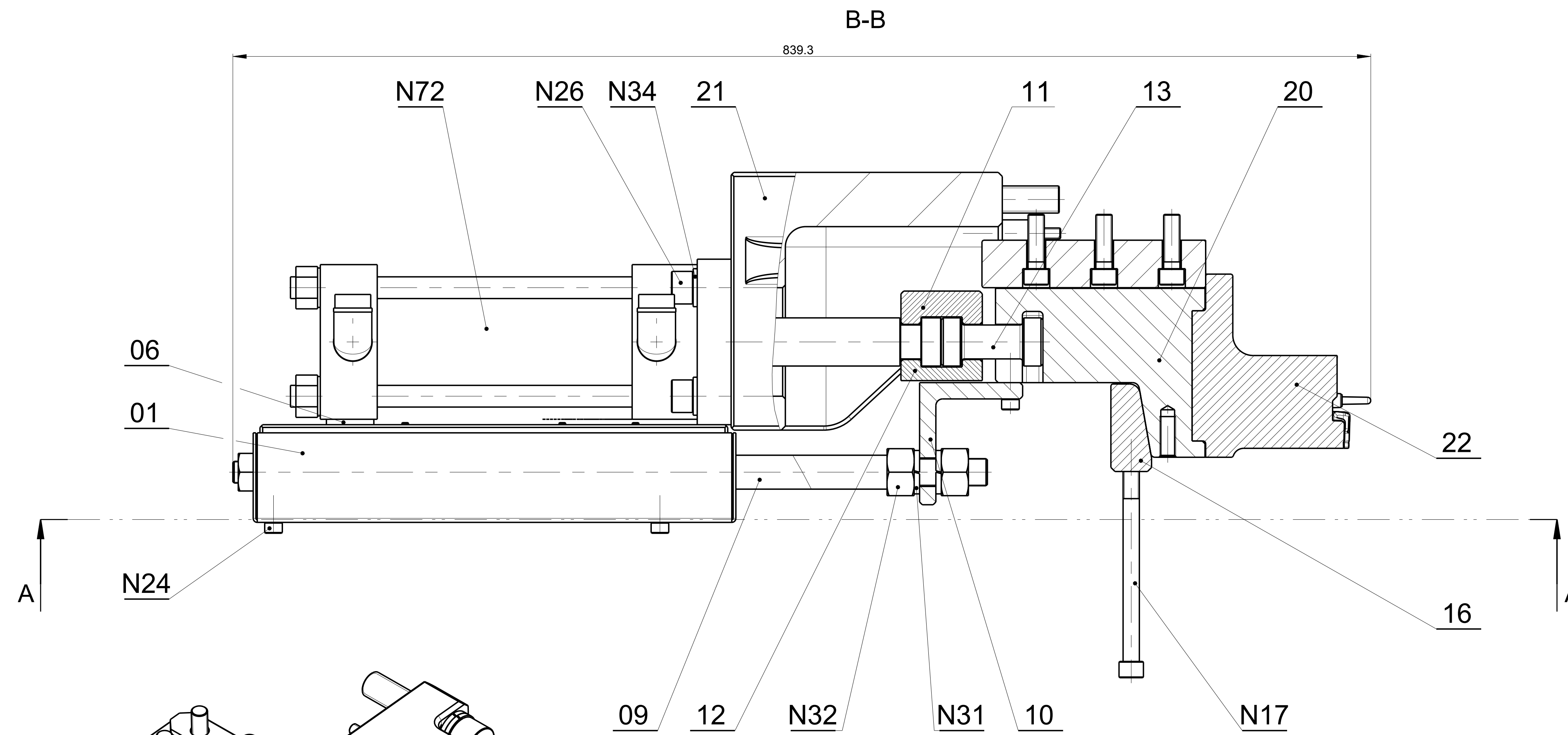
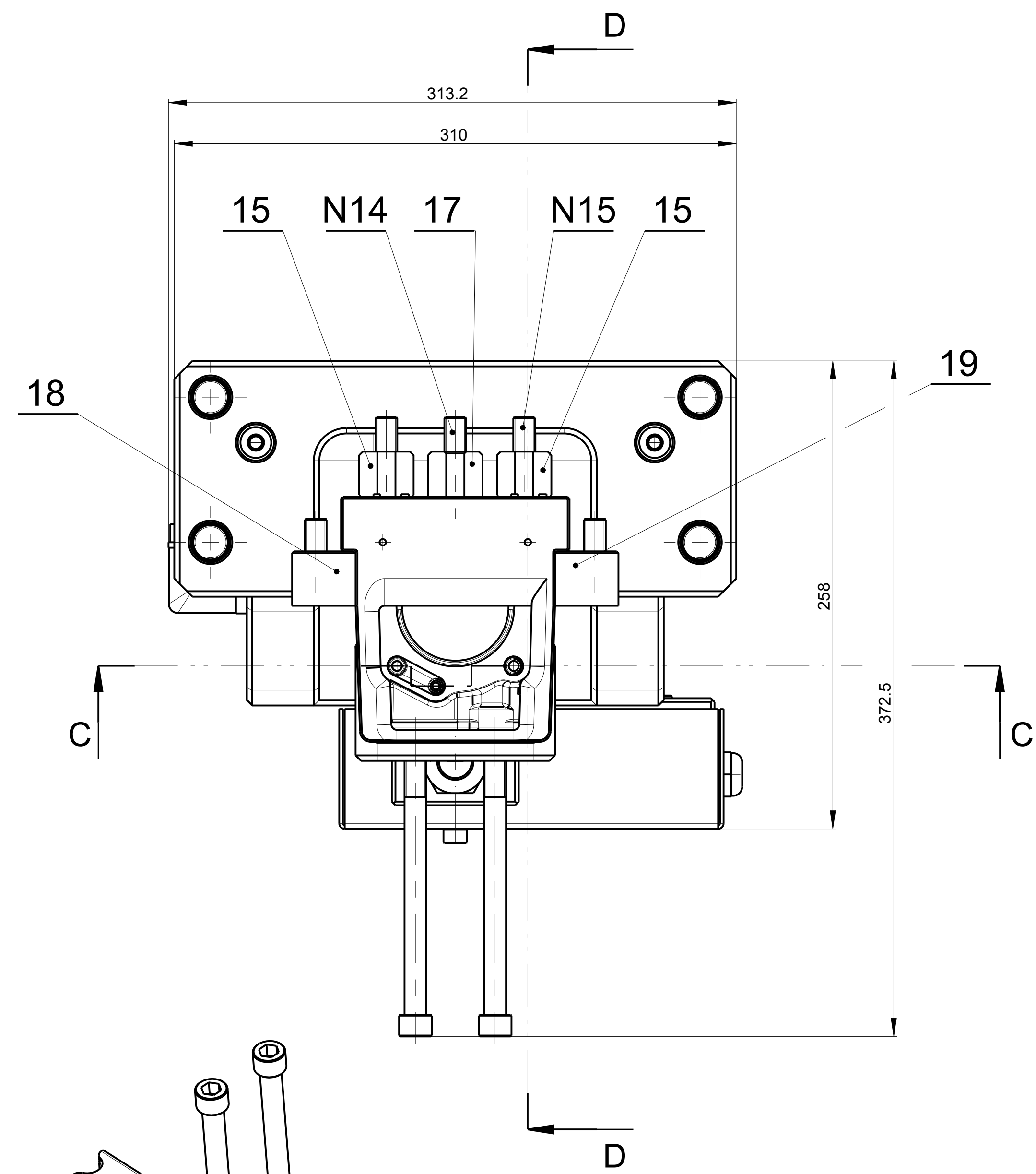
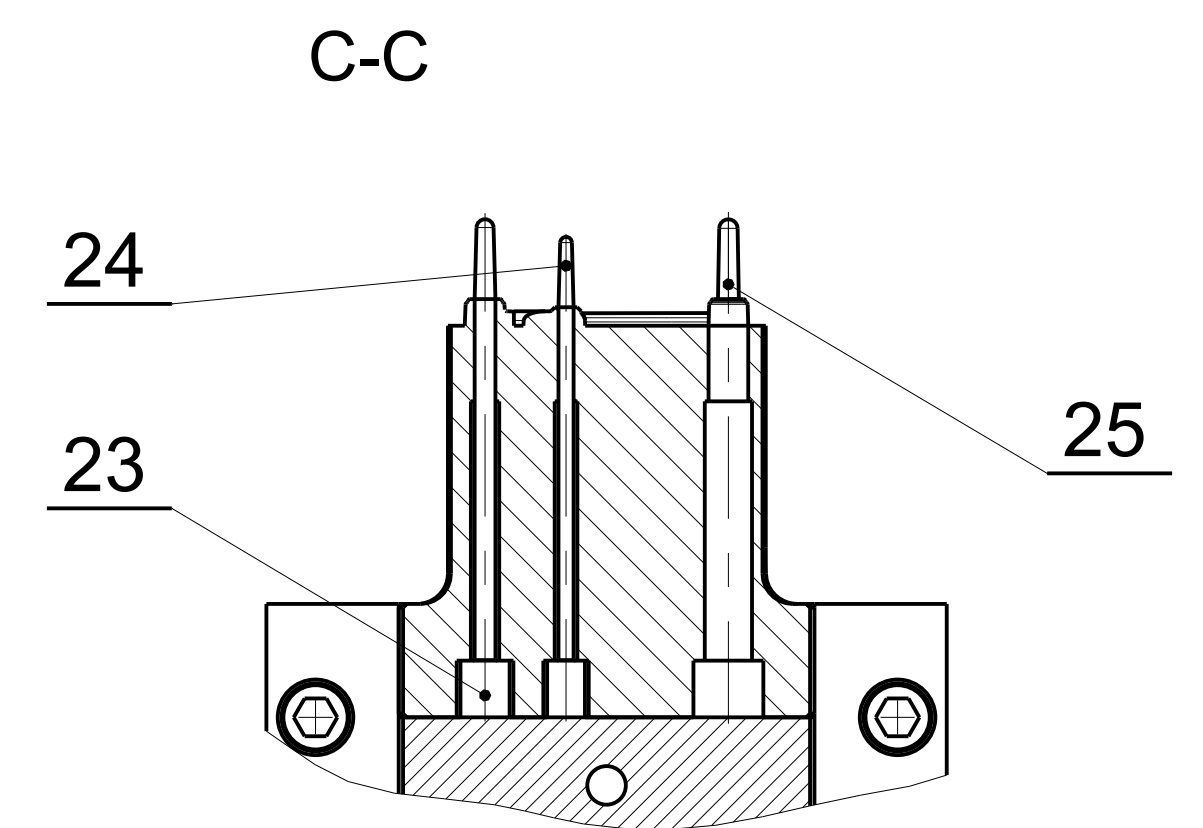
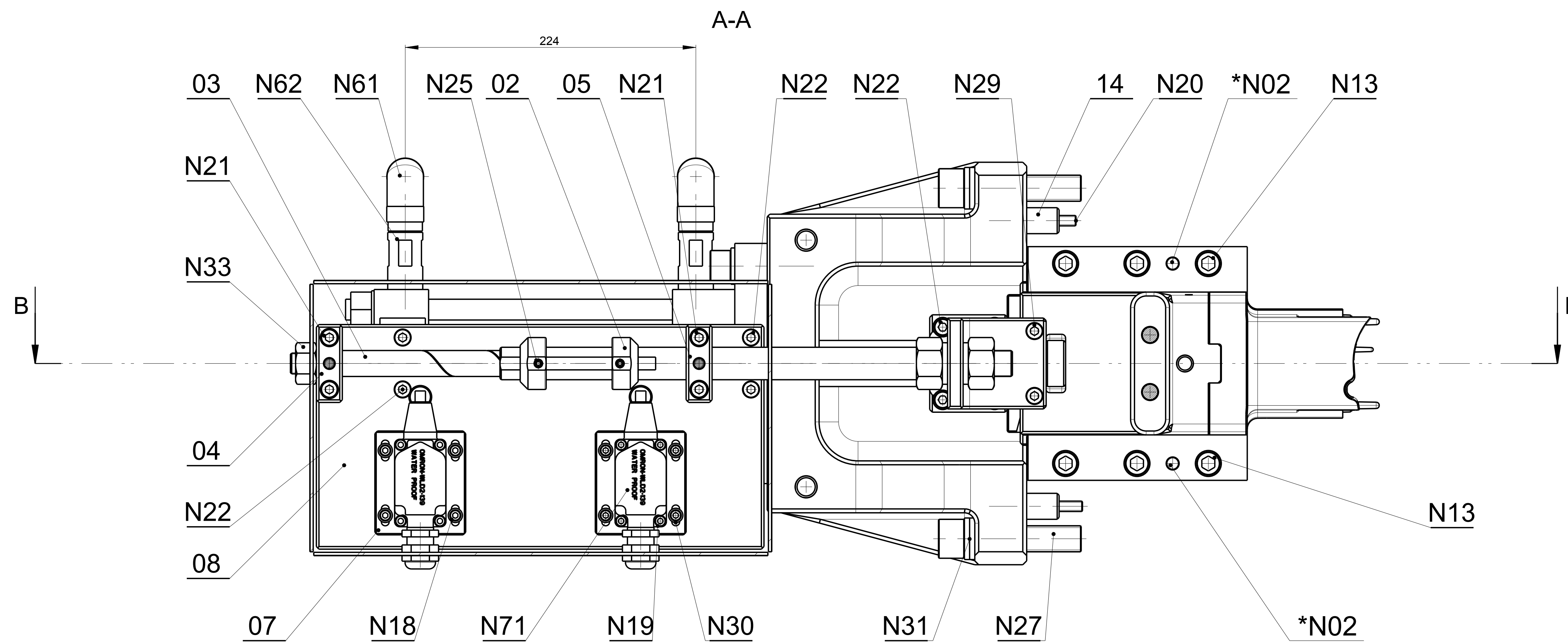
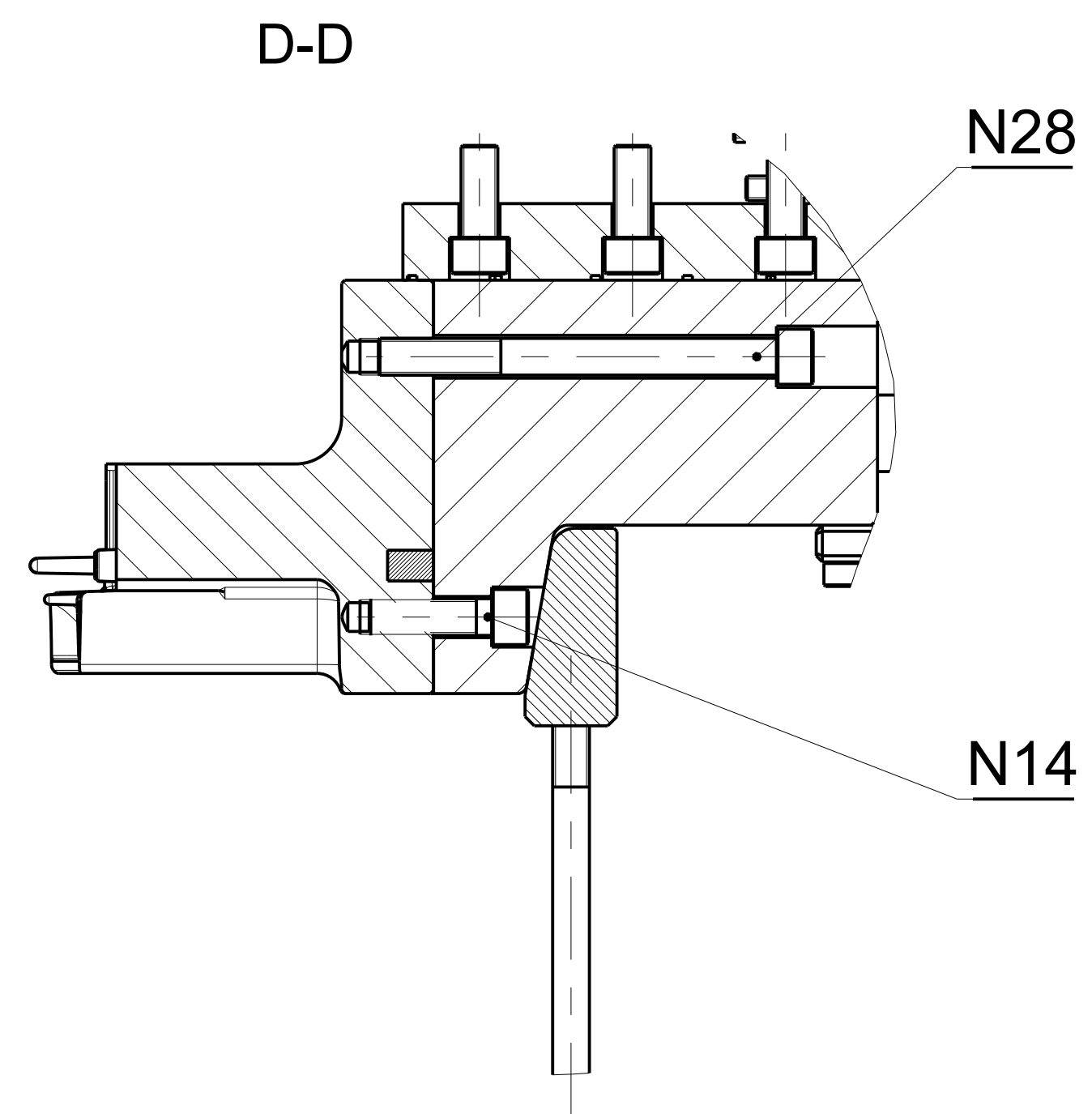
4.16 Zmetkovost R 1000000,0 1000000,0 [PPM]

4.17 **Krajní rozměry pro výtěžnost** 99.73 (± 3 Sigma) [%]4.18 Tolerance $\pm T$ 0,018310 0,018360 [mm]4.19 Minimální velikost Z_{\min} 0,047190 0,021948 [mm]4.20 Maximální velikost Z_{\max} **0,083810** **0,058668** [mm]4.21 **Aritmetický výpočet (WC)**4.22 **Statistický výpočet (RSS)** Krajní rozměry 

C Rozšířená statistická analýza (6 Sigma)

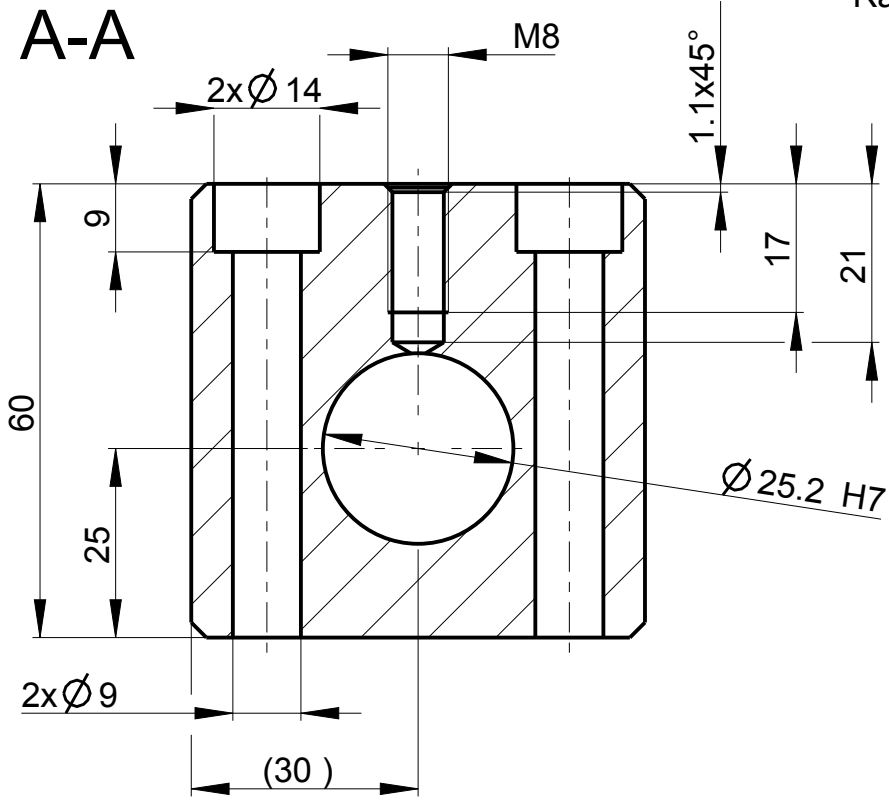
5.0 Návrh rozměrového řetězce6.0 Parametry uzavíracího členuD **Selektivní montáž**7.0 Návrh rozměrového řetězce8.0 Párování součástí9.0 Optimalizace počtu sestavených výrobků

Volně vložené přílohy

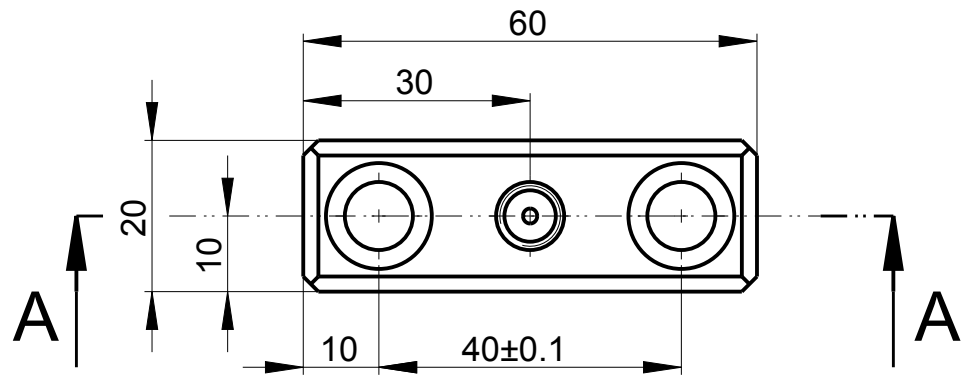


TECHNICKE POZADAVKY:
 PŘESNOU POLOHU OBOU NAKRUŽEK PO SESTAVENÍ KOMPLETNÍ SESTAVY FORMY
 A ODSKOUŠENÍ SIBRU
 * DÍRY PRO KOLÍKY Ø 10H7 VRÁTAT V SESTAVĚ POHYBLIVE ČASTI

1	HYDRAULICKÝ VALEČ FANBO	NAMBU		22.872		N72
1	SENZOR POLOHY 8-AWD2	OMRON		1.038		N71
2	NÁTRUBEK 3/4 ANZIS	KILLARK		0.219		N62
2	KOLENO M-F 3/4 MF-80-2M-EX	KILLARK		0.203		N61
4	PODLOŽKA 16	CSN 02 1740		0.010		N34
1	MATICKE M16x1	ISO 4032		0.064		N33
2	MATICKE M20x1	ISO 4032		0.120		N32
10	PODLOŽKA 20	CSN 02 1741		0.015		N31
10	PODLOŽKA 5,3	CSN 02 1703.11		0.001		N30
2	SROUB M8x90	ISO 4762		0.020		N28
2	SROUB M12x130	ISO 4762		0.134		N27
4	SROUB M20x90	ISO 4762		0.303		N26
4	SROUB M16x60	ISO 4762		0.135		N25
2	SROUB M8x8	ISO 4766		0.002		N24
2	SROUB M8x16	ISO 4762		0.014		N23
12	SROUB M8x25	ISO 4762		0.018		N22
5	SROUB M8x90	ISO 4762		0.031		N21
1	SROUB M8x55	ISO 4762		0.029		N20
8	SROUB M5x45	ISO 4762		0.009		N19
10	SROUB M5x25	ISO 4762		0.006		N18
2	SROUB M12x160	ISO 4762		0.160		N17
6	SROUB M12x30	ISO 4762		0.045		N16
5	SROUB M12x40	ISO 4762		0.054		N15
6	SROUB M12x55	ISO 4762		0.050		N14
2	KOLÍK 10x30	ISO 2338		0.019		N13
1	JADRO 3 KR 20-135	CSN EN 10278	CSN 19642	121	0.119	N02
1	JADRO 2 KR 12-130	CSN EN 10278	CSN 19642	121	0.020	25
1	JADRO 1 KR 15-138	CSN EN 10278	CSN 19642	121	0.037	24
1	TVAROVÁ ČAST 4HR 140 - 130	CSN EN 10059	CSN 19552	121	6.488	23
1	DRŽÁK VALCE 200x210x320	CSN 42 2645	CSN 11375	002	39.534	22
1	SIBRU 4HR 140 - 160	CSN EN 10059	CSN 11375	002	10.714	21
1	VEDENÍ HORNÍ LEVÉ 4HR 40 Z - 175	CSN 423018	Cu-Ni 30-Mn CSN 423064	002	1.220	20
1	VEDENÍ HORNÍ PRAVÉ 4HR 40 Z - 175	CSN 423018	Cu-Ni 30-Mn CSN 423064	002	1.220	19
1	VEDENÍ STŘEDNÍ 4HR 40 Z - 170	CSN 423018	Cu-Ni 30-Mn CSN 423064	002	1.140	18
1	DORAZ PLO 70x5 - 115	CSN EN 10025	CSN 12050	002	1.338	17
2	VEDENÍ SPODNÍ PLO 35x30 A - 170	CSN 423018	Cu-Ni 30-Mn CSN 423064	002	0.795	16
2	KOLÍK KR 25 - 60	CSN EN 10278	CSN 11375	002	0.097	15
1	ČEP KR 40-80	CSN EN 10278	CSN 11375	002	0.404	14
1	SPOJKA 2/2 KR 80-65	CSN EN 10278	CSN 11375	002	0.600	13
1	SPOJKA 1/2 KR 80-65	CSN EN 10278	CSN 11375	002	0.815	12
1	RAMENO 4HR 80-65	CSN EN 10059	CSN 11375	002	0.960	11
1	TAHLID KR 30-400	CSN EN 10278	CSN 11375	002	0.826	10
1	DESKA P14-180x350	CSN EN 10051	CSN 11375	002	4.599	9
2	PODLOŽKA P16-80x85	CSN EN 10029	CSN 11375	002	0.485	8
1	PODLOŽKA POD CYLINDER P16-35x75	CSN EN 10051	CSN 11375	002	0.073	7
1	VEDENÍ VNĚJŠÍ 4HR 65-25	CSN EN 10059	CSN 11375	002	0.398	6
1	UCHYTĚNÍ VEDENÍ 4HR 65-25	CSN EN 10059	CSN 11375	002	0.445	5
1	VEDENÍ VNITŘNÍ KR 25-255	CSN EN 10278	CSN 11375	002	0.578	4
2	NAKRUŽEK KR 45-25	CSN EN 10278	CSN 11375	002	0.101	3
1	KRYTÍ P2-345x490	CSN EN 10051	CSN 11375	002	2.075	2



Ra6.3 (✓)



Ra0.8 (✓)

DIRA Ø25,2H7 NA HRANY U DÍRY Ø25,2H7 SRAZENY 1x45° VNEJSI HRANY PO OBVODU SRAZENY 2x45°

	4HR 65-25	CSN EN 10059	CSN 11375	002	0.398		BP_2015_005	05
Pocet kusu	Název - rozmer	Polotovary	Material konecny/výchozí	T.odp.	C .hmot.	Hr.hmot.	C .výkr. sestavy	Poz.
Quantity	Title - size	Blank	End material/Material		Weight	Raw weight	Drawing asm. No.	Pos.

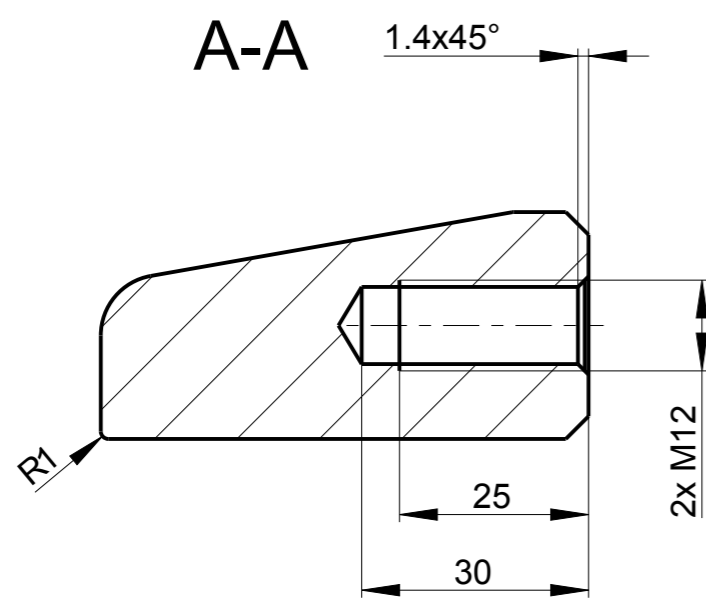
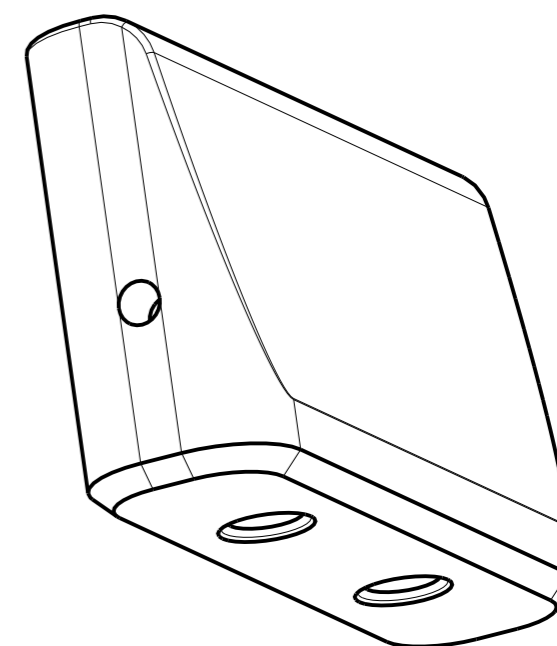
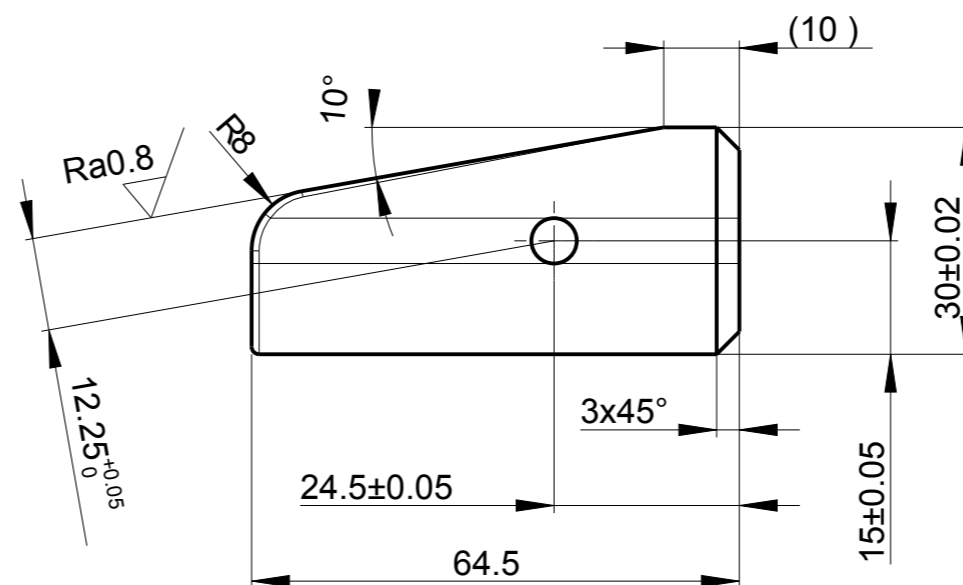
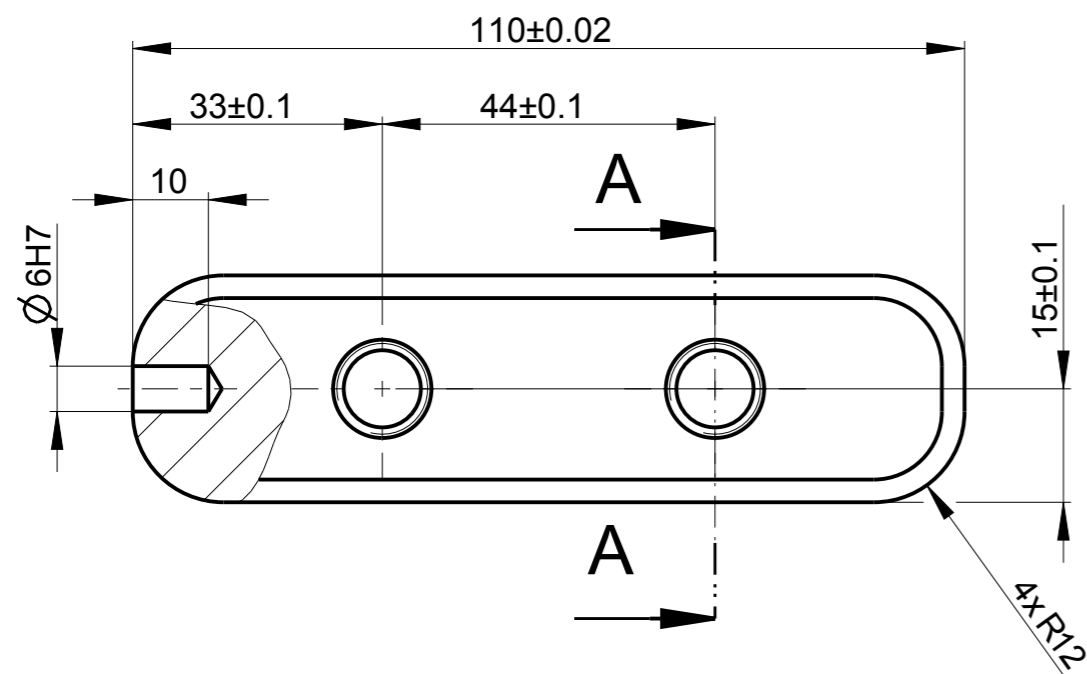
	Datum	Jmeno/Name		Datum	Name				
Kreslil/DWN.	16-Jun-15	Matousek	Technolog/ist						
Prezk./CHK			Prezk./CHK						
Schval./APP			Schval./APP						
				index/No.	Schvalil/Appr.		popis zmeny/change	Datum	Podpis/Name

ZAPADOCESKA UNIVERZITA v Plzni
Vsechna prava vyhrazena/All rights reserved

Methode 1 ISO 128	TOLERANCE/TOLEROVANI ISO 80015 ISO 2768mK	Soubor-model/PART-file BP_2015_005_VEDENI_VNEJSI	Meritko SCALE	1:1	C.sestavy / Assembly No. BP_2015_005
		Soubor-vykres/DRW-file BP_2015_005_VEDENI_VNEJSI			Typ/Type

Název / Title	VEDENI VNEJSI	CISLO VYKRESU /DRAWING NO.	BP_2015_005	Format SIZE	4
		list/sheet	1	pocet listu/ no.sheets	1

Ra3.2 (✓)



KALIT NA 44-46 HRC

	PLO 70x35 - 115	CSN EN 10025	CSN 12050	002	1.338		BP_2015_000	16
Pocet kusu	Název - rozmer	Polotovár	Material konecny/výchozí	T.odp.	C .hmot.	Hr.hmot.	C .výkr. sestavy	Poz.
Quantity	Title - size	Blank	End material/Material		Weight	Raw weight	Drawing asm. No.	Pos.
Kreslil /DWN.	Datum	Jmeno/Name	Techno-log/ist	Datum	Name			
Prezk. /CHK			Prezk. /CHK					
Schval. /APP			Schval. /APP					
				index/No.	Schvail/Appr.	popis zmeny/change	Datum	Podpis/Name
ZAPADOCESKA UNIVERZITA v Plzni							Poznamka/Note:	
Vsechna prava vyhrazena/All rights reserved								
Methode 1	TOLERANCE/TOLEROVANI	Soubor-model/PART-file		BP_2015_016_DORAZ	Meritko	C.sestavy / Assembly No.		BP_2015_000
ISO 128	ISO 80015 ISO 2768mK	Soubor-vykres/DRW-file		BP_2015_016_DORAZ	SCALE	1:1	Typ/Type	
Nazev / Title				DORAZ		CISLO VYKRESU /DRAWING NO.		Format SIZE
						BP_2015_016		3
						list/sheet 1		pocet listu/ no.sheets 1