

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Katedra technologie obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh způsobu výroby funkčních komponent ložiskového systému „Ball and Socket“
v podmínkách GTW

Autor: **Jan Haruda**

Vedoucí práce: **Ing. Michal Povolný**

Akademický rok 2019/2020

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan HARUDA**
Osobní číslo: **S19B0413P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**
Téma práce: **Návrh způsobu výroby funkčních komponent ložiskového systému „Ball and Socket“ v podmínkách GTW**
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Zásady pro vypracování

1. Úvod do problematiky
2. Analýza současného stavu
3. Návrh nového řešení a výrobního postupu daných komponent
4. Verifikace řešení a zhodnocení
5. Závěr

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- Mádl, J. : Teorie obrábění. Praha, ČCUT 2002
- Humár, A. : Technologie I Technologie obrábění – 2. část Brno, VUT 2004
- Elektronické informační zdroje dostupné z www.knihovna.zcu.cz
- Science direct, dostupné z <http://www.sciencedirect.com>
- Scopus, dostupné z <http://www.scopus.com>
- SpringerLink, dostupné z <http://www.springerlink.com>
- MM průmyslové spektrum, dostupné z www.mmspektrum.com

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Povolný**
Katedra technologie obrábění

Konzultanti bakalářské práce: **Ing. Michal Povolný**
Katedra technologie obrábění
Ing. Jan Dolejš
GTW Bearings s.r.o.

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2020**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

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

Poděkování

Tímto děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalu Povolnému, konzultantovi Ing. Janu Dolejšovi a ostatním zaměstnancům ve firmě GTW BEARINGS s.r.o za cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Haruda	Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Strojní inženýrství“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Povolný	Jméno Michal	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh způsobu výroby funkčních komponent ložiskového systému „Ball and Socket“ v podmínkách GTW		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2020
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	58	TEXTOVÁ ČÁST	32	GRAFICKÁ ČÁST	8
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje informace o kluzných ložiscích, funkci, návrhu a testování prvku „Ball and Socket“. V práci je vysvětleno, co je prvek „Ball and Socket“ a jak pracuje. Dále se v práci vyskytuje návrh technologie tohoto prvku a návrhy přípravku pro změření bodu zvratu.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	kluzná ložiska, návrh, přípravek, měření, technologie

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Haruda	Name Jan	
FIELD OF STUDY	B2301 „Strojní inženýrství“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Povolný	Name Michal	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of a method of manufacturing functional components of the "Ball and Socket" bearing system in GTW conditions		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2020
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	58	TEXT PART	32	GRAPHICAL PART	8
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis contains information about plain bearings, functions, design and testing of the "Ball and Socket" element. The work explains what the element "Ball and Socket" is and how it works. Furthermore, there is a proposal for the technology of this element and proposals for a device for measuring the turning point.
KEY WORDS	plain bearings, design, measurement, technology

Obsah

Úvod	8
1 Základní informace o společnosti GTW BEARINGS s.r.o.	9
1.1 Historie společnosti.....	10
2 Úvod do problematiky.....	11
3 Kluzná ložiska	11
4 Rozdělení kluzných kompozicových ložisek	12
4.1 Profilová ložiska	12
4.1.1 Radiální ložiska	13
4.1.2 Radiálně axiální ložisko.....	14
4.2 Ložiska s naklápěcími segmenty	15
4.2.1 Ložiska s axiálními naklápějícími segmenty [1].....	15
4.2.2 Ložiska s radiálními naklápějícími segmenty	15
5 „Ball and Socket“	19
5.1 Návrh konstrukce „Ball and Socket“	20
5.2 Návrh výrobního postupu daných komponent.....	21
5.3 Základní parametry použitých strojů	23
5.3.1 Pásová pila PP602 CNC	23
5.3.2 Makino a51nx	23
5.3.3 Soustruh DOOSAN PUMA 2600 Y.....	25
6 Technicko-ekonomické zhodnocení návrhů.....	25
7 Experiment bodu zvratu	26
7.1 Popis univerzálního standu	28

8	Návrh přípravku pro změření bodu zvratu.....	30
9	Popis měření.....	38
9.1	Výsledky z měření	39
10	Závěr.....	40
11	Seznam použitých zdrojů informací	41
	PŘÍLOHA č. 1	43
	PŘÍLOHA č. 2	47
	Výkresové dokumentace	49

Seznam obrázků

Obrázek 1-1:Firma GTW Bearings s.r.o.	9
Obrázek 2-1:Turbokompresor [5].....	11
Obrázek 3-1: Hydrodynamický princip [3]	12
Obrázek 4-1:Ložiska s fixní geometrií [1]	13
Obrázek 4-2: Ložisko radiální-axiální 4HUP [1]	14
Obrázek 4-3:Tryska tvaru hříbku	16
Obrázek 4-4: Tryska svařovaná.....	16
Obrázek 4-5:Ložisko s radiálními naklápějícími segmenty s čárovým dotykem [1].....	16
Obrázek 4-6:Řez ložiska s naklápějícími segmenty s prvkem „Ball and Socket“ [8].....	18
Obrázek 4-7:Popis ložiska s naklápějícími segmenty s prvkem „Ball and Socket“ [8].....	18
Obrázek 5-1: Sestavení kloubového mechanismu.....	19
Obrázek 5-2:Řez prvku „Ball and Socket“	20
Obrázek 5-3:Sestavení „Ball and Socket“	21
Obrázek 5-4: Technické parametry Pásové pilyPP602 CNC [11]	23
Obrázek 5-5: Technické parametry Makino a51nx [12]	24

Obrázek 5-6: Technické parametry CNC soustruhu DOOSAN [13]	25
Obrázek 7-1: Reakční moment kolem osy x [14].....	27
Obrázek 7-2: Usazený přípravek	28
Obrázek 7-3: Univerzální stand.....	29
Obrázek 8-1: Základní parametry „Ball and Socket“	30
Obrázek 8-2: Základní parametry ložiska s naklápějícími segmenty s prvkem „Ball and Socket“	31
Obrázek 8-3: Model Misky 1	32
Obrázek 8-4: Model Desky 1	33
Obrázek 8-5: Model Horního plechu 1	33
Obrázek 8-6: První návrh přípravku pro „Ball and Socket“	34
Obrázek 8-7: Model Misky 2	35
Obrázek 8-8: Model Desky 2	36
Obrázek 8-9: Model Horního plechu 2.....	36
Obrázek 8-10: Druhý návrh přípravku pro „Ball and Socket“	37
Obrázek 9-1: Měření – průběh zátěže	38

Seznam Tabulek

Tabulka 6-2: Cenové porovnání	26
-------------------------------------	----

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem způsobu výroby funkčního komponentu ložiskového systému „Ball and Socket“ v podmínkách GTW BEARINGS, která práci zadala. Firma se zabývá vývojem, konstrukcí, výrobou a servisem kluzných kompozitových ložisek.

Kluzná ložiska s radiálními nebo axiálními segmenty jsou již vcelku běžnou záležitostí, ovšem tyto segmenty dokážou pokrýt pouze axiální nebo pouze radiální vychýlení. Proto firma GTW BEARINGS s.r.o. v rámci Programu Epsilon technologické agentury České republiky, spolu s fakultou strojní ZČU, vyvíjí nová hydrodynamická ložiska s velmi vysokou tuhostí. Ložiska mimo jiné eliminují vychýlení dílců velkých rotačních strojů vůči kluzné ploše ložiska. Systém je založený na kloubovém mechanismu uložení radiálních segmentů. Nová hydrodynamická ložiska mají systém „Ball and Socket“ („koule v kouli“), která dokážou zachytit jak axiální, tak současně radiální vychýlení hřídele. Již zmíněné vychýlení je přibližně v rámci $0,1^\circ$ a vyskytuje se především u velkých rotačních strojů, jako důsledek nerovnosti hřídele nebo nerovnosti ostatních dílců rotačního stroje. Proto se navrhne přípravek na změření bodu zvratu, který ověří funkčnost systému „Ball and Socket“.

Práce je rozdělena na teoretickou část, část návrhu výrobního postupu a část návrhu metodiky měření daných komponentů. První část obsahuje úvod do problematiky a základní rozdělení kluzných ložisek a jejich typy. Dále je zpracována analýza současného stavu výroby „Ball and Socket“. Druhá část obsahuje návrh nového řešení a výrobního postupu daného komponentu a zvolení relativně nejlepší a nejlevnější varianty.

Jsou zde poskytnuty základní informace o rozdělení ložisek a detailní popis systému „Ball and Socket“ pro určitý druh ložiska. Na „Ball and Socket“ je navržen a popsán technologický postup výroby. Těchto návrhů a technologických postupů výroby je navrženo více a vybrán ten nejvýhodnější.

1 Základní informace o společnosti GTW BEARINGS s.r.o.

Firma GTW BEARINGS s.r.o. sídlící v Příšově se zabývá návrhem a následnou výrobou kluzných kompozitových ložisek. Firma byla založena v roce 1996. V roce 2017 dosáhla firma 135 zkušených zaměstnanců a modernizace výrobních strojů. [1]

Výrobní prostory představují 4 výrobní haly a administrativní budova. V těchto prostorách probíhají činnosti v oblasti slévárenství, kovoobráběčství, velkoobchod, specializovaný maloobchod a činnost technických poradců v oblasti strojírenství, hutnictví a energetiky. [1]



Obrázek 1-1:Firma GTW Bearings s.r.o.

Firma vyrábí kluzná ložiska malosériově nebo kusově. Tyto ložiska jsou navrženy podle norem ISO DIN nebo podle přání zákazníka. Kompletní výkresová dokumentace pro výrobu je vytvořena za pomoci programu Solid Edge. Výrobky společnosti jsou kluzná radiální ložiska, kluzná axiální ložiska, kombinace axiálního a radiálního kluzného ložiska, axiální segmenty, radiální segmenty, axiální kroužky a další výrobky, které jsou především používány do parních turbín, plynových turbín, generátorů, převodovek atd. [1]

Firma GTW BEARINGS s.r.o. se řadí mezi neprestížnější výrobce kluzných ložisek v Evropě. [1]

Firma GTW BEARINGS s.r.o. byla v roce 2012 certifikována dle ČSN EN ISO 14001:2016 a v roce 2016 byla certifikována podle ČSN OHSAS 18001:2008. [1]

1.1 Historie společnosti

- 1996: Založení GTW BEARINGS s.r.o. – výroba kluzných hydrodynamických ložisek, export
- 1997: Stavba vylévárny kompozic
- 1998: Založení GTW TECHNIK s.r.o. – obchod v České a Slovenské republice
- 1998: Stavba první výrobní haly
- 2003: Stavba druhé výrobní haly
- 2006: Certifikace dle ISO 9001
- 2007: Stavba administrativní budovy
- 2010: Stavba třetí výrobní haly
- 2011: Implementace IS Helios Orange
- 2012: Certifikace dle ISO 14001
- 2014: Stavba čtvrté výrobní haly
- 2016: Certifikace dle OHSAS 18001
- 2017: Dosažení počtu 135 zaměstnanců a rozsáhlá modernizace strojního vybavení [1]

2 Úvod do problematiky

V současné době se řeší problém uložení vysokorychlostních strojů, které mají vysoká kritéria na tuhost, stabilitu uložení, vysokou účinnost a nízkou ztrátovost. Pro uložení těchto strojů se používají kluzná ložiska, kde se ukládá hřídel do vnitřního průměru ložiska a venkový průměr do rámu stroje. [8]



Obrázek 2-1: Turbokompresor [5]

3 Kluzná ložiska

Kluzná ložiska jsou strojní součásti, které dokážou přenášet točivý moment z jedné části na druhou. [3]

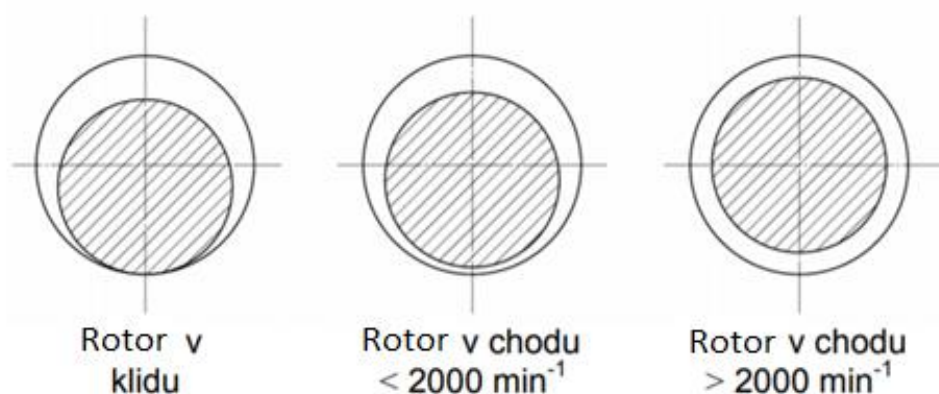
Kluzná ložiska se skládají z tělesa a kompozicové výstelky. Ložisková tělesa jsou například z oceli. Kompozicové výstelky jsou například cínové, bronzové, hliníkové nebo slitiny těchto kovů. [1]

Tyto ložiska pracují na základě hydrodynamického principu. [3]

Hydrodynamický princip kluzných ložisek

U kluzných hydrodynamických ložisek se olejový film vytváří za pomoci rotace hřídele. Tento olejový film se vyskytuje za chodu otáčení hřídele mezi stěnou kluzného ložiska a

hřídelí. Olej je pomocí rotace hřídele unášeno ve směru otáčení hřídele. Je-li hřídel v klidu nebo při dobíhání stroje, ložisková vůle je po celém obvodu rozdílná. Pokud je hřídel zatížen silou, ustaví se v určité výstředné poloze. V určité výstředné poloze se hydrodynamická síla rovná zatěžující síle. Čím je větší kluzná rychlost, tím je větší hydrodynamická síla. Podle směru zátěže se dělí kluzná ložiska na axiální, radiální a popřípadě radiálně-axiální. [3] [4]



Obrázek 3-1: Hydrodynamický princip [3]

4 Rozdělení kluzných kompozicových ložisek

Produkty kluzných kompozicových ložisek jsou vyráběny především kusově. Tyto ložiska jsou zhotovovány na CNC obráběcích centrech a programy jsou tvořeny programátory GTW za pomoci CAM systému.

4.1 Profilová ložiska

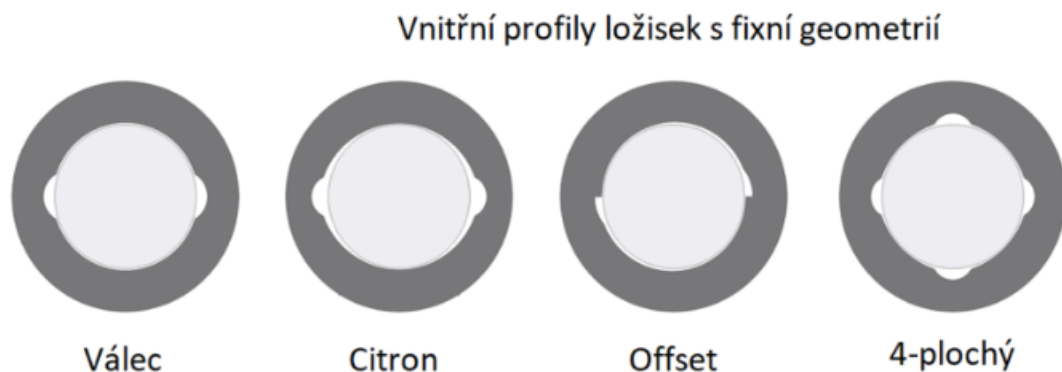
Jsou to taková ložiska, která jsou tvořena fixní geometrií. Tělo kluzného ložiska je většinou z ocele třídy C10 nebo C15 (ČSN 12 010 nebo ČSN 12 023). Pokud se jedná o radiální ložisko, vnitřní průměr ložiska je tvořen kompozicovou výstelkou. Pokud se jedná o axiální ložisko, kompozicová výstelka se vyskytuje na boku ložiska. Axiální ložisko může být buďto jednostranné nebo oboustranné. Jak radiální, tak axiální kluzná ložiska se kvůli jednodušší montáži do stroje vyrábějí dělené. [9] [6]

Ložiska se dají na přání zákazníka vyrábět pro jeden, nebo oba směry otáčení hřídele. Jako polotovar se používá kruhová tyč s označením KR do průměru 160 mm. Pokud ložisko přesáhne průměr 160 mm používá se polotovar válcovaná trubka s označením TRKR. Pro

kusová ložiska se často používají místo tyčí a trubek výkovky, jelikož mají nižší cenovou relaci na 1 kus a současně se ušetří místo pro skladování ve firmě. [6]

Firma produkuje 4 standartní profily kluzných ložisek s fixní geometrií: „válec, přesazené (offset), dvouklínové (citron), čtyřklínové (4HUP). [1]

Válec, citron a 4 HUP se mohou točit obousměrně. Naproti offsetu, který má daný směr otáčení. [1] [6]



Obrázek 4-1: Ložiska s fixní geometrií [1]

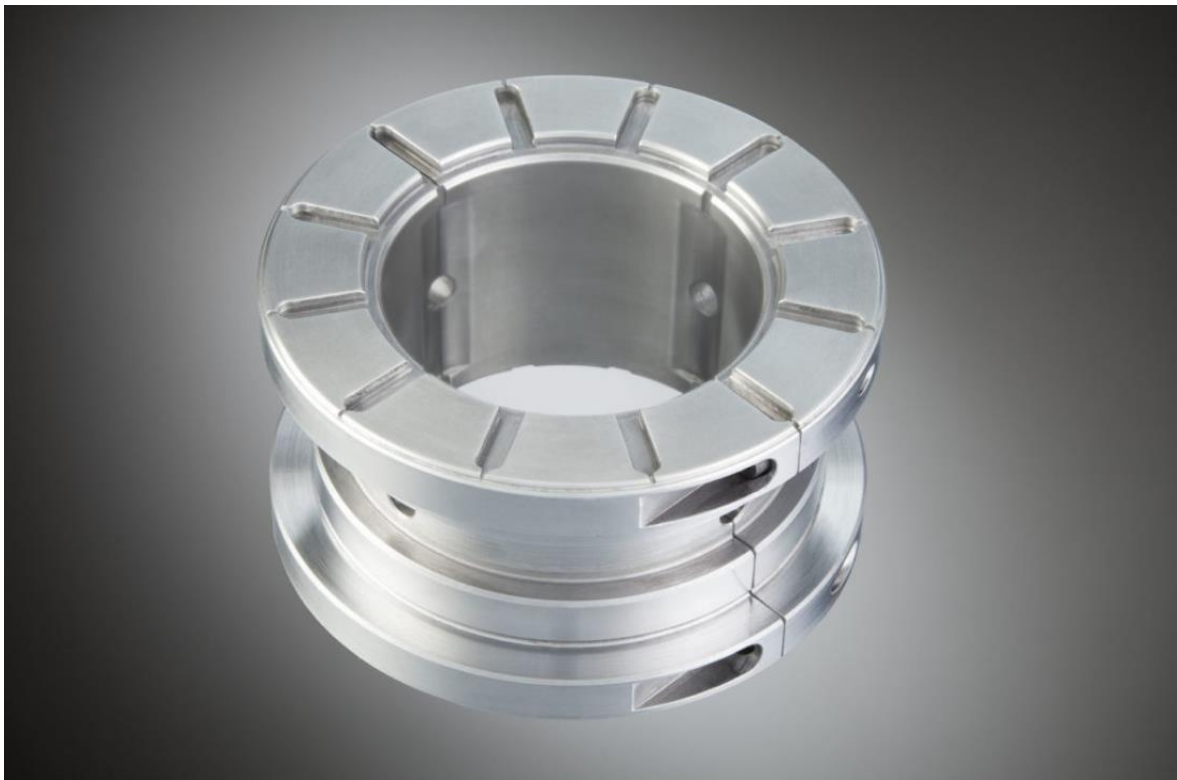
4.1.1 Radiální ložiska

Radiální ložiska mohou přenášet zatížení pouze v radiálním směru otáčení. Na vnitřním průměru v kompozici a částečně v těle ložiska jsou vyrobeny mazací kapsy, přes které se přivádí mazací olej mezi vnitřní průměr ložiska a hřídel, kde vytvoří olejový film. Po rozběhnutí hřídele dojde k hydrodynamickému mazání. Do mazací kapsy se mazací médium přivádí pomocí otvoru, který má tvar buďto kruhový, čtvercový nebo obdélníkový. Tento otvor vede skrz stěnu ložiska. [6]

Tyto ložiska se skládají z horního tělesa a dolního tělesa. Pro spojení děleného ložiska se použijí dva šrouby a dva kuželové kolíky, které mají stoupání v poměru 1:50 a mají za úkol přesně ustavit obě poloviny ložiska do správné polohy. Jako spojovací materiál ložiska se používají šrouby DIN 912 a ISO 4762, což jsou šrouby s válcovou hlavou pro imbus a kuželové kolíky s vnitřním závitem a označením DIN 7978. [6]

4.1.2 Radiálně axiální ložisko

Radiálně-axiální ložiska přenáší zatížení jak v radiálním směru otáčení, tak i v axiálním, který je kolmý na směr otáčení. Kompozice u tohoto radiálně-axiálního ložiska se vyskytuje na vnitřním průměru a na jedné případně i druhé boční straně ložiska. Axiálně se tedy ložisko dá zatěžovat buď z jedné strany nebo z obou stran podle toho, zda se jedná o jednostranné nebo oboustranné. U radiálně-axiálního ložiska se hřídel může otáčet jak pravotočivě, tak levotočivě nebo obousměrně. Podle směru otáčení se volí úkos, klínová plocha a axiální drážka. Mazání axiální části ložiska probíhá pomocí axiálních drážek, klínové plochy a úkosu. Přívod oleje vede od radiální části, které vede z mazací kapsy. Úkosy jsou velikostně v poměru 1:400. [3] [5] [6]



Obrázek 4-2: Ložisko radiální-axiální 4HUP [1]

4.2 Ložiska s naklápěcími segmenty

Ložiska s naklápěcími segmenty jsou schopna přenášet jak v radiálním, tak v axiálním směru větší zatížení a obvodové rychlosti oproti ložiskům s profilovou neboli fixní geometrií. Segmenty se dělí na radiální a axiální, osazují se do tělesa ložiska mezi trysky.

Ložiska s radiálně naklápějícími segmenty a ložiska s axiálně naklápějícími segmenty umožňují dosahovat vysokých obvodových rychlostí a jsou vyznačovány velmi dobrou hydrodynamickou stabilitou. [5] [8] [6]

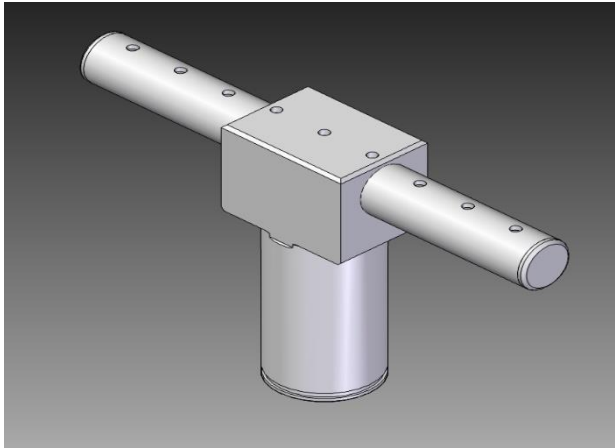
4.2.1 Ložiska s axiálními naklápějícími segmenty [1]

Ložiska s axiálními segmenty se především používají tam, kde jsou zapotřebí vysoké obvodové rychlosti. Tyto segmenty se ukládají na bok ložiska. Ve firmě GTW BEARINGS s.r.o. se vyrábějí různé typy axiálních segmentů a značí se: WD, WA, WS a WE. [1]

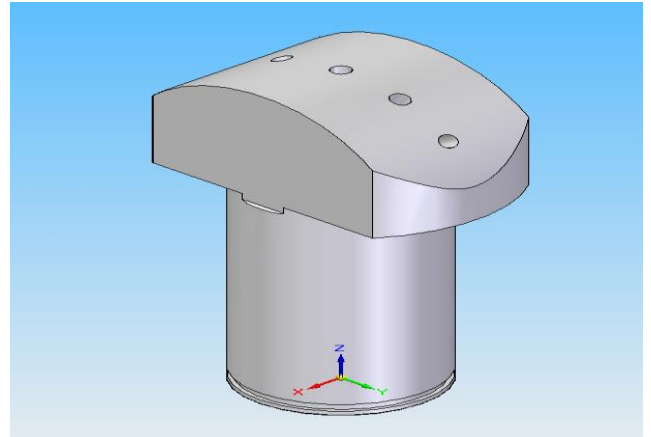
4.2.2 Ložiska s radiálními naklápějícími segmenty

Ložiska s radiálně naklápějícími segmenty se skládají z horního tělesa, dolního tělesa, dvou těsnění nebo krycích plechů, radiálních segmentů, trysek a spojovacího materiálu, což jsou jako u profilových ložisek dva šrouby a dva kuželové kolíky. U těchto ložisek se navíc spojovacím materiálem připevňují plechy k bokům tělesa. Pokud by se tak neučinilo, segmenty by v axiálním směru vypadly. Navíc přidáním těsnění docílíme lepšího držení oleje v ložisku. V takovém případě se jedná o zaplavenou variantu. Trysky slouží k přívodu oleje na vnitřní průměr ložiska, zároveň zabraňují segmentům ve vypadnutí a protočení ve směru rotace hřídele. [6]

Tyto trysky se vyrábí ve dvou provedeních. První provedení trysky je ve tvaru T a tato tryska je svařovaná kvůli jejímu složitému tvaru. Druhá tryska má tvar hříbku. Zajištění polohy trysky je na vnějším obvodu tělesa pomocí pojistného kroužku. Na vnitřním průměru není zapotřebí žádné upevnění díky svému tvaru viz. obr. [1] [6]



Obrázek 4-4: Tryska svařovaná



Obrázek 4-3: Tryska tvaru hříbku

Radiální segmenty jsou umístěny mezi trysky a v tělese. Podle počtu segmentů rozlišujeme čtyřsegmentová a pětisegmentová radiální ložiska, výjimečně se lze setkat také s jiným počtem radiálních segmentů. V závislosti na počtu segmentů se mění rozvinutá délka segmentu (úhlová výseč). Úhlová výseč pro ložiska se čtyřmi naklápějícími segmenty je 72° a pro ložiska s pěti naklápějícími segmenty je 60° . [1]



Obrázek 4-5: Ložisko s radiálními naklápějícími segmenty s čárovým dotykem [1]

4.2.2.1 Rozdělení ložisek s radiálními naklápějícími segmenty

Ložiska s naklápějícími segmenty s čárovým dotykem jsou schopna přizpůsobit olejovou spáru aktuálním provozním podmínkám v radiálním směru ložiska. [8] [10]

Ložiska s naklápějícími segmenty s prvkem „Ball and Socket“ se používají kvůli schopnosti vyrovnávat radiální segment podle náklonu hřídele. [8]

Tento typ ložisek je možno realizovat v podobě čtyř až pěti radiálních segmentů.

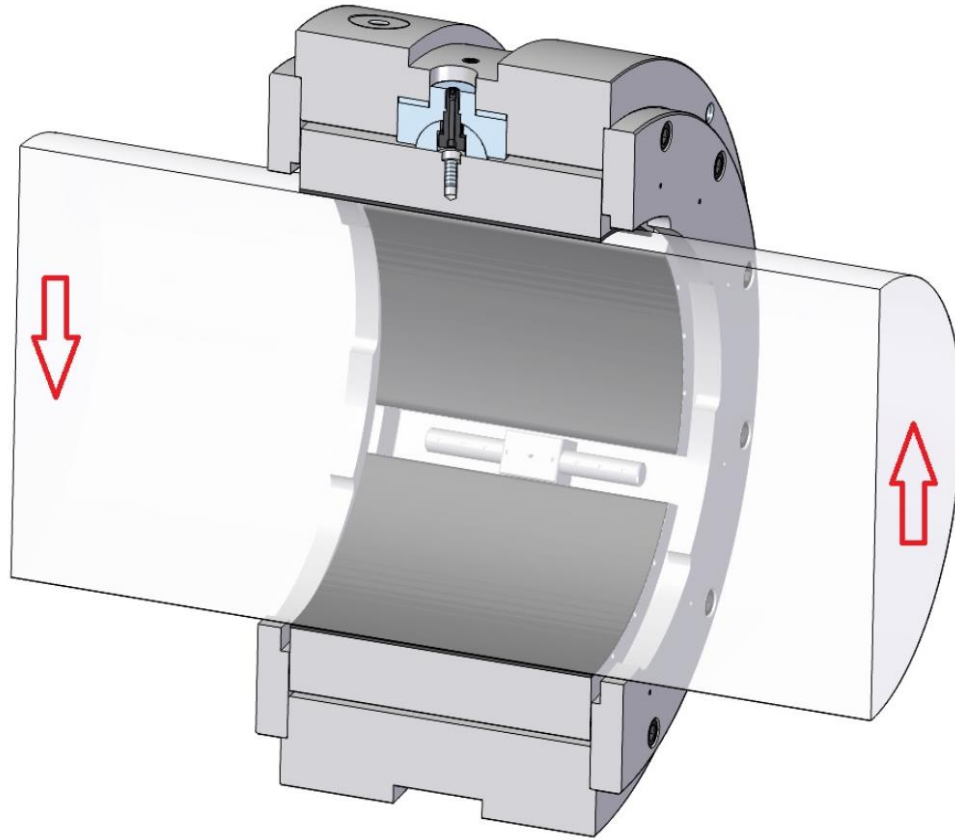
Jako u ložisek s naklápějícími segmenty s čárovým dotykem dochází ke vstřikování oleje přímo na hřídel, kde je olej unášen otáčením hřídele. [8]

Výhody: [8]

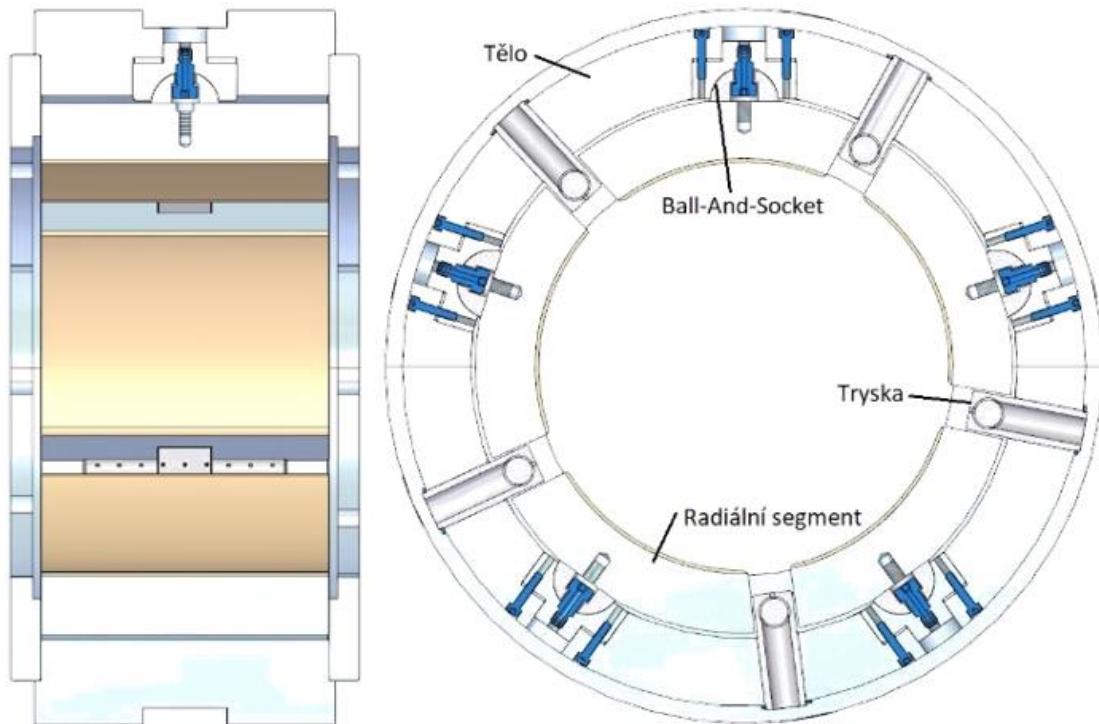
- Velmi dobrá hydrodynamická stabilita při vysokých obvodových rychlostech (platí celkově pro ložiska s naklápějícími segmenty),
- nízká citlivost na nevyrovnanost hřídele stroje,
- snížení olejové spotřeby (platí celkově pro ložiska s naklápějícími segmenty),

Nevýhody: [8]

- Složitá výroba prvku „Ball and Socket“ z hlediska vysoké náročnosti na povrch,
- možnost zadrhnutí, zaseknutí v jedné poloze „Ball and Socket“.



Obrázek 4-6: Řez ložiska s naklápějícími segmenty s prvkem „Ball and Socket“ [8]



Obrázek 4-7: Popis ložiska s naklápějícími segmenty s prvkem „Ball and Socket“ [8]

5 „Ball and Socket“

Sestavení „Ball and Socket“ je navrženo pro možnost přizpůsobení osy ložiska ose hřídele a to tak, že se v tělese ložiska segment nakloní. Sestavení je umístěno a upevněno do tělesa pomocí šroubů. Vnější část kuličky neboli prvku „Ball“ se pomocí šroubu zajistí proti vypadnutí do prvku „Socket“. Kulička musí být uložena volně, aby se mohla pohybovat a to tak, že se šroub použije delší, než je závit v prvku plus dosedací plocha „Ball“ viz obr. 5-2 [14]

Toto sestavení je navrženo z důvodu optimalizace rychloběžných strojů, jako jsou například parní a plynové turbíny, převodovky a turbo kompresory. [14]

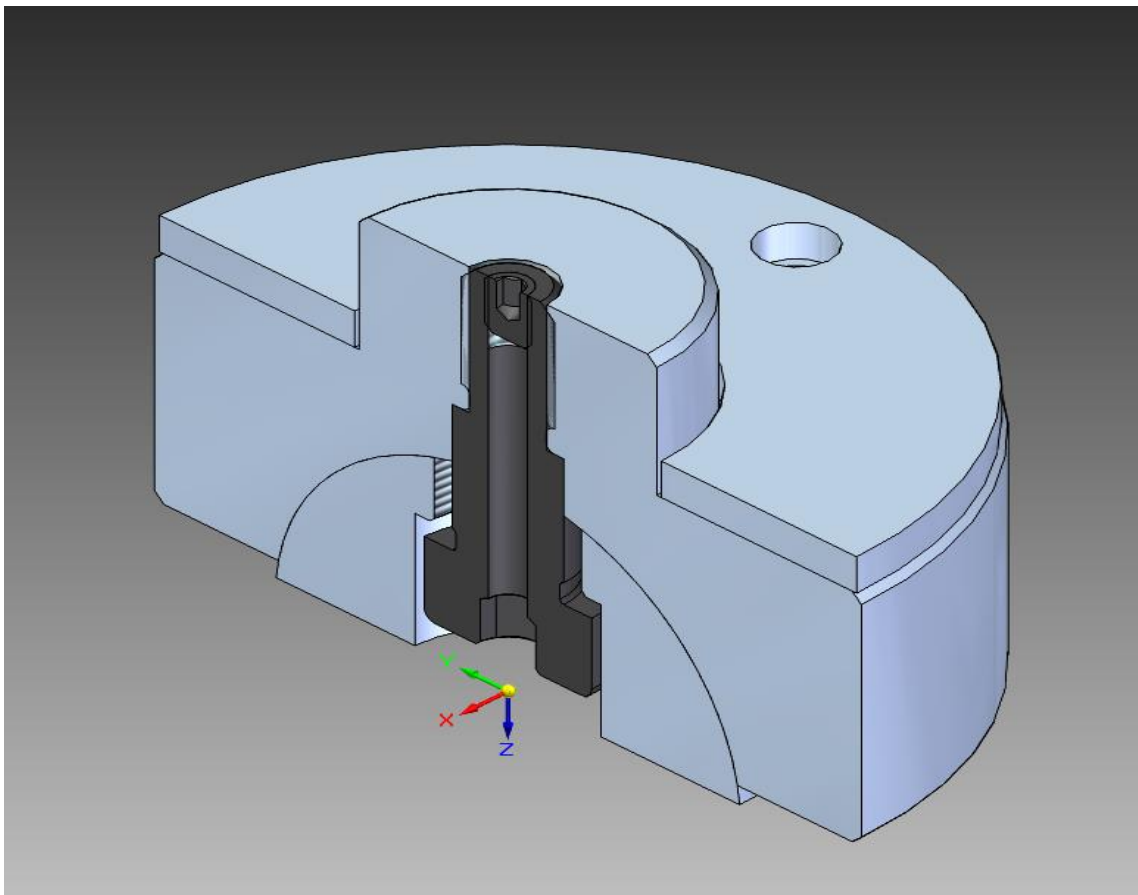
Sestavení „Ball and Socket“ se musí otestovat, zda se opravdu pohybuje a zda se nezasekne v jedné poloze, když se toto sestavení zatíží. Proto se zvolil test bodu zvratu, který se realizoval na univerzálním standu ve firmě Doosan Škoda Power s.r.o. [8] [10]



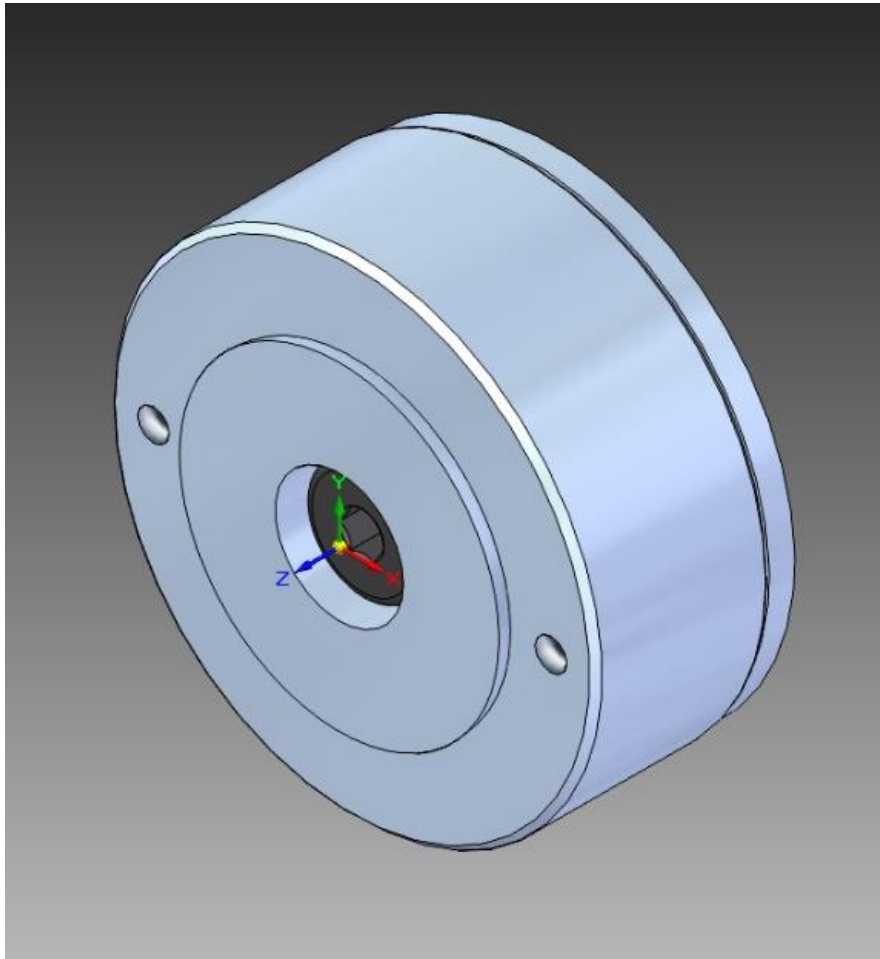
Obrázek 5-1: Sestavení kloubového mechanismu

5.1 Návrh konstrukce „Ball and Socket“

U těchto prvků je velmi důležitá co nejnižší drsnost a geometrická přesnost. Čím bude nižší kvalita povrchu, tím lépe budou na sebe dosedat funkční plochy tohoto kloubového mechanismu. Také je snaha docílit téměř shodné tvarové podobnosti. Tvarová podobnost je velmi důležitá, kvůli dosedání prvku „Ball“ do prvku „Socket“. [8]



Obrázek 5-2: Řez prvku „Ball and Socket“



Obrázek 5-3:Sestavení „Ball and Socket“

5.2 Návrh výrobního postupu daných komponent

Budou zhotoveny dva návrhy výrobního postupu.

Návrh číslo 1:

Prvek „Ball“ je vhodné koupit jako normalizovanou součást z valivého ložiska, u kterého je zaručená drsnost, rozměrová a geometrická přesnost tohoto prvku. Tato kulička se koupí o průměru 50 mm, upne se do univerzálního přípravku ve stroji Makino a51nx a ofrézuje se ploška, která je nutná pro zhotovení otvoru M18x2. Kuličku upneme do přípravku tvaru kužele za závit M18x2, ofrézuje se s posunutím o 2 mm od středu a vyfrézuje se díra. Kulička se na závěr začistí.

Prvek „Socket“ se bude vyrábět z kruhové tyče s označením KR80 a z materiálu 34CrNiMo6. Tato kruhová tyč má průměr 80 mm a délku 3000 mm. Tento polotovar se uřízne na pásové pile na rozměr 51 mm a poté se tento polotovar přesune ke stroji CNC Soustruh Doosan 2600_Y, kde se upne do sklíčidla stroje a obrobí se vnější průměr, čelo a tvar koule na hotovo. Do tvaru koule se vloží protikus „Ball“. Na stroji se zkouší geometrická přesnost na barvu protikusem. V případě, že opis není v souladu s výkresovou dokumentací, se provede korekce NC programu, a s minimálním úběrem se vysoustruží nová vnitřní koule. Toto se opakuje do doby, než je tvarová podobnost v souladu s výkresem. Dále se upne se do sklíčidla prvek „Socket“ a obrobí se druhá strana na hotovo včetně průchozího závitu M10 a dvou průchozích závitů M6. Prvek „Socket“ se na závěr znovu otestuje zkouškou na barvu.

Sestavení „Ball and Socket“ se dle výkresové dokumentace sestaví.

Technologický postup v příloze na konci práce.

Návrh číslo 2:

Prvek „Ball“ se vyrobí z kruhové tyče s označením KR60 a z materiálu 34CrNiMo6. Tato kruhová tyč má průměr 60 mm a délku 55 mm. Kruhová tyč se upne do sklíčidla za vnější průměr do stroje CNC Soustruh Doosan 2600_Y, ve kterém se soustruží rádius R25 a ploška. Následně je potřeba do plošky vyvrtat díru, vytvořit závit M18x2 a upíchnout. Dále polotovar upneme za závit do přípravku na stroji Makino a51nx a frézujeme plochu na polotovaru s posunutím o 2 mm od středu rádiusu. Dále se vyfrézuje díra. Je potřeba zaleštit rádius R25 kvůli drsnosti povrchu. Kulička se na závěr začistí.

„Socket“ se bude vyrábět obdobně jako u návrhu číslo 1.

Prvek „Socket“ se bude vyrábět z kruhové tyče s označením KR80 a z materiálu 34CrNiMo6. Tato kruhová tyč má průměr 80 mm a délku 51 mm. Tento polotovar se rozřízne na pásové pile a poté se tento prvek vloží do stroje CNC Soustruh Doosan 2600_Y, kde se upne do sklíčidla stroje a obrobí se vnější průměr, čelo a tvar koule na hotovo. Do tvaru koule se vloží protikus „Ball“. Dále se upne do sklíčidla prvek „Socket“ a obrobí se druhá strana na hotovo včetně průchozího závitu M10 a dvou průchozích závitů M6. Prvek „Socket“ se na závěr otestuje na zkoušku barvou.

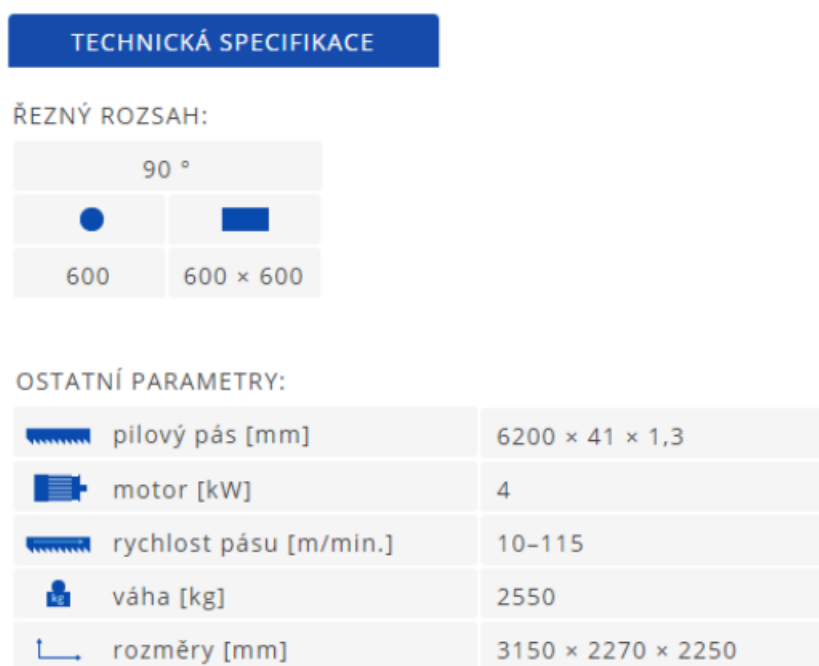
Sestava „Ball and Socket“ se dle výkresové dokumentace sestaví.

5.3 Základní parametry použitých strojů








Pro výrobu prvku „Ball and Socket“ byly použity následující stroje.

5.3.1 Pásová pila PP602 CNC

Pásová pila CNC je hydraulická pásová pila vhodná pro kovové materiály a je určena pro řez pod úhlem 90°. Skládá se z rámové konstrukce. Pásová pila je řízena mikroprocesorovým systémem. [11]



The image shows a technical specification card for the PP602 CNC band saw. It features a blue header with the text 'TECHNICKÁ SPECIFIKACE'. Below this, the section 'ŘEZNÝ ROZSAH:' (Cutting Range) is displayed, showing a 90-degree angle, a blue circle icon, and a blue rectangle icon, with the values '600' and '600 x 600' respectively. The section 'OSTATNÍ PARAMETRY:' (Other Parameters) is presented as a table with five rows, each containing an icon, a parameter name, and a value.

TECHNICKÁ SPECIFIKACE		
ŘEZNÝ ROZSAH:		
90 °		
		
600	600 x 600	
OSTATNÍ PARAMETRY:		
	pilový pás [mm]	6200 x 41 x 1,3
	motor [kW]	4
	rychlost pásu [m/min.]	10-115
	váha [kg]	2550
	rozměry [mm]	3150 x 2270 x 2250

Obrázek 5-4: Technické parametry Pásové pily PP602 CNC [11]

5.3.2 Makino a51nx

„Vysokorychlostní vřeteno s rychlostí s 14 000 ot./min má krouticí moment 303 Nm, díky čemuž se dobře hodí pro výrobu železných i neželezných dílů.

Zrychlení osy 1G a standardní osa B s motorem s přímým pohonem minimalizují dobu bez obrábění a robustní odlévaná konstrukce a lineární vedení válečkového typu zajišťují efektivní využití celého pracovního prostoru stroje a51nx.

Jednodílné kryty drah os (X a Z) a rameno s dvojitou oporou pro výměnu nástrojů.“ [12]

Vřeteno ot./min	14,000 rpm (14K High Torque, 20K)
Vřetenový Kužel	CAT40 (HSK63)
Rychlý posuv	60,000 mm/min
Rychlost posuvu řezání	50,000 mm/min
Max. hmotnost obrobku	ø630 mm x 900 mm
Max. užitečné zatížení	400 kg
Kapacita ATC	60 tools (optional 40, 134, 219, 313)
Nástroj k nástroji	0.9 secs
Čip k čipu	2.2 secs
Max. délka nástroje (Cat)	430 mm
Max. délka nástroje HSK	420 mm
Max. průměr nástroje	170 mm
Max. hmotnost nástroje	12 kg

Obrázek 5-5: Technické parametry Makino a51nx [12]

5.3.3 Soustruh DOOSAN PUMA 2600 Y

Soustruh Doosan Puma Y je šestiosý horizontální soustruh. Řídícím systémem je Fanuc. [13]

Točný průměr	255mm
Délka soustružení	760mm
Řízení	Fanuc0i - TD
Max. točný průměr nad ložem	780mm
Oběžný průměr nad příčným suportem	630mm
Max. oběžný průměr	376mm
Hlavní vřeteno:	
Rozsah otáček - hlavní vřeteno	max. 4.000min/-1
Výkon - hlavní vřeteno	22 / 18,5kW
Hlava vřetena	ASA A2-8
Průměr vřetenového ložiska	140mm
Otvor vřetena	86mm
Průměr materiálu tyče	76mm
Osa C	0,001°
Průměr sklíčidla	255mm

Obrázek 5-6: Technické parametry CNC soustruhu DOOSAN [13]

6 Technicko-ekonomické zhodnocení návrhů

Při porovnání kluzného ložiska s naklápěcími segmenty se sestavením „Ball and Socket“ a kluzného ložiska s naklápěcími segmenty s čárovým dotykem je ložisko s kloubovým mechanismem náročnější na výrobu kvůli samotnému mechanismu, tak i náročnějšímu uložení mechanismu do ložiska. Ložiska s naklápěcími segmenty se sestavením „Ball and Socket“ jsou sice náročnější na výrobu, ale dokážou vyrovnat vyosení hřídele. To znamená, že při montáži do stroje se ložisko jednodušeji uloží. Ložiska s naklápěcími segmenty s čárovým dotykem jsou sice jednodušší na výrobu, ale z hlediska uložení do stroje se ložisko musí vyrovnat do osy hřídele, což je obtížné a náročné na čas. Při porovnání z hlediska ceny je očividné, že ložiska s naklápěcími segmenty se sestavením „Ball and Socket“ jsou dražší, kvůli dalšímu členu sestavy, což je kloubový mechanismus a také kvůli složité výrobě tohoto členu. I když ložiska s naklápěcími segmenty s čárovým dotykem jsou levnější z hlediska počtu členů, tak je problém s uložení do stroje, což je náročné časově a občas to není ani možné. [14]

Cenové porovnání Ložiska s čárovým dotykem a ložiska se sestavení BaS [%]		
Prvek	Ložisko s čárovým dotykem	Ložisko se sestavením BaS
Segmenty	100	110
Těleso	100	105
Krycí plechy	100	100
Trysky	100	100
Sestavení BaS	0	100
Celkem	100	128,75

Tabulka 6-1: Cenové porovnání

U návrhu číslo 1. se kulička R25 koupila jako normalizovaná součást, což znamená, že je u ní zaručená geometrická přesnost (všechny jsou stejné). Dále se vyráběl prvek „Socket“, který se nejprve uřízl, a poté se začal hotovit jeho tvar. Provedla se zkouška barvou a pokud by byl otisk v souladu s výkresem, tak stačil na prvek „Socket“ odladit jeden program. Tím se ověřilo, že zakoupené normalizované kuličky R25 jsou tvarově přesné.

U návrhu číslo 2. se kulička R25 vyráběla, a proto se nedala určit tvarová přesnost. Proto je zapotřebí párovat prvek „Ball s prvkem „Socket“, a tudíž se musí na každý prvek dělat speciálně program. To je z hlediska výroby časově nevýhodné a finančně drahé.

Pro výrobu z hlediska ceny a časové náročnosti výroby se zvolil návrh číslo 1. kvůli jednodušší a levnější výrobě.

7 Experiment bodu zvratu

Experiment bodu zvratu se dělal za účelem ověření chování sestavení „Ball and Socket“ v ložisku. [14]

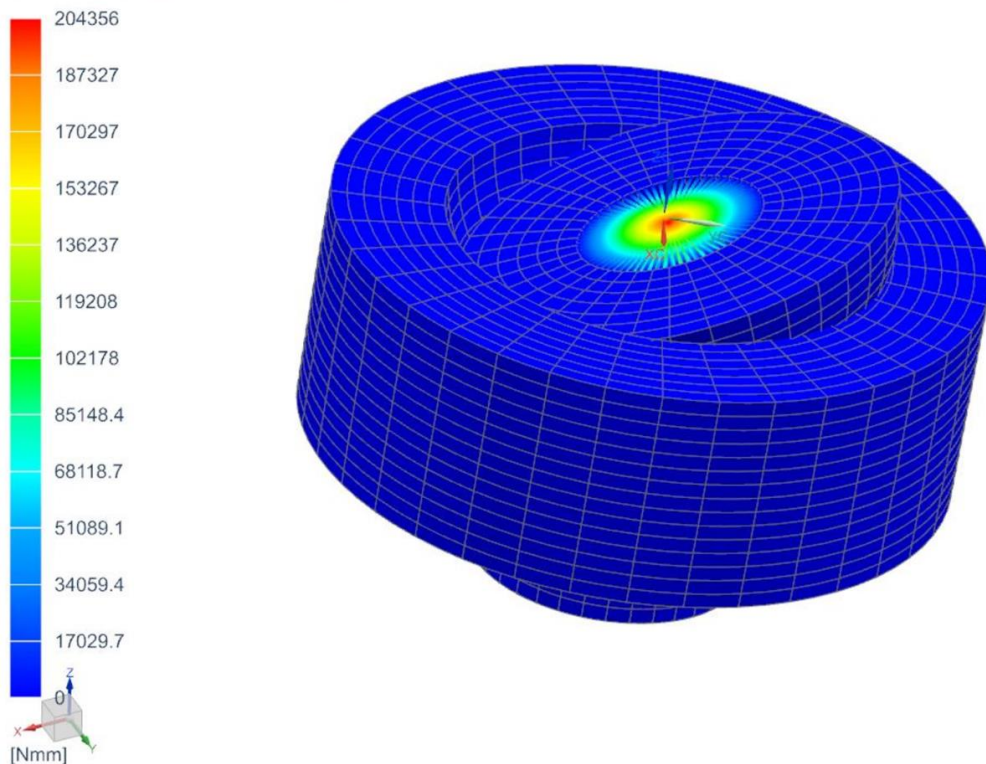
Experiment bodu zvratu byl zadán v rámci Programu Epsilon technologické agentury České republiky, spolu s fakultou strojní ZČU. [14]

Experiment bude zpracován na ložisku s naklápějícími segmenty s prvkem „Ball and Socket“ o velikosti 300/525x300, u kterého je maximální zatížení vztažené na jeden segment 140kN.

Požadavky a výsledky z FEM analýzy budou porovnávány s touto prací. [14]

„Požadavkem bylo zjištění potřebného reakčního momentu (reakční síly) potřebné k vychýlení sestavy z klidového stavu. Sestava byla zatěžována silou 140kN a vychylována o $\pm 3^\circ$ (jelikož se jedná o úlohu tření dvou kulových ploch, je irelevantní okolo které z os bylo prováděno naklopení/vychýlení). Koeficient tření f byl uvažován pro $f=0,05$ a $f=0,1$. [14]

sestava_sim1 : 3st svisle Result
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1
Reaction Moment - Nodal, Magnitude
Min : 0, Max : 204356, Units = Nmm
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obrázek 7-1: Reakční moment kolem osy x [14]

- Reakční moment/síla

- Pro $f=0.05$ $M_k=204 \text{ Nm}$ $F_r= 8160 \text{ N}$ (síla na hraně koule)
- Pro $f=0.1$ $M_k=408 \text{ Nm}$ $F_r= 16320 \text{ N}$ (síla na hraně koule)“[14]

Pro tento experiment bodu zvratu bude potřeba navrhnout přípravek, popsat univerzální stand a postup, jak bude probíhat měření. [14]

7.1 Popis univerzálního standu

Univerzální stand je měřicí zařízení na dvou podporách, které jsou usazené na zemi. Funkční část standu se skládá z desky spodní, středové a horní. [14]

Spodní deska je základní nepohyblivá, na kterou se položí přípravek.

Střední deska je uložena přes pouzdra v tyčovém vedení, je pohyblivá a přitlačuje vrchní část měřícího přípravku. Pouzdra zajišťují možnost náklonu této desky. Tyčové vedení zároveň fixuje vzájemnou polohu horní a spodní desky. [14]



Obrázek 7-2: Usazený přípravek

V horní desce je upevněno pět hydraulických pístů. Hlavní hydraulický píst je v ose této desky a zajišťuje předepnutí definovanou silou (zatížení, které simuluje reálný stav v ložisku). Zbylé čtyři písty jsou symetricky rozmístěny po 90°. Tyto zbylé písty vytváří sílu, která vychyluje střední desku. [8]



Obrázek 7-3:Univerzální stand

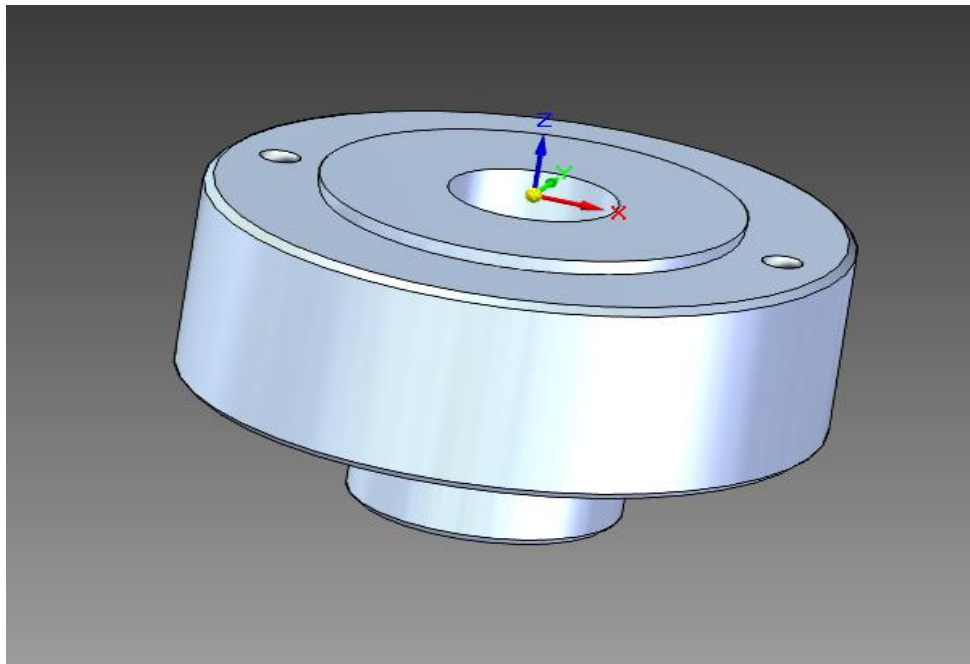
8 Návrh přípravku pro změření bodu zvratu.

Pro měření bodu zvratu byla snaha navrhnout ideální přípravek, který bude mít takové parametry, aby se vešel do univerzálního standu, měl dostatečnou hmotnost, aby nemohlo dojít k převržení a aby se do přípravku dokázaly jednoduše vložit příslušné díly této sestavy.

Díly přípravku byly pojmenovány Miska, Horní plech a Deska.

Funkce Misky je držet vcelku celou sestavu. Je to základní člen sestavy. Do misky se bude vkládat Tenzometrický snímač a Horní plech.

Funkcí Horního plechu je zajistit polohu prvku „Socket“. Horní plech musí být navržen tak, aby se dokázal pohybovat v Misce nahoru a dolů, aniž by došlo k sevření Horního plechu v Misce.



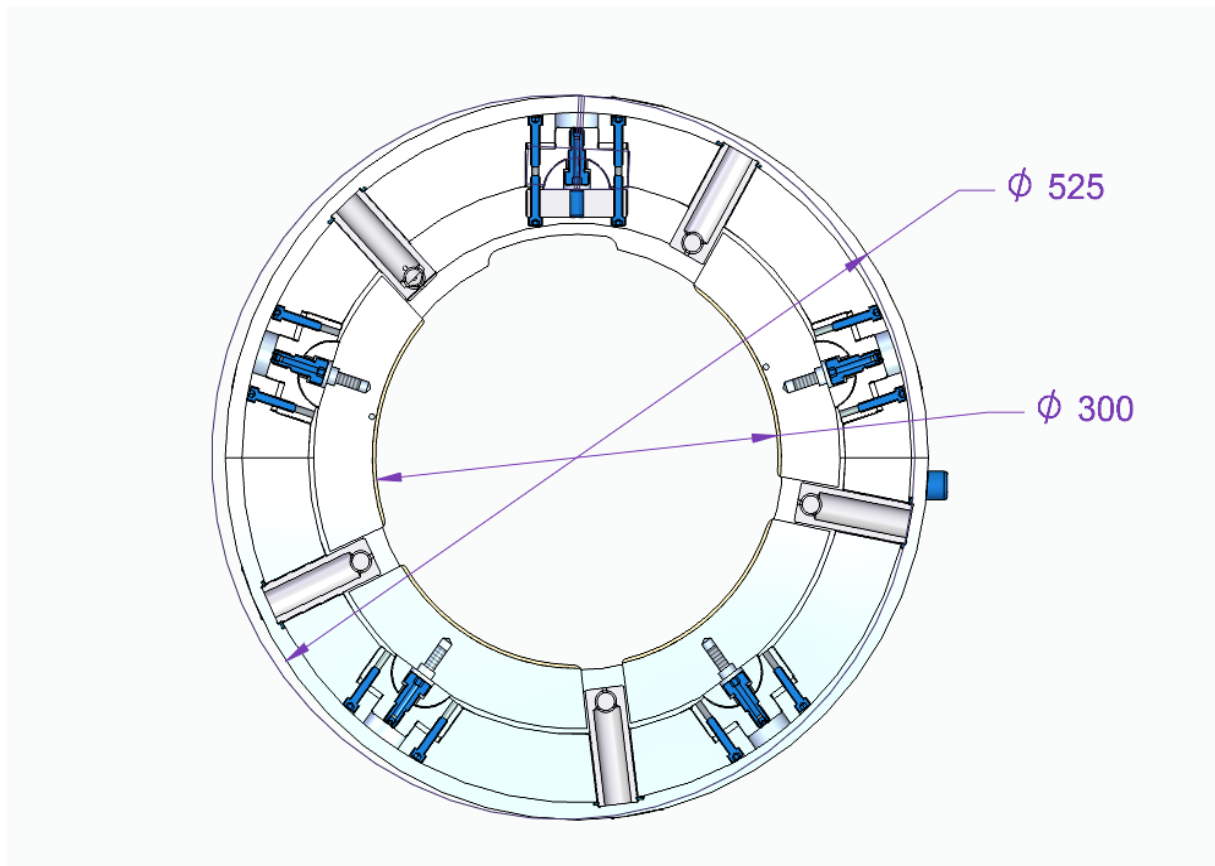
Obrázek 8-1: Základní parametry „Ball and Socket“

Funkce Desky je být v těsném dotyku prvkem „Ball“. Deska se bude úhlově vychylovat podle prvku „Ball“.

Přípravek se navrhne na „Ball and Socket“ určený pro velikost ložiska s vnitřním průměrem 300mm, vnějším průměrem 525mm a šířkou 255mm.

Prvek „Ball“ je o průměru 50mm.

Prvek „Socket“ má dva po sobě jdoucí průměry. První průměr má 76mm a délku 27,5mm a druhý průměr je o velikosti 32mm a délce 15mm.

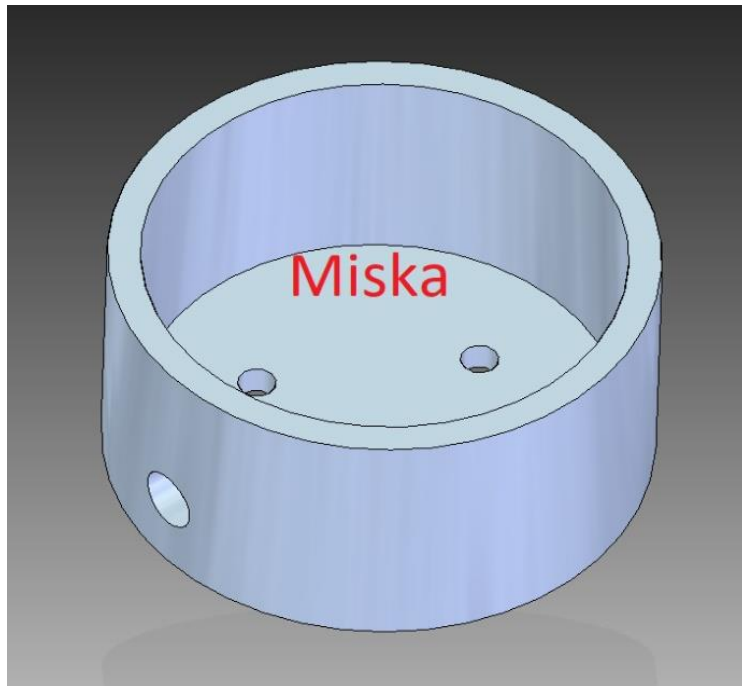


Obrázek 8-2: Základní parametry ložiska s naklápějícími segmenty s prvem „Ball and Socket“

Postup návrhu 1:

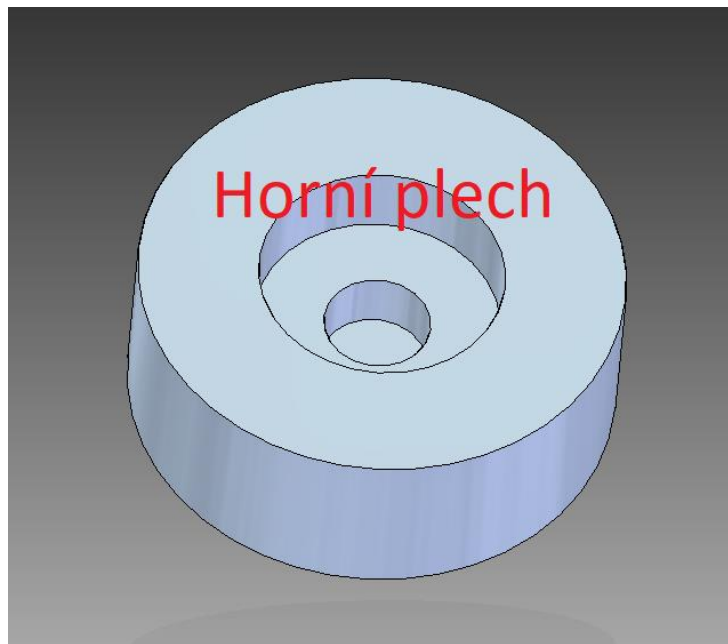
Testovaná varianta sestavení „Ball and Socket“ se musela vejít do přípravku tak, aby bylo sestavení „Ball and Socket“ upevněno a nemohlo se hýbat horizontálně, ale pouze vertikálně. Proto byl navržen přípravek s ohledem na úsporu a velikost.

Miska byla navržena o průměru 170 mm a délce 85 mm. Do Misky se vyfrézoval průměr 150 mm o délce 75 mm s rovným dnem, do které se vložil Tenzometrický snímač a Horní plech. Dále se z boku udělala díra o průměru 20 mm, která slouží k přívodu kabelu do Tenzometrického snímače. Zespod Misky se vyvrtaly 3 díry o průměru 12 mm, tyto díry slouží k upevnění Tenzometrického snímače.



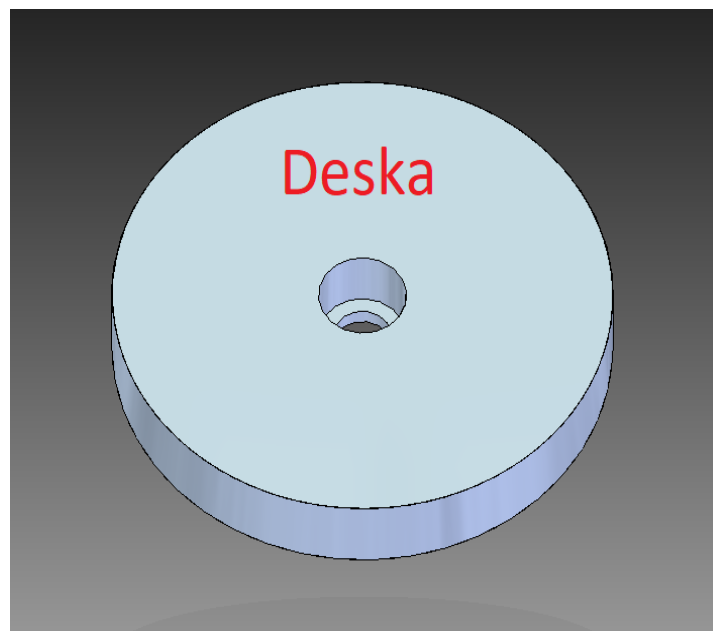
Obrázek 8-3: Model Misky 1

Horní plech byl navržen o průměru 150 mm a délce 56 mm a vložil se do Misky. Tato část byla navržena tak, aby se mohla pohybovat v Misce nahoru a dolů kvůli tomu, aby se dal Tenzometrický snímač zatěžovat a odlehčit samovolně. Dále se do Horního plechu vyfrézují dvě díry ve středu s rovným dnem. První díra má průměr 76 mm a druhá díra má průměr 33 mm. Tyto dvě díry byly navrženy tak, aby se do nich nechal uložit prvek „Socket“.



Obrázek 8-5: Model Horního plechu 1

Nakonec se navrhla Deska, což je kruhová tyč o průměru 170 mm a délce 25 mm, do které se uprostřed vyvrtal osazený otvor. Deska je pevně spojena s prvkem „Ball“ pomocí šroubu.

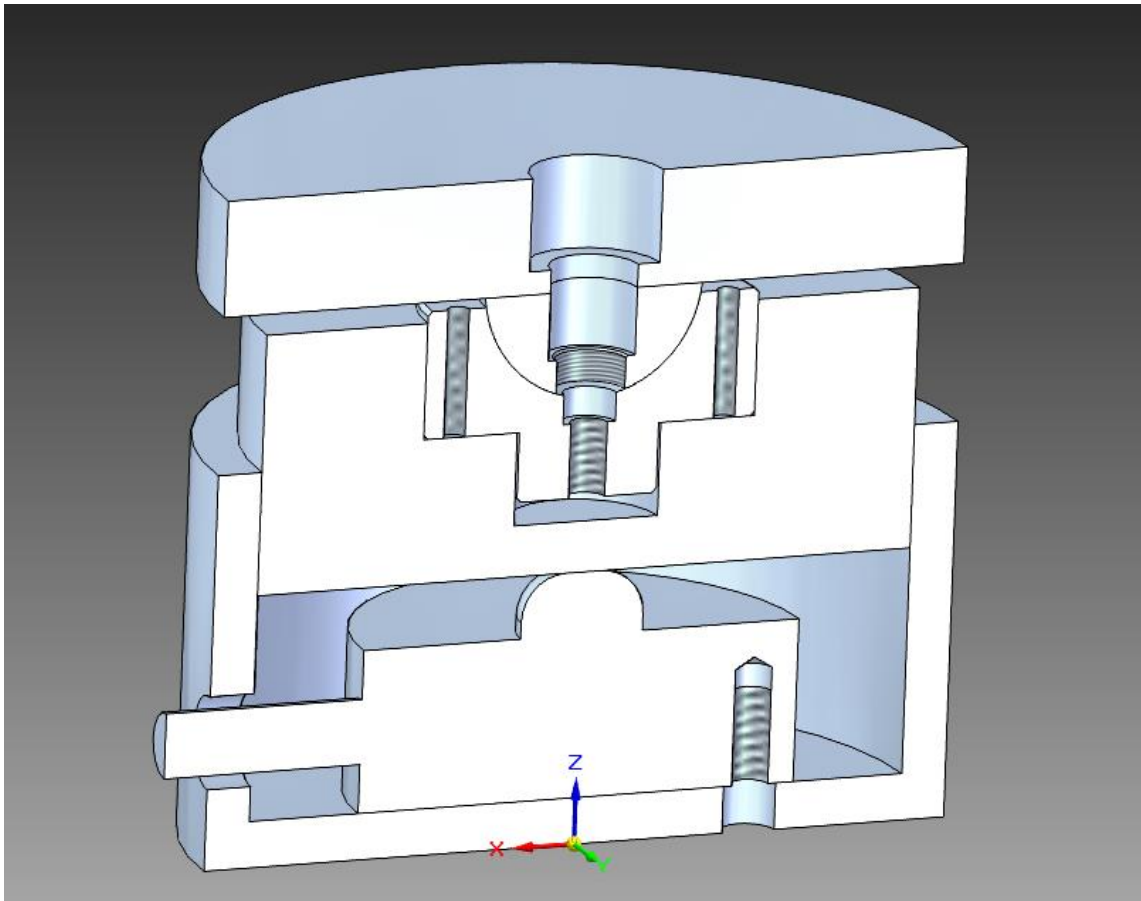


Obrázek 8-4: Model Desky 1

Tento návrh 1 se zamítl kvůli možnosti poškození Tenzometrického snímače a kvůli malé hmotnosti, která by mohla vést k tomu, že by se přípravek při zatížení mohl lehko převrátit.

Celková váha přípravku by byla 19 kg. Dále se zamítla kruhová díra na kabel kvůli Tenzometrickému snímači, který by se mohl zaseknout při usazování na místo.

Byl vytvořen výkres sestavy tohoto návrhu 1.



Obrázek 8-6: První návrh přípravku pro „Ball and Socket“

Popis návrhu 2:

Velikost prvku „Ball and Socket“ se musela vejít do přípravku tak, aby bylo sestavení „Ball and Socket“ uloženo a nemohlo se hýbat horizontálně, ale pouze vertikálně. Proto byl navržen přípravek s ohledem na stabilitu a jednoduchost sestavení.

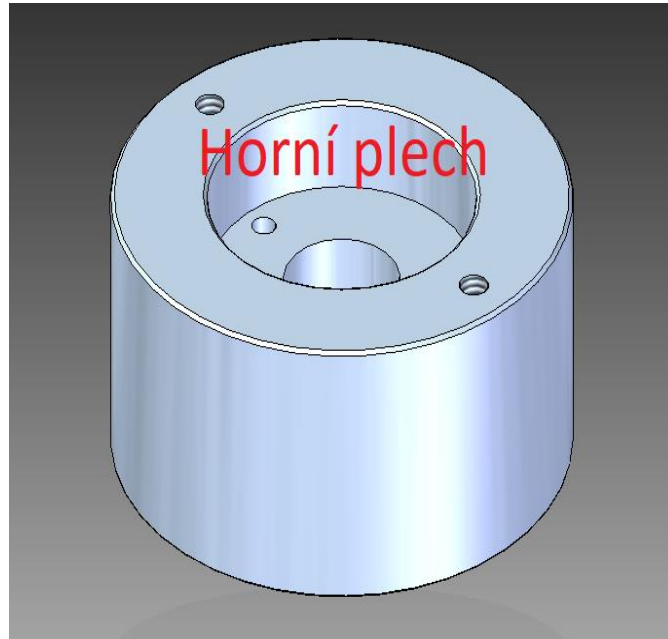
Miska byla navržena o průměru 240 mm a délce 147 mm. Do Misky se vyfrézovala díra ve středu o průměru 130 mm a délce 72 mm, do které se vložil Horní plech. Poté se vyvrtala díra

do středu o průměru 100 mm a délce 107 mm, do této díry se pod plech usadil Tenzometrický snímač. Dále se z boku udělala drážka o velikosti 30x35 mm s rádiusy v rozích R15, která slouží k přívodu kabelu do Tenzometrického snímače. Zespod Misky se vyvrtaly 3 díry s válcovým zahloubením o průměru 20 mm a hloubce 15 mm a díra o průměru 12 mm. Tyto díry složí k upevnění Tenzometrického snímače. Neboť má tato Miska hmotnost 41,4 kg, je potřeba udělat na přípravku ze shora 2 díry se závity o velikosti závitu M10, délce závitu 25 mm a délce díry 32 mm. Tyto díry jsou manipulační.



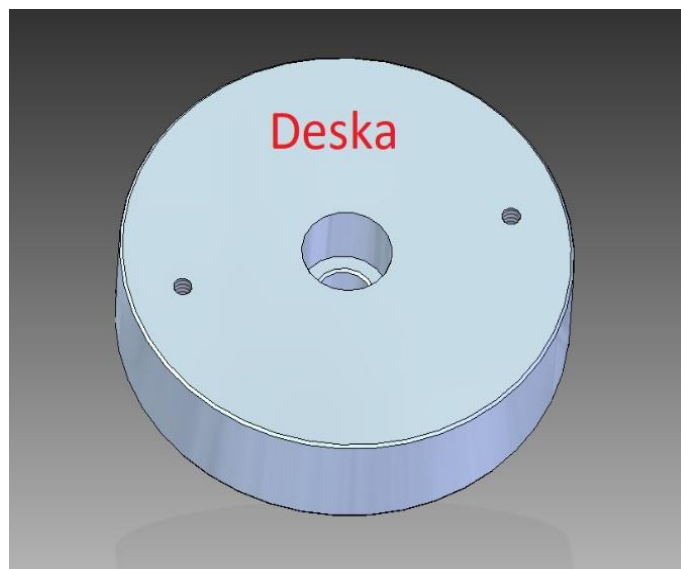
Obrázek 8-7: Model Misky 2

Horní plech byl navržen o průměru 130 mm a délce 71,5 mm, který se vložil do Misky. Tato část byla navržena tak, aby se mohla pohybovat v Misce nahoru a dolů kvůli tomu, aby se dal Tenzometrický snímač zatěžovat a odlehčit samovolně. Dále se do Horního plechu vyfrézovaly dvě díry s rovným dnem ve středu Horního plechu. První díra má průměr 76 mm a druhá díra má průměr 33 mm. Tyto dvě díry byly navrženy tak, aby se do nich nechal zapasovat prvek „Socket“. Pro upevnění prvku „Socket“ se do Horního plechu vyvrtaly dvě válcově zahloubené díry s průměrem 11 mm, hloubkou 10 mm a dírou o průměru 7 mm, která vede až ke spodní části „Socketu“. Do Horního plechu se z vrchu udělaly dvě díry se závity o velikosti závitu M10, délky závitu 15 mm a hloubky díry 20 mm. Tyto díry slouží k lepší manipulaci.



Obrázek 8-9: Model Horního plechu 2

Nakonec se navrhla Deska, což byla kruhová deska o průměru 160 mm a šířce 40 mm. Pro spojení s dílem „Ball“ se uprostřed vyvrtal otvor průměr 20 mm válcově zahloubený na průměr 35 mm do hloubky 25 mm. Dále se zhotovily 2 manipulační závity M8 s délkou závitu 15 mm a hloubkou díry 22 mm. Deska je pevně spojena s prvkem „Ball“ pomocí šroubu.

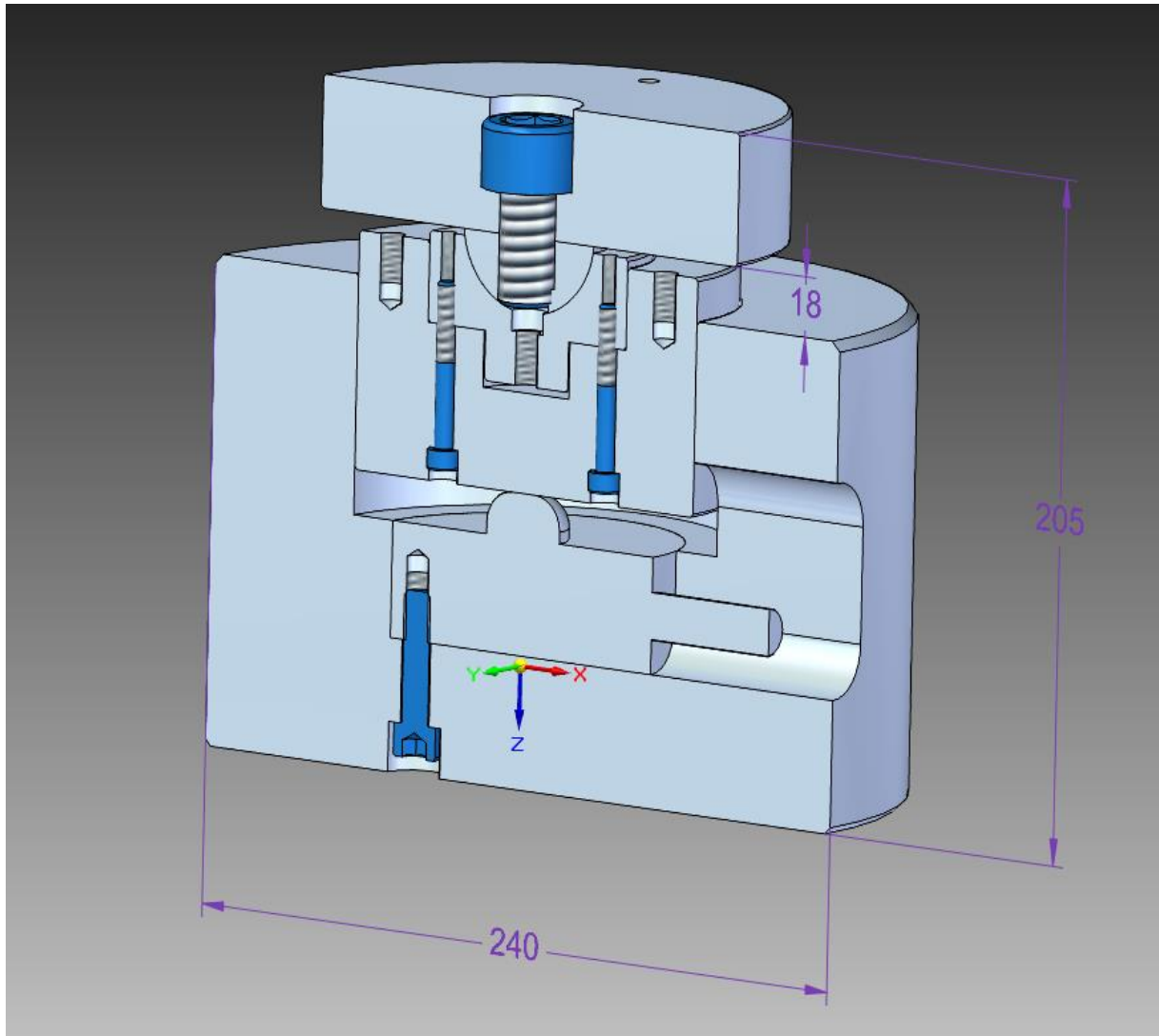


Obrázek 8-8: Model Desky 2

Návrh 2 odstranil nedostatky z první verze přípravku. Omezila se možnost poškození vodiče Tenzometrického snímače v Misce, místo otvoru byla zhotovena drážka pro snazší vložení snímače. Dřívější nestabilita přípravku se vyřešila zvětšením celkového rozměru

Misky a tím došlo k navýšení hmotnosti celého přípravku. Celková hmotnost přípravku je 57,5 kg.

Na tento přípravek byla zhotovená výkresová dokumentace.

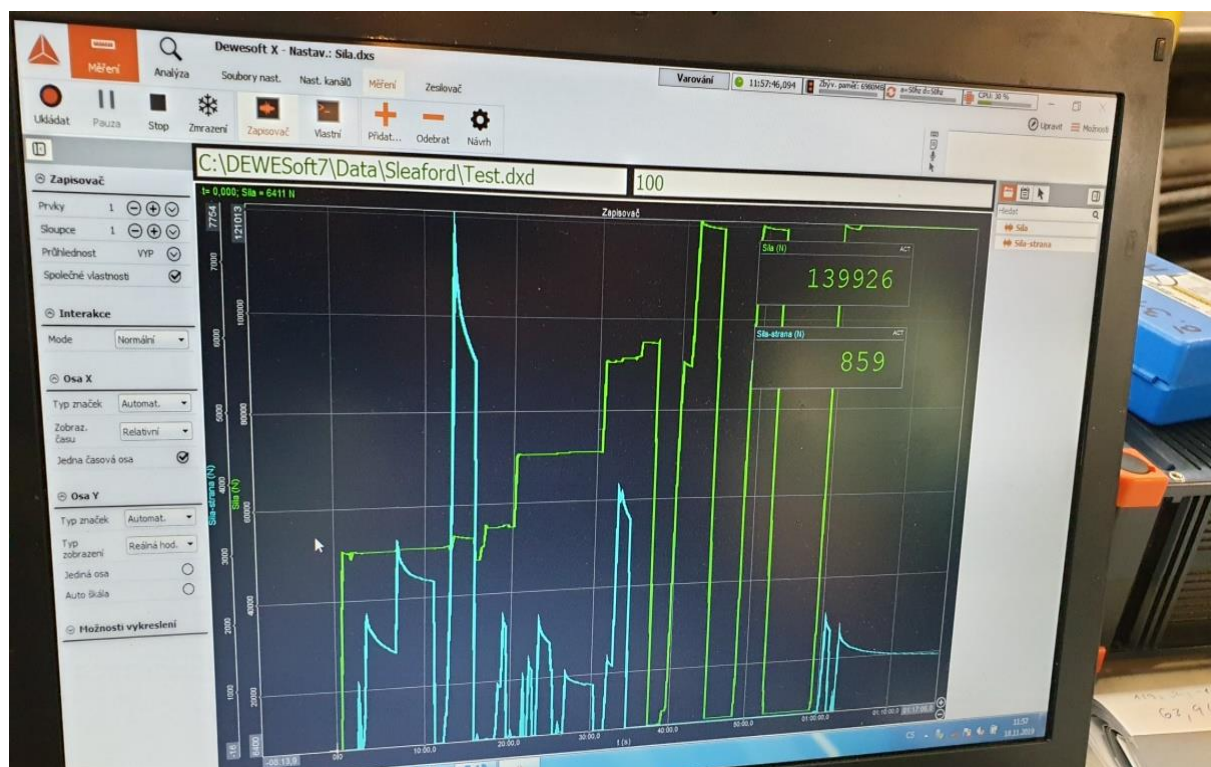


Obrázek 8-10: Druhý návrh přípravku pro „Ball and Socket“

9 Popis měření

Snahou tohoto měření je zatížit Ball and Socket středovým pístem na zatížení 140 kN a zbylými písty, které simulují náklon a zkoumat při jaké síle se středová deska vychýlí neboli kdy dojde u prvku „Ball and Socket“ k bodu zvratu. [14]

Aby bylo možné vložit přípravek do standu, musel být nejprve rozebrán. Nejprve se vyšroubovaly matice na vodících tyčích a sundala se horní a střední deska. Přípravek se umístil a vycentroval na střed spodní desky, následně se testovací zařízení zkompletovalo. [14]



Obrázek 9-1: Měření – průběh zátěže

Dále se mezi horní a střední desku upevnily číselníkové úchylkoměry. Tyto úchylkoměry budou měřit vychýlení středové desky. Síly jsou měřeny Tenzometrickými snímači, které byly uloženy pod každý hydraulický píst, jeden kontrolní byl umístěn v přípravku pod „Ball and Socket“. Středovým pístem bylo vyvozeno zatížení 140 kN, které simuluje reálné zatížení v ložisku. Následně byla vyvozována síla vždy jedním ze čtyř bočních pístů. V momentě, kdy se číselníkovým úchylkoměrem zaznamenal pohyb desky, odečetla se síla potřebná k této změně polohy, tzn. bod zvratu. [14]

9.1 Výsledky z měření

Zatížení, které vyvinulo vychýlení na zbylých pístech, bylo mezi 850 N až 1000 N na rameni 250 mm. To odpovídá momentu mezi 212,5 a 250 Nm, což souhlasí s výsledky z FEM analýzy. Reakce na prvku „Ball“ byla mezi 8500 N a 10000 N.

„Průměrná reakce na prvku „Ball“ byla 9480 N. Průměrný kroutící moment je 237 Nm a součinitel tření 0,068.“ [14]

V sestavení „Ball and Socket“ při zatížení 140kN nedochází k deformaci, ale může dojít k náklonu segmentu.

Správnost funkce sestavení byla potvrzena v porovnání s vypočítanými hodnotami v této bakalářské práci vůči práci Nová hydrodynamická naklápěcí ložiska s velmi vysokou tuhostí a útlumem.[14]

10 Závěr

Bakalářská práce obsahuje základní informace o kluzných ložiscích a o prvku „Ball and Socket“. Práce byla vytvořena ve spolupráci s firmou GTW BEARINGS s.r.o., která vyrábí kluzná ložiska.

V první části bakalářské práce byly shromážděny informace o kluzných ložiscích a jejich rozdělení včetně částí, ze kterých se skládají. Ložiska byla rozdělena na kluzná profilová ložiska a kluzná ložiska s naklápějícími segmenty.

Druhá část práce byla zaměřena na ložiska s naklápějícími segmenty s prvkem „Ball and Socket“, na výrobu a funkčnost tohoto prvku. U ložiska s naklápějícími segmenty s prvkem „Ball and Socket“ se zjistily jeho výhody a nevýhody. U prvku se popsala jeho funkce v ložisku a dále byly navrženy postupy výroby tohoto prvku. Provedlo se technicko-ekonomické zhodnocení a varianta 1 se použila. Byl navržen přípravek na otestování bodu zvratu na univerzálním standu ve firmě Doosan Škoda Power. Návrhy přípravku byly dva a podle funkčnosti se zvolila výhodnější možnost.

Tento přípravek a kloubový mechanismus se vložil do standu a postupně se zatěžoval. Sestavení se zatěžovalo a ověřilo se, že ložisko se sestavením „Ball and Socket“ odpovídá vypočteným hodnotám a že se sestavení dokáže naklánět a vyrovnávat osově nepřesnosti.

Tato práce je vhodná pro zjištění základní informací o kluzných ložiscích se zaměřením na výrobu sestavení „Ball and Socket“ a ověření jeho funkčnosti.

11 Seznam použitých zdrojů informací

- [1] Výroba kluzných ložisek na míru | GTW. *Výroba kluzných ložisek na míru* | GTW [online]. Copyright © Všechna práva vyhrazena [cit. 30.06.2020]. Dostupné z: <https://www.gtw.cz>
- [2] *Vysoké učení technické v Brně* [online]. Copyright © [cit. 30.06.2020]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=7014
- [3] Kluzné ložisko – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kluzn%C3%A9_lo%C5%BEisko
- [4] *Střední škola automobilní Kyjov, příspěvková organizace* [online]. Copyright ©Q [cit. 30.06.2020]. Dostupné z: http://www.sossoukyjov.cz/data/file/Strojnictvi/VY_32_INOVACE_5c/VY_32_INOVACE_5c16.pdf
- [5] Howden. *ÚVOD* | Howden [online]. Copyright © Copyright 2020 Howden Group Ltd. All rights reserved, Powered by [cit. 30.06.2020]. Dostupné z: <https://howden.jobs.cz/o-nas/napsali-o-nas/skoti-chteji-mit-z-prazske-tovarny-ckd-vyrobni-centralu-kompresoru/>
- [6] *DSpace at University of West Bohemia: NO TITLE* [online]. Copyright © [cit. 30.06.2020]. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/25167/1/DP_Halml_Jiri_2016.pdf
- [7] TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ 2. část - PDF Free Download. *Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací.* [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 30.06.2020]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10306340-Technologie-i-technologie-obrabeni-2-cast.html>
- [8] Urban M., Dolejš J., Skopeček T., Řehoř J., Povolný M., Hronek O. (2018): *Nová hydrodynamická naklápěcí ložiska s velmi vysokou tuhostí a útlumem.*
- [9] Draslík F. a kolektiv. (2002): *Strojírenské tabulky pro konstrukci i dílnu.*
- [10] Maxalign BEARINGS Reduce Spiral Vibration - Waukesha BEARINGS. *Waukesha BEARINGS - Custom-Engineered Fluid Film & Magnetic BEARINGS* [online]. Copyright © 2019 Waukesha BEARINGS. All Rights Reserved. [cit. 30.06.2020]. Dostupné z: <https://www.waukbearing.com/resources/case-studies/maxalign-BEARINGS-reduce-spiral-vibration/>

- [11] PP 602 CNC | FILKO OPAVA - vše pro svařování *FILKO OPAVA - vše pro svařování* ... [online]. Copyright ©2020 [cit. 30.06.2020]. Dostupné z: <https://www.filko-opava.cz/pasove-pily/pp-602-cnc/>
- [12] Makino a51nx High Productivity Horizontal Machining Center Techspex . *The New Machine Tools Model Specification Database. Cutting Tools, Workholding | Techspex* [online]. Dostupné z: [https://www.techspex.com/machining-centers/makino\(2612\)/5594](https://www.techspex.com/machining-centers/makino(2612)/5594)
- [13] DOOSAN PUMA 2600 | TECNOTRADE obráběcí stroje s.r.o.. *Tecnotrade obráběcí stroje s.r.o.* [online]. Copyright © 2014 Tecnotrade obráběcí stroje s.r.o. [cit. 30.06.2020]. Dostupné z: <http://www.tecnotrade.cz/obrabeci-stroje/horizontalni-soustruhy/doosan-puma-2600/>
- [14] Urban M., Dolejš J., Skopeček T., Halml J., Šubrt O., Řehoř J., Povolný M., (2019): *Nová hydrodynamická naklápěcí ložiska s velmi vysokou tuhostí a útlumem.*

PŘÍLOHA č. 1

TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY „BALL AND SOCKET“ 1

Výrobní průvodka GTW Bearings s.r.o.			
Číslo zakázky	000	Kom.-Nr. / Č. objednávky	
		Zákazník:	
Číslo průvodky	40776	Číslo výkresu:	
		Č. výkresu zákazníka:	
Název součásti	Koule R25 - "Ball"		
Kompozice:	Kusy zadané: 1 Kusů v pozici na podřízených VP:		
Požadovaný termín dokončení: 23.04.2020	17 / 2020	Vystaveno dne:	10.07.2020
Nadřazený výrobní příkaz:	Vystavil:	jharuda	

Atesty a protokoly:

Výrobní příkaz	Název	Množství
Tepelné zpracování Poz.	Šarže kompozice Jakost	Polotovar rozměr Číslo výkresu
1	Kulička 50 G40	1 ks

SZ	Reg. číslo	Vydané materiály:	Výrobní číslo	Množství
	MAT 04146	Kulička 50 G40		1,0000 ks

10 Centrum malé - Makino

čas přípravy:

čas výroby/Ks:

Podpis:



Upnout kuličku do přípravku;

Frézovat plošku pro vrtání;

Vrtat otvor pro M18 + závit M18x2.

Upnout do přípravku za závit M18x2 a ofrézuje se kulička s posunutím o 2mm od středu;

Frézovat díru do středu kuličky díru o průměru 20mm a hloubky 14,5mm;

Srazit hranu mezi závitem a vyfrézovanou dírou na 0,5x45°

20 Zámečnik

čas přípravy:

čas výroby/Ks:

Podpis:



Začistit a předat k sestavě

Výrobní průvodka GTW Bearings s.r.o.			
Číslo zakázky	000	Kom.-Nr. / Č. objednávky	
		Zákazník:	
Číslo průvodky	40777	Číslo výkresu:	
		Č. výkresu zákazníka:	
Název součásti	Koule R25 - "Socket"		
Kompozice:	Kusy zadané: 1 Kusů v pozici na podřízených VP:		
Požadovaný termín dokončení: 23.04.2020	17 / 2020	Vystaveno dne:	10.07.2020
Nadřazený výrobní příkaz:	Vystavil:	jharuda	

Atesty a protokoly:

Výrobní příkaz Tepelné zpracování Poz.	Název Šarže kompozice Jakost	Množství Polotovar rozměr Číslo výkresu
1	KR 80 16343.7 / 34CrNiMo6+QT	51 mm

10 Pila

čas přípravy:

čas výroby/Ks:

Podpis:



Upnout polotovar

Nařezat 1 ks na délku 48 mm.

20 CNC soustruh Doosan 2600_Y

čas přípravy:

čas výroby/Ks:

Podpis:



Upnout do sklíčidla polotovar;

Soustružit vnější průměr, čelo s koulí hotově.

Koule R25(+0,01) mm hotově - zkoušet na barvu (minimálně 80%) s protikusem - "Ball";

Otočit a upnout;

Druhou stranu hotově včetně průchozího závitu M10 a 2x průchozí závit M6.

Znovu kontrola na barvu s protikusem - "Ball"

30 Zámečnick

čas přípravy:

čas výroby/Ks:

Podpis:



Začistit a předat k sestavě.

Výrobní průvodka GTW Bearings s.r.o.			
Číslo zakázky	000	Kom.-Nr. / Č. objednávky	
		Zákazník:	
Číslo průvodky	40782	Číslo výkresu:	
		Č. výkresu zákazníka:	
Název součásti	Sestava -Ball-And-Socket 76x33,5		
Kompozice:	Kusy zadané: 1 Kusů v pozici na podřízených VP:		
Požadovaný termín dokončení: 23.04.2020	17 / 2020	Vystaveno dne:	10.07.2020
Nadřazený výrobní příkaz:	Vystavil:	jharuda	

Atesty a protokoly:

Výrobní příkaz	Název	Množství
Tepelné zpracování	Šarže kompozice	Polotovary rozměr
Poz.	Jakost	Číslo výkresu
VYR - 40777	Koule R25 - "Socket"	1 ks
1	16343 / 34CrNiMo6 / 34CrNiMo6	
VYR - 40783	Koule R25 - "Ball"	1 ks
2	16343 / 34CrNiMo6 / 34CrNiMo6	
	Šroub 13x16 M10 ČSN ISO 7379 - Úprava	1 ks
3	670549-103^00	
	Stavěcí šroub s vnitřním šestihranem M5x6 - DIN 913 / ISO 4026	1 ks
5		

10 Zámečnick

čas přípravy:

čas výroby/Ks:

Podpis:



A7391510B

Sestavit sestavu Ball-And-Socket dle výkresu a kusovníku.

Namontovat do sestavy každou součást.

20 TK

čas přípravy:

čas výroby/Ks:

Podpis:



A7391510B

Doměřit finální výšku namontované sestavy v tělese (v toleranci 0,02 mm).

PŘÍLOHA č. 2

TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY „BALL AND SOCKET“ 2

Výrobní průvodka GTW Bearings s.r.o.			
Číslo zakázky	000	Kom.-Nr. / Č. objednávky	
		Zákazník:	
Číslo průvodky	40783	Číslo výkresu:	
		Č. výkresu zákazníka:	
Název součásti	Koule R25 - "Ball"		
Kompozice:	Kusy zadané: 1 Kusů v pozici na podřizovaných VP:		
Požadovaný termín dokončení:	24.04.2020	17 / 2020	Vystaveno dne: 10.07.2020
Nadřizovaný výrobní příkaz:	Vystavil:		jharuda

Atesty a protokoly:

Výrobní příkaz	Název	Množství
Tepelné zpracování	Šarže kompozice	Polotovar rozměr
Poz.	Jakost	Číslo výkresu
	Kulička 50 G40	1 ks
1		

10 CNC soustruh Doosan 2600_Y

čas přípravy:

čas výroby/Ks:

Podpis:



Upnout kruhovou tyč do sklíčidla;
Soustružit rádius R25 + ploška pro závit;
Do středu vyvrtat díru + závit M18x2;
Upíchnout

20 Centrum malé - Makino

čas přípravy:

čas výroby/Ks:

Podpis:



Upnout kuličku do přípravku;
Frézovat plošku pro vrtání;
Vrtat otvor pro M18 + závit M18x2.

Upnout do přípravku za závit M18x2 a ofrézuje se kulička s posunutím o 2mm od středu;
Frézovat díru do středu kuličky díru o průměru 20mm a hloubky 14,5mm;
Srazit hranu mezi závitem a vyfrézovanou dírou na 0,5x45°

40 Zámečnik

čas přípravy:

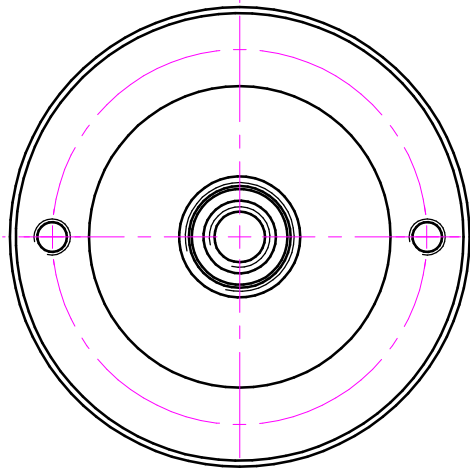
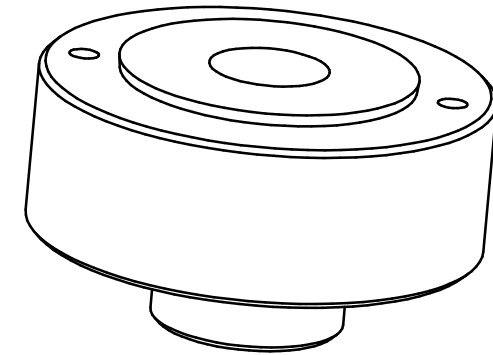
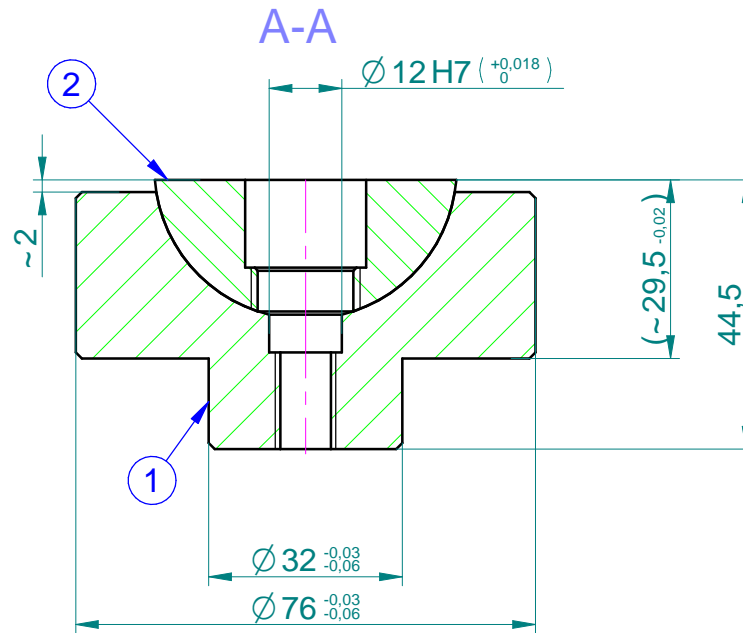
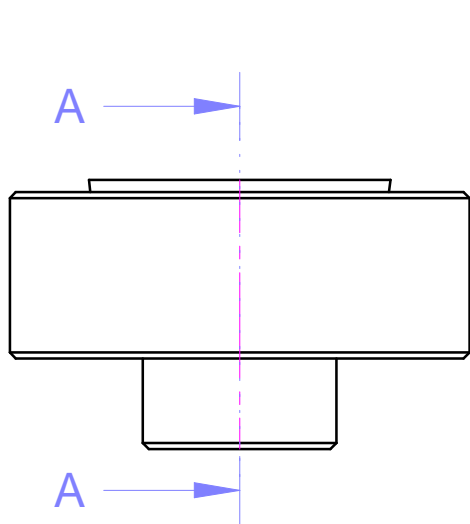
čas výroby/Ks:

Podpis:



Začistit a předat k sestavě.

Výkresové dokumentace

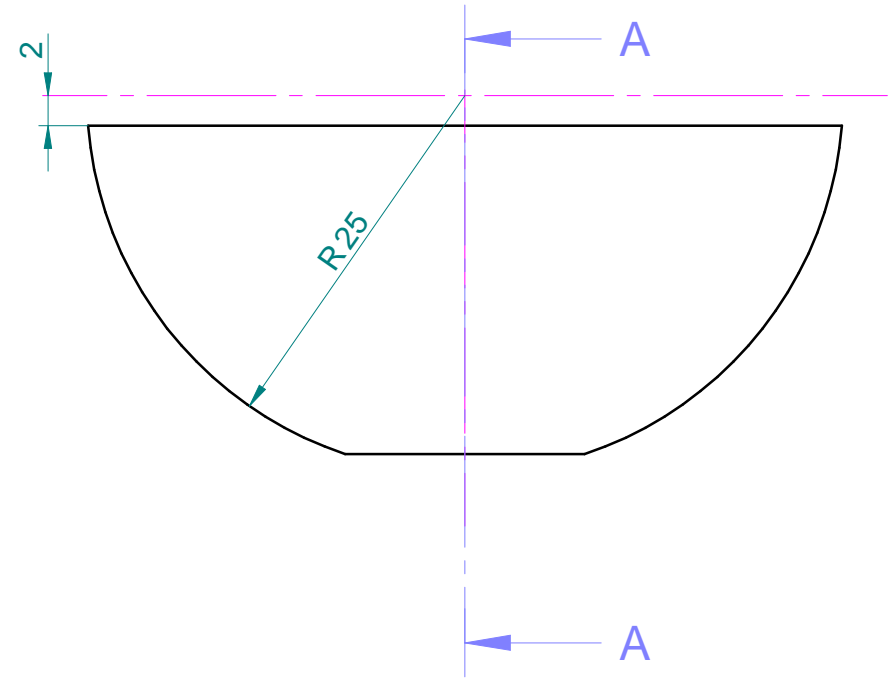
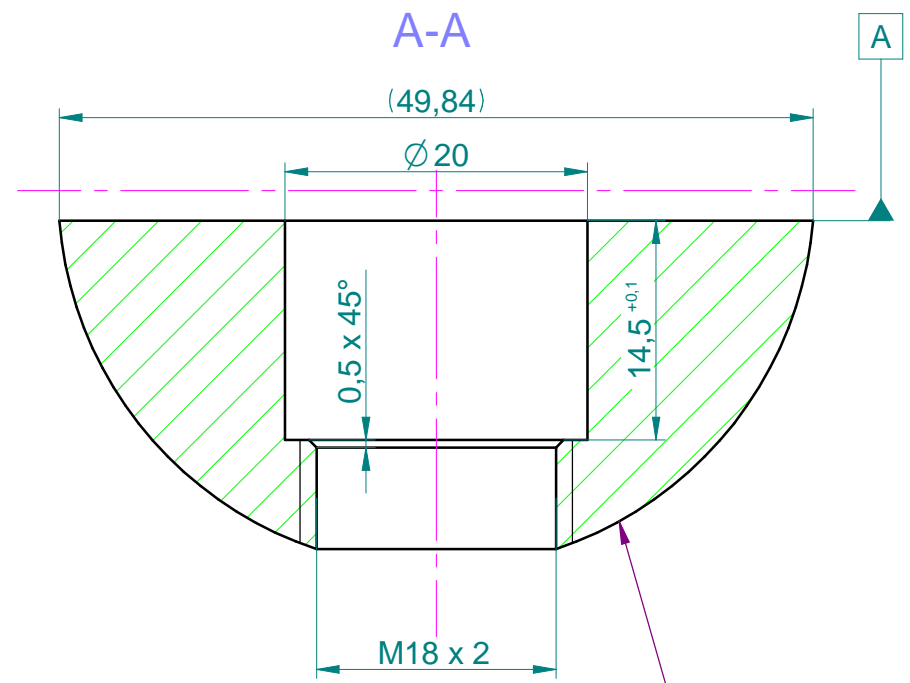


2	Koule - Vnější	16343 / 34CrNiMo6	0,2 kg	Výkres pro výrobní postup [^]	1
1	Koule - Vnitřní	16343 / 34CrNiMo6	0,9 kg	Výkres pro výrobní postup [^]	1
Poz.	Název	Materiál	Váha	Číslo výkresu	Množství

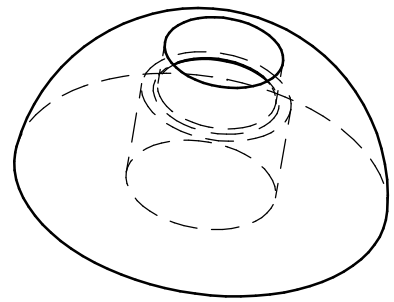
DOPLŇ.VÝKR. ; ; ;		MATERIÁL		HMOTNOST 1,0 kg		ZÁKAZNÍK		MĚŘÍTKO 1:1,25		ISO 13715	
GTW BEARINGS s.r.o. Přišov 24, CZ - 330 11 Třemošna u Plzně		TOLERANCE		ISO 8015		PŘESNOST		ISO 2768		PROMÍTÁNÍ	
		JMÉNO		DATUM		SAFETY COMMENT DIN 34		KRESLIL Haruda		09.03.2020	
FORMÁT A4		LIST/POČ.LISTŮ 1/1		KONTR.							

NÁZEV		Sestava-Ball-And-Socket	
ČÍSLO VÝKRESU	INDEX		
Výkres pro výrobní postup			

3,2 / (0,4 / 0,2)



--% kontakt s plochou vnitřní koule u dílu - Koule "Socket"



DOPLŇ.VÝKR. ; ; ;		MATERIÁL 16343 / 34CrNiMo6		HMOTNOST 0,2 kg	ISO 13715 TOLERANCE ISO 8015 PŘESNOST ISO 2768 PROMÍTÁNÍ
ZÁKAZNÍK Doosan ŠkPWR		MĚŘÍTKO 2:1	GTW BEARINGS s.r.o.		
		Přišov 24, CZ - 330 11 Třemošna u Plzně		JMÉNO Haruda	DATUM 23.04.2020
SAFETY COMMENT DIN 34		KRESLIL			
FORMÁT A4	LIST/POČ.LISTŮ 1/1	KONTR.			

NÁZEV	Koule - Vnější
	Ball
ČÍSLO VÝKRESU	INDEX
<h1>Výkres pro výrobní postup</h1>	

3,2 / 0,2 / 0,8 /
 (/ /)

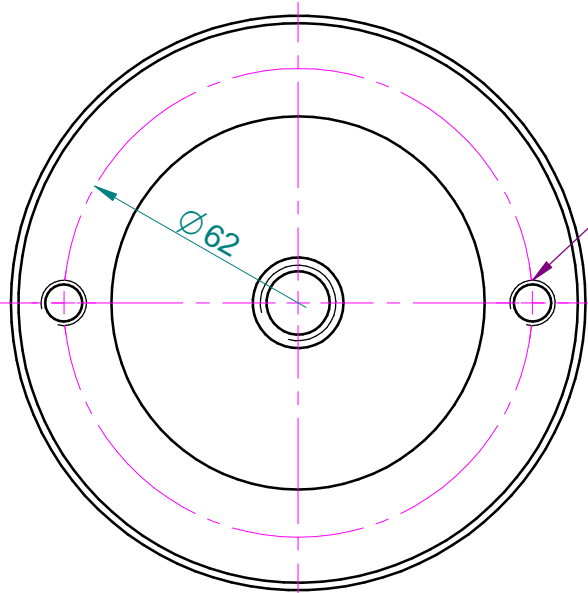
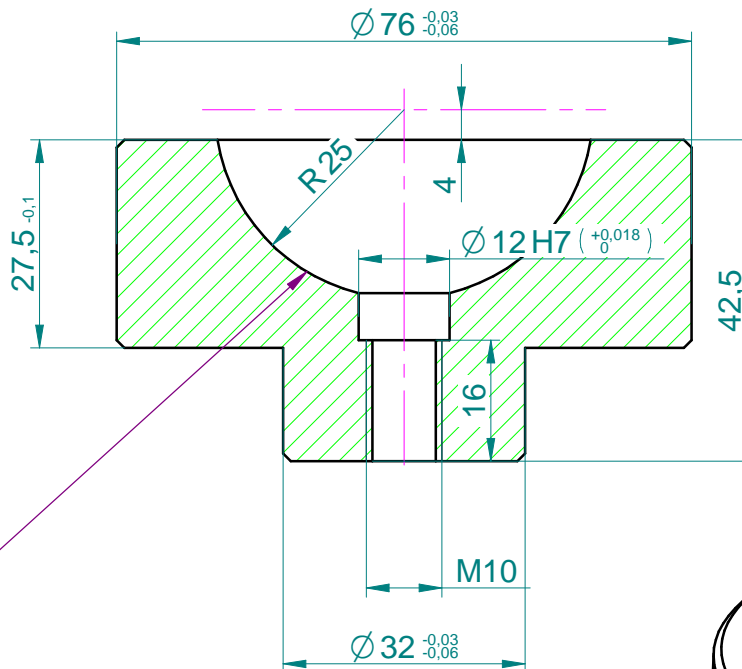
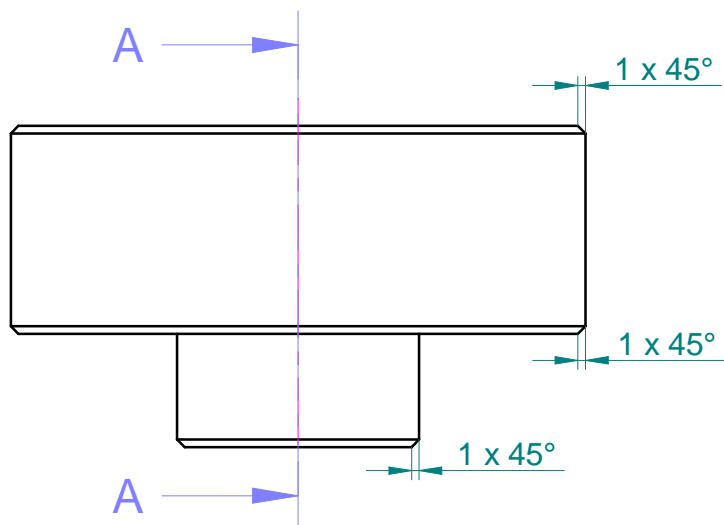
Čís. / Nr.

Seznam revizí / List of Revisions

Datum / Date

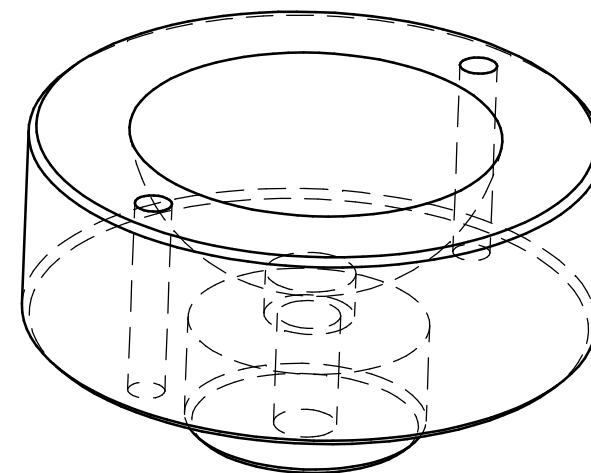
Autor / Author

A-A



M6/SKRZ

--% kontakt s plochou vnitřní koule u dílu - Koule "Ball"



DOPLŇ.VÝKR. ; ; ;		MOTNOST 0,9 kg		TOLERANCE ISO 8015	
MATERIÁL 16343 / 34CrNiMo5	ZÁKAZNÍK Doosan ŠK PWR	MĚŘITKO 1:1	PŘESNOST ISO 2768		
 GTW BEARINGS s.r.o. Příšov 24, CZ - 330 11 Třemošna u Plzně			PROMÍTÁNÍ		 ISO 13715
			JMÉNO Haruda		
FORMÁT A4		LIST/POČ.LISTŮ 1/1		KONTR.	

NÁZEV

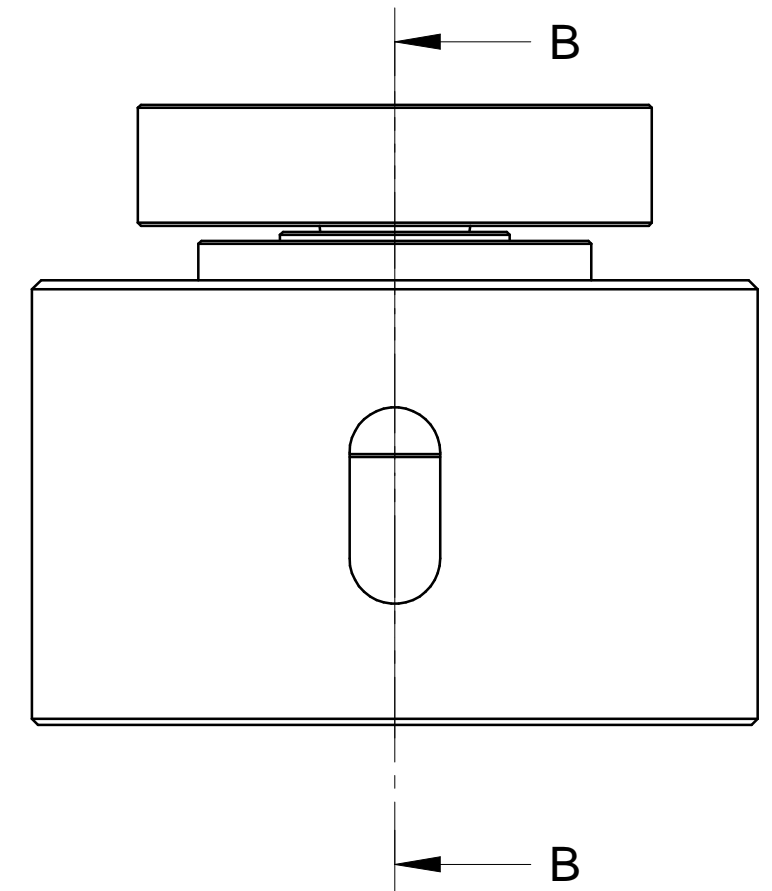
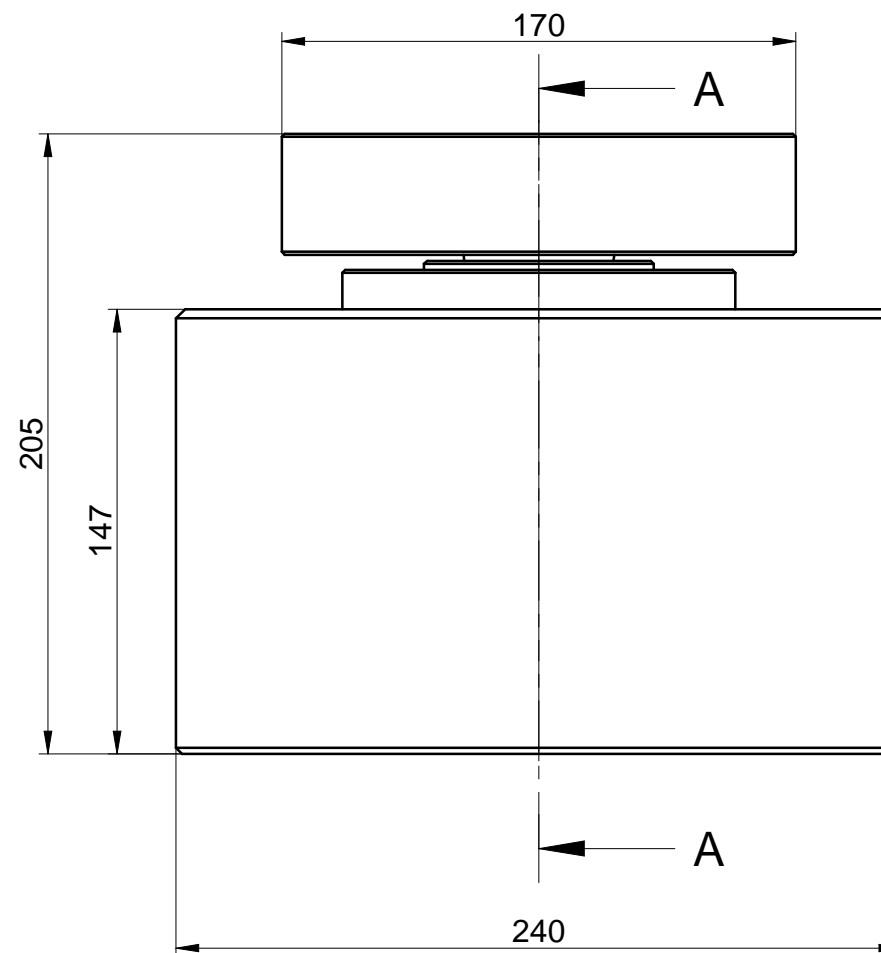
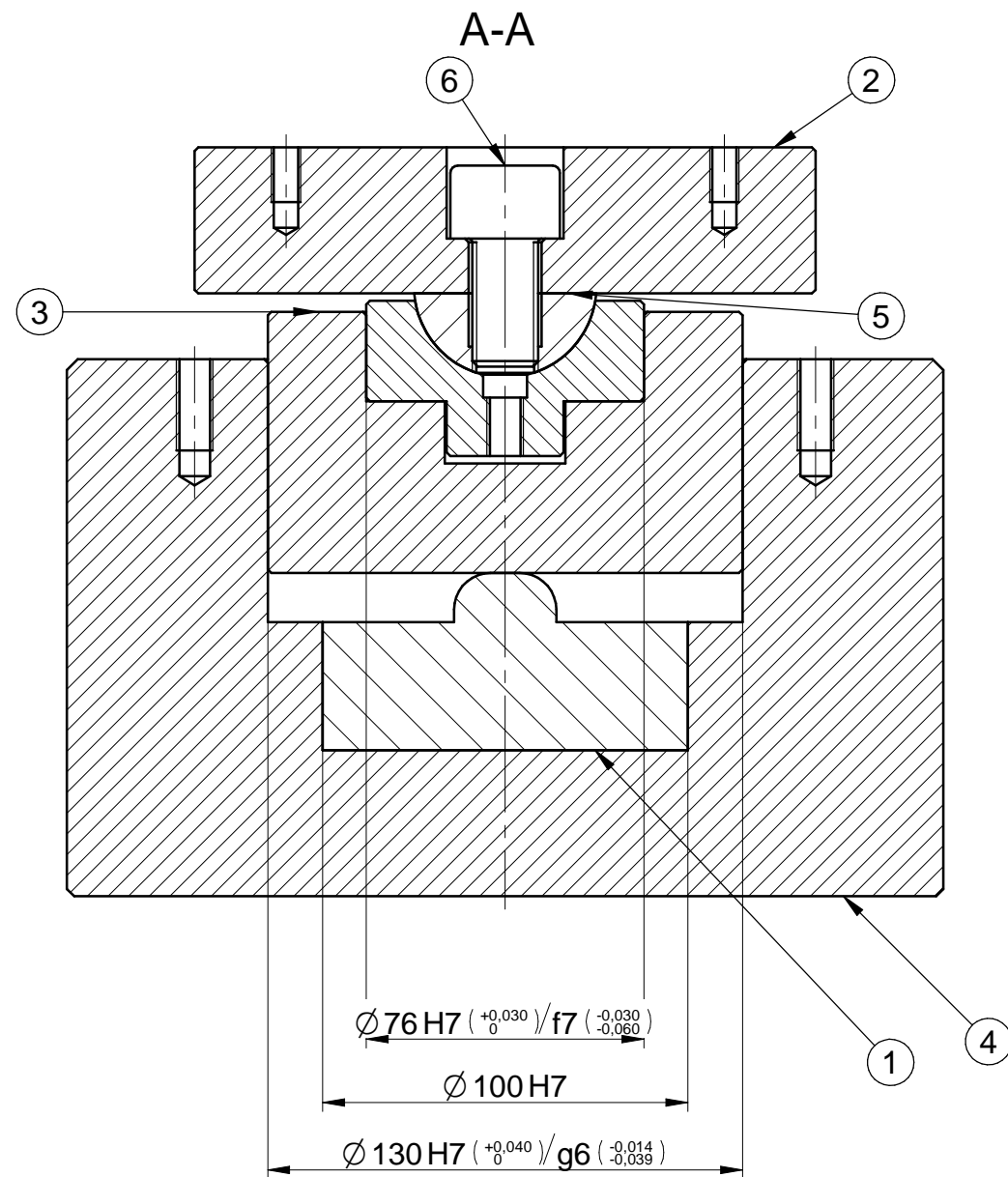
Koule - Vnitřní

Socket

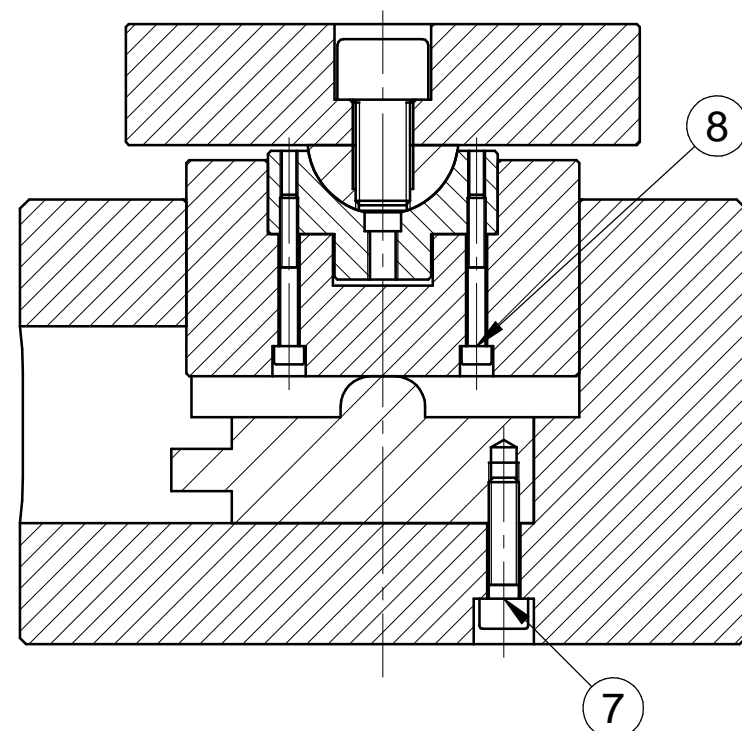
ČÍSLO VÝKRESU

INDEX

Výkres pro výrobní postup



B-B



8	Šroub M6x50-8.8 ISO 4762		0,0 kg	^	2
7	Šroub M10x40-8.8 ISO 4762		0,0 kg	^	3
6	Šroub M18x2x35-8.8 ISO 4762		0,2 kg	PR-P-0063-04^00	1
5	Sestava-Ball-And-Socket		1,0 kg	670549-100^00	1
4	Miska	S355	41,4 kg	PR-P-0063-02^00	1
3	Horní plech	C45	6,4 kg	PR-P-0063-01^00	1
2	Deska	S355	6,9 kg	PR-P-0063-03^00	1
1	DINI ARGEO-CPX15000	(None)	0,0 kg	^	1
Poz.	Název	Materiál	Hmotnost	Číslo výkresu	Množství

DOPLŇ. VÝKR. ; ; ;		NÁZEV	
MATERIÁL	HMOTNOST 28,2 kg	Přípravek	
ZÁKAZNÍK	MĚŘÍTKO 1:2	Sestava-Ball-And-Socket	
GTW BEARINGS s.r.o. Přišov 24, CZ - 330 11 Třemošna u Plzně		ČÍSLO VÝKRESU	
SAFETY COMMENT DIN 34		INDEX	
FORMÁT A3	LIST/POČ.LISTŮ 1/1	PR-P-0063-00	
KRESLIL jharuda	KONTR.	100	
TOLERANCE ISO 8015			
PŘESNOST ISO 2768-mK			
PROMÍTÁNÍ			
JMÉNO	DATUM		
	11.03.2019		

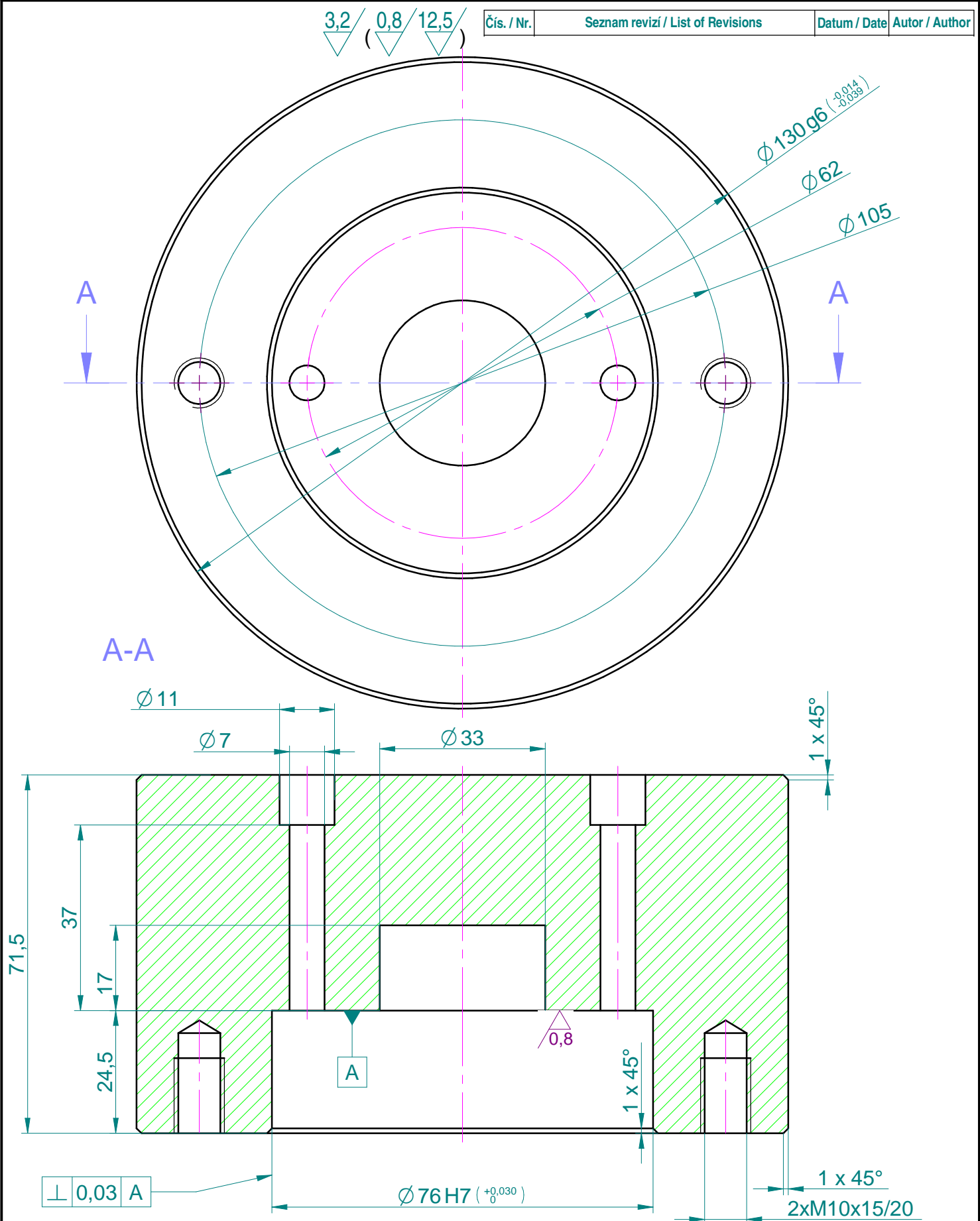
3,2 / (0,8 / 12,5)

Čís. / Nr.

Seznam revizí / List of Revisions

Datum / Date

Autor / Author

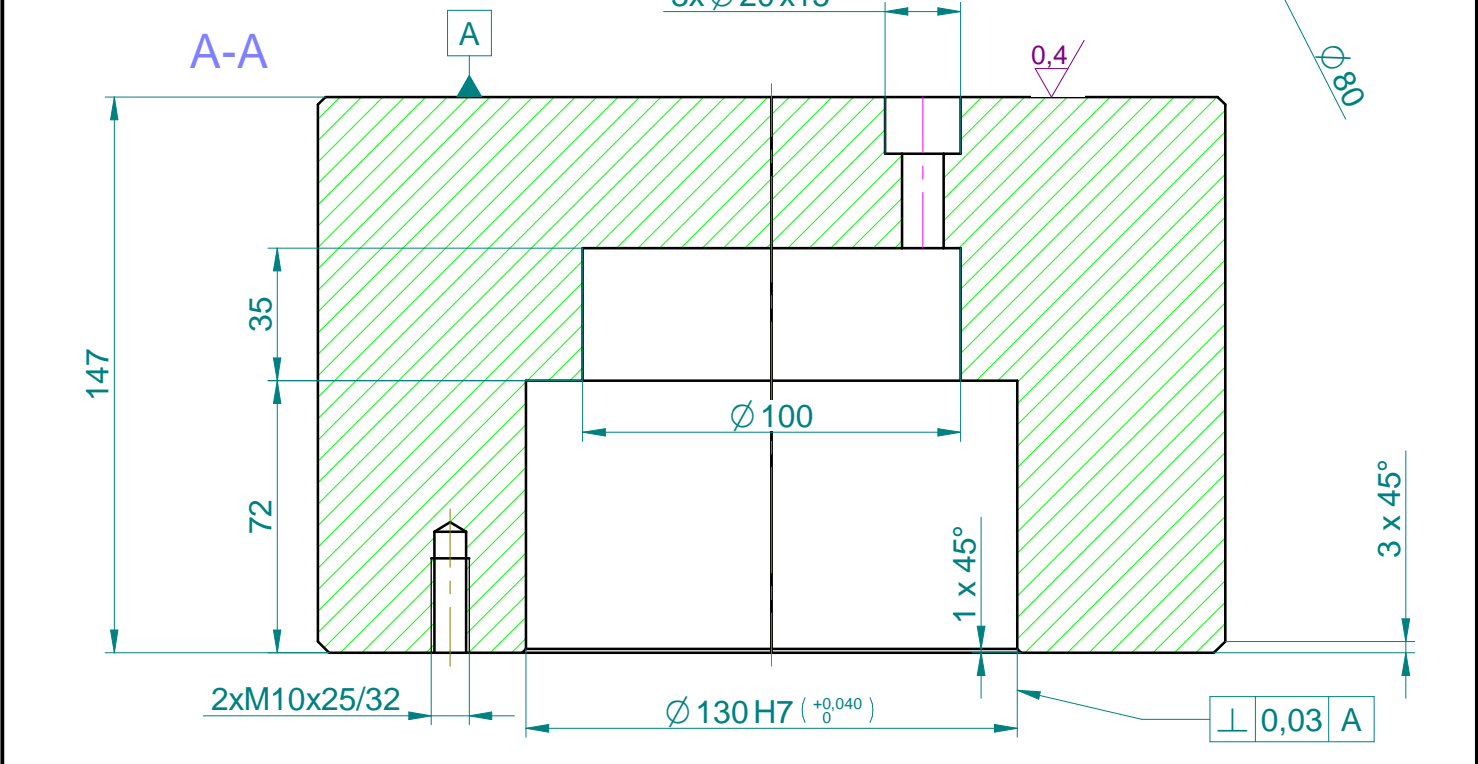
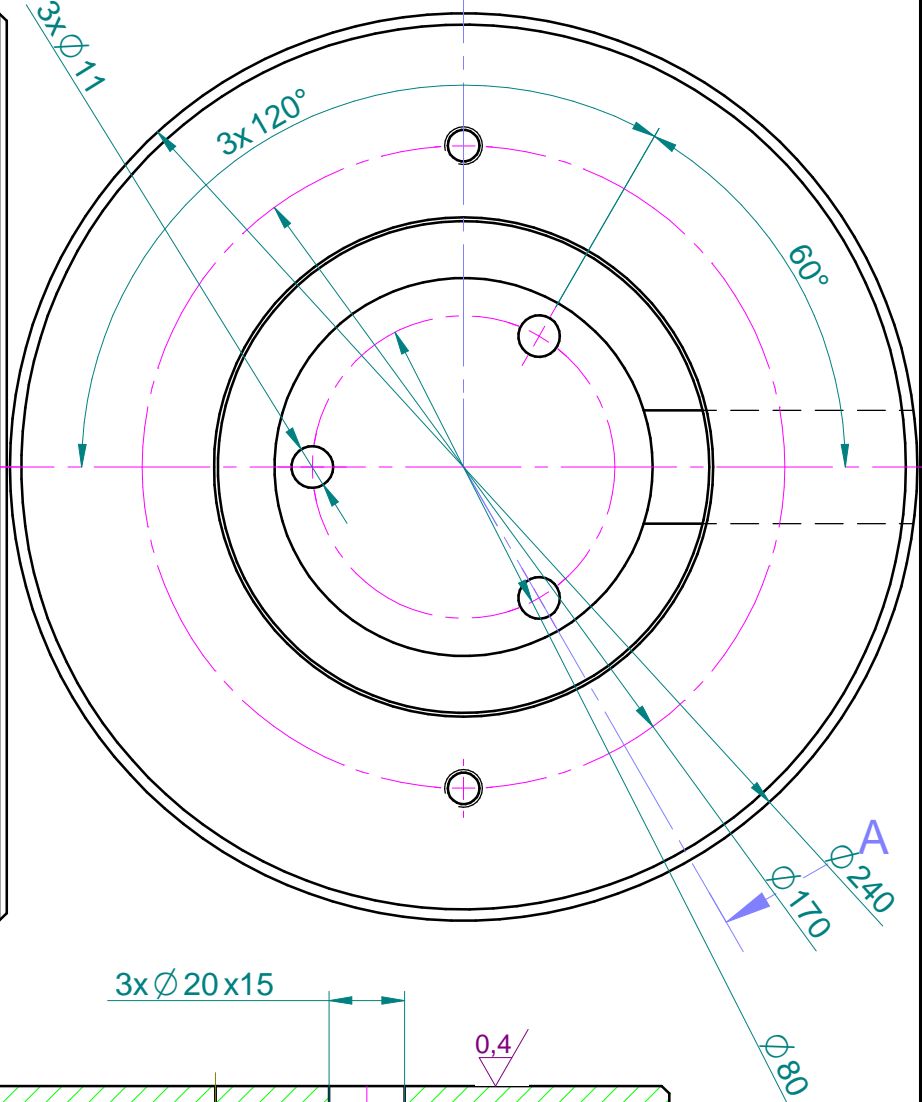
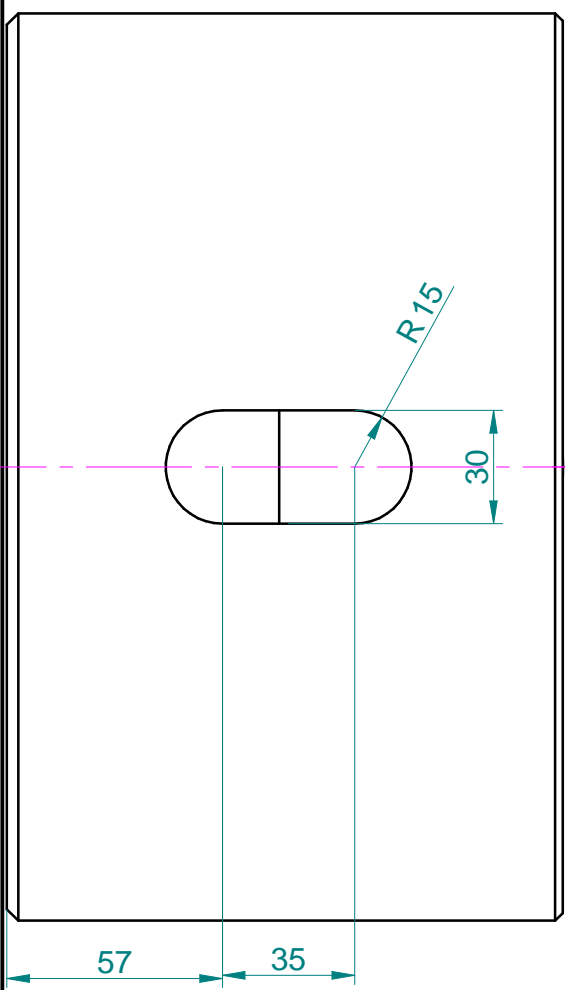


DOPLŇ. VÝKR. : : :		TOLERANCE ISO 8015	
MATERIÁL C45	HMOTNOST 6,4 kg	PŘESNOST ISO 2768-mK	
ZÁKAZNÍK	MĚŘÍTKO 1:1	PROMÍTÁNÍ	
 GTW BEARINGS s.r.o. Příšov 24, CZ - 330 11 Třemošna u Pízně		JMÉNO	DATUM
		KRESLIL jharuda	11.03.2019
FORMÁT A4	LIST/POČ.LISTŮ 1/1	KONTR.	

NÁZEV	INDEX
Horní plech	
Koule-Vnitřní-Socket	
ČÍSLO VÝKRESU	
PR-P-0063-01	00

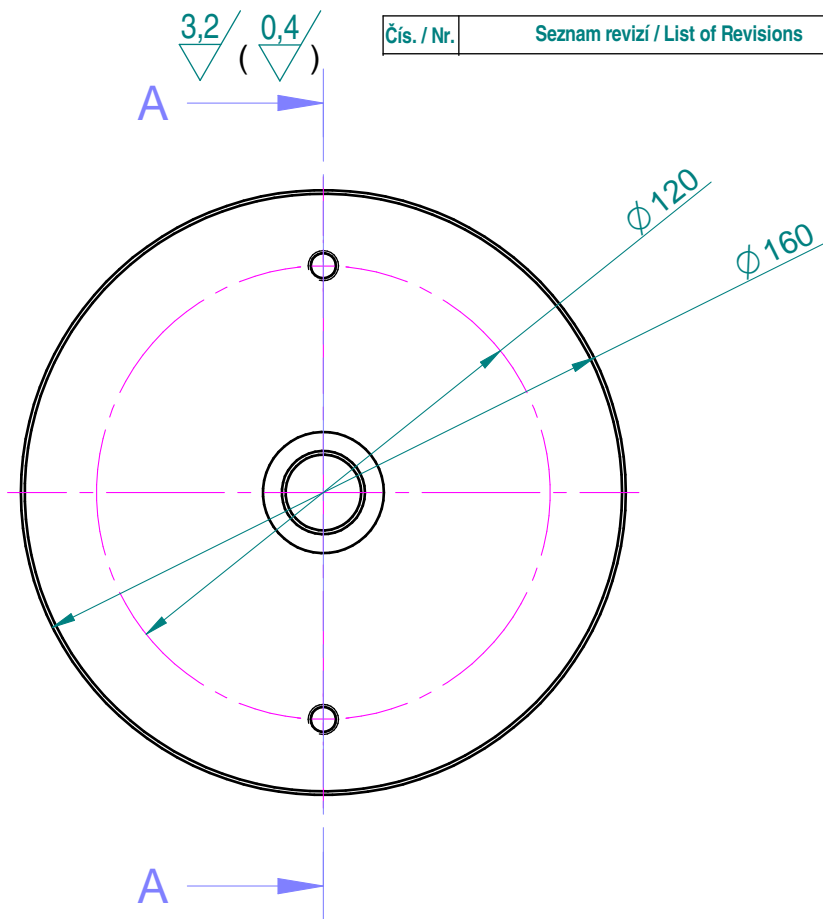
3,2 / (0,4)
 (0,4)

Čís. / Nr.	Seznam revizí / List of Revisions	Datum / Date	Autor / Author
------------	-----------------------------------	--------------	----------------

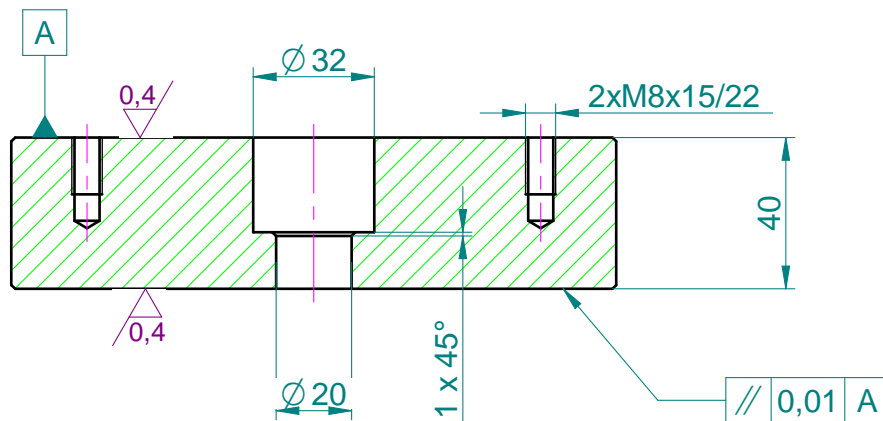


DOPLŇ.VÝKR. : : :		MATERIÁL S355		HMOTNOST 41,4 kg		ZÁKAZNÍK		MĚŘÍTKO 1:2		TOLERANCE ISO 8015		PŘESNOST ISO 2768-mK		PROMÍTÁNÍ	
										-0,5 +0,5		ISO 13715			
GTW BEARINGS s.r.o. Přišov 24, CZ - 330 11 Třemošna u Pízně		KRESLIL jharuda		11.03.2019		KONTR.									
		FORMÁT A4		LIST/POČ.LISTŮ 1/1											

NÁZEV		Miska		ČÍSLO VÝKRESU		INDEX	
				PR-P-0063-02		00	



A-A



DOPLŇ. VÝKR. : : :

MATERIÁL S355 HMOTNOST 6,1 kg
ZÁKAZNÍK MĚŘÍTKO 1:2

GTW BEARINGS s.r.o.
Příšov 24, CZ - 330 11 Třemošna u Plzně

FORMÁT A4 LIST/POČ.LISTŮ 1/1 KRESLIL jharuda KONTR.

TOLERANCE ISO 8015
PŘESNOST ISO 2768-mK
PROMÍTÁNÍ
JMÉNO DAŤUM
11.3.2019

NÁZEV

Deska

Koule-Vnější-Ball

ČÍSLO VÝKRESU

PR-P-0063-03

INDEX

00

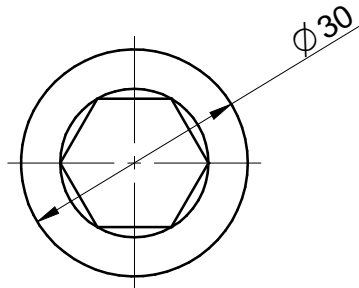
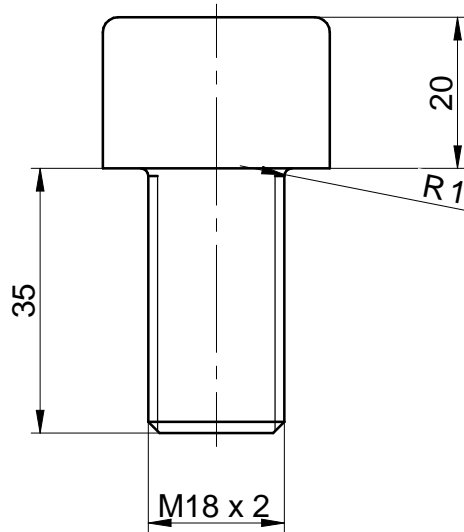
3,2

Čís. / Nr.

Seznam revizí / List of Revisions

Datum / Date

Autor / Author



Šroub M18x2x35-8.8 ISO 4762 vyrobít z šroubu M20x90-8.8 ISO 4762
Uříznout závit u Šroubu M20x90 a závit M18x2x35 vyrobít na dřívku

DOPLŇ. VÝKR. ; ; ;

MATERIÁL	HMOTNOST 0,2 kg
ZÁKAZNÍK	MĚŘÍTKO 1:1

TOLERANCE ISO 8015	ISO 13715
PŘESNOST ISO 2768-mK	
PROMÍTÁNÍ	

NÁZEV

Šroub M18x2x35-8.8 ISO 4762



GTW BEARINGS s.r.o.
Příšov 24, CZ - 330 11 Třemošna u Pízně

JMÉNO	DATUM
Haruda	11.3.2019

ČÍSLO VÝKRESU

PR-P-0063-04

INDEX

00

SAFETY COMMENT DIN 34

KRESLIL

KONTR.

FORMÁT A4

LIST/POČ.LISTŮ 1/1