

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Přestavba výukového soustruhu

Autor: **Václav LAZAR**
Vedoucí práce: **Ing. Petr Votápek, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav LAZAR**

Osobní číslo: **S15B0137P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**

Název tématu: **Přestavba výukového soustruhu**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Vypracujte rozbor stávajícího řešení. Navrhněte úpravy stroje pro CNC řízení. Proveďte nezbytné výpočty pro posouzení budoucích vlastností stroje. Práci doplňte o výkresovou dokumentaci nově navržených komponent a zároveň o elektrické schéma zapojení.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Rozbor stávajícího řešení
2. Návrh úpravy stroje pro CNC řízení
3. Výpočty
4. Výkresová dokumentace
5. Technickoekonomické zhodnocení

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

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

HOSNEDL, S. A KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra 2. Brno: Computer Press, 1999

Jiří MAREK A A KOLEKTIV AUTORŮ/AUTOREK Konstrukce CNC obráběcích strojů. Slavkov u Brna: MM publishing, 2014


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

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

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 19. září 2017

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Petru Votápkovi, Ph.D. za vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Martinu Hynkovi, Ph.D. za poskytnuté téma této práce a za jeho čas věnovaný konzultacím. V neposlední řadě patří velký dík rodině a přátelům za podporu při studiu.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Lazar	Jméno Václav	
STUDIJNÍ OBOR	B 2301 „Stavba výrobních strojů a zařízení“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Votápek, Ph.D.	Jméno Petr	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Přestavba výukového soustruhu		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	65	TEXTOVÁ ČÁST	32	GRAFICKÁ ČÁST	33
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p style="text-align: center;">Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem přestavby výukového soustruhu SUF 16 CNC. Práce obsahuje rozbor stávajícího řešení, 3D modely soustruhu. Dále pak návrh nových pohonů stroje a nové elektrické zapojení soustruhu.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA	<p style="text-align: center;">CAD, CNC, soustruh, pohony soustruhu</p>

SUMMARY OF BACHELOR THESIS

AUTHOR	Surname Lazar	Name Václav		
FIELD OF STUDY	B 2301 “Design of Manufacturing Machines and Equipment“			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Votápek, Ph.D.	Name Petr		
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Rebuilding the education lathe			

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

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	65	TEXT PART	32	GRAPHICAL PART	33
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor thesis is focused on rebuilding design of the education lathe SUF 16 CNC. The thesis includes analysis of the current design and 3D models of the lathe. It also includes design of new drives of the lathe and new wiring.
KEY WORDS	CAD, CNC, lathe, lathe's drive

Obsah

1	Úvod	1
2	Rozbor stávajícího řešení.....	2
2.1	Základní parametry stroje	2
2.2	Rám	2
2.3	Vřeteník.....	3
2.4	Podélné vedení	3
2.5	Suport.....	5
2.6	Vedlejší pohon stroje	6
2.6.1	Uložení pohybových šroubů	7
2.6.2	Krokové motory.....	7
2.7	Hlavní pohon stroje.....	10
3	Návrh úpravy stroje	11
3.1	Propojení PC a stroje	11
3.2	Návrh hlavního pohonu stroje.....	11
3.2.1	Volba řemenového převodu.....	15
3.3	Vedlejší pohony stroje	16
3.3.1	Příčná osa X.....	16
3.3.2	Podélná osa Z.....	18
3.3.3	Použité krokové motory.....	18
3.3.4	Volba řemenového převodu.....	19
3.4	Návrh nového uspořádání stroje	20
3.5	Řídící systém stroje.....	24
4	Technickoekonomické zhodnocení	26
4.1	Nové parametry stroje.....	26
4.2	Ekonomické zhodnocení	26
5	Závěr.....	28
6	Použitá literatura.....	29
	Seznam obrázků	31
	Seznam tabulek	32
	Seznam příloh.....	32

Seznam použitých symbolů a zkratek

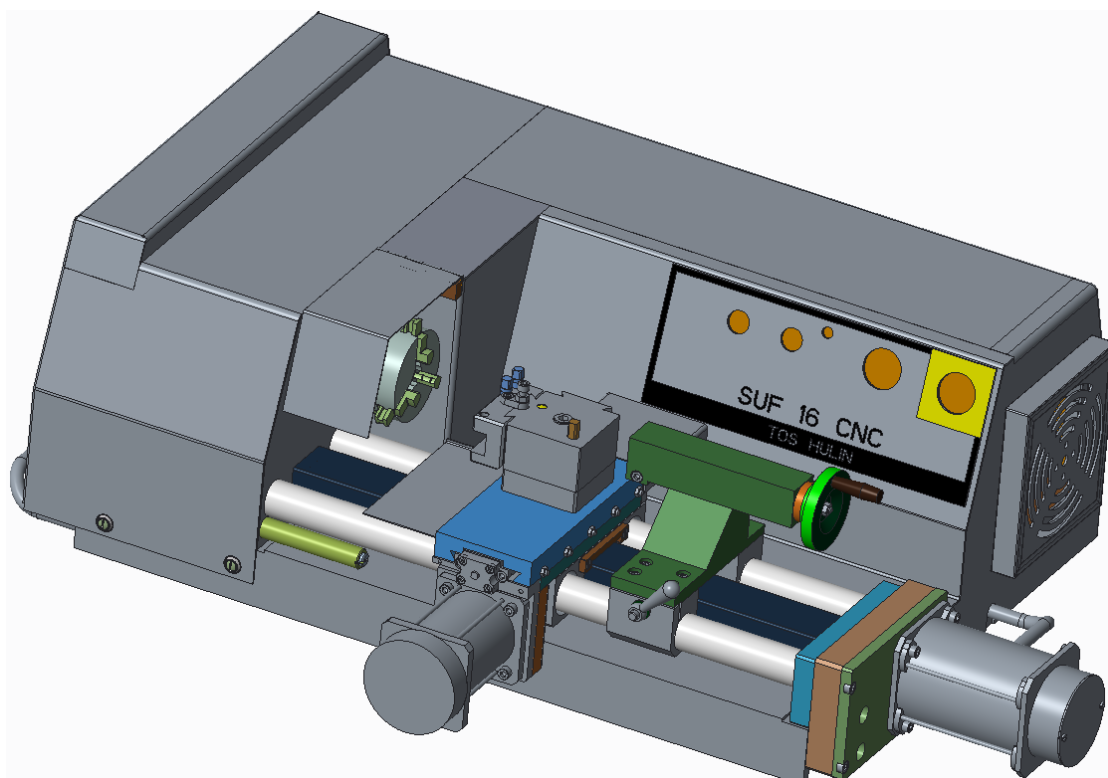
Označení	Legenda	Jednotka
F_c	hlavní složka řezné síly	[N]
v_c	řezná rychlost	[m/min]
a_p	hloubka řezu	[mm]
f	posuv	[mm/ot]
k_c	měrný řezný odpor	[MPa]
P	výkon	[W]
d	průměr	[mm]
M	kroučící moment	[Nm]
$i_{1,2}$	převodový poměr	[-]
ω	úhlová rychlost	[rad/s]
n	otáčky	[min ⁻¹]
s	stoupání pohybového šroubu	[mm]
U	elektrické napětí	[V]
I	elektrický proud	[A]
f	frekvence	[Hz]
F	síla	[N]
S	plocha	[mm ²]
L	délka pera	[mm]
b	šířka pera	[mm]
h	výška pera	[mm]
p_D	dovolený tlak	[MPa]

1 Úvod

Tato bakalářská práce pojednává o přestavbě výukového soustruhu SUF 16 CNC.

Samotná přestavba spočívá v navržení nového konstrukčního uspořádání zastaralého stroje.

Cílem tohoto projektu bylo provést rozbor současného konstrukčního řešení zařízení a převést toto řešení do 3D modelů na PC. K tvorbě 3D modelů byl použit software PTC Creo Parametric. Dále si autor práce kladl za cíl zpracovat náčrt budoucího elektrického zapojení stroje a konstrukční návrh nových pohonů tohoto soustruhu.



Obrázek 1: 3D model soustruhu SUF 16



Obrázek 2: Pracoviště se soustruhem SUF 16 CNC [20]

2 Rozbor stávajícího řešení

Jedná se o výukový soustruh SUF 16 CNC navrhnutý a vyvinutý firmou TOS Hulín v roce 1986. Tento stroj je prvním výukovým číslicově řízeným soustruhem v tehdejší Československu. [1]

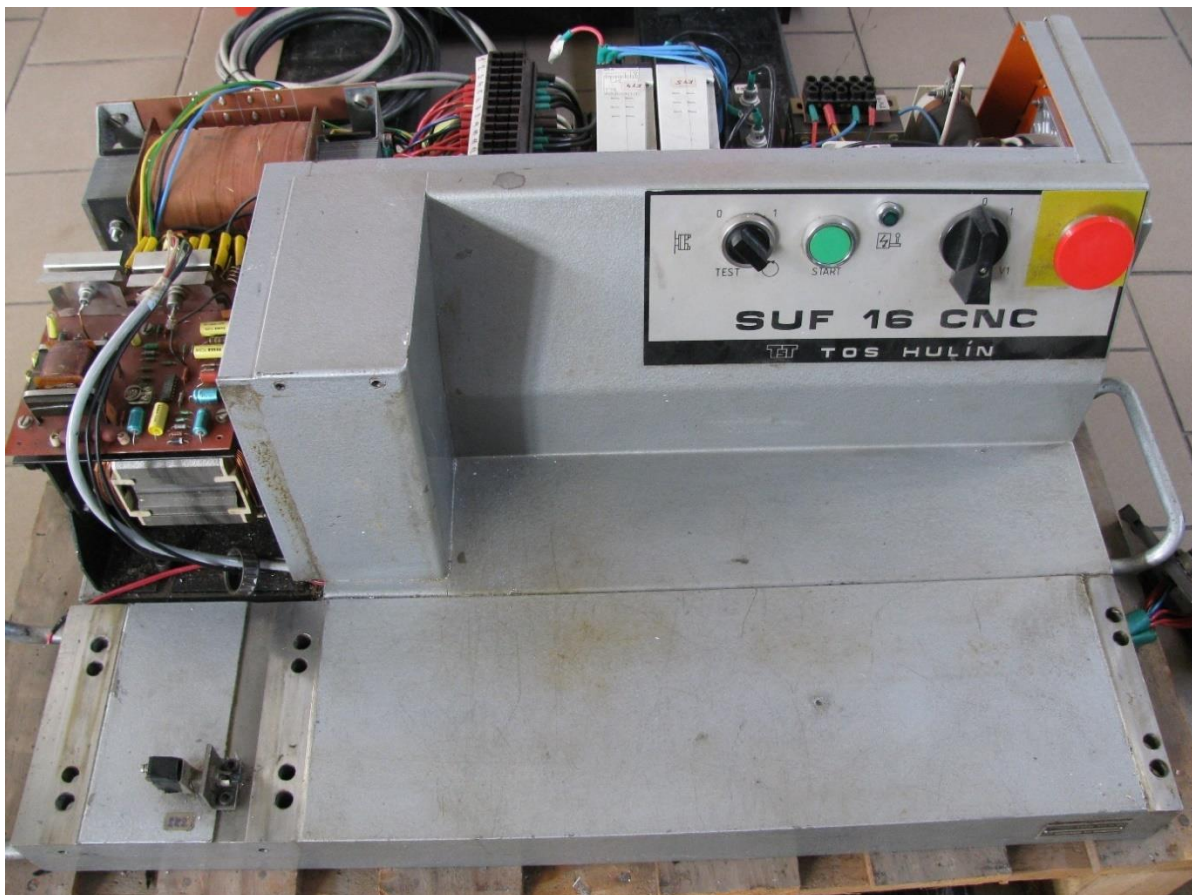
Autor práce provedl demontáž základních konstrukčních celků stroje, které převedl do objemových 3D modelů v programu PTC Creo Parametric, viz příloha na CD. Tyto modely budou sloužit jako základ pro vypracování nového konstrukčního řešení.

2.1 Základní parametry stroje

- točný průměr: 160 mm
- točná délka: 300 mm
- sklíčidlo: \varnothing 80 mm
- výkon motoru: 550 W
- kužel pinoly: Morse 2

2.2 Rám

Rám stroje je svařovaný, tvořený U profily. Na „základní“ U profil jsou pomocí šroubů M10 a kolíků připevněny desky, které slouží jako uložení vřeteníku a uložení vodících tyčí podélného vedení soustruhu. Na zadní část rámu je uchycena dřevěná deska, na které je umístěna elektrovýzbroj soustruhu. Elektronika je krytována.

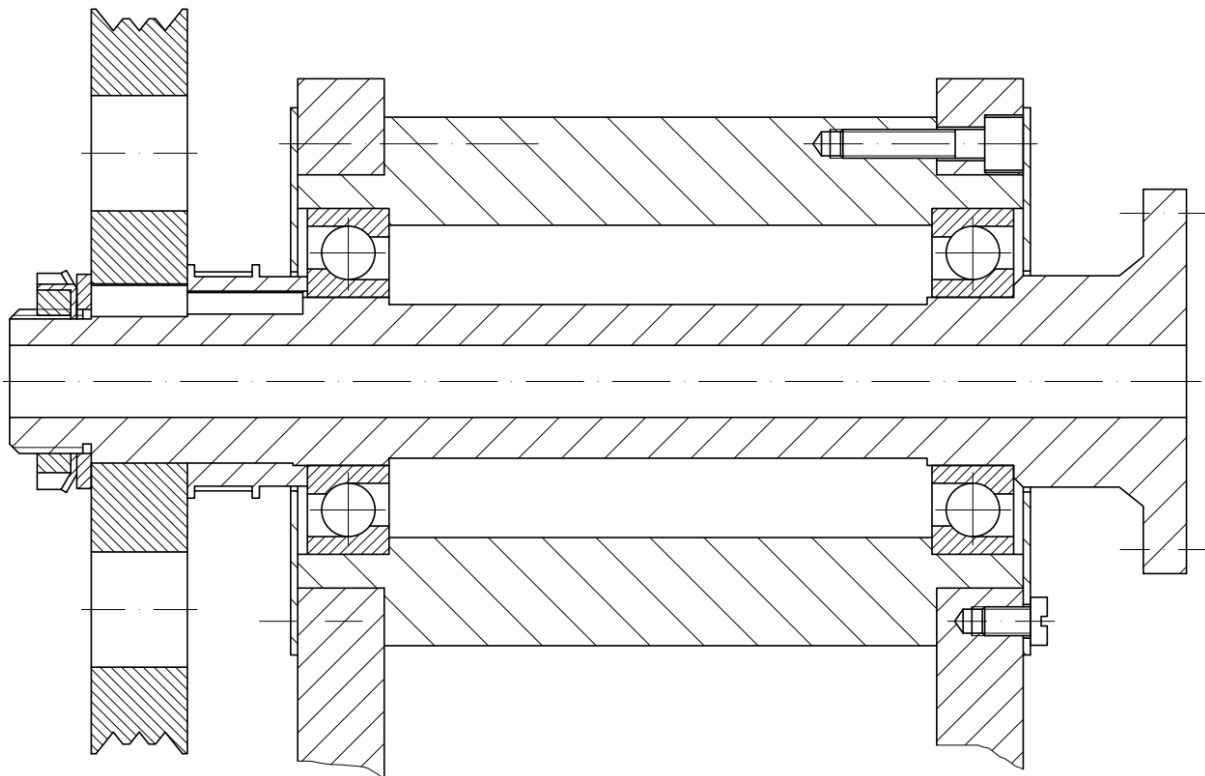


Obrázek 3: Rám soustruhu

2.3 Vřeteník

Vřeteník stroje se skládá ze dvou desek o tloušťce 18 mm. Každá z těchto desek je k rámu uchycena pomocí dvou šroubů M10 a dvou kuželových kolíků které zajišťují přesné ustavení desek vřeteníku, tedy i vloženého vřetena, oproti rámu a vůči uložení podélného vedení stroje.

V každé desce je umístěno jednořadé kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem typu: LOŽISKO 7207 ČSN 02 4645. V ložiskách je uloženo vřeteno. Vřeteno má v sobě průchozí otvor o průměru 15 mm, který je nutný k upichování (tedy tvorbu) polotovarů. Vřeteno má na svou lící část přišroubované (pomocí třech šroubu M5) univerzální tříčelistové sklíčidlo. Ve sklíčidle je možné obrábět součásti o průměru až 160 mm. Je nutné podotknout, že soustruh nedisponuje žádnou převodovkou, tedy krotící moment se z hlavního pohonu stroje přenáší, prostřednictvím řemenu, přímo na výstupní členy, tedy vřeteno, v převodovém poměru $i_{1,2} = 5$. Na samotném vřetenu je ještě, kromě řemenice přinášející krotící moment, řemenice ozubeného řemenu, který je spojen s IRC snímačem. Snímač poskytuje zpětnou vazbu pro řídicí systém CNC soustruhu o aktuálních otáčkách vřetena.



Obrázek 4: Uložení vřeteníku

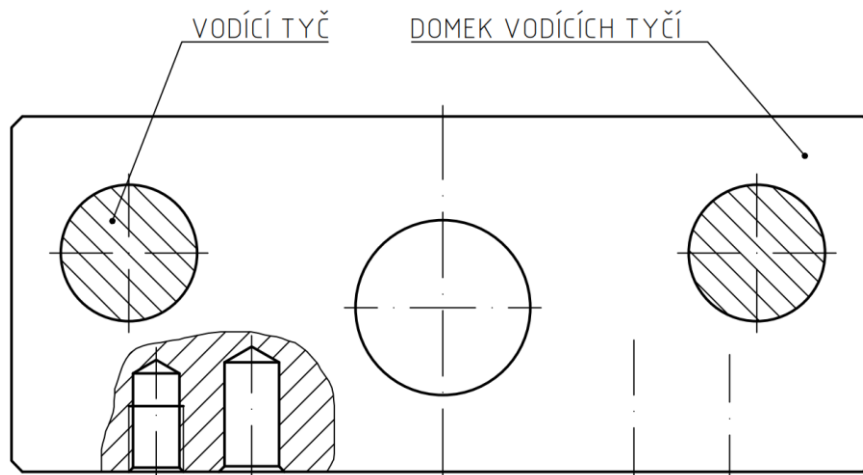
2.4 Podélné vedení

Podélné vedení je tvořeno dvěma tyčemi o průměru 32 mm. Tyče jsou uchyceny z jedné strany k desce vřeteníku a z druhé strany v desce, ke které je připojen pohon vedení. Celé vedení je tedy realizováno jako kluzné s kruhovým tvarem dráhy. Výhody kluzného vedení potom jsou:

- poměrně dobré tlumení
- ekonomicky nenáročný provoz – není třeba zařizovat olejové hospodářství
- vedení je zařízeno bez tlakového maziva

Nevýhody spočívají v:

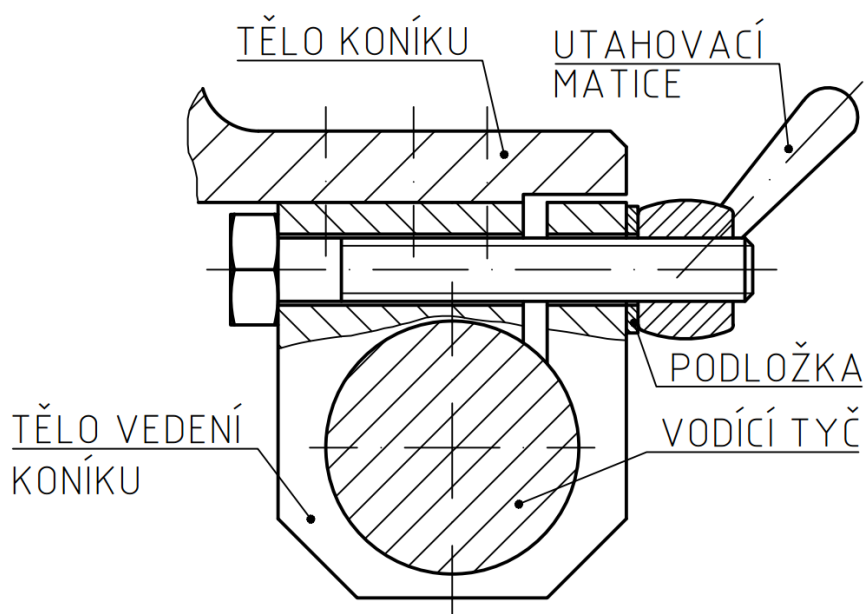
- vlivem různorodého koeficientu tření za klidu a za pohybu dochází k trhavým pohybům
- vlivem tření dochází k zahřátí součástí, následuje opotřebení



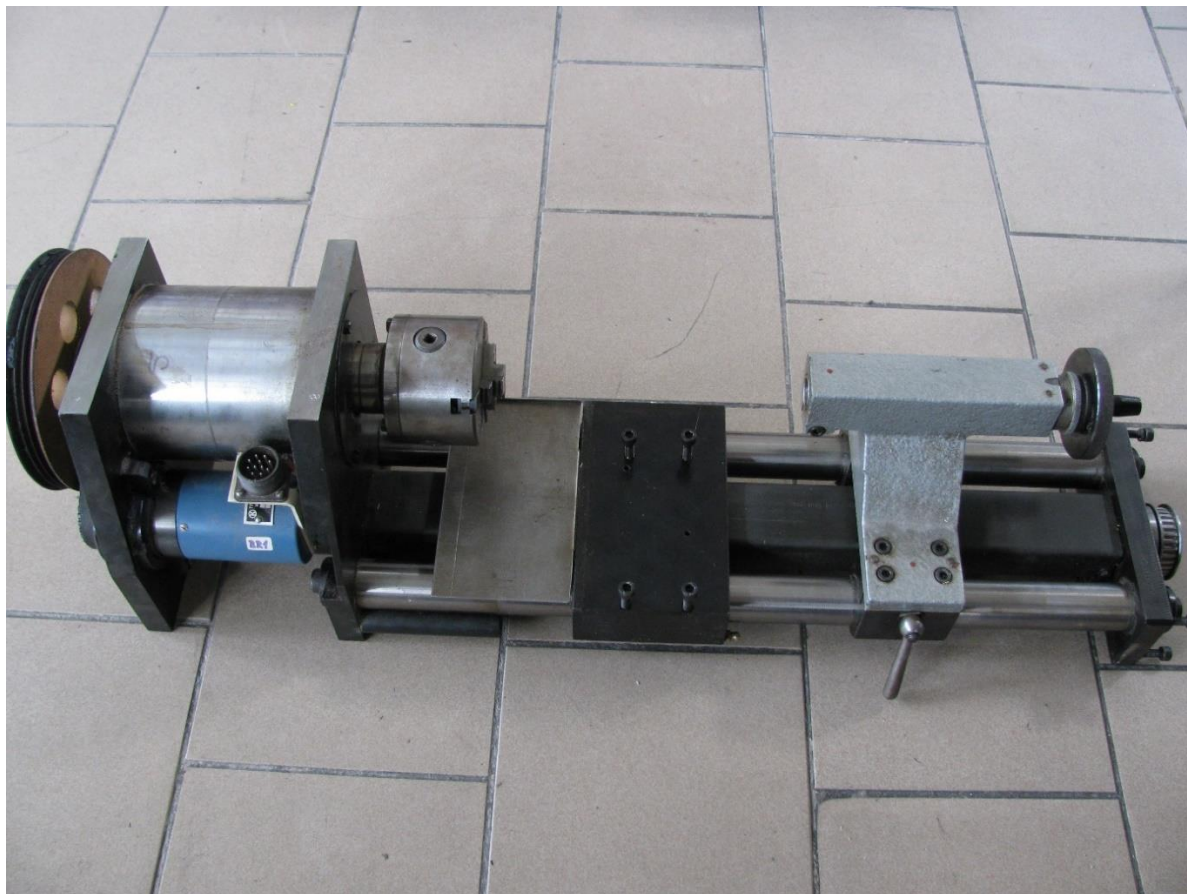
Obrázek 5: Uložení podélného vedení

Na podélném vedení se pohybuje suport a koník. Suport je ve stykových plochách s tyčemi vedení opatřen plastem, koeficient tření se na tomto rozhraní pohybuje v mezích od 0,04 až 0,18.

Koník soustruhu je opatřen vnitřním kuzelem Morse 2. Koník nemá elektronicky řízený pohyb, ovládání je tedy zcela „ruční“ záležitost. Ve styku s podélným vedením nemá koník instalováno žádné obložení, koeficient tření může tedy nabývat hodnot 0,15 až 0,3. Brzda koníku je konstruována jako svěrný spoj, viz obrázek 6. Přesné ustavení koníku zabezpečují kolíkové spoje.



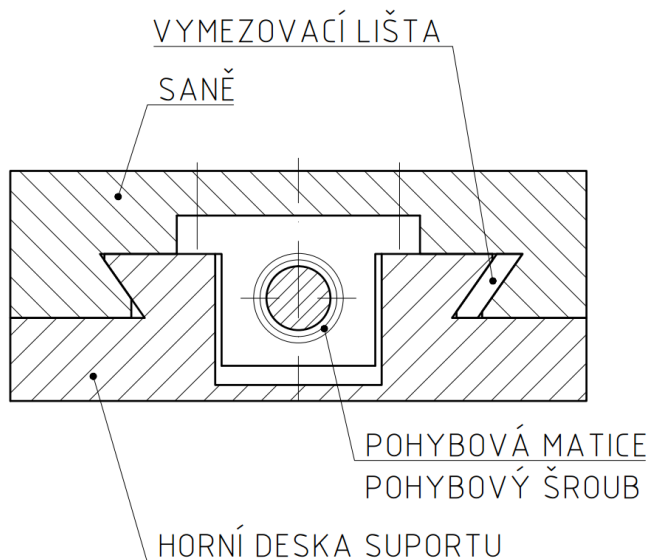
Obrázek 6: Uchycení koníku k vedení



Obrázek 7: Podélná osa Z

2.5 Suport

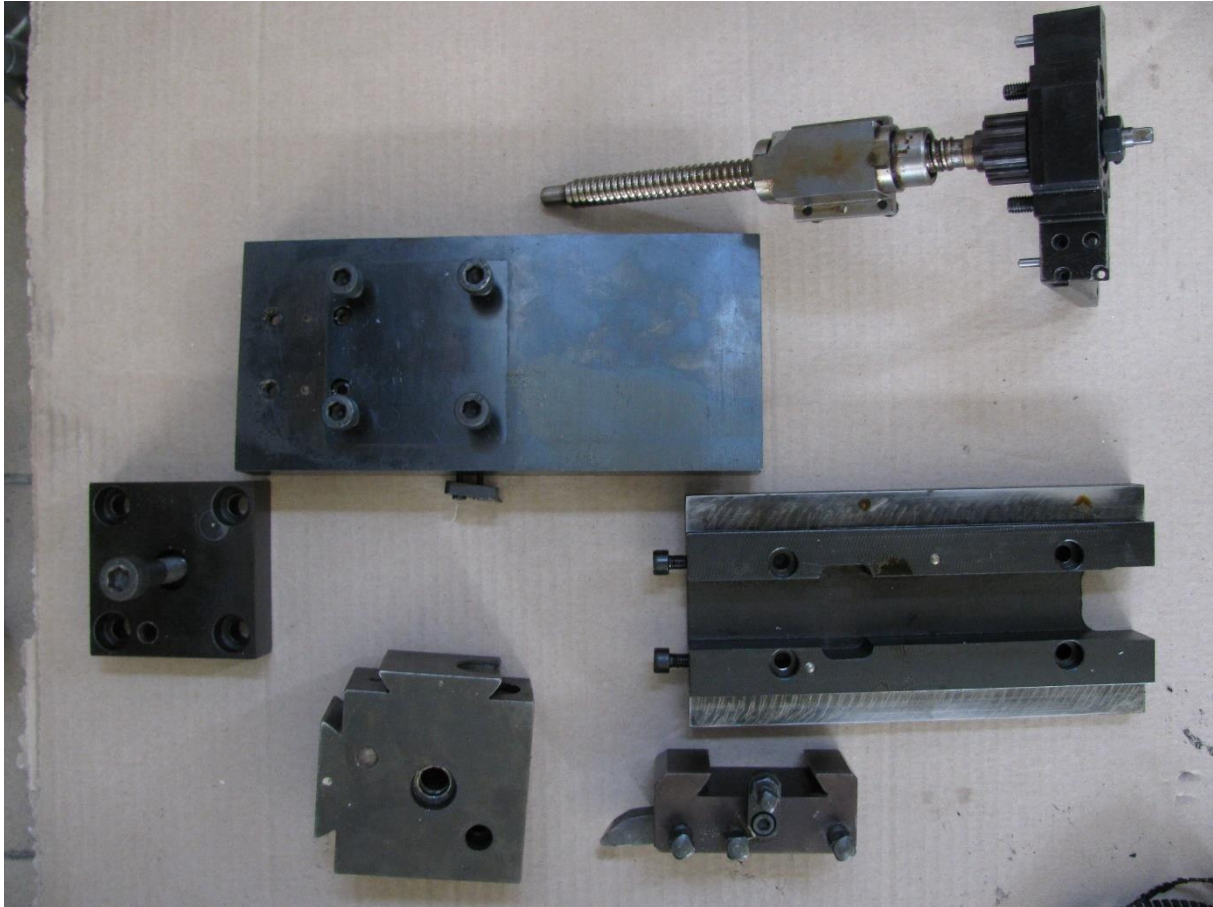
Celý suport je tvořen obráběnými částmi a jak bylo zmíněno výše, pohybuje se po dvou kruhových tyčích. Příčné vedení částí suportu je realizováno prostřednictvím rybinových drážek na saních a na horní desce suportu, která dosedá na spodní část suportu. Součástí tohoto celku je také pohybový kuličkový šroub s maticí a uchycení příčného krokového motoru.



Obrázek 8: Vedení suportu

V případě, že je nutné vymezit přesnou polohu komponent, je použit kolíkový spoj (např. usazování horní desky suportu na spodní část suportu nebo spojení držáku krokového motoru a suportu). Kolíkový spoj vymezuje jednoznačnou (uživatelsky nezaměnitelnou) polohu dvou součástí vůči sobě (v rámci jednoho spoje jsou použity různé průměry kolíků).

Na suportu je umístěna rychloupínací nožová hlava. Na nožovou hlavu se prostřednictvím rybinových drážek upíná nožový držák. Samotné rychloupínání spočívá v aplikaci upínacího excentru, který umožňuje velice rychlou výměnu nožových držáků. Do nožové hlavy je možno upnout dva držáky. Výměna nástrojů probíhá ručně. Jestliže považujeme tento soustruh za výukový, ruční výměna nástrojů není na škodu (žáci budou se strojem více v kontaktu).



Obrázek 9: Díly suportu

2.6 Vedlejší pohon stroje

Podélný a příčný pohyb částí suportu způsobují a regulují dva krokové motory. Každý z motorů má na svém výstupním hřídeli nasazenou řemenic pro ozubený řemen. Prostřednictvím ozubeného řemenu je přenášen kroučící moment z krokového motoru přímo na kuličkový pohybový šroub.

Díky pohybovému šroubu a jeho matici, která je pevně spojena se saněmi, viz obrázek 8, je zajištěna transformace rotačního pohybu řemenice krokového motoru na lineární posuv suportu. Kuličkový šroub pracuje na principu valivého tření, kdy koeficient tření může nabývat hodnot okolo 0,01. Kuličkové šrouby mají obecně účinnost vyšší než 90 %.

2.6.1 Uložení pohybových šroubů

Šroub podélného suportu:

Pohybový šroub je ze strany vřeteníku uchycen dvěma kuličkovými jednořadými ložisky s kosoúhlým stykem (4001 ČSN 02 4645). Z druhé strany je šroub uložen v jednořadém kuličkovém ložisku (6001 ČSN 02 4630). Celé toto souhmotí je z každé strany staženo KM maticí, která je zajištěna MB podložkou.

Šroub příčného suportu:

Tato část pohybového ústrojí soustruhu je „jednostranně uložena“. Jeden konec pohybového šroubu je uložen ve dvou jednořadých kuličkových ložiscích (608 ČSN 02 4630) a přitažen maticí M8 (matice je proti svému potočení pojištěna stavěcím šroubem s hrotem). Druhý konec šroubu je volně uložen v pouzdru.



Obrázek 10: Pohybový šroub příčné osy X

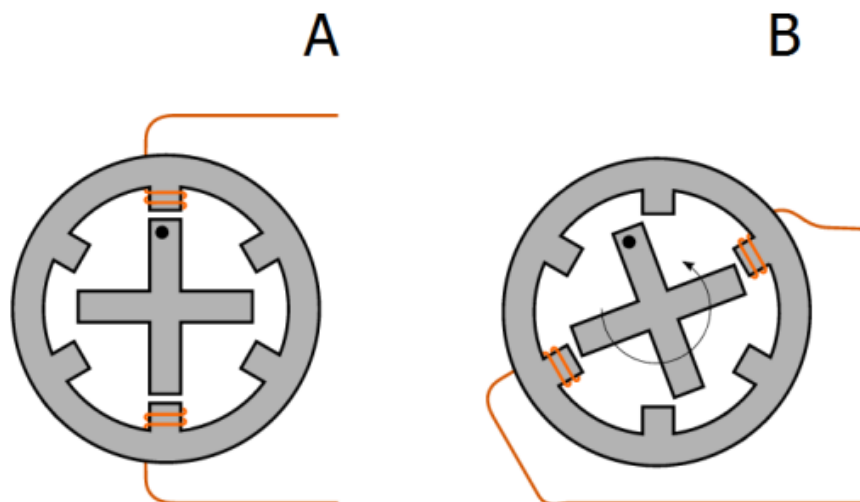
2.6.2 Krokové motory

V následujícím odstavci bude v krátkosti vysvětlen princip činnosti krokového motoru. Krokové motory jsou u CNC strojů jednou z klíčových komponent, proto má smysl se této problematice alespoň lehce dotknout.

Krokový motor je zvláštním případem synchronního motoru – tedy otáčky rotoru odpovídají otáčkám točivého magnetického pole statoru. Motor však není napájen třífázovým střídavým napětím, ale je napájen napěťovými pulsy stejnosměrného proudu. Motor se skládá ze dvou základních částí a to statoru a rotoru:

- stator: je složen z několika párů cívek – obvykle 4 páry

- rotor: většinou váleček s vyniklými póly permanentního magnetu [2]



Obrázek 11: Polohy krokového motoru [3]

Poloha A:

Motor je v této poloze, protože proud tekoucí cívkami generuje magnetický tok, který prochází místem s nejnižším magnetickým odporem, tedy rotorem.

Poloha B:

Přepnutí aktivní cívky se vytvoří magnetický tok na jiném místě, rotor se tedy natočí tak, aby kladl co nejnižší magnetický odpor, tedy o 60° doleva.

[2]

Rotor se vlastně otáčí mezi stabilními polohami permanentního magnetu a cívky vždy v určitém úhlu, jedná se tedy o pohyb po krocích. Počet kroků, stabilních klidových poloh, je dán počtem pólů a způsobem řízení motoru.

Pro řízení spínání cívek statoru se používá ovládací elektronika – ovladač krokového motoru, tzv. driver. Driver dodává vinutí motoru digitální pulzy, které motor převádí na postupné otáčení rotoru.

Krokové motory lze kategorizovat dle počtu fází na dvoufázové, třífázové a pětifázové. Počet fází ovlivňuje přesnost motoru neboli počet kroků na jednu otáčku. Počet kroků na jednu otáčku lze určit jako:

z – počet zubů [-]

p – počet pólů rotoru [-]

f – počet fází [-]

$$360^\circ / z / f / p = \text{úhel jednoho kroku}$$

$$360^\circ \cdot \text{úhel jednoho kroku} = \text{kroků na jednu otáčku}$$

[4]

Výhody krokového motoru:

- jednoduché ovládání motoru
- bezúdržbový

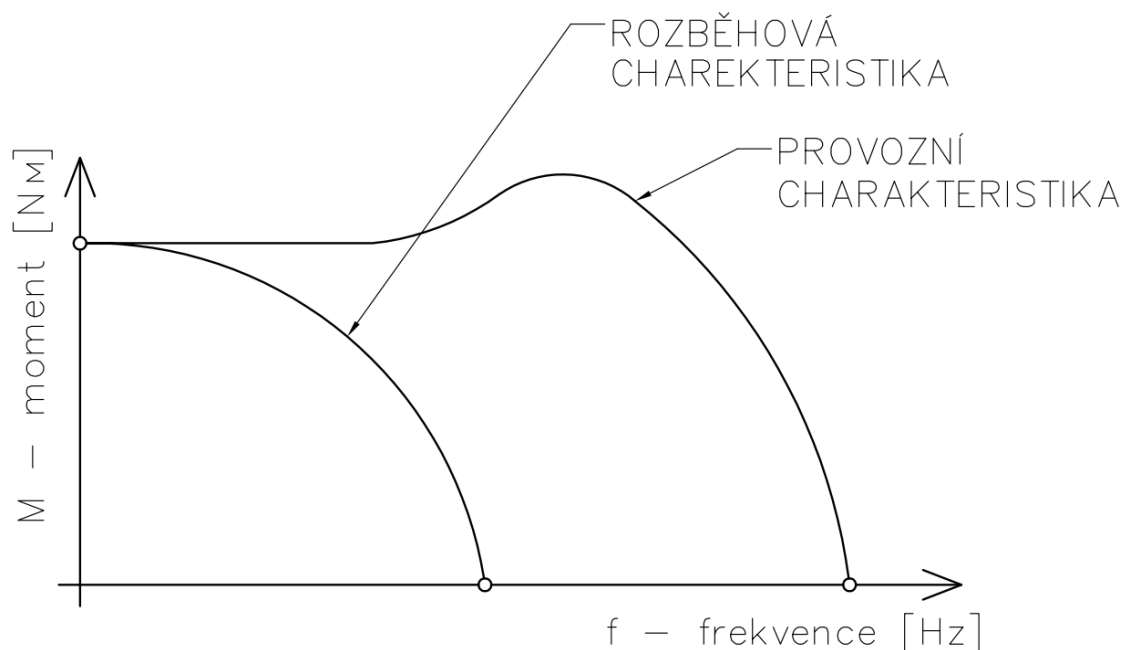
- pohyb rotoru lze realizovat na obě strany
- nedochází ke ztrátě polohy při nulové rychlosti

Nevýhody krokového motoru:

- vysoká citlivost na přetížení
- bez použití enkodéru neexistuje zpětná vazba o aktuální poloze rotoru
- při přetížení dojde ke ztrátě pozice
- hlučnost
- chvění

Obecná momentová charakteristika krokového motoru:

Na obrázku 12 jsou popsány dva stavy krokového motoru, rozběhový a zátěžný.



Obrázek 12: Momentová charakteristika krokového motoru

Soustruh je osazen dvěma krokovými motory – pro osu X (příčný pohyb) a pro osu Z (podélný pohyb). Motory jsou vyrobeny firmou MEZ Náchod.

Parametry motorů:

Tabulka 1: Parametry původních krokových motorů

Parametry motoru	Motor podélného vedení	Motor příčného vedení
Typ	Z 42R9145	Z 420N147
Počet fází	2	2
Úhel na krok	1,8°	1,8°
Proud [A]	7	5,5
Kroutící moment [Nm]	1,85	0,75

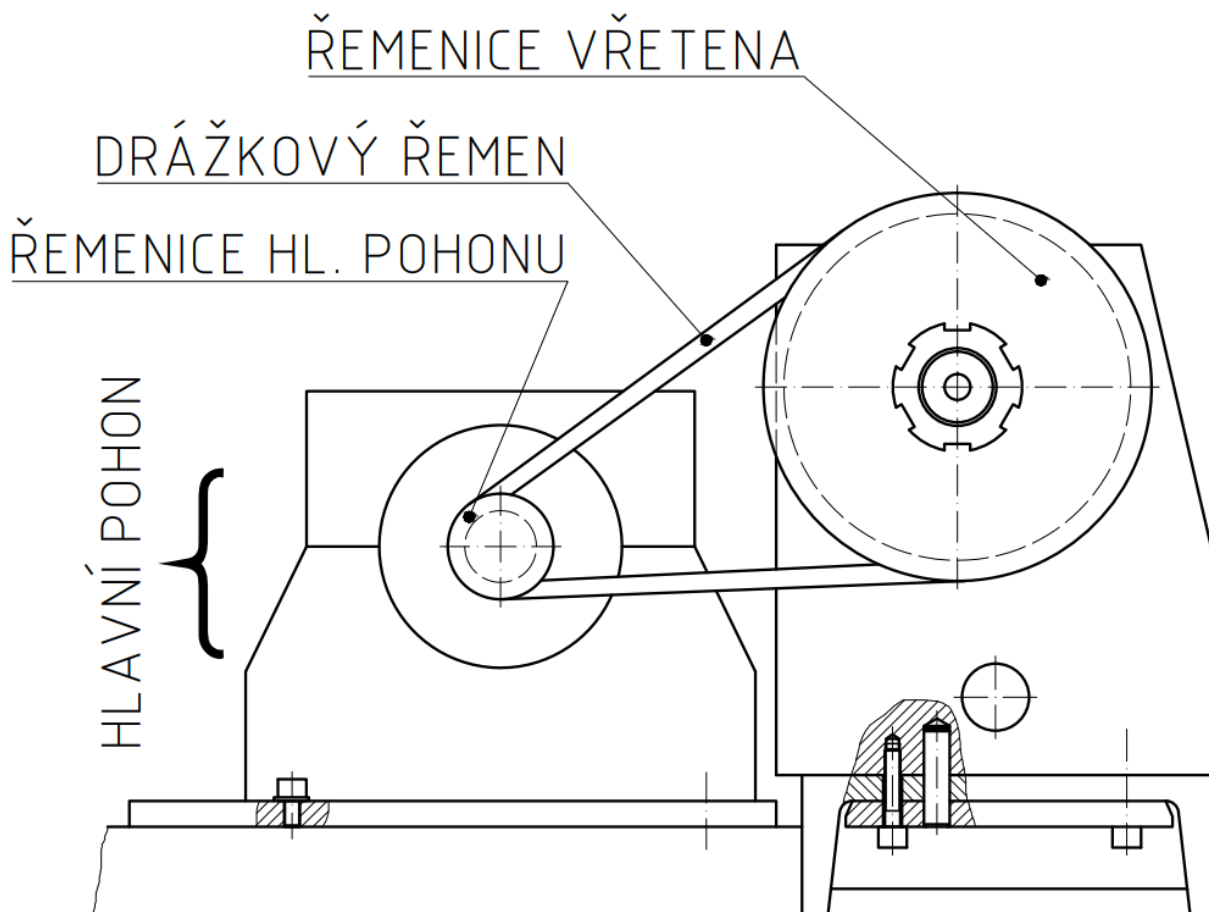
2.7 Hlavní pohon stroje

Typ motoru – SK 80-2 MEZ Mohelnice

Výkon motoru – 550 W

Přibližný rozsah otáček – 10 až 1750 ot/min

Jedná se o stejnosměrný komutátorový motor. Kroutící moment je z elektromotoru na vřeteno převáděn pomocí drážkového řemenu viz znázornění na obrázku č. 13.



Obrázek 13: Převod hlavní pohon - vřeteno

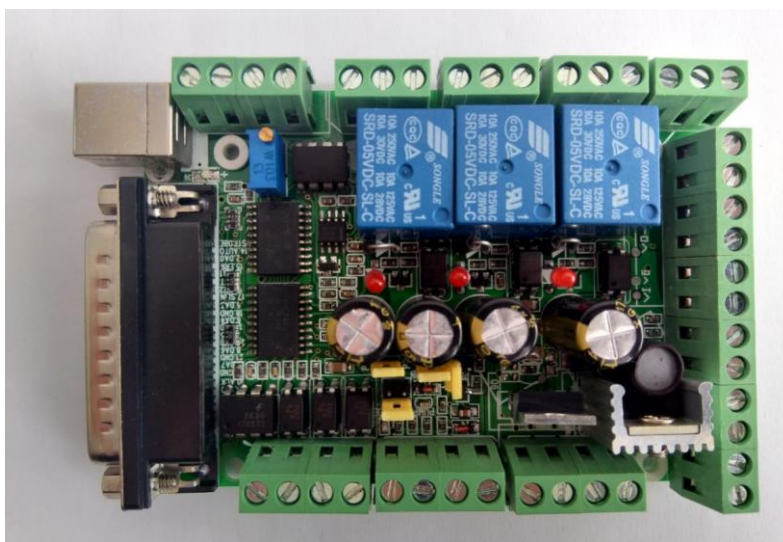
3 Návrh úpravy stroje

Vzhledem k zastaralé elektrovýzbroji stroje, bylo nutné vypracovat nové elektrické zapojení (viz výkresová dokumentace). Hlavními uzly zapojení jsou:

- propojení PC a stroje
- hlavní pohon stroje
- vedlejší pohony stroje
- napájení
- samotný řídicí systém

3.1 Propojení PC a stroje

Připojení počítače ke stroji tak, aby bylo možné ovládat jeho pohybové prvky, je realizováno pomocí tzv. oddělovací desky. Pro tuto úlohu byla navržena oddělovací deska z Číny - viz obrázek 14.



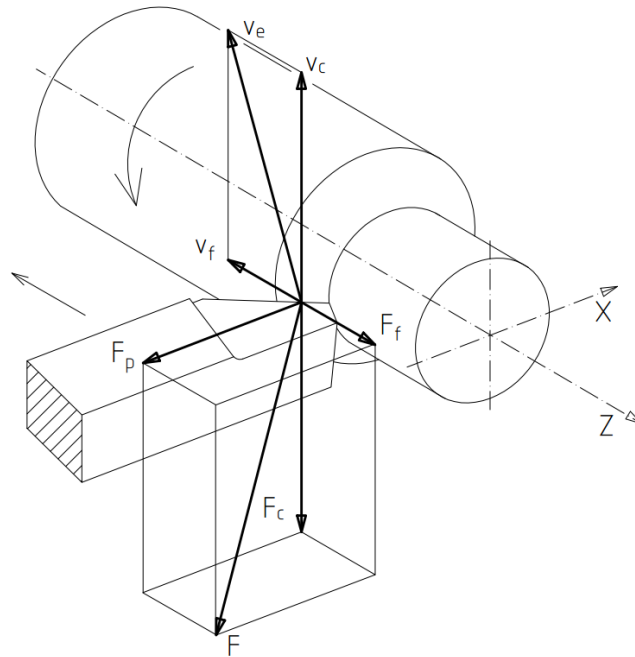
Obrázek 14: Oddělovací deska

Tato deska je k počítači připojena pomocí LPT portu. Oddělovací deska je napájena pomocí USB B – 5V. Dále obsahuje 3 relé, které mohou sloužit ke spínání vřetena, zapínání a vypínání chlazení, apod. Deska je také osazena mnoha piny, které slouží jako digitální vstupy a výstupy řídicího systému.

V případě, že by vřeteno bylo poháněno třífázovým asynchronním motorem, je třeba do elektrického zapojení přidat frekvenční měnič (z důvodu možnosti plynulé regulace otáček vřetena). Komunikace řídicího systému v počítači a frekvenčního měniče by byla zajištěna pomocí analogového výstupu 0 - 10V (oddělovací deska umožňuje i PWM výstup).

3.2 Návrh hlavního pohonu stroje

Při návrhu hlavního pohonu stroje se vychází z řezných podmínek, pomocí kterých je stanovena hlavní složka řezné síly F_c . U rotačních pohybů je tato složka tangenciální vůči obráběnému povrchu, viz obrázek 15. Z obrázku vyplývá, že hlavní pohon stroje musí překonávat právě sílu F_c .

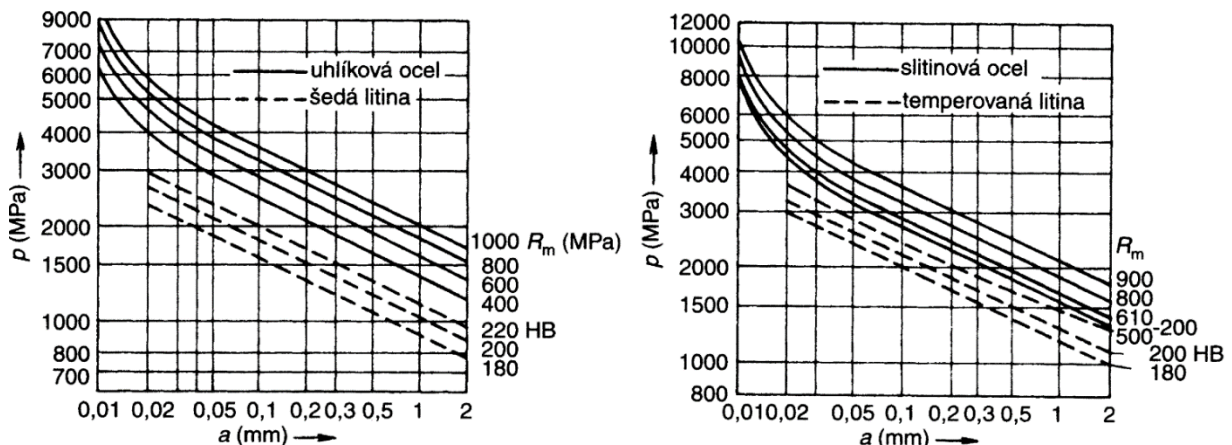


Obrázek 15: Řezné síly a rychlosti při soustružení

Existuje několik možností, jak tuto složku řezné síly určit, a to:

- přímo – měřením
- nepřímou – výpočtem

Byla zvolena nepřímá metoda, která pro výpočet využívá měrný řezný odpor k_c (odpor, který má stejnou velikost jako síla F_c potřebná k odříznutí vrstvy materiálu o velikosti 1 mm^2). Pro „klasickou“ konstrukční ocel pohybuje okolo 1800 MPa [5]. Měrný řezný odpor je roven podílu hlavní složky řezné síly F_c a průřezu třísky S . Průřez třísky při soustružení přibližně odpovídá součinu hloubky řezu a_p a posuvu f .



Obrázek 16: Závislost řezného odporu na hloubce řezu [5]

k_c – měrný řezný odpor [MPa]

F_c – hlavní složka řezné síly [N]

a_p – hloubka řezu [mm]

f – posuv [mm/ot]

Pro měrný řezný odpor zřejmě platí:

$$k_c = \frac{F_c}{S} = \frac{F_c}{a_p \cdot f} \rightarrow F_c = k_c \cdot a_p \cdot f$$

Při uvažování obrábění oceli byla zvolena hloubka řezu 0,5 mm a posuv 0,15 mm/ot. Při volbě těchto řezných podmínek se vycházelo z toho předpokladu, že soustruh bude využíván k výukovým účelům. Hloubka řezu tedy může být takto malá, výrobní čas není podstatný (nejedná se o produkční stroj).

$$F_c = k_c \cdot a_p \cdot f = 1\,800 \cdot 0,5 \cdot 0,15 = 135\,N$$

Jako řezný materiál je uvažována rychlořezná ocel. Doporučované hodnoty řezné rychlosti v_c pro obrábění oceli se pohybují okolo 70 m/min (viz tabulka č. 2) [6].

Tabulka 2: Doporučené řezné rychlosti [6]

Obráběný materiál	Doporučená řezná rychlost v metrech za minutu			
	Nůž z uhlíkové oceli		Nůž z rychlořezné oceli	
	Hrubování	Hlazení	Hrubování	Hlazení
Ocel měkká	20	25	30 – 40	50 – 80
Ocel s vyšší pevností – např. 11 600	15	20	25 – 30	40 – 60
Mosaz automatová	30	50	75 – 90	100 – 130
Mosaz litá, bronz	20	35	25 – 35	40 – 50
Hliník slitiny (dural)	150	200	300	500

Potřebný výkon hlavní pohonné jednotky byl zjištěn výpočtem:

P – výkon [W]

v_c – řezná rychlost [m/min]

η – účinnost převodu [-]

$$P = \frac{F_c \cdot v_c}{\eta} = \frac{135 \cdot \frac{70}{60}}{0,9} = 175\,W$$

Pro ukázkový výpočet kroutícího momentu M a výpočet potřebných otáček vřetena n , byl vybrán průměr 30 mm.

n – otáčky vřetena [min^{-1}]

d – obráběný průměr [mm]

$$n = \frac{1\,000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} = \frac{1\,000 \cdot 70}{\pi \cdot 30} = 742,723\,ot/min$$

Potřebný kroučící moment:

M – kroučící moment [Nm]

 ω – úhlová rychlost [rad/s]

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{175}{2 \cdot \pi \cdot \frac{742,723}{60}} = 2,25 \text{ Nm}$$

Následující tabulka číslo 3 udává závislost potřebného kroučícího momentu a otáček na obráběném průměru.

Tabulka 3: Závislost kroučícího momentu na obráběném průměru

Potřebný moment na vřetenu [Nm]	Otáčky vřetena [min^{-1}]	Obráběný průměr [mm]
6,00	278,5	80
5,25	318,3	70
4,50	371,4	60
3,75	445,6	50
3,00	557,0	40
2,25	742,7	30
1,50	1 114,1	20
0,75	2 228,2	10

Jako hlavní pohon byl zvolen dvoufázový krokový motor z Číny. Motor je napájen proudem 6 A při napětí 80 V (napětí bylo zjištěno díky přiloženému driveru krokového motoru). Výkon motoru je možno spočítat pomocí vztahu:

U – napájecí napětí [V]

I – napájecí proud [A]

P – výkon motoru [W]

$$P = U \cdot I = 6 \cdot 80 = 480 \text{ W}$$

Vypočtený výkon motoru je větší, než potřebný výkon vypočtený výše.

Při uvažování převodového poměru $i_{1,2} = 1$ budou otáčky krokového motoru shodné s otáčkami vřetena soustruhu. Nyní je nutné sestavit graf závislosti potřebného kroučícího momentu na otáčkách vřetena, viz obrázek 17.

Jediné dohledatelné informace o krokovém motoru jsou napájecí proud, úhel natočení při rotačním pohybu o jeden krok ($1,8^\circ$) a napájecí napětí podle přiloženého ovladače motoru. Ovšem pro návrh hlavního pohonu je ale naprosto zásadní momentová charakteristika krokového motoru. Tato charakteristika byla „přibližně“ (viz obrázek 17) určena na základě vztahu:

M – kroučící moment [Nm]

 ω – úhlová rychlost [rad/s]

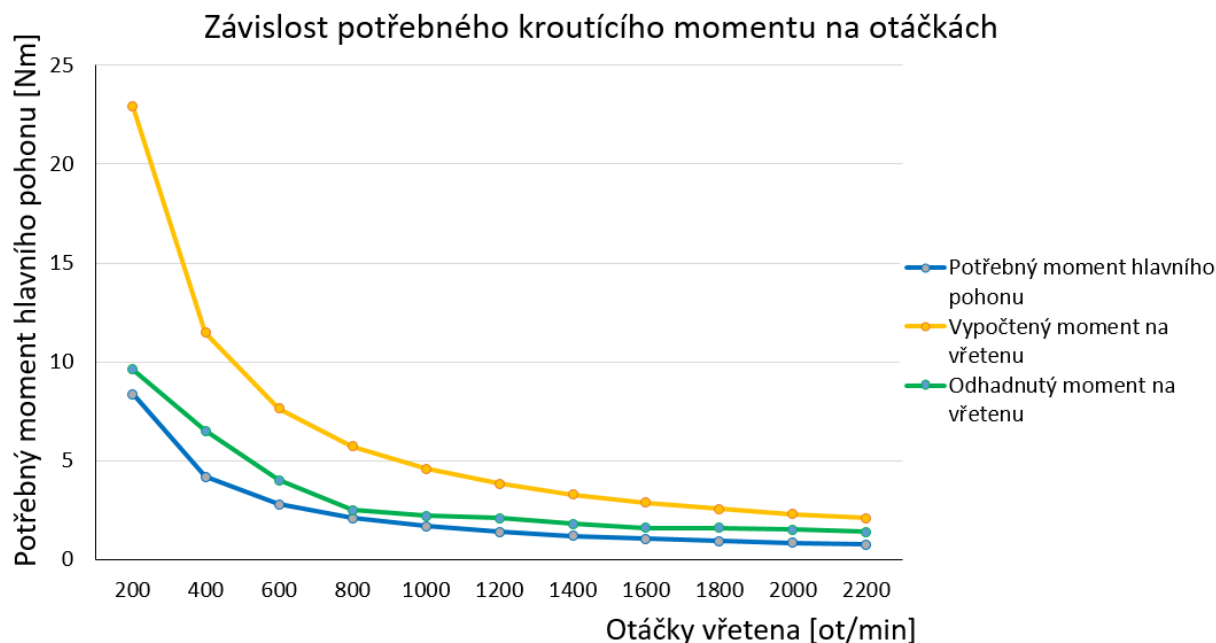
P – výkon krokového motoru [W]

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n}$$

Tento přístup však nemusí (není) být zcela přesný, protože výše uvedený vztah ($M = P / \omega$) platí pouze pro „konkrétní výkon při konkrétních otáčkách“ a nezahrnuje fakt, že každý typ elektromotoru má jinou konstrukci, tím pádem i jinou momentovou charakteristiku.

V příloze 2 je uvedena dohledatelná momentová charakteristika podobného krokového motoru. Tento přibližný průběh kroučícího momentu byl rovněž zaznamenán do obrázku číslo 17.

Z obrázku číslo 17 vyplývá, že navržený hlavní pohon z hlediska požadovaného výstupního kroučícího momentu vyhovuje.



Obrázek 17: Závislost kroučícího momentu na otáčkách

3.2.1 Volba řemenového převodu

S ohledem na předchozí zástavbu stroje je jako přenosový element kroučícího momentu zvolen drážkový řemen. Okrajové podmínky pro výpočet konkrétního řemenu byly zvoleny dle odhadnutého maximálního kroučícího momentu hlavního pohonu a otáček při soustružení největšího průměru obráběné součásti. Tedy 278 ot/min při 12 Nm. Předběžně byly zvoleny tyto parametry:

Řemen: CONTI-V MULTIBR 4 * PJ 711 – Lb STANDARD

Osová vzdálenost: 200 mm

Průměr řemenic: 80 mm

Převodový poměr: 1

Ke kontrole řemenu byl použit výpočetní program přímo od výrobce, který poskytuje drážkové řemeny. Jedná se o firmu ContiTech AG. Z výpočtu provedeného v tomto programu vyplývá, že navržený řemen je vyhovující (výpočet je na obrázku číslo 36 viz příloha 3).

3.3 Vedlejší pohony stroje

Vedlejší pohony stroje budou opět realizovány pomocí krokových motorů. Při návrhu krokového motoru bude vycházeno z řezných podmínek. Tyto podmínky jsou totožné s řeznými podmínkami při návrhu hlavního pohonu, viz kapitola 3.2. Vedlejší pohony stroje nyní nebudou překonávat řeznou sílu F_c , ale složky řezné síly F_f a F_p (viz obrázek 15). F_f je složka síly ve směru posuvu a F_p je složka řezné síly ve směru přísuvu. Toto značení můžeme pro přehlednost převést na značení korespondující se zaběhnutým značením os při CNC soustružení. Osa ve směru posuvu - osa Z a osa ve směru přísuvu - osa X.

Pro určení složek F_x a F_z můžeme orientačně vycházet z poměru:

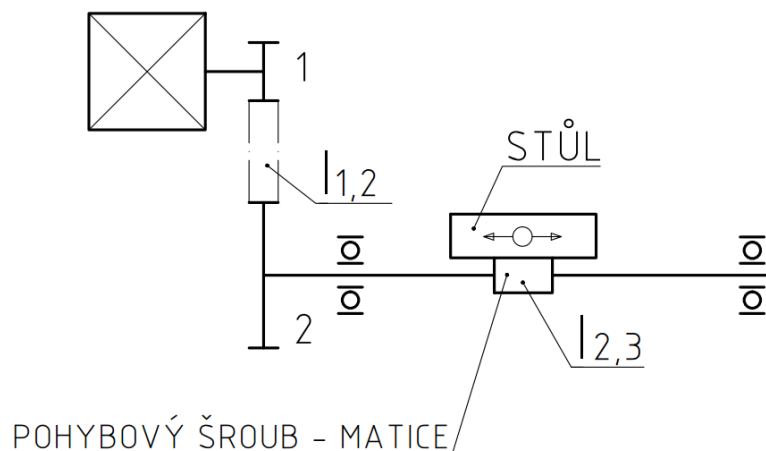
$$F_c : F_z : F_x \\ 1 : 0,25 : 0,45$$

Platí při určité geometrii břitu nástroje a řezných podmínek, ovšem pro orientační výpočet se jedná o dostatečný odhad.

$$F_x = F_c \cdot 0,45 = 135 \cdot 0,45 = 60,75 \text{ N}$$

$$F_z = F_c \cdot 0,25 = 135 \cdot 0,25 = 33,75 \text{ N}$$

Následující výpočty vedlejších pohonů budou rozděleny vždy na dvě části. První část se zabývá návrhem pohonu ve stavu zatížení, tedy při obrábění. Druhá část je směřována na výpočet rychloposuvu. Při výpočtech se vychází z kinematického schéma, viz obrázek 18.



Obrázek 18: Kinematické schéma posuvů

3.3.1 Příčná osa X

Minimální kroutící moment motoru pro zátěžný stav:

F_x – složka řezné síly ve směru přísuvu [N]

M_k – potřebný kroutící moment motoru [Nm]

i_{celk} – celkový převodový poměr [-]

η_{celk} – celková účinnost [-]

$$F_x = M_k \cdot \eta_{celk} \cdot i_{celk} \rightarrow M_k = \frac{F_x}{\eta_{celk} \cdot i_{celk}}$$

η_{sr} – odhadnutá účinnost šroubu - 0,9 [-]

$\eta_{řem}$ – odhadnutá účinnost řemenového převodu - 0,9 [-]

$$\eta_{celk} = \eta_{sr} \cdot \eta_{řem} = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81$$

$v_{x \min}$ – minimální rychlost posuvu při obrábění [mm/min]

$v_{x \max}$ – maximální rychlost posuvu při obrábění [mm/min]

f – posuv [mm/ot]

n – otáčky obrobku – hodnoty otáček viz tabulka 3 [ot/min]

$$v = n \cdot f$$

$$v_{x \min} = n_{\min} \cdot f = 278,5 \cdot 0,15 = 41,775 \text{ mm/min}$$

$$v_{x \max} = n_{\max} \cdot f = 2\,228,2 \cdot 0,15 = 334,230 \text{ mm/min}$$

$n_{2 \min/\max}$ – minimální / maximální otáčky pohybového šroubu [ot/min]

s – stoupání závitu pohybového šroubu - změřeno ze současné zástavby 3 [mm]

$$n_2 = \frac{v_x}{s}$$

$$n_{2 \min} = \frac{v_{x \min}}{s} = \frac{41,775}{3} = 13,925 \text{ ot/min}$$

$$n_{2 \max} = \frac{v_{x \max}}{s} = \frac{334,230}{3} = 111,410 \text{ ot/min}$$

$i_{2,3}$ – převodový poměr mezi šroubem a posuvem stolu [-]

$$i_{2,3} = \frac{2 \cdot \pi}{s} = \frac{2 \cdot \pi}{3 \cdot 10^{-3}} = 2\,094,4$$

$i_{1,2}$ – převodový poměr mezi šroubem a řemenicí [-]

n_1 – otáčky rotoru motoru [ot/min]

$n_{1 \min/\max}$ – minimální / maximální otáčky rotoru motoru [ot/min]

- voleno dle rozsahu konstantního kroutícího momentu krokového motoru, přibližně 10 až 300 ot/min

n_2 – otáčky pohybového šroubu [ot/min]

$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i_{1,2}^{\min} = \frac{n_{1 \min}}{n_{2 \min}} = \frac{10}{13,925} = 0,718$$

$$i_{1,2}^{\max} = \frac{n_{1 \max}}{n_{2 \max}} = \frac{300}{111,410} = 2,693$$

- převodový poměr je zvolen v rozmezí $i_{1,2}^{\min}$ a $i_{1,2}^{\max}$ tedy $i_{1,2} = 1,25$

i_{celk} – celkový převodový poměr [-]

$$i_{celk} = i_{1,2} \cdot i_{2,3} = 1,25 \cdot 2\,094,4 = 2\,618$$

$$M_k = \frac{F_x}{\eta_{celk} \cdot i_{celk}} = \frac{60,75}{0,81 \cdot 2\,618} = 0,029 \text{ Nm}$$

Potřebné otáčky motoru pro rychloposuv:

$v_{x \text{ rych}}$ – požadovaná velikost rychloposuvu - 1 500 [mm/min]

$n_{1 \text{ potř}}$ – potřebné otáčky krokového motoru [ot/min]

$n_{2 \text{ potř}}$ – potřebné otáčky šroubu [ot/min]

$$n_{2 \text{ potř}} = \frac{v_{x \text{ rychl}}}{s} = \frac{1\,500}{3} = 500 \text{ ot/min}$$

$$i_{1,2} = \frac{n_{1 \text{ potř}}}{n_{2 \text{ potř}}} \rightarrow n_{1 \text{ potř}} = i_{1,2} \cdot n_{2 \text{ potř}} = 1,25 \cdot 500 = 625 \text{ ot/min}$$

3.3.2 Podélná osa Z

Celý výpočet krokových motorů pro osu Z je shodný s předchozím výpočtem pro osu X. Jediná změna je ve stoupání pohybového šroubu s , které je v tomto případě rovno 5 mm. Dále je změna v konečném výpočtu kroutícího momentu, kdy je potřeba překonat složku řezné síly F_z .

Minimální kroutící moment motoru pro zátěžný stav:

$$i_{2,3} = \frac{2 \cdot \pi}{s} = \frac{2 \cdot \pi}{5 \cdot 10^{-3}} = 400 \cdot \pi = 1\,256,637$$

- převodový poměr je zvolen $i_{1,2} = 2,5$

$$i_{celk} = i_{1,2} \cdot i_{2,3} = 2,5 \cdot 1\,256,637 = 3\,141,593$$

F_z – složka řezné síly ve směru přísluvu [N]

$$M_k = \frac{F_z}{\eta_{celk} \cdot i_{celk}} = \frac{33,75}{0,81 \cdot 3\,141,6} = 0,013 \text{ Nm}$$

Potřebné otáčky motoru pro rychloposuv:

$$n_{2 \text{ potř}} = \frac{v_{z \text{ rychl}}}{s} = \frac{1\,500}{5} = 300 \text{ ot/min}$$

$$i_{1,2} = \frac{n_{1 \text{ potř}}}{n_{2 \text{ potř}}} \rightarrow n_{1 \text{ potř}} = i_{1,2} \cdot n_{2 \text{ potř}} = 2,5 \cdot 300 = 750 \text{ ot/min}$$

3.3.3 Použité krokové motory

Navržené krokové motory (vzhledem k předchozím výpočtům) jsou od firmy RAVEO s.r.o. viz obrázek 19. Krokové motory k sobě již mají přiřazený vhodný driver, viz obrázek 32. Přesné parametry motoru jsou uvedeny v příloze 3. Z uvedených parametrů vyplývá, že navržené krokové motory vyhovují. Kroutící moment krokového motoru se přibližně do 300 ot/min pohybuje nad hodnotou 1 Nm, což je hodnota větší, než potřebná hodnota kroutícího momentu spočítaná výše. Z hlediska rychloposuvu pohony rovněž splňují požadavky, protože jsou schopny vyvinout otáčky rotoru přes 3 000 ot/min.



Obrázek 19: Krokový motor vedlejšího pohonu

3.3.4 Volba řemenového převodu

Kroučící moment bude z krokového motoru na samotný pohybový šroub přenášen prostřednictvím řemenového převodu, tak jako v původním řešení. Řešení je postaveno tak, aby mohly být zachovány původní řemenice na pohybových šroubech jednotlivých os stroje. Měnit se budou pouze řemenice na krokových motorech.

Profil navrženého ozubeného řemenu je předběžně zvolen jako XL037 dle původní zástavby.

Příčná osa X:

z_1 – počet zubů původní hnací řemenice [-]

z_2 – počet zubů původní hnané řemenice [-]

$i_{1,2}$ – původní převodový poměr [-]

$$i_{1,2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{15}{10} = 1,5$$

Byla zvolena řemenice 12 XL 037 ST – od firmy TYMA CZ, s.r.o. Tato řemenice je následně upravena na požadovaný průměr hřídele krokového motoru, viz výkresy.

Nový převodový poměr je tedy:

$$i_{1,2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{15}{12} = 1,25$$

Podélná osa Z:

$$i_{1,2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{30}{12} = 2,5$$

Pro výrobu řemenice byl vybrán polotovár – ozubená tyč od firmy TYMA CZ, s.r.o. Označení polotovaru: XL-12-140mm. Z tohoto polotovaru bude obrobena řemenice, viz výkresová dokumentace.

Výpočet potřebné délky pera:

Vzhledem k vypočtenému maximálnímu potřebnému kroučicímu momentu 0,029 Nm, a maximálnímu kroučicímu momentu krokového motoru 1,3 Nm, byl pro výpočet pera stanoven výpočtový moment $M_{k\ vyp} = 0,5$ Nm. Průměr výstupní hřídele motoru je 8 mm.

$M_{k\ vyp}$ – výpočtový kroučicí moment - 0,5 [Nm]

n – otáčky - 200 [ot/min]

d – průměr hřídele - 8 [mm]

b – šířka pera - 2 [mm]

h – výška pera - 2 [mm]

L – délka pera [mm]

p_D – dovolený tlak - 100 [MPa]

$$p_D \geq \frac{F}{S} = \frac{\frac{2 \cdot M_{k\ vyp}}{d}}{\frac{h}{2} \cdot \left(L - 2 \cdot \frac{b}{2}\right)} \rightarrow \frac{4 \cdot M_{k\ vyp}}{d \cdot h \cdot p_D} + 2 \cdot \frac{b}{2} \leq L$$

$$L \geq \frac{4 \cdot M_{k\ vyp}}{d \cdot h \cdot p_D} + 2 \cdot \frac{b}{2} = \frac{4 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{8 \cdot 2 \cdot 100} + 2 \cdot \frac{2}{2} = 3,25 \text{ mm}$$

Délka pera je zvolena 12 mm.

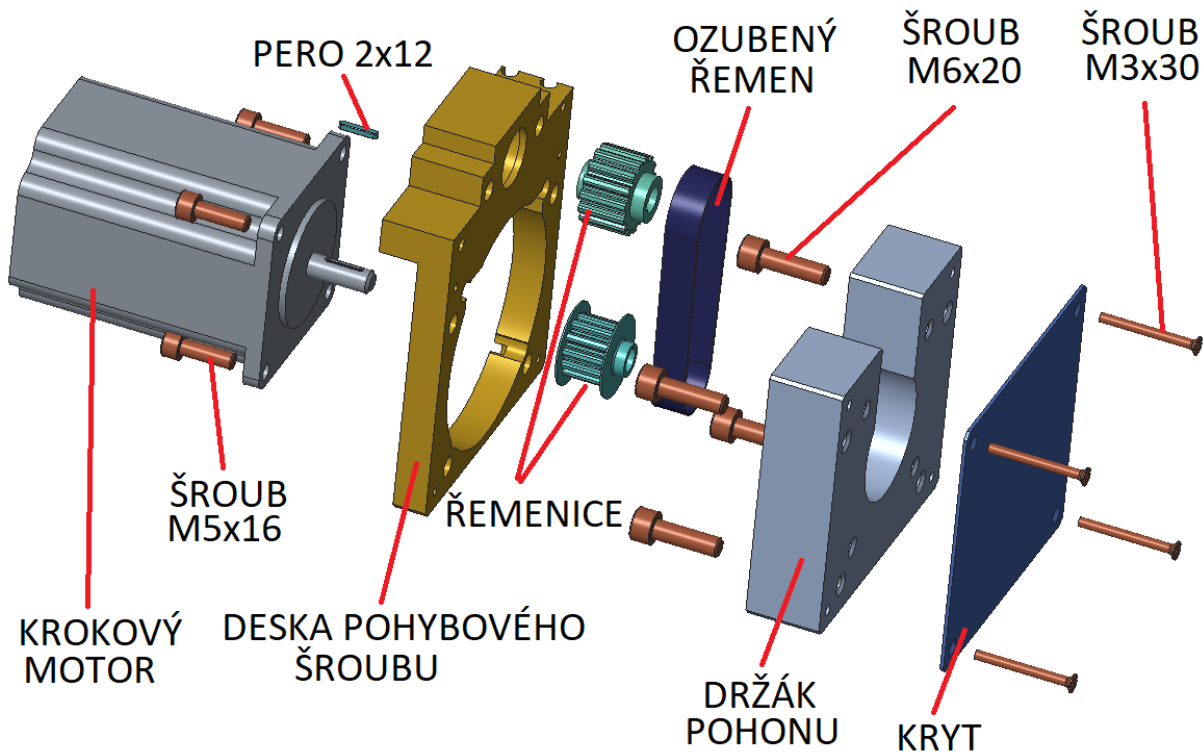
Kontrola ozubeného řemenu:

Pro výpočet ozubeného řemenu byl opět stanoven výpočtový kroučicí moment $M_{k\ vyp} = 0,5$ Nm, viz výše. Mezní otáčky byly vzhledem k předchozím výpočtům zvoleny 300 ot/min. Samotný kontrolní výpočet byl proveden prostřednictvím programu Autodesk Inventor 2015, viz příloha 3. Kontrolované řemeny se shodují s původními řemeny. Pro osu X – 70XL037. Pro osu Z – 80XL37. Navržené řemeny jsou vyhovující.

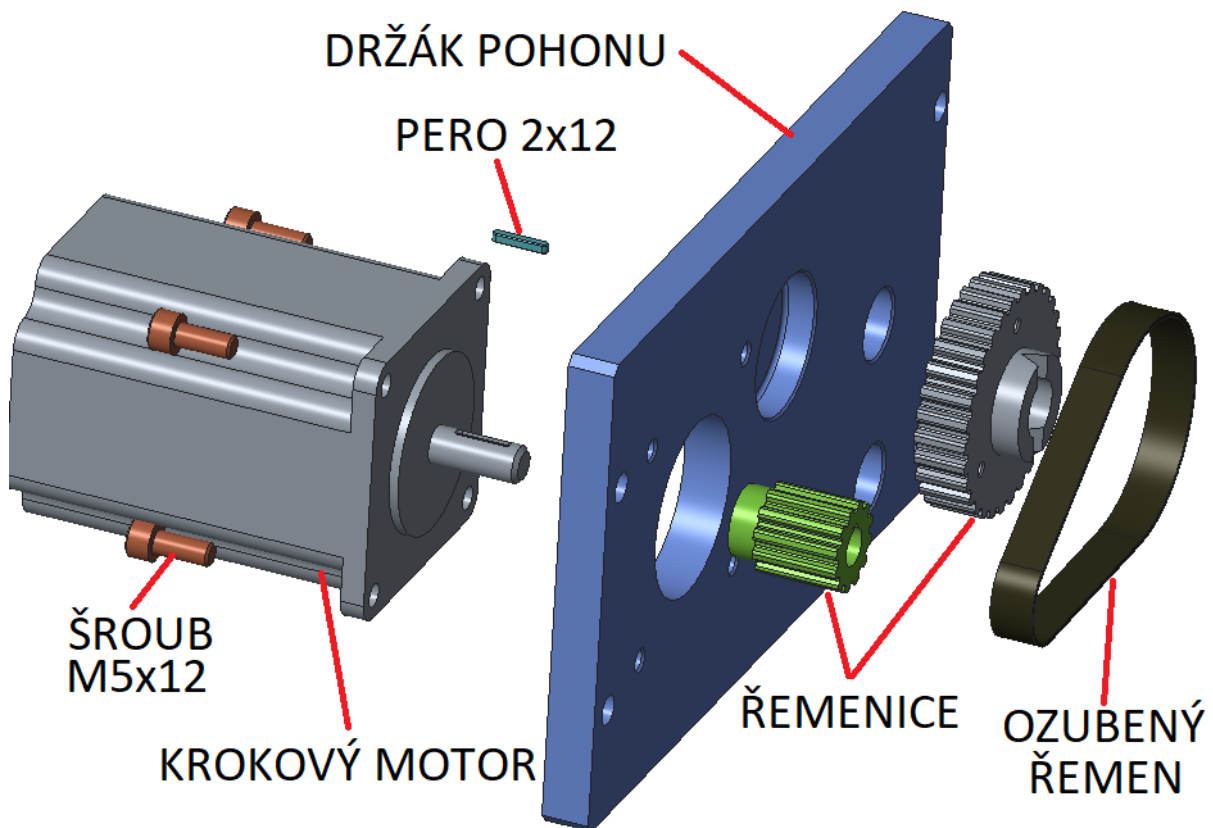
3.4 Návrh nového uspořádání stroje

Prostřednictvím programu PTC Creo Parametric byly vytvořeny 3D modely nových pohonů stroje. Byly rovněž vytvořeny modely řemenic a desek, které slouží jako držáky krokových motorů.

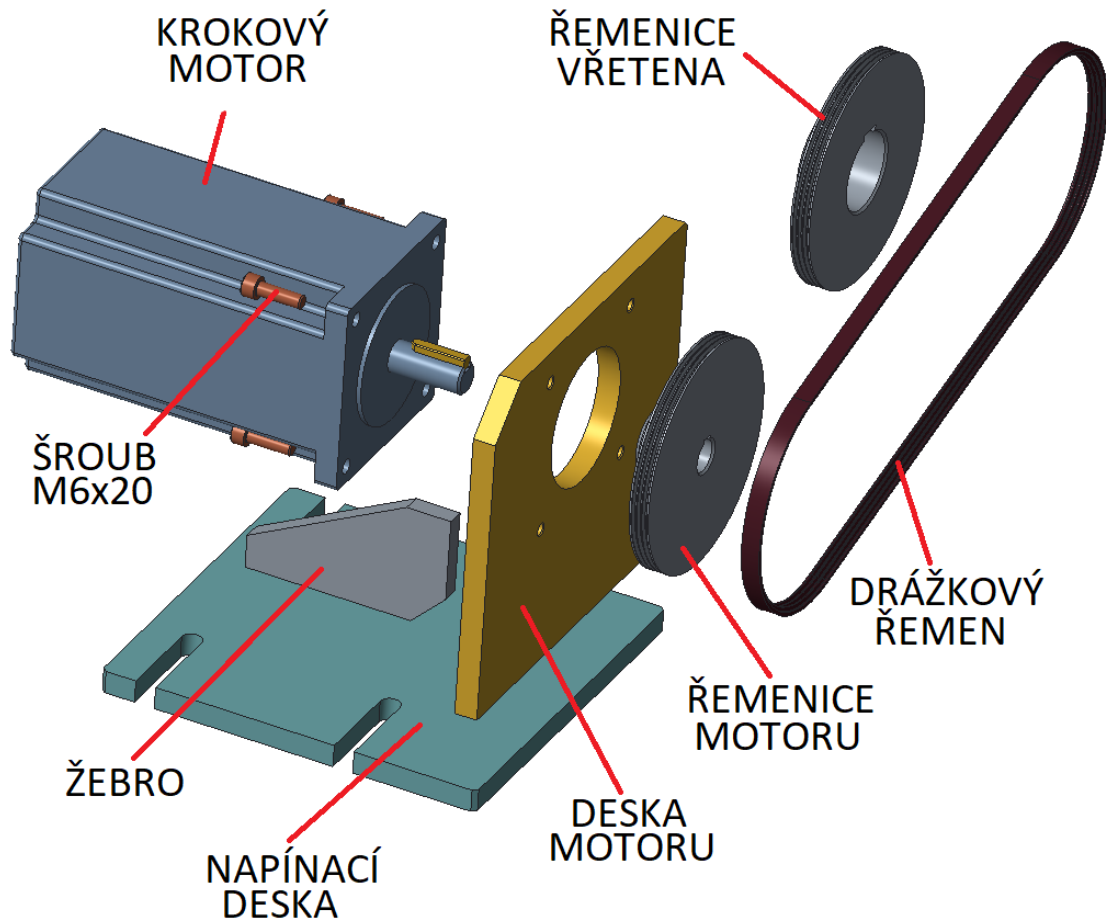
Na obrázku 20 je vidět rozstřel nového uspořádání osy X. Deska pohybového šroubu bude frézována takovým způsobem, aby nový pohon stroje prošel skrz ní (výroba celé nové desky by byla značně drahá, navíc dojde ke snížení ohybového momentu působící na hřídel rotoru krokového motoru). Pohon bude přišroubován k hliníkové desce (na obr. č. 20 jako držák pohonu) prostřednictvím 4 šroubů M5x16. Hliníkový držák motoru je spojen s deskou pohybového šroubu čtyřmi šrouby M6x20. Na držák pohonu je rovněž přišroubován plechový kryt pomocí zápusťných šroubů M3x30. Obráběné díly jsou uvedeny ve výkresové dokumentaci. Ozubené řemeny spolu s krytem zůstávají původní.



Obrázek 20: Rozstřel nové zástavby příčné osy X



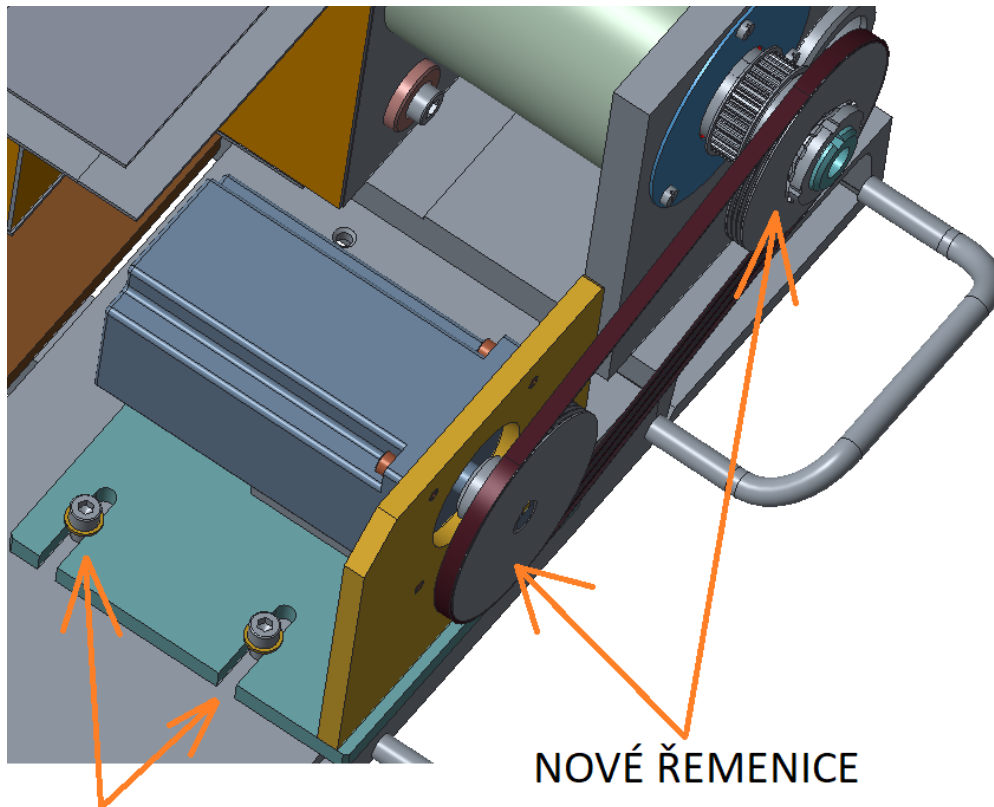
Obrázek 21: Rozstřel nové zástavby podélné osy Z



Obrázek 22: Rozstřel nové zástavby hlavního pohonu

Obrázek číslo 21 ukazuje novou zástavbu podélné osy Z. Jedná se výrobu nového držáku pro krokový motor a výrobu nové řemenice ozubeného řemenu. Samotný pohon je k držáku přišroubován pomocí čtyř šroubů M5x12. Obráběné díly jsou rovněž uvedeny ve výkresové dokumentaci. Ozubený řemen zůstává původní.

Hlavní pohon soustruhu je do zástavby zabudován pomocí svařované konzoly, viz obrázek 22. Konzola je vyztužena pomocí žebra (z důvodu snížení namáhání koutových svarů). Kroutící moment je z motoru na vřeteno přenášen drážkovým řemenem. Napínání tohoto řemenu je zajištěno čtyřmi drážkami pro šrouby (M8x20) vyrobenými v napínací desce, viz obrázek číslo 23. Napínací desku je tedy možno posouvat, tzn. dochází k napínání řemenu. Samotný pohon je k desce uchycen čtyřmi šrouby M6x20.

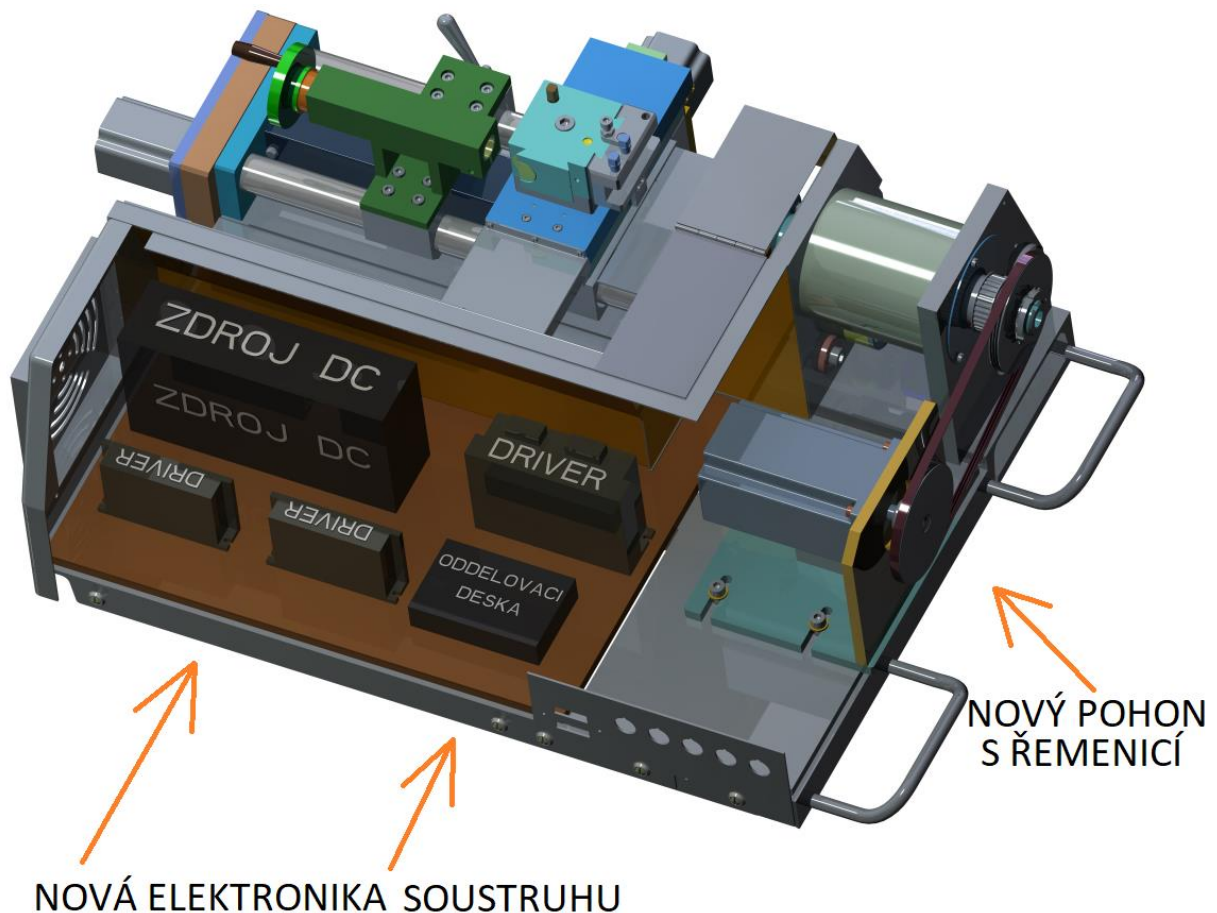


DRÁŽKY SE ŠROUBY
PRO NAPÍNÁNÍ ŘEMENE

NOVÉ ŘEMENICE

Obrázek 23: Napínání řemenu hlavního pohonu, nové řemenice

Rovněž byla zhotovena 3D geometrie ovladačů krokových motorů, napájecího zdroje a oddělovací desky. Elektronické prvky byly umístěny do zadní části stroje, na místo původní elektrovýzbroje. Toto uspořádání je znázorněno na obrázku číslo 24.



Obrázek 24: Layout nového uspořádání elektroniky stroje

Nové uspořádání stroje je také uvedeno ve výkresové dokumentaci a přiložených 3D modelech.

3.5 Řídicí systém stroje

Navrženým systémem je Mach3 Turn. Ke spuštění tohoto software je nutný operační systém Windows XP, popřípadě Windows 2000, požadavek na frekvenci procesoru je minimálně 1 GHz. Mach 3 Turn komunikuje se strojem prostřednictvím paralelního portu LPT. Systém k programování drah nástroje využívá standardního ISO G-kódu. Program též umožňuje ovládání chlazení, spínání vřetena, odsávání... Je rovněž možno ovládat až 20 vstupních a 20 výstupních pinů. [7]

Program je možné sehnat jako demoverzi, která umožňuje psát kód do 1000 řádků. [7]



Obrázek 25: Mach3 - uživatelské prostředí

4 Technickoekonomické zhodnocení

V této kapitole bude pojednáno o dosažených nových parametřích stroje. Následuje ekonomické zhodnocení.

4.1 Nové parametry stroje

Oproti původnímu řešení je zvětšen regulovaný rozsah otáček hlavního pohonu, což napomáhá při obrábění „měkčích“ materiálů jako jsou např. plasty, dřevo. Komunikace stroje s uživatelem je zprostředkována pomocí počítače, na kterém je nahrán řídicí systém stroje Mach3. Tento software je dostatečným nástrojem pro výukové účely.

Rovněž byla zachována mobilita celého stroje. Pomocí původních přivařených modelů je možné soustruh pohodlně přenášet (např. na různé propagační akce...). Stačí pouze připojit počítač pomocí LPT portu.

Tabulka 4: Nové parametry stroje

Parametr	Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Výkon hlavního pohonu	W	550	480
Rozsah výstupních otáček vřetena	ot/min	10 až 1 750	10 až 2 400
Max. krouticí moment vedlejších pohonů	Nm	1,85 a 0,75	1,3
Velikost rychloposuvu	mm/min	1 000	1 500

4.2 Ekonomické zhodnocení

V tabulce číslo 5 jsou uvedeny nakupované/vyráběné komponenty potřebné k přestavbě soustruhu spolu se svojí cenou za 1 kus. Uvedené ceny jsou poplatné datu tvorby této práce. Do cen vyráběných dílů není započtena práce dělníka vyrábějícího daný díl.

Tabulka 5: Ekonomické zhodnocení

Komponenta	Kusů	Cena 1 ks.
Krokové motory – RAVEO	2	983 Kč
Hlavní pohon	1	3 595 Kč
Ovladač krokového motoru RAVEO	2	928 Kč
Ovladač hlavního pohonu	1	1 504 Kč
Napájecí zdroj	1	1 000 Kč
Oddělovací deska	1	389 Kč
Držák vedlejšího pohonu Z	1	80 Kč
Držák vedlejšího pohonu X	1	73 Kč
Držák hl. pohonu	1	80 Kč
Řemenice hl. pohonu	2	39 Kč

Řemen hlavního pohonu	1	213 Kč
Řemenice vedlejšího pohonu – XL - 12 - 140 mm	1	101 Kč
Řemenice vedlejšího pohonu – 12 XL 037 ST	1	35 Kč
Demoverze Mach3	1	0 Kč
SUMA Kč.		10 970 Kč

[8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17]

5 Závěr

Výstupem této bakalářské práce je 3D geometrie původní zástavby soustruhu SUF 16 CNC, zpracovaná v programu PTC Creo Parametric 3.0. Dále jsou tyto 3D modely doplněny o nové konstrukční řešení pohonů stroje. Součástí práce je i výpočet spolu s výkresovou dokumentací nových konstrukčních celků pohonů. Autor práce rovněž vypracoval elektrické schéma zapojení zcela nových komponent stroje.

Přínos práce je shledán hlavně v aplikaci doposud nabytých vědomostí z vyučovaných předmětů Části a mechanismy strojů, Základ stavby a provozu výrobních strojů a CAE. Autor této práce rovněž obohatil své naprosto minimální znalosti v oblasti elektrotechniky a její praktické použití (elektrické schéma zapojení, ovládání krokových motorů, zapojení frekvenčního měniče apod.).

Autor práce aplikoval tyto poznatky na reálném konstrukčním problému.

6 Použitá literatura

- [1] *Rekonstrukce výukového soustruhu SUF 16 CNC* [online]. © MIKRONEX s.r.o. [vid. 16.4.2018]. Dostupné z: <http://www.mikronex.cz/SUF16CNC.pdf>
- [2] *Krokový motor - princip* [online]. © mylms.cz [vid. 23.2.2018]. Dostupné z: <https://www.mylms.cz/text-krokovy-motor-princip/>
- [3] Princip krokového motoru. In: <https://www.mylms.cz> [online]. © mylms.cz 2006-2018. [vid. 23.2.2018]. Dostupné z: <https://www.mylms.cz/text-krokovy-motor-princip/>
- [4] FORMÁNEK, Josef. Tvorba grafické vizualizace principu korkového motoru a jeho řízení. In: <http://www.home.zcu.cz/~formanek> [online]. © ZČU v Plzni, poslední revize 12.6.2014 [cit. 16.4.2018]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~formanek/mmvvyuka-arvt/Data/ivk-arvt-soubory/09-F.pdf>
- [5] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 2. doplněné vydání. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2005, s. 734. ISBN 80-7361-011-6.
- [6] VALOUCH, Lubomír. *SOUSTRUH pro domácí dílu*. 2. doplněné vydání. Praha: Sdružení MAC, spol., 1999, s. 34. ISBN 80-86015-51-3.
- [7] *Mach3 CNC Controller* [online]. © Jan „Sysel“ Zahradník [vid. 16.4.2018]. Dostupné z: <http://cnc.usysla.eu/index.php?go=mach3>
- [8] *86HS85 - krokový 2-fázový motor 8,5Nm* [online]. CNC shop s.r.o. [vid. 17.4.2018]. Dostupné z: <http://cncshop.cz/86hs85-krokovy-2-fazovy-motor-8-5nm>
- [9] *MB450A 128 MICROSTEP DRIVER 2 PHASE DC24-50V 4.2A MATCHING 42 57 STEPPER MOTOR* [online]. eBay Inc. [vid. 16.4.2018]. Dostupné z: <https://www.ebay.com/itm/MB450A-128MICROSTEP-DRIVER-2-PHASE+DC24-50V-4-2A-MATCHING-42-57-STEPPER-MOTOR/122432145682?hash=item1c81864912:g:g84AAOSwB-1Y5Ht6>
- [10] *Leadshine Microstep Driver 2-phase Drive Control MA860H Tormach 4th Axis Install* [online]. eBay Inc. [vid. 17.4.2018]. Dostupné z: <https://www.ebay.com/p/Leadshine-Microstep-Driver-2-phase-Drive-Control-MA860H-Tormach-4th-Axis-Install/1011783512?iid=122584602459&trkparms=aid%3D222007%26algo%3DSIM.MBE%26ao%3D2%26asc%3D44039%26meid%3De2bf8484d84c4c329760c8d5513da625%26pid%3D100005%26rk%3D5%26rkt%3D6%26sd%3D331393094727%26itm%3D122584602459&trksid=p2047675.c100005.m1851>
- [11] *DIY Engraving Machine MACH3C2.1-L USB CNC 4-axis 6-axis Interface Breakout Board* [online]. eBay Inc. [vid. 7.4.2018]. Dostupné z: <https://www.ebay.com/itm/DIY-Engraving-Machine-MACH3V2-1-L-USB-CNC-4-axis-6-axis-Interface-Breakout-Board/173002972207?hash=item2847c7dc2f:g:nvcAAOSwxixaHNc~>
- [12] *500W 60V Switch Power supply! DC power CNC Router Single Output Foaming Mill Cut Engraver Plasma 20A* [online]. eBay Inc. [vid. 7.4.2018]. Dostupné z: https://www.aliexpress.com/item/500W-60V-Switch-Power-supply-DC-power-CNC-Router-Single-Output-Foaming-Mill-Cut-Laser-Engraver/32819278393.html?spm=2114.10010108.1000014.1.45777383V82j5A&traffic_analysisId=recommend_3035_null_null_null&scm=1007.13338.80878.0000000000000000&pvid=1d4136ef-af8c-4e7f-8fa5-120c6171a2b5&ttp=1

- [13] *Ozubená řemenice s předvrtanou dírou 12XL037/6F ocel/steel* [online]. TYMA CZ, s.r.o. [vid. 7.4.2018]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/produkty/remenice/ozubene/inch-standard/zs-xl/12xl037-6f-ocel-21425/>
- [14] *Ozubená tyč XL-12-140 tyč/bar STEEL* [online]. TYMA CZ, s.r.o. [vid. 7.4.2018]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/produkty/remenice/ozubene/ozubene-tyce/xl-ozubene-tyce/xl-12-140mm-tyc-bar-steel-88539/>
- [15] *57HS09 - krokový 2-fázový motor 1,3Nm* [online]. CNC shop s.r.o. [vid. 7.4.2018]. Dostupné z: <http://www.cncshop.cz/57hs09-krokovy-2-fazovy-motor-1-3nm>
- [16] *Drážkový řemen 0711PJ-4* [online]. TYMA CZ, s.r.o. [vid. 7.4.2018]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/produkty/klinove-remeny/drazkove/multirib/pj/0711pj-4-6801/>
- [17] *CENÍK HUTNÍHO MATERIÁLU, DRUHOVÝROBKŮ, DÍLENSKÉHO VYBAVENÍ* [databáze online]. FERONA, a.s. [vid. 7.4.2018]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/maloprodejny/ostrava.php>
- [18] *SIZE 23 HIGH PERFORMANCE STEPPER MOTOR DATA* [databáze online]. RAVEO s.r.o. [vid. 7.4.2018]. Dostupné z: <http://www.raveo.cz/sites/default/files/download/2014/11/16-hs2002231.pdf>
- [19] 86CM120 Torque Curves. In: *Leadshine Technology Co., Ltd.* [online]. © *Leadshine Technology Co., Ltd. 2018.* [vid. 17.4.2018]. Dostupné z: <http://www.leadshine.com/productdetail.aspx?type=products&category=stepper-products&producttype=stepper-motors&series=CM&model=86CM120>
- [20] Pracoviště soustruhu SUF 16 CNC. In: <http://www.wiki.sps-pi.cz> [online]. © SPŠ a VOŠ Písek 2018. [vid. 11.5.2018]. Dostupné z: http://wiki.sps-pi.cz/index.php/Soubor:D15_HW_FC16CNC.jpg

Seznam obrázků

Obrázek 1: 3D model soustruhu SUF 16	1
Obrázek 2: Pracoviště se soustruhem SUF 16 CNC [20].....	1
Obrázek 3: Rám soustruhu	2
Obrázek 4: Uložení vřeteníku	3
Obrázek 5: Uložení podélného vedení	4
Obrázek 6: Uchycení koníku k vedení	4
Obrázek 7: Podélná osa Z.....	5
Obrázek 8: Vedení suportu.....	5
Obrázek 9: Díly suportu	6
Obrázek 10: Pohybový šroub příčné osy X.....	7
Obrázek 11: Polohy krokového motoru [3].....	8
Obrázek 12: Momentová charakteristika krokového motoru.....	9
Obrázek 13: Převod hlavní pohon - vřeteno.....	10
Obrázek 14: Oddělovací deska.....	11
Obrázek 15: Řezné síly a rychlosti při soustružení	12
Obrázek 16: Závislost řezného odporu na hloubce řezu [5].....	12
Obrázek 17: Závislost kroutícího momentu na otáčkách	15
Obrázek 18: Kinematické schéma posuvů	16
Obrázek 19: Krokový motor vedlejšího pohonu	19
Obrázek 20: Rozstřel nové zástavby příčné osy X.....	21
Obrázek 21: Rozstřel nové zástavby podélné osy Z	21
Obrázek 22: Rozstřel nové zástavby hlavního pohonu	22
Obrázek 23: Napínání řemenu hlavního pohonu, nové řemenice	23
Obrázek 24: Layout nového uspořádání elektroniky stroje	24
Obrázek 25: Mach3 - uživatelské prostředí.....	25
Obrázek 26: Zapojení elektromotoru do trojúhelníku.....	35
Obrázek 27: Zapojení elektromotoru do hvězdy.....	35
Obrázek 28: Závislost frekvence na napětí	36
Obrázek 29: Závislost kroutícího momentu na otáčkách	37
Obrázek 30: Momentová charakteristika KM 86CM120 [19].....	39
Obrázek 31: Katalogový list vedlejšího pohonu [18].....	40
Obrázek 32: Ovladač vedlejšího pohonu	41
Obrázek 33: Ovladač hlavního pohonu	41
Obrázek 34: Kontrolní výpočet ozubeného řemenu 80 XL037	43

Obrázek 35: Kontrolní výpočet ozubeného řemenu 70 XL037	43
Obrázek 36: Kontrolní výpočet drážkového řemenu hlavního pohonu	44

Seznam tabulek

Tabulka 1: Parametry původních krokových motorů.....	9
Tabulka 2: Doporučené řezné rychlosti [6].....	13
Tabulka 3: Závislost kroutícího momentu na obráběném průměru	14
Tabulka 4: Nové parametry stroje	26
Tabulka 5: Ekonomické zhodnocení	26
Tabulka 6: Závislost kroutícího momentu na soustruženém průměru	34

Seznam příloh

Vevázané přílohy:

- Příloha č. 1 – Alternativní varianta hlavního pohonu
- Příloha č. 2 – Výňatky z katalogů pohonů stroje, obrázky ovladačů krokových motorů
- Příloha č. 3 – Kontrolní výpočet řemenů

Ostatní přílohy:

Výkresová dokumentace

3D modely stávajícího i nového řešení

Pomocné výpočty v tabulkovém procesoru Microsoft Excel

Některé výkresy původní zástavby SUF 16 CNC

PŘÍLOHA č. 1

Alternativní varianta hlavního pohonu

Níže uvedený výpočet přímo navazuje na kapitolu 3.2 *Návrh hlavního pohonu stroje* a následující tabulky a celkové řešení vychází ze stanovených řezných podmínek v téže kapitole.

Z důvodu snížení potřebného kroutícího momentu motoru bude použit mezi motorem a vřetenem převod. Převodový poměr byl orientačně stanoven jako $i_{1,2} = 1,5$. Jestliže platí:

$$i_{1,2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_2}{M_1}$$

Potom budou potřebné parametry motoru hlavního pohonu mít na obráběném průměru závislost popsanou v tabulce číslo 6, viz níže.

Tabulka 6: Závislost kroutícího momentu na soustruženém průměru

Potřebný moment hlavního pohonu [Nm]	Otáčky hlavního pohonu [min ⁻¹]	Obráběný průměr [mm]
3,60	417,8	80
3,15	477,5	70
2,70	557,0	60
2,25	668,5	50
1,80	835,6	40
1,35	1114,1	30
0,90	1671,1	20
0,45	3342,3	10

Vypočteným parametrům odpovídá třífázový, čtyřpólový, indukční asynchronní elektromotor s kotvou na krátko od firmy Siemens 1LA7 090-4AA o výkonu 0,75 kW, otáčkách 1 395 ot/min a jmenovitém kroutícím momentu 5,1 Nm.

Další parametry motoru důležité z pohledu elektroinstalace:

U_n – jmenovité napětí = 3 x 400/230 [V], Y/D

I_n – jmenovitý proud při 400 [V] = 1,86 A

n_n – jmenovité otáčky při 50 Hz = 1 395 [ot/min]

Řízení hlavního pohonu stroje:

Elektromotor bude řízen prostřednictvím frekvenčního měniče. Řídící napětí (0 až 10 V) je generováno v oddělovací desce. Požadované otáčky a směr otáčení vřetena udává řídicí systém v počítači spojen s oddělovací deskou prostřednictvím LPT portu.

Princip změny otáček spočívá v tom, že frekvenční měnič upraví kmitočet a amplitudu napájecího napětí a tak mění magnetické pole statoru.

Z finančního hlediska je možné podotknout, že ceny frekvenčních měničů přibližně odpovídají cenám používaných elektromotorů.

Frekvenční měnič lze k asynchronnímu motoru připojit dvěma základními způsoby:

- Elektromotor je zapojen do hvězdy (viz obrázek 26) a frekvenční měnič je nastaven na jmenovité výstupní napětí 400 V při kmitočtu 50 Hz, viz obr 26. Průběh momentu a výkonu je potom zřejmý z obrázku 26, který udává závislost napětí mezi fázemi motoru a napájecí frekvencí. Do hodnoty 50 Hz je závislost těchto veličin lineární vychází se z předpokladu, viz rovnice níže. Motor je tedy možno regulovat do 50 Hz beze změny kroutícího momentu.

U – napětí [V]

f – frekvence [Hz]

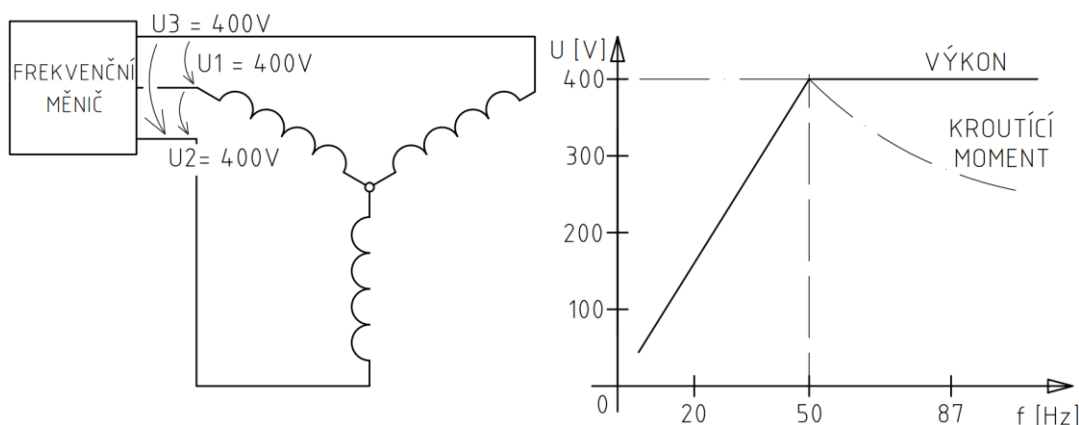
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{f_1}{f_2}$$

P – výkon [W]

M – kroučící moment [Nm]

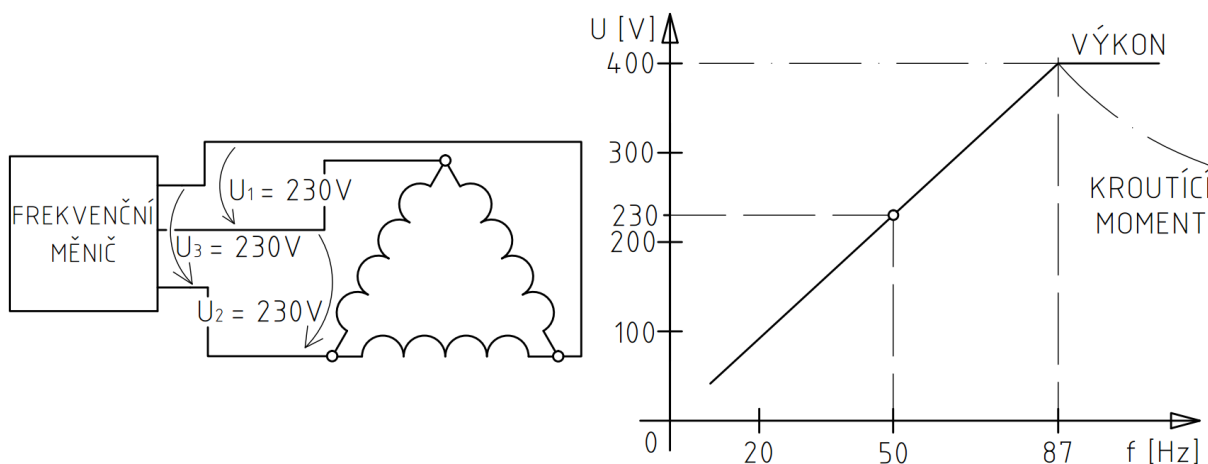
f – frekvence [Hz]

$$P = \omega \cdot M$$



Obrázek 26: Zapojení elektromotoru do trojúhelníku

- Elektromotor je zapojen do trojúhelníku (viz obrázek 27). Standardní napětí mezi fázemi motoru je tedy 230 V při kmitočtu 50 Hz. Frekvenční měnič je nastaven na jmenovité výstupní napětí 230 V při kmitočtu 50 Hz. Pomocí frekvenčního měniče můžeme elektromotor napájet napětím až 400 V při frekvenci 87 Hz, bez poklesu kroučícího momentu, viz obrázek 27. Nyní je motor možné regulovat do 87 Hz bez poklesu kroučícího momentu. Tato možnost regulace se někdy nazývá jako „princip 87 Hz“.



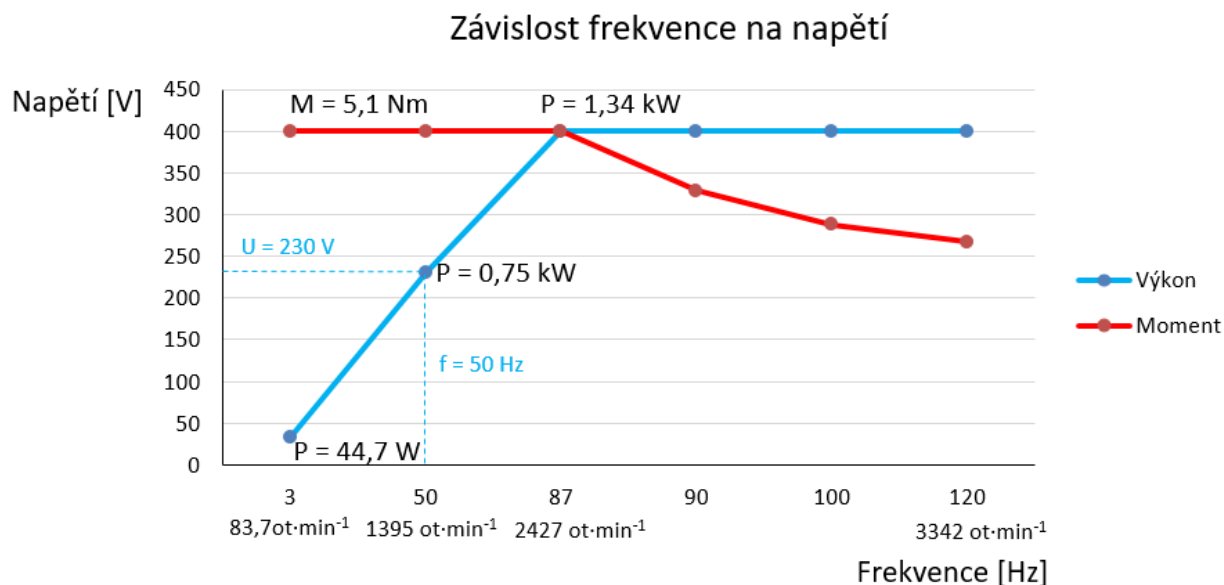
Obrázek 27: Zapojení elektromotoru do hvězdy

V tomto případě bude pro zapojení elektromotoru a frekvenčního měniče využit „princip 87 Hz“ pro rozšíření regulační charakteristiky s konstantním momentem. Minimální použitá frekvence bude 3 Hz a maximální frekvence 120 Hz. Otáčky odpovídající frekvenci

vstupního napětí 3 Hz jsou $n = 83,7$ ot/min a otáčky motoru pro 120 Hz vstupního napětí jsou $n = 3\,348$ ot/min.

Charakteristika hlavního pohonu:

Na obrázku číslo 28 je znázorněna výkonová a momentová charakteristika hlavního pohonu stroje. Křivky vyplývají z principu řízení motoru a ze samotné podstaty fungování elektromotorů.



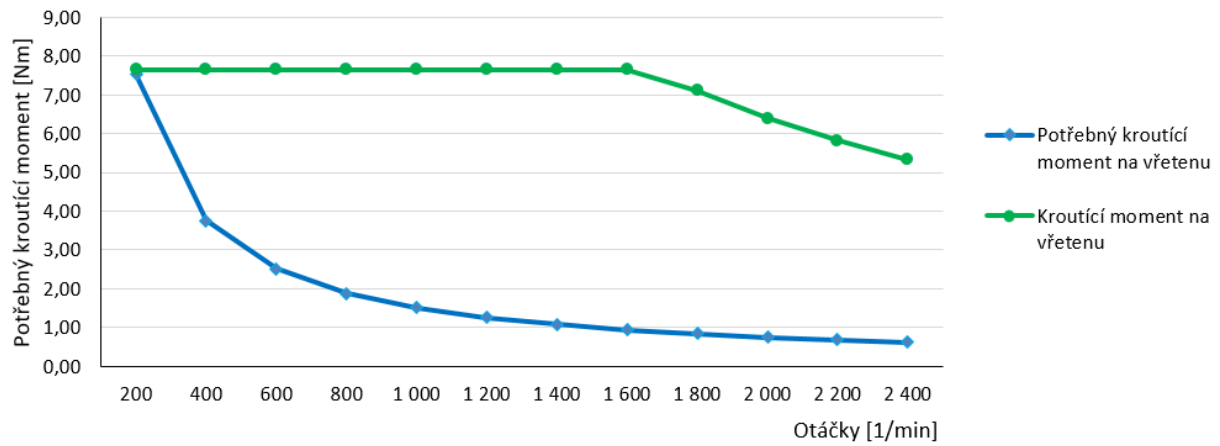
Obrázek 28: Závislost frekvence na napětí

Z obrázku číslo 28 vyplývá, že minimální otáčky motoru jsou 83,7 ot/min a maximální otáčky jsou následně 3 348 ot/min. Regulovaný rozsah otáček tohoto motoru je 3 264,3 ot/min.

Jestliže bude mezi hlavním pohonem soustruhu a zařazen převod zaručující převodový poměr $i_{1,2} = 1,5$ potom budou minimální otáčky vřetena $n_{2min} = 55,8$ ot/min a maximální otáčky vřetena $n_{2max} = 2\,232$ ot/min.

V obrázku č. 29, viz níže je zaznačená potřebná momentová charakteristika pro obrábění součásti v rozsahu 10 – 80 mm. Potřebné otáčky jsou vypočteny dříve, viz tabulka 6. Do téhož grafu je zaznačena momentová charakteristika výstupního kroučícího momentu. Z grafu tedy plyne, že navržený hlavní pohon je při dříve definovaných řezných podmínkách (viz kapitola 3.2) vyhovující.

Závislost potřebného momentu při obrábění na otáčkách

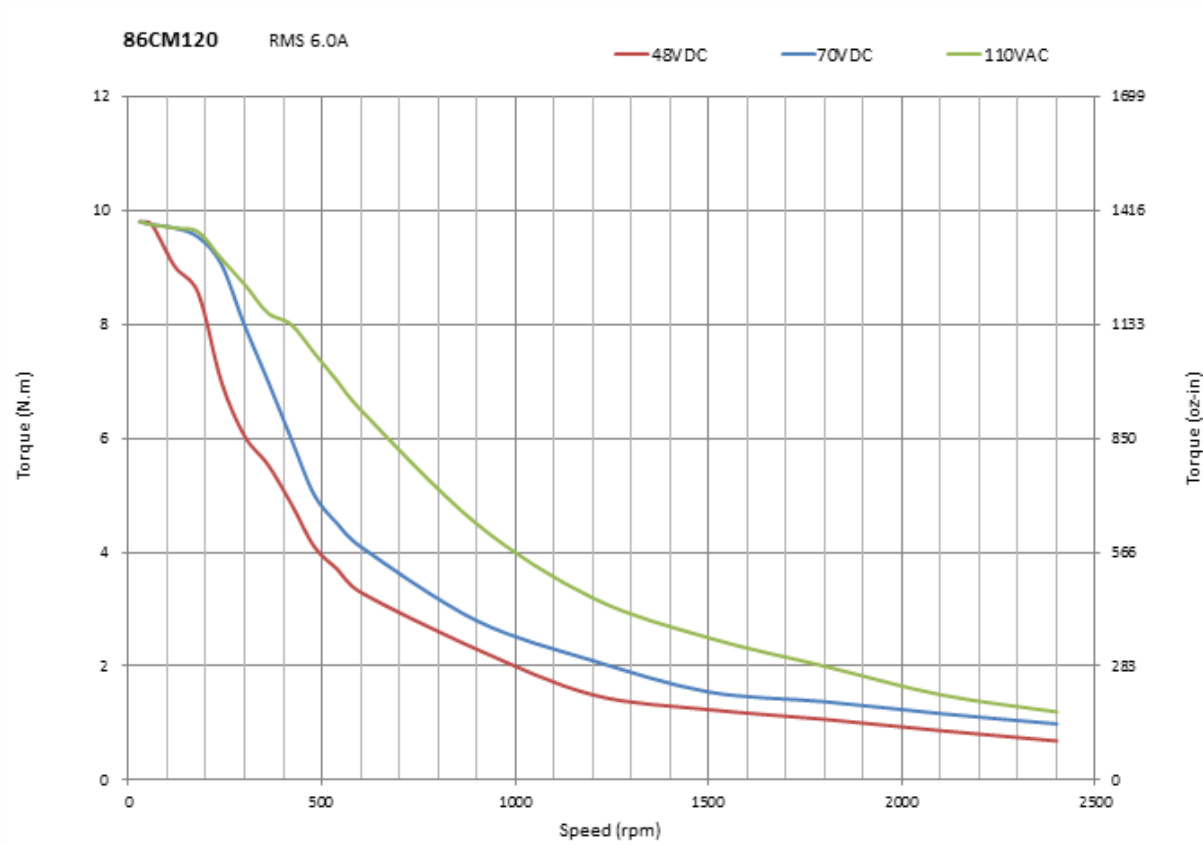


Obrázek 29: Závislost kroutícího momentu na otáčkách

Elektrické zapojení této varianty je uvedeno v příložené výkresové dokumentaci.

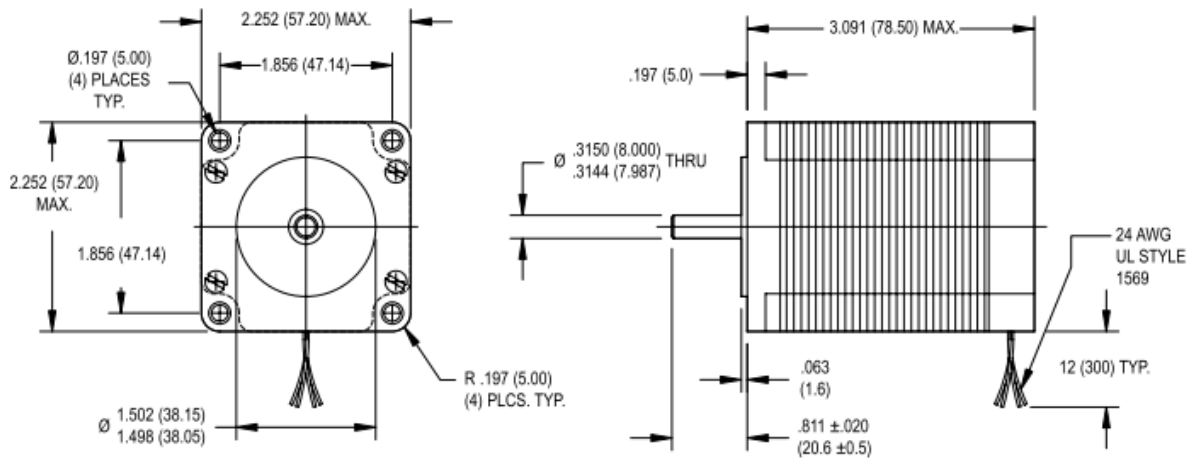
PŘÍLOHA č. 2

Výňatky z katalogů pohonů stroje, obrázky ovladačů krokových motorů



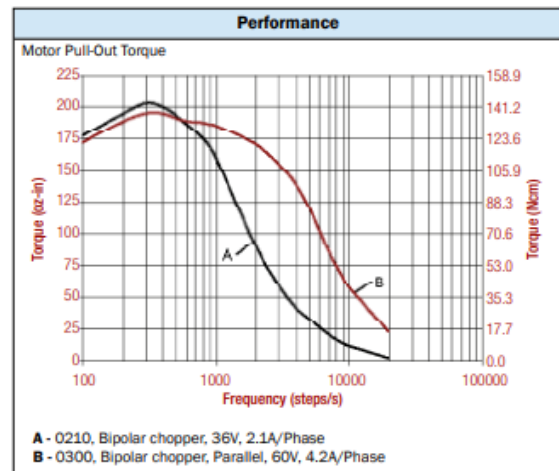
Obrázek 30: Momentová charakteristika KM 86CM120 [19]

SIZE 23 HIGH PERFORMANCE STEPPER MOTOR DATA



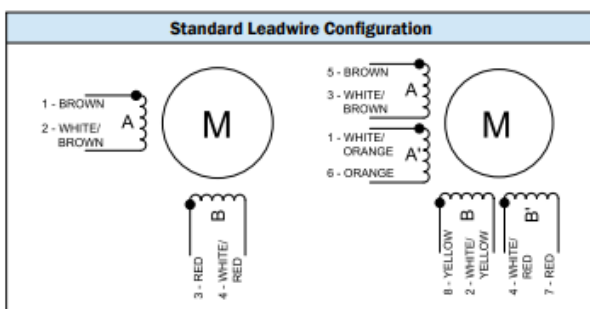
Specification	Units	HS 200 2231	
		0210	0300
Rated Phase Current	A	2.10	3.00
Phase Resistance	Ω	2.0	1.1
Phase Inductance	mH	6.5	1.7
Holding Torque Unipolar	oz-in	—	177
	Ncm	—	125
Holding Torque Bipolar	oz-in	228	231
	Ncm	161	163
Detent Torque	oz-in	9.6	9.6
	Ncm	6.8	6.8
Rotor Inertia	oz-in-s ² x10 ⁻⁴	48	48
	g-cm ²	340	340
Motor Weight (Mass)	lb	2.2	2.2
	kg	1.0	1.0
Maximum Voltage	V	75	75
Std. No. of Leads	—	4	8

Available through the MotionExpress program.

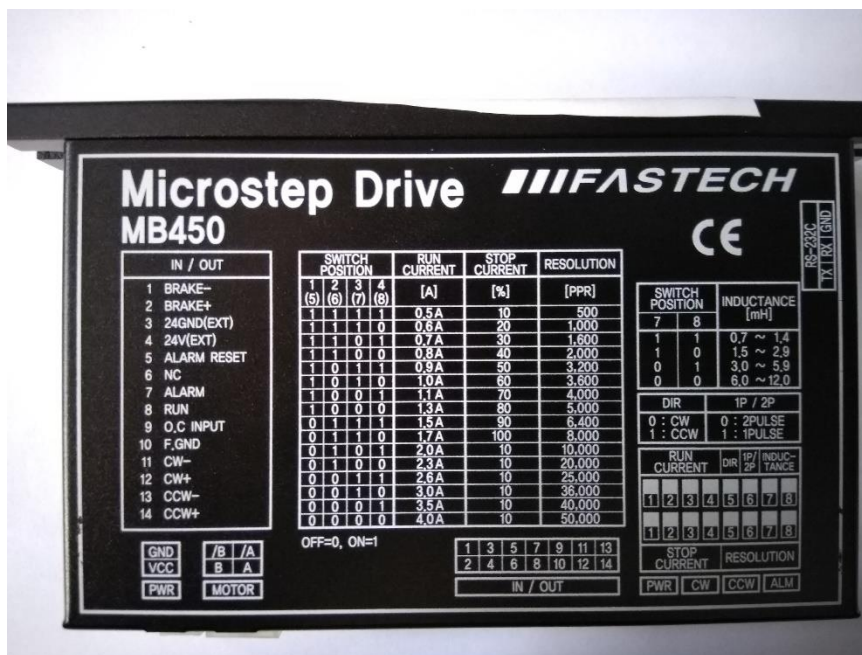


- Standard Features**
- Step angle: 1.8°
 - Step angle accuracy: 5%
 - Insulation class: B (130°C)
 - Optimized for microstep operation
 - NEMA 23 mounting configuration
 - AlNiCo magnets
 - Additional windings and customization options available

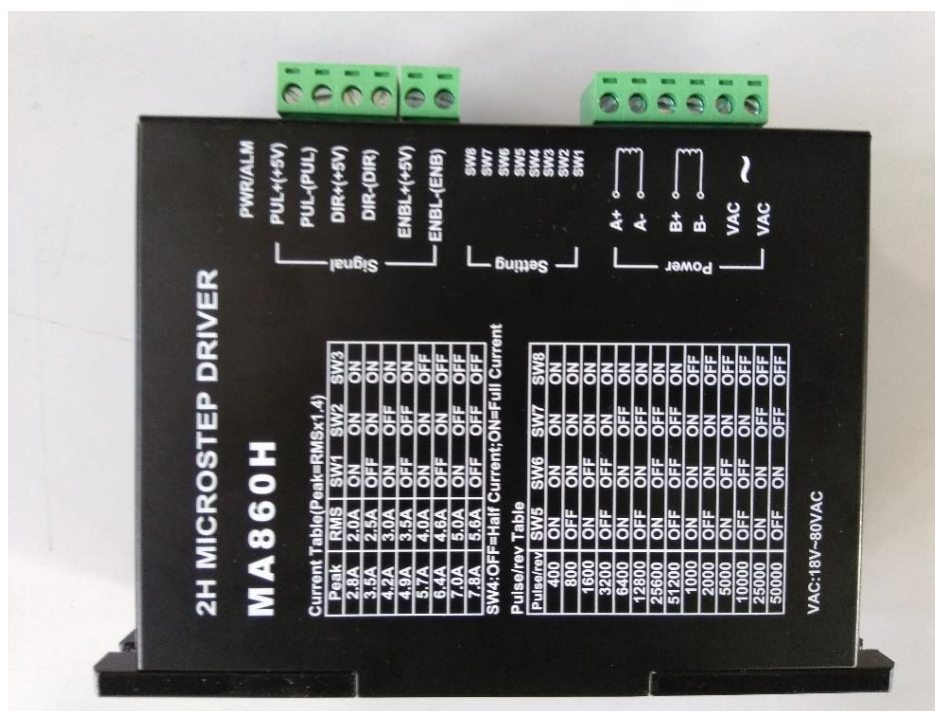
- Complementary Products**
- Gearboxes
 - Encoders



Obrázek 31: Katalogový list vedlejšího pohonu [18]



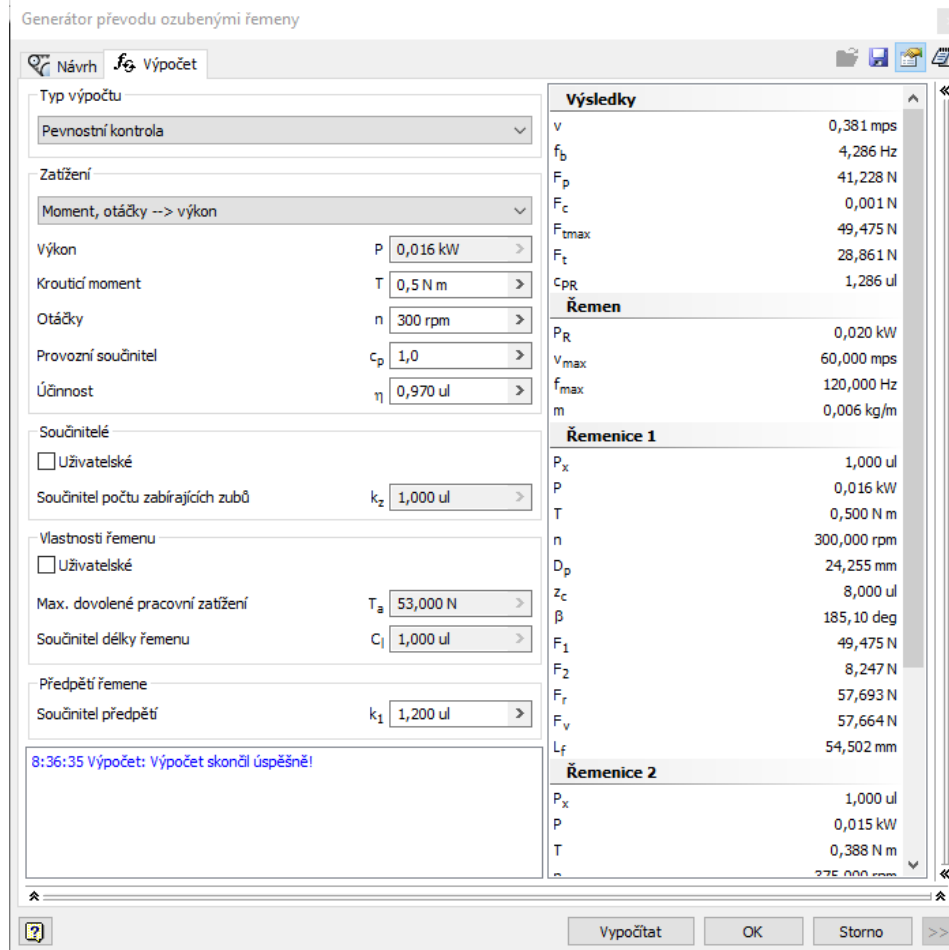
Obrázek 32: Ovladač vedlejšího pohonu



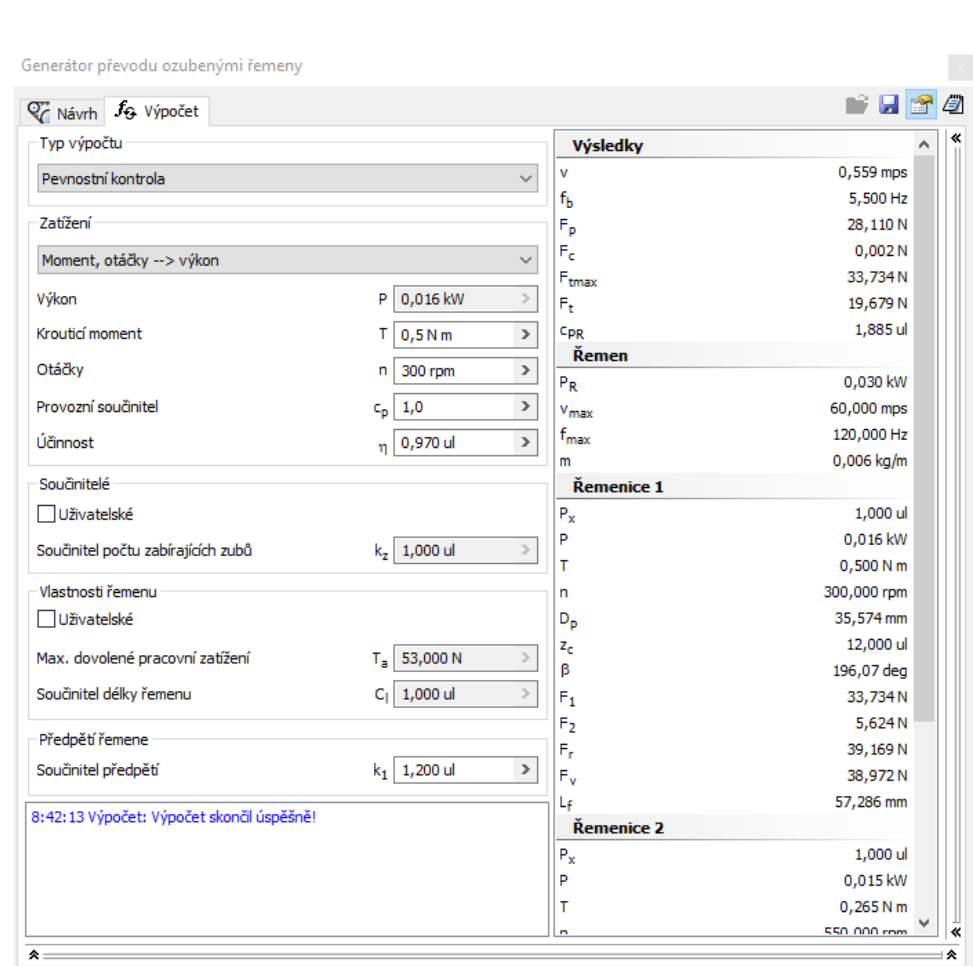
Obrázek 33: Ovladač hlavního pohonu

PŘÍLOHA č. 3

Kontrolní výpočet řemenů



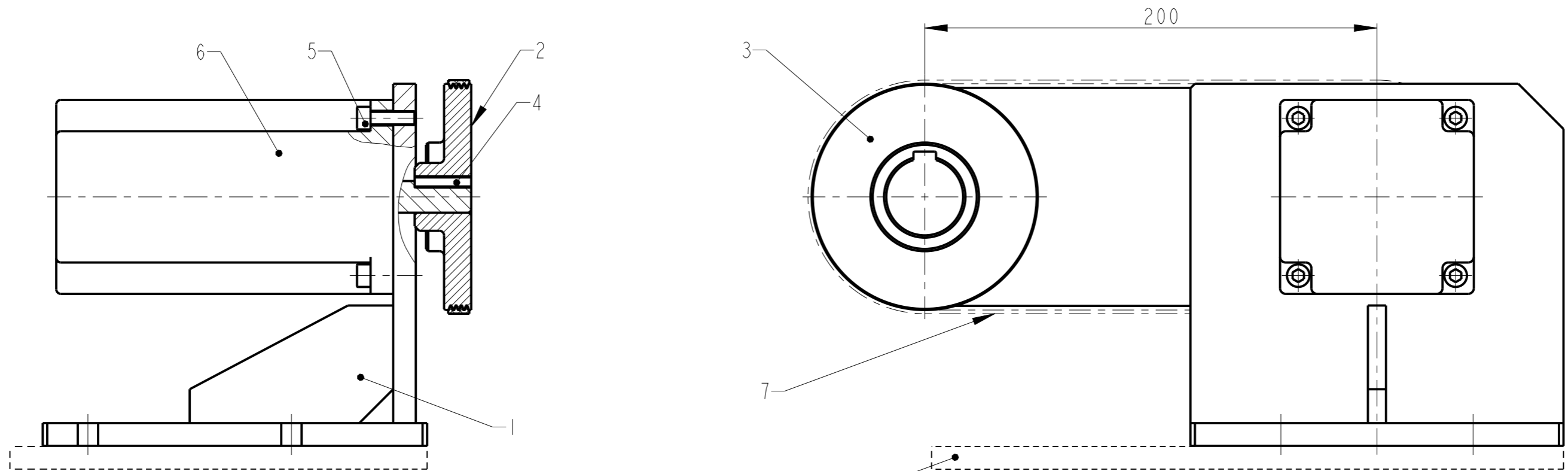
Obrázek 35: Kontrolní výpočet ozubeného řemenu 70 XL037



Obrázek 34: Kontrolní výpočet ozubeného řemenu 80 XL037

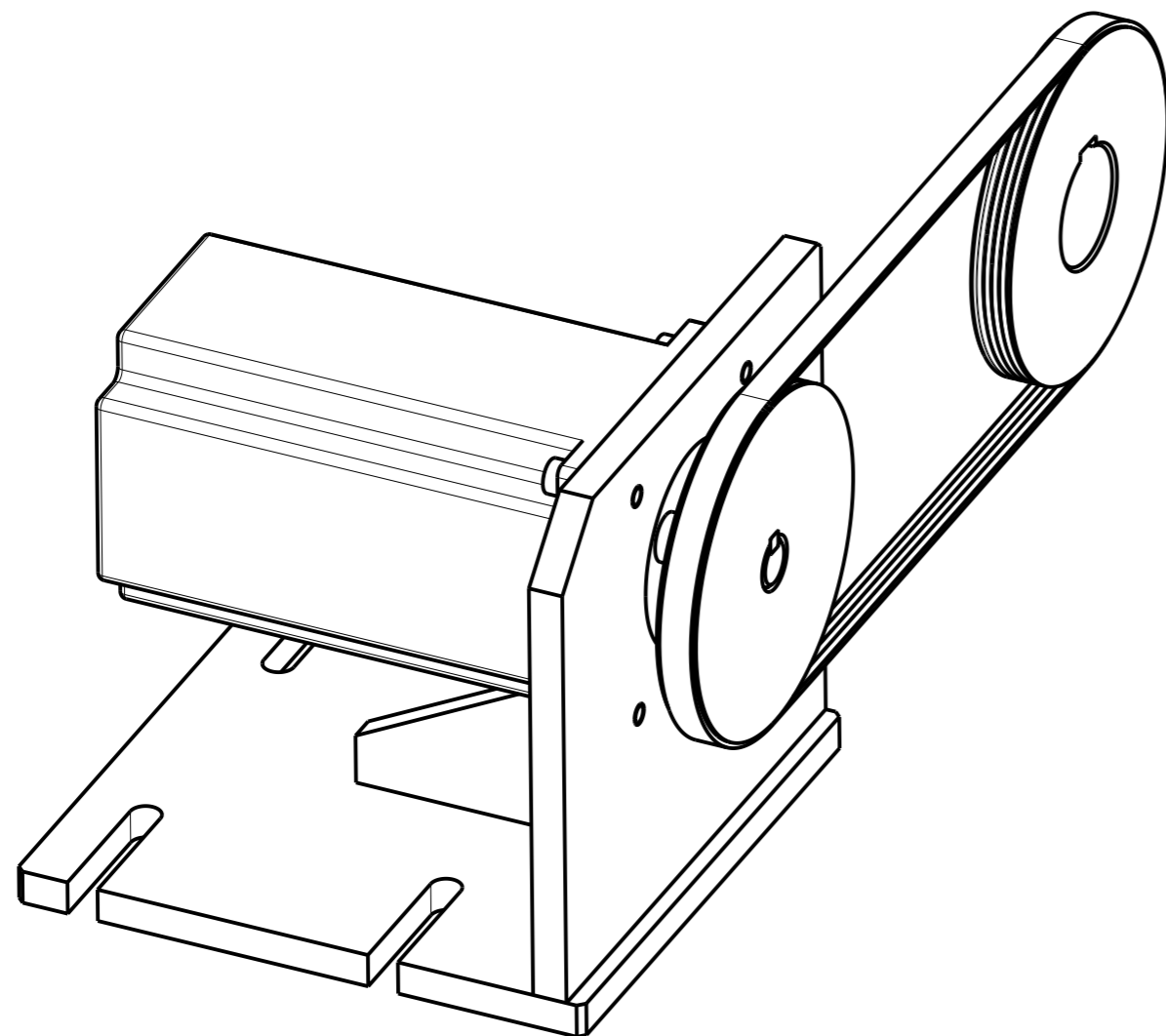
Řemen			
Druh řemenu	<input type="text" value="Drážkový řemen"/>	Typ řemenu	<input type="text" value="STANDARD"/>
Typ řemenu	<input type="text" value="CONTI-V MULTIRIB"/>	Profil řemenu	<input type="text" value="PJ"/>
Geometrie		Změna druhu převodu	Vymazat zadané hodnoty
Malá řemenice		Velká řemenice	
Výpočtový průměr	dbk <input type="text" value="100,00"/> mm	Výpočtový průměr	dbg <input type="text" value="100,00"/> mm
Otáčky	nk <input type="text" value="278,00"/> 1/min	Otáčky	ng <input type="text" value="278,00"/> 1/min
Převodový poměr	i <input type="text" value="1,00"/>	Požadovaná délka řemenu	Lbgef <input type="text"/>
Minimální osová vzdálenost	amin <input type="text"/>	Maximální osová vzdálenost	amax <input type="text"/>
Osová vzdálenost	a <input type="text" value="198,42"/> mm	Délka řemenu	Lb <input type="text" value="711,00"/> mm
Výkon		Vymazat zadané hodnoty	
Malá řemenice		Velká řemenice	
Krouticí moment	Mk <input type="text" value="12"/> Nm	Krouticí moment	Mg <input type="text" value="12,00"/> Nm
Přenášený výkon	P <input type="text" value="0,349"/> kW	Požadovaný počet drážek	Zgef <input type="text"/>
Požadovaný provozní součinitel	C2gef <input type="text" value="1"/> lápověd	Provozní podmínky	<input type="text" value="střední zatížení"/>
Výsledek		Náhled výsledku	
Počet drážek (zvolený)	Zer <input type="text" value="3,00"/>	Obvodová síla	Fu <input type="text" value="234,37"/> N
Šířka věnce	b <input type="text" value="8,28"/> mm	Celková předepínací síla	Fv <input type="text" value="398,56"/> N
Požadovaný provozní součinitel	C2er <input type="text" value="1,19"/>	Statická síla ve větvi	Fstat <input type="text" value="199,28"/> N
Hodnota výkonu	Pr <input type="text" value="0,15"/> kW	Vlastní frekvence řemenu	f <input type="text" value="219,26"/> Hz
CONTI-V MULTIRIB 3 * PJ 711 - Lb STANDARD			

Obrázek 36: Kontrolní výpočet drážkového řemenu hlavního pohonu

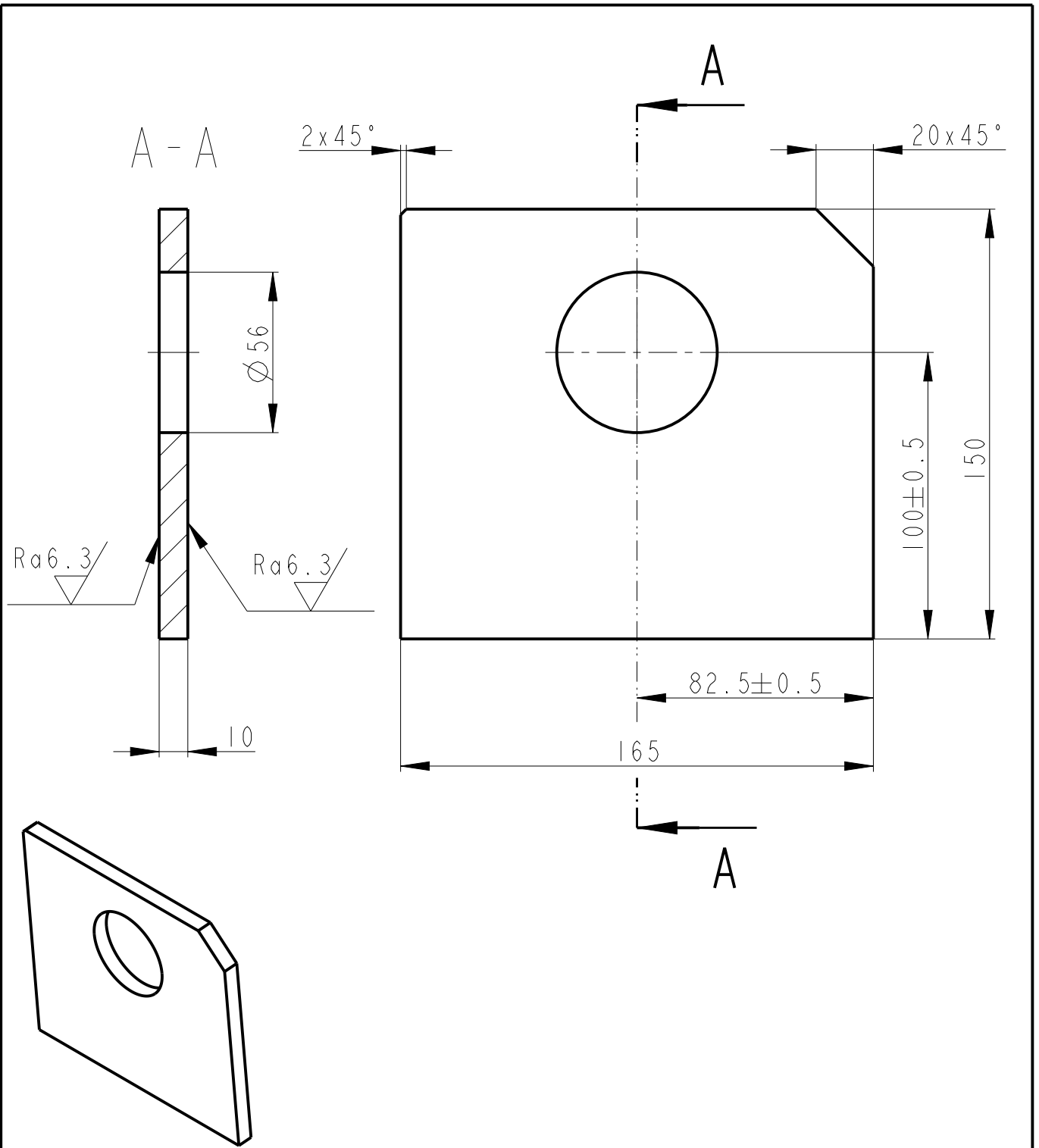


DIRY PRO SROUBY DO ZAKLADNI
DESKY VRTAT PRI MONTAZI

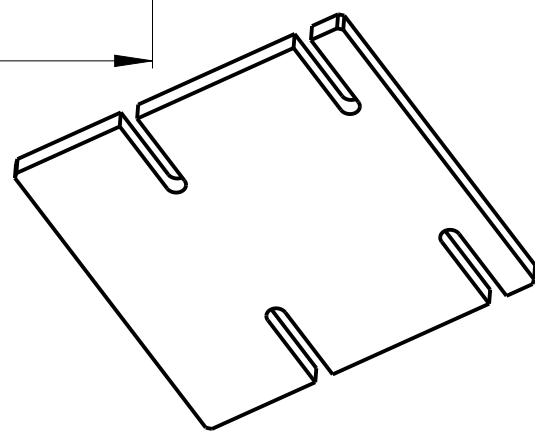
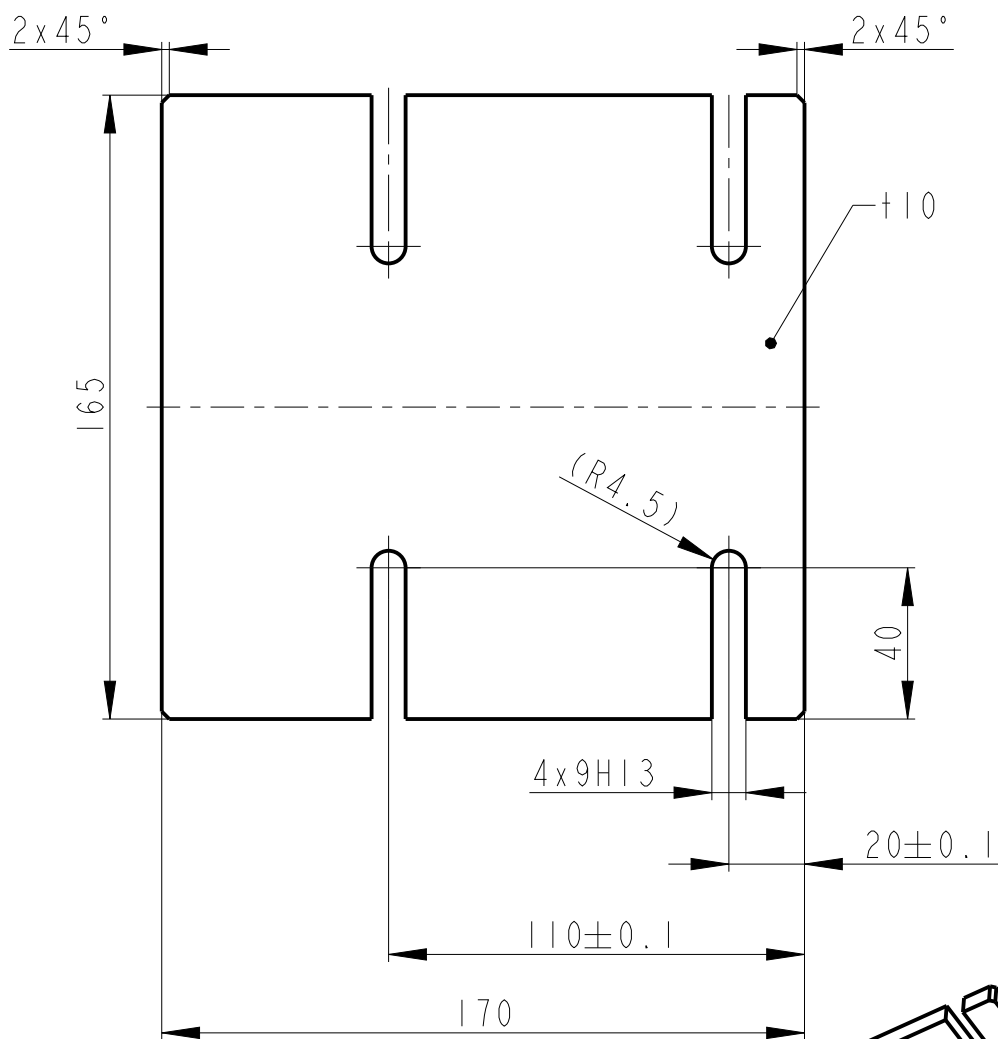
DRAZKY PRO SROUBY DLE MONTAZE



7	REMEN	-	0.017	1	
	CONTI-V MULTIBR 4*PJ 711-Lb STANDARD	-			
6	KROKOVY MOTOR HLAVNI	-	2.000	1	
	-	-			
5	SROUB M6x20	-	0.008	4	
	CSN 02 1143	-			
4	PERO	-	0.005	1	
	SOUCASTI MOTORU	-			
3	REMENICE VRETENA	KR 105-23 CSN 42 5510	0.528	1	
	04-SUF16_HL-03-00	11 500.0			
2	REMENICE MOTORU	KR 105-23 CSN 42 5510	0.573	1	
	04-SUF16_HL-02-00	11 500.0			
1	SVARENEC HL. POHONU	SVARENEC	3.997	1	
	03-SUF16_HL_SVAR-01-00	-			
POZ.	Nazev - oznaceni	Polotovar	Hmot. (kg)	Kusu	
	Cislo vykresu - norma	Material			
Meritko	1:2	Hmotnost (kg)	7.152	Format	A3
	Kreslil	LAZAR	Nazev HLAVNI_POHON		
	Datum	Apr-09-18	Cislo dokumentu 03-SUF16_HL-00-00		
	Schvalil		List 1 Listu 1		
	Datum				
	Druh dokumentu	VYKRES SESTAVY			

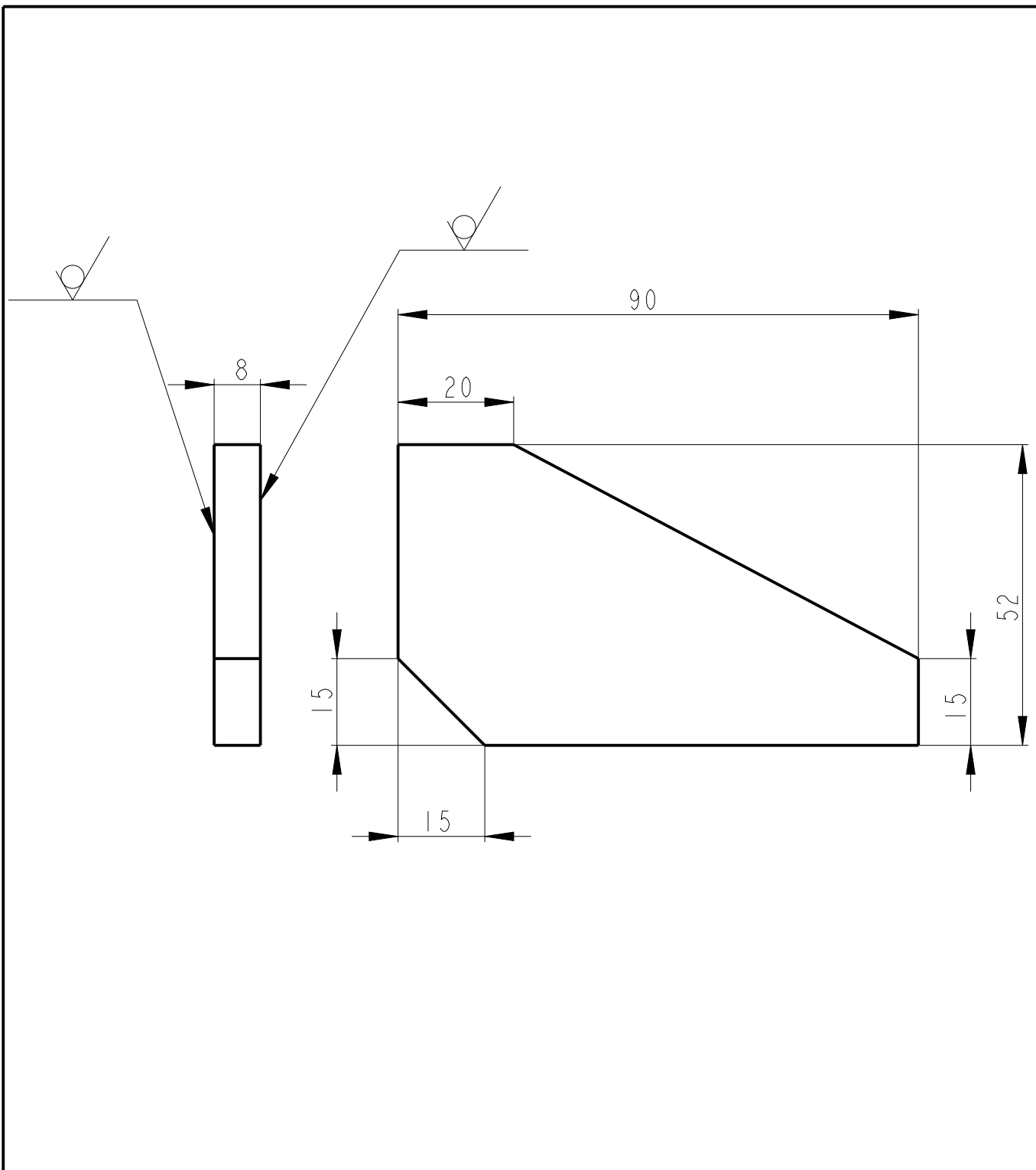


Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Meritko 1:2	Presnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost(kg) 1.699	Tolerovani ISO 8015
Polotovary PLO 170x14-153 CSN 42 5522.01		Material 11 523.0	Promitani - ISO 128
	Kreslil LAZAR	Nazev DESKA_01	
	Datum Apr-17-18	Cislo dokumentu 04-SUF16_SVAR-01-00	
KKS	Schvalil Datum Druh dokumentu VYROBNI VYKRES	List 1 Listu 1	

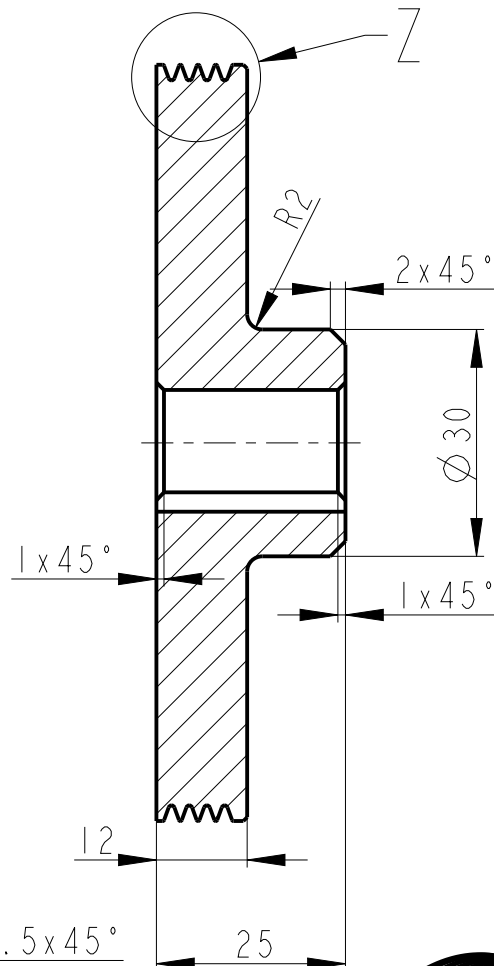
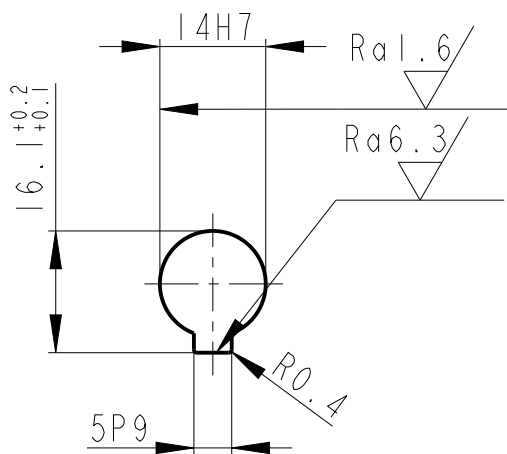


POLOHU DRAZEK MOZNO UPRAVIT DLE SOUCASNE ZASTAVBY

Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Meritko 1:2	Presnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost(kg) 2.092	Tolerovani ISO 8015
Polotovarov PLO 170x14-173 CSN 42 5522.01		Material 11 523.0	Promitani - ISO 128
	Kreslil LAZAR	Nazev DESKA_02	
	Datum Mar-26-18	Cislo dokumentu 04-SUF16_SVAR-02-00	
KKS	Schvalil Datum Druh dokumentu VYROBNI VYKRES	List 1 Listu 1	

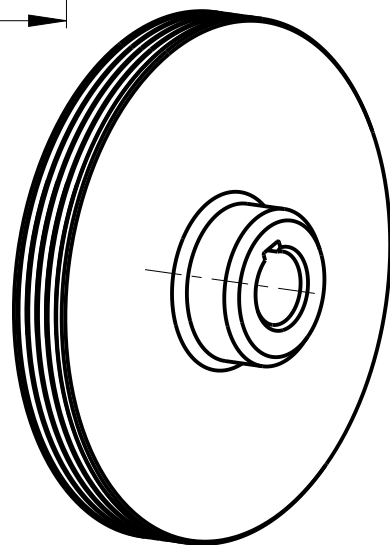
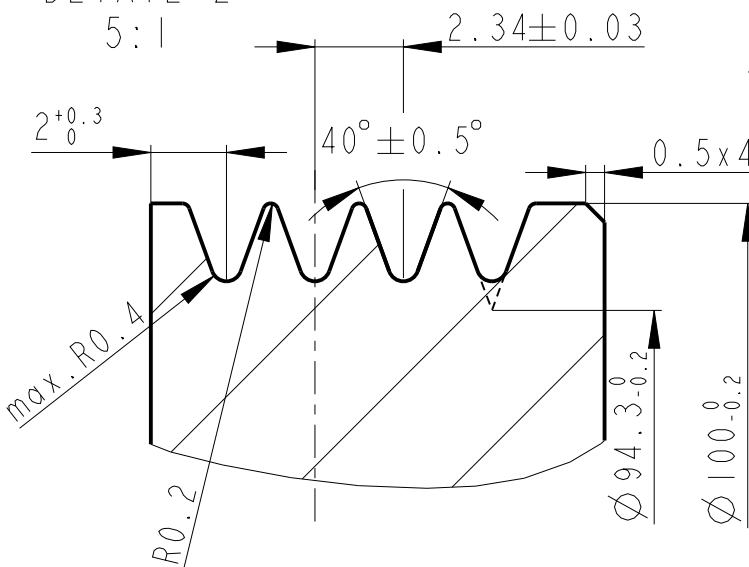


Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Meritko 1:1	Presnost ISO 2768 - m K
		Hmotnost(kg) 0.206	Tolerovani ISO 8015
Polotovary PLO 55x8-139 CSN 42 5522.01		Material 11 537.0	Promitani - ISO 128
	Kreslil LAZAR	Nazev ZEBRO	
	Datum Mar-26-18	Cisto dokumentu 03-SUF16_SVAR-03-00	
KKS	Schvalil Datum	List 1 Listu 1	
Druh dokumentu VYROBNI VYKRES			



DETAIL Z

5:1



PROFIL REMENU - PJ

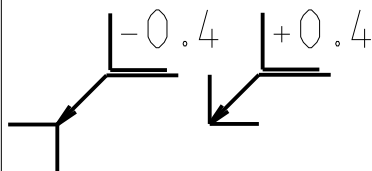
DRAZKY PRO REMEN

Ra 1.6

Textura povrchu

∇ Ra 3.2 (✓)

Hrany ISO 13715



Meritko

1:1

Presnost

ISO 2768 - mK

Tolerovani

ISO 8015

Hmotnost(kg)

0.573

Promitani - ISO 128



Polotovar

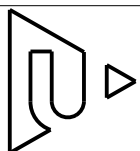
KR 105-23 CSN 42 5510

Material

11 500.0

Format

A4



Kreslil

LAZAR

Datum

Mar-26-18

Schválil

Datum

Druh dokumentu

VYROBNI VYKRES

Nazev

REMENICE MOTORU

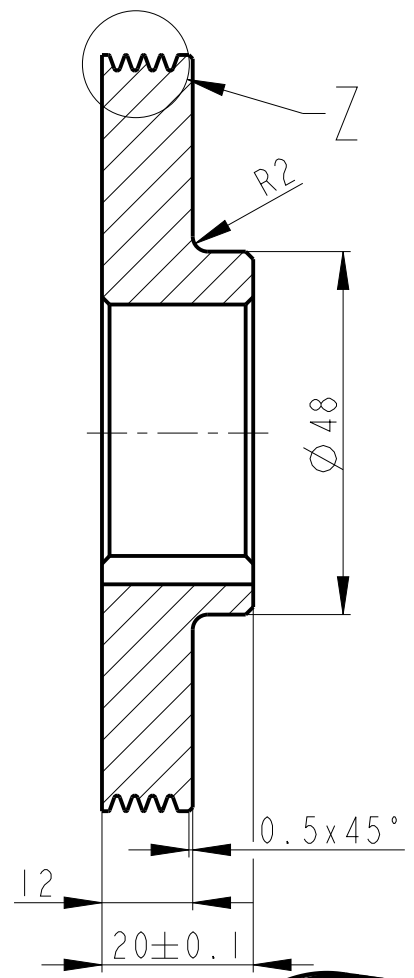
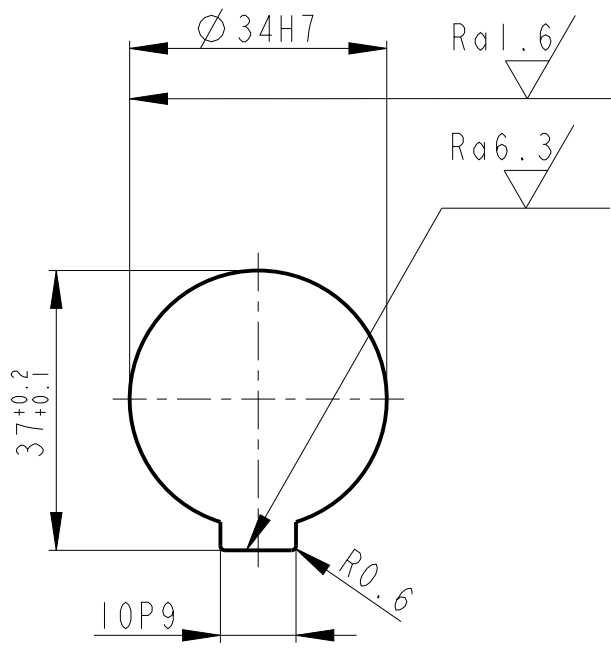
Číslo dokumentu

04-SUF16_HL-02-00

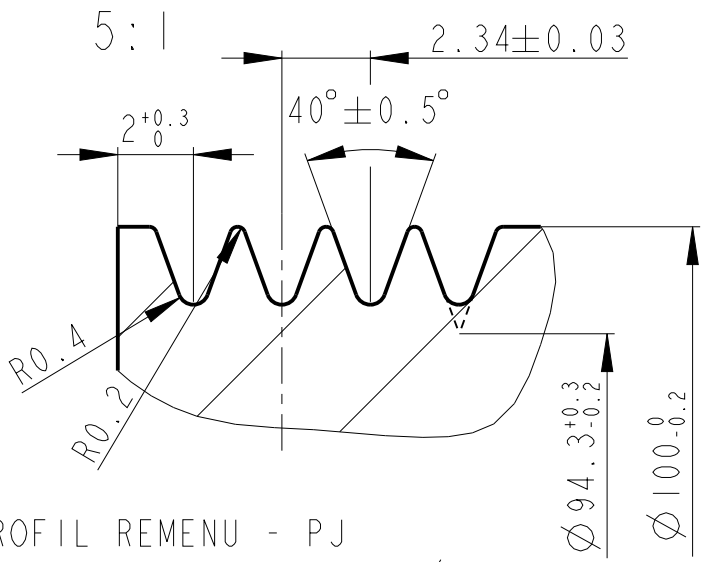
List 1

Listu 1

KKS

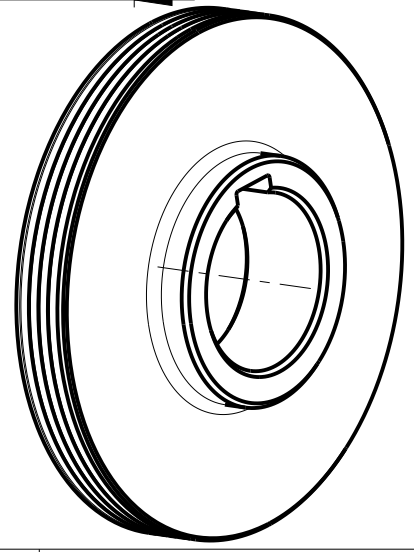


DETAIL Z
5:1

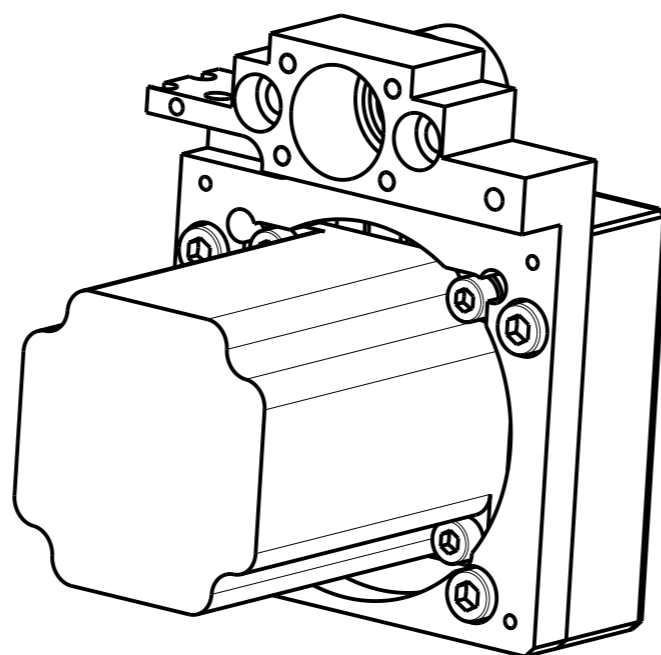
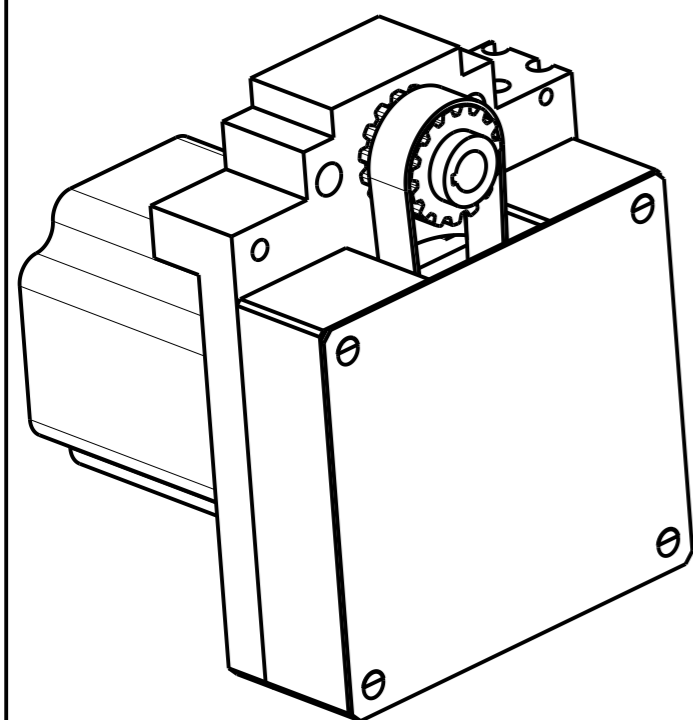
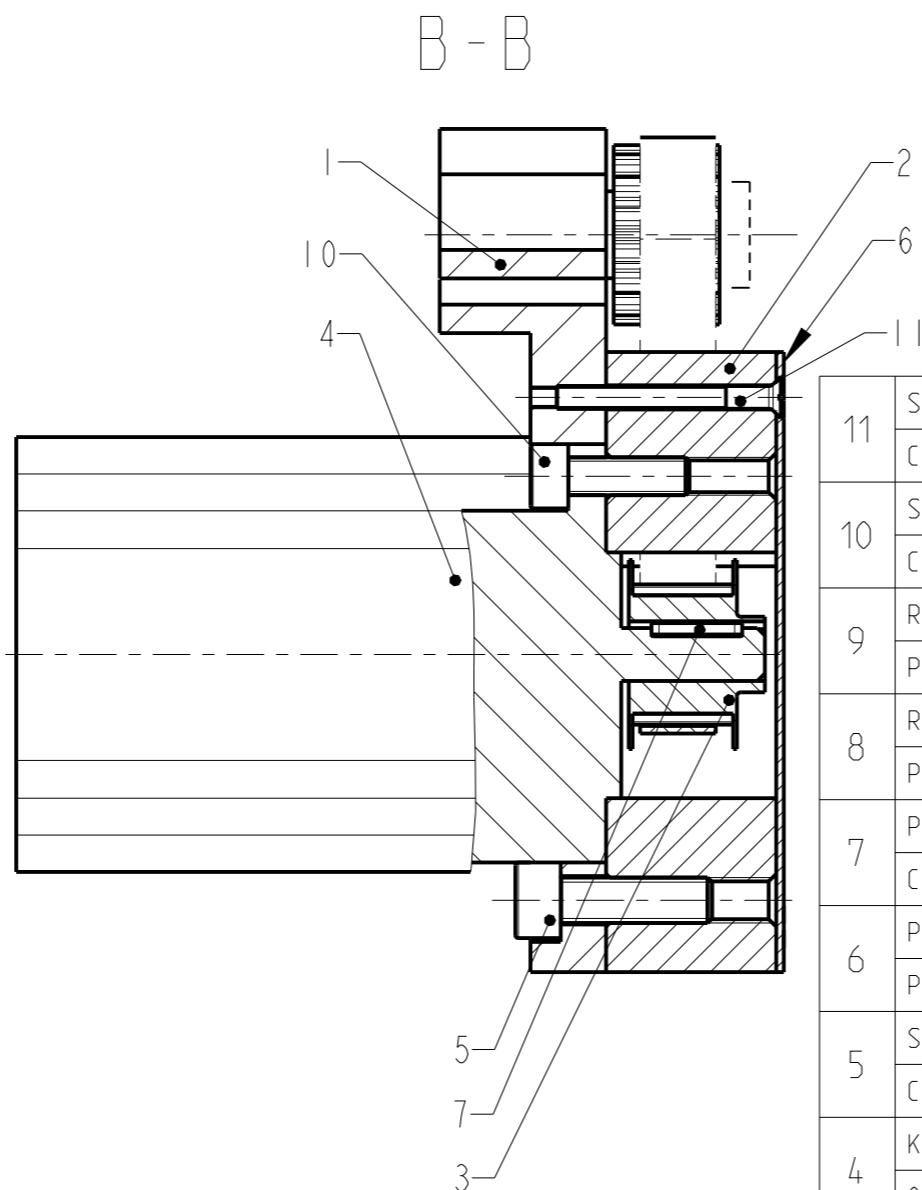
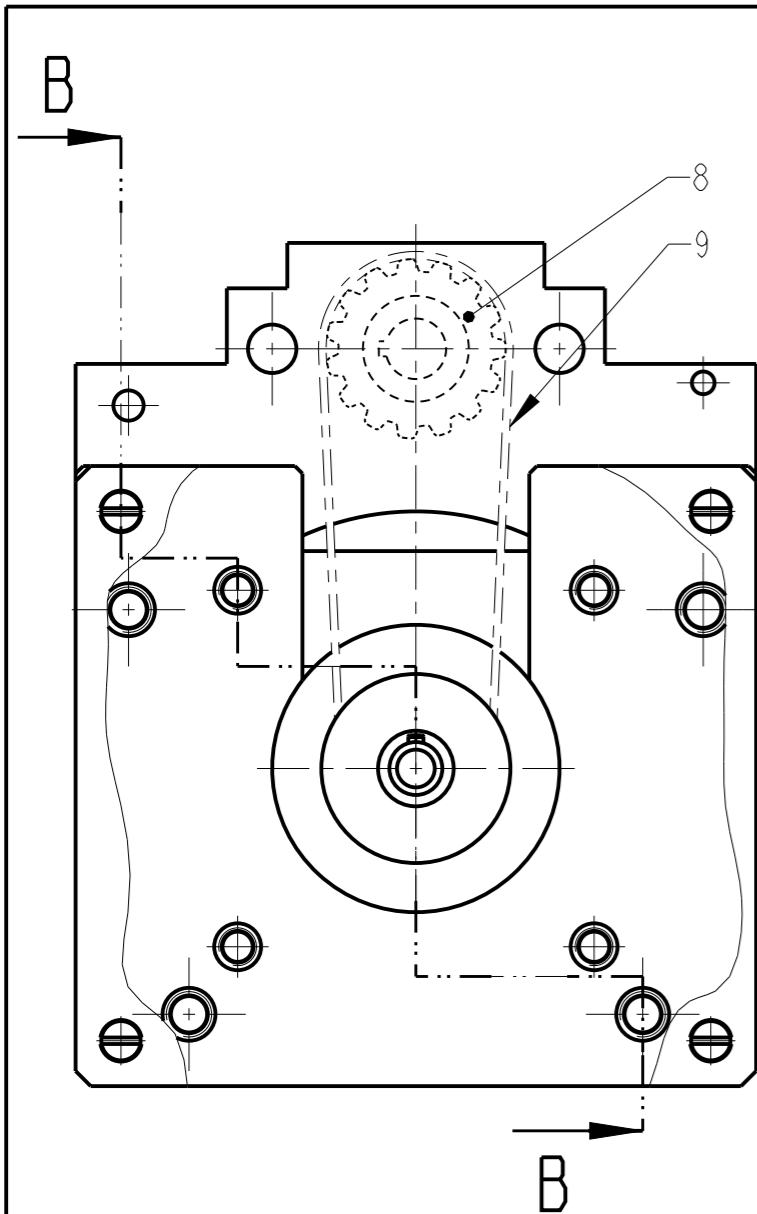


PROFIL REMENU - PJ

DRAZKY PRO REMEN
NEKOTOVANA ZKOSENI $1 \times 45^\circ$

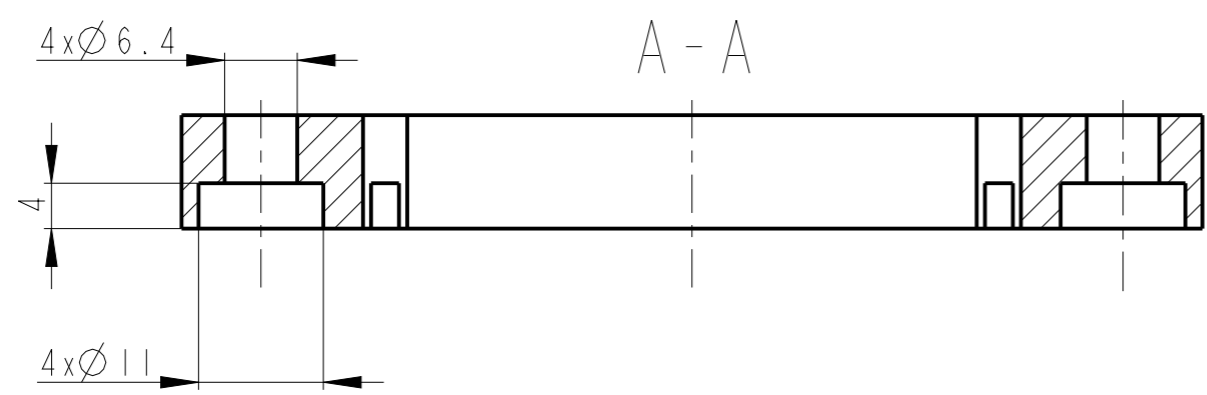
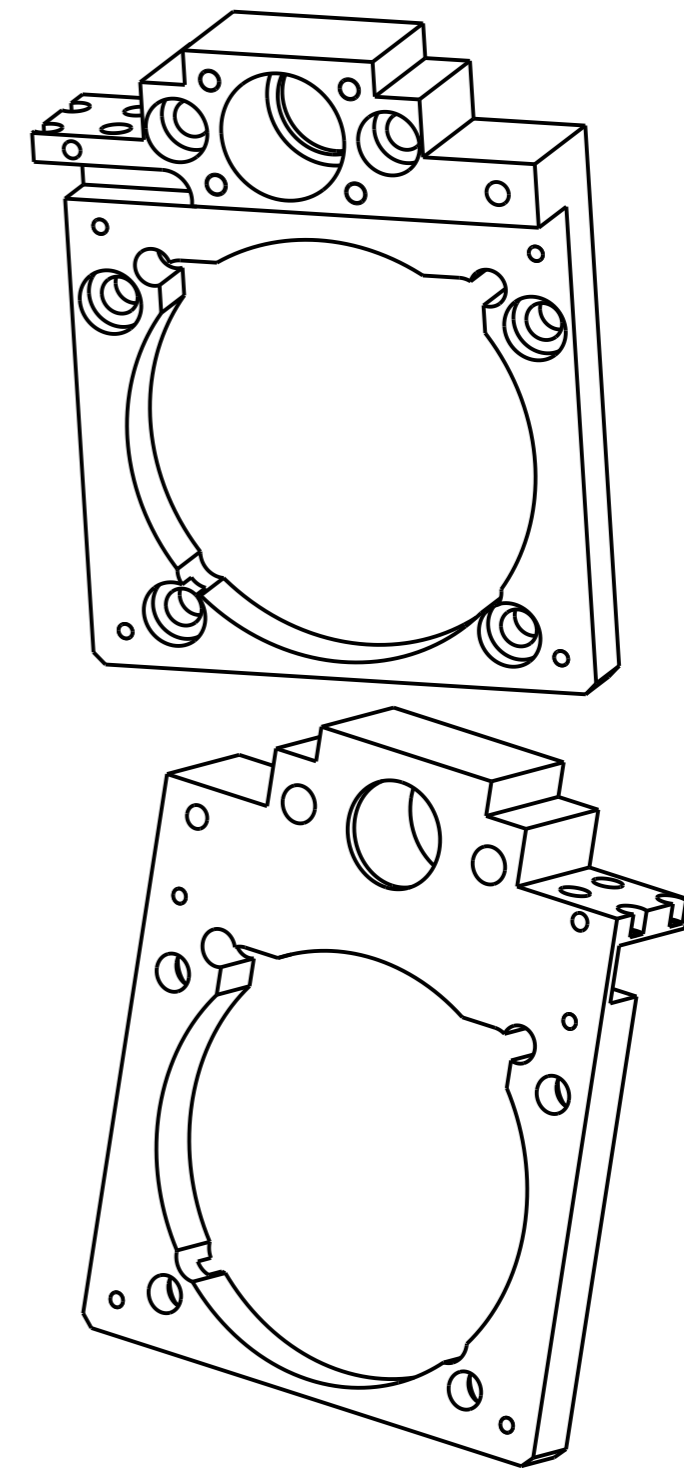
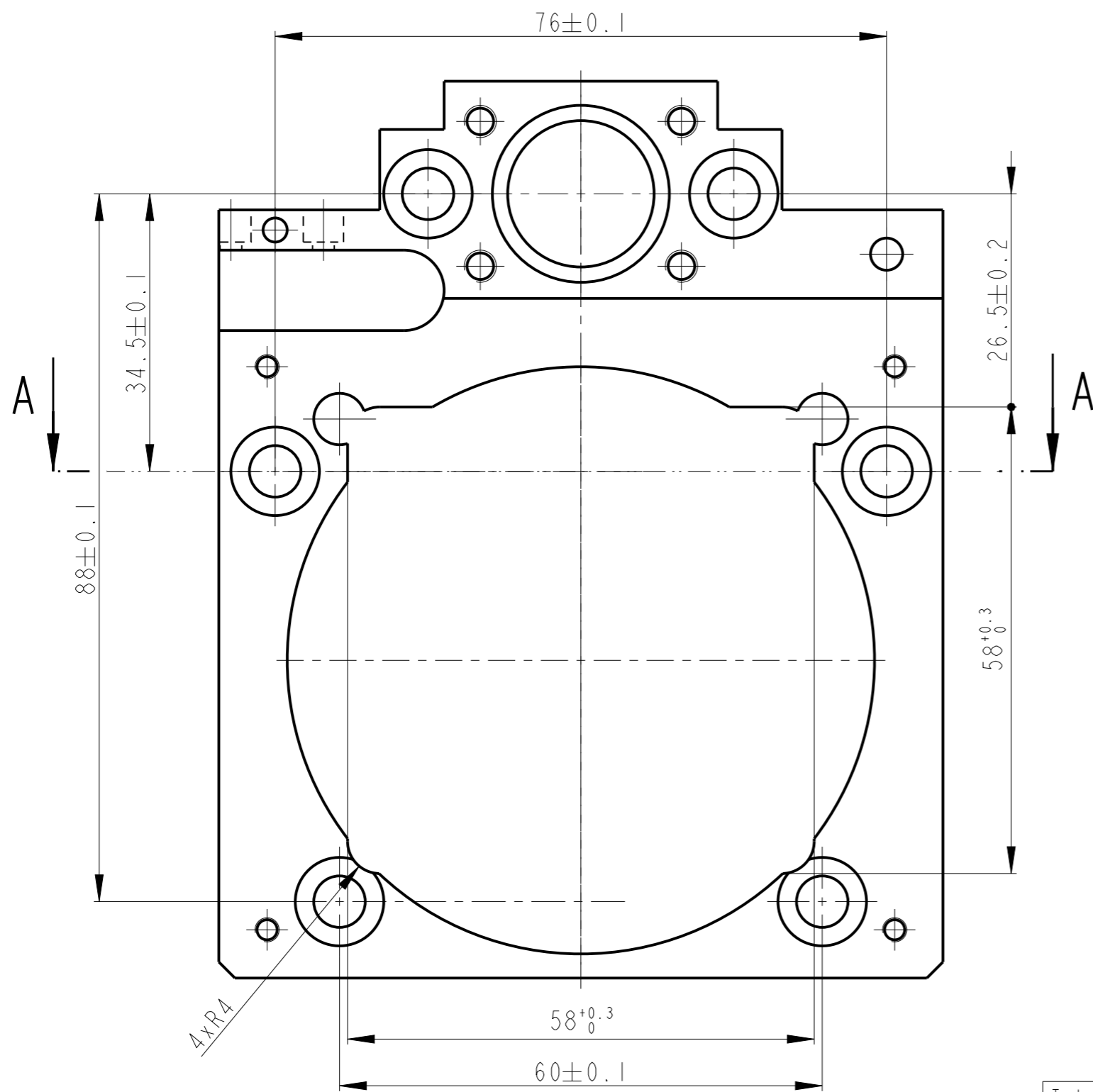


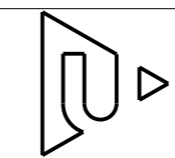
Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Meritko 1:1	Presnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost(kg) 0.528	Tolerovani ISO 8015
Polotovarov KR 105-23 CSN 42 5510		Material 11 500.0	Promitani - ISO 128
	Kreslil LAZAR	Nazev REMENICE VRETENA	
	Datum Mar-26-18	Cislo dokumentu 04-SUF16_HL-03-00	
KKS	Schvalil Datum Druh dokumentu VYROBNI VYKRES	List 1 Listu 1	

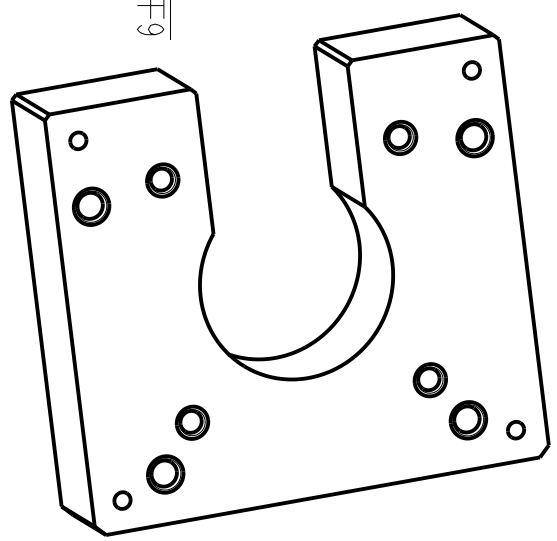
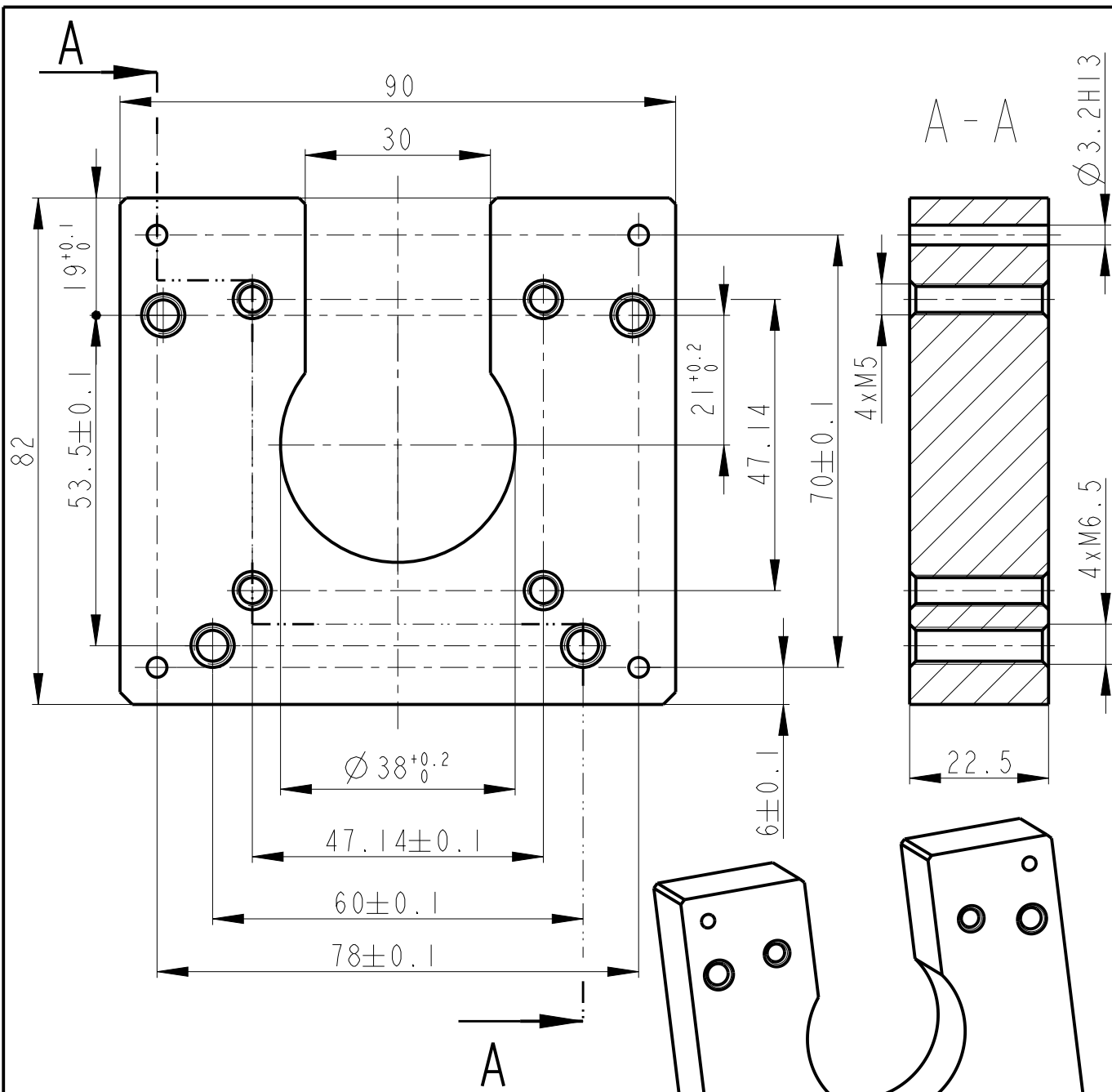


11	SROUB M3x30	-	0.002	4
	CSN 02 1151	-		
10	SROUB M5x16	-	0.004	4
	CSN 02 1143	-		
9	REMEN 35 XL037	-	0.002	1
	PUVODNI	-		
8	REMENICE Z15	-	0.042	1
	PUVODNI	-		
7	PERO 2x12	-	0.001	1
	CSN 02 2562	-		
6	PLECHOVY KRYT	-	0.005	1
	PUVODNI	-		
5	SROUB M6x20	-	0.008	4
	CSN 02 1143	-		
4	KROKOVY MOTOR	-	1.000	1
	04-SUF16_X-04-00	-		
3	REMENICE X	12 XL 037 ST	0.026	1
	04-SUF16_X-03-00	-		
2	DRZAK	PL0 100x20-85 EN 573-3	0.299	1
	04-SUF16_X-02-00	AW 6063		
1	DESKA OSA X	PUVODNI DESKA	0.420	1
	03-SUF16_X-01-00	PUVODNI		
POZ.	Nazev - oznaceni	Polotovar	Hmot. (kg)	Kusu
	Cislo vykresu - norma	Material		

Meritko	1:1	Hmotnost (kg)	1.851	Promitani		Format	A3
	Krestil	LAZAR		Nazev			
	Datum	Apr-11-18		OSA X			
	Schvalil			Cislo dokumentu			
	Datum			03-SUF16_X-00-00			
	Druh dokumentu	VYKRES SESTAVY		List 1 Listu 1			

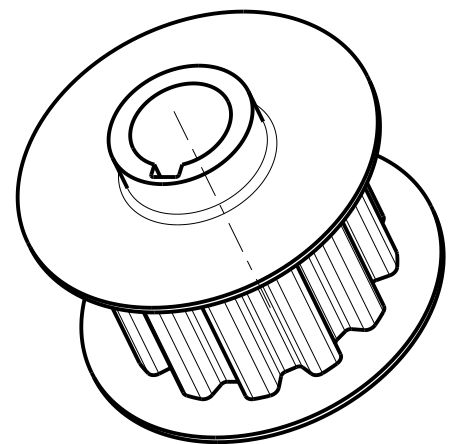
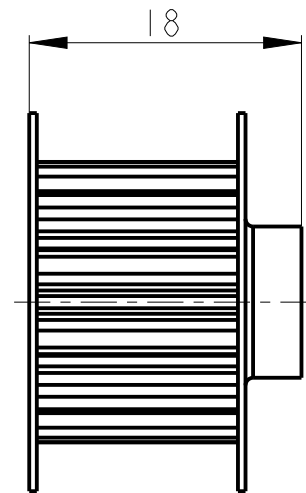
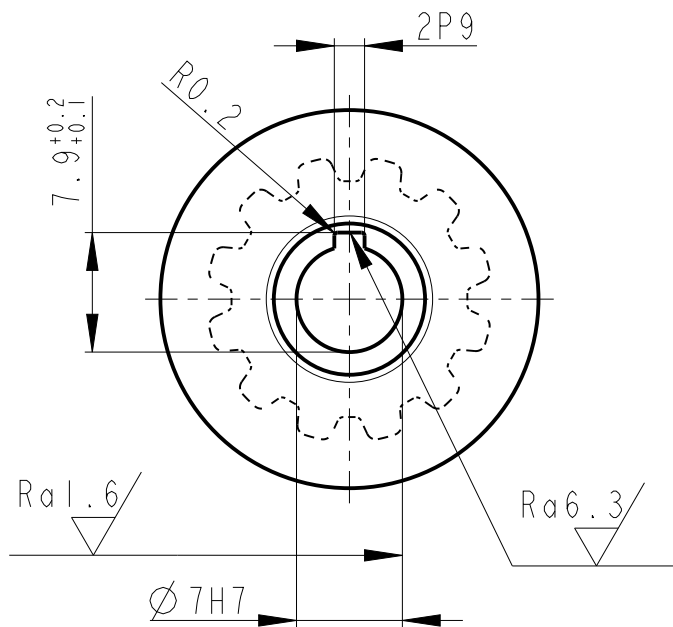


Textura povrchu √Ra6.3 (✓)	Hrany ISO 13715 -0.4 / +0.4	Meritko 2:1	Presnost ISO 2768 - m K
		Hmotnost(kg) 0.420	Tolerovani ISO 8015
			Promitani - ISO 128
Polotovar PUVODNI DESKA		Material PUVODNI	Format A3
 KKS	Kreslil LAZAR	Nazev DESKA OSA X	
	Datum 14-Apr-18	Cislo dokumentu 03-SUF16_X-01-00	
	Schvalil		
	Datum		
	Druh dokumentu VYROBNI VYKRES		
		List 1	Listu 1

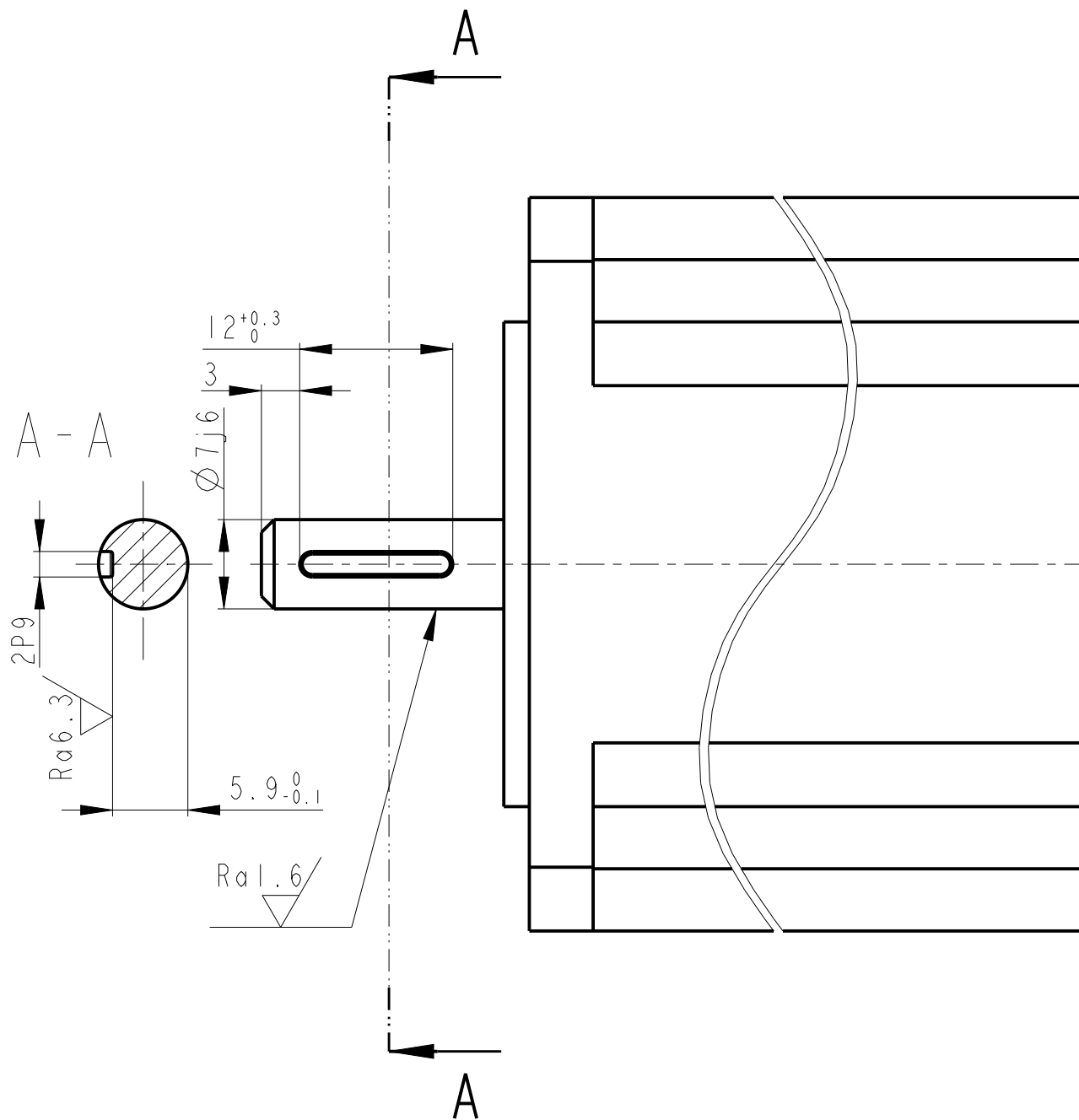


NEKOTOVANE ZKOSENI 1x45°

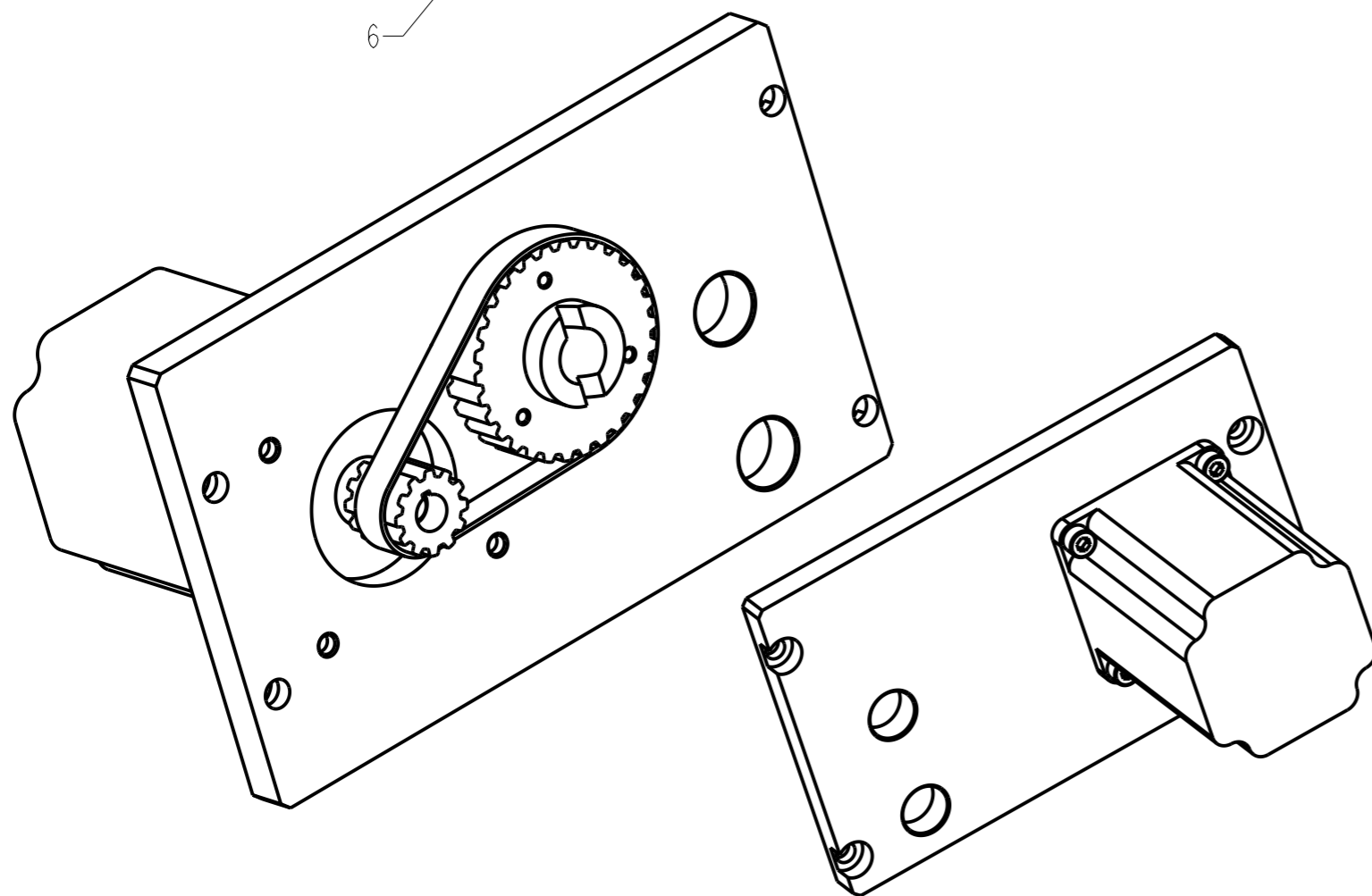
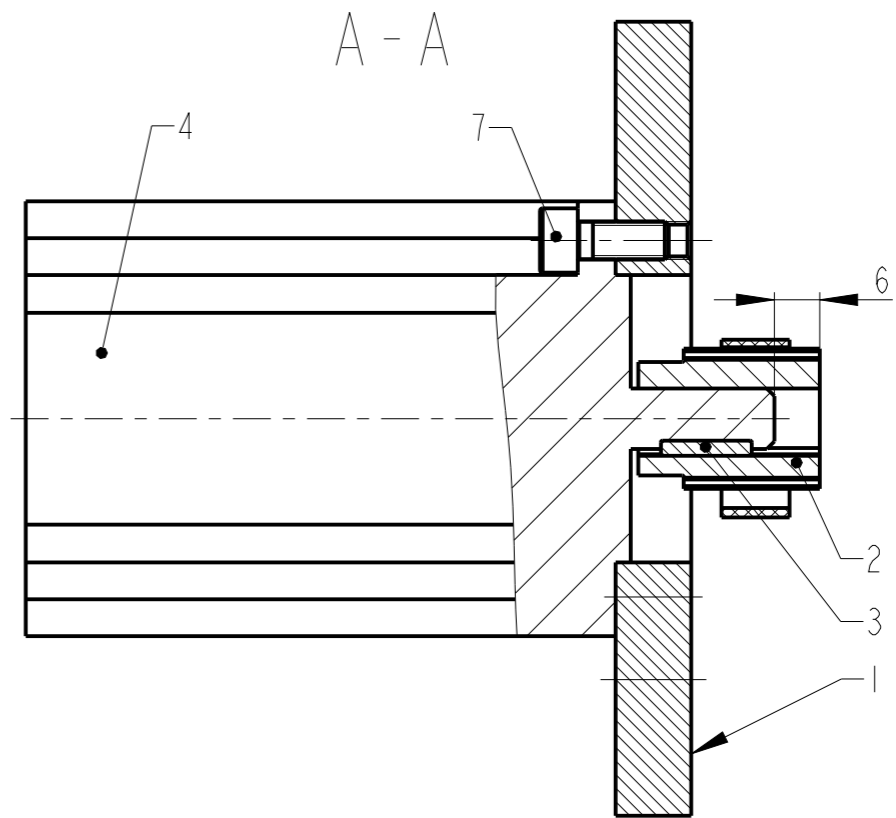
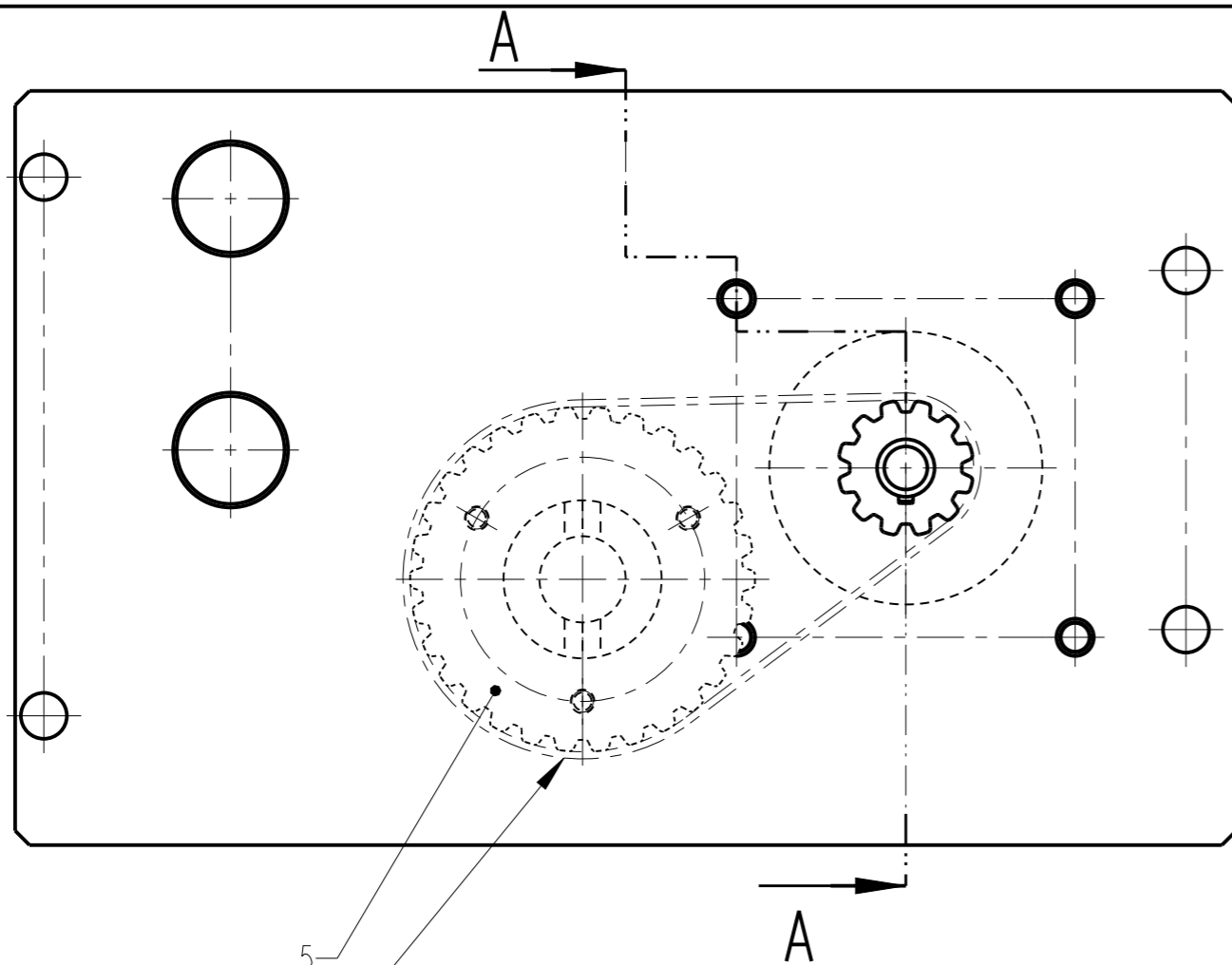
Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Meritko 1:1	Presnost ISO 2768 - m K
		Hmotnost(kg) 0.299	Tolerovani ISO 8015
Polotovarov PLO 100x20-85 EN 573-3		Material AW 6063	Promitani - ISO 128
	Kreslit LAZAR	Nazev DRZAK	
	Datum Apr-11-18	Cislo dokumentu 04-SUF16_X-02-00	
KKS	Schvalil Datum	List 1 Listu 1	
	Druh dokumentu VYROBNI VYKRES		



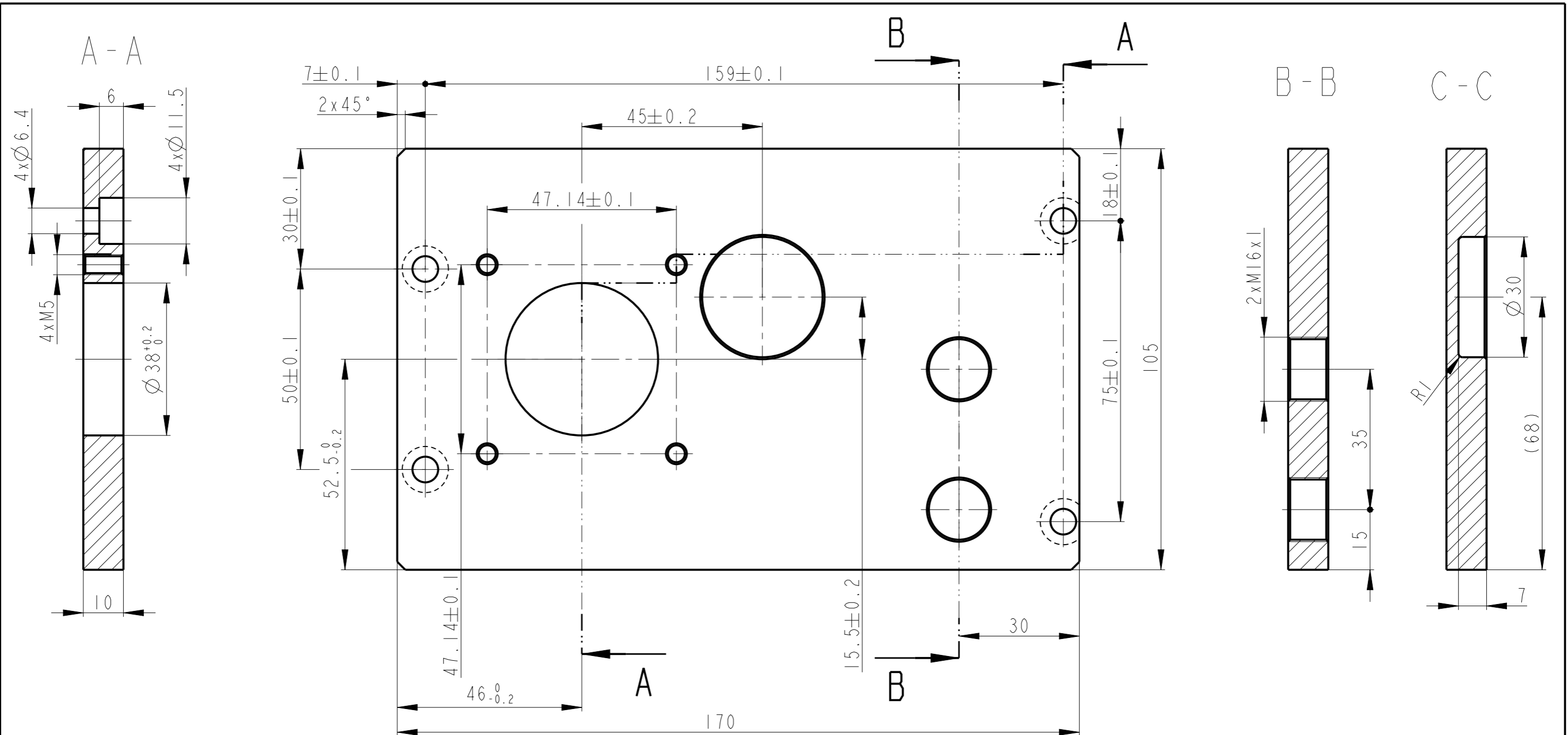
Textura povrhu 	Hrany ISO 13715 	Meritko 2:1	Presnost ISO 2768 - m K
		Hmotnost(kg) 0.026	Tolerovani ISO 8015
Polotovar 12 XL 037 ST		Material -	Promitani - ISO 128
	Kreslil LAZAR	Nazev REMENICE X	
	Datum 23-Mar-18	Format A4	
KKS	Schválil	Cisto dokumentu 04-SUF16_X-03-00	
	Datum	List 1 Listu 1	
Druh dokumentu VYROBNI VYKRES			



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Meritko 2:1	Presnost ISO 2768 - m K
		Hmotnost(kg) 1.000	Tolerovani ISO 8015
Polotovar -	Material	Promitani - ISO 128	Format A4
	Kreslil LAZAR	Nazev KROKOVY MOTOR	
	Datum 23-Mar-18	Cislo dokumentu 04-SUF16_X-04-00	
KKS	Schvalil Datum	List 1 Listu 1	
Druh dokumentu VYROBNI VYKRES			

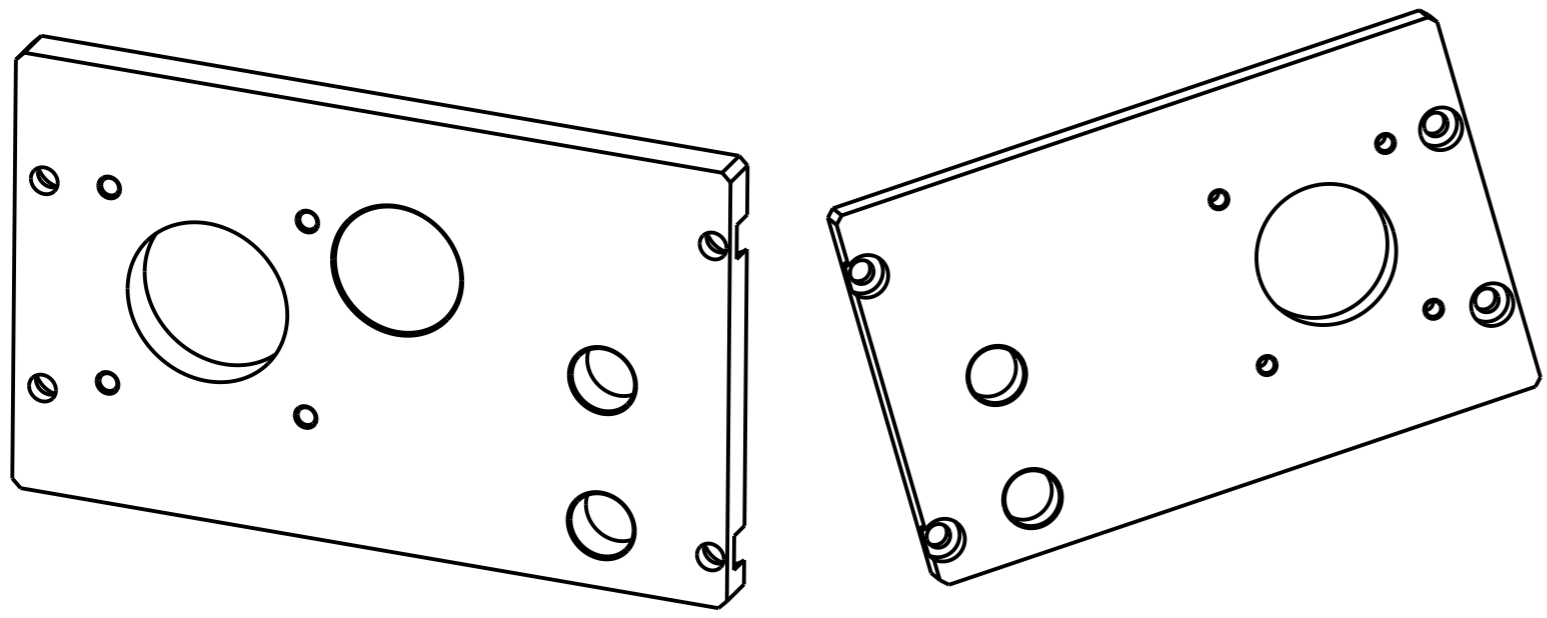


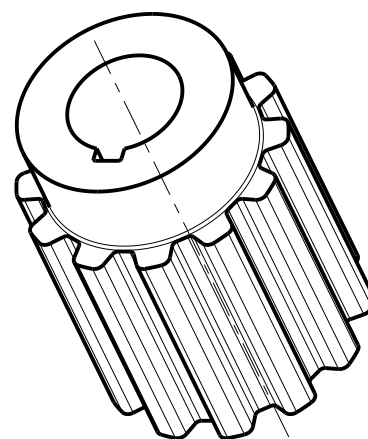
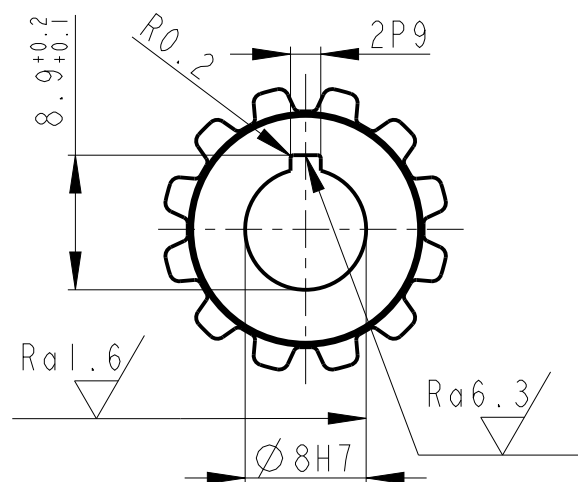
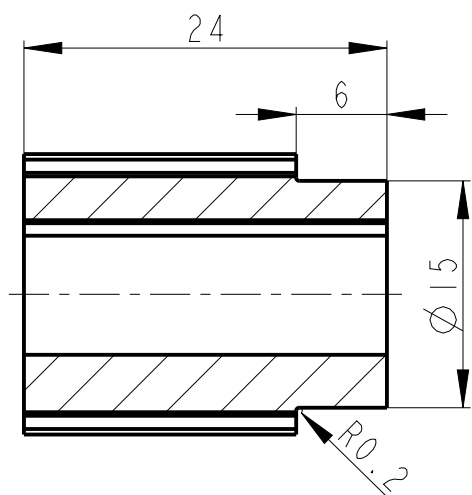
7	SROUB M5x12	-	0.004	4
	CSN 02 1143	-		
6	REMEN 40 XL037	-	0.003	1
	PUVODNI	-		
5	REMENICE_Z30	-	0.148	1
	PUVODNI	-		
4	KROKOVY MOTOR Z	-	1.000	1
	04-SUF16_Z-04-00	-		
3	PERO 2x12	-	0.001	1
	CSN 02 2562	-		
2	REMENICE Z	XL-12-140mm	0.032	1
	04-SUF16_Z-02-00	-		
1	DESKA OSA Z	PLO 110x14-173 CSN 42 5522.01	1.284	1
	03-SUF16_Z-01-00	11 500.0		
POZ.	Nazev - oznaceni	Polotovar	Hmot. (kg)	Kusu
	Cislo vykresu - norma	Material		
Meritko	1:1	Hmotnost (kg) 2.151	Promitani	Format A3
	Krestil	LAZAR	Nazev OSA Z	
	Datum	Apr-09-18	Cislo dokumentu	
	Schvalil		03-SUF16_Z-00-00	
KKS	Datum		List 1 Listu 1	
	Druh dokumentu	VYKRES SESTAVY		



CERNENO
 DIRY PRO ZAPUSTNE SROUBY
 NEKOTOVANA SRAZENI 0.5x45°

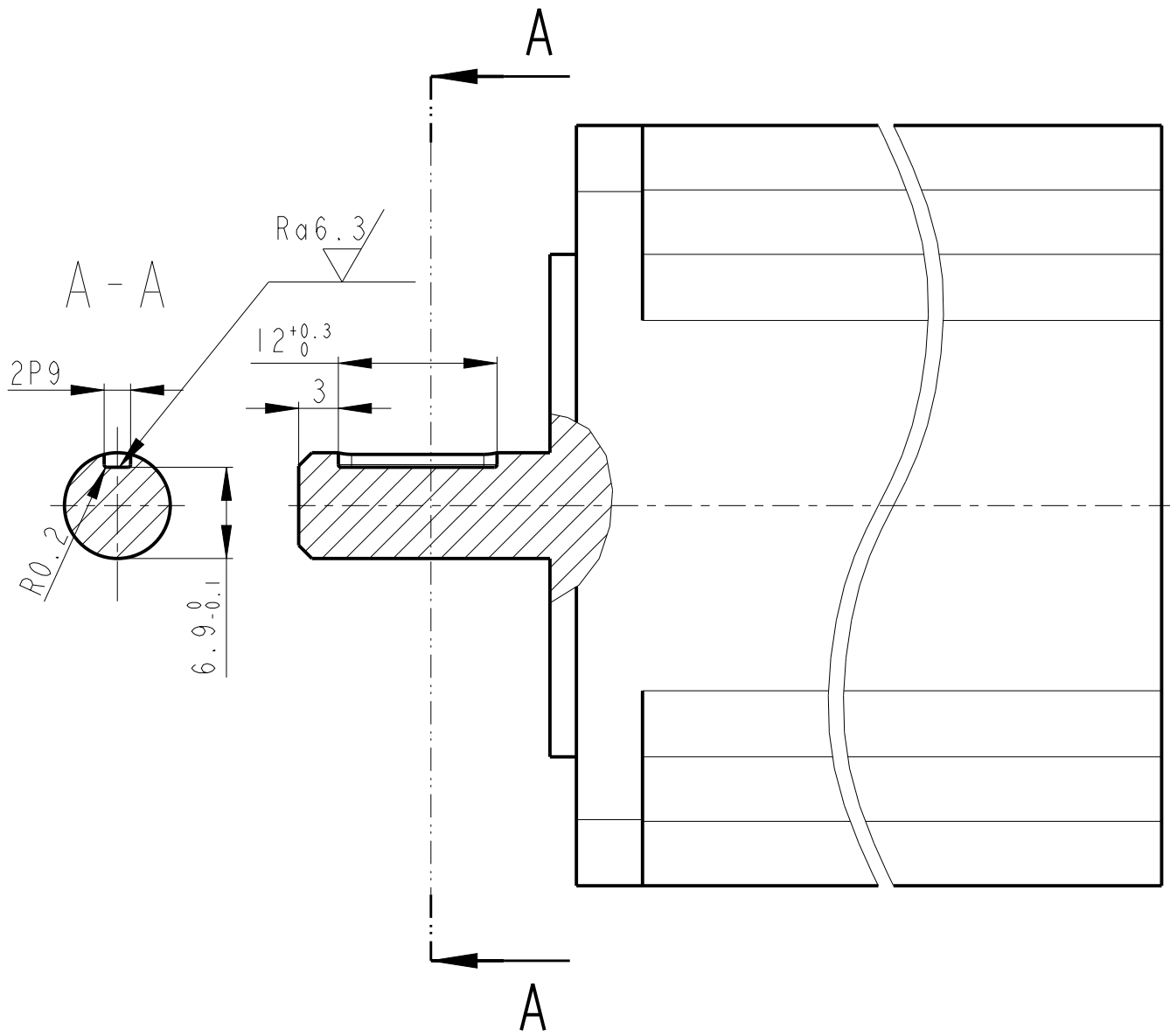
Textura povrchu $\sqrt{Ra3.2} (\checkmark)$	Hrany ISO 13715 	Meritko 1:1	Presnost ISO 2768 - m K
		Hmotnost(kg) 1.284	Tolerovani ISO 8015
Polotovar PLO 110x14-173 CSN 42 5522.01		Material 11 500.0	Promitani - ISO 128
 KKS	Krestil LAZAR	Nazev DESKA OSA Z	
	Datum Apr-09-18	Cislo dokumentu 03-SUF16_Z-01-00	
	Schvalil	List 1 Listu 1	
	Datum		
	Druh dokumentu VYROBNI VYKRES		





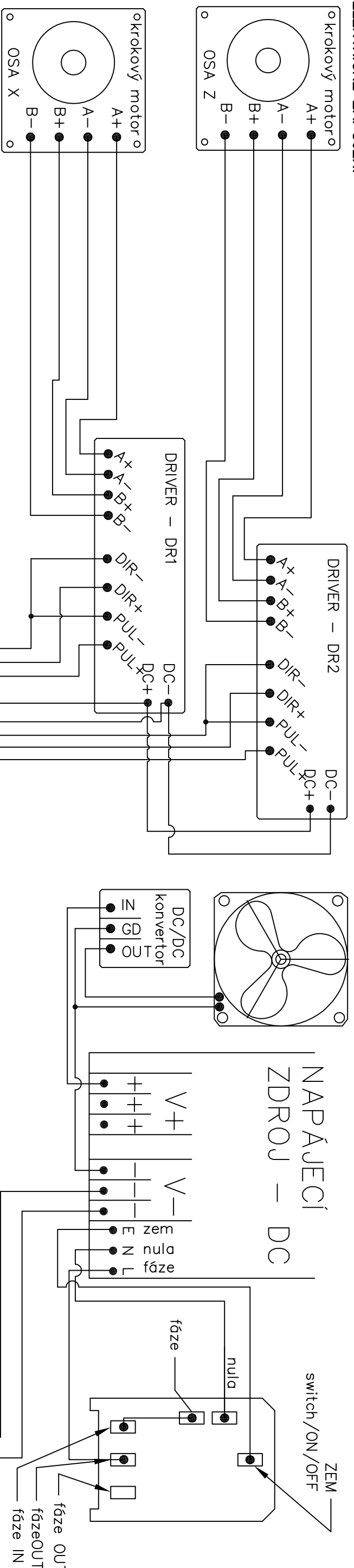
OZUBENI DLE POLOTOVARU

Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Meritko 2:1	Presnost ISO 2768 - m K
		Hmotnost(kg) 0.032	Tolerovani ISO 8015
Polotovár XL-12-140mm		Material	Promitani - ISO 128
	Kreslil LAZAR	Nazev REMENICE Z	
	Datum 22-Mar-18	Cisto dokumentu 04-SUF16_Z-02-00	
KKS	Schválil Datum	List 1 Listu 1	
Druh dokumentu VYROBNI VYKRES			

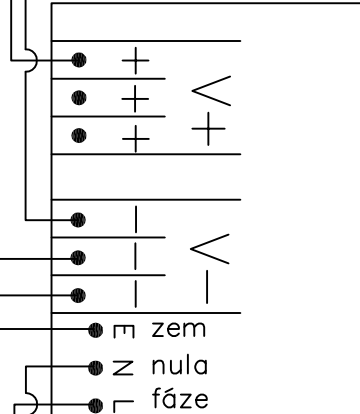


Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Meritko 2:1	Presnost ISO 2768 - m K
		Hmotnost(kg) 1.000	Tolerovani ISO 8015
Polotovar -		Material	Promitani - ISO 128
	Kreslit LAZAR	Nazev KROKOVY MOTOR Z	
	Datum 22-Mar-18	Cislo dokumentu 04-SUF16_Z-04-00	
KKS	Schvalil Datum	List 1 Listu 1	
Druh dokumentu VYROBNI VYKRES			

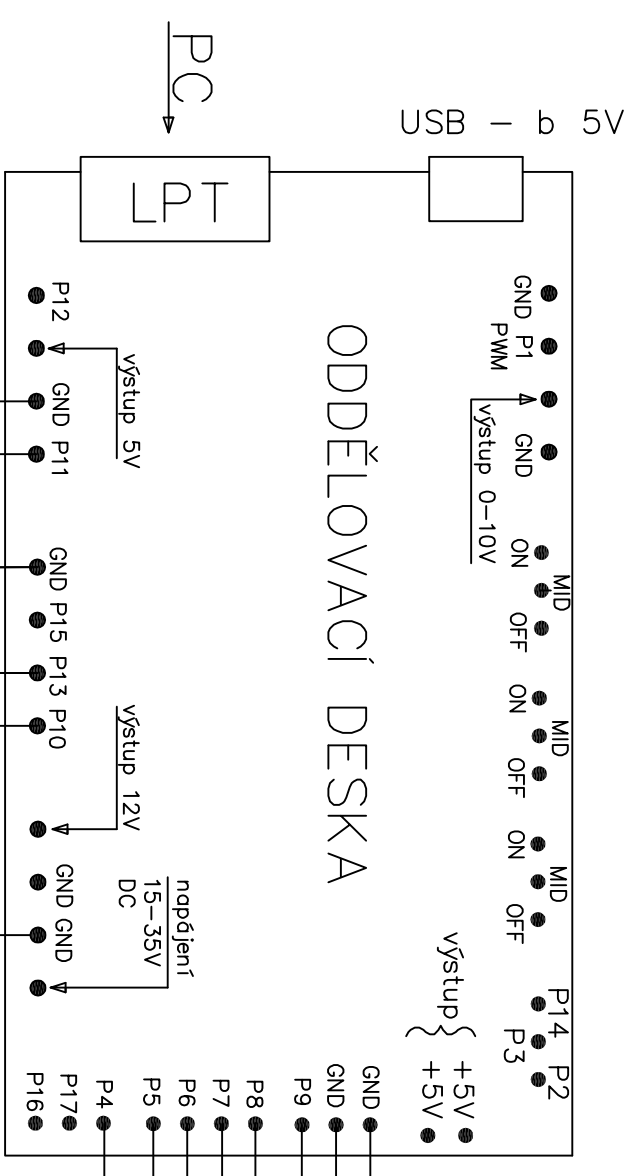
ELEKTRICKÉ ZAPOJENÍ



NAPÁJECÍ ZDROJ – DC



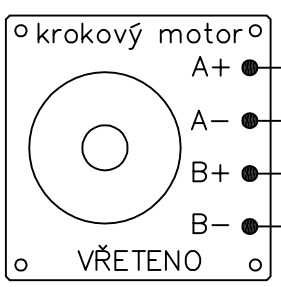
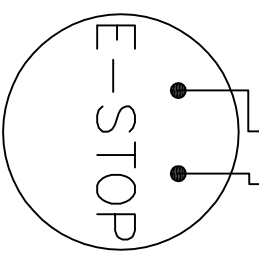
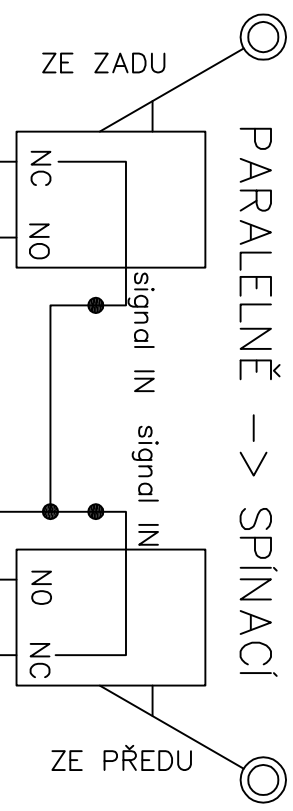
ODDĚLOVACÍ DESKA



SÉRIOVĚ –> ROZPÍNACÍ



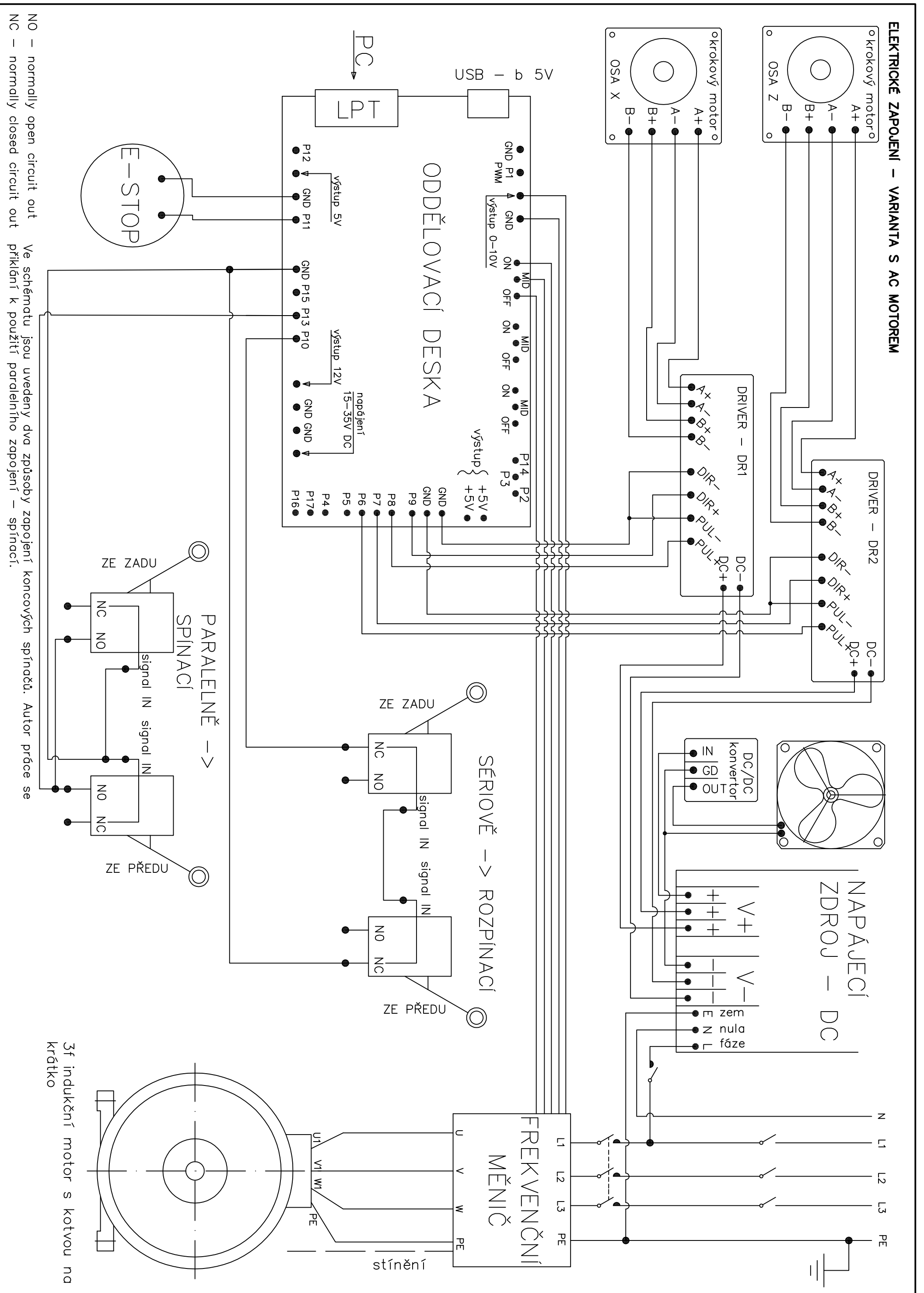
PARALELNĚ –> SPÍNACÍ



NO – normally open circuit out
 NC – normally closed circuit out

Ve schématu jsou uvedeny dva způsoby zapojení koncových spínačů. Autor práce se příkládá k použití paralelního zapojení – spínačů.

ELEKTRICKÉ ZAPOJENÍ – VARIANTA S AC MOTOREM



NO – normally open circuit out
 NC – normally closed circuit out

Ve schématu jsou uvedeny dva způsoby zapojení koncových spínačů. Autor práce se příkládá k použití paralelního zapojení – spínačů.

3f indukční motor s kotvou na krátko