

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Přestavba manipulátorů na víceúčelové zařízení pro prototypovou výrobu dílů

Autor: **Bc. Luděk PRAŽÁK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Martin HYNEK, PhD.**

Akademický rok 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Luděk PRAŽÁK**

Osobní číslo: **S16N0016P**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**

Název tématu: **Přestavba manipulátorů na víceúčelové zařízení pro prototypovou výrobu dílů**

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:

Cílem práce je vypracování konstrukčního návrhu víceúčelového zařízení za použití dostupných komponent. Součástí práce bude studie pro řešení výměnných modulů umožňujících rychlou přestavbu navrženého řešení.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Vypracování studie víceúčelového zařízení a zhodnocení koncepčních variant
2. Vypracování konstrukčního návrhu s analytickými nebo MKP výpočty
3. Zhotovení výkresové dokumentace sestavy a vybraného konstrukčního uzlu
4. Studie pro řešení výměnných modulů
5. Závěr s komplexním zhodnocením práce

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

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

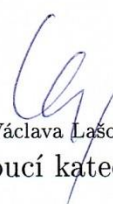
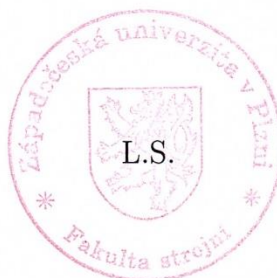
HOSNEDL, S., KRÁTKÝ J. Příručka strojního inženýra, 2.. Praha: Computer Press, 2000

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

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Martin Hynek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant diplomové práce: **Jaroslav Vykoukal**
GENERAL ENGINEERING SERVICES s.r.o.
Datum zadání diplomové práce: **19. září 2017**
Termín odevzdání diplomové práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 19. září 2017

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

Podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Doc. Ing. Martinu Hynkovi, Ph.D., za odborné vedení práce a cenné rady k samotnému zpracování práce. Děkuji také panu Jaroslavu Vykoukalovi za důležité připomínky při řešení zadané problematiky.

Dále děkuji Doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D., Ing. Petru Votápkovi, Ph.D., za odborné konzultace a věcné poznámky k řešení této práce.

A také děkuji mé rodině, která mne po celou dobu studia vytrvale podporovala.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Pražák	Jméno Luděk	
STUDIJNÍ OBOR	2301T001 „Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	Jméno Martin	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Přestavba manipulátorů na víceúčelové zařízení pro prototypovou výrobu dílů		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	114	TEXTOVÁ ČÁST	69	GRAFICKÁ ČÁST	45
---------------	-----	---------------------	----	--------------------------	----

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Obsahem této práce je konstrukční návrh a následně realizace přestavby manipulátoru na víceúčelové zařízení pro prototypovou výrobu dílů.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Manipulátor, manipulační zařízení, extrudér, 3D tisk, hlava, CAD.

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Pražák	Name Luděk	
FIELD OF STUDY	2301T001 “Transport Vehicles and Handling Machinery “		
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	Conversion of manipulators to multi-purpose equipment for prototype parts production		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	114	TEXT PART	69	GRAPHICAL PART	45
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The content of this work is the design and subsequent realization of the manipulator reconstruction on the multipurpose device for the prototype production of parts.
KEY WORDS	Manipulator, handling equipment, extruder, 3D print, head, CAD.

Obsah

Použitá označení.....	9
1. Úvod.....	11
2. Původní stav	11
3. Koncepce zařízení pro prototypovou výrobu	12
4. Požadované parametry zařízení.....	13
5. Konstrukční návrh	14
5.1. Popis hlavních skupin stroje	14
5.2. Rám stroje.....	15
5.3. Pojezdová zařízení	15
5.4. Pohony jednotlivých os	17
5.4.1. Motory, převodovky.....	17
5.4.2. Řemenové převody.....	20
5.5. Stůl.....	21
5.6. Řídící elektronika	21
5.7. Kabelové vedení	21
5.8. Koncové spínače.....	22
5.9. Celková sestava stroje	24
6. Výpočty	25
6.1. Osa X	25
6.1.1. Ozubený řemen	26
6.1.2. Spojka.....	27
6.1.3. Lineární vedení.....	27
6.2. Osa Y	29
6.2.1. Ozubený řemen	30
6.2.2. Spojka.....	31
6.2.3. Lineární vedení.....	31
6.3. Osa Z.....	32
6.3.1. Ozubený řemen	33
6.3.2. Spojka.....	34
6.3.3. Lineární vedení.....	34
7. Řídící elektronika	36
8. Nástroje	39
8.1. Zařízení pro extruzi plastového materiálu – extrudér.....	39
8.1.1. Zkušební model	39

8.1.2.	Finální extrudér	41
8.1.3.	Pracovní deska – tisková plocha	47
8.1.4.	Automatické doplňování granulátu	47
8.1.5.	Chlazení extrudéru v rámci stroje	48
8.2.	Obráběcí vřeteno.....	51
8.3.	Kamera.....	51
8.4.	Scanner	52
8.5.	Laser	52
9.	Výměnné moduly – upínání nástrojů	53
9.1.	Upínání pomocí nosné desky.....	53
9.2.	Universální upínač	53
9.3.	Příklady upnutých nástrojů.....	54
9.3.1.	Obráběcí vřeteno	54
9.3.2.	Laser	55
9.3.3.	Scanner	56
9.3.4.	Kamera	57
10.	Finální návrh a použití.....	58
11.	Reálná konstrukce	60
12.	Ekonomické zhodnocení	63
12.1.	Manipulátor.....	63
12.2.	Nástroj.....	64
12.3.	Celý stroj.....	64
13.	Závěr.....	65
14.	Seznam použité literatury	66
15.	Seznam obrázků	68
16.	Seznam tabulek	69
17.	Seznam příloh.....	69

Použitá označení

a_X	$[m \cdot s^{-1}]$	zrychlení – osa X
a_Y	$[m \cdot s^{-1}]$	zrychlení – osa Y
a_Z	$[m \cdot s^{-1}]$	zrychlení – osa Z
b_X	$[mm]$	šířka řemenu – osa X
b_Y	$[mm]$	šířka řemenu – osa Y
b_Z	$[mm]$	šířka řemenu – osa Z
C_0	$[N]$	statická únosnost domků lineárního vedení
d_0	$[mm]$	roztečný průměr řemenice – osa Z
f	$[-]$	koeficient tření v lineárním vedení
F''	$[N]$	síla od zrychlení nástroje – osa Y
F''_0	$[N]$	charakteristické zatížení lineárního vedení – osa Y
F'_{0A}	$[N]$	charakteristické zatížení lineárního vedení – osa X
F'_{0B}	$[N]$	charakteristické zatížení lineárního vedení – osa X
F'_2	$[N]$	síla od zrychlení nástroje – osa X
F'_3	$[N]$	síla od zrychlení nástroje – osa X
F'_A	$[N]$	reakční síla – osa X
F'''_A	$[N]$	reakční síla – osa Z
F'_B	$[N]$	reakční síla – osa X
F'''_B	$[N]$	reakční síla – osa Z
F_{DOV}	$[N]$	maximální dovolená síla v řemenu
F_X	$[N]$	síla od zrychlení/zpomalení – osa X
F_{XC+}	$[N]$	celková síla od zrychlení – osa X
F_{XC-}	$[N]$	celková síla od zpomalení – osa X
F_{XCC}	$[N]$	celková síla – osa X
F_{XP}	$[N]$	předepínací síla – osa X
F_{XT}	$[N]$	síla od tření v lineárním vedení – osa X
F_Y	$[N]$	síla od zrychlení/zpomalení – osa Y
F_{YC+}	$[N]$	celková síla od zrychlení – osa Y
F_{YC-}	$[N]$	celková síla od zpomalení – osa Y
F_{YCC}	$[N]$	celková síla – osa Y
F_{YP}	$[N]$	předepínací síla – osa Y
F_{YT}	$[N]$	síla od tření v lineárním vedení – osa Y
F_Z	$[N]$	síla od zrychlení/zpomalení – osa Z
F_{ZC+}	$[N]$	celková síla od zrychlení – osa Z
F_{ZC-}	$[N]$	celková síla od zpomalení – osa Z
F_{ZCC}	$[N]$	celková síla – osa Z
F_{ZP}	$[N]$	předepínací síla – osa Z
g	$[m \cdot s^{-1}]$	gravitační zrychlení
G'	$[N]$	síla od hmotnosti trámce – osa X
G''	$[N]$	síla od hmotnosti nástroje – osa Y
G'''	$[N]$	zátěžná síla – osa Z
G'_1	$[N]$	síla od hmotnosti motoru – osa X
G'_2	$[N]$	síla od hmotnosti nástroje – osa X
G'_3	$[N]$	síla od hmotnosti nástroje – osa X
G_X	$[kg]$	gravitační síla – osa X

G_Y	[kg]	gravitační síla – osa Y
G_Z	[kg]	gravitační síla – osa Z
i_P	[-]	převodový poměr převodovky – osa Z
$i_{\dot{R}X}$	[ks]	počet řemenů – osa X
$i_{\dot{R}Y}$	[ks]	počet řemenů – osa Y
$i_{\dot{R}Z}$	[ks]	počet řemenů – osa Z
l_X	[mm]	délka řemenu – osa X
l_Y	[mm]	délka řemenu – osa Y
l_Z	[mm]	délka řemenu – osa Z
m	[kg]	hmotnost trámce – osa X
m_1	[kg]	hmotnost motoru – osa X
m_{HN}	[kg]	hmotnost nástroje – osa X
m_S	[kg]	hmotnost pracovní desky – osa Z
$m_{V\dot{Y}}$	[kg]	hmotnost výrobku – osa Z
m_X	[kg]	hmotnost přenášená 1 řemenem – osa X
m_Z	[kg]	hmotnost přenášená 1 řemenem – osa Z
M'_{Amax}	[Nm]	reakční moment – osa X
M'''_{Amax}	[Nm]	reakční moment – osa Z
M'_{Bmax}	[Nm]	reakční moment – osa X
M'''_{Bmax}	[Nm]	reakční moment – osa Z
M''_F	[Nm]	moment od zrychlení nástroje – osa Y
M''_G	[Nm]	moment od hmotnosti nástroje – osa Y
M_{MZmax}	[Nm]	omezený točivý moment motoru – osa Z
M_X	[kg]	hmotnost pohybujících se skupin – osa X
M_Y	[kg]	hmotnost pohybujících se skupin – osa Y
M_Z	[kg]	hmotnost pohybujících se skupin – osa Z
M_{ZMAX}	[Nm]	točivý moment na řemenici – osa Z
M_{0cy}	[Nm]	dovolené momentové zatížení domků lineárního vedení
M_{0cz}	[Nm]	dovolené momentové zatížení domků lineárního vedení
s	[-]	bezpečnostní součinitel řemenu
s'_A	[-]	bezpečnostní součinitel lineárního vedení – osa X
s''_A	[-]	bezpečnostní součinitel lineárního vedení – osa Y
s'_B	[-]	bezpečnostní součinitel lineárního vedení – osa X
s_D	[-]	bezpečnostní součinitel lineárního vedení
x'	[mm]	poloha nástroje – osa X
y'	[mm]	poloha nástroje – osa X
z	[-]	počet zubů řemenice – osa Z

1. Úvod

Prototypová výroba dílů je specifická výrobní činnost, která klade požadavky snadné adaptace stroje na výrobu konkrétního výrobku. Variabilita stroje může být řešena různými způsoby.

Cílem této práce je provedení konstrukčního návrhu a následně i přestavby několika manipulačních zařízení na zařízení pro prototypovou výrobu dílů. Součástí návrhu bude i návrh a začlenění nástrojů vhodných pro tento specifický druh výroby.

Konstrukční návrh, který je vypracován v CAD systému, je doplněný o výpočty důležitých konstrukčních uzlů stroje. Společně s tím je vytvořena výkresová dokumentace pro výrobu jednotlivých komponent. V posledním kroku diplomové práce je přistoupeno k samotné realizaci zařízení.

2. Původní stav

Zdrojovým manipulátorem pro přestavbu je zařízení zobrazené na obr. 1. Jedná se o soustavu několika manipulátorů demontovaných z výrobní linky. Bylo záměrem, aby z tohoto manipulátoru byla využita většina dílů.

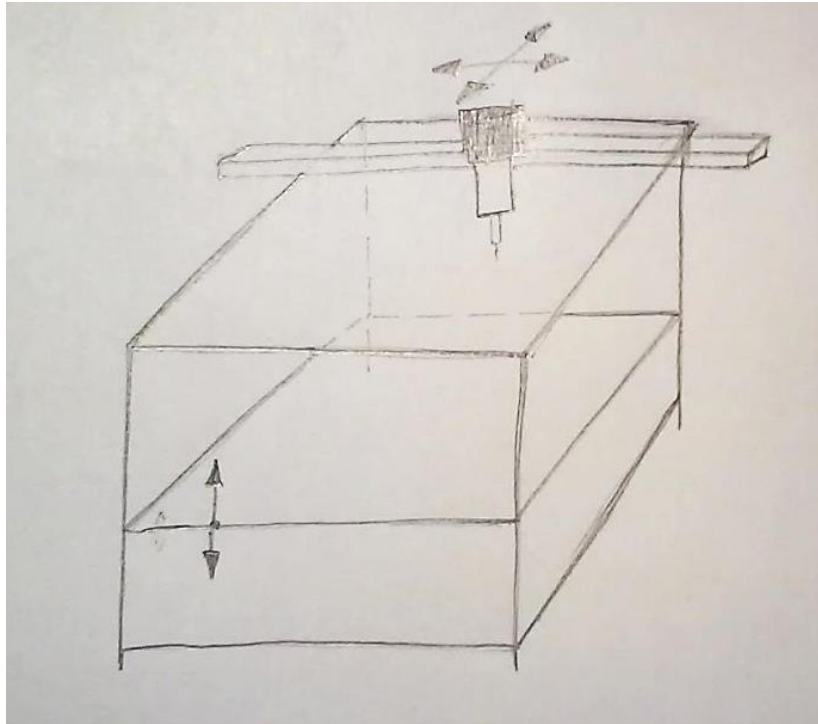


Obr. 1: Manipulátory

3. Koncepce zařízení pro prototypovou výrobu

Vzhledem k tomu, že se jedná o *přestavbu* reálného manipulačního zařízení, byla navržena koncepční varianta zohledňující rozměry dostupného manipulátoru, jeho dílů a ostatních komponent.

Princip řešení je zobrazen na obr. 2. Navrhované manipulační zařízení disponuje pracovním stolem posuvným ve vertikálním směru a nástrojem posuvným v rovině (ve 2 osách).



Obr. 2: Princip řešení manipulačního zařízení

Po domluvě se zadavatelem bude navržené zařízení osazeno hlavou pro 3D tisk a také univerzálním upínačem. Tím zvýšíme možnosti upínání jiných nástrojů a následné použití v různých aplikacích.

4. Požadované parametry zařízení

Základní požadavky, které jsou kladeny zadavatelem na požadované zařízení, respektive parametry, kterých je možno dosáhnout přestavbou zdrojového manipulátoru (viz obr. 1), zobrazuje tab. 1.

Parametry stroje	Hodnoty	Jednotky
Min. rozsah v ose X / Y / Z	800 / 800 / 800	[mm]
Max. rozměry obrobku	600x600x600	[mm]
Maximální zrychlení v ose X/Y	0,5	[m·s ⁻²]
Maximální zrychlení v ose Z	0,2	[m·s ⁻²]
Maximální rychlost v ose X/Y	0,2	[m·s ⁻¹]
Maximální rychlost v ose Z	0,05	[m·s ⁻¹]
Max. hmotnost obrobku	150	[kg]
Max. teplota obrobku	60	[°C]
Max. hmotnost nástroje	30	[kg]

Tab. 1: Požadované parametry manipulačního zařízení

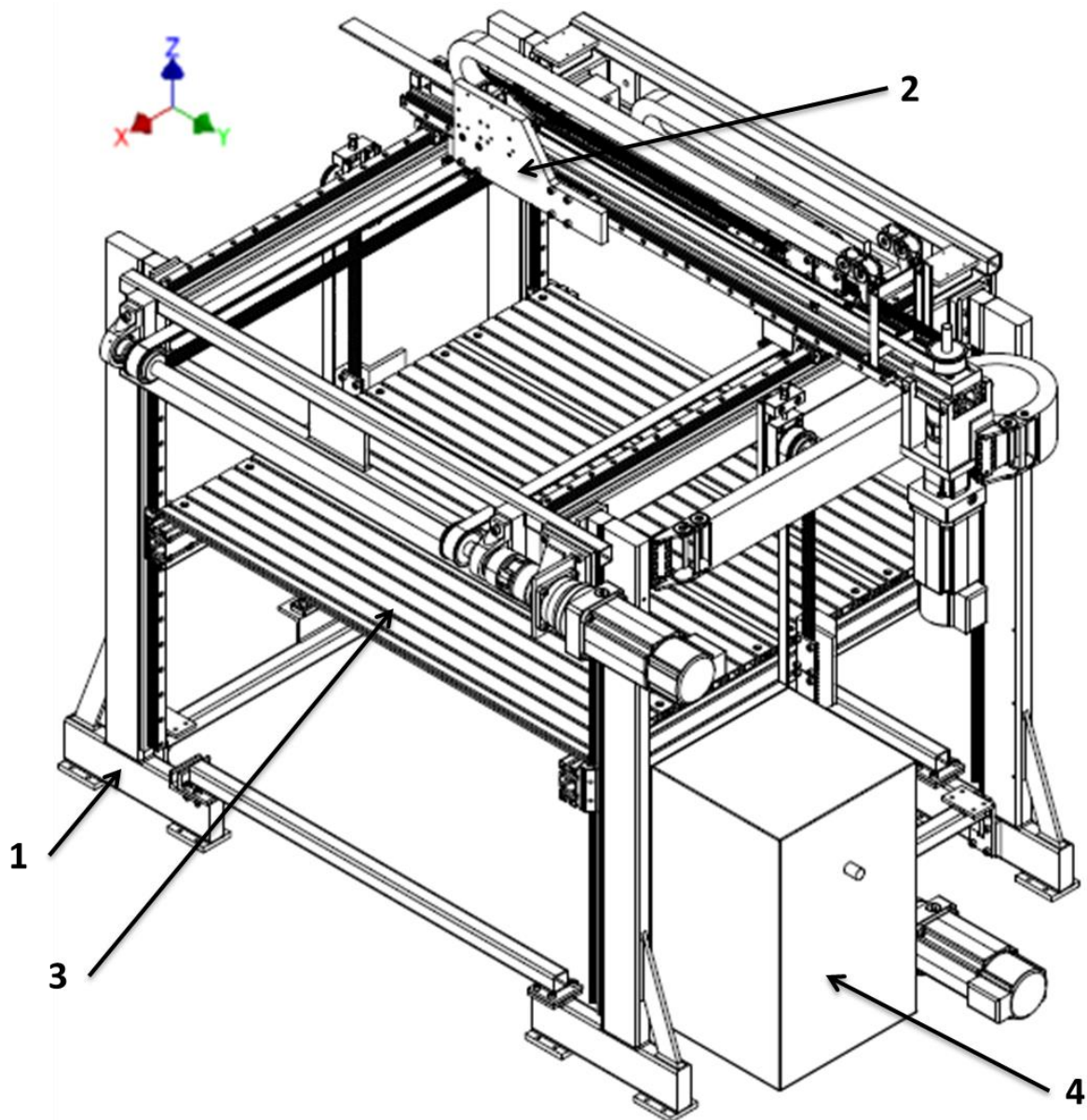
5. Konstrukční návrh

Celková konstrukce stroje je podřízena dostupnosti a rozměrům jednotlivých komponent poskytnutých zadavatelem. Zároveň je přihlíženo k maximálnímu využití dílů z dostupných manipulátorů.

5.1. Popis hlavních skupin stroje

Aby se čtenář mohl rychle seznámit a orientovat v další části práce, je na obr. 3 zobrazeno navržené manipulační zařízení ve zjednodušeném zobrazení. Jednotlivé části jsou popsány v dalších kapitolách.

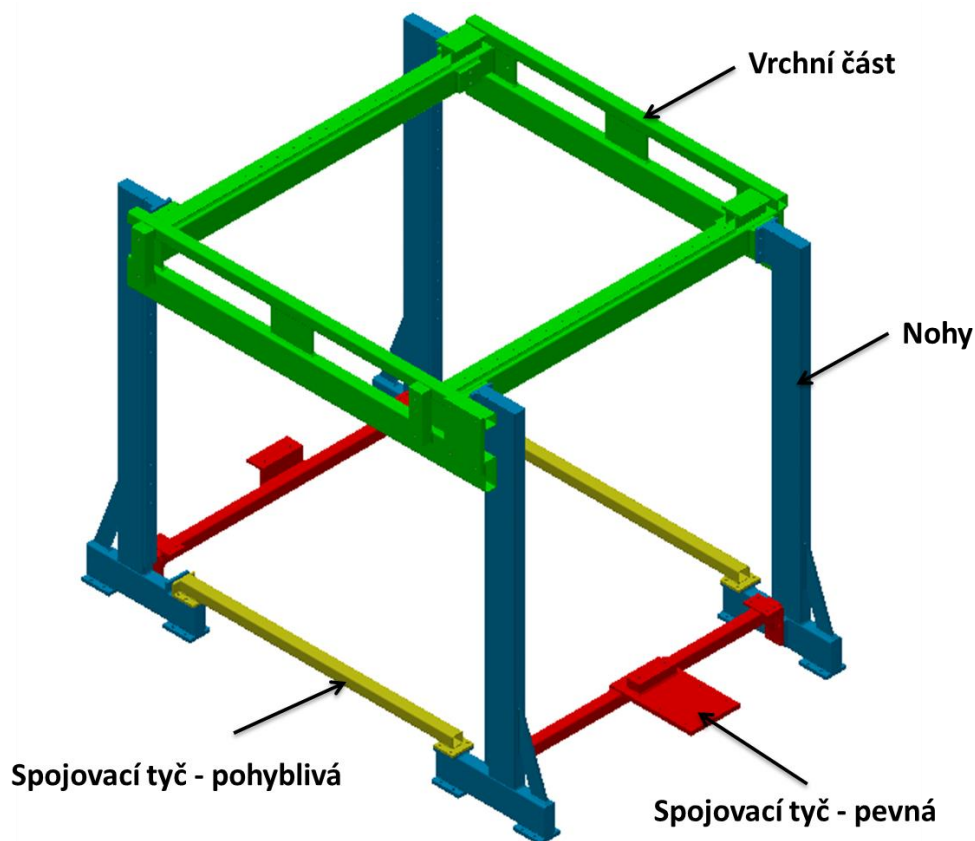
Stroj je tvořen ocelovou konstrukcí (1), na kterou jsou šroubově upevněny lineární vedení a pohony jednotlivých os. Orientace jednotlivých os je znázorněna osovým křížem v levé horní části obr. 3. Pro upevnění nástroje slouží dvojice nosných desek (2). Samotný výrobek, či obrobek je umístěn na plochu pracovní desky (3). Řízení zajišťuje elektronika umístěná do řídicí skříně stroje (4).



Obr. 3: Manipulační zařízení

5.2. Rám stroje

Základ stroje tvoří svařovaná ocelová konstrukce, kterou můžeme rozdělit na 4 konstrukční uzly. Těmi jsou nohy, vrchní část, spojovací tyče pevné a spojovací tyče pohyblivé. Obr. 4 zobrazuje ocelovou konstrukci stroje s označením jednotlivých částí. Samotné komponenty jsou vyráběny svařením jednoduchých ocelových konstrukčních prvků, jako jsou L profily, tyče dutého čtvercového/obdélníkového průřezu („jekly“), ploché tyče, plechy atd.



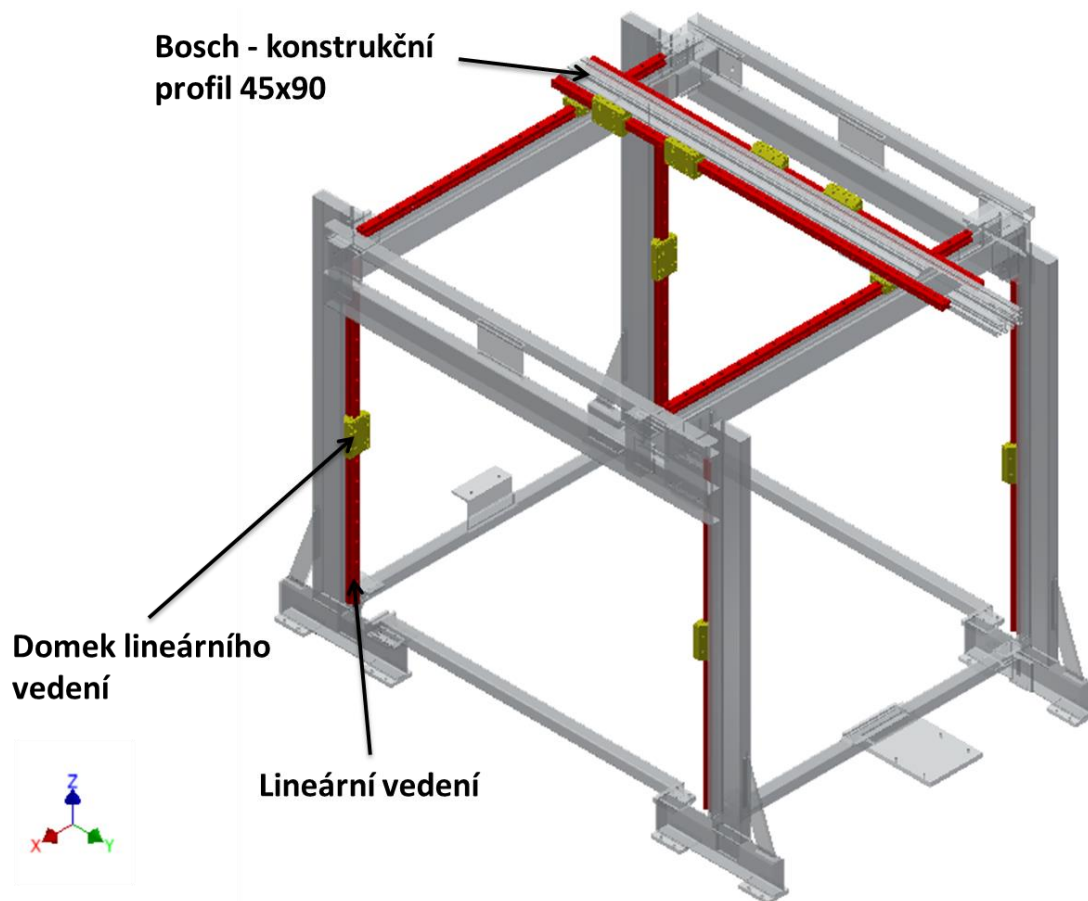
Obr. 4: Rám stroje

Nosná kostra je tvořena spojením jednotlivých komponent do jedné sestavy. Spojení je provedeno pomocí šroubů tak, aby bylo možné rám stroje kdykoliv rozebrat, případně aby bylo možné jej rozměrově přizpůsobit konkrétnímu použití. Výhodou rozebíratelného spojení je zároveň možnost různě vymezovat vůle při sestavování a seřizování stroje. K tomu slouží například pohyblivá spojovací tyč, pomocí které lze zvětšit, či zmenšit vzdálenost mezi nohama a tudíž i „sevření“ lineárních vedení.

5.3. Pojezdová zařízení

Na ocelový rám stroje je přišroubováno lineární vedení umožňující pohyb nástroje ve 2 osách a pracovní desky zařízení ve vertikálním směru. Tím je dosaženo variability použití zařízení pro 2D i 3D výrobní aplikace.

Nosným prvkem horní osy (osy Y) je hliníkový drážkovaný konstrukční profil rozměru 45x90 mm. Tímto řešením dosáhneme možnosti upevnění dvojice lineárních vedení na osu a umožníme tak osazení stroje dvojicí různých nástrojů.



Obr. 5: Osově pohyby, lineární vedení

Lineární vedení jsou od německého výrobce *Franke*. Délky vedení osy **X** a osy **Z** jsou shodně 1040 mm. Osa **Y** má vedení o délce 1340 mm. Domky lineárních posuvů jsou od téhož výrobce a nesou označení FDA25. Parametry ložiskových domků zachycuje tab. 2.



Obr. 6: Lineární vedení Franke FDA25 [3]

Size	Load rating N		Moment load ratings*, cassette Nm				Weight kg	
	C	C ₀	M _{0cx}	M _{cx}	M _{0cy} /M _{0cz}	M _{cy} /M _{cz}	Cassette	Rail/m
12	2800	3000	27	25	43	40	0.1	0.4
15	4200	3400	37	45	58	72	0.2	0.8
20	5400	5400	76	76	111	111	0.4	0.9
25	9000	10100	158	142	222	198	0.5	1.8
35	12500	18000	423	294	559	388	1.4	3.2
45	21200	25900	827	678	983	806	2.5	5.5

Tab. 2: Parametry lineárního vedení - Franke FDA25 [3]

V další kapitole budou provedeny výpočty konstrukčních uzlů stroje, které zahrnují i výpočet lineárního vedení.

5.4. Pohony jednotlivých os

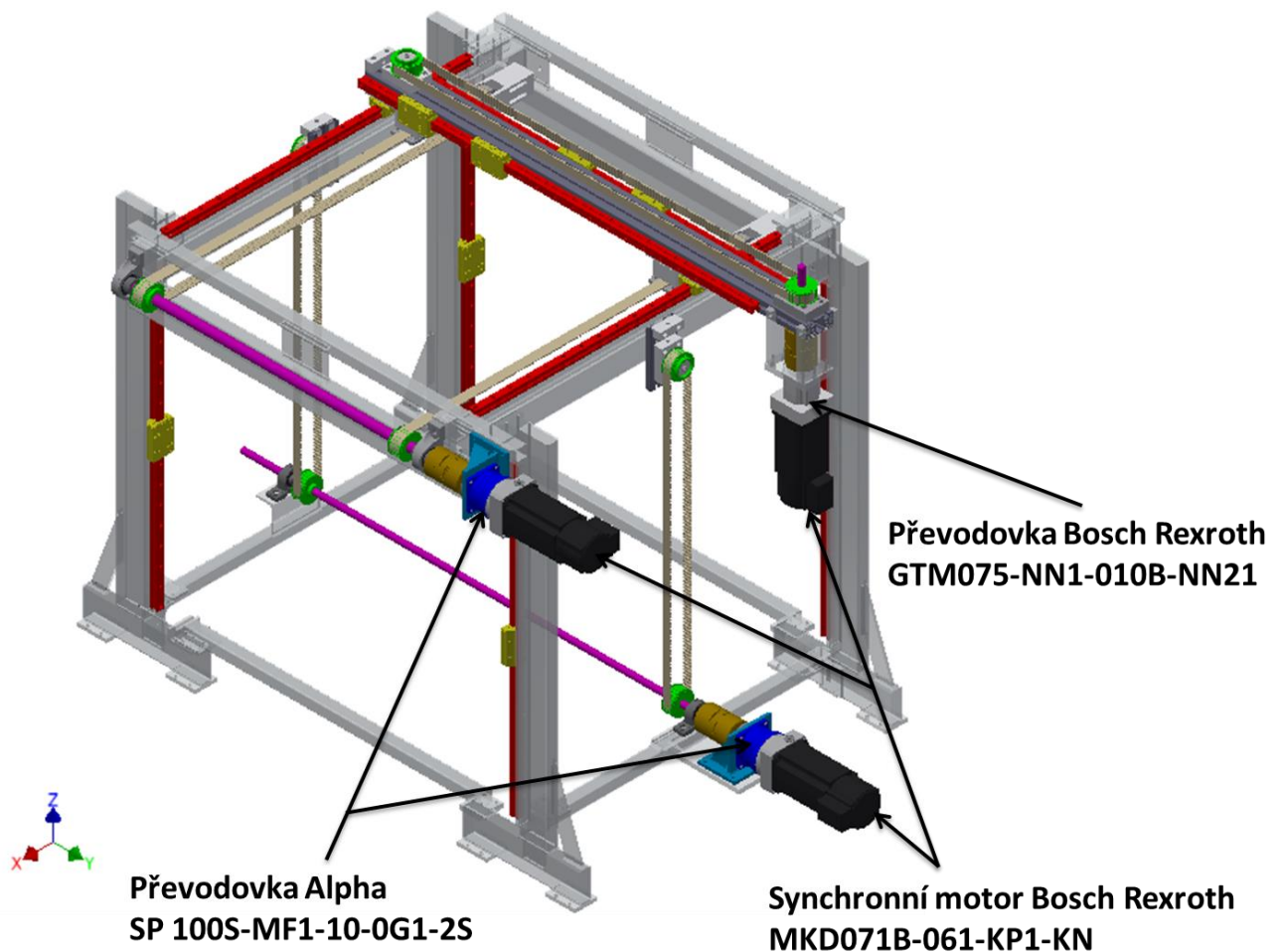
5.4.1. Motory, převodovky

Pohon každé osy je zajištěn pomocí synchronního motoru Bosch Rexroth MKD071B-061-KP1-KN, který přes planetovou převodovku Alpha SP 100S-MF1-10-0G1-2S (osa X, osa Z), nebo Bosch Rexroth GTM075-NN1-010B-NN21 (osa Y) pohání řemenový převod.

Důvodem k použití těchto servomotorů je to, že jsou osazeny resolversy s víceotáčkovými absolutními enkodery pro určování úhlu natočení motoru. To je s výhodou použito při řízení celého soustrojí. Další kladem je nižší cena, než v případě externího senzoru pro určování polohy nástroje.

Obr. 7 zobrazuje umístění a druh jednotlivých pohonů. Motory s převodovkami jsou pomocí pružných spojek Rotex GS38 (zlatá barva) spojeny s hnacími hřídelemi (fialová). Na hřídelích jsou pomocí svěrných pouzder upevněny řemenice (zelená).

Základní parametry použitých motorů jsou uvedeny v tab. 3. Detailní informace o synchronních motorech Bosch Rexroth typu MKD uvádí literatura [4].



Obr. 7: Hnací soustava stroje

Parametry motoru	Hodnoty	Jednotky
Typ	synchronní, 4 pólův	
Označení	MKD071B-061-KP1-KN	
Mód použití	přírodní chlazení, přehřátí motoru 60°C	
Maximální otáčky	6000	[ot/min]
Nominální otáčky	4500	[ot/min]
Maximální točivý moment	16,8	[Nm]
Nominální točivý moment	8	[Nm]
Hmotnost	8,8	[kg]

Tab. 3: Základní parametry motoru MKD071B

V tab. 4 a tab. 5 jsou shrnuty základní parametry použitých převodovek. Více informací v literatuře [5], [6].

Parametry převodovky	Hodnoty	Jednotky
Typ	planetová	
Označení	SP 100S-MF1-10-0G1-2S	
Převodový poměr	10:1	-
Maximální vstupní otáčky	4500	[ot/min]
Nominální vstupní otáčky	2800	[ot/min]
Nominální výstupní točivý moment	120	[Nm]
Hmotnost	7,7	[kg]

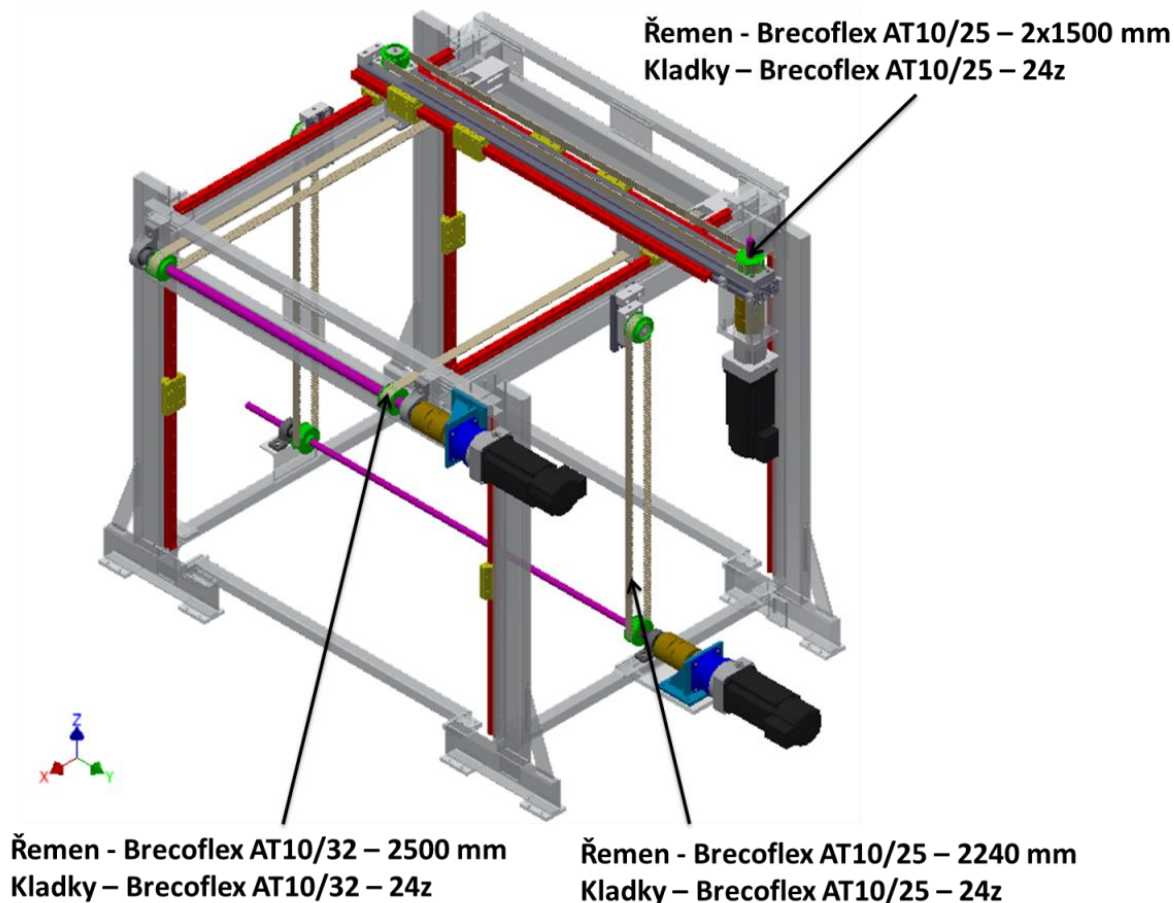
Tab. 4: Základní parametry převodovky Alpha – Wittenstein

Parametry převodovky	Hodnoty	Jednotky
Typ	planetová	
Označení	GTM075-NN1-010B-NN21	
Převodový poměr	10:1	-
Maximální vstupní otáčky	10000	[ot/min]
Nominální vstupní otáčky	6000	[ot/min]
Maximální vstupní moment	11	[Nm]
Nominální vstupní moment	6	[Nm]
Nominální výstupní točivý moment	60	[Nm]
Maximální výstupní točivý moment	110	[Nm]
Hmotnost	2,9	[kg]

Tab. 5: Základní parametry převodovky Rexroth

5.4.2. Řemenové převody

Na obr. 8 si můžeme povšimnout jednotlivých řemenových převodů. Každý řemenový převod je tvořen ozubeným řemenem (béžová) a dvojicí řemenic (zelená), z nichž je vždy jedna hnací, druhá je hnaná napínací.



Obr. 8: Řemenové převody

Allowable tensile load on belt cross section, F_{zul} in N

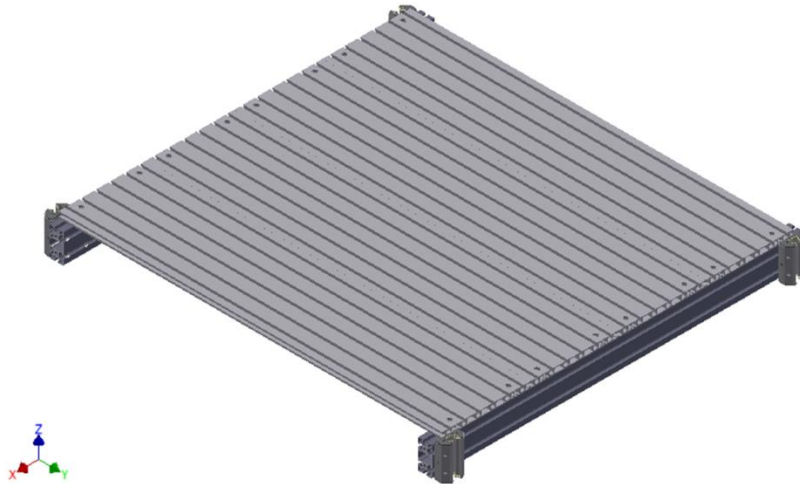
Belt width in mm		16	25	32	50	75	100	150
AT 10	BRECO M		3750	5000	7500	12000	16000	22000
	BRECO V		1875	2500	3750	6000	8000	11000
	BRECOFLEX		3500	4750	7750	12000	16000	24500
T 10	BRECO M	1300	2400	2600	4200	4900	6800	
	BRECO V	650	1200	1300	2100	2450	3400	
	BRECOFLEX	1100	1800	2300	3800	5800	7800	

BRECO M - Open length belting BRECO V - Joined belts BRECOFLEX - Truly endless belts

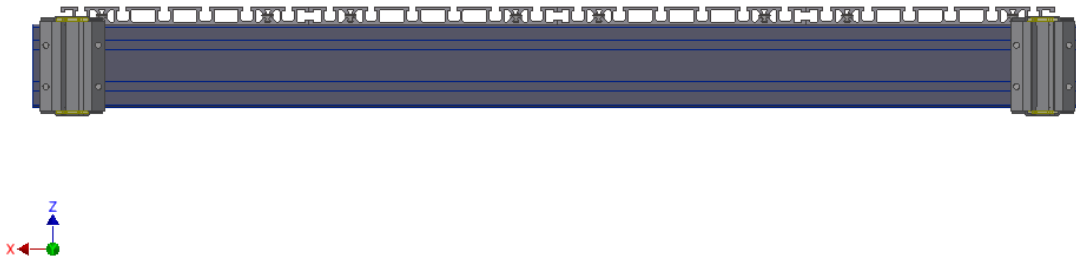
Obr. 9: Maximální dovolené zatížení řemenů Brecoflex [7]

5.5. Stůl

Nedílnou součástí stroje je i pracovní deska. Pracovní deska je složena z hliníkových drážkovaných profilů, které umožňují jednoduchou montáž a zároveň jednoduché upínání výrobku a mají malou hmotnost. Složení desky je možno vidět na obr. 10. Obr. 11 zobrazuje konturu hliníkového profilu.



Obr. 10: Pracovní deska stroje



Obr. 11: Pracovní deska stroje - boční pohled

5.6. Řídící elektronika

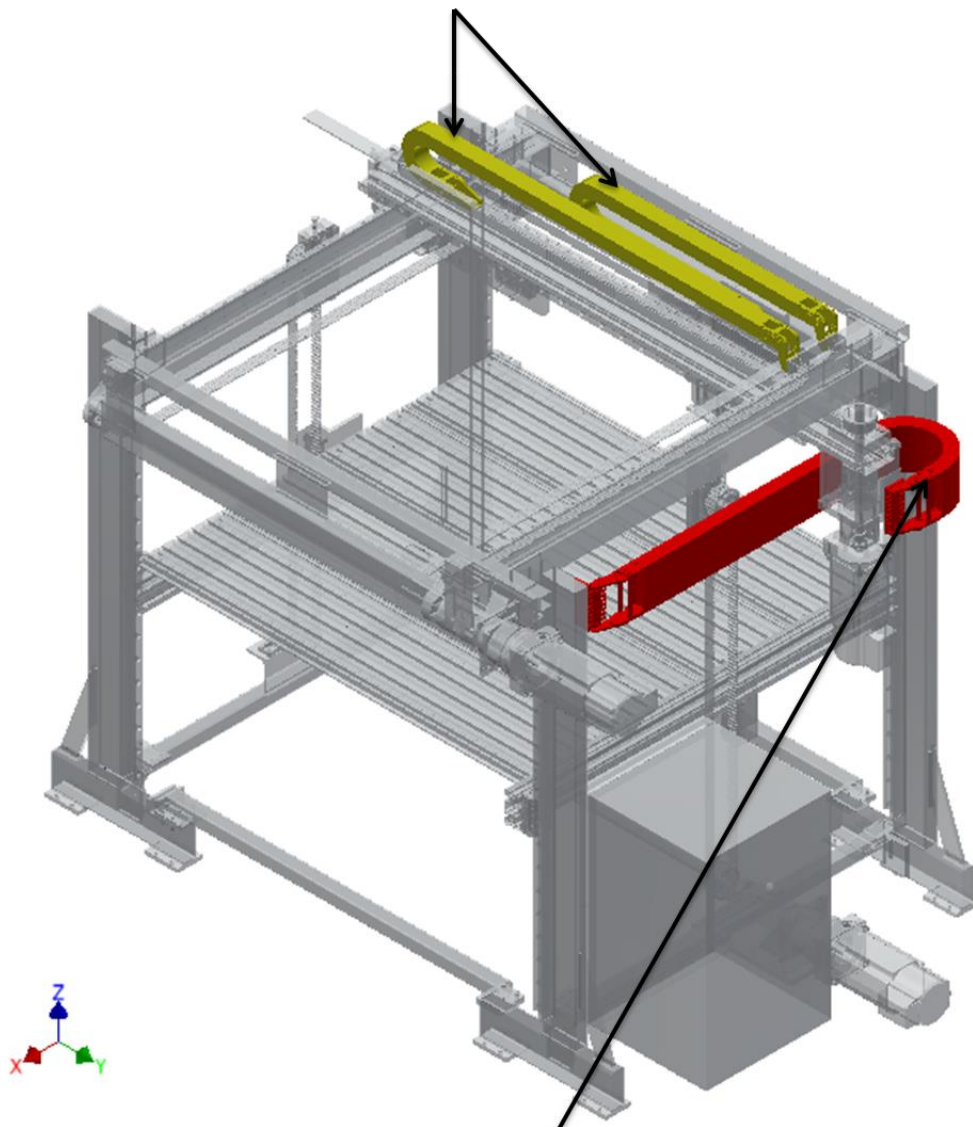
Vzhledem k tomu, že jsou na navrženém zařízení umístěny servomotory, je nutné tyto motory řídit. K tomu slouží ovladače servomotorů, které jsou umístěny v elektroinstalační skříni na boku zařízení. Více o této problematice bude pojednáno v kapitole 7.

5.7. Kabelové vedení

Jelikož dochází k pohybu celků jednotlivých pracovních os, na kterých se nachází různá zařízení, je nutné zajistit bezpečné vedení kabeláže a potrubí. K tomu účelu jsou na stroji instalovány energetické řetězy od výrobce Kabelschlepp.

Na obr. 12 lze vidět polohy jednotlivých řetězů. Jejich umístění umožňuje na pracovní desku nástroje dovést potřebné médium, ať se jedná o elektrickou energii, tlakový vzduch, či například chladicí kapalinu a mnohé další.

Kabelschlepp 0455-030-025 – 1300 mm



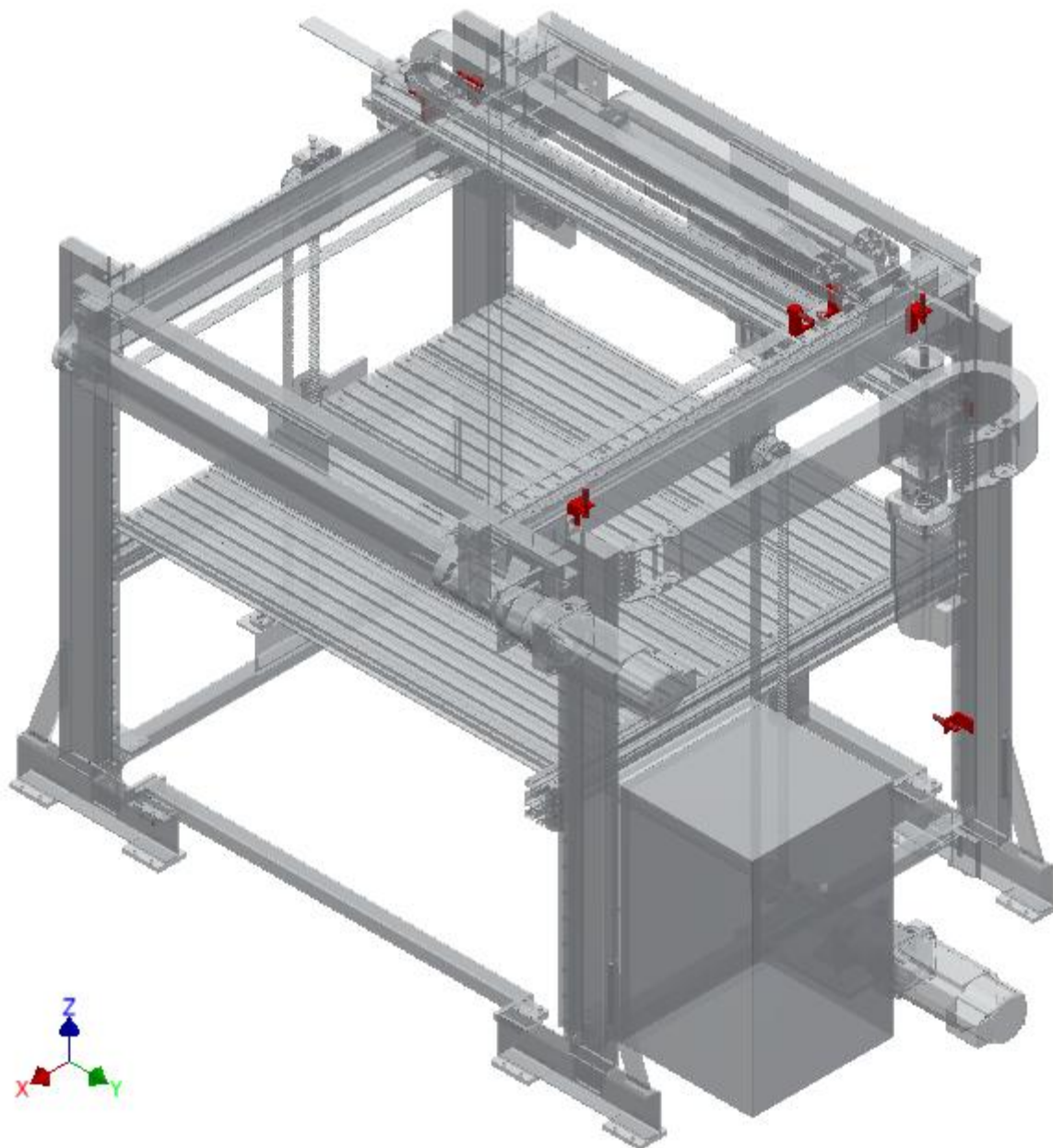
Kabelschlepp 0455-040-103 – 1050 mm

Obr. 12: Kabelové vedení - energetické řetězy

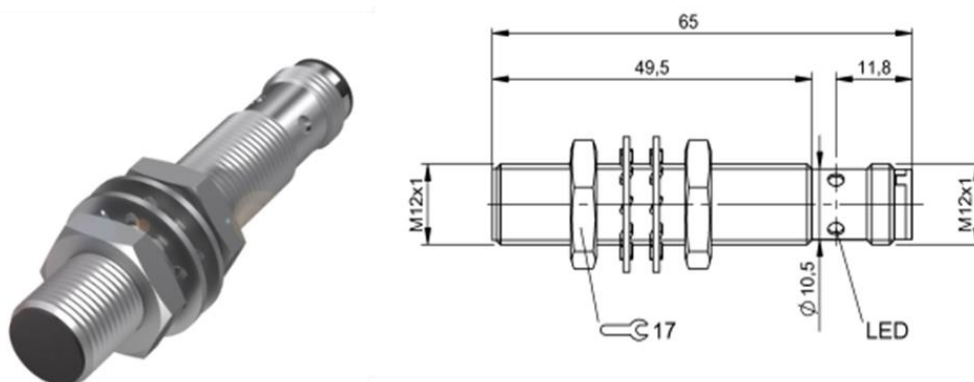
5.8. Koncové spínače

K ochraně osob, samotného zařízení a nástrojů jsou instalovány snímače koncových poloh. Při dosažení mezní polohy je snímačem tato poloha indikována a dojde k zastavení stroje. Další pohyb je možný v opačném směru, tzn. směrem od snímače.

Pro tuto aplikaci jsou vybrány indukční spínače Balluff BES M12MI-NSC20B-S04G (viz obr. 14). Celkem je na stroji 8 snímačů a jejich rozmístění je patrné z obr. 13. Poloha snímačů je jednoduše měnitelná posunem.



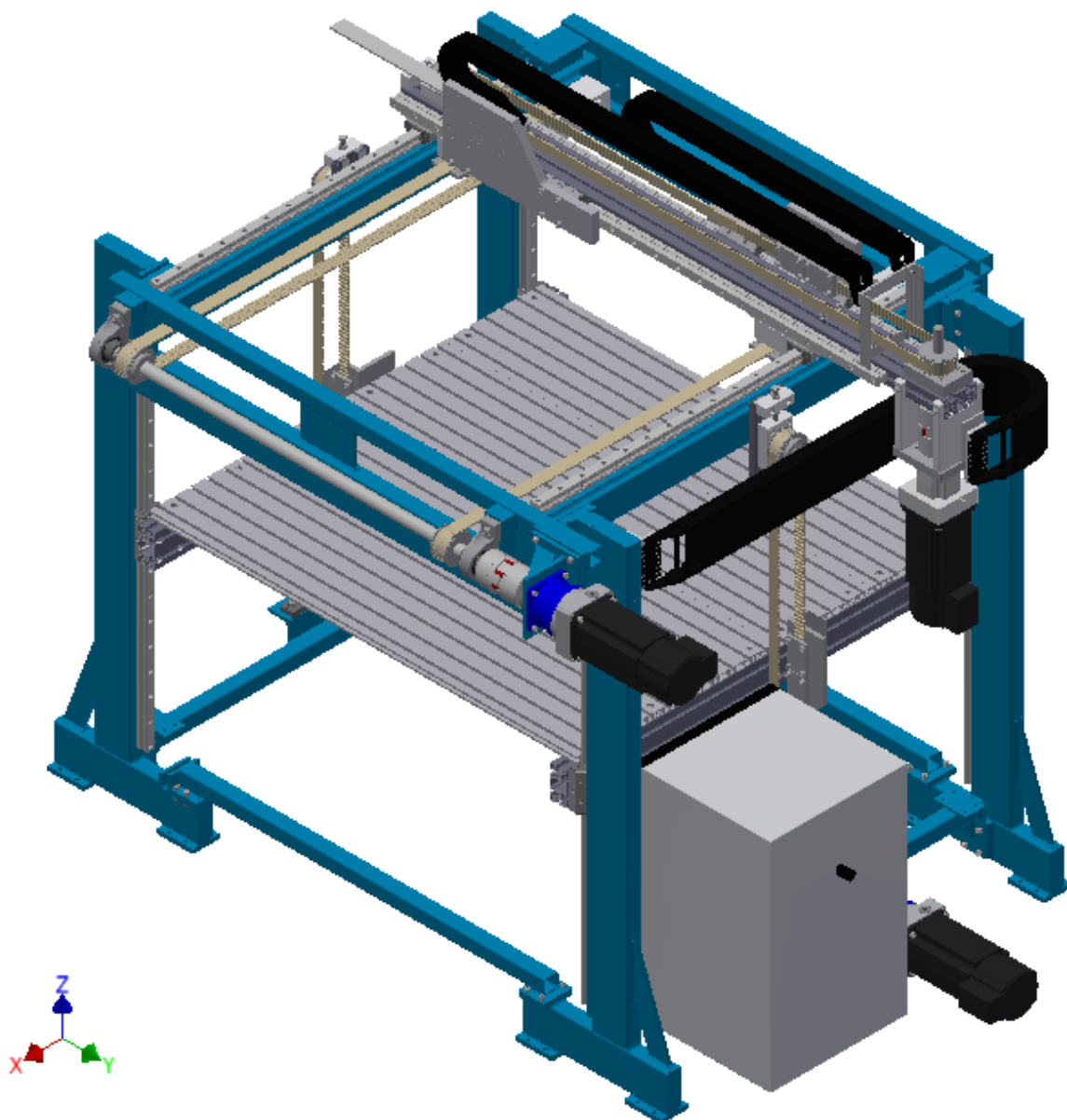
Obr. 13: Koncové snímače



Obr. 14: Balluff BES M12MI-NSC20B-S04G [23]

5.9. Celková sestava stroje

Navržený stroj můžeme spatřit na obr. 15. V oblasti trámce osy Y vidíme dvojici nosných desek, které slouží k připevnění nástroje ke stroji. O samotném nástroji a možnostech jeho upínání bude pojednáno dále.



Obr. 15: Víceúčelové manipulační zařízení

6. Výpočty

Vzhledem ke skutečnosti, že konstrukční návrh manipulačního zařízení vycházel z dostupných komponent, budou následující výpočty provedeny jako kontrolní, případně s jejich pomocí stanovíme omezující parametry stroje.

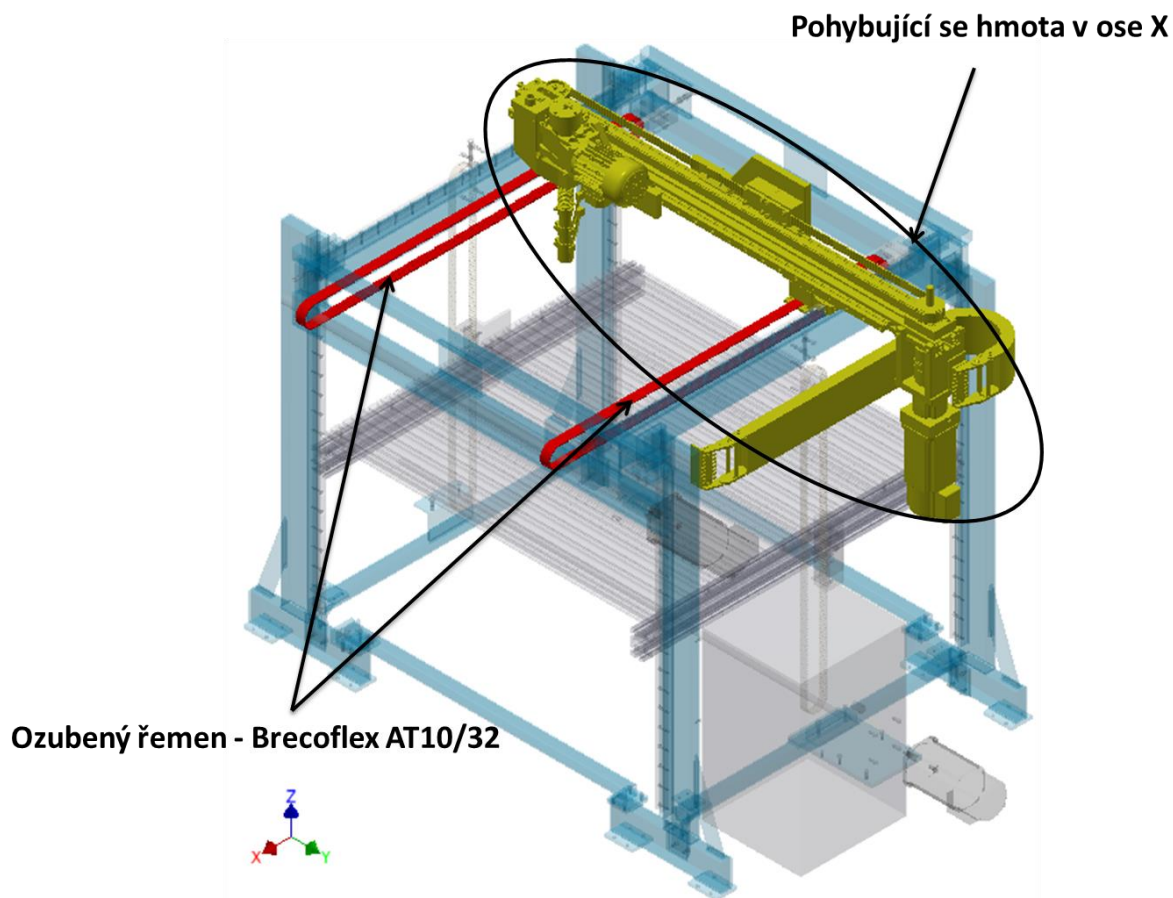
6.1.Osa X

Vstupní hodnoty:

Osa X			
Parametry	Označení	Hodnoty	Jednotky
Řemen	AT10 / 32		
Šířka řemenu	b_X	32	[mm]
Délka řemenu	l_X	2500	[mm]
Počet řemenů	i_{RX}	2	[ks]
Maximální dovolená síla	F_{DOV}	5000	[N]
Bezpečnost	s	1,1	-
Lineární vedení	FDA 25		
Požadovaná bezpečnost	s_D	4	-
Statická únosnost	C_0	10100	[N]
Dovolené momentové zatížení	M_{0cz}	222	[Nm]
Koeficient tření v lin. vedení	f	0,002	-
Břemeno			
Hmotnost trámce	m	40	[kg]
Hmotnost motoru	m_1	20	[kg]
Hmotnost nástroje	m_{HN}	30	[kg]
Hmotnost celkem	M_X	120	[kg]

Tab. 6: Vstupní hodnoty - osa X

6.1.1. Ozubený řemen



Obr. 16: Výpočet ozubených řemenů - osa X

Na obr. 16 lze vidět, že zařízení v ose X pohybuje celou osou Y, jejími obslužnými komponenty a nástrojem (žlutá barva). Hmotnost nástroje je uvažována 30 kg a nástroje mohou být osazeny celkem dva. Hmotnost jednotlivých částí tohoto kompletu je uvedena v tab. 6. V téže tabulce jsou uvedeny i ostatní parametry. Bezpečnost pro návrh ozubených řemenů je volena s ohledem na doporučení výrobce [7].

Výpočet:

$$m_X = \frac{M_X}{i_{RX}} = \frac{120}{2} = 60 \text{ kg}$$

$$G_X = m_X \cdot g = 60 \cdot 9,81 = 588,6 \text{ N}$$

$$F_{XT} = G_X \cdot f = 588,6 \cdot 0,002 = 1,18 \text{ N}$$

$$F_X = m_X \cdot a_X = 60 \cdot 0,5 = 30 \text{ N}$$

Hmotnost přenášená 1 řemenem

Gravitační síla

Síla v řemenu od tření lin. vedení

Síla od zrychlení/zpomalení

$$F_{XC+} = F_X + F_{XT} = 30 + 1,18 = 31,18 \text{ N}$$

$$F_{XC-} = F_X - F_{XT} = 30 - 1,18 = 28,82 \text{ N}$$

$$F_{XP} = F_{XC+} = 31,18 \text{ N}$$

$$F_{XCC} = F_{XC+} + F_{XP} = 31,18 + 31,18 = 62,36 \text{ N}$$

Celková síla - **zrychlení**

Celková síla - **zpomalení**

Předepínací síla

Celková síla

$$F_{XCC} \cdot s < F_{Dov}$$

$$62,36 \cdot 1,1 < 3750$$

$$68,6 < 3750 \quad \Rightarrow \quad \text{vyhovuje}$$

Použitý řemen Brecoflex AT10/32 *vyhovuje* maximálnímu požadovanému zatížení.

6.1.2. Spojka

Sílu nutnou k pohybu zátěže v ose X generuje servomotor. Ten ji přes planetovou převodovku převádí na hnací řemenice a odtud je distribuována řemenem. Převodovka je s osou hnacích řemenic spojena spojkou ROTEX GS 38 (obr. 17).

Porovnáním točivého momentu hřídele a maximálního dovoleného momentu spojky určíme, zda je spojka pro danou aplikaci vhodná, či nikoliv.

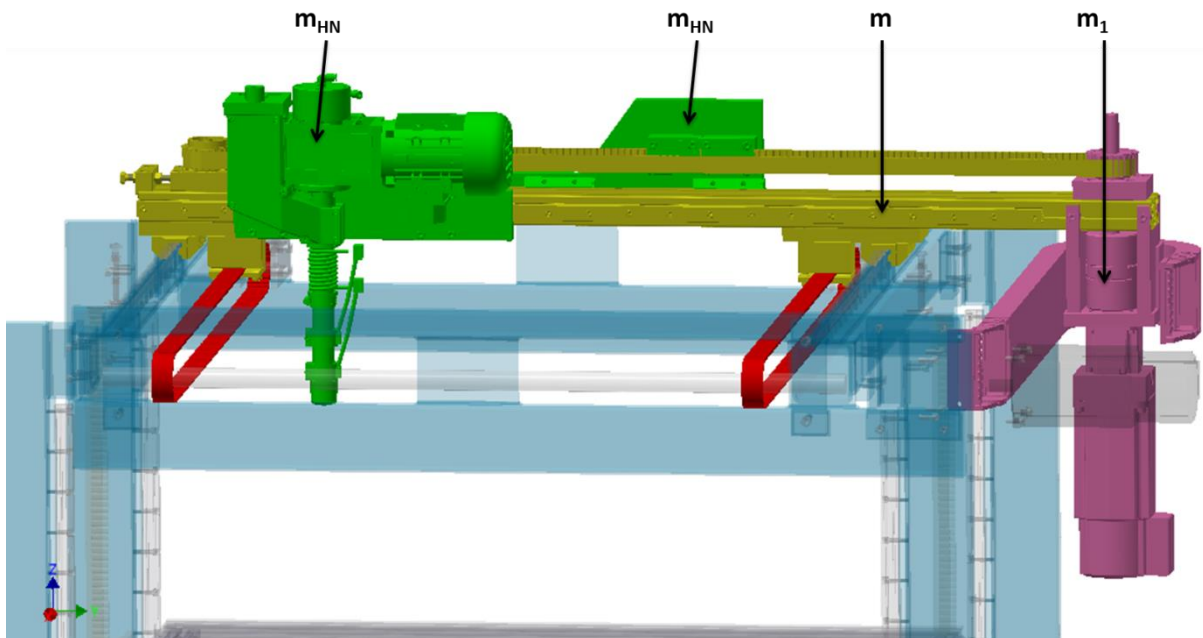


Obr. 17: Spojka ROTEX GS 38 [23]

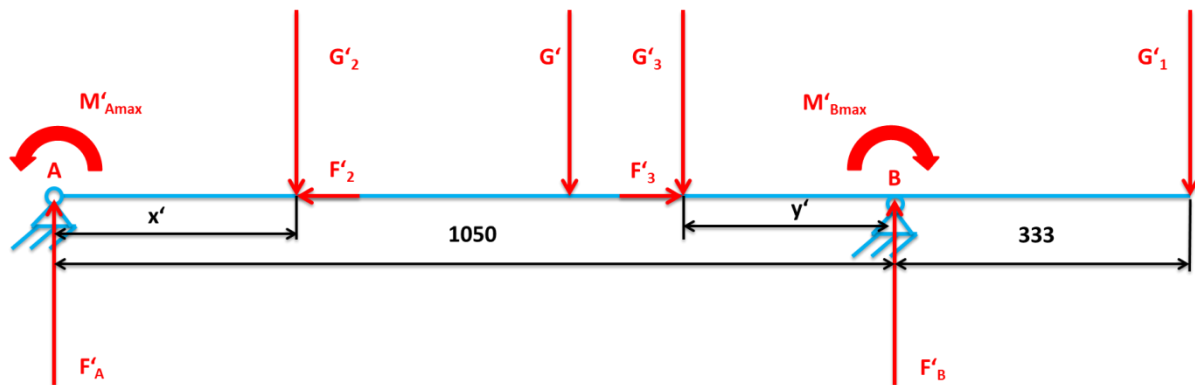
Planetová převodovka použitá v ose X je od výrobce Alpha. Nominální výstupní točivý moment této převodovky je 120 Nm (viz tab. 4). Maximální moment přenášený spojkou ROTEX GS 38 je 325 Nm [23]. Z toho jasně vyplývá, že spojku je možné použít.

$$120 < 325 \quad \Rightarrow \quad \text{vyhovuje}$$

6.1.3. Lineární vedení



Obr. 18: Hmotnosti uvažovaných skupin



Obr. 19: Zatížení domků lineárního vedení - osa X

Na obr. 19 je zobrazeno schéma zatížení lineárního vedení v ose X. V místech A a B jsou umístěny domky lineárního vedení. Schéma zatížení je uvažováno v rovině YZ. Zátěžné stavy jsou generovány hmotnostmi pohybujících se skupin dle obr. 18.

$$x' = y' = \frac{1050}{2}$$

Počáteční podmínka

$$G' = m \cdot g = 40 \cdot 9,81 = 392,4 \text{ N}$$

Síla od hmotnosti trámce

$$G'_1 = m_1 \cdot g = 20 \cdot 9,81 = 196,2 \text{ N}$$

Síla od hmotnosti motoru

$$G'_2 = G'_3 = m_{HN} \cdot g = 30 \cdot 9,81 = 294,3 \text{ N}$$

Síla od hmotnosti nástroje

$$F'_2 = F'_3 = m_{HN} \cdot a_Y = 30 \cdot 0,5 = 15 \text{ N}$$

Síla od zrychlení nástroje

Ze zátěžných sil a stavů bylo pomocí programu MIT Calc stanoveno zatížení v podpěrách nosníku. Výpočet uveden v příloze č. 1.

$$F'_A = 366 \text{ N}$$

Reakce - místo A

$$F'_B = 811 \text{ N}$$

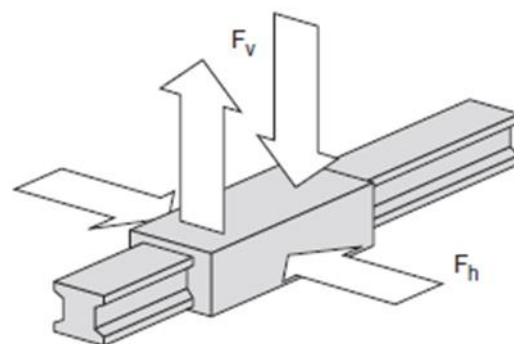
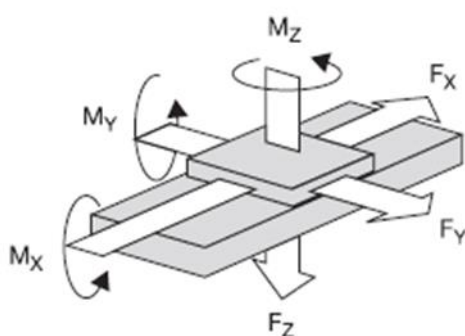
Reakce - místo B

$$M'_{Amax} = 0 \text{ Nm}$$

Reakční moment - místo A

$$M'_{Bmax} = -65 \text{ Nm}$$

Reakční moment - místo B



Obr. 20: Charakteristické zatížení lineárního vedení [3]

Přepočteme-li vypočtené zatížení na charakteristické zatížení dle [3], dostáváme následující.

$$F'_{0A} = F'_A + C_0 \cdot \frac{M'_{Amax}}{M_{0cz}} = 366 + 10100 \cdot \frac{0}{222} = 366 \text{ N}$$

$$s'_A = \frac{C_0}{F'_{0A}} = \frac{10100}{366} = 27,6 > s_D (\geq 4) \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$F'_{0B} = F'_B + C_0 \cdot \frac{M'_{Bmax}}{M_{0cz}} = 811 + 10100 \cdot \frac{65,13}{222} = 3774 \text{ N}$$

$$s'_B = \frac{C_0}{F'_{0B}} = \frac{10100}{3774} = 2,7 < s_D (\geq 4) \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

Z výpočtu je patrné, že domek lineárního vedení v místě B má menší bezpečnost, než kterou doporučuje výrobce. Jelikož se jedná o zařízení, které je určené pro prototypovou výrobu a není předpokládán jeho běh v nepřetržitém provozu, je možné akceptovat vypočtenou bezpečnost. Zadavatel je s tímto obeznámen a souhlasí s tím. (Bezpečnost doporučená výrobcem se pohybuje v rozmezí 1,2 – 4 dle typu zatížení. [3])

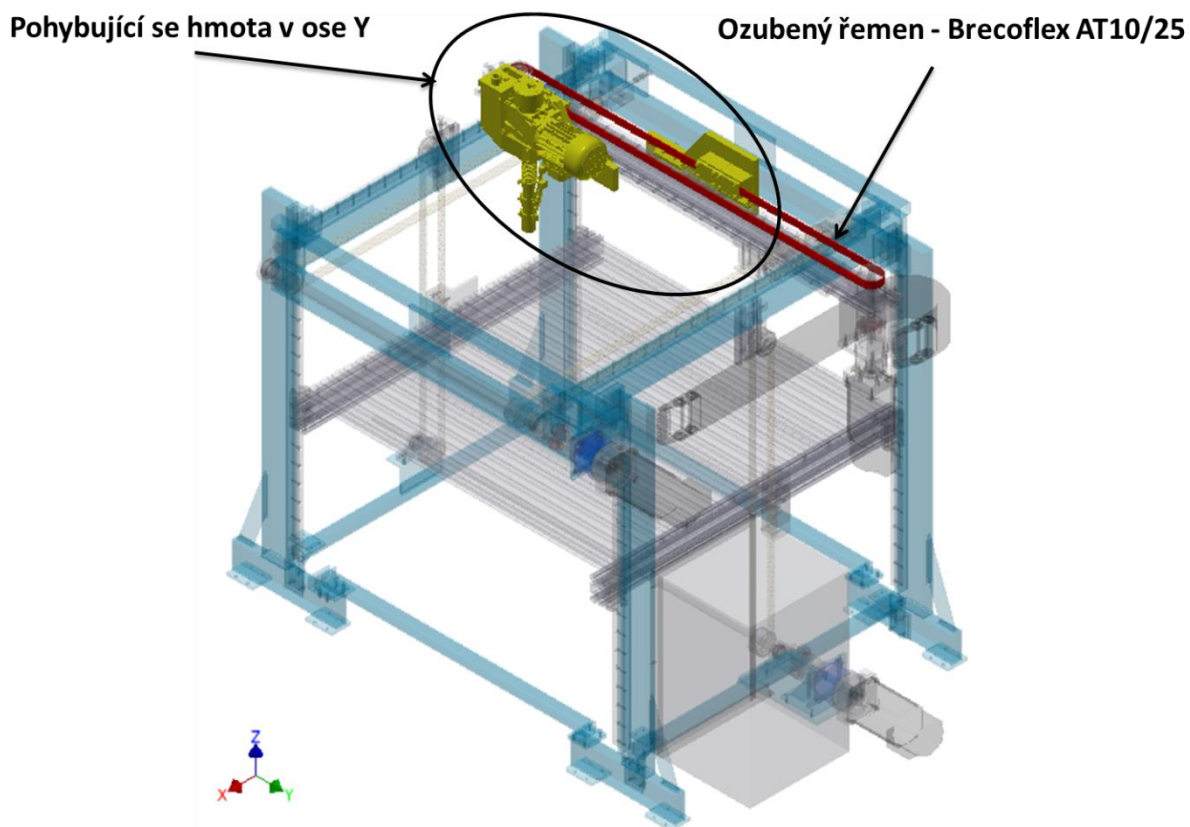
6.2. Osa Y

Vstupní hodnoty:

Osa Y			
Parametry	Označení	Hodnoty	Jednotky
Řemen	AT10 / 25		
Šířka řemenu	b_Y	25	[mm]
Délka řemenu	l_Y	2920	[mm]
Počet řemenů	$i_{\dot{R}Y}$	2	[ks]
Maximální dovolená síla	F_{DOV}	3750	[N]
Bezpečnost	s	1,1	-
Lineární vedení	FDA 25		
Požadovaná bezpečnost	s_D	4	-
Statická únosnost	C_0	10100	[N]
Dovolené momentové zatížení	M_{0cz}, M_{0cy}	222	[Nm]
Koeficient tření v lin. vedení	f	0,002	-
Břemeno			
Hmotnost pohybujících se skupin	M_Y	60	[kg]

Tab. 7: Vstupní hodnoty - osy Y

6.2.1. Ozubený řemen



Obr. 21: Výpočet ozubeného řemene - osa Y

Na obr. 21 jsou žlutě zobrazeny pohybující se hmoty v ose Y. Červená barva reprezentuje ověřované ozubené řemeny. Hmotnost pohybujících se dílů, včetně hmotnosti nástrojů, je uvedena v tab. 7, kdy hmotnost jednoho nástroje je uvažována 30 kg.

Výpočet:

$$G_Y = M_Y \cdot g = 70 \cdot 9,81 = 686,7 \text{ N}$$

Gravitační síla

$$F_{YT} = G_Y \cdot f = 686,7 \cdot 0,002 = 1,37 \text{ N}$$

Síla v ose řemenu

$$F_Y = M_Y \cdot a_Y = 70 \cdot 0,5 = 35 \text{ N}$$

Síla od zrychlení/zpomalení

$$F_{YC+} = F_Y + F_{YT} = 35 + 1,37 = 36,37 \text{ N}$$

Celková síla - **zrychlení**

$$F_{YC-} = F_Y - F_{YT} = 35 - 1,37 = 33,63 \text{ N}$$

Celková síla - **zpomalení**

$$F_{YP} = F_{YC+} = 36,37 \text{ N}$$

Předepínací síla

$$F_{YCC} = F_{YC+} + F_{YP} = 36,37 + 36,37 = 72,74 \text{ N}$$

Celková síla

$$\begin{aligned} F_{YCC} \cdot s &< F_{Dov} \\ 72,74 \cdot 1,1 &< 3750 \\ \mathbf{80,0} &< \mathbf{3750} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{vyhovuje} \end{aligned}$$

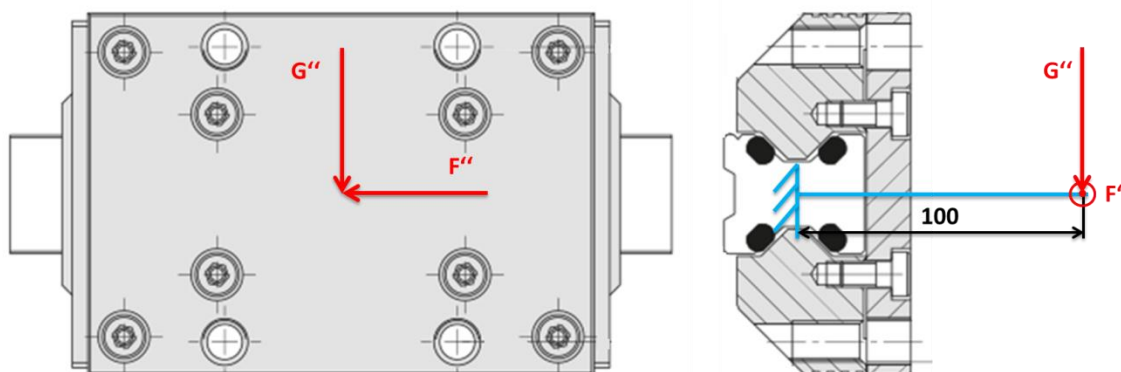
Použitý řemen Brecoflex AT10/25 *vyhovuje* maximálnímu požadovanému zatížení.

6.2.2. Spojka

Planetová převodovka použitá v ose Y je od výrobce Bosch Rexroth. Maximální výstupní točivý moment této převodovky je 110 Nm (viz tab. 5). Maximální moment přenášený spojkou ROTEX GS 38 je 325 Nm [23]. Z porovnání je zřejmé, že spojku je možné použít.

$$110 < 325 \quad \Rightarrow \quad \text{vyhovuje}$$

6.2.3. Lineární vedení



Obr. 22: Zatížení domku lineárního vedení - osa Y

Uchycení nosné desky nástroje je provedeno dvojicí ložiskových domků. Pro výpočet předpokládáme zátěž jednoho domku o velikosti poloviny hmotnosti nástroje.

$$G'' = M_y \cdot g = \frac{60}{4} \cdot 9,81 = 147,2 \text{ N}$$

Síla od hmotnosti nástroje

$$F'' = M_y \cdot a_Y = \frac{60}{4} \cdot 0,5 = 7,5 \text{ N}$$

Síla od zrychlení nástroje

$$M''_G = G'' \cdot 0,1 = 147,2 \cdot 0,1 = 14,7 \text{ Nm}$$

Moment od hmotnosti

$$M''_F = F'' \cdot 0,1 = 7,5 \cdot 0,1 = 0,75 \text{ Nm}$$

Moment od zrychlení

Přepočteme-li vypočtené zatížení na charakteristické zatížení dle [3], dostáváme následující.

$$F''_0 = G'' + C_0 \cdot \frac{M''_G}{M_{0cz}} + C_0 \cdot \frac{M''_F}{M_{0cy}} = 147,2 + 10100 \cdot \frac{14,7}{222} + 10100 \cdot \frac{0,75}{222} = 850,1 \text{ N}$$

$$s''_A = \frac{C_0}{F''_0} = \frac{10100}{850,1} = 11,88 \quad > \quad s_D (\geq 4) \quad \Rightarrow \quad \text{vyhovuje}$$

6.3.Osa Z

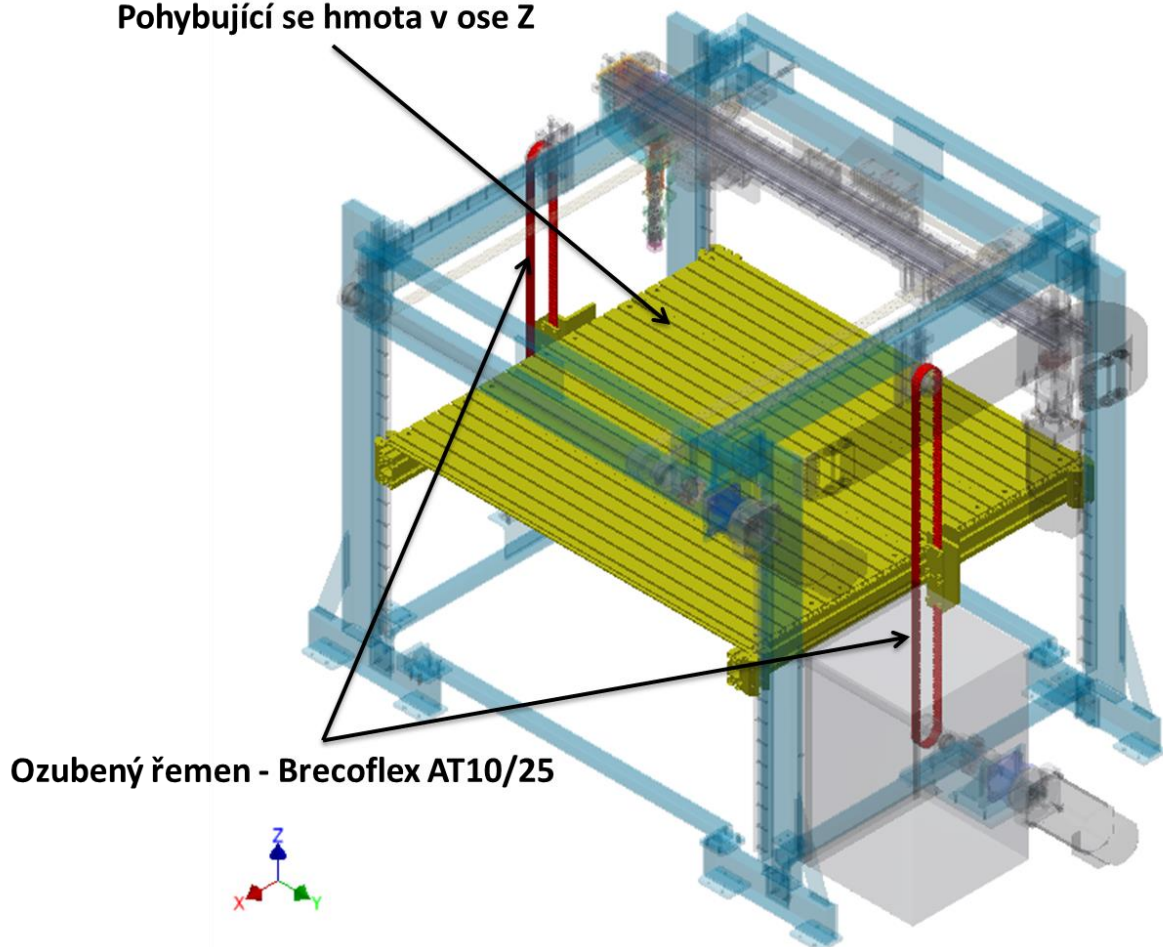
Vstupní hodnoty:

Osa Z			
Parametry	Označení	Hodnoty	Jednotky
Řemen	AT10 / 25		
Šířka řemenu	b_Z	25	[mm]
Délka řemenu	l_Z	2220	[mm]
Počet řemenů	$i_{\dot{R}Z}$	2	[ks]
Maximální dovolená síla	F_{DOV}	3750	[N]
Bezpečnost	s	1,1	-
Řemenice	AT10		
Počet zubů	z	24	-
Roztečný průměr	d_0	76,57	[mm]
Lineární vedení	FDA 25		
Požadovaná bezpečnost	s_D	4	-
Statická únosnost	C_0	10100	[N]
Dovolené momentové zatížení	M_{0cz}	222	[Nm]
Koeficient tření v lin. vedení	f	0,002	-
Břemeno			
Hmotnost pracovní desky	m_S	50	[kg]
Hmotnost výrobku	$m_{V\dot{Y}}$	150	[kg]
Hmotnost celkem	M_Z	200	[kg]

Tab. 8: Vstupní hodnoty - osa Z

6.3.1. Ozubený řemen

Pohybující se hmota v ose Z



Obr. 23: Výpočet ozubených řemenů - osa Z

Obr. 23 interpretuje zatížení ozubených řemenů (červená barva) pohybujícími se hmotami (žlutá barva) ve svislém směru, tedy v ose Z. Ve svislém směru se pohybuje pracovní deska s obrobkem. Hmotnost uvedená v tab. 8 jako hmotnost M_Z je součtem maximální hmotnosti výrobku $m_{v\check{y}}$ a hmotnosti pracovní desky stroje m_s .

Výpočet:

$$m_Z = \frac{M_Z}{i_{\check{R}Z}} = \frac{200}{2} = 100 \text{ kg}$$

Hmotnost přenášená 1 řemenem

$$G_Z = m_Z \cdot g = 100 \cdot 9,81 = 981 \text{ N}$$

Gravitační síla

$$F_Z = m_Z \cdot a_Z = 100 \cdot 0,2 = 20 \text{ N}$$

Síla od zrychlení/zpomalení

$$F_{ZC+} = G_Z + F_Z = 981 + 20 = 1001 \text{ N}$$

Celková síla - **zrychlení**

$$F_{ZC-} = G_Z + F_Z = 981 + 20 = 1001 \text{ N}$$

Celková síla - **zpomalení**

$$F_{ZP} = F_{ZC+} = F_{ZC-} = 1001 \text{ N}$$

Předeřinací síla

$$F_{ZCC} = F_{ZC+} + F_{ZP} = 1001 + 1001 = 2002 \text{ N}$$

Celková síla

$$F_{ZCC} \cdot s < F_{Dov}$$

$$2002 \cdot 1,1 < 3750$$

$$2202,2 < 3750 \quad \Rightarrow \quad \text{vyhovuje}$$

Použitý řemen Brecoflex AT10/25 *vyhovuje* maximálnímu požadovanému zatížení.

Dále je nutné zajistit, aby v provozu nedošlo k zablokování stolu a následnému přetížení řemenu. Toho docílíme omezením točivého momentu v ovladači servomotoru na následující hodnotu točivého momentu (M_{MZmax}).

$$M_{ZMAX} = F_{ZCC} \cdot \frac{d_0}{2} = 2002 \cdot \frac{76,57 \cdot 10^{-3}}{2} = 76,6 \text{ Nm} \quad \text{Točivý moment na řemenici}$$

$$M_{MZmax} = \frac{M_{ZMAX}}{i_p} = \frac{76,6}{10} = 7,66 \text{ Nm} \quad \text{Točivý moment motoru}$$

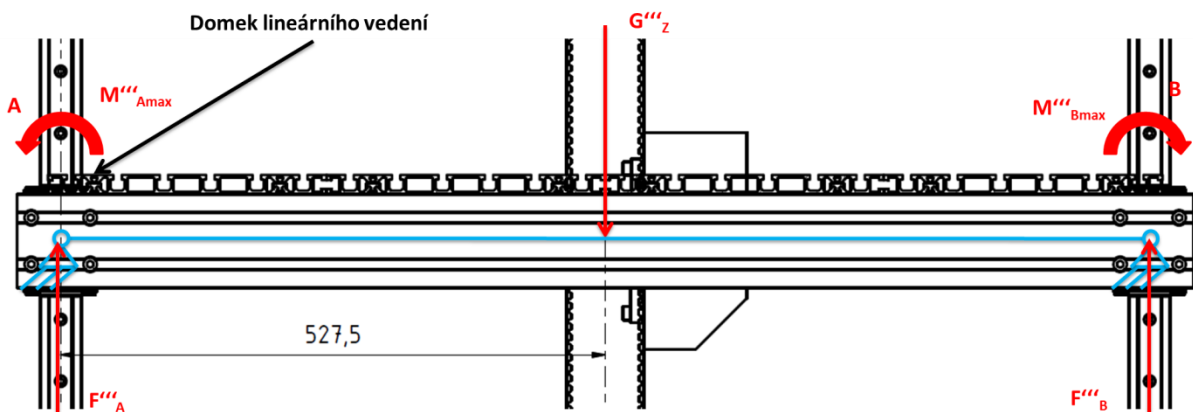
6.3.2. Spojka

Planetová převodovka použitá v ose Z je od výrobce Alpha. Nominální výstupní točivý moment této převodovky je 120 Nm (viz tab. 4). Maximální moment přenášený spojkou ROTEX GS 38 je 325 Nm [23]. Z porovnání těchto hodnot plyne, že je možné spojku použít.

$$120 < 325 \quad \Rightarrow \quad \text{vyhovuje}$$

6.3.3. Lineární vedení

Ověření lineárního vedení ve směru osy Z výpočtem provedeme pouze kvůli účinkům klopného momentu. Na obr. 24 je uvedeno uvažované zatížení domku lineárního vedení. Tíhová síla obrobku je zvětšena o sílu působící při zrychlení/zpomalení. Spojnice domků je uvažována jako staticky určitý nosník na obou stranách podepřený.



Obr. 24: Zatížení domku lineárního vedení - osa Z

$$G''' = M_Z \cdot g + M_Z \cdot a_Z = 150 \cdot 9,81 + 150 \cdot 0,2 = 1501,5 \text{ N} \quad \text{Zátěžná síla}$$

$$F'''_A = F'''_B = \frac{G'''_Z}{2} = \frac{1501,5}{2} = 750,75 \text{ N}$$

Síla v podpěře A, B

$$M'''_{Amax} = M'''_{Bmax} = 0 \text{ Nm}$$

Reakční moment

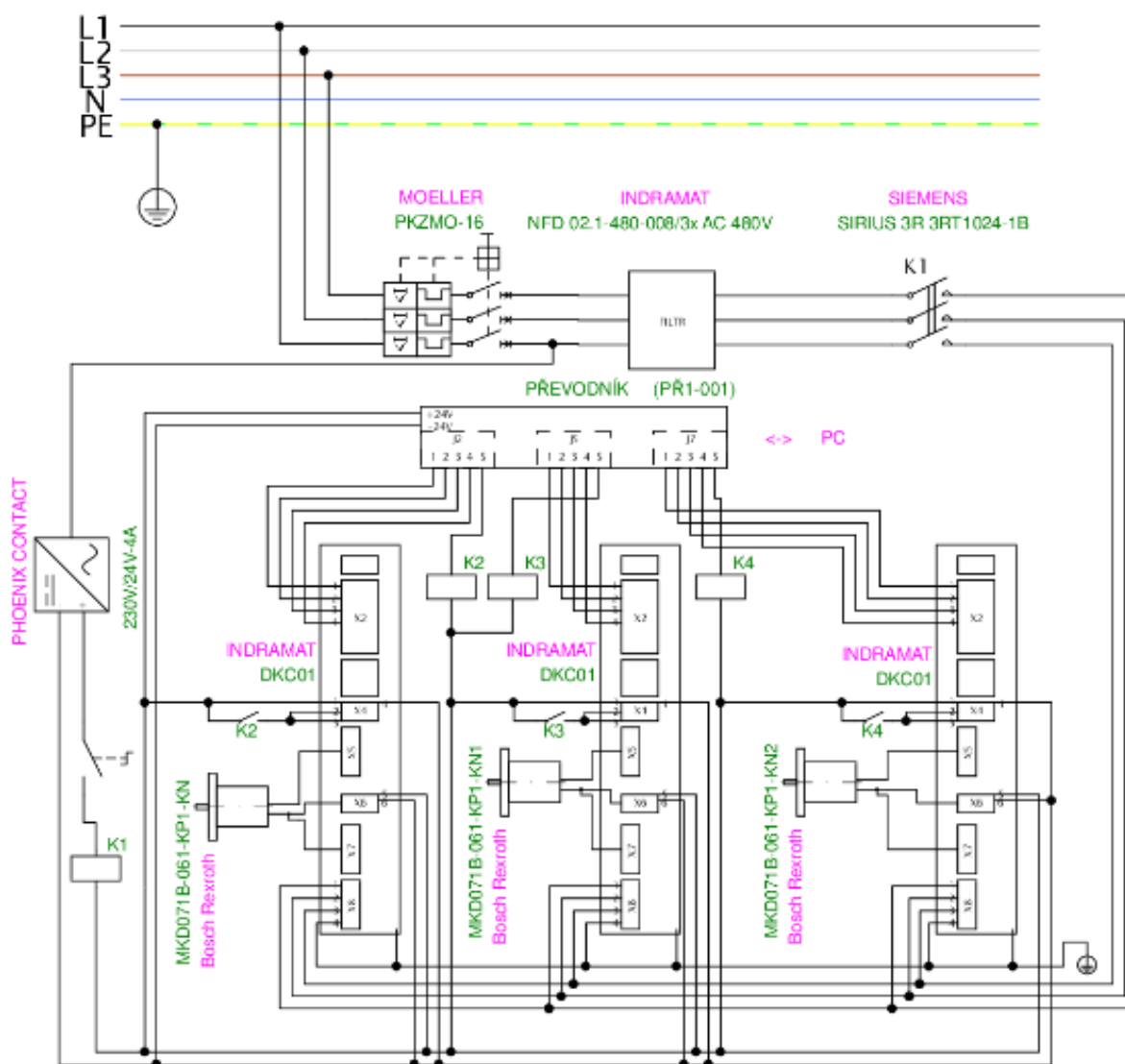
Z vypočtených hodnot zatížení je vidět, že ložiskové domky nejsou otáčeny reakčními momenty M'''_{Amax} a M'''_{Bmax} . Na domky nepůsobí „žádná“ další zatížení. Toto tvrzení je řečené s nadsázkou, protože zatížení je generováno deformacemi pracovní desky. Ta je upevněna staticky neurčitě na 4 bodech. A deformací této desky dochází k zatížení ložiskových domků. Velikosti těchto zátěžných sil by mohl nastínit výpočet pomocí MKP analýzy.

7. Řídicí elektronika

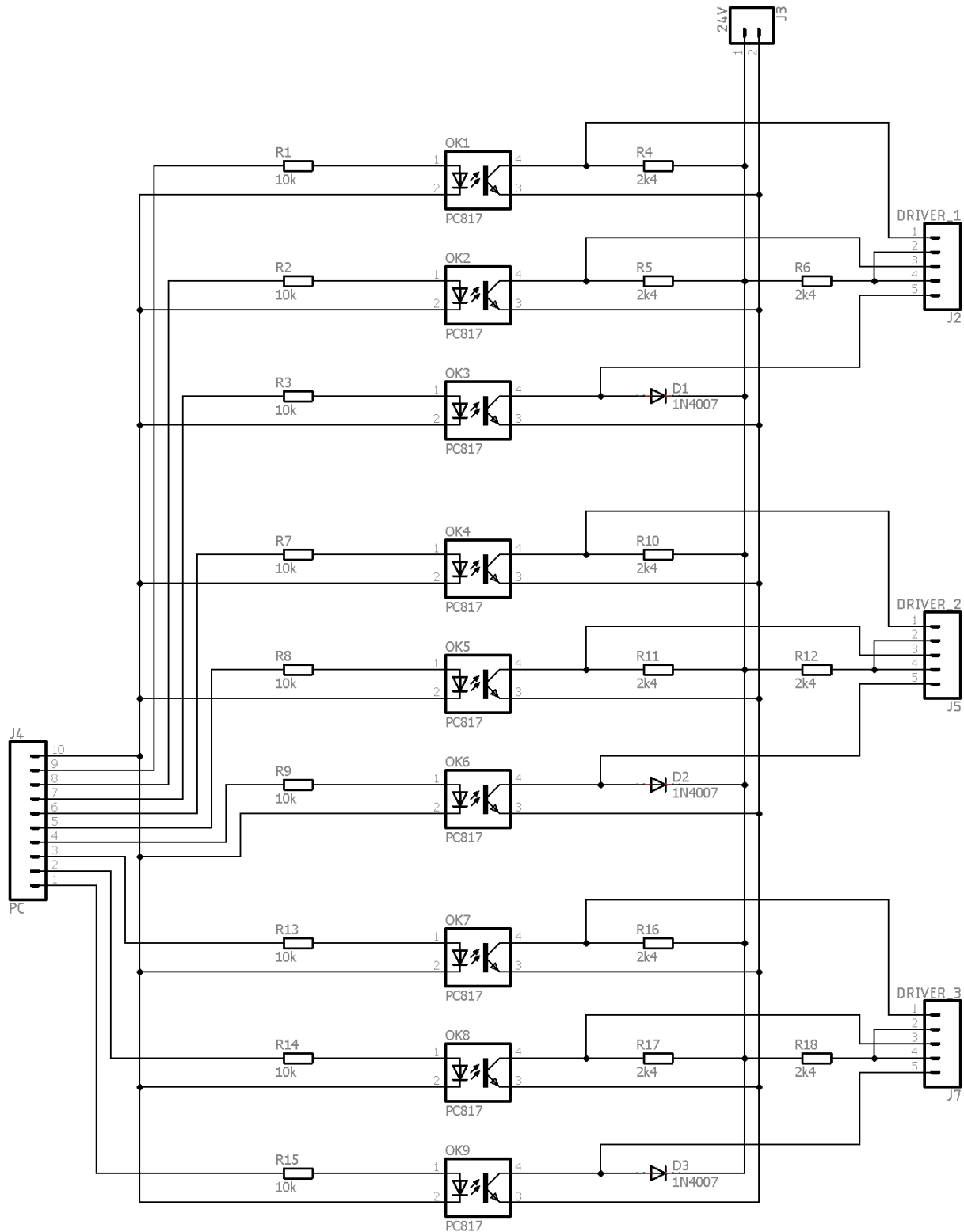
V rámci řešení problematiky této diplomové práce bylo přistoupeno i k návrhu a realizaci elektroniky pro řízení servomotorů a ovládání celého soustrojí.

Základem je trojice ovladačů („driverů“), která je zapojena dle schématu na obr. 25. Napájecí napětí 380 V je přes spínač MOELLER PKZMO-16 vedeno k filtru INDRAMAT, kde dochází k filtrování od rušivých vlivů sítě (například od přepětí). Přefiltrované napětí je spínáno stykačem K1 (SIEMENS SIRIUS 3R), který je řízen ručním spínačem v nízkonapěťové větvi obvodu. Po sepnutí stykače dochází k napájení ovladačů.

Dalším důležitým prvkem je převodník. Ten převádí řídicí signál z počítače na řídicí signál ovládající „drivery“ servomotorů. Schéma zapojení je uvedeno na obr. 26. V podstatě se jedná o optické oddělení obvodu počítače a obvodu stroje. Tím zabezpečíme to, že při možném zkratu v obvodu nedojde ke zničení počítače, nebo jiné řídicí elektroniky.

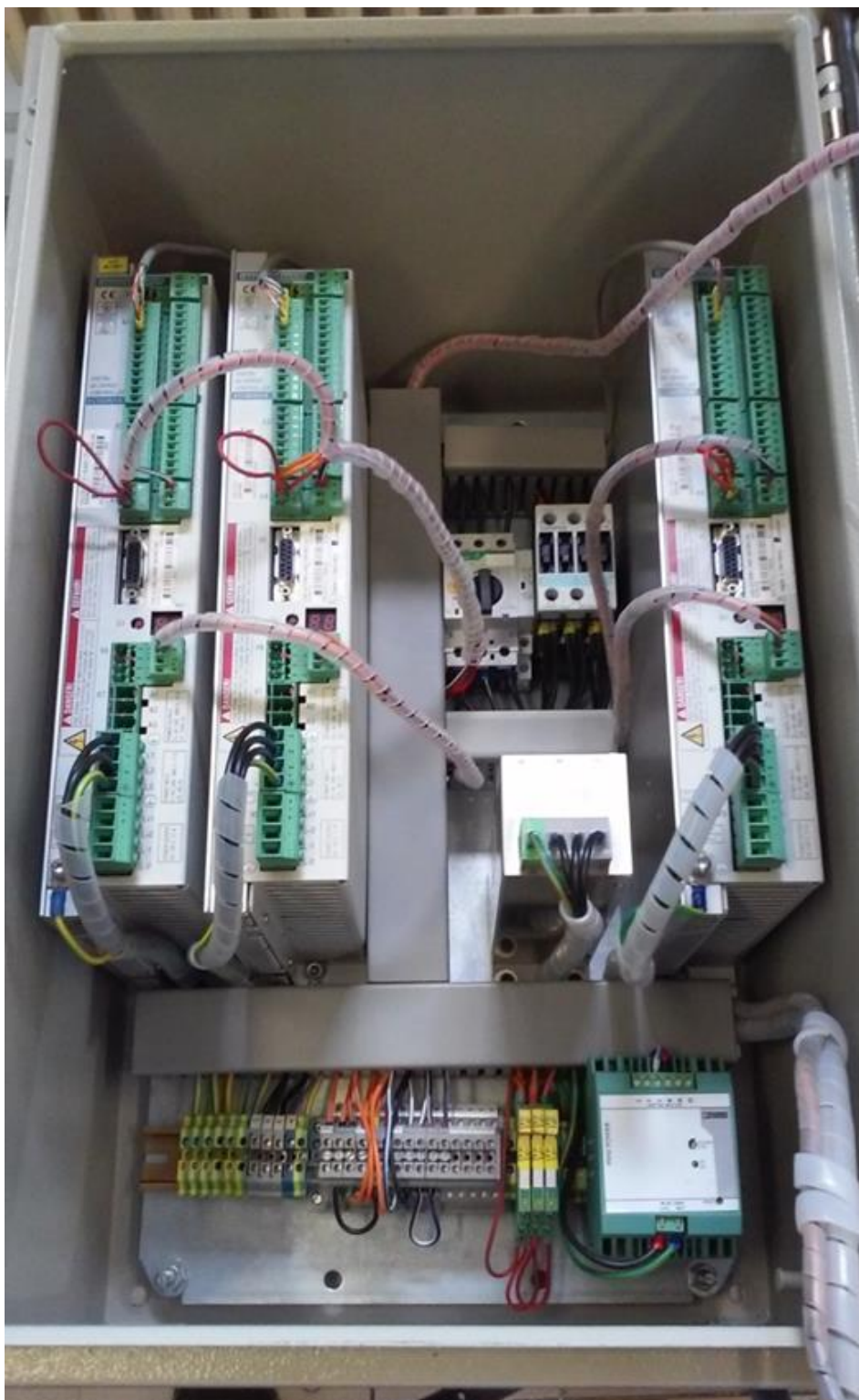


Obr. 25: Schéma zapojení řídicí elektroniky



Obr. 26: Schéma zapojení převodníku signálu

Na obr. 27 je vyobrazeno reálné zapojení řídicí elektroniky stroje. Jednotlivé komponenty jsou zapojeny dle schématu na obr. 25 a umístěny do plechové elektroinstalační skříně, která je umístěna na zařízení tak, jak zobrazuje CAD model na obr. 15.

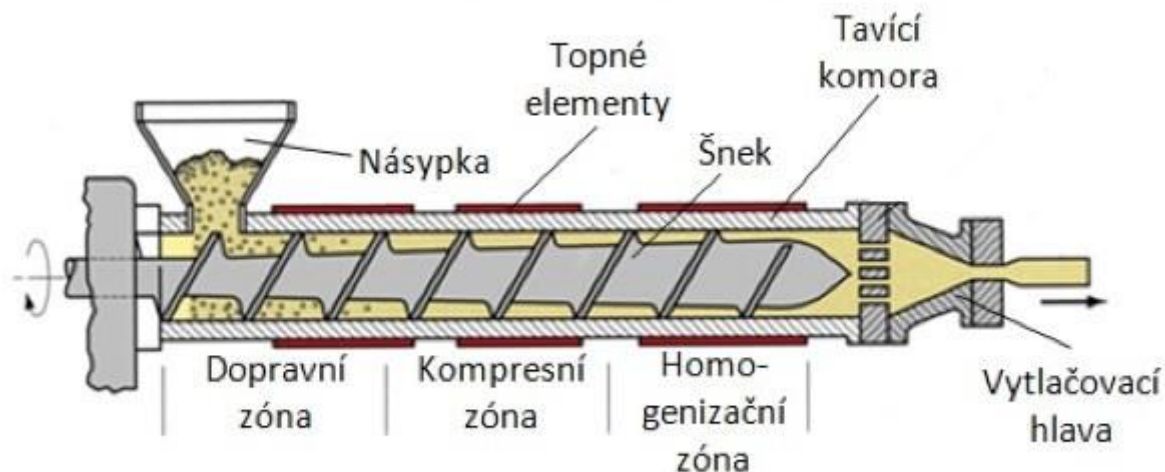


Obr. 27: Reálné zapojení řídicí elektroniky zařízení

8. Nástroje

8.1. Zařízení pro extruzi plastového materiálu – extrudér

V počátcích řešení problematiky této práce bylo stanoveno, že zařízení bude využíváno jako 3D tiskárna. To znamená, že na zařízení bude trvale připevněn extrudér plastového vlákna. To umožní využít stroj jako 3D tiskárnu s velkou tiskovou plochou. Z důvodu potřeb prototypové výroby a z hlediska rozměrů tiskové plochy bude vstupním materiálem plastový granulát. Schéma principu stroje pro extrudování materiálů je uvedeno na obr. 28.



Obr. 28: Schéma extrudéru [8]

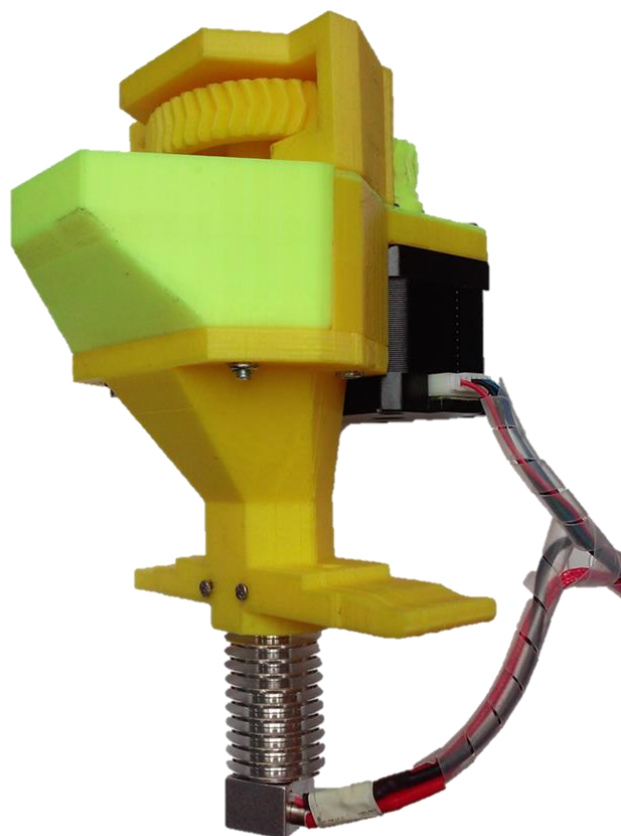
Vstupní surovina, nejčastěji plastická hmota v podobě granulátu, je přiváděna násypkou ke šneku. Šnek posouvá materiál směrem k vytlačovací hlavě. Současně dochází k promíšení vstupního materiálu, jeho natavení a homogenizaci plastové hmoty. Výsledkem je extrudované vlákno vycházející z vytlačovací hlavy.

8.1.1. Zkušební model

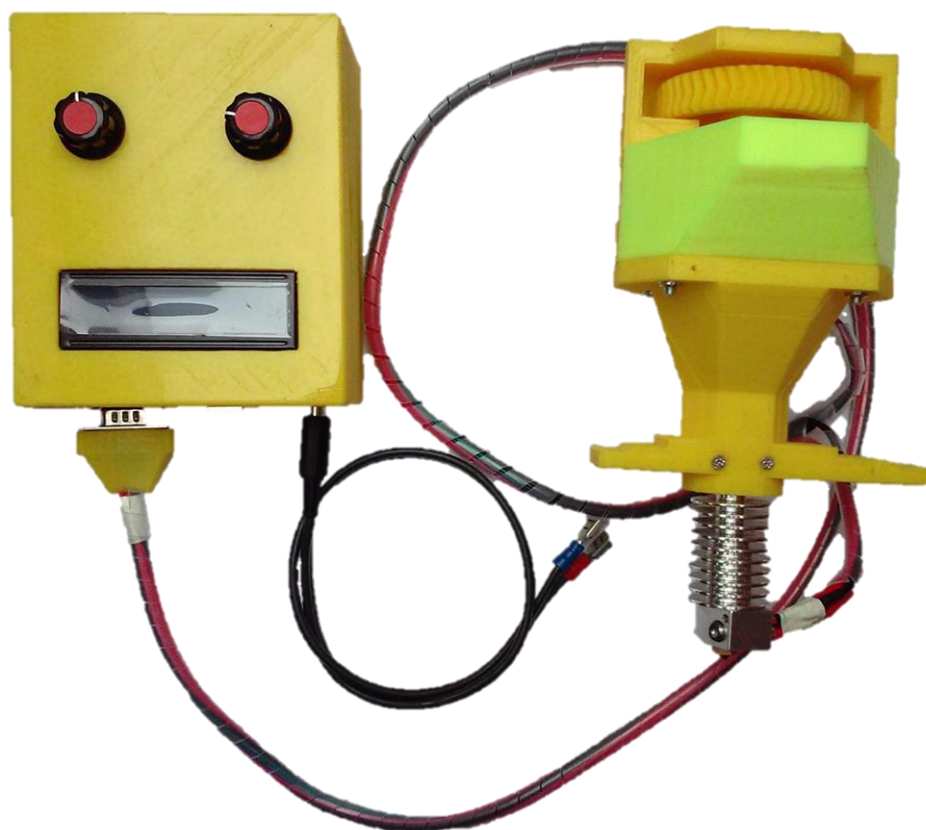
Pro ověření principu vytlačování vlákna pomocí extrudéru, kde vstupní surovina je v sypké podobě, byl sestaven zkušební model. Inspirací a vzorem pro zkušební model bylo zařízení pana Richarda Horna publikované na webových stránkách RichRap blog [9]. Zde je možné získat modely extrudéru pro výrobu pomocí 3D tisku [10].

Na obr. 29 je vyobrazen zkušební model extrudéru. Plastové části jsou vyrobeny pomocí 3D tiskárny z materiálu PLA. Zařízení je osazeno krokovým motorem, který přes převod šípovými ozubenými koly pohání šnek. Šnek byl vytvořen úpravou vrtáku do dřeva. Tavení materiálu probíhá ve spodní části, tzn. v hlavě extrudéru. Hlava je použita z konvenční 3D tiskárny. Obsahuje chladič, topný článek, termistor pro snímání teploty a trysku. Obr. 30 zobrazuje extrudér s řídicím boxem.

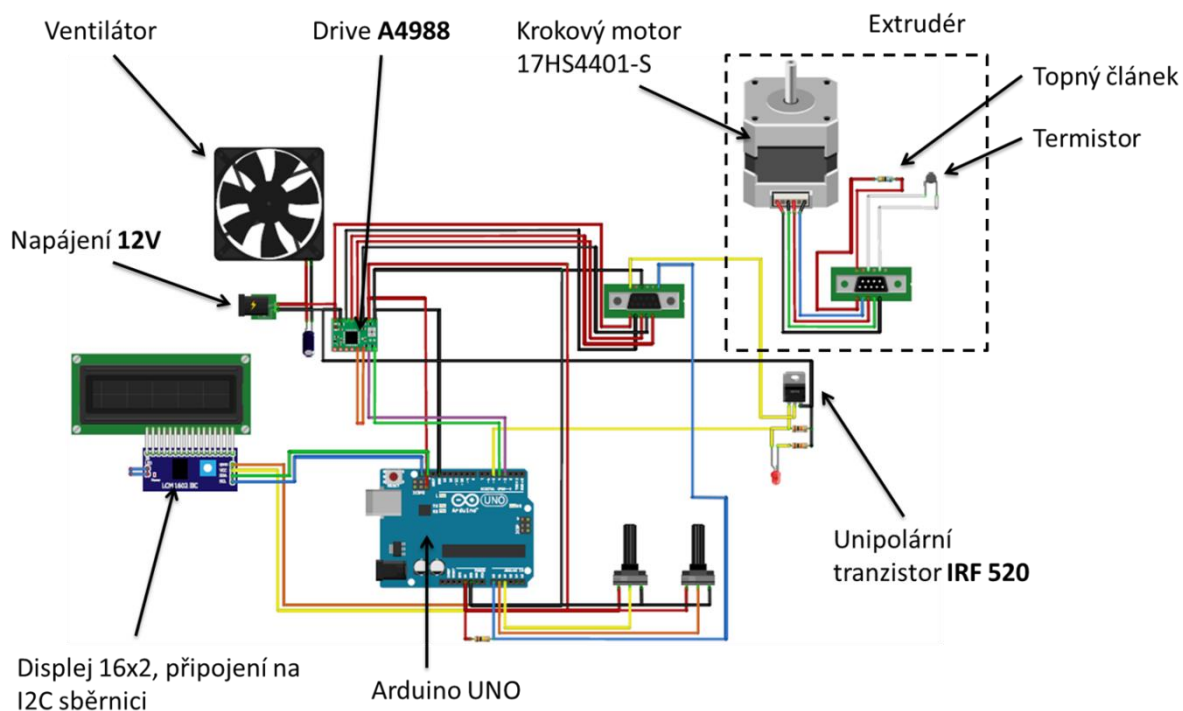
O samotné řízení se stará Arduino UNO, které je s periférií zapojeno dle schématu na obr. 31. Hodnoty měřených a řízených veličin je možné sledovat na zobrazovacím displeji řídicího boxu, nebo vykreslovat do grafů v počítači.



Obr. 29: Zkušební model extrudéru – RichRap koncepce



Obr. 30: Zkušební extrudér s řídicím boxem



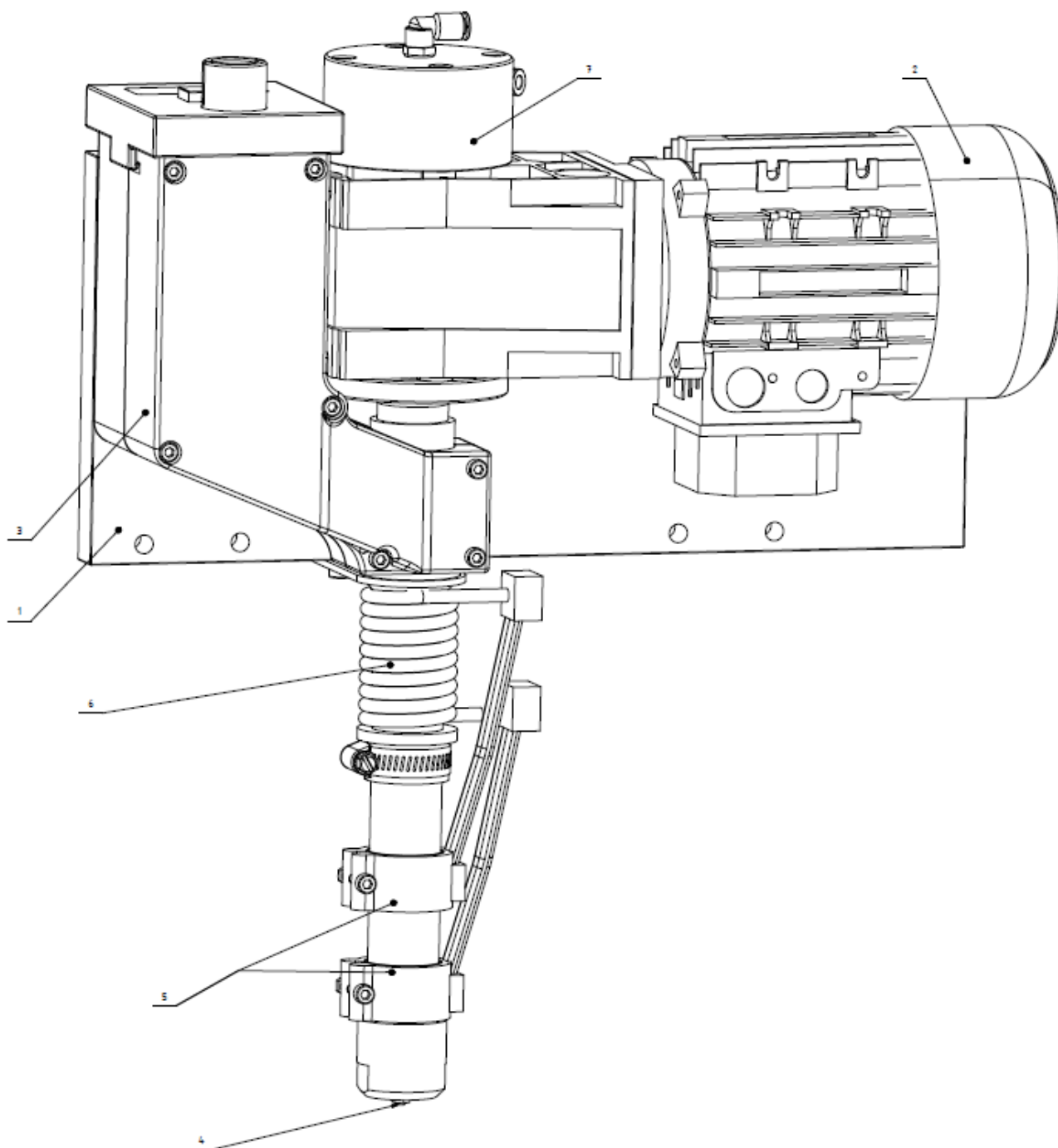
Obr. 31: Schéma zapojení řízení zkušební extrudéry

8.1.2. Finální extrudér

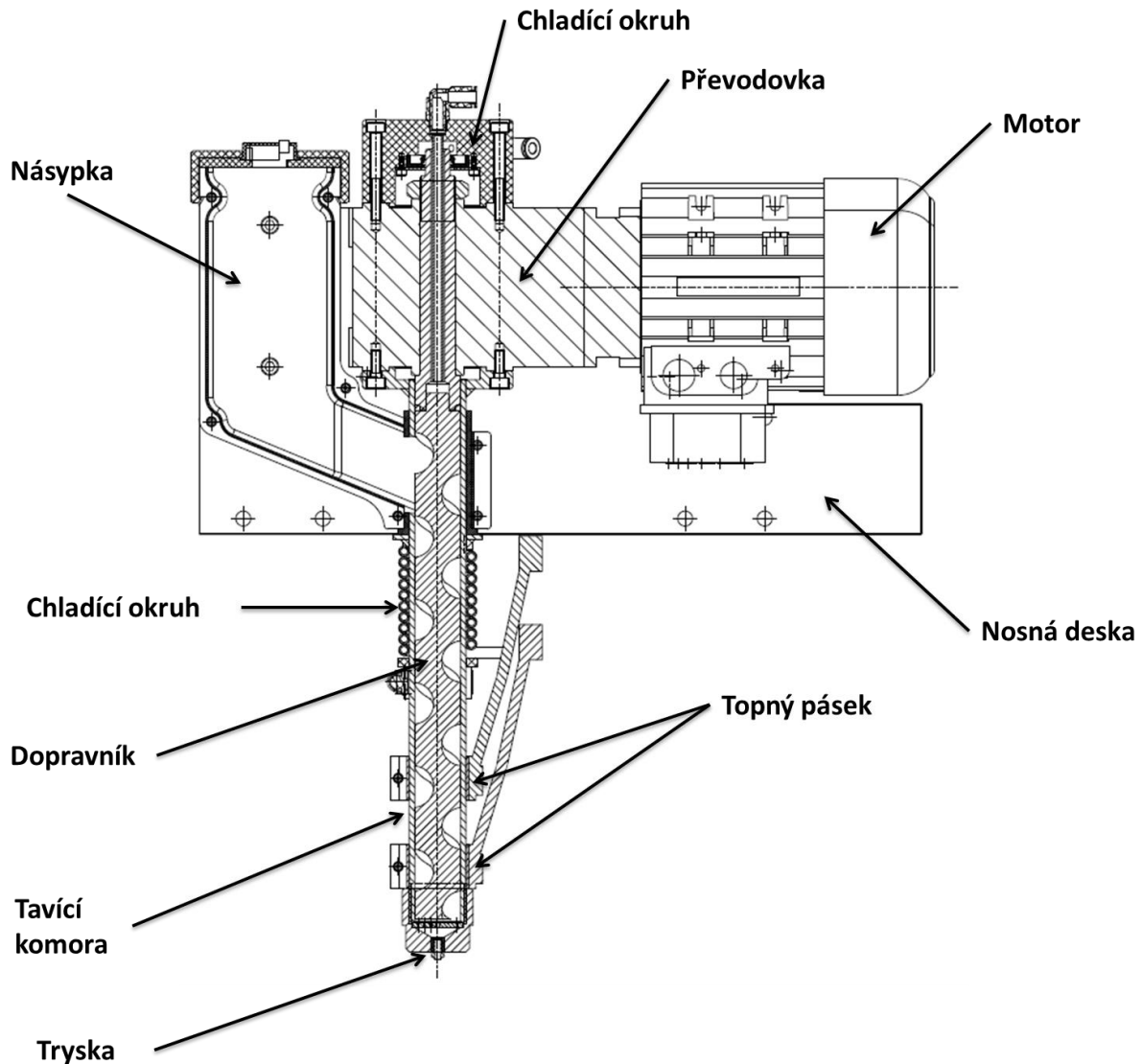
Po ověření funkčnosti metody tavení plastového granulátu ve zkušebním modelu bylo přistoupeno k návrhu extrudéry pro použití v navrženém manipulačním zařízení. Návrh je inspirován konstrukcí zařízení pro výrobu plastového filamentu pro 3D tiskárny z granulovaného materiálu dle literatury [11], [12], [13]. A také ze zkušební modelu.

Extrudér se skládá, jak ukazuje obr. 32, z nosné desky (1), která je shodná s nosnou deskou z manipulačního zařízení. Na nosnou desku je připevněn třífázový asynchronní motor Lenze MDEMXX 063-42 spojený s kuželovou převodovkou Lenze GKR03-2M HAR 063C42 (2). Elektrickým pohonem je poháněn šnek, který přesouvá granulát z násypky (3) do spodní části výtlačné komory, kde dochází k ohřívání granulátu topnými články (5), natavení do plastické podoby a následnému vytlačení taveniny tryskou (4).

Pro zamezení přehřívání zařízení jsou zde instalovány dva chladicí okruhy. Chladicí okruh (6) slouží k ochlazení horní části tavicí komory kvůli možnému tavení násypky a vstupního granulátu již v násypce. Okruh (7) ochlazuje horní část šneku především kvůli možnému nadměrnému tepelnému zatížení převodovky. Obr. 33 doplňuje obr. 32 pohledem na řez zařízením v dělicí rovině násypky.



Obr. 32: Extrudér plastického materiálu



Obr. 33: Zařízení pro extruzi plastového vlákna v řezu

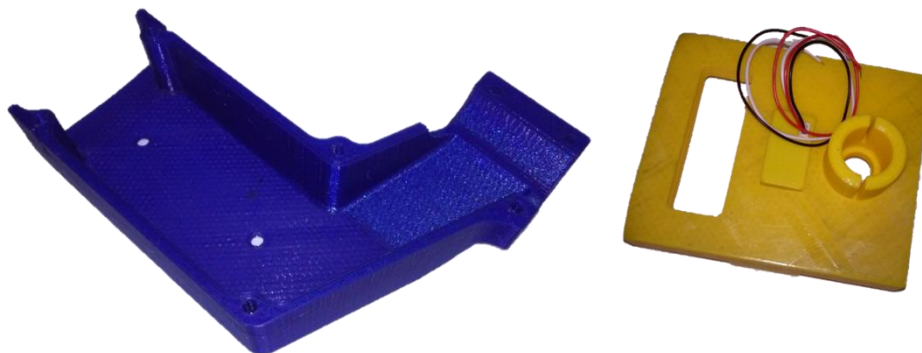
Jednotlivé komponenty:

Násypka

Základní surovina, kterou je plastový granulát, je přiváděna pomocí tlakového vzduchu do provozní násypky na zařízení. Doplnění je závislé na množství granulátu uvnitř násypky. K tomu účelu je v jejím víku umístěn infračervený senzor vzdálenosti, který odměřuje výšku materiálu. Pro únik tlakového vzduchu je víko opatřeno otvorem se síťovinou.

Násypka se skládá ze dvou polovin, které jsou navrženy s ohledem na zástavbové prostory v zařízení a způsob výroby. Samotná výroba probíhala pomocí metody 3D tisku z materiálu PETG. Víko je tištěno stejným způsobem, jako materiál je použit PLA. Výsledek je zobrazen na obr. 34, kde vidíme modře polovinu násypky a žlutě víko s instalovaným snímačem vzdálenosti.

Dále, jak je patrné z obr. 33 a z popisu výše, je plastový granulát vlastní tíhou přiváděn násypkou k dopravníku.



a) Násypka

b) Víko

Obr. 34: Násypka extrudéru

Dopravník

Dopravník je tvořen hadovitým vrtákem na dřevo, na který je přivařena dutá hřídel a ta jej spojuje s nábojem převodovky (viz obr. 35). Přenos točivého momentu je zajištěn prostřednictvím těsného pera. V axiálním směru jsou pohyby vyloučeny utažením matice.

Opačný konec vrtáku je seříznut do tvaru, který umožňuje vhodné vtlačování taveniny do lamače a její následné vytlačení tryskou.

Aby nedocházelo k přehřívání dopravníku v oblasti násypky a případně i převodovky, je provedeno chlazení navařené hřídele. Z toho důvodu je navařená hřídel dutá.



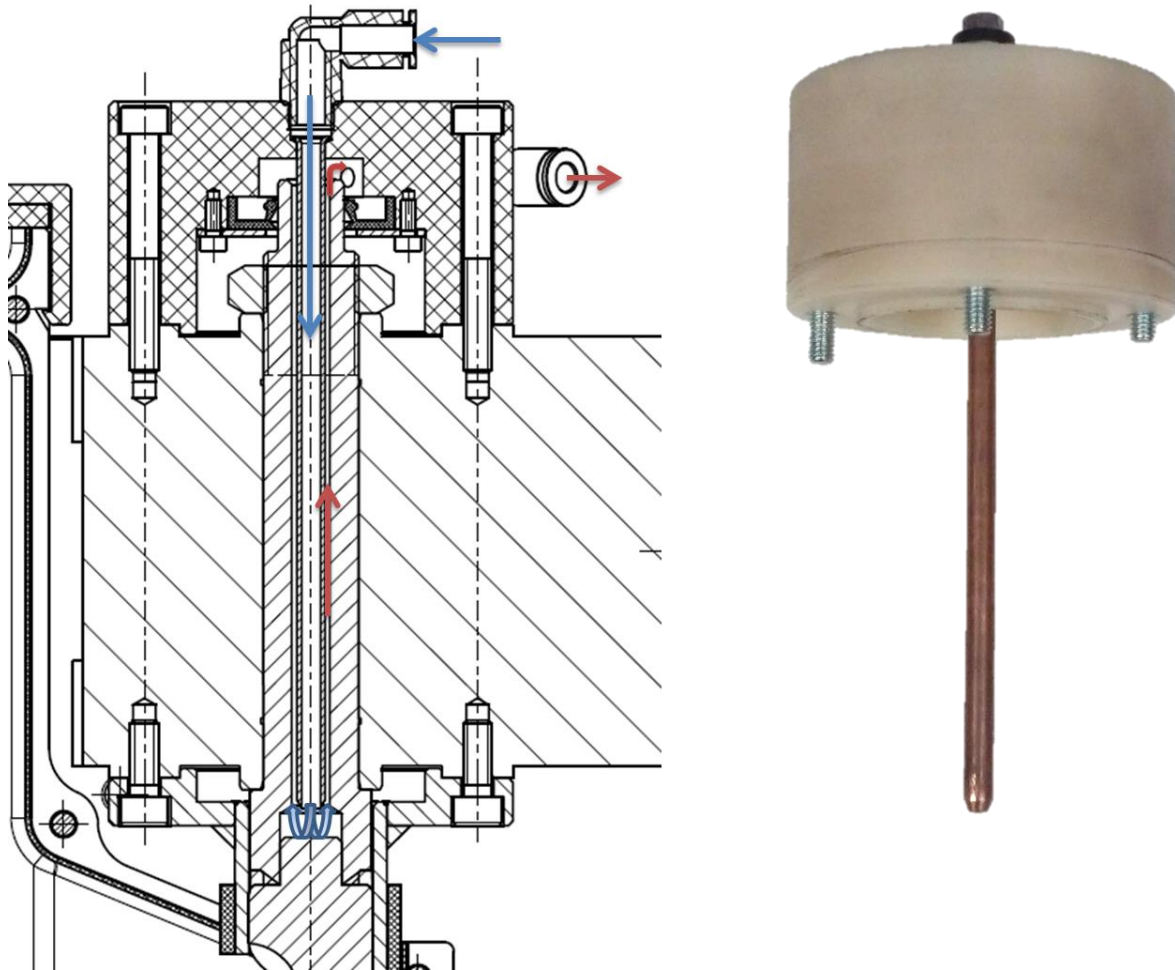
Obr. 35: Dopravník

Chlazení

Chlazení dopravníku (šneku) je založeno na principu chlazení jaderníků vstřikovacíh forem. Je provedeno tryskou a zpětným obtokem chladicího média zpět do chladiče. Popisovaný princip je znázorněn na obr. 36.

Druhý chladicí okruh, to znamená okruh chlazení tavicí komory, je realizován ovinutím měděnou trubičkou, nebo případně chladícím prstencem.

Zmíněné okruhy jsou společně připojeny k chladiči, který je umístěn na přídatné desce umístěné na rámu stroje (viz obr. 43). Proudění chladicího média je zajištěno pomocí čerpadla, které je vyobrazeno na témže snímku.



Obr. 36: Princip chladícího okruhu dopravníku

Ohřívání

Pro zaručení natavení plastového granulátu je na zařízení instalována dvojice, případně trojice, topných pásků. Odporové topné pásy (obr. 37), každý o výkonu 90 Wattů, jsou napájeny napětím 230 V.

Správným rozmístěním a počtem topných článků je možno do jisté míry regulovat rozložení teplot po celé délce výtlačné komory. To je důležité pro různé typy vstupního materiálu.



Obr. 37: Topné pásy [14]

Lamač, tryska

Nedílnou součástí zařízení pro vytlačování/vstřikování plastů je i tzv. lamač. Tato komponenta slouží k homogenizaci výstupní hmoty a zamezení tvorby bublin ve výstupním materiálu. Navržený extrudér jej obsahuje také. Nachází se mezi koncem dopravníku a tryskou. Lamač je tvořen ocelovým sítem, jak je zobrazeno na obr. 38 a).



a) Lamač

b) Vytlačovací hlava

c) Tryska

Obr. 38: Lamač, vytlačovací hlava, tryska

Tavící komora je ukončena vytlačovací hlavicí (viz obr. 38 b)). Uspořádání je takové, že vytlačovací hlavice drží lamač a z druhé strany je do ní zašroubována tryska. Samotná hlavice je opatřena vnitřním závitem pro snadné spojení s tavící komorou. Dále, jak ukazuje obr. 33, je proveden kuželový náběh k otvoru trysky.

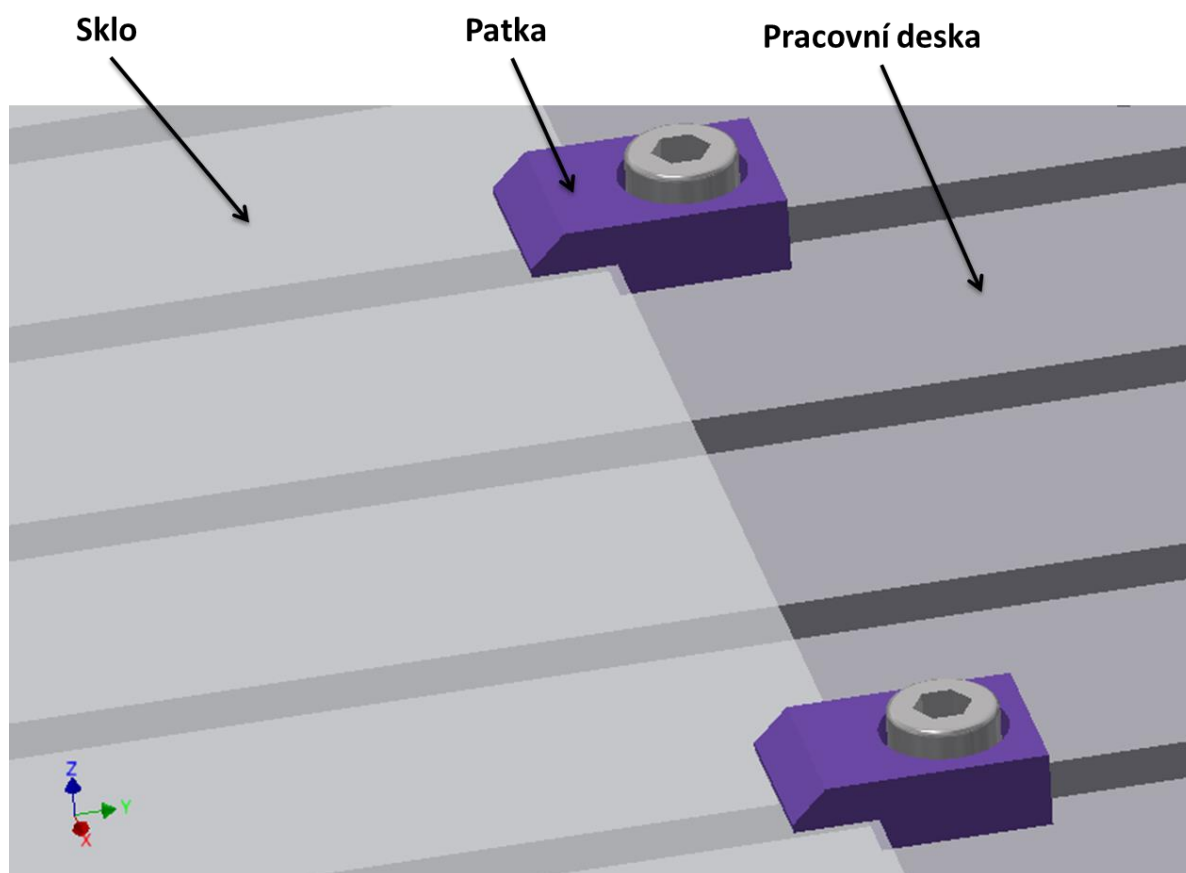
Poslední částí, kterou tavenina prochází, je tryska. Trysky jsou volně prodejné jako příslušenství k 3D tiskárnám. Zde lze použít všechny trysky se závitem M6. Pro potřeby prototypové výroby budou použity trysky o \varnothing 1, 1,5 a 2 mm.

8.1.3. Pracovní deska – tisková plocha

Tisková podložka je pro tisk stejně důležitá jako samotné extruzní zařízení. U konvenčních 3D tiskáren můžeme vybírat z podložek vyhřívaných, nebo podložek studených. V našem případě téměř odpadá možnost použít podložku vyhřívanou. U této koncepce by docházelo k tepelným deformacím, které by vedly k nepřesnostem výroby. A náklady na pořízení vyhřívané hliníkové desky, ať broušené, či voštinové, by byly enormně vysoké.

Podložka je proto zvolena nevyhřívaná, tj. „studená“. Jedná se o skleněnou desku tloušťky 4 mm, která je pomocí patek přichycena k pracovní desce zařízení (viz obr. 39).

Patky jsou navrženy a vyrobeny z materiálu PLA pomocí metody 3D tisku. Pomocí šroubů jsou upevněny k pracovní desce stroje.



Obr. 39: Upevnění tiskové podložky

8.1.4. Automatické doplňování granulátu

Jak již bylo zmíněno, zařízení disponuje automatickým doplňováním granulátu z externího zdroje. To je obzvláště výhodné při tisku velkých výrobků, protože není nutné měnit plastový filament.

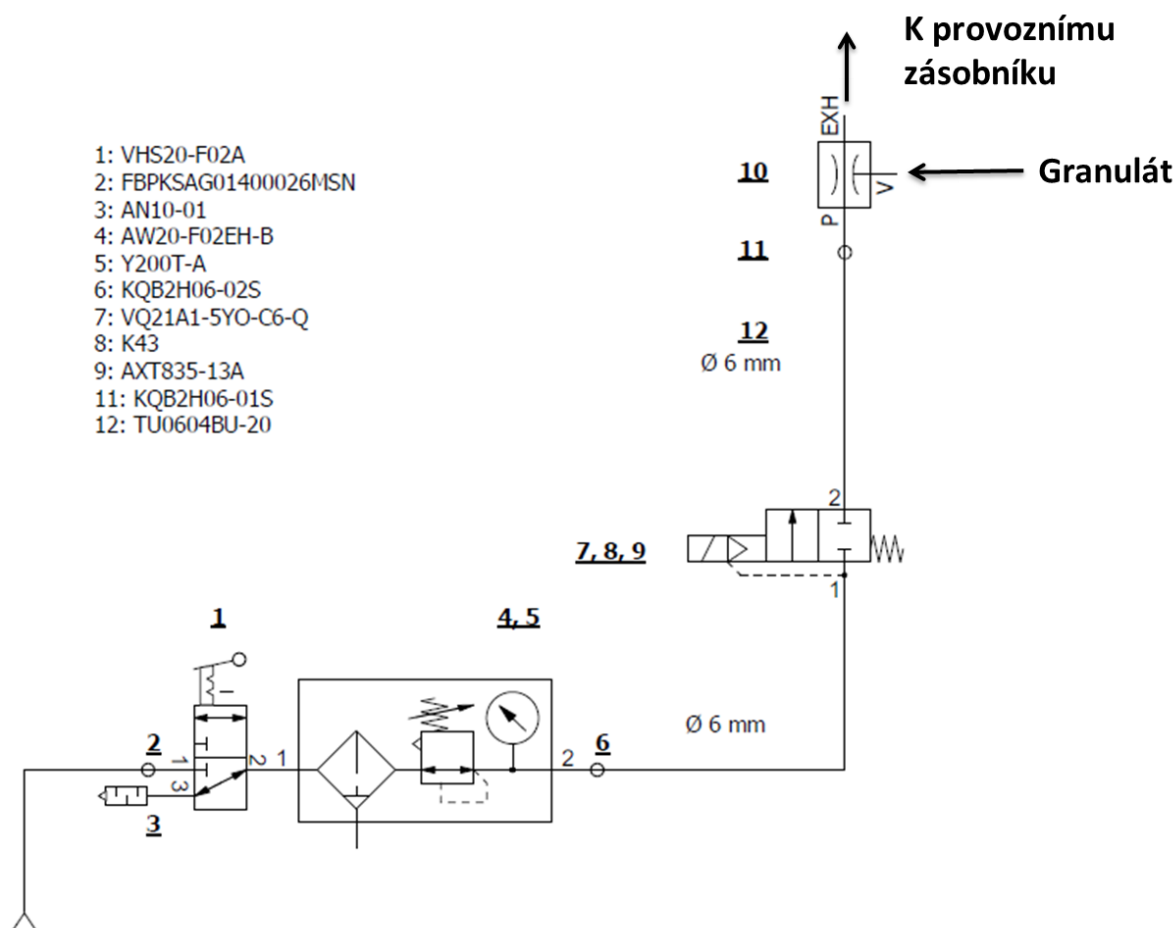
Automatické doplňování funguje na principu difusoru. Samotná realizace je provedena pomocí ejektoru (zesilovače průtoku) od firmy SMC. K zesilovači je připojen tlakový vzduch a pomocí vstupní a výstupní trubice dochází k manipulaci s granulátem.

Na obr. 40 je schéma zapojení pneumatického obvodu pro automatické doplňování granulátu. Vstupní tlakový vzduch proudí skrz vstupní jednotku, která se stará o jeho úpravu

(filtrace, regulace tlaku), k elektricky řízenému monostabilnímu ventilu. Ventil je spínán elektrickým signálem z řídicí jednotky zařízení.

Zde je důležité zmínit, že se nejedná o řídicí elektroniku představenou v kapitole 7. Jedná se o nadřazenou řídicí elektroniku, která úzce spolupracuje s řídicím obvodem stroje, ale zároveň je schopna řídit i periférii tiskového procesu. K tomu je určen buď samotný počítač, nebo Arduino MEGA 2560.

Poslední fází je vstup vzduchu do ejektoru, kde dochází k zesílení výstupního tlaku a vytvoření podtlaku pro nasátí granulátu.



Obr. 40: Pneumatické schéma zapojení ejektoru

Skutečné zapojení je sdruženo na desku spolu se zařízením pro chlazení extrudéru. Toto zapojení je vizualizováno na obr. 43.

8.1.5. Chlazení extrudéru v rámci stroje

Jak již bylo zmíněno výše, extrudér disponuje dvojicí chladících okruhů. Aby bylo chlazení funkční, jsou tyto okruhy připojeny do chladícího okruhu stroje.

Okruh chlazení stroje se skládá z čerpadla, které vytlačuje studenou chladicí kapalinu do vedení směrem k extrudéru. Ohřátá kapalina z extrudéru je přiváděna potrubím do dvojice chladičů a po ochlazení zpět do zásobníku chladicí kapaliny. Obr. 41 zachycuje snímek chladiče a ventilátoru použitých pro chlazení ohřáté kapaliny. Na obr. 42 vidíme čerpadlo pro zajištění cirkulace chladícího média.



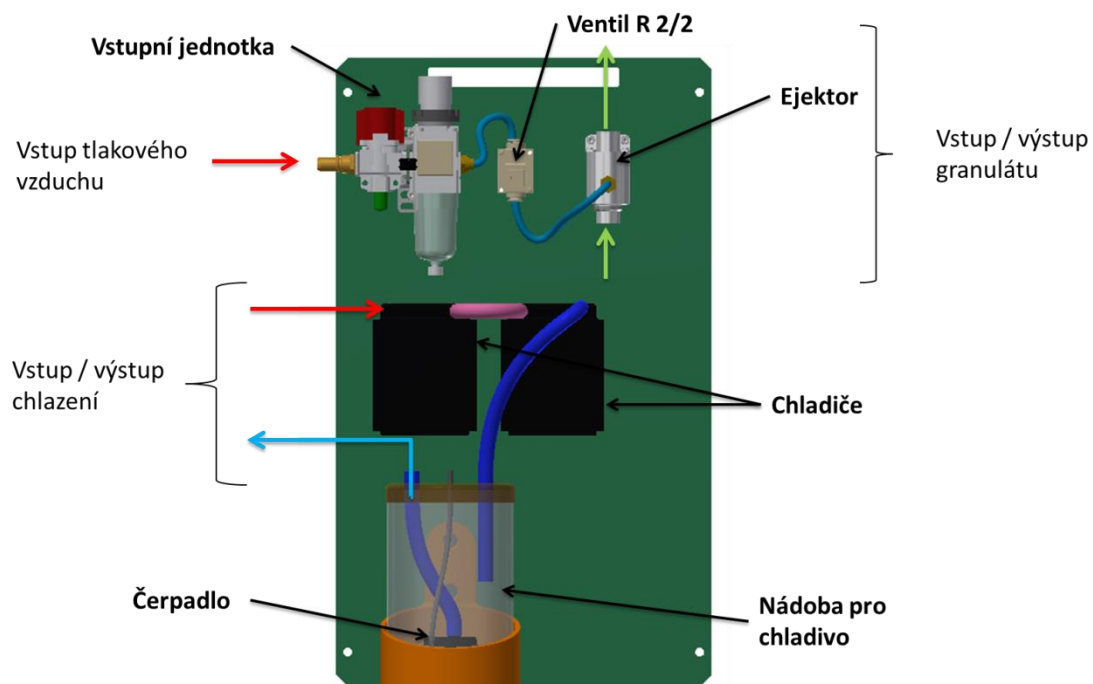
Obr. 41: Chladič a ventilátor



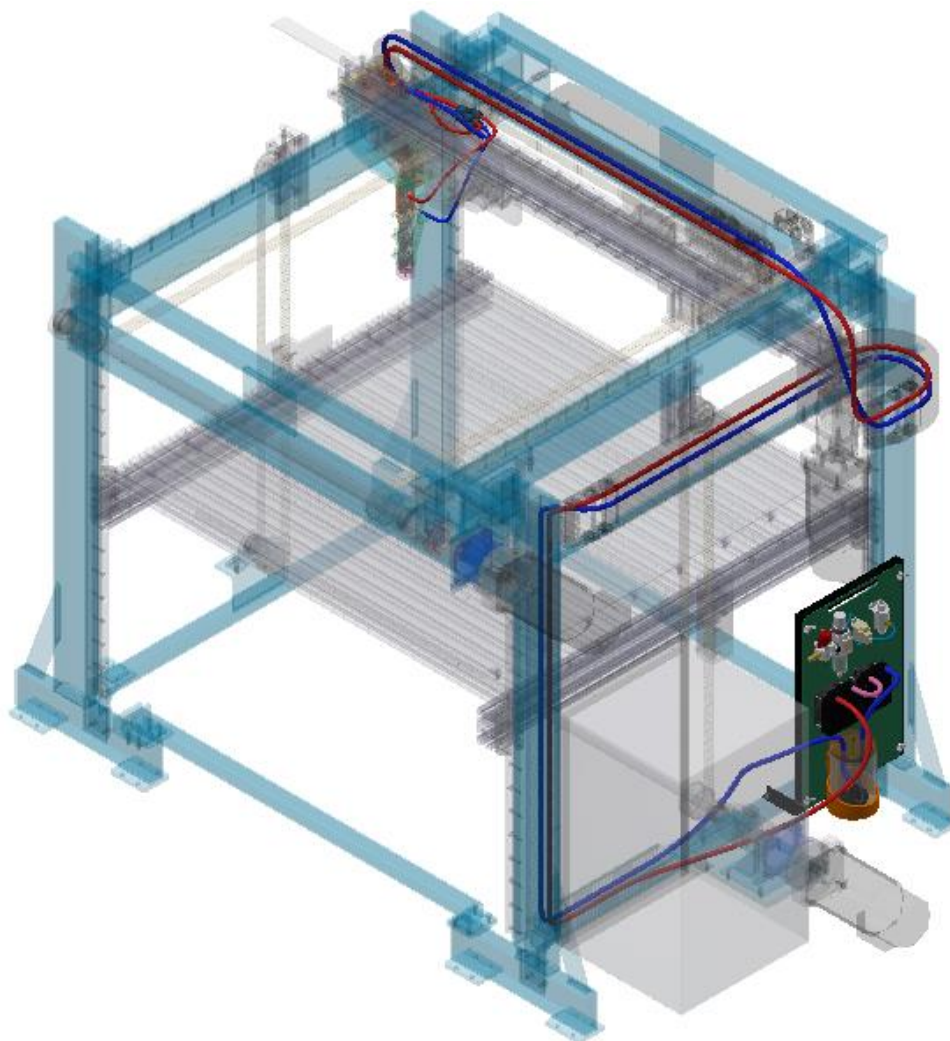
Obr. 42: Čerpadlo

Komponenty chlazení společně s prvky pneumatického obvodu doplňování granulátu jsou umístěny na pracovní desku. Ta může být s každým použitým nástrojem vyměněna dle potřeb daného přídatného zařízení. Nosná deska spolu se zařízením je vizualizována obr. 43.

Na obr. 44 je zobrazeno vedení chladicího systému na stroji. Vedení je realizováno pryžovými hadicemi.



Obr. 43: Automatické doplňování granulátu + chlazení extrudéru



Obr. 44: Chladič systém

8.2. Obráběcí vřeteno

Dalším nástrojem, který můžeme připevnit na manipulační zařízení, je obráběcí vřeteno. Tím získáme počítačově řízenou frézku s velkým pracovním prostorem. Ovšem z hlediska uložení nosné desky a velikosti sil, které vznikají při obrábění, je možné využít tento způsob pro frézování měkkých materiálů, jako je například polystyrén.

Obráběcí vřeteno je uvažováno jako doplněk k metodě 3D tisku, protože je mnohdy zapotřebí výsledný výrobek upravit.

Na obr. 45 je jako příklad uvedeno obráběcí vřeteno ISA 750 od společnosti ISEL, které je možné osadit na manipulátor a vytvořit tak frézku.



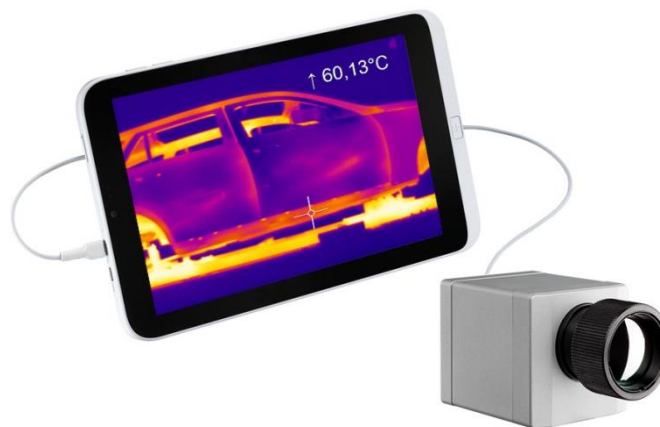
Obr. 45: Vřeteno ISEL - ISA 750 [24]

8.3. Kamera

Vhodným doplňkem, nebo nástrojem lze posunout činnosti probíhající na zařízení do jiné dimenze. Rozšíříme-li zařízení například o kameru, ať normální nebo termokameru, můžeme zařízení použít i k vědeckým experimentům a přesnému doladění technologií.

Obr. 46 uvádí termokameru OPTRIS – PI 160 jako možný doplněk zařízení. Použitím této technologie je možné sledovat například rozložení teplotních polí při metodě 3D tisku a celý proces optimalizovat tak, že bude plast vrstven rovnoměrně s co nejmenší výslednou deformací výrobku.

Při použití této technologie je možné zařízení doplnit i o horkovzdušný agregát, kterým lze výrobek a tiskovou plochu ofukovat pro získání nejvyšší kvality výrobku.

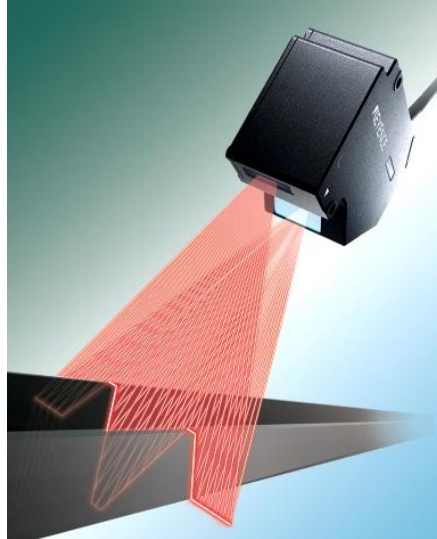


Obr. 46: Termokamera OPTRIS - PI 160 [25]

8.4. Scanner

Další možnost uplatnění zařízení je v oblasti skenování povrchu a tvaru komponent. Osadíme-li nosnou desku skenovacím zařízením, získáme scanner, který může snímat díl umístěný na pracovní stůl. Z takto získaných dat dokážeme replikovat měřený díl. Tím například ověříme, zda navržené a vyrobené součásti mají stejné tvary a rozměry. Také jej lze s výhodou využít ke kontrole tvaru výrobku během i po skončení tisku.

Jednou z možností použití je na obr. 47 uvedená skenovací hlava LJ-G200 od výrobce Keyence.



Obr. 47: Scanner KEYENCE LJ-G200 [26]

8.5. Laser

Pro účely laserového gravírování, nebo popisování můžeme navržené manipulační zařízení použít, pokud jako nástroj na nosnou desku umístíme laserové gravírovací a popisovací zařízení. Například na obr. 48 uvedené zařízení MD-X1000 od výrobce Keyence.

Další možností je vypalování materiálů pomocí laseru. K tomu by ovšem musela být více upravena konstrukce stroje. Pracovní deska by byla nahrazena kovovým roštem. A pod tímto roštem by musel být kryt, který by chránil ostatní části manipulačního zařízení před poškozením.



Obr. 48: Laserové zařízení - Keyence MD-X1000 [19]

9. Výměnné moduly – upínání nástrojů

Upínání nástrojů na manipulační zařízení je možné realizovat několika způsoby. Prvním z nich je řešení dle dosavadní koncepce, tzn. upínání pomocí nosné desky. Každý nástroj má svoji nosnou desku, která je pomocí šroubů připevněna na domky lineárních posuvů. Dalším způsobem je univerzální upínač. Každý nástroj poté obsahuje specifický díl, který přesně zapadá do upínače.

9.1. Upínání pomocí nosné desky

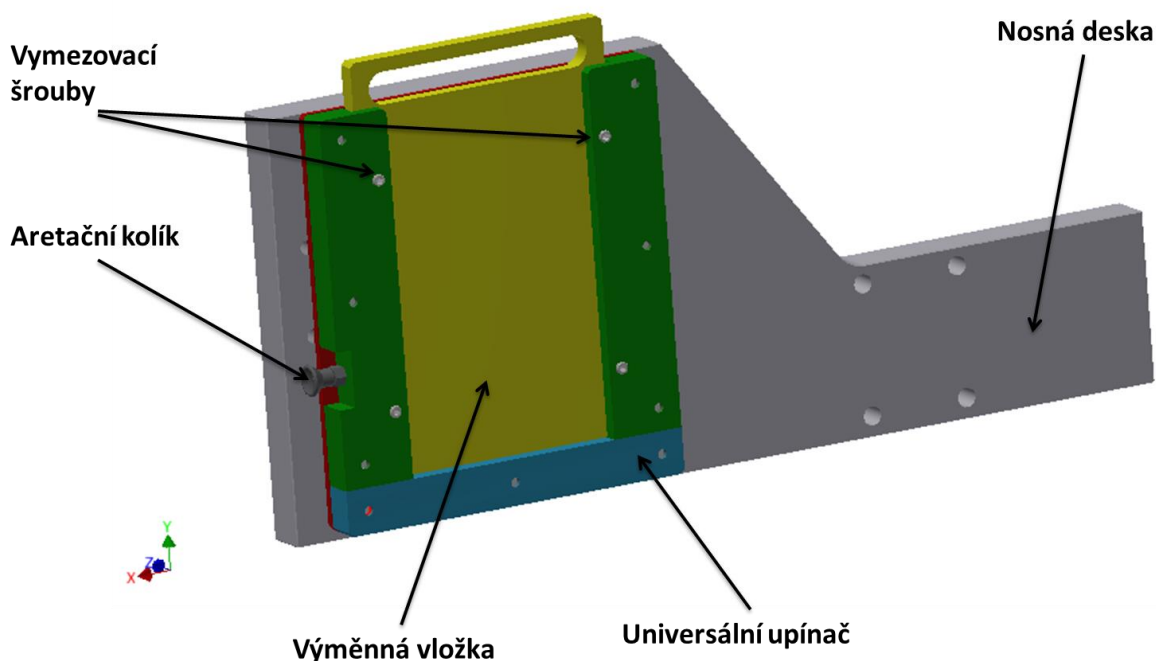
Tento způsob upínání reflektuje stávající koncepci stroje. K upínání jsou využity nosné desky (viz obr. 3 pozice 2), které jsou připevněny na ložiskové domky lineárního vedení. Na této nosné desce je přímo upevněn nástroj, jako například extrudér (obr. 32).

Každý nástroj musí mít svoji nosnou desku, nebo držet upevňovací rozměry dle ostatních nástrojů. To je vzhledem k použití rozmanitých druhů nástrojů značně nepraktické a neuniverzální. Při výměně nástroje je navíc nutné demontovat celou desku, upevnění řemenu a kabelového vedení. To zvyšuje čas a náročnost výměny.

Pro některé nástroje je ovšem výhodnější použít toto řešení. Především se jedná o nástroje, které budou používány dlouhodobě, nebo je u nich požadována minimalizace přídavných vůlí. Například extrudér, případně obráběcí vřeteno.

9.2. Univerzální upínač

S přihlédnutím k výše zmíněným nedostatkům je navržen univerzální upínač, který je připevněn na nosné desce stroje a zároveň umožňuje jednoduchou výměnu nástroje.



Obr. 49: Univerzální upínač

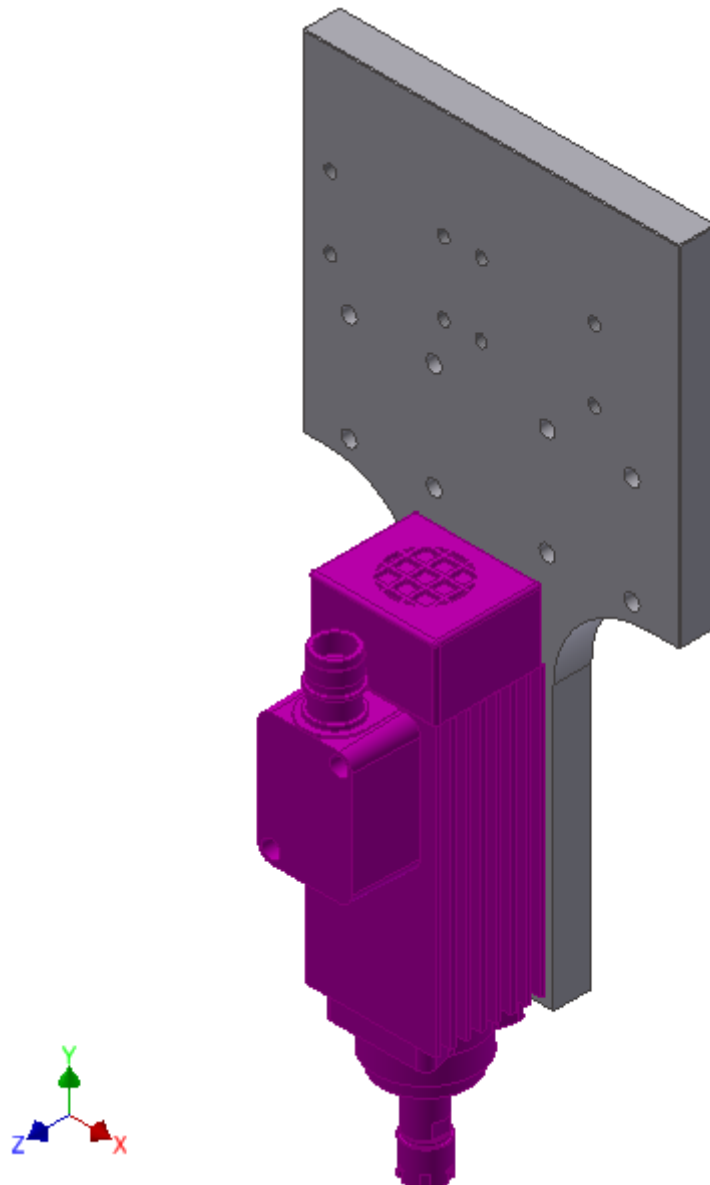
Obr. 49 zobrazuje univerzální upínací systém skládající se ze zadní desky (červená) a vodících lišt (zelená a modrá). Žlutě je znázorněna univerzální „paletka“, která se používá pro upevnění nástroje a případně jeho další periferie.

Přihlédneme-li k výrobním možnostem, je levnější vytvořit slot na plochou desku než na desku rybinovou. Plochá deska – výměnná vložka (žlutá) - je navržena jako výpalek z plechu. Pozice desky v upínači je definována aretačním kolíkem, který stanovuje jednoznačnou pozici. Pro případné vymezení vůlí je výměnná vložka po zasunutí do slotu dotažena čtveřicí stavěcích šroubů.

Výhodou tohoto způsobu upínání nástrojů je především jejich velice rychlá výměna, jednodušší a levnější výroba výměnné vložky a případná univerzálnost na více zařízeních.

9.3. Příklady upnutých nástrojů

9.3.1. Obráběcí vřeteno



Obr. 50: Obráběcí vřeteno

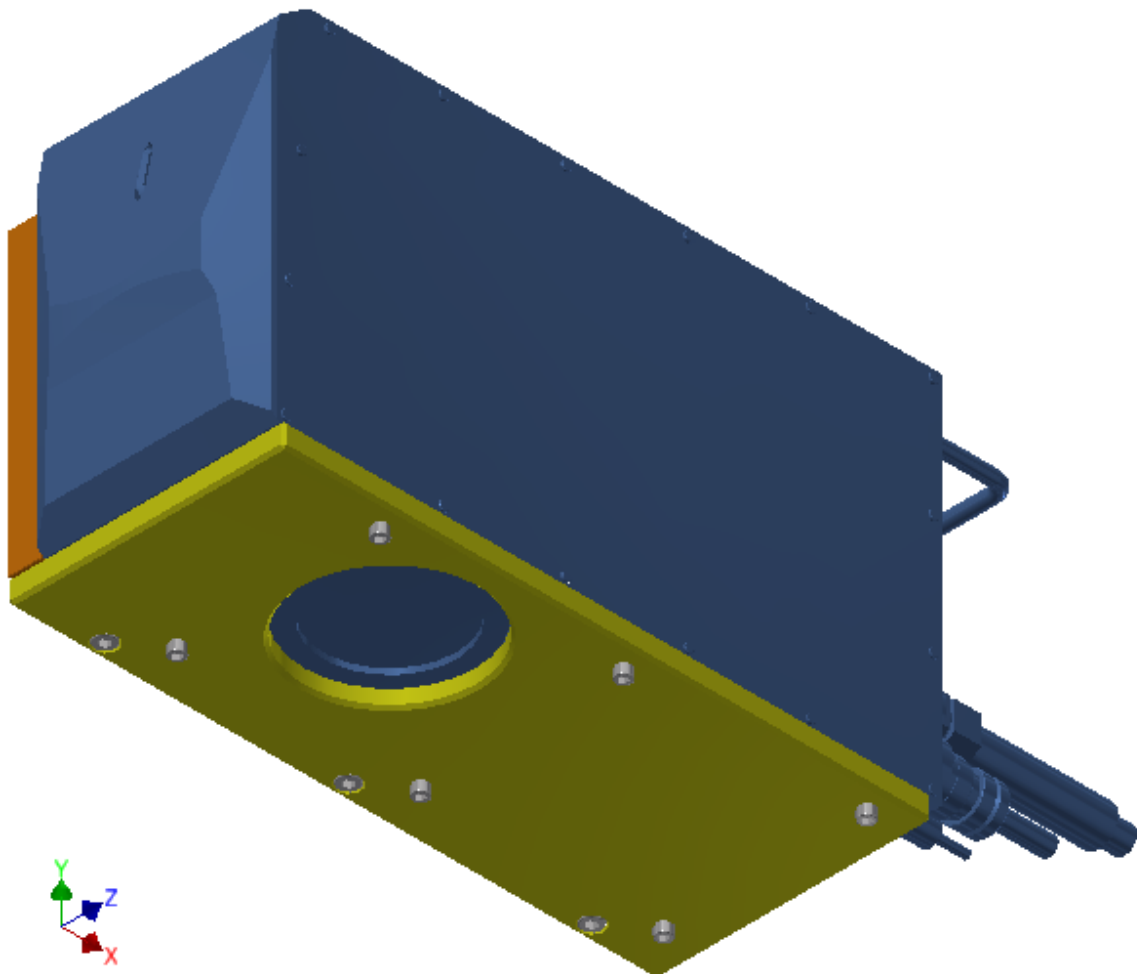
Na obr. 50 vidíme příklad upevněného obráběcího vřetene na modifikovanou nosnou desku. Můžeme si povšimnout značného posunutí obráběcího vřetena směrem dolů tak, aby

bylo zaručeno frézování materiálu. Obráběcí vřeteno je od společnosti ISEL, model ISA 750.

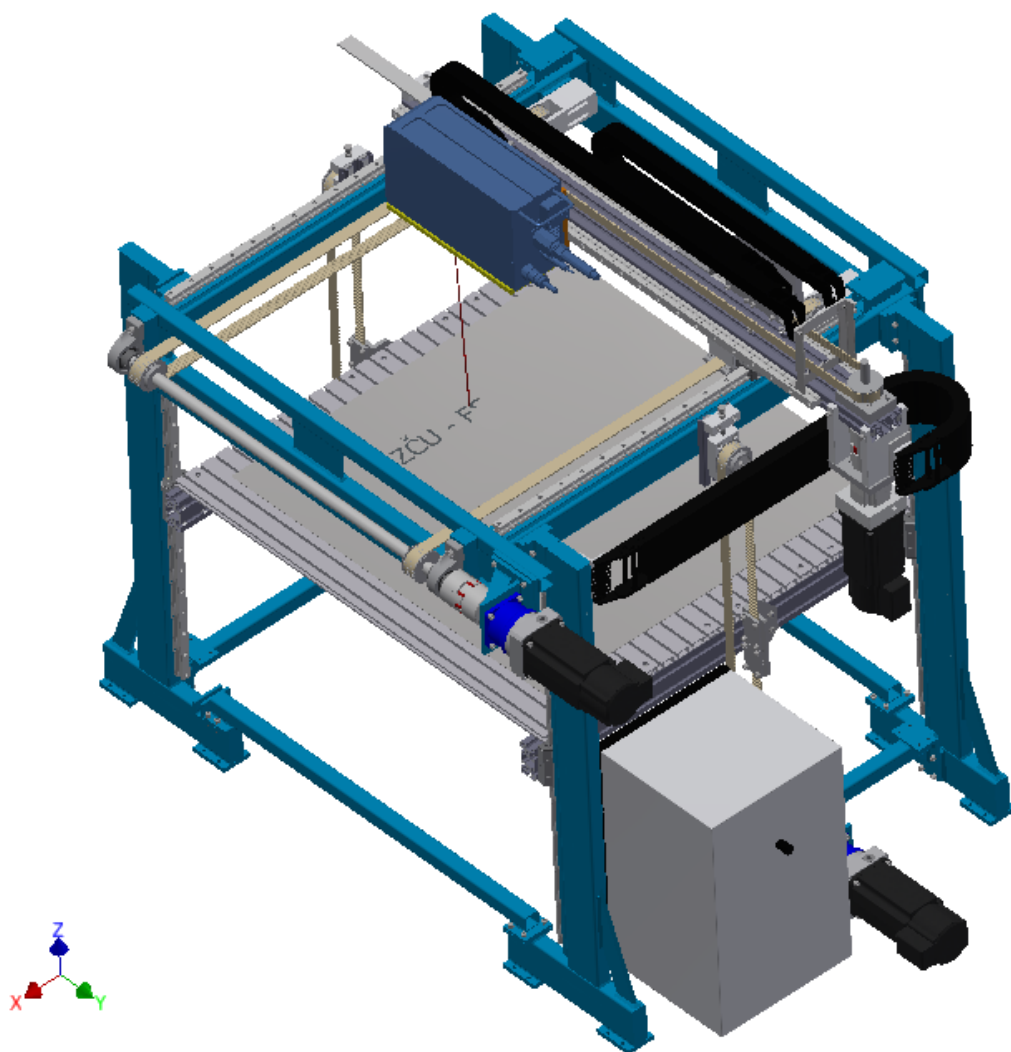
9.3.2. Laser

Pro použití popisovací laserové hlavy, například typ MD-X1000 od výrobce Keyence, musíme nosnou desku upravit. Návrh úpravy zobrazuje obr. 51.

Řídící elektronika a zdroj laseru je umístěn na rámu zařízení a laserový paprsek je přiváděn pomocí optického vlákna do popisovací hlavy. Ta následně umožní gravírování povrchu, popis, řezání tenkých materiálů, plastů atd. Ilustrace možného použití popisovací hlavy je zobrazena na obr. 52.



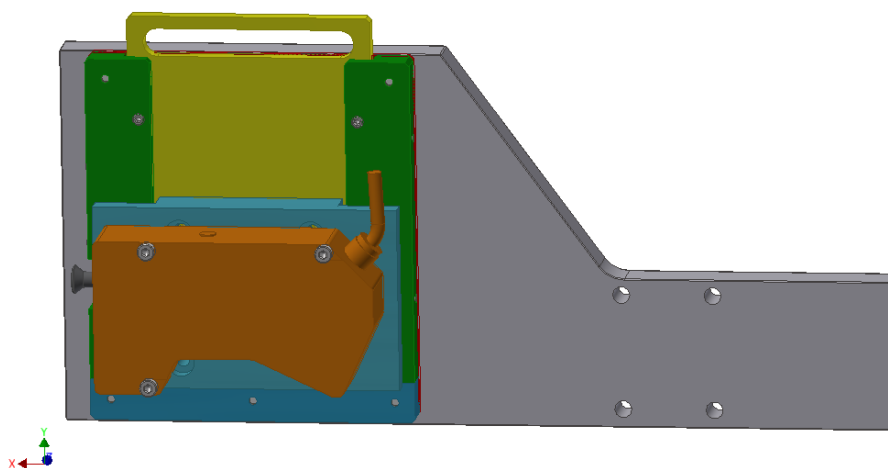
Obr. 51: Laserová hlava



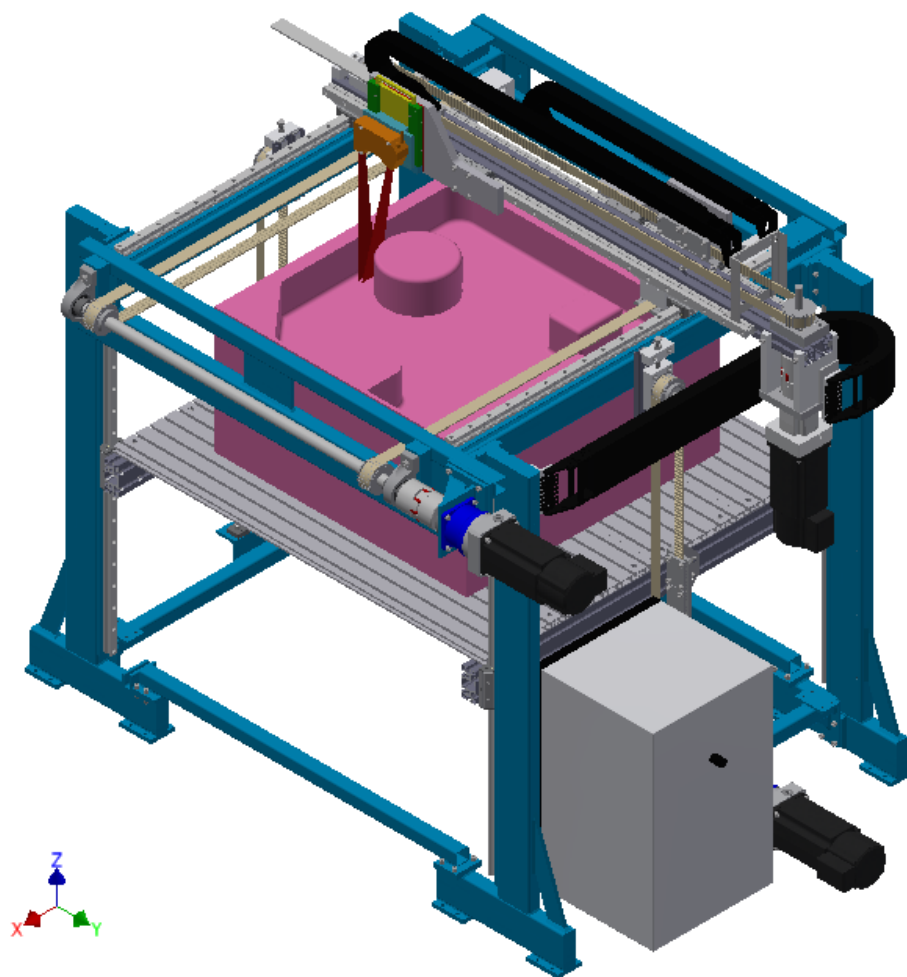
Obr. 52: Použití laserového popisovacího zařízení

9.3.3. Scanner

Obr. 53 zobrazuje skenovací hlavu KEYENCE LJ-G200 upevněnou pomocí universálního upínače na nosnou desku stroje. Na obr. 54 vidíme možné uplatnění skenovacího zařízení při skenování formy.



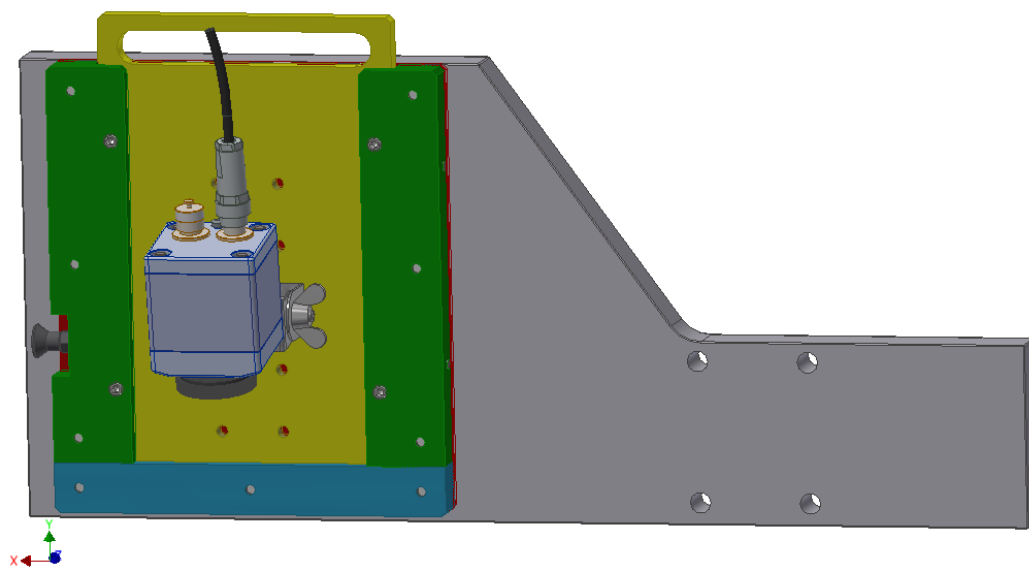
Obr. 53: Scanner



Obr. 54: Skenování objektů pomocí scanneru

9.3.4. Kamera

Pomocí univerzálního upínače můžeme též vybavit stroj kamerou, nebo termokamerou, jak je zobrazeno na obr. 55. Zde je použita termokamera od společnosti OPTRIS, typ PI 160.

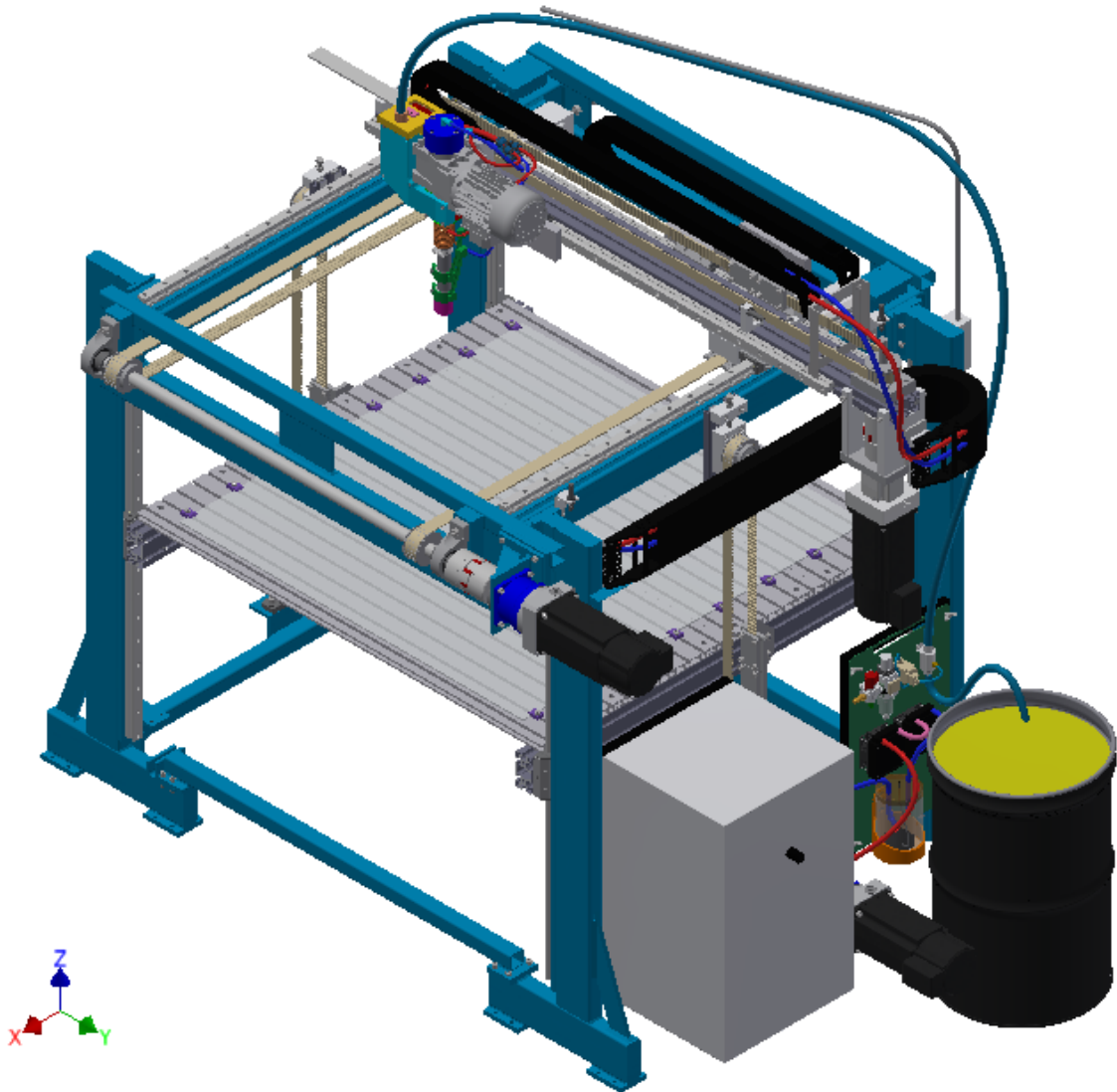


Obr. 55: Kamera

10. Finální návrh a použití

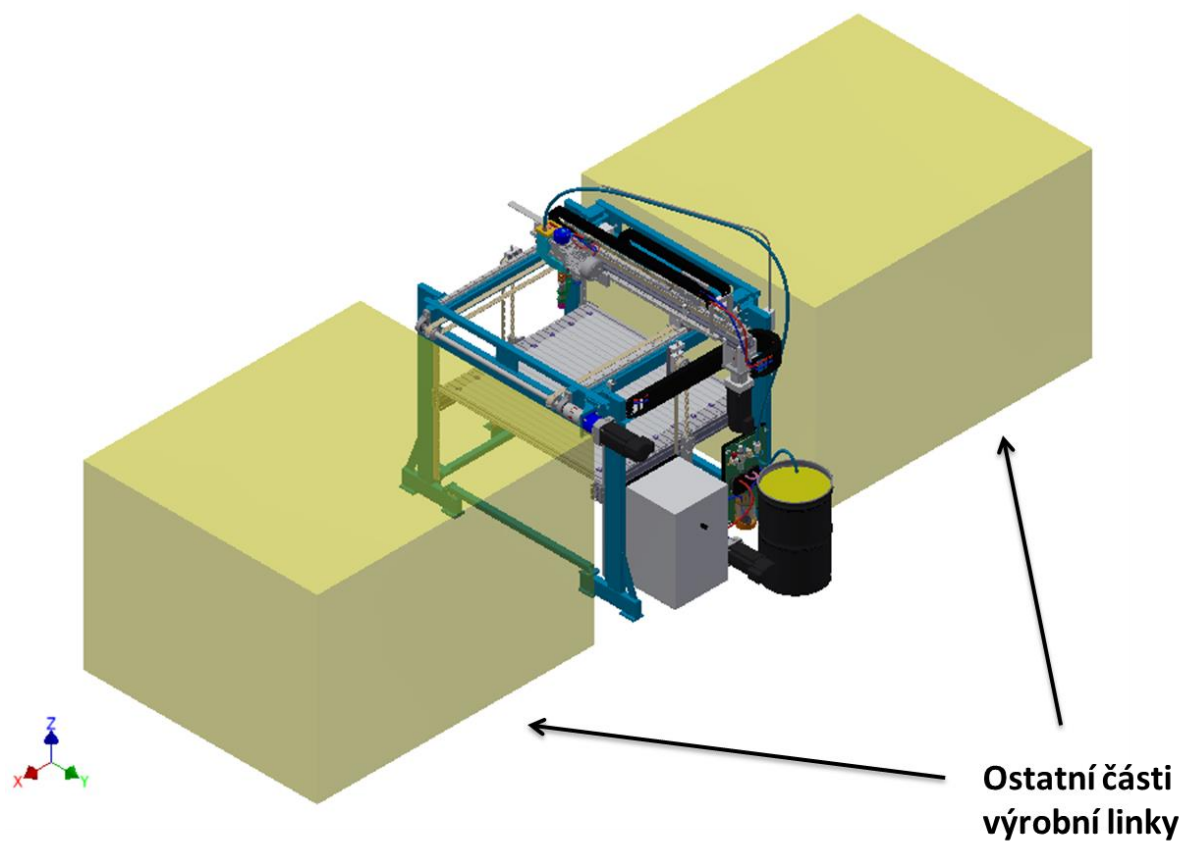
V předchozí části práce byly popisovány jednotlivé části stroje, části nástrojů atd. Na obr. 56 můžeme vidět finální návrh víceúčelového manipulačního zařízení pro prototypovou výrobu dílů za současného použití extrudéru plastického materiálu. V této sestavě je do budoucna předpokládáno nejvyšší využití zařízení.

Vstupní plastový granulát je umístěn v externím zásobníku, například v sudu, jak je zobrazeno na obr. 56. V případě potřeby lze použít speciální zařízení, která zahrnují sušení, skladování a případně i dopravu granulátu.



Obr. 56: Víceúčelové zařízení pro prototypovou výrobu dílů

Výhodou tohoto zařízení je jeho jednoduchá přestavba na tříosé manipulační zařízení pro jinou aplikaci. Dalším kladem je kompaktnost celé konstrukce, protože jí lze jednoduše začlenit do průběžné výrobní linky, jak naznačuje obr. 57.



Obr. 57: Začlenění zařízení do výrobní linky

V rámci konstrukčního návrhu byla zpracována i výkresová dokumentace. Výkresy některých komponent jsou přílohou této práce.

11. Reálná konstrukce

Tato kapitola několika snímky zachycuje výrobu navrženého manipulačního zařízení a extrudéru plastového materiálu.



Obr. 58: Výroba manipulačního zařízení

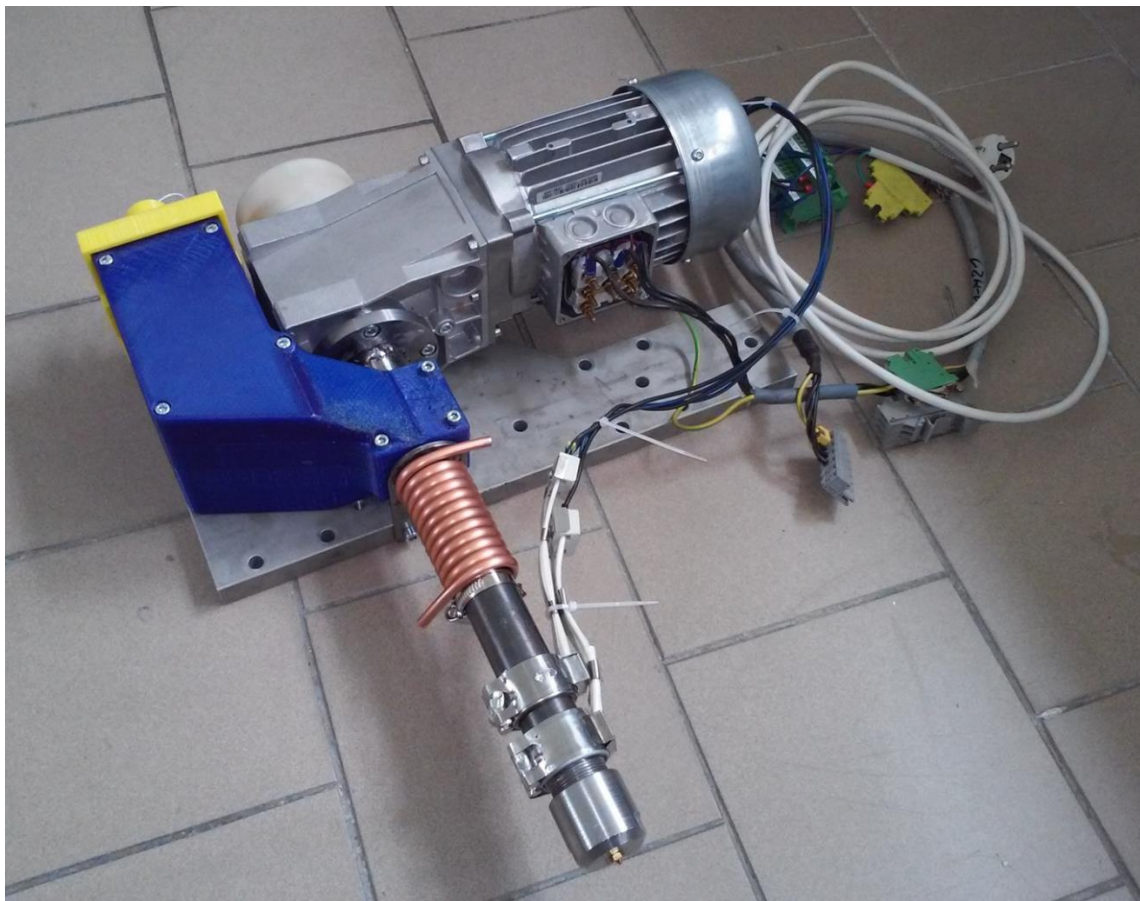
Na obr. 58 je zachycen průběh přestavby manipulátoru. Vlevo nahoře lze vidět montáž motorů, vpravo aplikaci řídicí skříně, vlevo dole pohled na pracovní desku zařízení a vpravo dole je zobrazení včetně instalovaného extrudéru.

Obr. 59 zobrazuje několik záběrů z průběhu výroby extrudéru plastického materiálu. Vidíme zde například frézování otvorů příruby tavící komory, výtlačnou hlavici společně s výtlačnou komorou, dále dopravník vstupní suroviny a motor s výtlačnou komorou a dopravníkem.

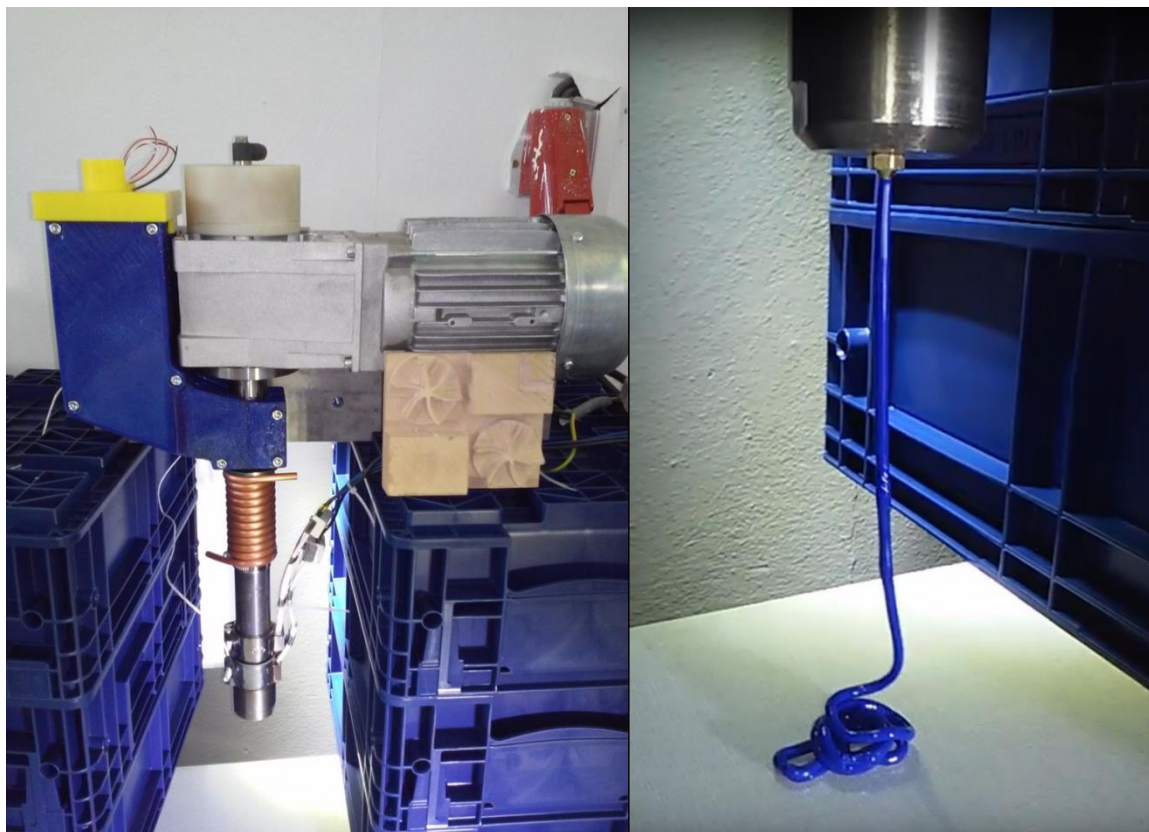


Obr. 59: Výroba komponent extrudéru

Vyrobený extrudér plastického materiálu je možno vidět na obr. 60. Extrudér je takto připravený na testovací provoz, který je následně zachycen na obr. 61. Při tomto testování byly použity trysky o průměru 1, 1,5 a 2 mm. Pracovní teploty v rozsahu 180 – 250 °C. Vstupním granulátem byl, z důvodu dostupnosti, polypropylen. Tento materiál není vhodný pro 3D tisk, ale jak můžeme vidět, extrudér vytlačuje konzistentní vlákno konstantního průřezu.



Obr. 60: Extrudér plastického granulátu



Obr. 61: Testování extrudéru

12. Ekonomické zhodnocení

12.1. Manipulátor

Součástí práce je i ekonomické zhodnocení navrženého řešení přestavby manipulátorů na víceúčelové zařízení pro prototypovou výrobu dílů. V rámci tohoto hodnocení dochází k porovnání s variantou, která zohledňuje výrobu zcela nového stroje a také variantou stroje nakupovaného.

Ekonomické zhodnocení je rozděleno do dvou částí. Nejprve jsou porovnána tříosa manipulační zařízení dle výše zmíněného rozdělení. Následně je proveden ekonomický rozbor navrženého extrudéru. Celková cena zařízení je vždy dána součtem ceny manipulátoru a ceny nástroje (extrudéru). Všechny ceny jsou v Kč bez DPH.

Kalkulační schéma	Manipulátor		
	Přestavba	Výroba	Koupené
Přímý materiál	31 900 Kč	458 600 Kč	833 000 Kč
Přímé mzdy	53 500 Kč	124 600 Kč	23 200 Kč
Výrobní režie	64 200 Kč	149 520 Kč	27 840 Kč
Vlastní náklady výroby	149 600 Kč	732 720 Kč	884 040 Kč
Správní a odbytová režie	20 000 Kč	20 000 Kč	20 000 Kč
Úplné vlastní náklady výkonu	169 600 Kč	752 720 Kč	904 040 Kč
Zisk	16 960 Kč	75 272 Kč	90 404 Kč
Prodejní cena	186 560 Kč	827 992 Kč	994 444 Kč

Tab. 9: Kalkulace nákladů – manipulátor

V tab. 9 je uvedeno porovnání manipulačních zařízení. Jsou porovnána 3 manipulační zařízení, a to: 1. manipulátor přestavěný dle návrhu této práce, 2. zcela nově vyráběné zařízení dle řešení přestavby a 3. manipulační zařízení koupené a sestavené od společnosti FESTO. Z prodejních cen, tj. cena, kterou platí zákazník, vidíme, že nejlevněji vychází zařízení přestavěné z komponent dodaných zákazníkem. Pokud bychom varianty posuzovali z hlediska časové náročnosti a celkové pracnosti, je nejvýhodnější manipulátor nakupovaný a následně zákazníkovi sestavený.

12.2. Nástroj

V následující tab. 10 je provedena kalkulace nákladů výroby extrudéru V kalkulaci je zahrnuta i výroba obslužné periferie (chlazení, doplňování granulátu). Celková cena zařízení pro zákazníka je **98 725 Kč bez DPH**.

Kalkulační schéma	Extrudér
	Výroba
Přímý materiál	25 750 Kč
Přímé mzdy	20 000 Kč
Výrobní režie	24 000 Kč
Vlastní náklady výroby	69 750 Kč
Správní a odbytová režie	20 000 Kč
Úplné vlastní náklady výkonu	89 750 Kč
Zisk	8 975 Kč
Prodejní cena	98 725 Kč

Tab. 10: Kalkulace nákladů - extrudér

Extrudér je nástroj, kterým by byly osazeny všechny porovnávané varianty manipulátorů, proto jej v následující kapitole zahrneme do celkové ceny zařízení.

12.3. Celý stroj

Celková cena navrženého a vyrobeného zařízení, včetně nástroje je uvedena v tab. 11 a po zaokrouhlení je rovna **285 000 Kč bez DPH**. Oproti ostatním možným variantám řešení zadavatel ušetřil minimálně 641 000 Kč.

Zařízení	
Manipulátor	186 560 Kč
Extrudér	98 725 Kč
Celkem	285 285 Kč

Tab. 11: Prodejní cena - celé zařízení

13. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo provedení konstrukčního návrhu a následně i přestavby několika manipulačních zařízení na zařízení pro prototypovou výrobu dílů. Součástí řešení byl také návrh a výroba extrudéru plastového materiálu a návrh dalších nástrojů společně s jejich začleněním do koncepce zařízení. Zároveň byl navržen univerzální způsob upínání nástrojů.

Celou práci můžeme rozdělit do čtyř podoblastí, které budou nyní představeny a zhodnoceny. V první části práce dochází k představení zadané problematiky, seznámení se s výchozím stavem a dostupnými komponenty poskytnutými zadavatelem. Poté následuje návrh koncepce se stanovením požadovaných parametrů navrhovaného zařízení.

Druhá část je zaměřena na konstrukční návrh manipulačního zařízení s ohledem na dostupné části a komponenty ze zdrojových manipulátorů. Konstrukční návrh je realizován pomocí CAD systému Inventor Professional 2016. Analytickými výpočty je zde provedeno ověření důležitých konstrukčních uzlů celé konstrukce.

Dalším krokem je návrh elektrického zapojení řídicí elektroniky stroje a jeho následná realizace.

Třetí část práce pojednává o návrhu nástrojů, které jsou žádané zadavatelem a dalších doplňkových nástrojích, o které lze výsledné zařízení vhodně rozšířit. Navazuje kapitola zaměřená na způsoby upínání nástrojů. Návrh nástrojů a upínačů je realizován v CAD softwaru Inventor.

Poslední část práce shrnuje obsah předchozích kapitol do jediného řešení. Je zde vyobrazen celkový návrh manipulačního zařízení včetně nástroje (extrudéru) pro prototypovou výrobu dílů. A také je zachycena přestavba manipulačního zařízení a výroba extrudéru plastického materiálu. Poslední kapitolou diplomové práce je ekonomické zhodnocení celého řešení.

Důvodem k vypracování této diplomové práce byl požadavek zadavatele Katedry konstruování strojů Západočeské univerzity v Plzni na vytvoření zařízení pro prototypovou výrobu dílů za použití poskytnutých komponent. V rámci řešení práce byl uskutečněn konstrukční návrh celého zařízení včetně návrhu extrudéru plastických materiálů a dalších nástrojů. Součástí práce byla i realizace přestavby a výsledné testování zařízení.

Řešením diplomové práce bylo dosaženo propojení teorie návrhu strojů slučující několik multidisciplinárních vědních oborů s praktickou realizací navrženého zařízení.

14. Seznam použité literatury

- [1] HOSNEDL, S; KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra 1*. Praha: Computer Press, 1999.
- [2] HOSNEDL, S; KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra 2*. Praha: Computer Press, 1999.
- [3] Franke. [online]. [cit. 2017-12-9]. Dostupné z WWW: <https://www.franke-gmbh.com/linear-systems/products/linear-guides/fda/>.
- [4] Magnaproducts. [online]. [cit. 2017-12-9]. Dostupné z WWW: http://www.magna-products.com/content/file/MKD_PR07.pdf
- [5] Wittenstein. [online]. [cit. 2017-12-9]. Dostupné z WWW: http://www.wittenstein.se/download/WITTENSTEIN_produktkatalog.pdf
- [6] Bosch Rexroth. [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z WWW: https://www.boschrexroth.com/country_units/america/unitedstates/sub_websites/brus_dcc/products/downloads/R999000019.pdf
- [7] Brecoflex. [online]. [cit. 2018-01-13]. Dostupné z WWW: <http://www.brecoflex.com/wp-content/uploads/2016/07/B204.pdf>
- [8] Energetika. [online]. [cit. 2018-02-02]. Dostupné z WWW: <http://oenergetice.cz/wp-content/uploads/2016/03/Extruder.jpg>
- [9] RichRap. [online]. [cit. 2017-10-05]. Dostupné z WWW: <https://richrap.blogspot.cz/2014/12/no-more-filament-quest-for-universal.html>
- [10] YouMagine. [online]. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z WWW: <https://www.youmagine.com/designs/universal-pellet-extruder-reprap-3d-printing>
- [11] PreciousPlastic. [online]. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z WWW: <https://preciousplastic.com/en/videos/build/extrusion.html>
- [12] 3dprintingforbeginner. [online]. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z WWW: <http://3dprintingforbeginners.com/how-to-make-diy-filament-for-your-3d-printer/>
- [13] Studentská vědecká a odborná činnost. Zařízení pro extrudaci ABS a jiných materiálů. [online]. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z WWW: <http://docplayer.cz/43319912-Studentska-vedeck-a-odborna-cinnost-2016.html>
- [14] Aliexpress. [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z WWW: https://www.aliexpress.com/store/product/Free-Shipping-35x30mm-35x35mm-35x40mm-Mica-Band-Heater-Stainless-Steel-110V-220V-380V-35mm-Inside-Dia/2954263_32804685442.html?spm=2114.12010108.1000023.7.75805cbfdAHQjH
- [15] BALLUFF. [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z WWW: https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#?data=selection%5Bca%5D%3DA0001%26selection%5Bcg%5D%3DG0101%26selection%5Bproduct%5D%3DF01102%26selection%5Bproduct_variant%5D%3DPV117037

- [16] SMC. [online]. [cit. 2018-03-12]. Dostupné z WWW: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/main/index_restyling.jsp?is_main=yes&lang=cs&ctry=CZ
- [17] Norelem. [online]. [cit. 2018-03-19]. Dostupné z WWW: <https://www.norelem.de/de/en/Products/Product-overview/Flexible-standard-component-system/Sprung-thrust-pads-cam-action-indexing-plungers-stops-centring-and-positioning-units-fasteners-T-slot-nuts/Indexing-plungers/03089-Indexing-plunger/Indexing-plungers-Form-A.html?vn=ViewTableAllArticle&Spring+force%0D%0Ainitial+pressure%0D%0AF1+approx.+N=4%2C5&Form=A&D=3&L2=5&L3=10&H=3%2C5&L=31%2C5&D1=M6x0%2C75&D2=14&Spring+force%0D%0Afinal+pressure%0D%0AF2+approx.+N=10&F+x+30%2C8&SW1=8&L1=12>
- [18] ISEL. [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z WWW: <https://www.isel.com/de/isa-750.html>
- [19] Keyence. [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z WWW: <https://www.keyence.com/index.jsp>
- [20] Festo. [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z WWW: https://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm
- [21] Optris. [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z WWW: <https://www.optris.com/thermal-imager-pi160>
- [22] Balluff. [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z WWW: https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#?data=selection%5Bca%5D%3DA0001%26selection%5Bcg%5D%3DG0101%26selection%5Bproduct%5D%3DF01102%26selection%5Bproduct_variant%5D%3DPV117037
- [23] KTR. [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z WWW: https://www.ktr.com/fileadmin/ktr/media/Tools_Downloads/kataloge/03_backlash-free_jaw_couplings_ROTTEX_GS.pdf
- [24] Isel. [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z WWW: <https://www.isel.com/en/isa-4298.html>
- [25] Optris. [online]. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z WWW: <https://www.optris.cz/thermal-imager-optris-pi160>
- [26] DesignWorld. [online]. [cit. 2018-04-02]. Dostupné z WWW: <https://www.designworldonline.com/high-speed-laser-sensors/>

15. Seznam obrázků

Obr. 1: Manipulátory.....	11
Obr. 2: Princip řešení manipulačního zařízení	12
Obr. 3: Manipulační zařízení.....	14
Obr. 4: Rám stroje	15
Obr. 5: Osové pohyby, lineární vedení.....	16
Obr. 6: Lineární vedení Franke FDA25 [3].....	16
Obr. 7: Hnací soustava stroje	18
Obr. 8: Řemenové převody	20
Obr. 9: Maximální dovolené zatížení řemenů Brecoflex [7].....	20
Obr. 10: Pracovní deska stroje	21
Obr. 11: Pracovní deska stroje - boční pohled	21
Obr. 12: Kabelové vedení - energetické řetězy	22
Obr. 13: Koncové snímače	23
Obr. 14: Balluff BES M12MI-NSC20B-S04G [23].....	23
Obr. 15: Víceúčelové manipulační zařízení	24
Obr. 16: Výpočet ozubených řemenů - osa X	26
Obr. 17: Spojka ROTEX GS 38 [23]	27
Obr. 18: Hmotnosti uvažovaných skupin	27
Obr. 19: Zatížení domků lineárního vedení - osa X	28
Obr. 20: Charakteristické zatížení lineárního vedení [3]	28
Obr. 21: Výpočet ozubeného řemene - osa Y	30
Obr. 22: Zatížení domku lineárního vedení - osa Y	31
Obr. 23: Výpočet ozubených řemenů - osa Z.....	33
Obr. 24: Zatížení domku lineárního vedení - osa Z	34
Obr. 25: Schéma zapojení řídicí elektroniky.....	36
Obr. 26: Schéma zapojení převodníku signálu.....	37
Obr. 27: Reálné zapojení řídicí elektroniky zařízení.....	38
Obr. 28: Schéma extrudéru [8]	39
Obr. 29: Zkušební model extrudéru – RichRap koncepce	40
Obr. 30: Zkušební extrudér s řídicím boxem	40
Obr. 31: Schéma zapojení řízení zkušebního extrudéru.....	41
Obr. 32: Extrudér plastického materiálu	42
Obr. 33: Zařízení pro extruzi plastového vlákna v řezu	43
Obr. 34: Násypka extrudéru	44
Obr. 35: Dopravník	44
Obr. 36: Princip chladicího okruhu dopravníku.....	45
Obr. 37: Topné pásy [14]	46
Obr. 38: Lamač, vytlačovací hlava, tryska.....	46
Obr. 39: Upevnění tiskové podložky.....	47
Obr. 40: Pneumatické schéma zapojení ejektoru	48
Obr. 41: Chladič a ventilátor	49
Obr. 42: Čerpadlo	49
Obr. 43: Automatické doplňování granulátu + chlazení extrudéru.....	50
Obr. 44: Chladicí systém	50
Obr. 45: Vřeteno ISEL - ISA 750 [24].....	51
Obr. 46: Termokamera OPTRIS - PI 160 [25].....	51
Obr. 47: Scanner KEYENCE LJ-G200 [26]	52

Obr. 48: Laserové zařízení - Keyence MD-X1000 [19].....	52
Obr. 49: Universální upínač	53
Obr. 50: Obráběcí vřeteno	54
Obr. 51: Laserová hlava	55
Obr. 52: Použití laserového popisovacího zařízení	56
Obr. 53: Scanner.....	56
Obr. 54: Skenování objektů pomocí scanneru	57
Obr. 55: Kamera.....	57
Obr. 56: Víceúčelové zařízení pro prototypovou výrobu dílů	58
Obr. 57: Začlenění zařízení do výrobní linky.....	59
Obr. 58: Výroba manipulačního zařízení	60
Obr. 59: Výroba komponent extrudéru	61
Obr. 60: Extrudér plastického granulátu	62
Obr. 61: Testování extrudéru	62

16. Seznam tabulek

Tab. 1: Požadované parametry manipulačního zařízení.....	13
Tab. 2: Parametry lineárního vedení - Franke FDA25 [3]	17
Tab. 3: Základní parametry motoru MKD071B.....	18
Tab. 4: Základní parametry převodovky Alpha – Wittenstein.....	19
Tab. 5: Základní parametry převodovky Rexroth	19
Tab. 6: Vstupní hodnoty - osa X	25
Tab. 7: Vstupní hodnoty - osy Y	29
Tab. 8: Vstupní hodnoty - osa Z.....	32
Tab. 9: Kalkulace nákladů – manipulátor	63
Tab. 10: Kalkulace nákladů - extrudér	64
Tab. 11: Prodejní cena - celé zařízení	64

17. Seznam příloh

Příloha č. 1 – Výpočet zátěžného stavu - osa X

Příloha č. 2 – Výpočet dopravníku – extrudér

Příloha č. 3 – Výkresová dokumentace

Přílohy diplomové práce

PŘÍLOHA č. 1

Výpočet zátěžného stavu – osa X



Přímé nosníky s konstantním průřezem

- i Výpočet bez chyb.
- ii Informace o projektu

?

Kapitola vstupních parametrů

1.0 Tvar, rozměry a zatížení nosníku

1.1 Jednotky výpočtu

SI Units (N, mm, kW...)

1.2 Ukončení nosníku vlevo

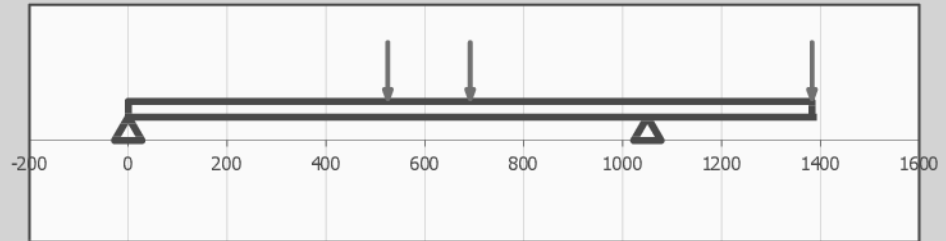
B...Podpora

1.3 Počet podpor mezi

1

1.4 Ukončení nosníku vpravo

A...Volný konec



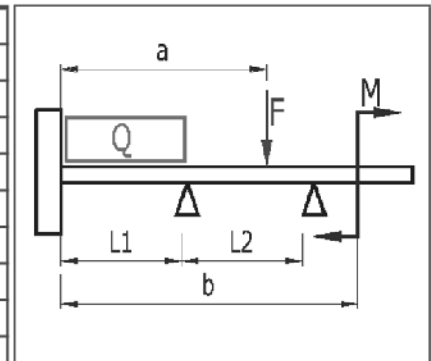
1.5 Pole nosníku číslo:

L1 L2

1.6 Délka pole nosníku	L	1050,0	333,000	2540,0	64516,0	645,2	645,2	[mm]
1.7 Spojité zatížení	Q	0,000	0,000	0,000	0,031	0,000	0,000	[N/mm]
1.8 Souřadnice počátku pole			1050,0	1383,0	3923,0	68439,0	69084,2	[mm]

1.9 Zatížení nosníku

	a [mm]	F [N]	b [mm]	M [Nm]
Síla F1 / Moment M1	525,0	588,6	0,0	0,0
Síla F2 / Moment M2	691,5	392,4	0,0	0,0
Síla F3 / Moment M3	1383,0	196,2	0,0	0,0
Síla F4 / Moment M4	0,0	0,0	0,0	0,0
Síla F5 / Moment M5	0,0	0,0	0,0	0,0
Síla F6 / Moment M6	0,0	0,0	0,0	0,0
Síla F7 / Moment M7	0,0	0,0	0,0	0,0
Síla F8 / Moment M8	0,0	0,0	0,0	0,0
Síla F9 / Moment M9	0,0	0,0	0,0	0,0
Síla F10 / Moment M10	0,0	0,0	0,0	0,0
Síla F11 / Moment M11	0,0	0,0	0,0	0,0
Síla F12 / Moment M12	0,0	0,0	0,0	0,0



1,10 Zatížení vlastní vahou Ne

1,11 Další vstupní pole pro síly

2.0 Statické hodnoty profilu a materiálové hodnoty nosníku

2.1 Profil nosníku

2.2 Typ profilu 03...Obdélník A (Počítaný)

2.3 Rozměr profilu Prázdná tabulka

2.4 Uživatelské parametry profilu

Ano

2.5 Počet nosníků vedle sebe

1

2.6 Plocha

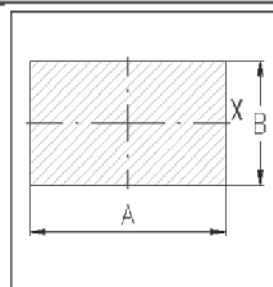
A 1174,696 [mm²]

2.7 Kvadratický moment k ose x

I_x 1147680,665 [mm⁴]

2.8 Průřezový modul v ohybu

S_x 51008,0295 [mm³]



A 90,00 [mm]

B 45,00 [mm]

2.9 Materiál nosníku

2.10 Seznam materiálů

Konstrukční ocel EC 3, EN 10025; Fe 360 (210000)

2.11 Hustota

γ 2700,0 [kg/m³]

2.12 Modul pružnosti v tahu

E 70000 [MPa]

2.13 Dovolené napětí v ohybu

σ_b 50 [MPa]

3.0 Výsledky výpočtu

3.1 Číslo podpory zleva

R1

R2

3.2 Reakce v podporách

366,05

811,15

[N]

3.3 Ohybový moment Min. / Max.

M_0

-65,32

192,17

[Nm]

3.4 Průhyb nosníku Min. / Max

y

-0,223

0,155

[mm]

3.5 Ohybové napětí Min. / Max

σ_b

-1,3

3,8

[MPa]

3.6 Hmotnost nosníku

m

4,4

[kg]

3.7 Max. délka volného konce (vybočení)

L_{max}

0,0

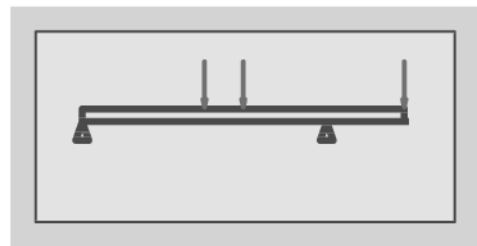
[mm]

3.8 Relativní průhyb nosníku Max.

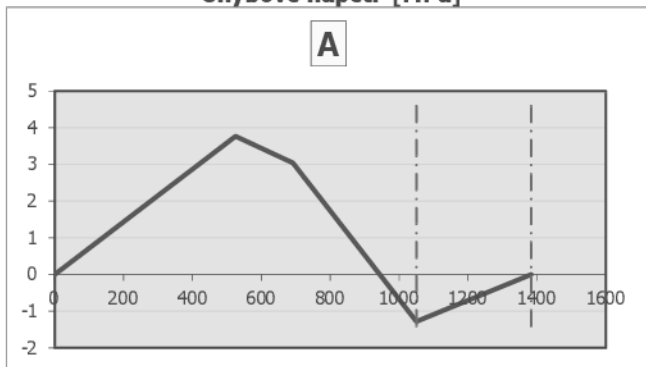
y'

0,046

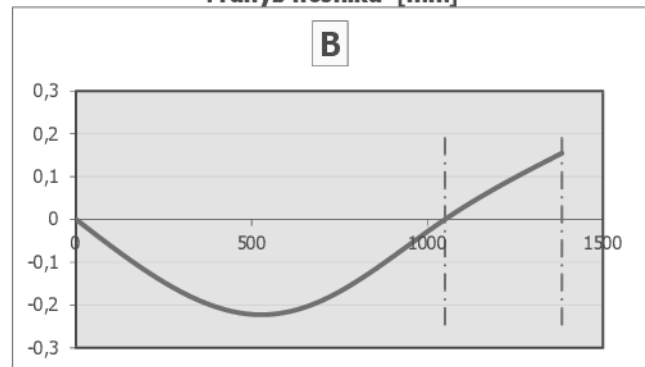
[%]



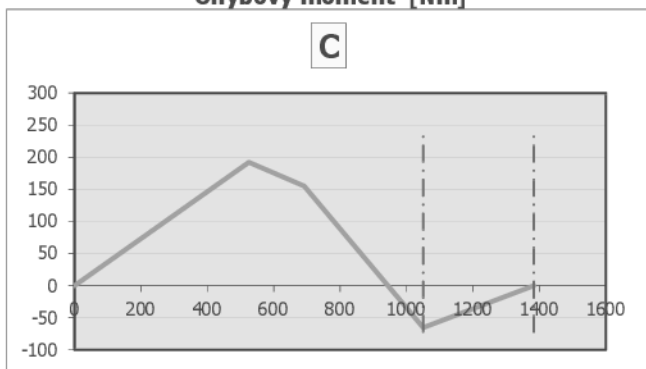
Ohybové napětí [MPa]



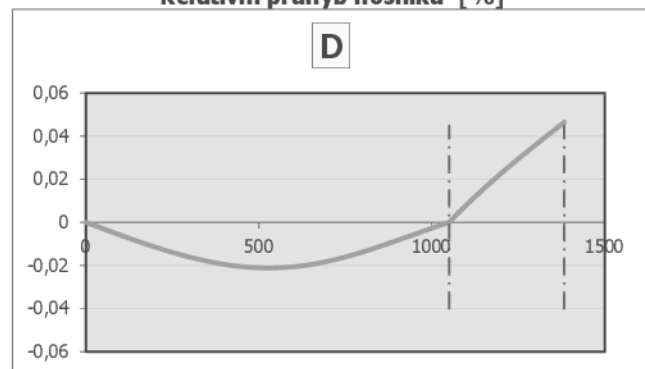
Průhyb nosníku [mm]



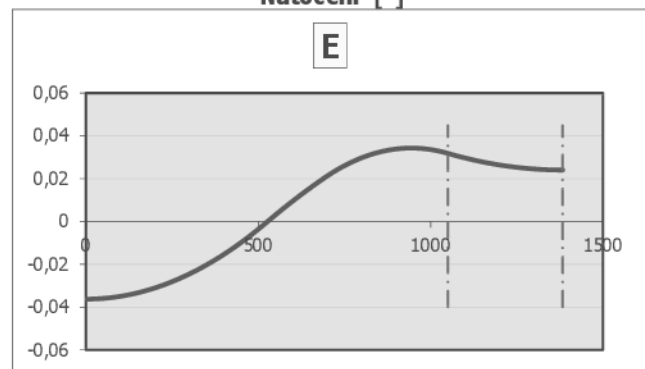
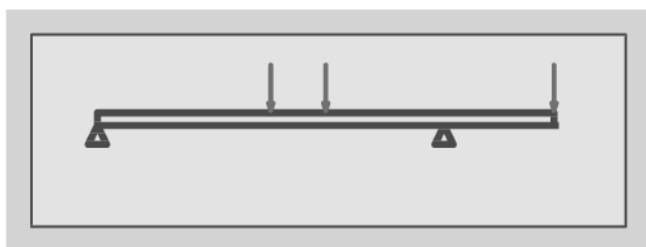
Ohybový moment [Nm]



Relativní průhyb nosníku [%]



Natočení [°]



3.9

3.10 Posuň sílu číslo:

1

X=

525

[mm]

PŘÍLOHA č. 2

Výpočet dopravníku - extrudér

Výpočet dopravníku

Vstupní hodnoty:

$$v = 25 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$d = 3 \text{ mm}$$

$$n_N = 61,5 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1} = 1,025 \text{ ot} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$i = 22,27$$

$$\Psi = 0,85$$

Maximální rychlost tisku
Maximální průměr trysky
Otáčky převodovky – nominální
Převodový poměr převodovky
Součinitel plnění šneku

Výpočet:

$$S_{TR} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 3^2}{4} = 7,07 \text{ mm}^2$$

$$V_P = v \cdot S_{TR} = 25 \cdot 7,07 = 176,7 \text{ mm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Průřez trysky
Potřebný objem

Při uvažování průřezu „drážky“ vrtáku 40 % celkového průřezu vrtáku a součinitele plnění šneku získáváme hodnoty dopravovaného množství, jak zobrazuje tab. 1.

Z určených vrtáků je zvolen hadovitý vrták o \varnothing 26 mm se stoupáním 40 mm. Při otočení o 1/40 (tj. $\frac{1}{\text{stoupání}}$) otáčky dojde k vytlačení objemu plastového granulátu dle požadavku potřebného objemu.

$$n = \frac{1}{\text{stoupání}} \cdot i = \frac{1}{40} \cdot 22,27 = 0,55675 \text{ ot} \cdot \text{s}^{-1} = 33,4 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

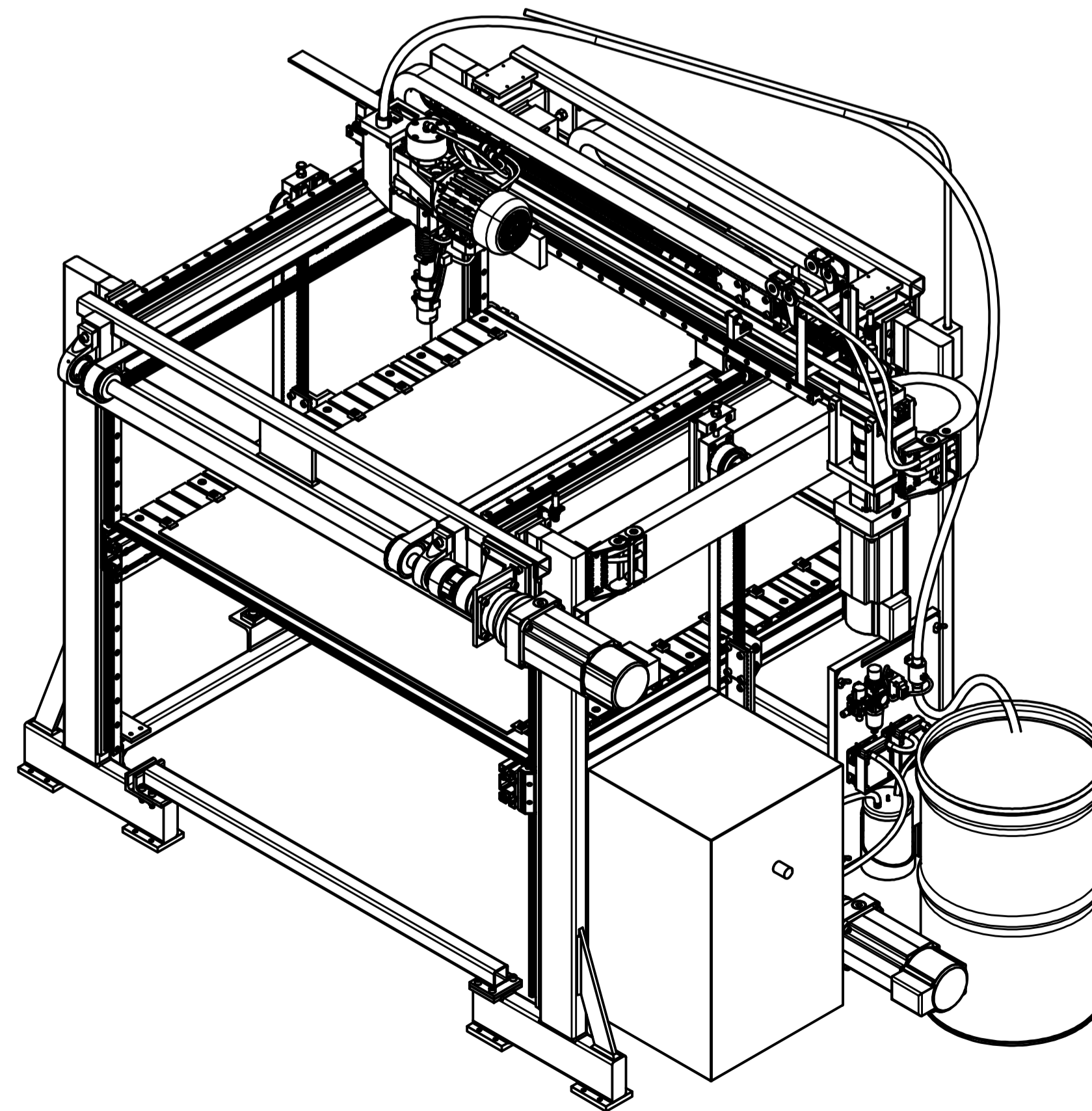
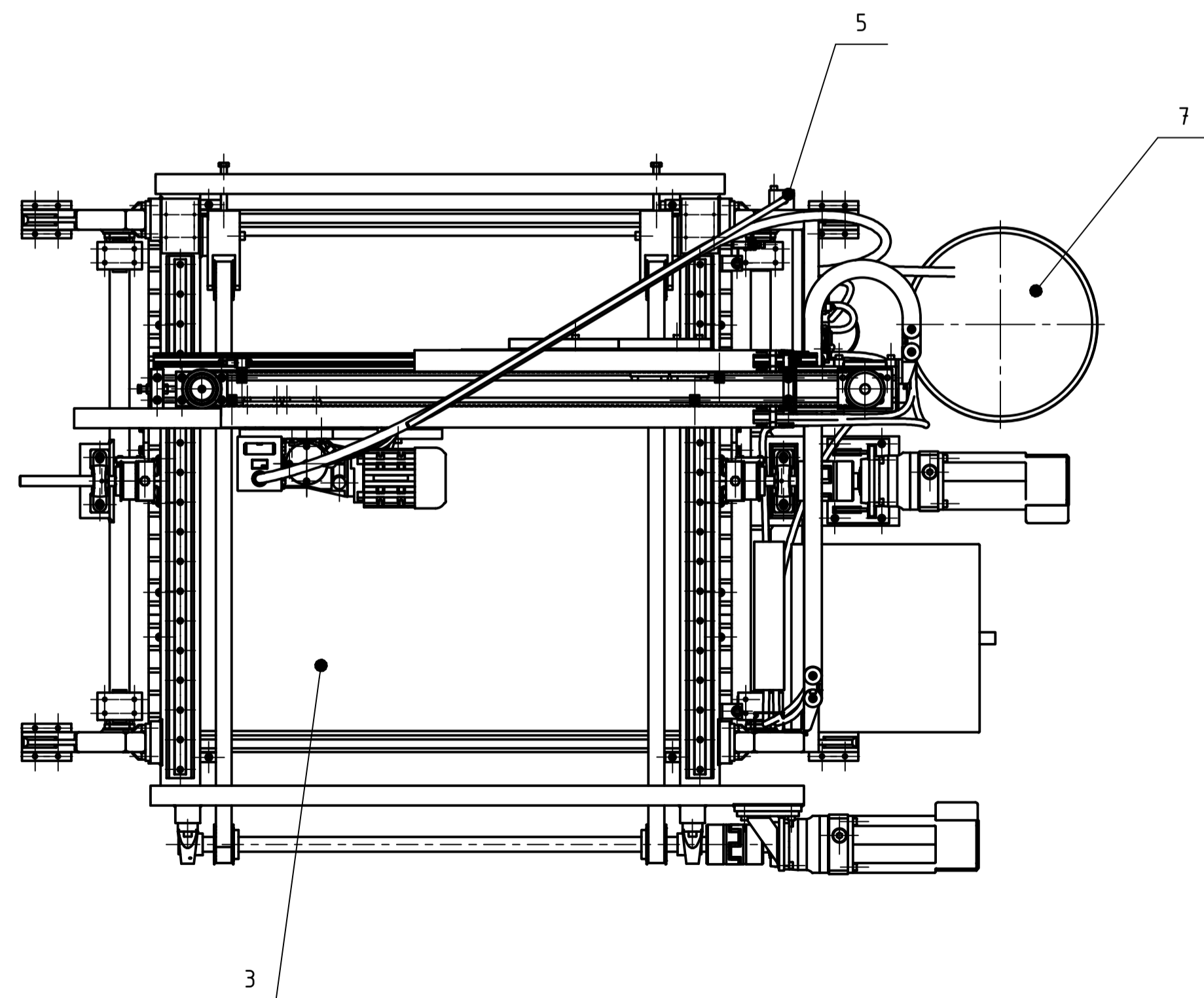
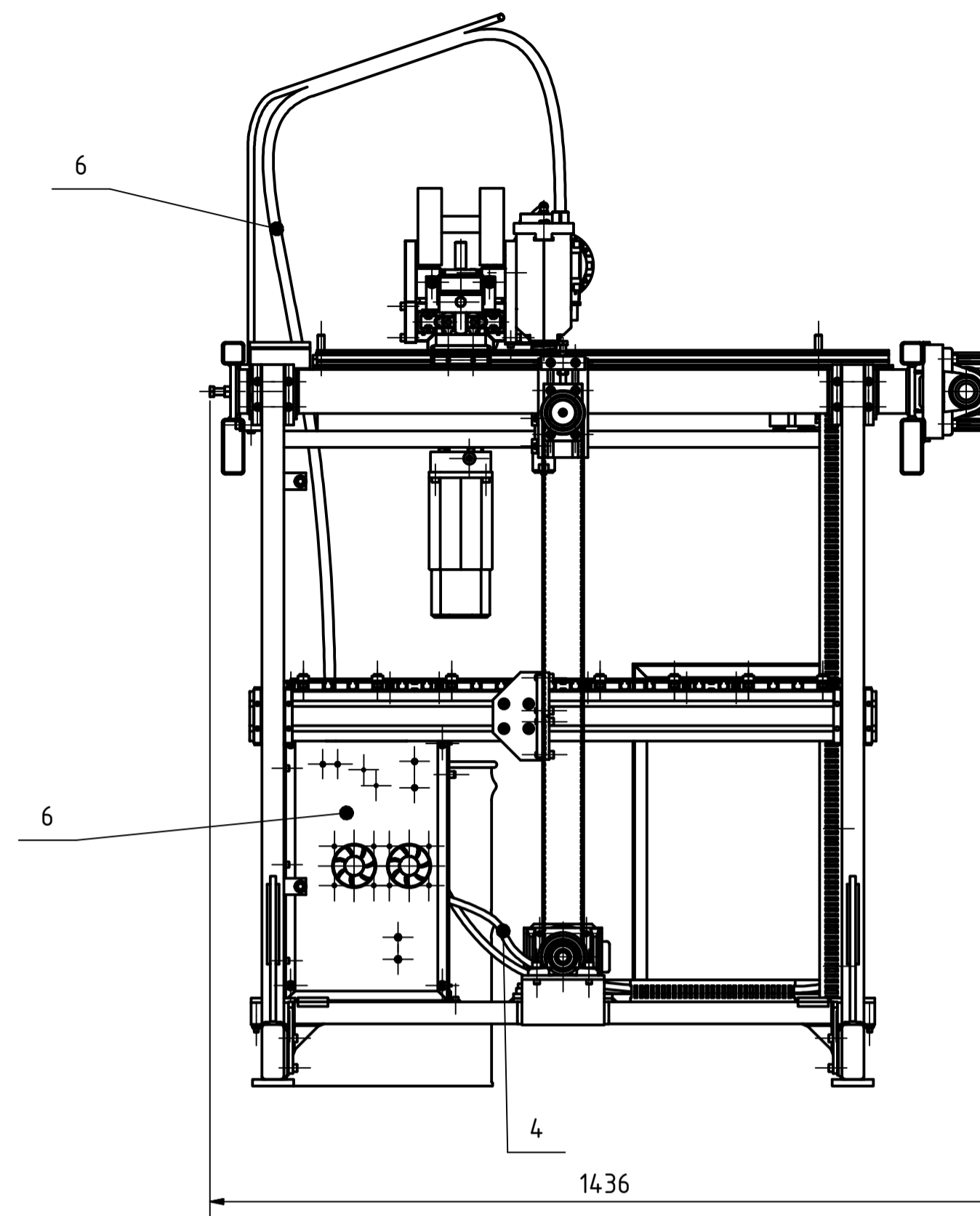
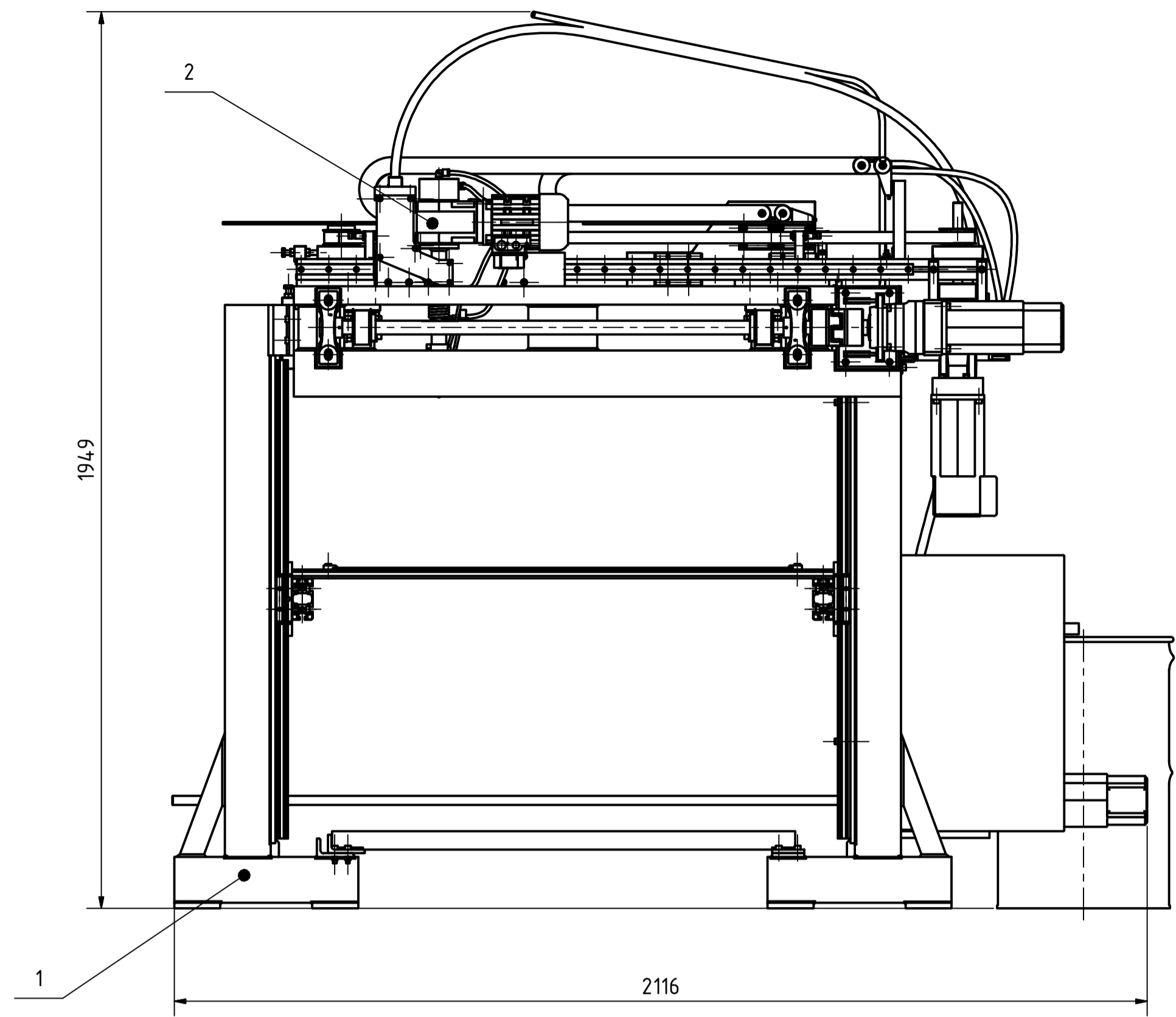
Motor je ovládán pomocí frekvenčního měniče. Jeho správným nastavením (změnou frekvence) získáme vypočtenou rychlost otáčení.

Tab. 1: Parametry vrtáků

Vrtáky		
Ø [mm]	Průřez drážky [mm ²]	Dopravené množství [mm ²]
6	11,3	9,6
8	20,1	17,1
10	31,4	26,7
12	45,2	38,5
14	61,6	52,3
16	80,4	68,4
18	101,8	86,5
20	125,7	106,8
22	152,1	129,2
24	181,0	153,8
26	212,4	180,5
28	246,3	209,4
30	282,7	240,3

PŘÍLOHA č. 3

Výkresová dokumentace



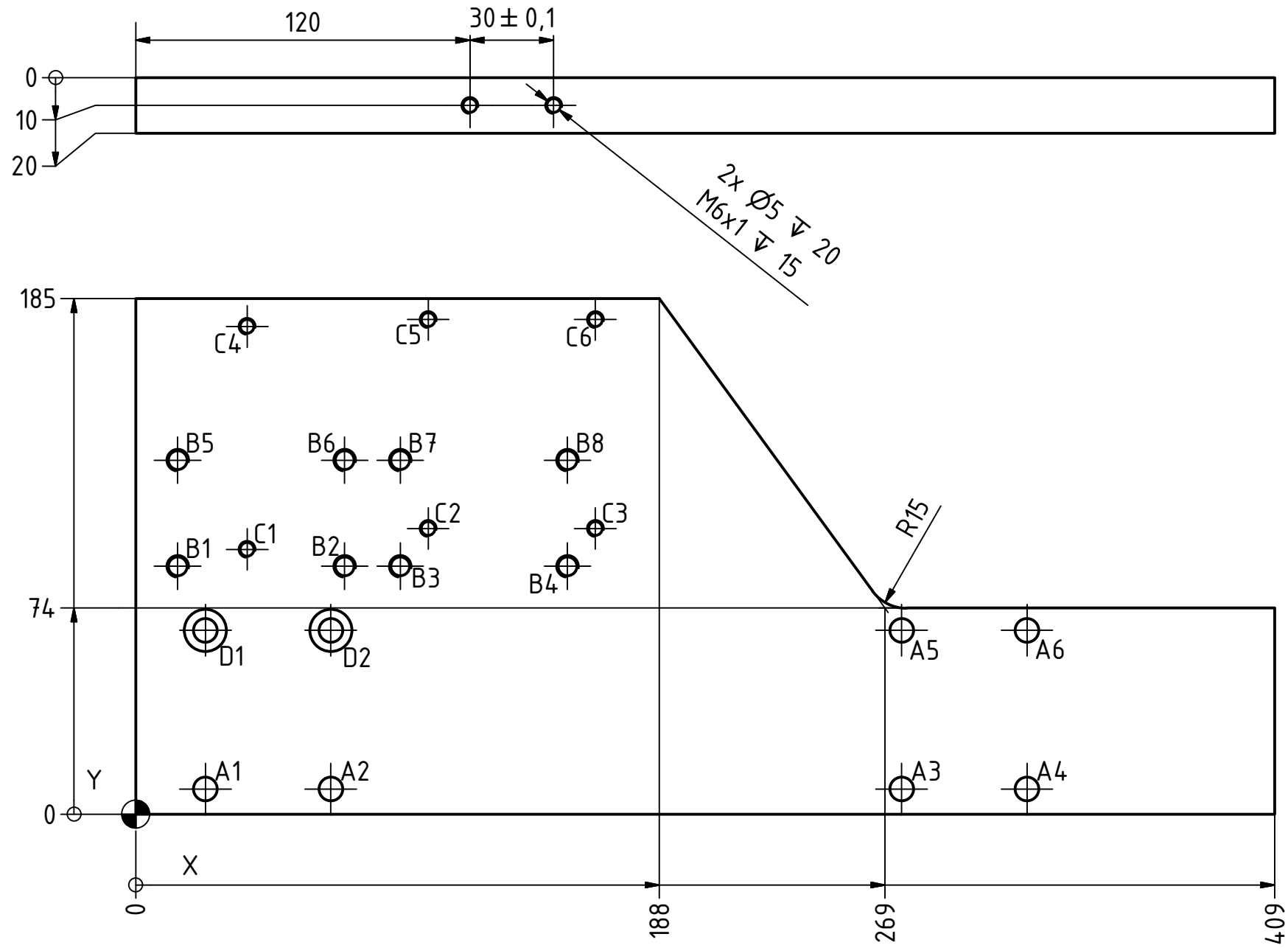
1	Zasobník granulátu		7
1	Sestava chlazení a doplňování	DP-S-006	6
1	Držák	DP-S-005	5
1	Sestava vedení chladiva	DP-S-004	4
1	Sestava tisková podložka	DP-S-003	3
1	Sestava extruder	DP-S-002	2
1	Manipulační zařízení	DP-S-001	1
KS	NÁZEV	Č. SOUČÁSTI	POZICE

Proječní změny Revision	Provedení Elaboration	Schválil - Approved Date	x x x x
----------------------------	--------------------------	-----------------------------	------------------

Název - Name:	Rozměr - Dimension:	Mat. konečný - Final material:	Č. hot. - Net w.:
Norma - Standard:		Mat. výchozí - Initial material:	449,6 kg
			Gross w.:

Měřítko - Scale:	1:10	Přesnost - Accuracy ISO 8015	Poz.:
Číslo - Number:	LP	Tolerance - Tolerance:	Poz.:
Stav - Status:		ISO 2768mK	Poz.:
Metoda - Method:		Svary - Welds ISO 3834 - ISO 5817	Poz.:
Technologie - Technology:		ISO 13920-BE	Poz.:
Schválil - Approved:		Druh dok. kontroly - Type of doc. control	Poz.:
Podpis - Signature:		EN 10 204	Poz.:
	Datum - Date: 23.10.2017		

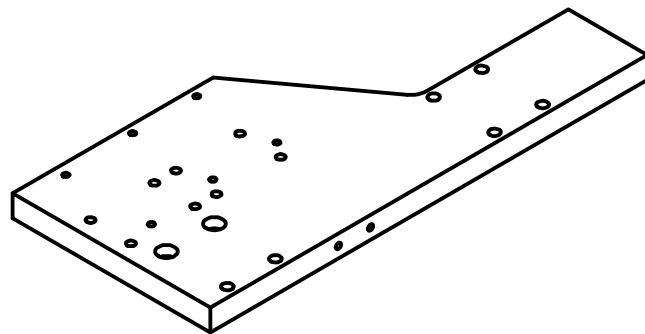
	Název - Title:	Č. výkresu - Drawing No.
	Sestava 3D tiskárna	DP-S-000
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Počet listů - Number of sheets: 1 List: 1 Verze - Release	Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem. All rights reserved ZČU in Plzeň. Allowed to be given to third party with written consent only.



TOLERANCE POLOHY OTVORŮ ±0,1

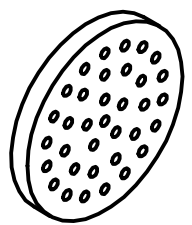
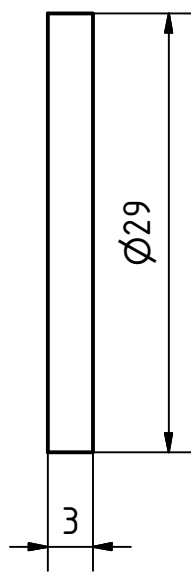
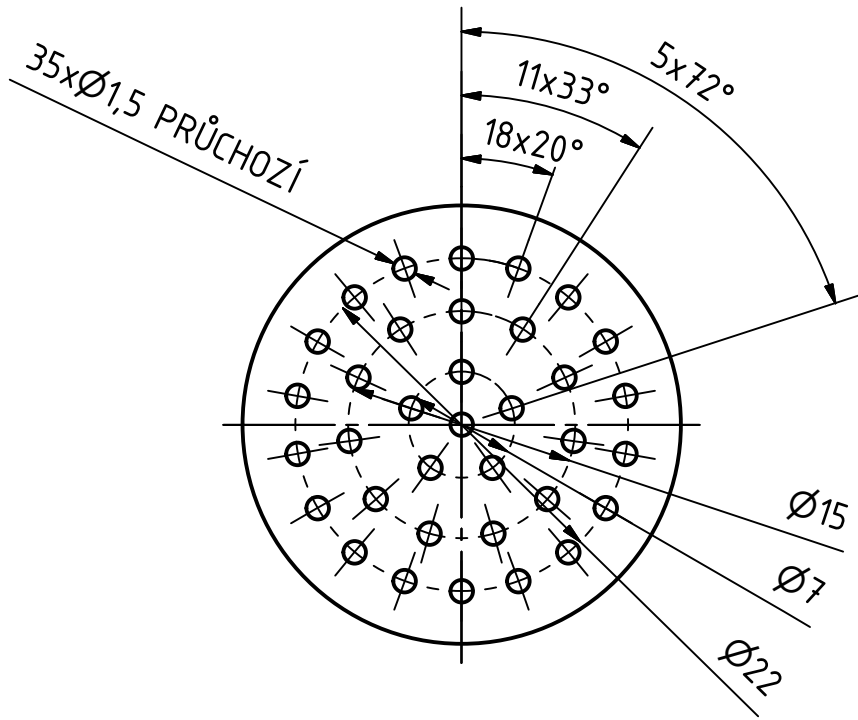
TABULKA OTVORŮ

OTVOR	X	Y	POPIS
A1	25,00	9,00	Ø8,5 PRŮCHOZÍ
A2	70,00	9,00	
A3	275,00	9,00	
A4	320,00	9,00	
A5	275,00	66,00	
A6	320,00	66,00	
B1	15,00	89,00	Ø6,75 PRŮCHOZÍ M8x1.25 PRŮCHOZÍ
B2	75,00	89,00	
B3	95,00	89,00	
B4	155,00	89,00	
B5	15,00	127,00	
B6	75,00	127,00	
B7	95,00	127,00	
B8	155,00	127,00	
C1	40,00	95,00	Ø5 PRŮCHOZÍ M6x1 PRŮCHOZÍ
C2	105,00	102,50	
C3	165,00	102,50	
C4	40,00	175,00	
C5	105,00	177,50	
C6	165,00	177,50	
D1	25,00	66,00	Ø8,5 PRŮCHOZÍ └┘ Ø15 ∇ 9
D2	70,00	66,00	



Popis změny Revision		Provedl - Elaborated	Schválil - Approved	Datum - Date	x
					x
					x
					x
Název: Name:		Rozměr - Dimension: 409x185x20	Mat. konečný: Final material: EN AW 6060 T6	Č.hmot.: Net w.:	2.951 kg
Norma: Standard:			Mat. výchozí: Initial material:	H.hmot.: Gross w.:	kg
Měřítko Scale	Kreslil: Drawn by: LP	Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Toleration - ISO 2768mK	Užito na - Used on		
1:2	Prezkoušel: Examined:	Svary - Welds ISO 3834 - , ISO 5817 - ISO 13920-BE	Poz:		
	Svařování: Welding:	Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - EN 10 204 -	Poz:		
	Technologie: Technology:		Poz:		
	Schválil: Approved:	Datum: Date: 23.10.2017	Poz:		
Typ: Type:		Skupina: Group:	Starý výkres: Old drawing:		
Název - Title		Č. výkresu - Drawing No.		Verze Release	
Nosna deska		DP-S-002-M01		List: 1	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI		Počet listů: Number of sheets: 1		Sheet Number: 1	
Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.			

Ra 3,2 (✓)

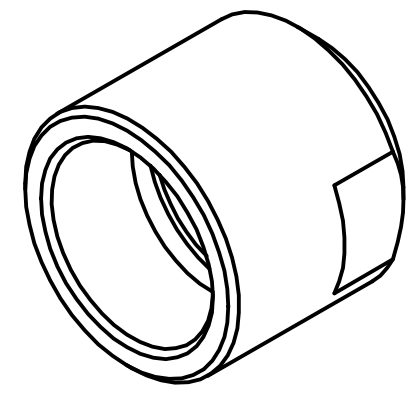
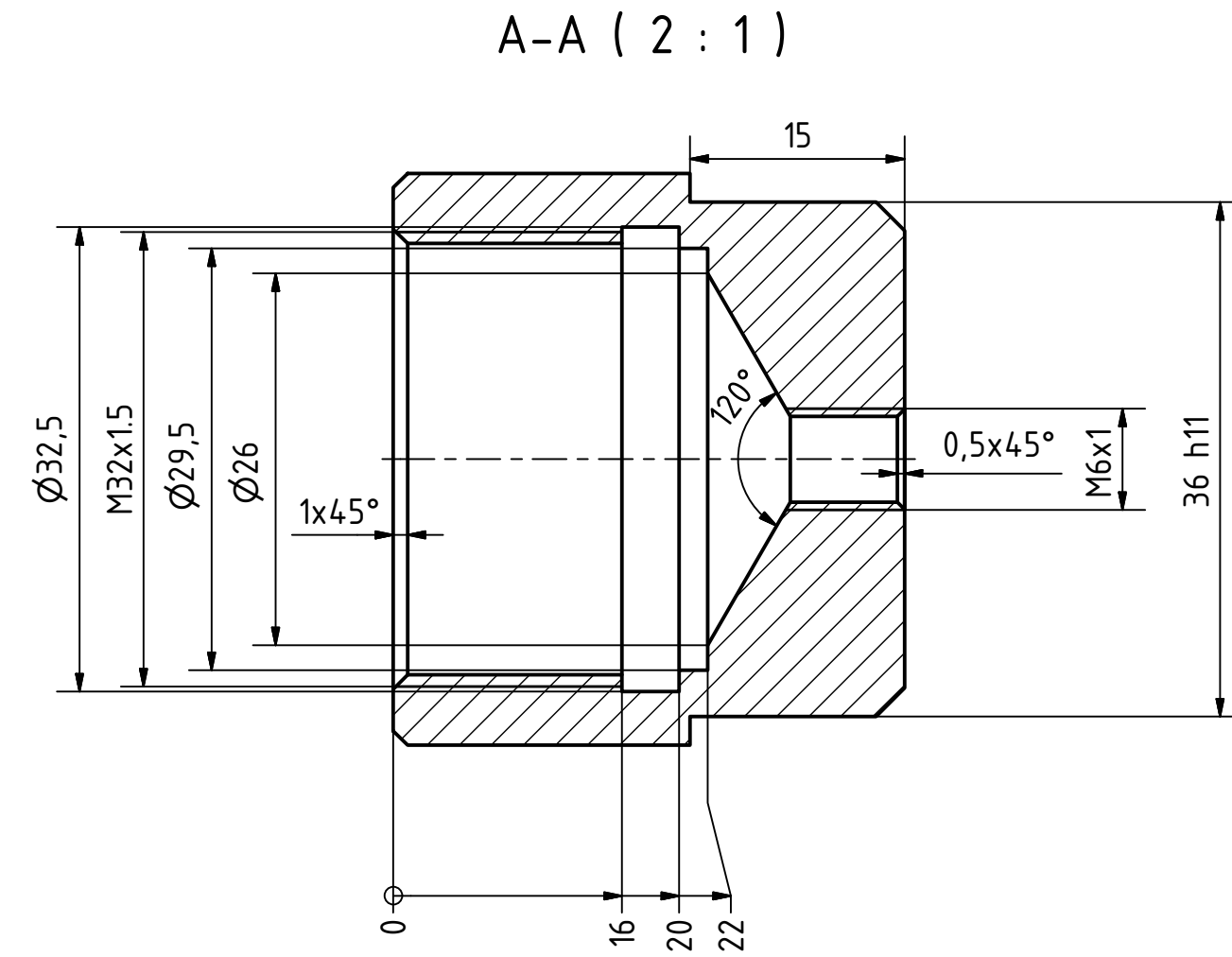
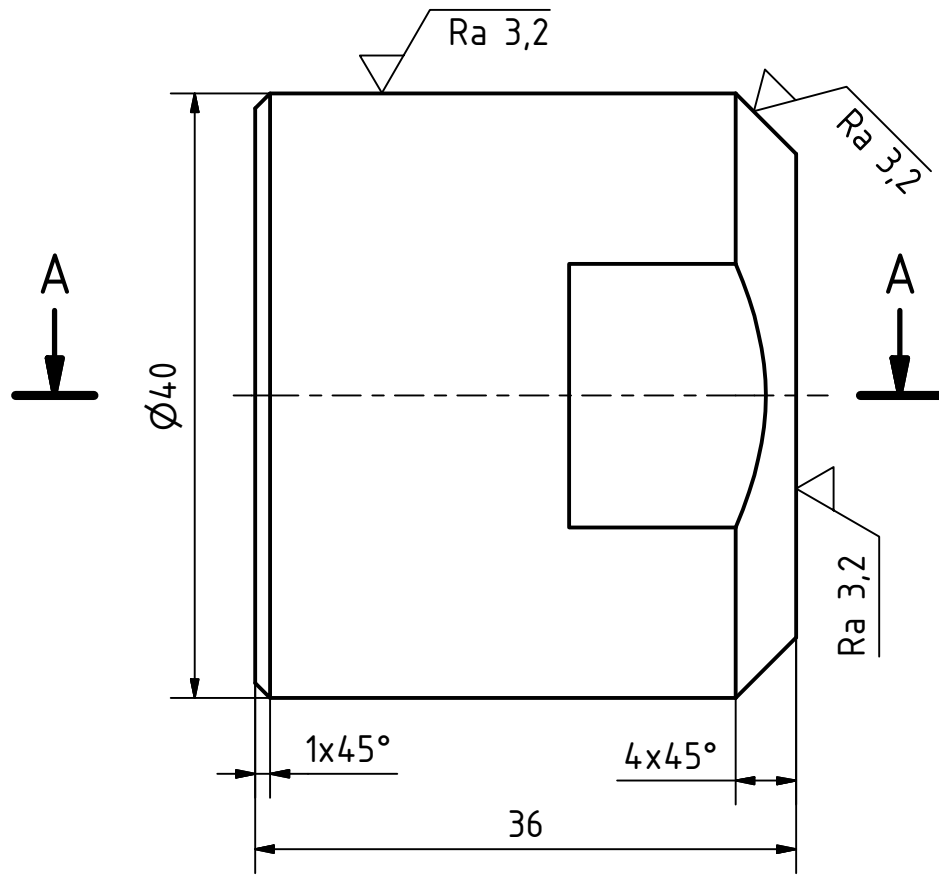


Popis změny Revision	_____	Provedl - Elaborated	_____	Schválil - Approved	_____	Datum - Date	_____	x
	_____		_____		_____		_____	x
	_____		_____		_____		_____	x
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	x

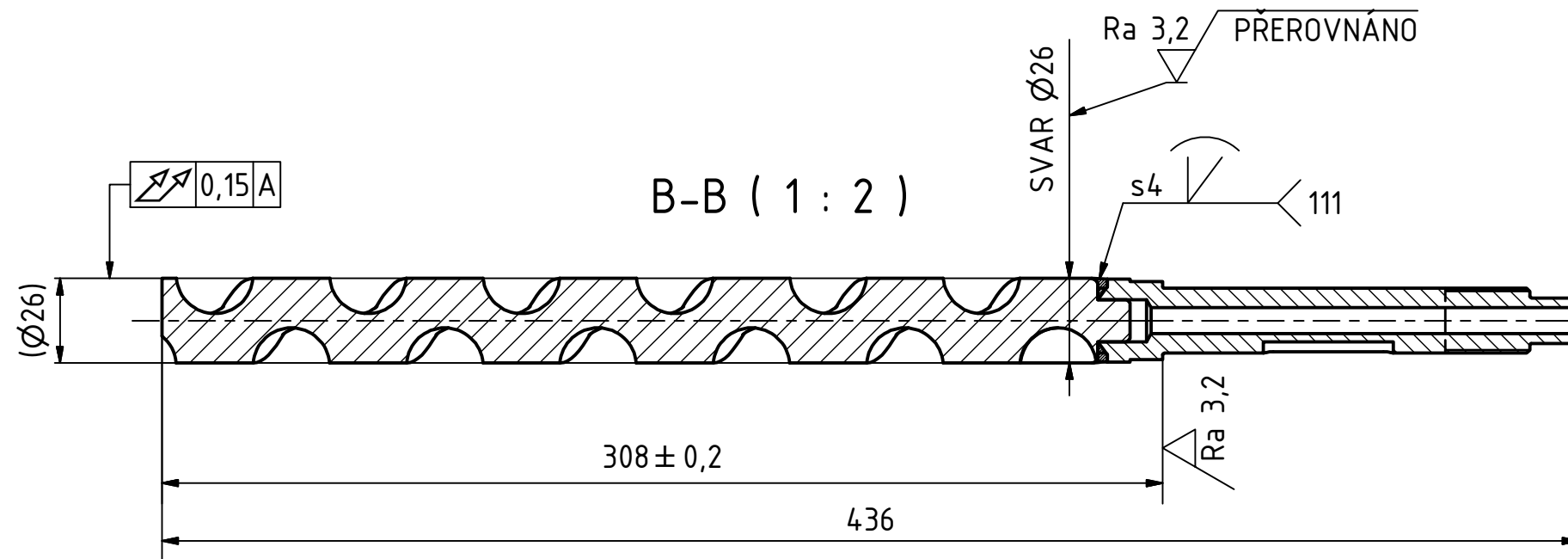
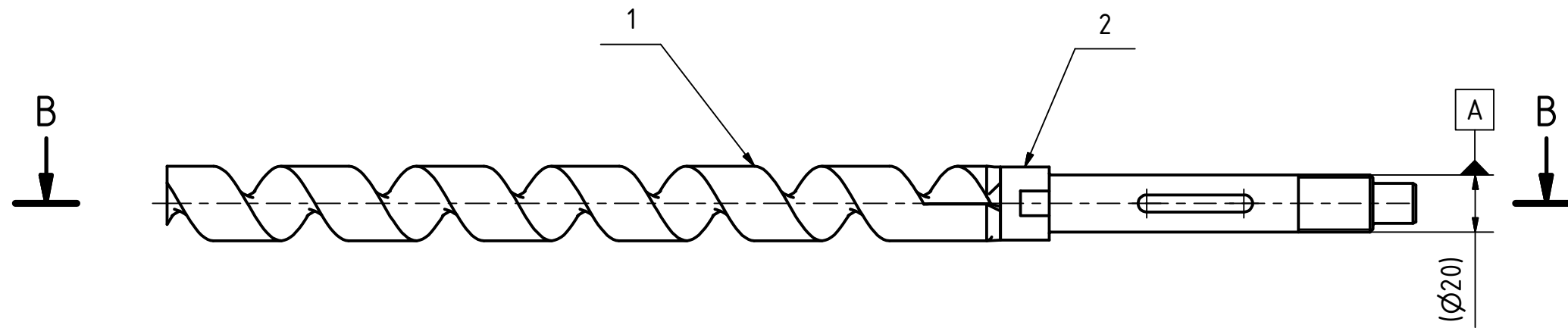
Polotovár Semi-product	Název: Name:	_____	Rozměr - Dimension: Ø30-3	Mat. konečný: Final material:	S235	Č.hmot.: Net w.:	0,014 kg
	Norma: Standard:	_____	_____	Mat. výchozí: Initial material:	_____	H.hmot.: Gross w.:	kg

Měřítko Scale	Kreslil: Drawn by:	LP	Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Toleration - - ISO 2768mK Svary - Welds ISO 3834 - , ISO 5817 - ISO 13920-BE Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - - EN 10 204 -	Užití na - Used on _____ _____ _____ _____	Poz:	
	2:1	Přezkoušel: Examined:			_____	Poz:
	_____	Svarování: Welding:			_____	Poz:
	_____	Technologie: Technology:			_____	Poz:
_____	Schválil: Approved:	_____	Datum: Date:	23.10.2017	Poz:	

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Typ: Type:	_____	Skupina: Group:	_____	Starý výkres: Old drawing:	_____	
	Název - Title			Lamac		Č. výkresu - Drawing No.	
	Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.			DP-S-002-M02		Počet listů: Number of sheets: 1 List: 1 Sheet Number: 1 Verze Release	
All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.							

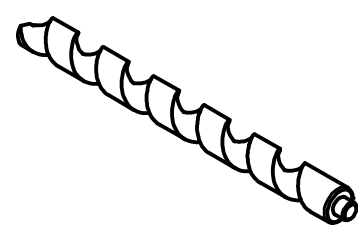
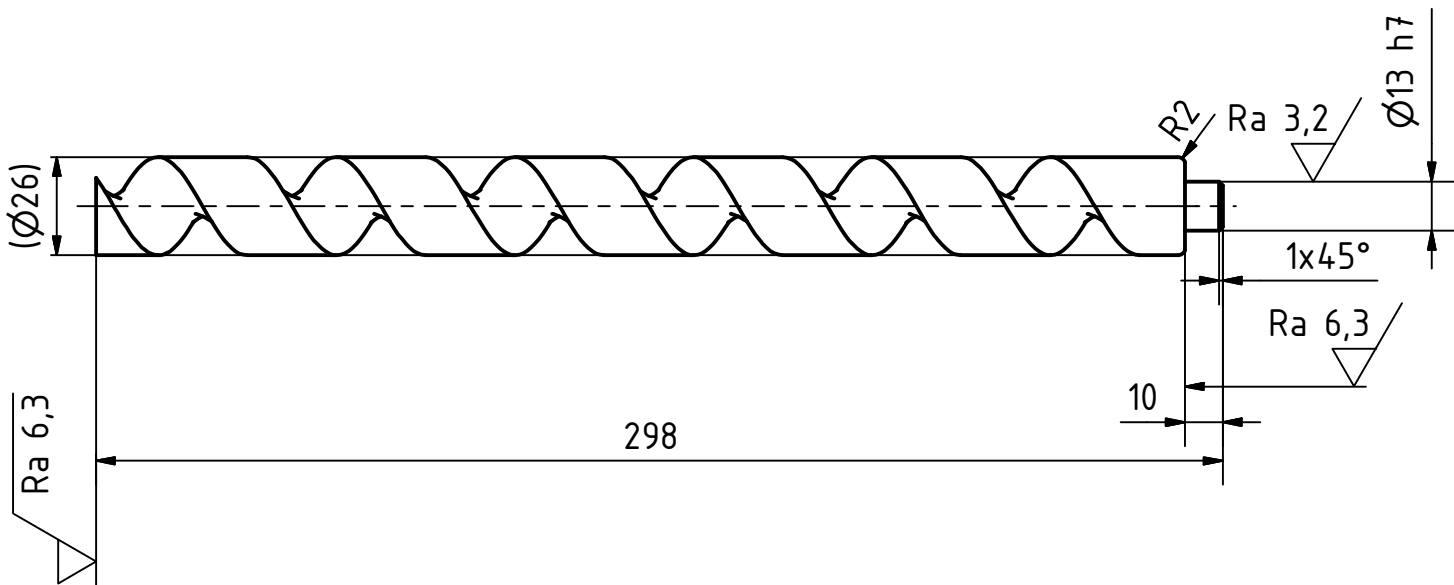


Popis změny Revision		Provedl - Elaborated		Schválil - Approved		Datum - Date	
Název: Name:		Rozměr - Dimension: Ø42 - 40		Mat. konečný: Final material: S235		Č.hmot.: Net w.: 0.202 kg	
Norma: Standard:				Mat. výchozí: Initial material:		H.hmot.: Gross w.: kg	
Měřítko Scale	Kreslil: Drawn by: LP	Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Toleration - - ISO 2768mK		Užito na - Used on		Poz:	
2:1	Prozkoušel: Examined:	Svárování: Welding: ISO 13920-BE				Poz:	
	Technologie: Technology:	Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - - EN 10 204 -				Poz:	
	Schválil: Approved:	Datum: Date: 23.10.2017				Poz:	
Typ: Type:		Skupina: Group:		Starý výkres: Old drawing:			
Název - Title		Hlavice		Č. výkresu - Drawing No.		DP-S-002-M03	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI		Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.		Počet listů: Number of sheets: 1 List: Sheet Number: 1 Verze Release	



1	S235	Redukce	DP-S-002-S01-2	2
1		Vrtak	DP-S-002-S01-1	1
KS	MATERIÁL	NÁZEV	Č. SOUČÁSTI	POZICE
Popis změny Revision		Provedl - Elaborated	Schválil - Approved	Datum - Date
				x
				x
				x
				x
Polovina Standard:	Název: Name:	Rozměr - Dimension:	Mat. konečný: Final material:	Č.hmot.: Net w.: 1,038 kg
	Norma: Standard:		Mat. výchozí: Initial material:	H.hmot.: Gross w.: kg
Měřítko Scale	Kreslil: Drawn by: LP		Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Toleration - - ISO 2768mK	Užito na - Used on
1:2	Prozkoušel: Examined:		Svary - Welds ISO 3834 - , ISO 5817 - ISO 13920-BE	Poz:
	Svařování: Welding:		Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - - EN 10 204 -	Poz:
	Technologie: Technology:			Poz:
	Schválil: Approved:	Datum: Date: 24.10.2017		Poz:
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Typ: Type:		Skupina: Group:	Starý výkres: Old drawing:
	Název - Title		Č. výkresu - Drawing No.	
Snek		DP-S-002-S01		
Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.		
Počet listů: Number of sheets: 1		List: Sheet Number: 1		
Verze: Release:				





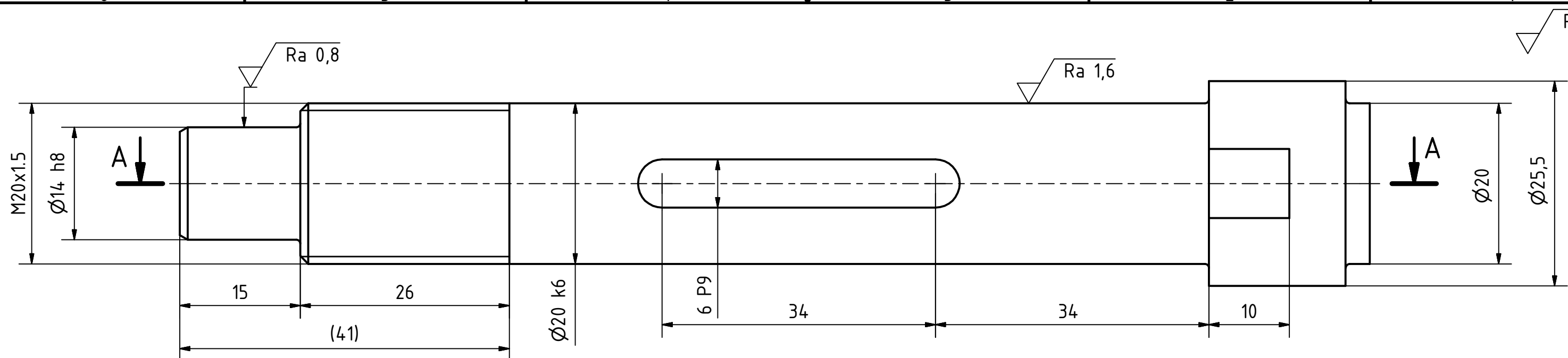
Popis změny Revision		Provedl - Elaborated		Schválil - Approved		Datum - Date		x
							x	
							x	
							x	

Polotovár Semi-product	Název: Name:	Rozměr - Dimension: Vrtak Ø26 - 400, YATO YT-3285	Mat. konečný: Final material:	Č.hmot.: Net w.:	0,735 kg
	Norma: Standard:		Mat. výchozí: Initial material:	H.hmot.: Gross w.:	kg

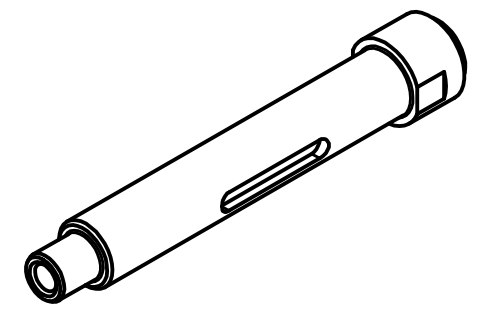
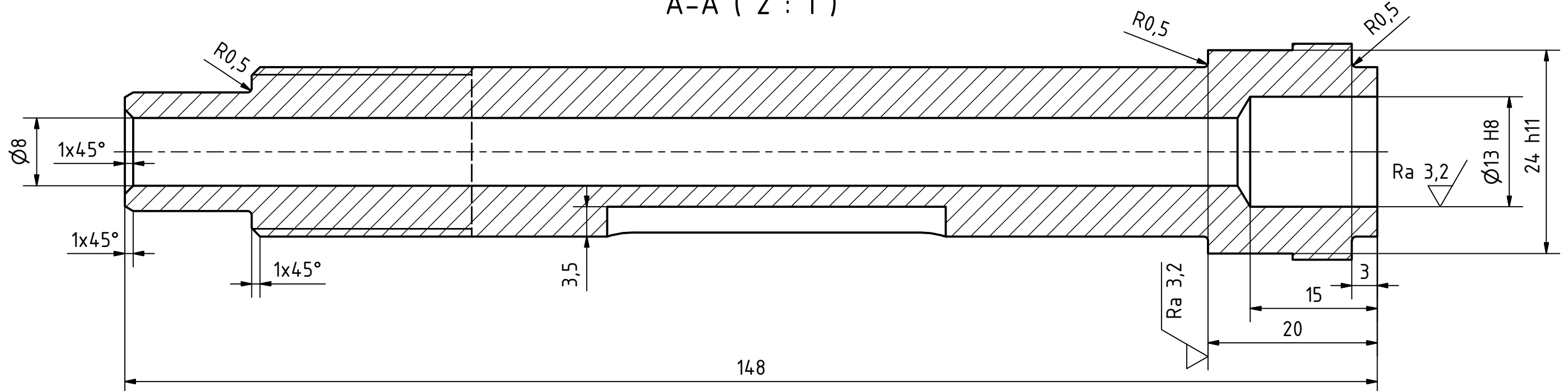
Měřítko Scale 1:2	Kreslil: Drawn by:	LP	Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Toleration - - ISO 2768mK Svary - Welds ISO 3834 - , ISO 5817 - ISO 13920-BE Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - - EN 10 204 -	Užito na - Used on	Poz:
	Prozkoušel: Examined:				Poz:
	Svarování: Welding:				Poz:
	Technologie: Technology:				Poz:
	Schválil: Approved:	Datum: Date:		24.10.2017	

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Typ: Type:	Skupina: Group:	Starý výkres: Old drawing:
	Název - Title Vrtak		Č. výkresu - Drawing No. DP-S-002-S01-1
	Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.

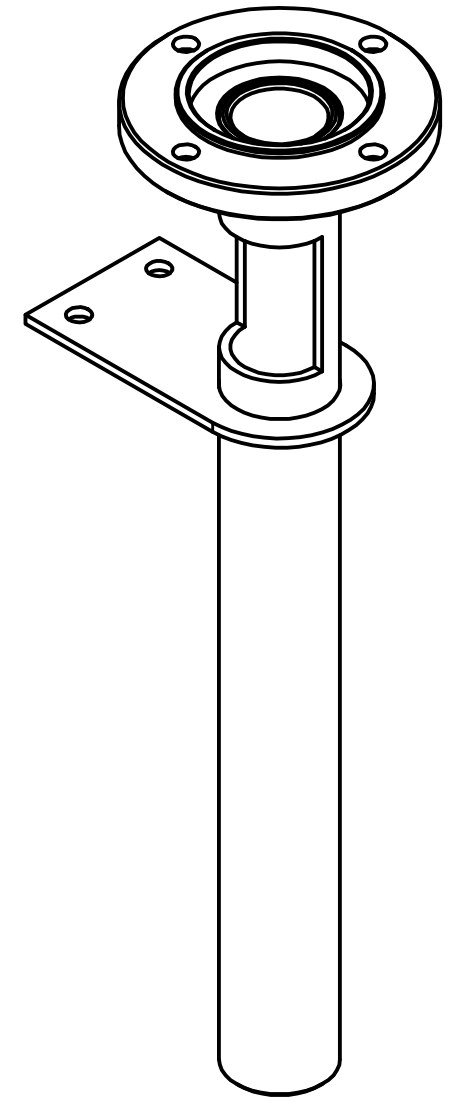
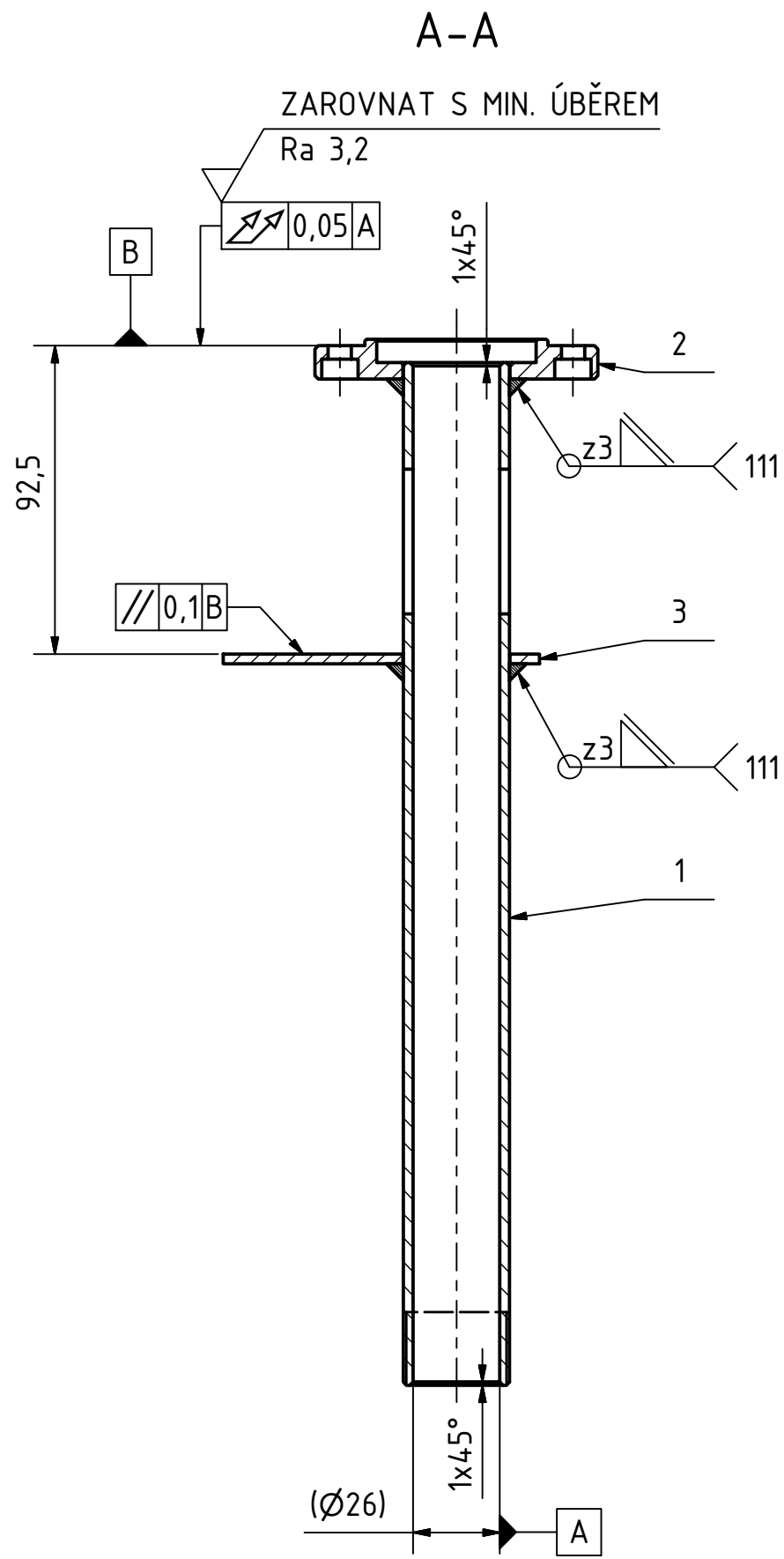
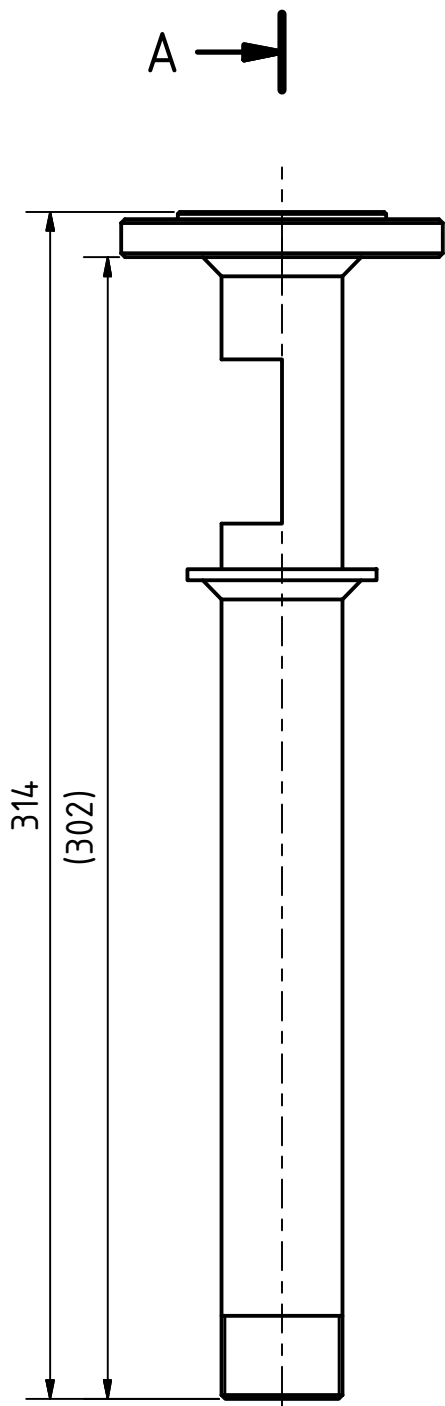
Počet listů: 1 List: 1 Verze: 1
Number of sheets: 1 Sheet Number: 1 Release



A-A (2 : 1)



Popis změny Revision		Provedl - Elaborated		Schválil - Approved		Datum - Date	
Název: Name:		Rozměr - Dimension: Ø28 - 150		Mat. konečný: Final material: S235		Č.hmot.: Net w.: 0,297 kg	
Norma: Standard:				Mat. výchozí: Initial material:		H.hmot.: Gross w.: kg	
Měřítko Scale	Kreslil: Drawn by: LP	Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Toleration - - ISO 2768mK		Užito na - Used on		Poz:	
2:1	Prozkoušel: Examined:	Svary - Welds ISO 3834 - , ISO 5817 - ISO 13920-BE				Poz:	
	Svařování: Welding:	Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - - EN 10 204 -				Poz:	
	Technologie: Technology:	Datum: Date: 23.10.2017				Poz:	
	Schválil: Approved:					Poz:	
Název - Title		Skupina - Group		Stary výkres - Old drawing:			
Redukce				Č. výkresu - Drawing No.		DP-S-002-S01-2	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI		Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.		Počet listů: Number of sheets: 1	
						List: Sheet Number: 1	
						Verze Release	



1	S235	Plech	DP-S-002-S02-3	3
1	S235	Priruba	DP-S-002-S02-2	2
1	S235	Trubka	DP-S-002-S02-1	1
KS	MATERIÁL	NÁZEV	Č. SOUČÁSTI	POZICE

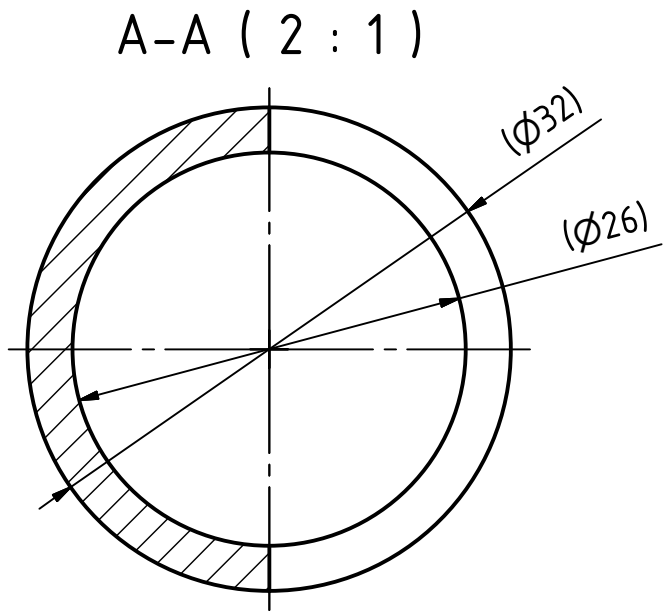
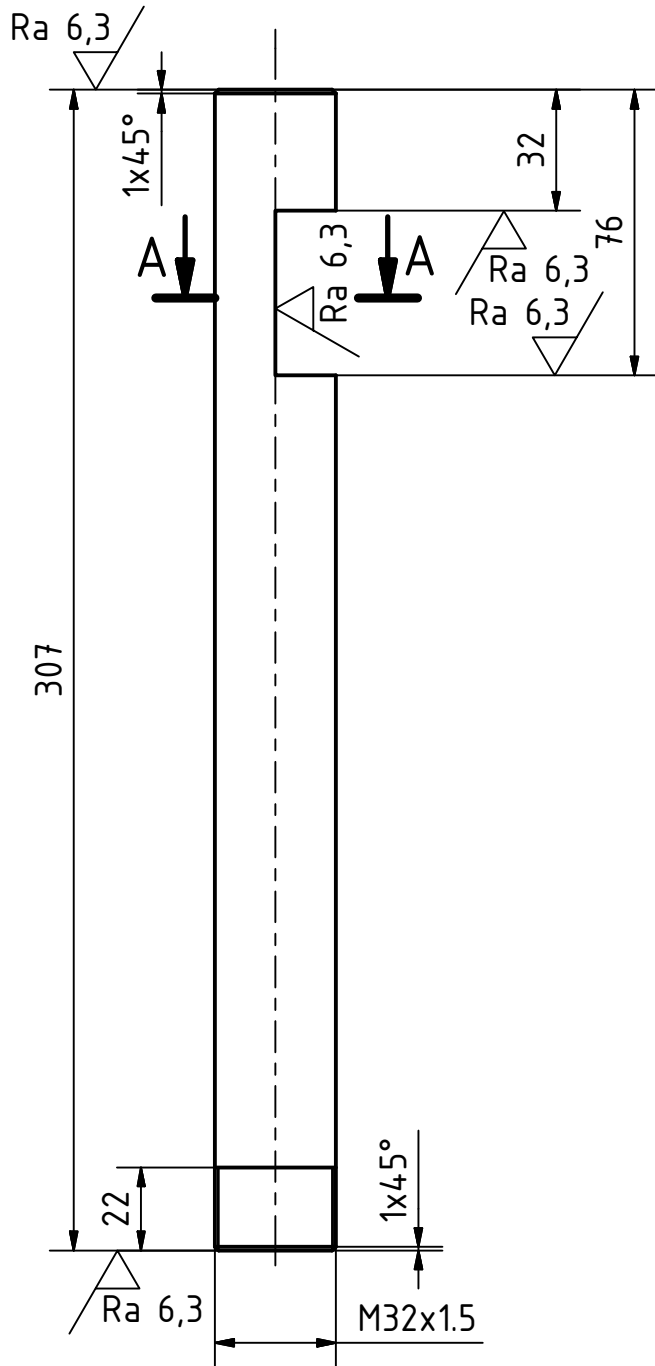
Pops změny Revision	Provedl - Elaborated	Schválil - Approved	Datum - Date	x
				x
				x
				x

Název: Name:	Rozměr - Dimension:	Mat. konečný: Final material:	Č.hmot.: Net w.: 1.043 kg
Norma: Standard:		Mat. výchozí: Initial material:	H.hmot.: Gross w.: kg

Měřítko Scale 1:2	Kreslil: Drawn by: LP	Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Tolerance - - ISO 2768mK	Užito na - Used on	Poz:
	Prozkoušel: Examined:	Svary - Welds ISO 3834 - , ISO 5817 - ISO 13920-BE		Poz:
	Svarovani: Welding:	Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - - EN 10 204 -		Poz:
	Technologie: Technology:			Poz:
	Schválil: Approved:	Datum: Date: 23.10.2017		Poz:

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Typ: Type:	Skupina: Group:	Starý výkres: Old drawing:
	Název - Title Telo		Č. výkresu - Drawing No. DP-S-002-S02
Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.	

Počet listů: 1 List: 1 Verze: 1
Number of sheets: 1 Sheet Number: 1 Release



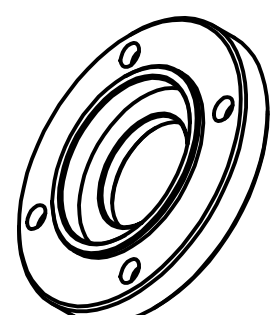
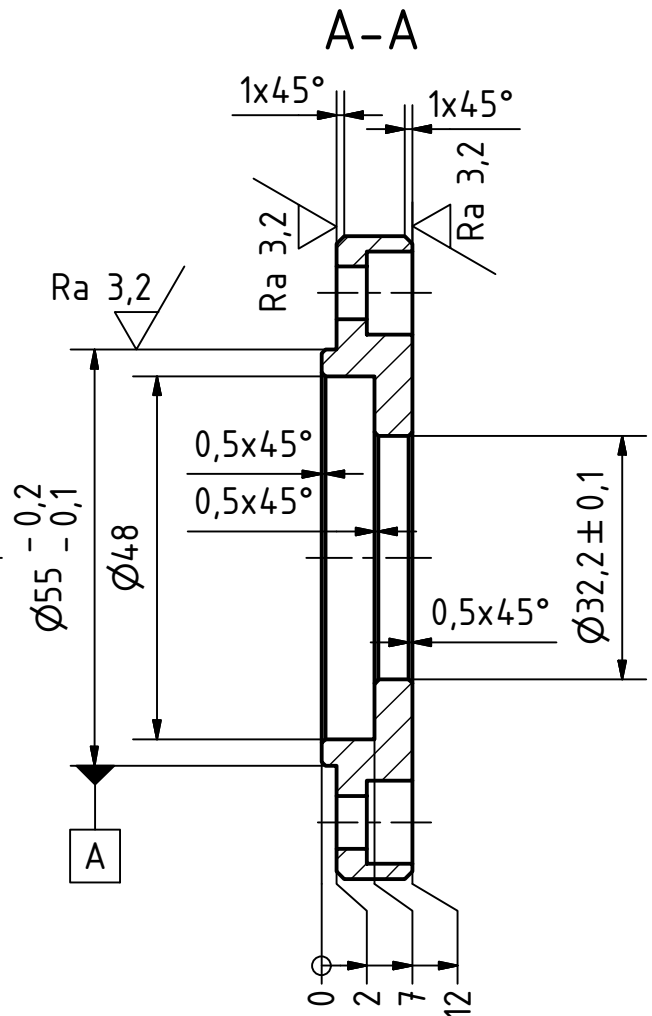
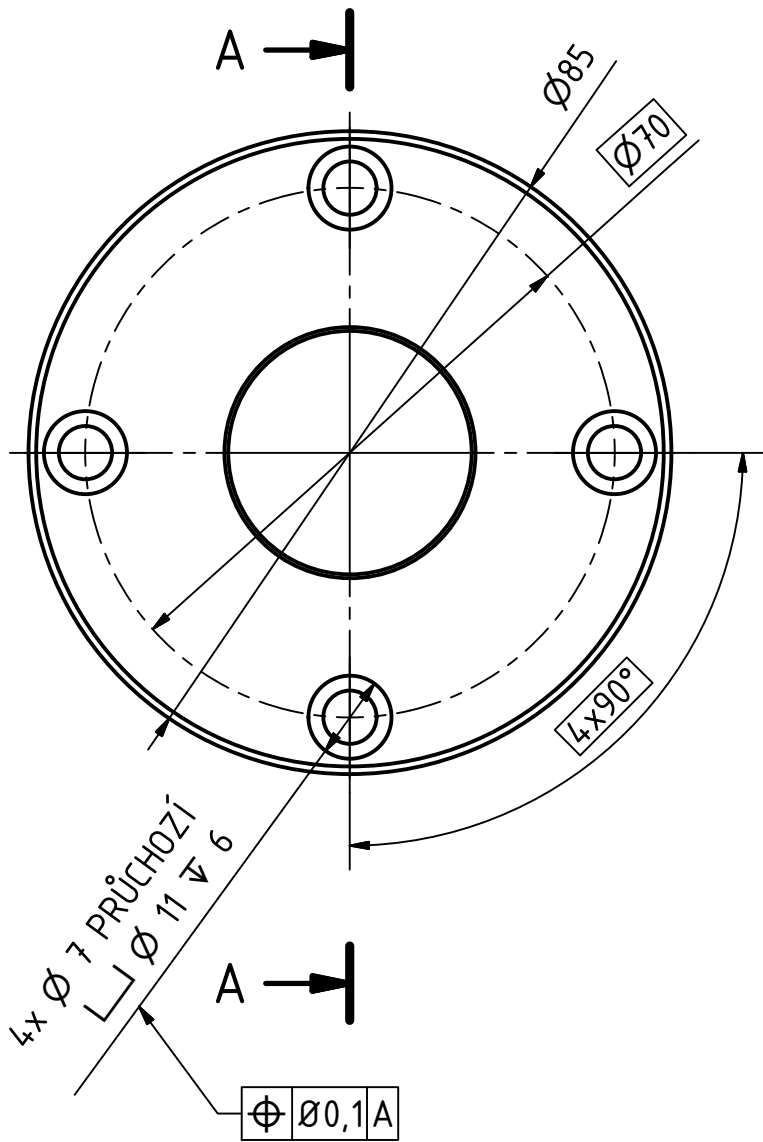
Popis změny Revision		Provedl - Elaborated		Schválil - Approved		Datum - Date	x
					x		
					x		
					x		

Polotovár Semi-product	Název: Name:	Rozměr - Dimension: TR Ø32x3 - 310	Mat. konečný: Final material:	S235	Č.hmot.: Net w.:	0,611 kg
	Norma: Standard:		Mat. výchozí: Initial material:		H.hmot.: Gross w.:	kg

Měřítko Scale	Kreslil: Drawn by:	LP	Přezkoušel: Examined:	Svarování: Welding:	Technologie: Technology:	Schválil: Approved:	Datum: Date:	23.10.2017	Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Toleration - - ISO 2768mK Svary - Welds ISO 3834 - , ISO 5817 - ISO 13920-BE Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - - EN 10 204 -	Užito na - Used on	Poz:
											Poz:

 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Typ: Type:	Skupina: Group:	Starý výkres: Old drawing:
	Název - Title <h1>Trubka</h1>		Č. výkresu - Drawing No. <h1>DP-S-002-S02-1</h1>
Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.	

Počet listů: 1 List: 1 Verze: 1
Number of sheets: 1 Sheet Number: 1 Release



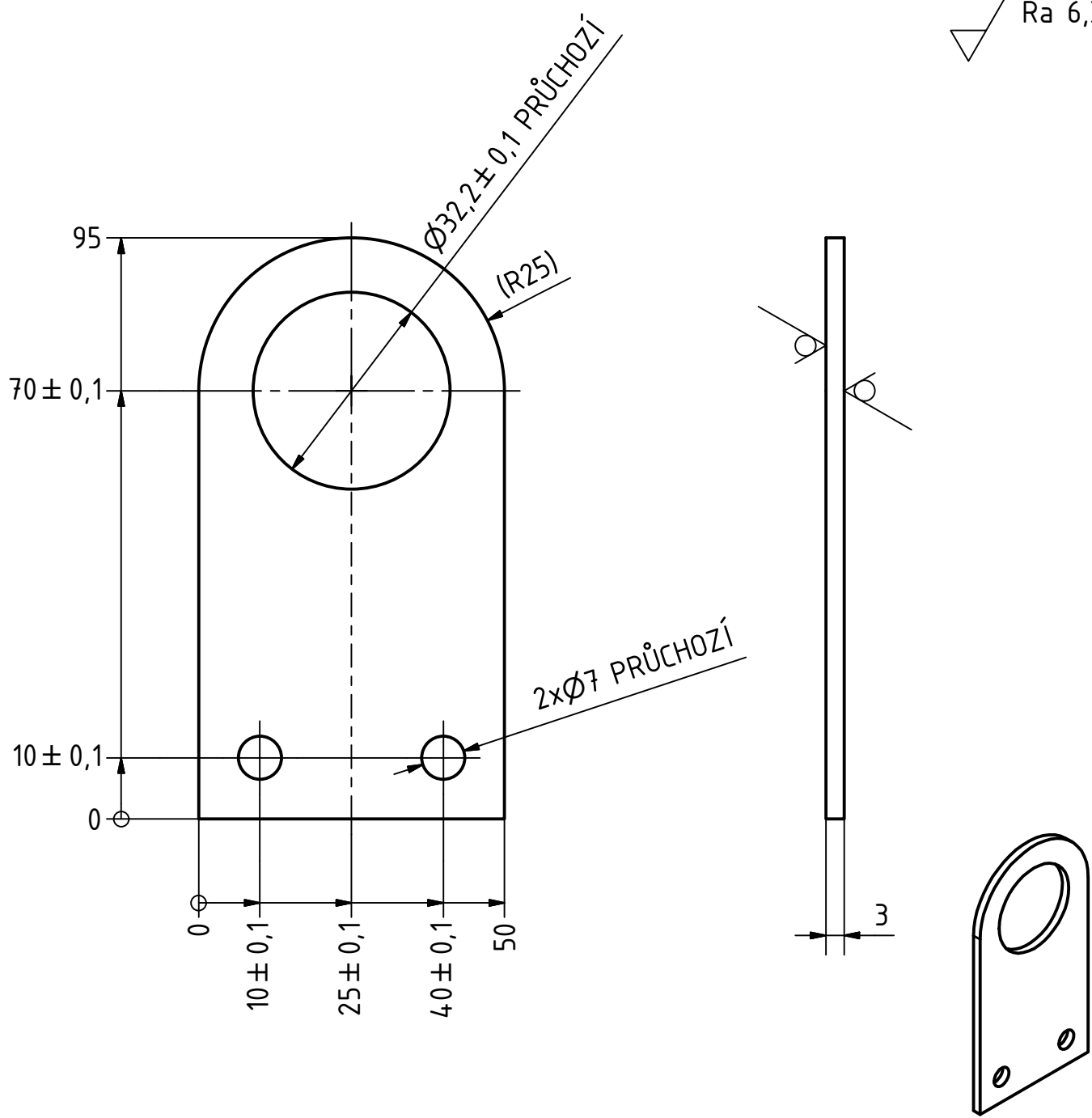
Popis změny Revision	_____	Provedl - Elaborated	_____	Schválil - Approved	_____	Datum - Date	_____	x
	_____		_____		_____		_____	x
	_____		_____		_____		_____	x
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	x

Polotovár Semi-product	Název: Name:	Rozměr - Dimension: Ø85 - 12	Mat. konečný: Final material:	S235	Č.hmot.: Net w.:	0,326 kg
	Norma: Standard:		Mat. výchozí: Initial material:		H.hmot.: Gross w.:	kg

Měřítko Scale 1:1	Kreslil: Drawn by:	LP	Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Toleration - - ISO 2768mK Svary - Welds ISO 3834 - , ISO 5817 - ISO 13920-BE Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - - EN 10 204 -	Užito na - Used on	Poz:
	Přezkoušel: Examined:				Poz:
	Svarování: Welding:				Poz:
	Technologie: Technology:				Poz:
	Schválil: Approved:				Poz:
	Datum: Date:	23.10.2017			

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Typ: Type:	Skupina: Group:	Starý výkres: Old drawing:		
	Název - Title Priruba		Č. výkresu - Drawing No. DP-S-002-S02-2		
	Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.		
	Počet listů: Number of sheets:	1	List: Sheet Number:	1	Verze Release

Ra 6,3



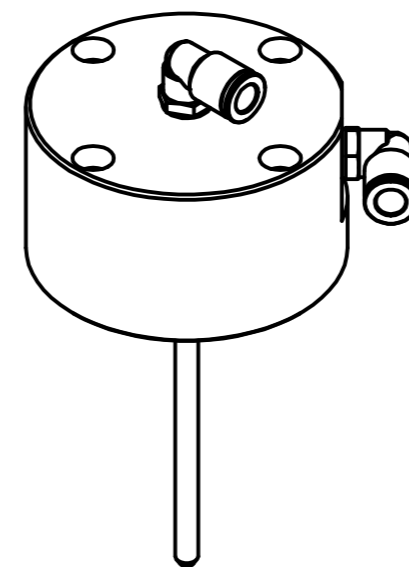
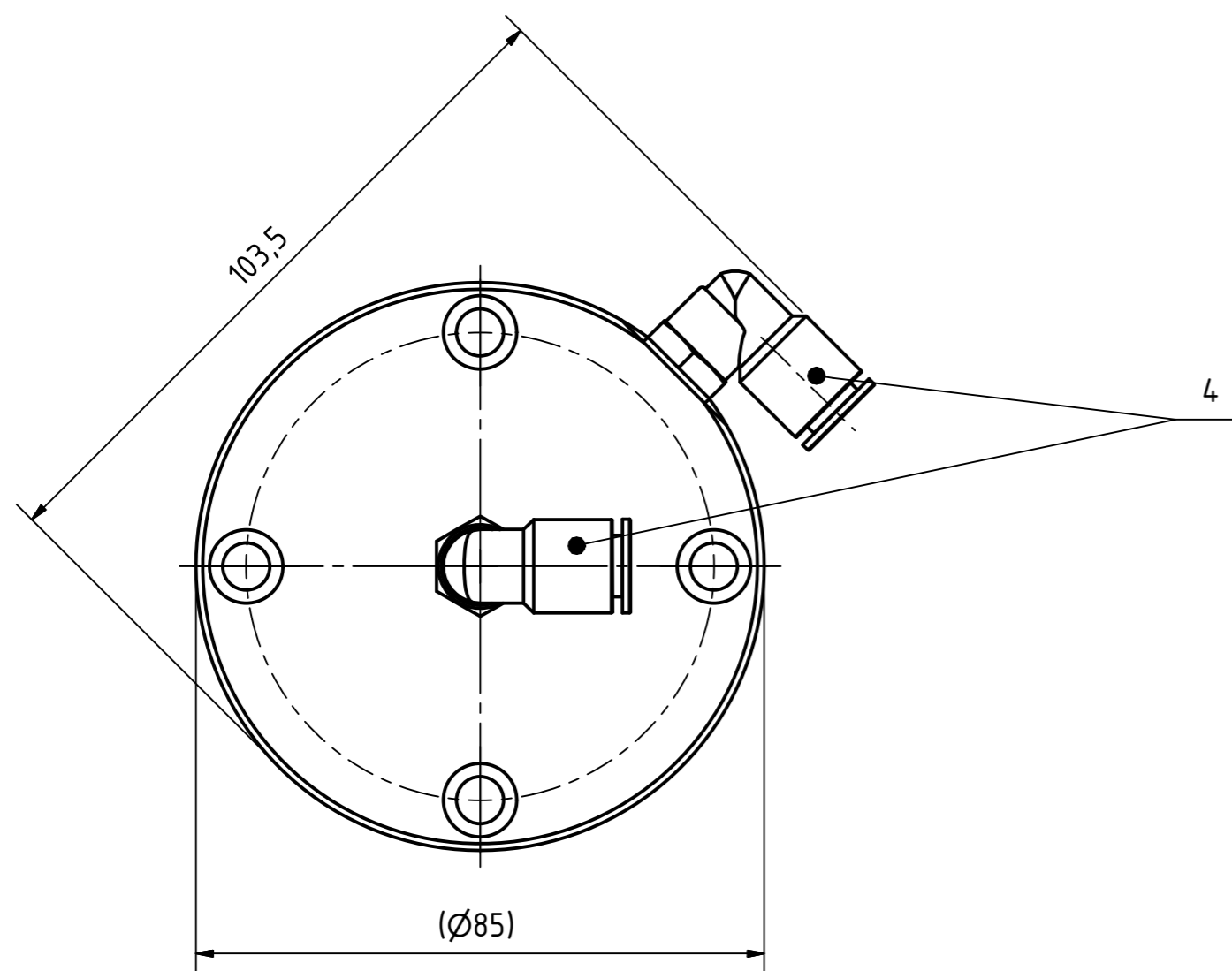
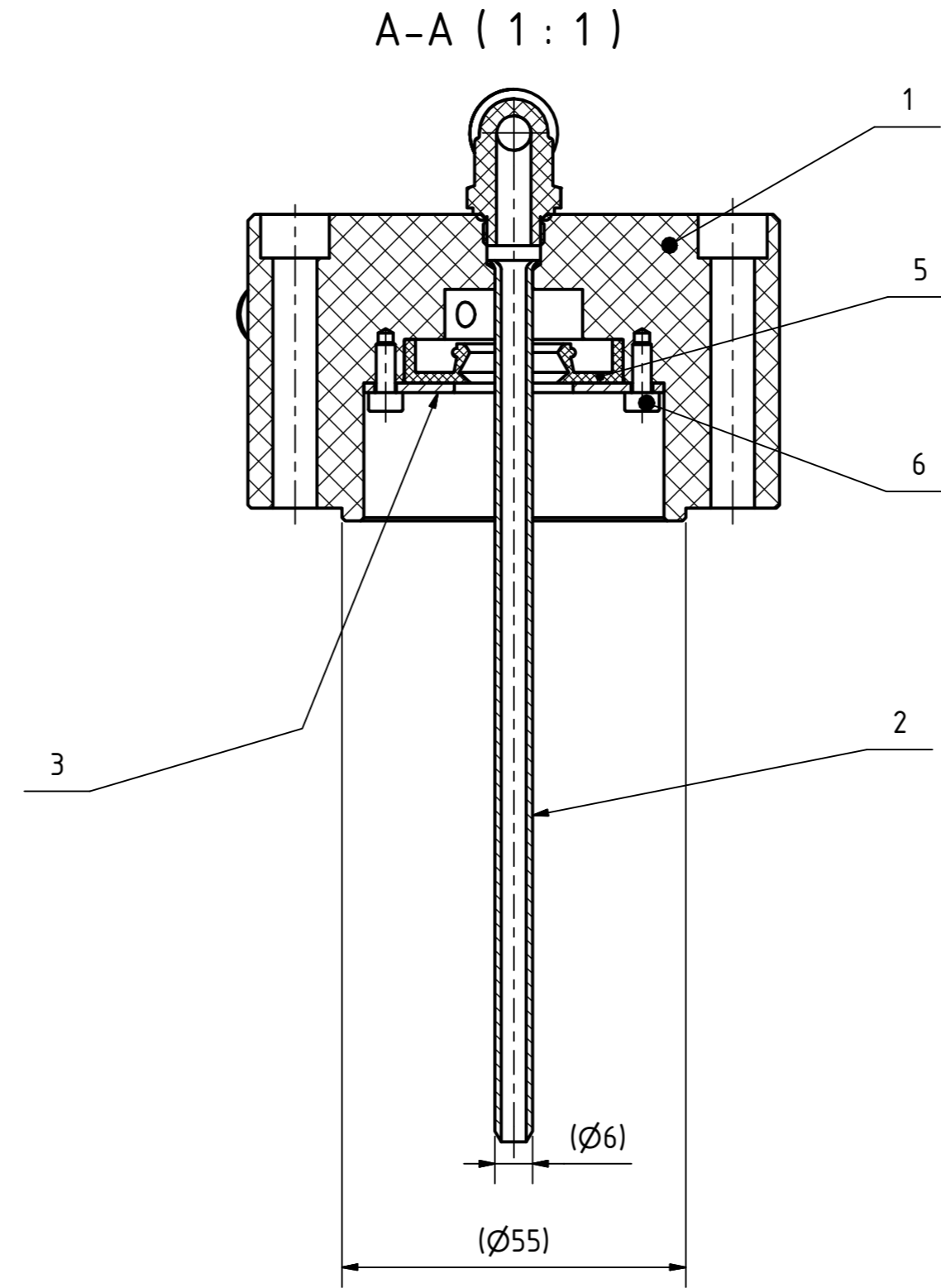
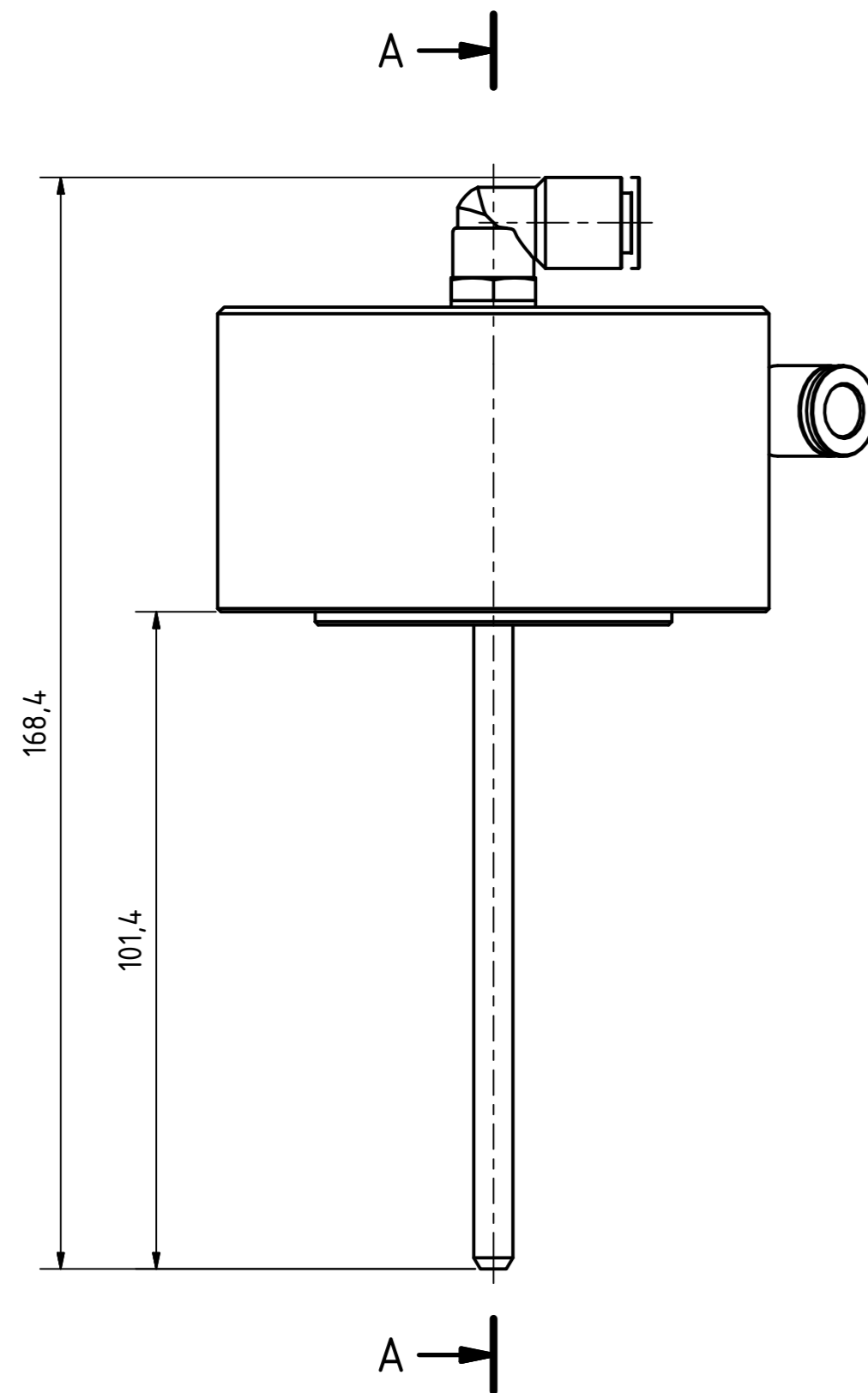
Popis změny Revision	_____	Provedl - Elaborated	_____	Schválil - Approved	_____	Datum - Date	_____	x
	_____		_____		_____		_____	x
	_____		_____		_____		_____	x
	_____		_____		_____		_____	x

Polotovár Semi product	Název: Name:	Rozměr - Dimension: 95x50x3	Mat. konečný: Final material:	S235	Č.hmot.: Net w.:	0,085 kg
	Norma: Standard:		Mat. výchozí: Initial material:		H.hmot.: Gross w.:	kg

Měřítko Scale 1:1	Kreslil: Drawn by:	LP	Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Toleration - - ISO 2768mK Svary - Welds ISO 3834 - , ISO 5817 - ISO 13920-BE Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - - EN 10 204 -	Užito na - Used on	Poz:
	Přezkoušel: Examined:				Poz:
	Svarování: Welding:				Poz:
	Technologie: Technology:				Poz:
	Schválil: Approved:				Poz:

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Typ: Type:	Skupina: Group:	Starý výkres: Old drawing:
	Název - Title <h1 style="text-align: center;">Plech</h1>		Č. výkresu - Drawing No. <h1 style="text-align: center;">DP-S-002-S02-3</h1>
	Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.

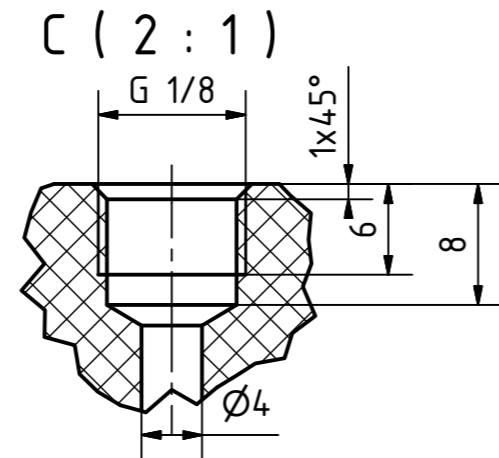
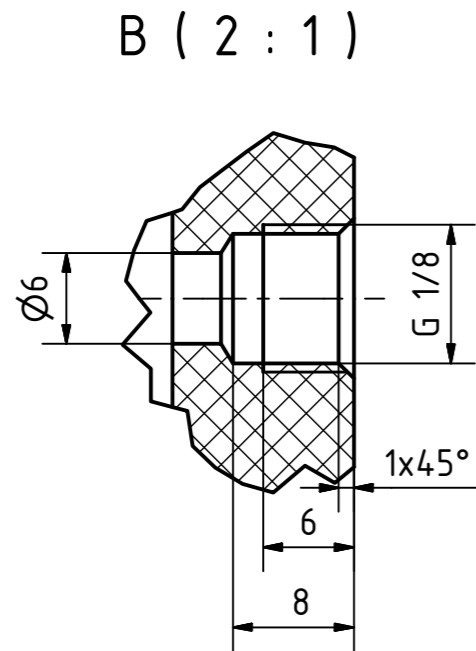
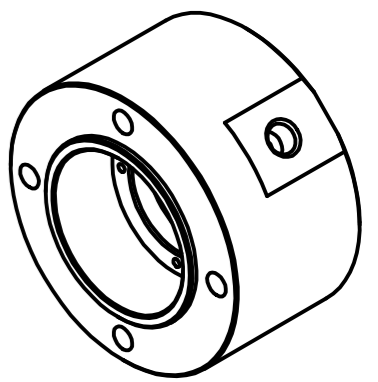
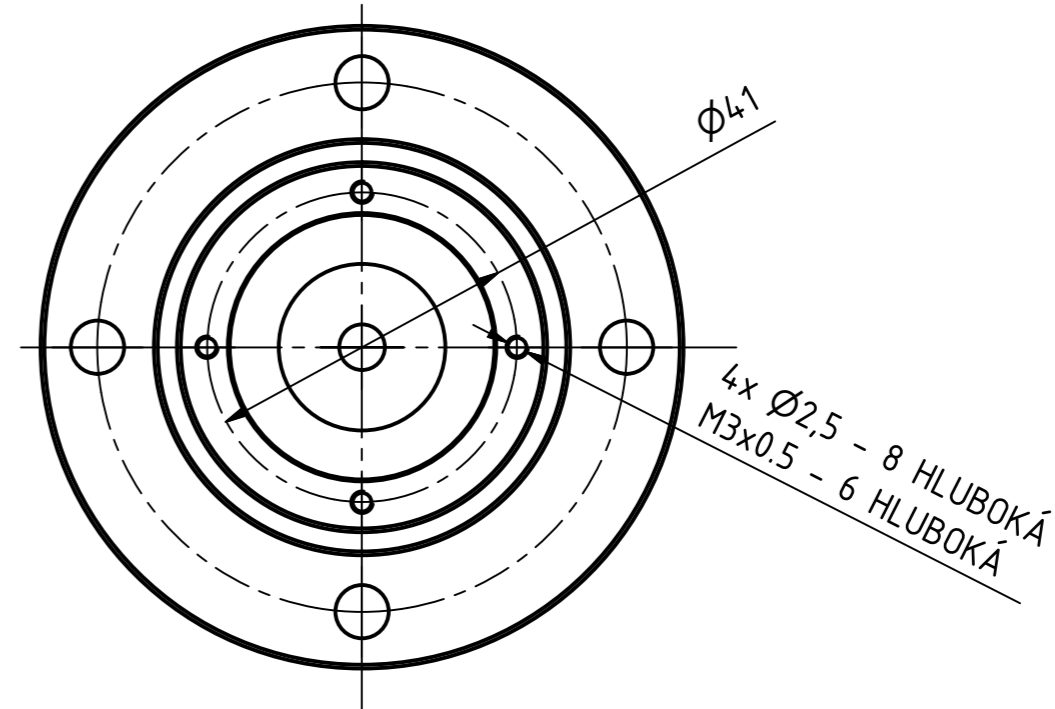
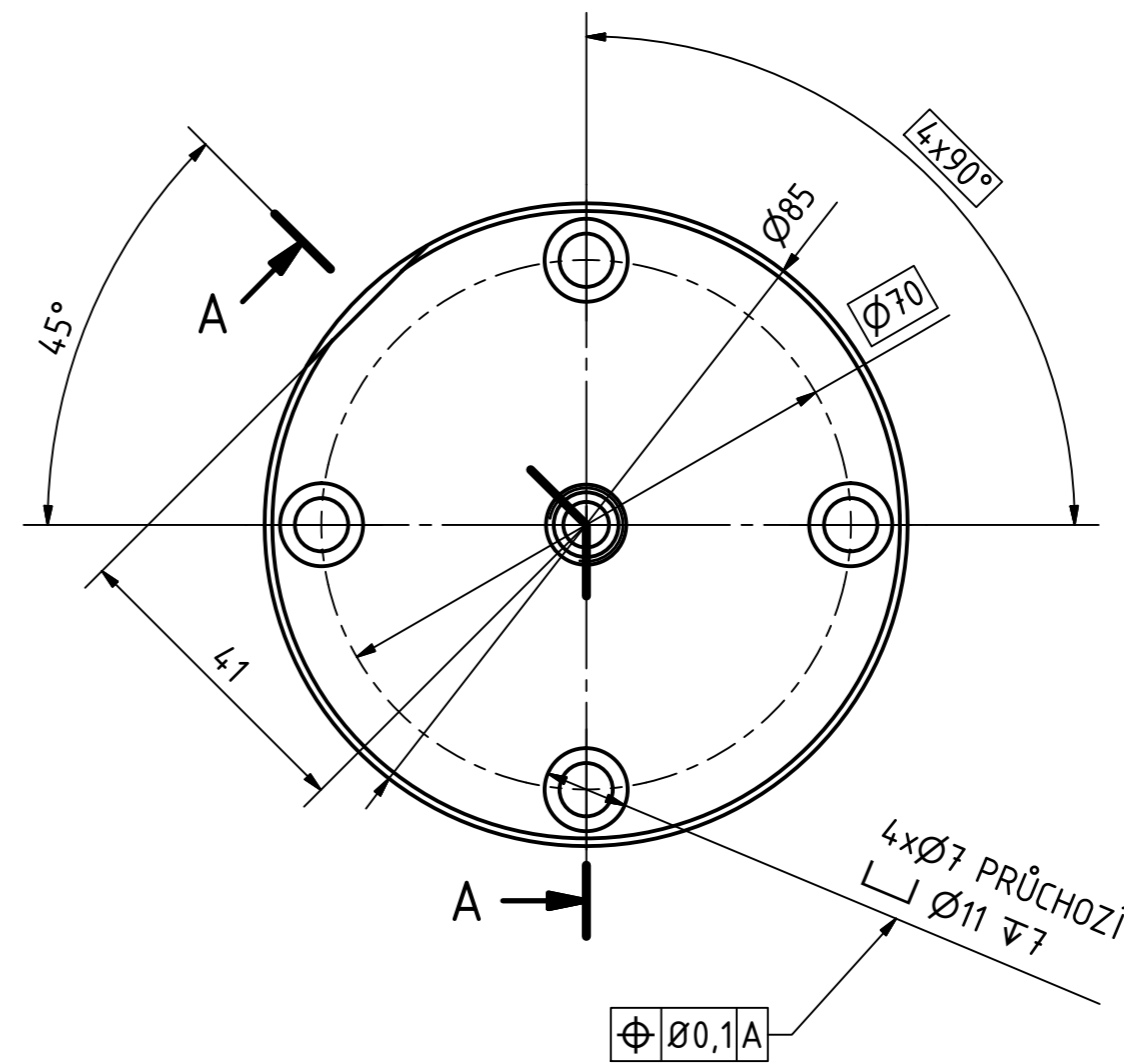
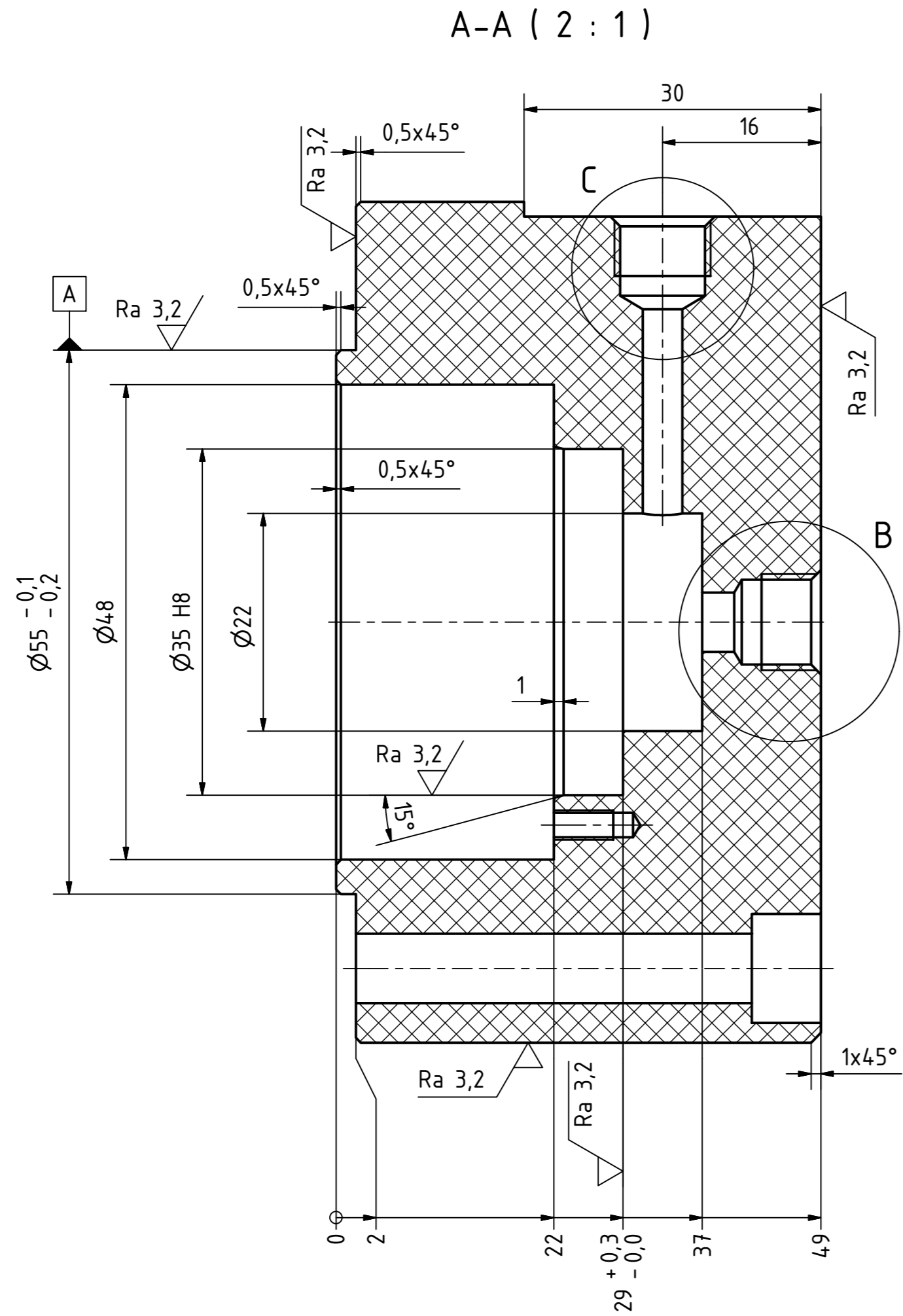
Počet listů: 1 List: 1 Verze: Release
Number of sheets: 1 Sheet Number: 1



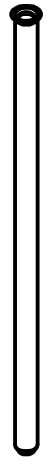
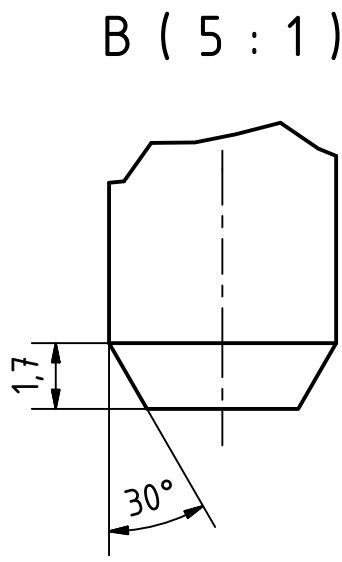
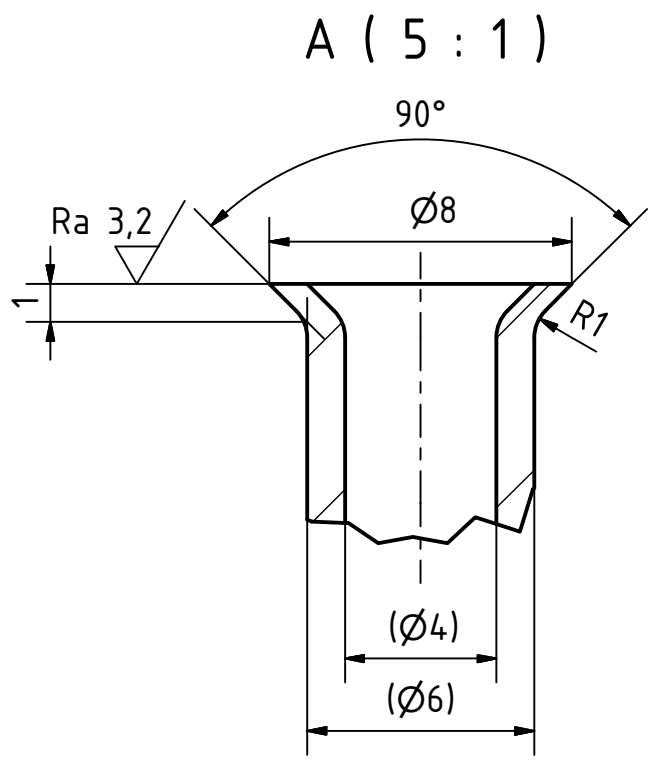
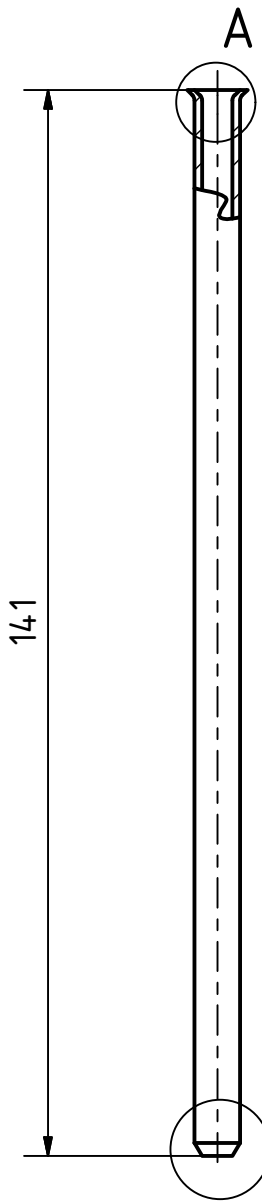
POZ 1 A POZ 2 LEPIT BISON EPOXY METAL

POZ 1 A POZ 4 TESNIT TEFLONOVOU PASKOU

4		Sroub	DIN 912 - M3 x 8	6
1		Gufero	DIN 3760 - AS - 14 x 35 x 7 - NBR	5
2		NPQM-L-G18-Q8 -P10	FESTO/558710	4
1	EN AW 6060 T6	Plech	DP-S-002-S03-3	3
1	CW024A-R250 (Cu-DHP)	Tryska	DP-S-002-S03-2	2
1	PA6	Viko	DP-S-002-S03-1	1
KS	MATERIÁL	NÁZEV	Č.SOUČÁSTI/OBJ.Č.	POZICE
Popis změny Revision		Provedl - Elaborated	Schválil - Approved	Datum - Date
				x
				x
				x
				x
Název: _____		Rozměr - Dimension: _____		Č.hmot.: 0,316 kg
Name: _____		Mat. konečný: _____		Net w.: _____
Norma: _____		Mat. výchozí: _____		H.hmot.: _____
Standard: _____		Initial material: _____		Gross w.: _____
Měřítko	Kreslí: LP	Přesnost - Accuracy ISO 8015		Poz:
Scale	1:1	Tolerance - Toleration - ISO 2768mK		Poz:
		Svary - Welds ISO 3834 - ISO 5817 - ISO 13920-BE		Poz:
		Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - EN 10 204 -		Poz:
		Datum: 23.10.2017		Poz:
Název - Title		Skupina - Group		Stary výkres - Old drawing
Chladicí hlavice				Č. výkresu - Drawing No.
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI		DP-S-002-S03		Počet listů: 1 List: 1 Verze: Release
Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.		



Popis změny Revision		Provedl - Elaborated		Schválil - Approved		Datum - Date	
Název: _____		Rozměr - Dimension: Ø90 - 50		Mat. konečný: PA6		Č.hmot.: 0.240 kg	
Norma: _____		Mat. výchozí: _____		H.hmot.: _____ kg		Gross w.: _____ kg	
Měřítko: 1:1		Kreslil: LP		Přesnost - Accuracy ISO 8015		Poz: _____	
Schválil: _____		Datum: 23.10.2017		Tolerance - Toleration - ISO 2768mK		Poz: _____	
Sváření: _____		Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - EN 10 204 -		ISO 5817 -		Poz: _____	
Technolog: _____		Lůžito na - Used on		ISO 13920-BE		Poz: _____	
Typ: _____		Skupina: _____		Starý výkres: _____		Poz: _____	
Název - Title		Viko		Č. výkresu - Drawing No.		DP-S-002-S03-1	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI		Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.		Počet listů: 1 List: 1 Verze: Release	



POZN.: OKRAJ ROZLISOVAT

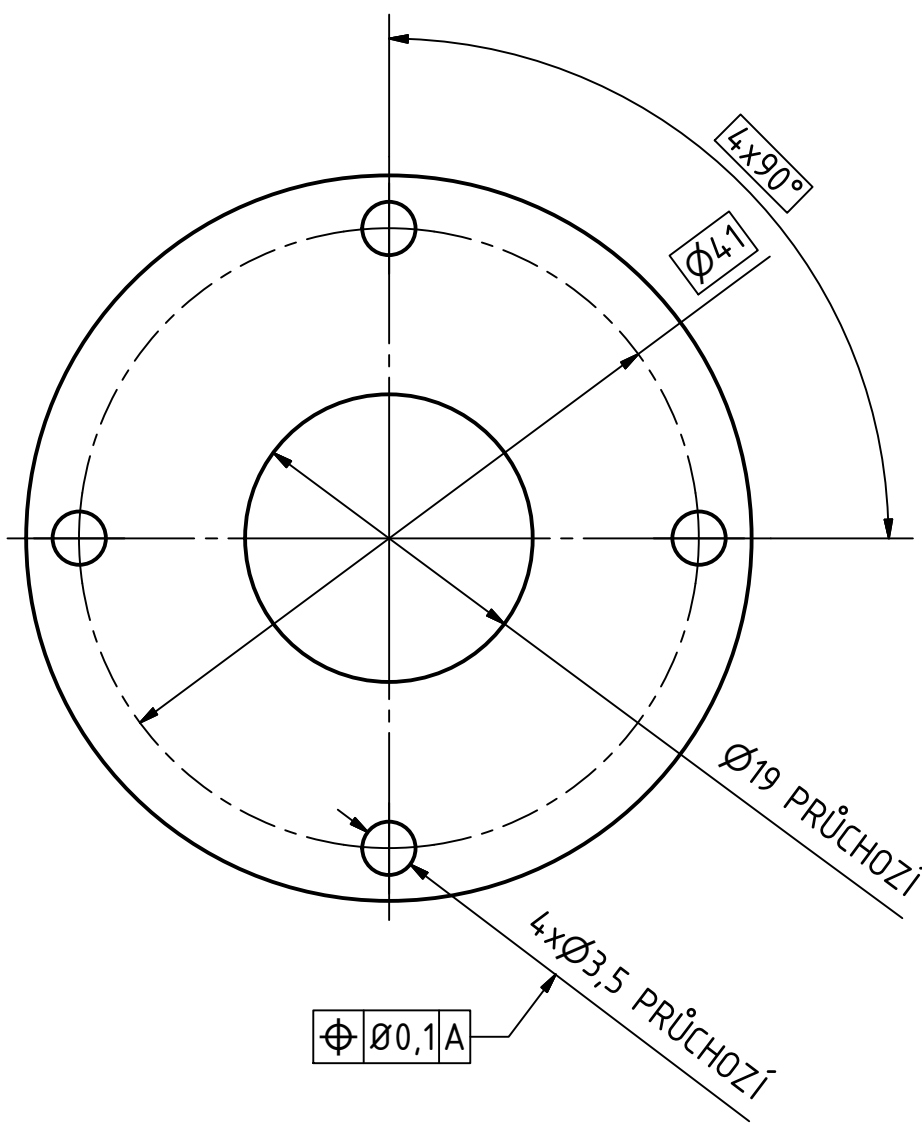
Popis změny Revision	Provedl - Elaborated	Schválil - Approved	Datum - Date	x
				x
				x
				x

Název: Name:	Rozměr - Dimension: TR Ø6x0,7 - 145	Mat. konečný: Final material:	Č.hmot.: Net w.:
Norma: Standard:		Mat. výchozí: Initial material:	0,020 kg
			kg

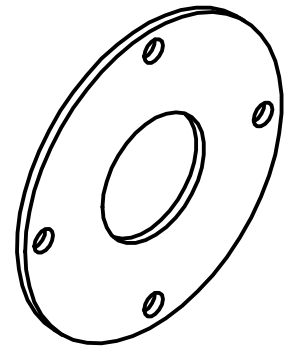
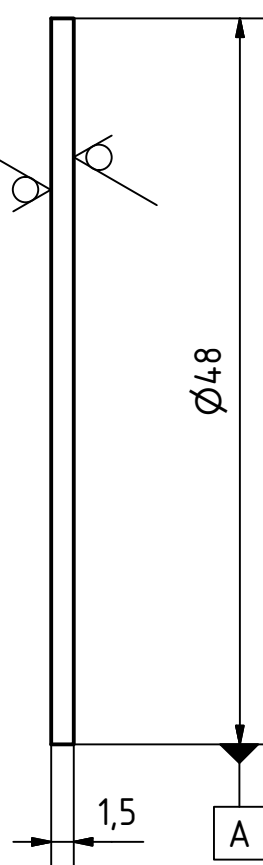
Měřítko Scale	Kreslil: Drawn by:	Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Toleration - - ISO 2768mK Svary - Welds ISO 3834 - , ISO 5817 - ISO 13920-BE Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - - EN 10 204 -	Užito na - Used on	Poz:
1:1	Průzkoušel: Examined:			Poz:
	Svarování: Welding:			Poz:
	Technologie: Technology:			Poz:
	Schválil: Approved:			Poz:

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Typ: Type:	Skupina: Group:	Starý výkres: Old drawing:
	Název - Title Tryska		Č. výkresu - Drawing No. DP-S-002-S03-2
	Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		Počet listů: Number of sheets: 1 List: 1 Verze Sheet Number: 1 Release

All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.



Ra 6,3



Popis změny Revision		Provedl - Elaborated		Schválil - Approved		Datum - Date		x
							x	
							x	
							x	

Polotovár Semi-product	Název: Name:	Rozměr - Dimension: Ø48 - 1,5	Mat. konečný: Final material:	EN AW 6060 T6	Č.hmot.: Net w.:	0.006 kg
	Norma: Standard:		Mat. výchozí: Initial material:		H.hmot.: Gross w.:	kg

Měřítko Scale	Kreslil: Drawn by:	LP	Přesnost - Accuracy ISO 8015 Tolerance - Toleration - - ISO 2768mK Svary - Welds ISO 3834 - , ISO 5817 - ISO 13920-BE Druh. dok. kontroly - Type of doc. control - - EN 10 204 -	Užito na - Used on		Poz:
	Przkoušel: Examined:					Poz:
	Svarování: Welding:					Poz:
	Technologie: Technology:					Poz:
Schválil: Approved:	Datum: Date:	23.10.2017				Poz:

<p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</p>	Typ: Type:	Skupina: Group:	Stary výkres: Old drawing:
	Název - Title Plech		Č. výkresu - Drawing No. DP-S-002-S03-3
	Všechna práva vyhrazena ZČU v Plzni. Třetím osobám lze poskytnout pouze s písemným souhlasem.		All rights reserved ZČU v Plzni. Allowed to be given to third party with written consent only.
		Počet listů: Number of sheets: 1	List: Sheet Number: 1
		Verze Release	