

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojírenství  
Studijní zaměření: Stavba výrobních strojů a zařízení

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Pohon vstřikovací jednotky vstřikovacího stroje

Autor: **Dennis ŠTÝBR**

Vedoucí práce: **Ing. Eva Kubec Krónerová, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

## **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**

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucí práce Ing. Evě Kubec Krónerové, Ph.D. za její vstřícný přístup, věnovaný čas, ochotu a cenné připomínky. Také bych chtěl poděkovat panu Doc. Ing. Bohumilu Skalovi, Ph.D., za jeho cenné rady z oblasti elektrotechniky. Dále bych chtěl poděkovat společnostem WITTE Automotive s.r.o. a Engel strojírenská spol. s.r.o. za jejich poskytnuté informace.

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Štýbr	<b>Jméno</b> Dennis	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2301R016 „Stavba výrobních strojů a zařízení“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Kubec Krónerová, Ph.D.	<b>Jméno</b> Eva	
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Pohon vstřikovací jednotky vstřikovacího stroje		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	71	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	51	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	14
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍLPOZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>První část bakalářské práce je věnována úvodu do vstřikování s detailním zaměřením na pohony vstřikovacích jednotek. V druhé části je na základě předem stanovených parametrů navrhován pohon vstřikovací jednotky. Dále byly, za použití CAD softwaru, vytvořeny 3D model sestavy a výkresová dokumentace. Na závěr je celý návrh z technologicko-ekonomického hlediska zhodnocen.</p>
<p><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>Vstřikování, vstřikovací šnek, vstřikovací jednotka, elektromotor, ozubený řemen, řemenice, kuličková matice.</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Štýbr	<b>Name</b> Dennis	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301R016 „Design of Manufacturing Machines and Equipment “		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Kubec Krónerová, Ph.D.	<b>Jméno</b> Eva	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	The drive of injection molding machine		

<b>FACULTY</b>	Mechanical engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine design	<b>SUBMITTED IN</b>	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eg. A4)

<b>TOTALLY</b>	71	<b>TEXT PART</b>	51	<b>GRAPHICAL PART</b>	14
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF OF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The first part of this thesis is focused on the introduction of injection molding with a focus on drives in injection units. The second part deals with the drive designed with predetermined parameters. At the third part was created 3D model and technical documentation. The entire design is analyzed from technological-economic perspective in the conclusion.
<b>KEY WORDS</b>	Injection, injection screw, injection unit, electric motor, toothed belt, sheave, ball screw

## Obsah

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>3</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>4</b>
<b>PŘEHLED FYZIKÁLNÍCH VELIČIN</b> .....	<b>5</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
1.1 ZADÁNÍ.....	7
<b>2 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ</b> .....	<b>8</b>
2.1 ELASTOMERY .....	8
2.2 PLASTY .....	9
<b>3 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>10</b>
3.1 PRINCIP.....	10
3.2 ROZDĚLENÍ VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ .....	10
3.3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ .....	12
3.3.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA .....	14
3.3.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA .....	15
3.3.3 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA.....	16
3.4 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	16
3.4.1 PLASTIKACE .....	16
3.4.2 VSTŘIKOVÁNÍ TAVENINY DO FORMY .....	16
3.4.3 FÁZE DOTLAKU.....	17
3.4.4 FÁZE CHLAZENÍ.....	17
3.5 JEDNOTLIVÉ ČASY VSTŘIKOVACÍHO CYKLU.....	17
3.5.1 STROJNÍ DOBY.....	17
3.5.2 DOBA VSTŘIKOVÁNÍ .....	18
3.5.3 DOBA DOTLAKU .....	18
3.5.4 DOBA PLASTIKAČNÍ .....	18
3.5.5 DOBA CHLAZENÍ.....	18
3.6 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU VÝSTŘIKU .....	18
<b>4 POHON VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY</b> .....	<b>20</b>
4.1 HYDRAULICKY POHÁNĚNÁ VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	20
4.2 ELEKTRICKY POHÁNĚNÁ VSTŘIKOVACÍ JENOTKA .....	23

4.3	HYBRIDNĚ POHÁNĚNÁ VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	24
4.4	PRVKY VSTŘIKOVACÍHO SYSTÉMU .....	25
4.4.1	VSTŘIKOVACÍ ŠNEK .....	25
4.4.2	VSTŘIKOVACÍ TRYSKA.....	26
4.4.3	ZPĚTNÝ VENTIL .....	27
<b>5</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>29</b>
5.1	ZADÁNÍ.....	30
5.2	NÁVRH POHYBLIVÉ ČÁSTI VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY.....	31
5.2.1	ELEKTROMOTOR .....	31
5.2.2	NÁVRH HANÉ ŘEMENICE .....	32
5.2.3	NÁVRH OZUBENÉHO ŘEMENE.....	32
5.2.4	VÝPOČET AXIÁLNÍCH SIL .....	35
5.2.5	VÝPOČET REAKCÍ V LOŽISKÁCH.....	36
5.2.6	VÝPOČET TVRŇALIVOSTI NAVRŽENÝCH LOŽISEK .....	37
5.3	NÁVRH STACIONÁRNÍ ČÁSTI VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY .....	39
5.3.1	NÁVRH A KONTROLA POHYBOVÉHO ŠROUBU.....	39
5.3.2	NÁVRH OZUBENÉHO ŘEMENE.....	43
5.3.3	VÝPOČET REAKCÍ V LOŽISKÁCH.....	45
5.3.4	VÝPOČET TRVANLIVOSTI NAVRŽENÝCH LOŽISEK.....	46
<b>6</b>	<b>ZHODNOCENÍ NÁVRHU.....</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>49</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA A SOFTWARE .....</b>	<b>50</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>52</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1- Rozdělení polymerů.....	8
Obr. 2- Horizontální vstřikovací lis.....	11
Obr. 3 -Vertikální vstřikovací lis.....	11
Obr. 4- Dvoudeskový stroj s jednou pevnou a jednou pohyblivou deskou.....	12
Obr. 5- Schéma vstřikovacího stroje.....	13
Obr. 6- Přehled konstrukčních variant uzavíracích jednotek.....	15
Obr. 7- Poměr tlaků ve vstřikovací jednotce.....	19
Obr. 8- Schéma hydraulického okruhu vstřikovací jednotky.....	21
Obr. 9- Konstrukční varianta A.....	22
Obr. 10- Konstrukční varianta B.....	22
Obr. 11- Konstrukční varianta C.....	23
Obr. 12- Přehled konstrukčních variant hybridních pohonů.....	23
Obr. 13- Zpětný kroužek.....	26
Obr. 14- Kulový zpětný ventil.....	26
Obr. 15- Zpětný ventil se servo řídicím kroužkem.....	26
Obr. 16- Zpětný ventil s aktivním zámkem.....	27
Obr. 17- Základní schéma navrhované vstřikovací jednotky.....	28
Obr. 18- Navrhovaný servomotor 1 .....	30
Obr. 19- Navrhnutý řemen pro převod pohyblivé části.....	33
Obr. 20- Podélný řez vstřikovacím šnekem.....	34
Obr. 21- Řez řemenicí a uložením pohyblivé části a rozklad sil v rovině YX.....	35
Obr. 22- Řemenice pohyblivé části v rovině YZ.....	35
Obr. 23- Navržené kuličkové ložisko z katalogu SKF.....	36
Obr. 24- Navržené soudečkové ložisko z katalogu SKF.....	37
Obr. 25- Navržené jednořadé kuželíkové ložisko z katalogu SKF.....	37



Obr. 26- Základní schéma nepohyblivé části a kuličkové matice.....	38
Obr. 27- Kuličková matice.....	38
Obr. 28- Parametry kuličkové matice.....	40
Obr. 29- Navržený elektromotor 2.....	41
Obr. 30- Navrhnutý řemen pro převod nepohyblivé části.....	44
Obr. 31- Řez uložením nepohyblivé části.....	45
Obr. 32- Řemenice pohyblivé části v rovině YZ.....	45
Obr. 33- Navržené axiální soudečkové ložisko.....	46
Obr. 34- Navržené jednořadé kuželíkové ložisko.....	47

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1- Závislosti vstřikovacích tlaků na průměru vstřikovacího šneku.....	20
--	----

## PŘEHLED FYZIKÁLNÍCH VELIČIN

Název veličiny	Značka veličiny	Běžně používaný rozměr
Tíhově zrychlení	$g$	$m*s^{-2}$
Hmotnost	$m$	kg
Výkon	$P$	W
Odstředivá síla	$F_o$	N
Obvodová síla	$F$	N
Síla v zatěžované větvi	$F_s$	N
Potřebná předepínací síla	$F_p$	N
Síla na ložiska	$F_r$	N
Napětí v tahu	$\sigma_T$	MPa
Napětí v ohybu	$\sigma_O$	MPa
Dovolené napětí	$\sigma_D$	MPa
Výsledné napětí	$\sigma_{max}$	MPa
Úhel stoupání šnekovice	$\alpha$	°
Součinitel tření	$f$	-
Vstřikovací tlak	$p_v$	MPa
Plocha šnekovice	$S_s$	$mm^2$
Reakce v ložiskách	$R_{(A,B,C,D,E)}$	N
Trvanlivost	$L_h$	h
Statická únosnost	$C_0$	kN
Dynamická únosnost	$C$	kN

Součinitel tření	$\mu$	-
Kroutící moment na šroubu	$M_{\xi}$	Nm
Kroutící moment na motoru	$M_{mot}$	Nm
Otáčky	n	ot*s <sup>-1</sup>
Úhlová rychlost	$\omega$	rad*s <sup>-1</sup>
Kroutící moment	$M_k$	N*m
Poloměr	r	mm
Průměr	d	mm
Účinnost	$\eta$	-
Převodový poměr	i	-
Úhel opásání	$\beta$	°
Osová vzdálenost	a	mm
Jmenovitý moment	M	Nm
Délka řemene	L	mm
Obvodová rychlost	v	m*s <sup>-1</sup>
Stoupání šnekovice	s	mm
Ekvivalentní zatížení ložiska	$F_e$	N
Vstříkovací tlak	$p_v$	bar
Vstříkované množství	$V_v$	cm <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup>
Zdvih dávkování	$L_1$	mm

# 1 ÚVOD

Cílem této práce je navrhnout pohon vstříkovací jednotky, jenž bude odpovídat zvoleným výstupním parametrům. Avšak před samotným návrhem bude zpracována rešeršní část, jenž uvede čtenáře do problematiky vstříkovacích strojů a samotných vstříkovacích jednotek.

Samotný konstrukční návrh bude zpracován v podobě kompletního 3D modelu včetně výkresové dokumentace.

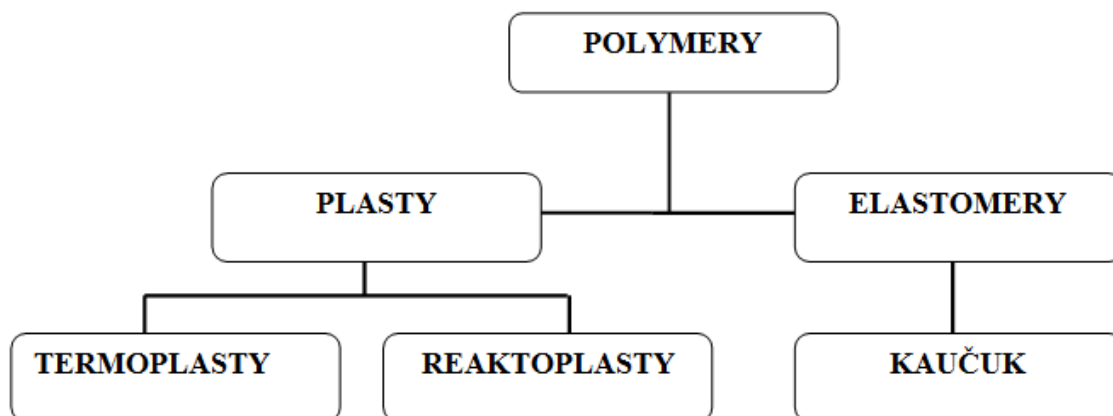
Na závěr bude vybraný návrh zhodnocen.

## 1.1 ZADÁNÍ

Vypracování rešerše o možnostech pohonu vstříkovacích strojů. Návrh a výpočet pohonu vstříkovací jednotky – aplikace poznatků z CMS1 a 2. Výkresová dokumentace: výkres sestavení, seznam položek a výrobní výkres.

## 2 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ

Polymery jsou látky tvořené z molekul jednoho nebo více druhů atomů. S převážným obsahem prvků uhlíku, kyslíku, často dusíku, chloru a jiných prvků. To, co odlišuje polymery od jiných materiálů je řetězcová struktura tj. lineární řada vzájemně spojených atomů nebo skupin atomů. Polymery jsou ve formě výrobku ve stavu v viskózní kapaliny, dovolujícím, většinou za zvýšené teploty a tlaku udělit budoucímu výrobku nejrůznější tvar. Polymery lze rozdělit do dvou skupin. První je skupina plastů a druhá je skupina elastomerů. Plasty se dále dělí na termoplasty a reaktoplasty. V případě že, je změna z plastického do tuhého stavu vratná jedná se o termoplast. Pokud jde o změnu nevratnou (neopakovatelnou, trvalou) mluvíme o reaktoplastech.



Obr. 1- Rozdělení polymerů

Hlavními trendy ve vývoji polymerních materiálů jsou: aplikace s nižší hmotností a vyšší pevností konstrukce náhrady kovů a fosilních surovin obnovitelnými zdroji s omezením emisí a lepším vztahem k životnímu prostředí. Náhrady zastaralých plastů a optimalizace volby energeticky méně náročných plastů, např. s přihlédnutím k měrné entalpii pro roztavení.

### 2.1 ELASTOMERY

Elastomery jsou jednou ze skupin polymerů a stávají se jedním z významných konstrukčních materiálů, se kterými se lze setkat téměř v každém výrobním odvětví. Jak již samotný název napovídá, jde o vysoce elastický polymer, který můžeme za běžných podmínek velmi snadno deformovat a to zcela bez porušení. Elastomery se od ostatních elastických plastů liší tím, že jejich elasticita je závislá na teplotě. Jejich významnost potvrzuje i fakt, že se mohou stát v součástkové základně stroje rozhodující z hlediska jeho životnosti a spolehlivosti. Stejně jako jiné konstrukční materiály, je možné vhodnou skladbou získat materiály o speciálních vlastnostech.

Lidstvo poznalo elastomerní látky již před více než dvanácti tisíci lety a to v podobě elastomeru nabízeného přírodou neboli kaučukem. V 15. století při Kolumbově druhé objevné plavbě si jeho námořníci všimli, že Indiáni si pro své hry zhotovili míče z vyschlé kapaliny, která vytékala z poraněných stromů. Nazývali je „Hheve“ (odtud latinský název pro

kaučukovník „Hevea“) neboli „Cau-Uchu“ (odtud český termín Kaučuk), což obojí znamená „plačící dřevo“. Do Evropy se přírodní kaučuk dostal v roce 1736 a k jeho prvnímu komerčnímu použití došlo až v roce 1791[1].

## **2.2 PLASTY**

Jak již bylo na začátku uvedeno, plasty se rozdělují na termoplasty a reaktoplasty. Termoplasty lze opakovaným ohřevem přivádět do stavu taveniny nebo viskosního toku a ochlazením nechat ztuhnout při teplotách, které jsou charakteristické pro daný typ termoplastu. Reaktoplasty procházejí při zpracovatelském procesu chemickou reakcí a účinkem tepla záření nebo síťovacích činidel vytvářejí husté, prostorově sesíťované struktury, v nichž jsou původní molekuly vzájemně spojeny kovalentními vazbami [2].

## **3 VSTŘIKOVÁNÍ**

Vstřikování je jeden z nejrozšířenějších způsobů výroby požadovaného výrobku z polymerů. Tento způsob zpracování patří mezi ty mladší, jelikož jeho počátky spadají do konce 19. století. Přesněji do roku 1870, kdy si bratři John a Isaich Hyattové pod obchodním názvem Celluoid nechali patentovat první pístový vstřikovací stroj na vstřikování termoplastů[3]. V omezené míře je možné vstřikováním také zpracovávat reaktoplasty a kaučuky. Význam této technologie stále roste, jelikož lze produkovat kvalitní a rozměrově přesné výrobky, které je možno ihned po procesu odeslat spotřebiteli. Pečlivě navrženou a vyrobenou formou lze eliminovat opracování výstřiku (výstřik- výrobek zhotovený vstřikováním). Hlavními výhodami jsou: krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s přesnými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou. Jako každý proces, tak i vstřikování má své nevýhody a těmi jsou zejména vysoké investiční náklady a nutná doba na výrobu a údržbu forem.

### **3.1 PRINCIP**

Vstřikování je proces, při kterém se dávka roztaveného polymeru za pomoci tlakové komory vstříkne vysokou rychlostí do kovové dutinové formy. Dutinová forma může být i chlazená a to v případě, že budeme vstřikovat termoplast anebo vyhřívaná pokud se jedná o zpracování kaučukových směsí. Technologicky by se vstřikování dalo přirovnat k přetlačování, kde se dávka plastu vkládá do pomocné dutinové formy, odkud je po zplastikování přetlačena tlakem do vlastní dutinové formy. Rozdíl je ovšem v tom, že u přetlačování se používá přehřívací komora, kdežto u vstřikování mluvíme o komoře tavné.

### **3.2 ROZDĚLENÍ VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ**

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena vstřikovacího strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu [4]Současný trh nabízí široký sortiment vstřikovacích strojů, které se od sebe liší designem, konstrukcí i operačním systémem.

Vstřikovací stroje můžeme rozdělit dle typu uzavírání.

- Horizontální uzavírání
- Vertikální uzavírání

Rozdělení je závislé na druhu pohybu tvárníku (pohyblivá deska). Lis na obr. 2 má jednu vstřikovací komoru ve, které je upnutá forma s vertikální dělicí rovinou. Vertikální lisy viz obr. 3 jsou použity tam, kde je nutné zastříknout do výrobku další součásti např. závaží, pouzdra, průchodky atd.



Obr. 2 - Horizontální vstřikovací lis[1]



Obr. 3 - Vertikální vstřikovací lis[1]

Dále je možné lisy rozdělit dle typu pohonu, který je použit pro pohyb pohyblivé desky.

- Hydraulický pohon
- Elektrický pohon
- Hybridní pohon

Stroje pracující s hydraulickým pohonem využívají pro pohyb pohyblivé desky hydraulických válců, jejichž pracovní médium je hydraulický olej, který je uložen v olejové nádrži. U plně elektrických strojů se žádný hydraulický olej nepoužívá, protože všechny pohyby jsou vyvozovány elektrickými servomotory řízenými frekvenčními měniči. Pouze pro nastavení výšky formy se používá asynchronní motor. Současný trend se ubírá k využití servomotorů. Posledním typem jsou hybridní stroje, které používají hydraulický pohon na uzavírací jednotce. Elektrický pohon je pak použit pro vstřikování a dávkování materiálu.

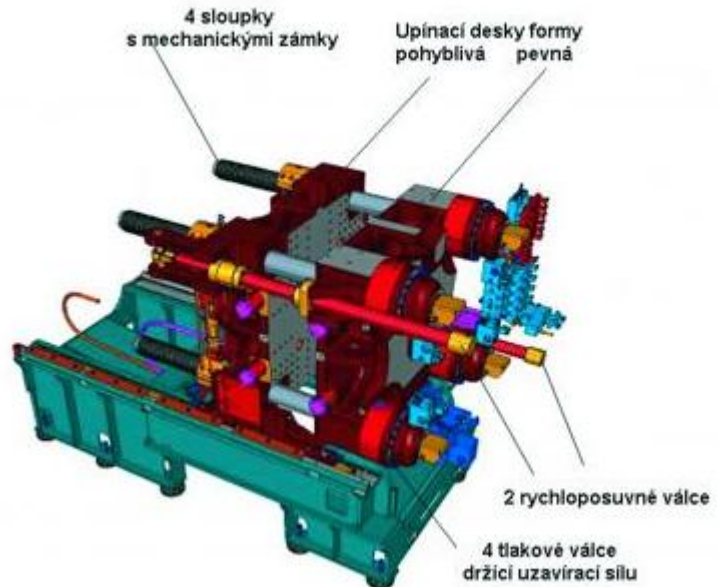
Plně elektrické stroje jsou ve srovnání s těmi hydraulickými dražší a to kvůli většímu počtu hnacích motorů a jejich řízení. Vyšší pořizovací náklady jsou však vykompenzovány přesnější výrobou a kratším časem cyklu, což vede k vyšší produktivitě.



Vstřikolisy se dají také rozdělit dle počtu desek, kterými stroj disponuje.

- Třideskové provedení
- Dvoudeskové provedení

Nejvíce používané je třideskové provedení, ve kterém je čelní deska pevná, zadní je pohyblivá a určuje tak velikost formy. Prostřední formu uzavírá a otevírá. U dvoudeskového provedení je funkce zadní a pohyblivé desky spojena do jedné viz obr. 4.



Obr. 4 - Dvoudeskový stroj s jednou pevnou a jednou pohyblivou deskou [1]

Poslední rozdělení je závislé na počtu vodících tyčí, které vymezují pohyb a polohu vodící desce.

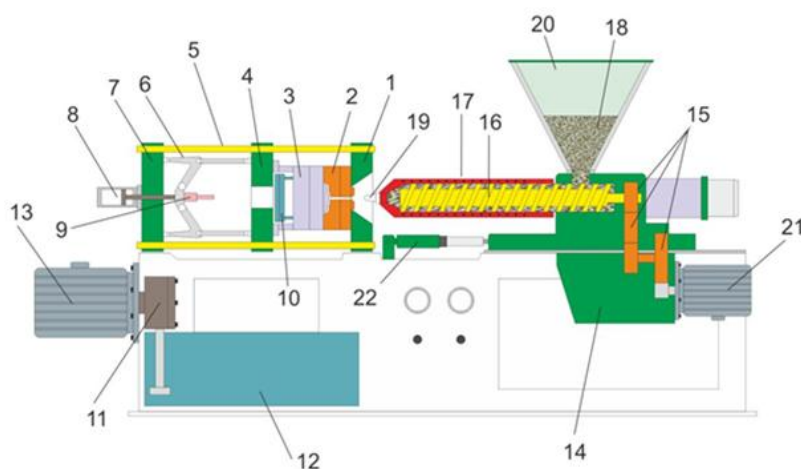
- Čtyři vodící tyče
- Dvě vodící tyče
- Bez vodících tyčí

Nejvíce rozšířené je provedení se čtyřmi tyčemi, které jsou umístěny v rozích desek, viz obr. 4. U menších vstřikolisu se používají dvě tyče po stranách. Systém bez vodících tyčí můžeme vidět například u vertikálních vstřikovacích strojů, viz obr. 3. U těchto strojů je horní deska pohyblivá ve vertikálním směru a spodní deska je pohyblivá v horizontálním směru. Pohyb spodní desky je umožněn rotací kulatého otočného směru.

### 3.3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ

Nejrozšířenější jsou stroje o vstřikovaném objemu od  $10 \text{ cm}^3$  do  $1000 \text{ cm}^3$  při uzavírací síle do 1MN a výkonu do  $100 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ . Největší však mají vstřikovací objem  $25\,000 \text{ cm}^3$ , uzavírací sílu 50MN a desky pro upnutí formy 3 x 3 metry. Vstřikované výrobky mohou vážit až 30kg.[1]

Velmi zjednodušené schéma vstřikovacího stroje můžeme vidět na obr. 5. Stroj se skládá z jedné pevné (1) a druhé pohyblivé ocelové desky (4), které jsou spolu s deskou (7) spojeny vodícími tyčemi (5). K desce (1) je připevněna pevná část formy (2). Pohyblivá část formy (3) je upevněna na pohyblivé desce lisu (4). Tato pohyblivá část lisu je posunována směrem k pevné části formy uzavíracím mechanismem (6), který je ovládán hydraulickým válcem (8) až do uzavření formy v dělicí rovině. Po uzavření formy je přisunut plastikační válec (16), ve kterém je umístěno elektrické topení směrem k desce (1). Přisunutím plastikačního válce najede tryska (19) na vtok formy a dojde k jejímu stlačení, čímž se otevře vnitřní uzavírací mechanismus trysky. V tomto pohybu je uveden do pohybu vpřed šnek (16) umístěný uvnitř plastikačního válce (17) a tím vstříkne roztavenou hmotu do formy. Po vstříknutí taveniny do formy je v činnosti tzv. dotlak, což je vstřík taveniny do formy nižším tlakem než je tlak vstřikovací. Po ukončení dotlaku je těleso převodovky (14) společně s plastifikačním válcem (17) odsunuto do své výchozí polohy a probíhá fáze chlazení vylisku. Při odjezdu od formy dojde k uzavření trysky (19) a pomocí šenku v plastifikačním válci je připravována nová tavenina z materiálu (18) umístěného v násypce (20). Po zchlazení vylisku uzavírací mechanismus (6) ovládaný válcem (8) otevře formu pohybem posuvné části lisu (4) od dělicí roviny formy směrem k zadní desce lisu (7). Vyrobený vylisek zůstává na posuvné části formy (3), odkud je sejmuto (vyhozen) pomocí vyhazovačů (10), které uvede v činnost zařízení (9) umístěné na konci dráhy posuvné části formy. Následně se celý cyklus opakuje uzavřením obou částí formy. Tlakový olej zajišťuje olejové zubové čerpadlo (11) poháněné elektromotorem (13). Zásoba hydraulického oleje je uložena v zásobníku (12). Otáčivý pohyb šneku (16) zajišťuje pomocí převodových kol (15) elektromotor (21) umístěný na převodovce (14). Přísun a odsun plastifikačního válce (17) společně s násypkou (20) převodovkou a elektromotorem provádí hydraulický válec (22). Ovládací prvky, pomocí kterých je prováděno nastavení vstřikovací rychlosti, tlaku, rychlosti příjezdu a odjezdu plastifikačního válce a uzavírání formy je umístěno uvnitř lisu v části pod převodovkou (14). Elektricky ovládané části jsou obsluhovány pomocí relé a spínačů umístěných v rozvodové skříně, která je příslušenstvím lisu.[5]



Obr. 5 - Schéma vstřikovacího stroje [2]

### 3.3.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA

Hlavním účelem vstříkovací jednotky je nejprve přeměnit granulát na homogenní taveninu o přesně dané viskozitě a následně tuto taveninu pod velký tlakem a vysokou rychlostí vstříknout do dutiny formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstříkovací jednotky. Maximální množství nemá překročit 90% kapacity vstříkovací jednotky, jelikož je nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (z důvodu smrštění). Optimální množství je 80% kapacity vstříkovací jednotky.

### PARAMETRY VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY

Vstříkovací jednotka se šnekovou plastikací je charakterizována svým průměrem  $D$  /mm/, délkou šneku  $L$ /mm/, vstříkovací kapacitou  $Q_v$  /cm<sup>3</sup>/, plastikační kapacitou  $Q_p$  /kg\*h<sup>-1</sup>/, maximálním vstříkovacím tlakem  $p_{vstř}$  /Mpa/, objemovou vstříkovací rychlostí  $v$  /cm<sup>3</sup>\*s<sup>-1</sup>/ a také typem vstříkovacího šneku (universální nebo speciální). Vstříkovací kapacita představuje maximální objemové množství, které lze na daném stroji vystříknout z tavicí komory při jednom pracovním cyklu (pístu nebo šneku). Plastikační kapacita udává maximální množství taveniny v kilogramech kterou je stroj schopen za jednotku hodiny přivést do plastického stavu. Délka šneku se vyjadřuje jako poměr k jeho průměru, tudíž  $L/D$ . Nejčastěji bývá poměr mezi délkou a průměrem 15 až 20 D.

### VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA S PŘEDPLASTIKACÍ

Vstříkovací stroje s předplastikací se používají pro velké výstřiky, mají plastikační jednotku oddělenou od vstříkovací. Polymerní směs je následně plastikována buď v odděleném tavném válci, nebo ve šnekovém vytlačovacím stroji a takto připravená tavenina se pak dopravuje do vstříkovacího válce, odkud se pak vstříkne pístem do formy. Toto provedení vede ke snížení vstříkovacího cyklu.

- **Pístová plastikace**

U pístové plastikace je zpracováváný materiál roztaven a pístem vstříknut do formy. Výhodou vstříkovacích jednotek s pístovou plastikací je jednoduchá konstrukce a snadné docílení vysokých tlaků. Nevýhodou je nehomogenní struktura taveniny.

- **Šneková plastikace**

U vstříkovací jednotky se šnekovou předplastikací postupuje materiál z násypky do pracovního válce, kde se materiál plastikuje, homogenizuje a dopravuje pomocí šneku. Po zplastikování se materiál axiálním pohybem šneku vstříkne přes vstříkovací trysku do formy. Pracovní válec je vybaven topnými bloky [1].

## VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA BEZ PŘEDPLASTIKACE

U vstřikovacích strojů bez předplastikace se materiál plastikuje v tavné komoře a do formy je vstřikován pístem nebo se plastikuje i vstřikuje vstřikovacím šnekem.

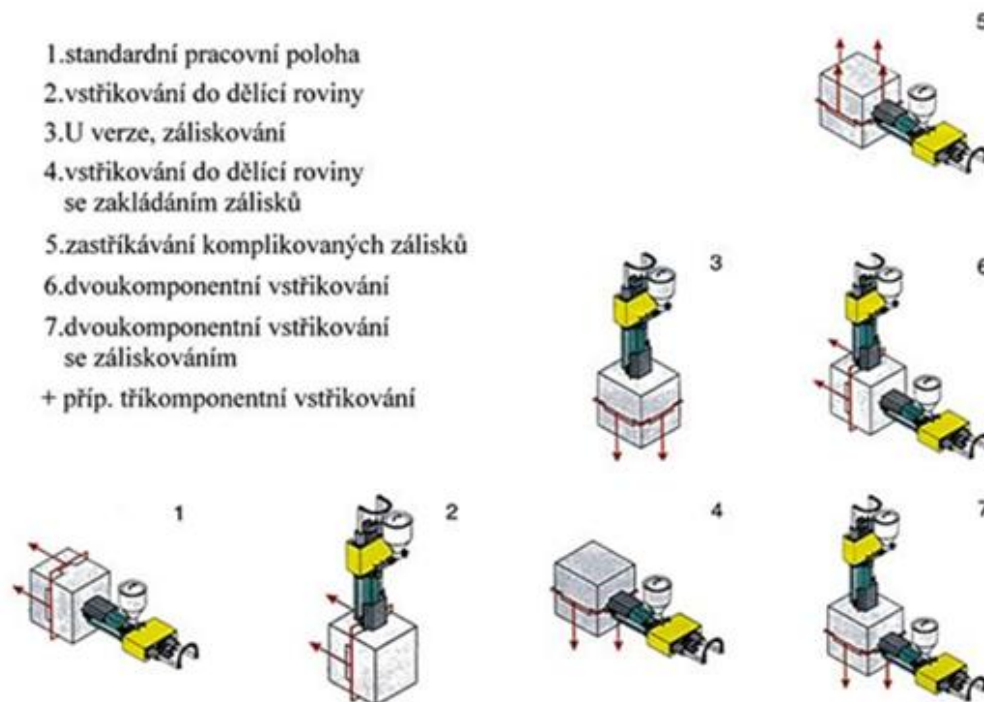
### 3.3.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA

Hlavním úkolem uzavírací jednotky je otevírat a uzavírat formu dle potřeby vstřikování. Nezbytně nutné je uzavřít formu takovou silou, aby se při vstříknutí tlakem taveniny forma neotevřela. Rozlišujeme zde dvě síly a to sílu přisouvací  $F_p$  /N/ a sílu uzavírací  $F_u$  /N/. U novějších strojů je možné naprogramovat sílu a rychlost uzavírání formy.

V současné době jsou pro uzavírací systémy používána různá konstrukční řešení, která mohou být.

- Hydraulická
- Mechanická
- Kombinace hydraulického a mechanického způsobu

Uzavírací jednotka je úzce spjata se vstřikovací jednotkou a existuje několik možných konstrukčních variant jejich vzájemných poloh. Nejvíce používaným řešením je, když obě jednotky, vstřikovací i uzavírací jsou v horizontální poloze. K jiné poloze těchto dvou jednotek může dojít, pakliže se bude jednat o dvou komponentní vstřikování nebo o některý ze speciálních způsobů vstřikování.



Obr. 6 – Přehled konstrukčních variant uzavíracích jednotek [3]

### 3.3.3 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA

Pomocí řídicí jednotky lze nastavit a regulovat jednotlivé strojní a technologické parametry. Mezi strojní parametry lze zařadit teploty jednotlivých zón tavicí komory, teplotu formy, tlak hydraulické kapaliny při vstřikování a při dotlaku, jednotlivé časové úseky pracovního cyklu, vstřikovací rychlost, rychlost zavírání a otevírání formy a další. Mezi parametry technologické, které se již týkají stavu plastu, patří teplota taveniny v komoře nebo v dutině formy, tlak hmoty v komoře a ve formě, viskozita taveniny, doba plnění, doba chlazení a rychlost proudění ve formě.

Pod pojmem řízení vstřikovacího procesu se rozumí automatické nebo ruční nastavení strojních parametrů bez zpětného hlášení o skutečných hodnotách strojních a technologických veličin. V případě, že u těchto hodnot dochází k větší odchylce vůči hodnotám nastaveným, než jakou povoluje tolerance, dojde k jejich automatické korekci. Hlavním cílem je, aby vstřikovací proces probíhal zcela automaticky.

## 3.4 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS

### 3.4.1 PLASTIKACE

První fází je fáze plastikační, při které se připravuje homogenní tavenina plastu, která je následně dopravována do prostoru před čelo šneku pro následné vstříknutí do dutiny formy.

Při plastikaci šnek pomocí vlastní rotace nabírá granulovaný plast z násypky a poté jej plastikuje a přemísťuje do prostoru před čelo šneku. Teplo potřebné pro ohřev granulátu je tvořeno dvěma třetinami teplem, které vzniká třením hmoty o stěny komory a jednou třetinou z elektrického odporového topení ve stěnách válce. Teplotu taveniny je potřeba dodržovat jelikož přímo ovlivňuje viskozitu taveniny, průběh tlaku, dobu chladnutí výstřiku.

### 3.4.2 VSTŘIKOVÁNÍ TAVENINY DO FORMY

Hlavním úkolem této fáze je co nejdokonaleji vyplnit dutinu formy taveninou pomocí vstřikovacího šneka, který vykonává axiální pohyb a plní funkci pístu.

V této části cyklu je nutné formu naplnit v co možná nejkratším čase, jelikož již při první interakci taveniny s povrchem dutiny formy začne docházet k předávání tepla z taveniny na formu. Tavenina ihned začne tuhnout a na stěnách formy vytvoří nepohyblivou vrstvu formy, která izoluje zbytek proudící taveniny. To znamená, že směrem k ose vstřikovací dutiny vzniká zóna nazývaná „plastické jádro“. Z důvodu zvyšování viskozity taveniny dochází ke zmenšování příčného průřezu vtoku. To následně vede k rostoucí rychlosti plastického jádra a k zakřivení čela taveniny. Můžeme říci, že závislost mezi rychlostí plnění dutiny formy a rychlostí ochlazování, tedy tuhnutí taveniny je rozhodující pro možnost vyhotovení konečného výrobku požadovaného tvaru.

Pro dokonalý proces je nutné zajistit vhodný objem zplastikované dávky pro vyplnění tvarové dutiny formy i vtokového systému a postupným doplňováním taveniny tak eliminovat objemové změny při smršťování vlivem ochlazování. Objem každé dávky je třeba zvýšit minimálně o 5-10 %.

### 3.4.3 FÁZE DOTLAKU

Po ukončení plnění formy taveninou následuje komprese. V tomto okamžiku tlak ve formě skokově vzroste. V případě dlouhého působení kompresního tlaku by mohlo dojít k pružnému prohnutí formy a to by mělo za následek vznik nežádoucího přetoku v místě dělicí roviny. Je proto nutné v určité části procesu přepnout na dotlak.

U této fáze může dojít ke dvěma nežádoucím chybám.

- Předčasné přepnutí vstřikovací tlaku na dotlak
- Pozdní přepnutí vstřikovacího tlaku na dotlak

Předčasné zapnutí dotlaku může vyvolat u tlustostěnných výstřiků nebo jejich částí vznik propadlin, staženiny či mikropórů. Naopak dlouhé působení dotlaku je příčinou omezení pohyblivosti makromolekul v tavenině v průběhu ochlazování.

Dotlak tedy kompenzuje rozměrové změny vyvolané při smrštění výrobku ve formě v průběhu ochlazování dotlačením malého množství taveniny. V okamžiku ztuhnutí ústí vtoku je dotlačování již neúčinné.

### 3.4.4 FÁZE CHLAZENÍ

Tato fáze je velmi závislá na rozměrových parametrech výrobku. V případě tenkostěnných výstřiků se chlazení pohybuje v řádech sekund, u tlustostěnných výstřiků je doba chladnutí třeba i několik minut. Další faktory, které přímo ovlivňují dobu chladnutí, jsou: druh použitého plastu, teplota taveniny a teplota výstřiku při vyjímání z formy.

## 3.5 JEDNOTLIVÉ ČASY VSTŘIKOVACÍHO CYKLU

### 3.5.1 STROJNÍ DOBY

Jedná se o časy, které jsou spojeny s pohybem pohyblivé formy (otevření formy, uzavření formy). Jsou závislé na rychlosti pohybu a dráze. Dráha otevření formy je dána rozměrem výstřiku a musí být dostatečně dlouhá, aby bylo možné výstřik vyjmout případně, aby zde byl prostor pro pohyb manipulátoru. V současné době je snaha tyto doby zkrátit na minimum. Toho se dá dosáhnout zvýšením rychlosti pohybující se formy. U novějších typů vstřikolisů není rychlost po celé dráze stejná, nýbrž při zavírání se forma zpočátku pohybuje vysokou rychlostí, avšak těsně před dosednutím k druhé části formy se rychlost sníží, aby nedošlo poškození. Podobně je tomu i při otevírání, nejprve je rychlost vysoká a těsně před dojezdem formy se rychlost sníží.

### 3.5.2 DOBA VSTŘIKOVÁNÍ

Je to doba, při které dochází k plnění dutiny formy a odvíjí se od rychlosti vstřikování, tj. od pohybu šneku vpřed. Závisí na technologických podmínkách teplotě taveniny a vstřikovacím tlaku. Dalšími vlivy jsou: teplota formy, objem výstřiku a jeho geometrický tvar, vtoková soustava a druh plastu. Vysoká vstřikovací rychlost má příznivý vliv na orientaci makromolekul. Doba plnění se pohybuje od zlomku sekundy až po několik sekund. Měla by být co nejkratší, protože vstřikovaná tavenina se stykem s chlazenou formou ochlazuje a ztrácí tekutost, takže při dlouhé době by nezaplnila celou formu a vznikl by zmetek.

### 3.5.3 DOBA DOTLAKU

Poté, co dojde k naplnění dutiny formy, následuje stlačování, při kterém tlak prudce stoupne a rychlost náhle klesne. V případě, že by tlak zůstal na své původní hodnotě, mohlo by dojít ke vzniku tlakové špičky, ke zvětšení hmotnosti a rozměrů výstřiku a vysokému namáhání formy, které by vedlo k prohnutí formy neboli **dýchnutí**. Aby se zamezilo těmto jevům, je nutné v určité době snížit tlak neboli přepnout na dotlak. Je-li přepnutí opožděné, stoupne tlak příliš vysoko a dojde k výše popsaným jevům. Při předčasném přepnutí dochází k opačnému jevu a může také dojít k **nedostříknutému výrobku**. Doba dotlaku závisí na průřezu vtokového kanálu a činí několik sekund. V první fázi je dotlak vyšší, aby se využilo vysoké tekutosti taveniny a ke konci se dotlak sníží.

### 3.5.4 DOBA PLASTIKAČNÍ

Doba plastikace **t<sub>pl</sub>** je čas, který je potřebný k tomu, aby došlo k zplastikování dávky plastu a následně k jejímu zhomogenizování a umístění dávky před čelo šneku. Velikost zplastikované dávky musí zabezpečit naplnění tvarové formy a vtokového systému. A zároveň kompenzovat změnu objemu, ke které došlo v průběhu smrštění. Teplo, jenž je potřeba k roztavení jedné dávky je tvořeno z jedné třetiny teplem z elektrického odporového topení a ze dvou třetin z tření hmoty při hnětení.

### 3.5.5 DOBA CHLAZENÍ

Tato doba je nejdelší z celého cyklu a závisí na několika faktorech. U tenkostěnných výstřiků se chlazení pohybuje okolo několika sekund a u tlustostěnných výstřiků až několik minut. Doba chladnutí je dále ovlivněna druhem plastu, teplotou taveniny, teplotou formy a teplotou výstřiku při vyjímání z formy. Ke zkrácení této doby se využívá chlazení formy a to nejčastěji v místech, kde se nachází největší množství taveniny, resp. v místech kde hmota chladne nejpomaleji.

## 3.6 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU VÝSTŘIKU

O mechanických, fyzikálních a strukturálních vlastnostech výstřiku a o jeho kvalitě rozhoduje především druh plastu, technologie výroby, kvalita formy a volba stroje. Z hlediska volby druhu plastu má na vlastnosti výstřiku vliv:

- Rychlost plastikace polymeru
- Velikost vnitřního pnutí
- Tekutost plastu
- Dostatečná tepelná stabilita v rozsahu zpracovatelských teplot

Z technologických parametrů kvalitu nejvíce ovlivňují

- Vstřikovací tlak
- Teplota taveniny
- Teplota formy
- Rychlost plnění dutiny formy

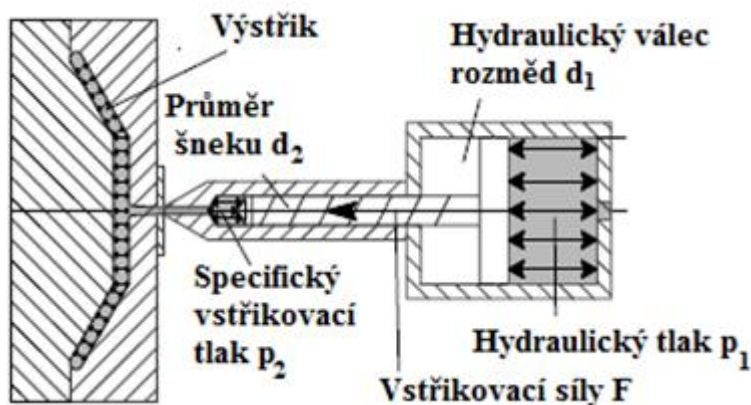


## 4 POHON VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY

### 4.1 HYDRAULICKY POHÁNĚNÁ VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA

Pro přeměnu elektrické energie na energii mechanickou jsou u vstřikovacích strojů využívána hydraulická čerpadla, která vytváří tlak v hydraulických systémech. Jedná se především o (radiální pístová čerpadla, axiální pístová čerpadla, lopatková čerpadla anebo výtlačná čerpadla). Získaná výsledná energie kapaliny je prostřednictvím hydraulických motorů transformována na lineární nebo rotační pohyb. Hydraulická čerpadla jsou schopna dosáhnout až 90% účinnosti.

Nejlepším způsobem, jakým lze dosáhnout vysoké vstřikovací rychlosti a vysokého tlaku je použití hydraulického válce. V hydraulicky řízené vstřikovací jednotce je axiální pohyb šneku vyvozen působením tlaku na hydraulický válec. Výslednou axiální sílu lze vypočítat jako součin působícího tlaku a plochy válce.



Obr. 7 – Poměr tlaků ve vstřikovací jednotce [4]

VSTŘIKOVACÍ ŠNEK			HYDRAULICKÝ VÁLEC		Poměr ploch
Průměr [mm]	Vstřikovací tlak [bar]	Vstřikovací síla [kN]	Průměr [bar]	Tlak [mm]	
30	2500	79	180	75	13,9
40	2200	156	180	105	12,2
50	2000	393	180	167	11,1
70	1800	693	180	221	10
100	1500	1178	180	289	8,3
150	1400	2474	180	418	7,8
200	1200	3770	180	516	6,7

Tab. 1 – Závislosti vstřikovacích tlaků na průměru vstřikovacích šneků [4]

U většiny vstřikovacích strojů se tlak vytvořený hydraulickým válcem nerovná tlaku, který působí na vstřikovací trysku. Vztah mezi hydraulickým tlakem ve válci a vstřikovacím tlakem závisí na poměru ploch válce a šneku.

$$S_{\text{šnek}} * p_2 = S_{\text{válec}} * p_1$$
$$p_2 = \frac{S_{\text{válec}}}{S_{\text{šnek}}} * p_1$$

Takto vypočtený tlak není skutečný ale pouze teoretický. Jelikož dochází ke ztrátám způsobeným třením, netěsností systému nebo také odporu hydraulické kapaliny vůči tření. Ovšem kromě ventilů jsou tlakové ztráty v hydraulickém systému způsobeny délkou, elasticitou a průřezem hydraulických hadic. A tak je skutečný vstřikovací tlak asi 70% oproti tlaku vypočtenému. Nejpřesnější způsob jakým lze získat kvalitativní informace o tlaku je jeho změření na výstupu. Tabulka [1] ukazuje jakého lze dosáhnout vstřikovacího tlaku se specifickým průměrem šneku a konstantním tlakem který je vyvozen v hydraulickém válci. Je zde vidět, že největšího vstřikovacího tlaku lze dosáhnout použitím nejmenšího průměru šneku.

## HYDRAULICKÉ MOTORY

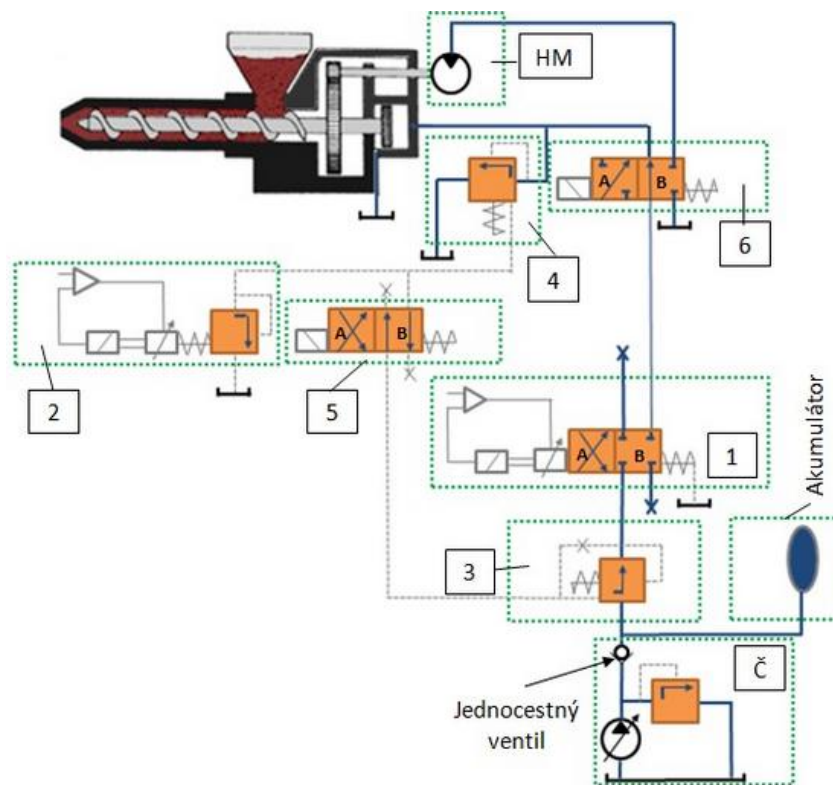
V hydraulických systémech vstřikovacích jednotek se využívají rotační motory, které svoji energii přeměňují na rotační pohyb šneku. Hlavní výhodou je plynulost pohybu, která umožňuje regulaci krouťícího momentu při určitém rozsahu rychlostí. Díky malé setrvačnosti rotačních hydraulických motorů je umožněn rychlý start a rychlé ukončení pohybu. Velmi častým typem jsou hydraulické motory s ozubeným převodem. Jejich konstrukce vychází z ozubených čerpadel. Ovšem vzhledem k omezené kapacitě výkonu jsou tyto typy aplikovány u strojů malé a střední velikosti. Dalším používaným typem jsou axiální pístové motory, které jsou taktéž využívány u strojů malých a středních velikostí. Výhodou těchto motorů je schopnost dosahovat vysokých rychlostí. U vstřikovacích jednotek, které mají vstřikovací šnek o průměru větším než 50mm je nutné, aby pohyb hydromotoru byl přenášen pomocí mechanického převodu, který zajistí potřebný krouťící moment. Avšak začlenění převodovky má negativní vliv na celkovou účinnost systému, také se zvýší hlučnost a cena systému. Ideálním typem je radiální pístový motor, který nevyžaduje žádný převod a může být napojen přímo na hřídel. Hlavní výhodou tohoto typu je v tom, že dokáže zajistit konstantní krouťící moment a to jak při nízkých tak i při vysokých rychlostech.

Největší nároky jsou na motory kladeny ve fázi dávkování, kdy je nezbytné dosáhnout požadovaných otáček a zajistit jejich udržení i přes narůstající zatížení šneku, které je způsobeno množstvím granulátu, jenž proniká do tavicí komory.

## REGULAČNÍ PRVKY HYDRAULICKÉHO SYSTÉMU

Tlak v hydraulickém systému je zajišťován pomocí čerpadla a je regulován průtokovými a tlakovými ventily, kterými je přímo řízena vstupní mechanická energie. Jako bezpečnostní prvky jsou zde použity pojistné ventily, které zajišťují, aby písty a další prvky hydraulického motoru nebyly přetěžovány a tím, aby nedocházelo ke snižování životnosti. Pro pohyb vstřikovací jednotky je vyžadován rychlý posuv s vysokým průtokem oleje, avšak bez potřeby velké síly.

Regulování hydraulického systému vstřikovací jednotky je zobrazeno na obr. 8.



Obr. 8 – Schéma hydraulického okruhu vstřikovací jednotky

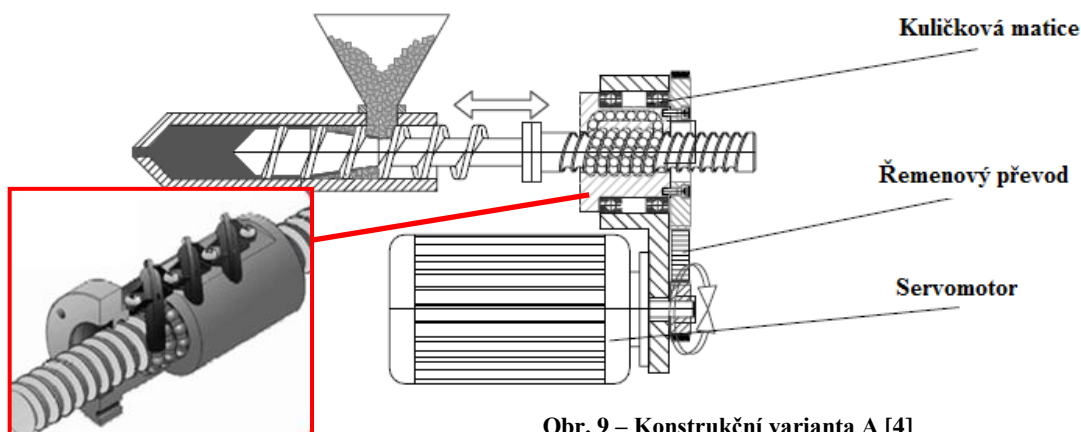
Vstřikovací šnek je poháněn hydraulickým motorem (HM), který transformuje energii hydraulického systému na rotační pohyb. Hydraulický motor je propojen s čerpadlem (Č), které do systému vytváří tlak. Kapalina proudí třemi ovládacími prvky (3, 1, 6). Prvním regulačním prvkem na výstupu z čerpadla je redukční tlakový ventil, který udržuje stálý tlak v systému. Následujícím prvkem je rozvaděč s tzv. proporcionálním řízením průtoku což je prvek, u kterého lze velikostí procházejícího proudu přesně regulovat polohu pohyblivého členu. Posledním průtokovým prvkem je čtyřcestný dvoupólový ventil (6), ten má za úkol regulovat směr toku kapaliny. Pakliže se nachází ventil v poloze A dochází k rotačnímu pohybu hydromotoru a tím rotaci šneku v tavicí komoře. Nahromaděná tavenina před čelem vstřikovacího šneku způsobí jeho odtlačení do zadní pozice. Energie pro fázi vstřikování vychází z čerpadla (Č) následně kapalina prochází přes redukční ventil (3). Rozvaděč (1) musí být v poloze A a rozvaděč (6) musí být v poloze B. Vstřikovací tlak je ovládán působením redukčního ventilu (3) a přepouštěcího ventilu (2). Cirkulace hydraulické kapaliny v systému je umožněna pomocí vícecestného ventilu (5) přesunem do polohy A.

Dále je potřeba zmínit, že regulace průtoku závisí na druhu zvoleného pohonu (hydraulický motor, čerpadlo, elektromotor) a na typu regulačních a kontrolních prvků, které zajišťují dosažení požadovaných tlaků a rychlostí na výstupu.

Životnost a opotřebení prvků hydraulického systému závisí na teplotě kapaliny a na tlacích, kterým jsou prvky vystaveny. Důležitým faktorem ovlivňující spolehlivost systému a opakovatelnost jednotlivých operací je čistota a kvalita hydraulické kapaliny. Čistotu hydraulické kapaliny zajišťuje série filtrů, jenž se v okruhu nachází. Nejčastěji jsou umístovány na výstupu z čerpadla a na vstupech před ventily. Jemnost síta se pohybuje v rozmezí do 2-5  $\mu\text{m}$ .

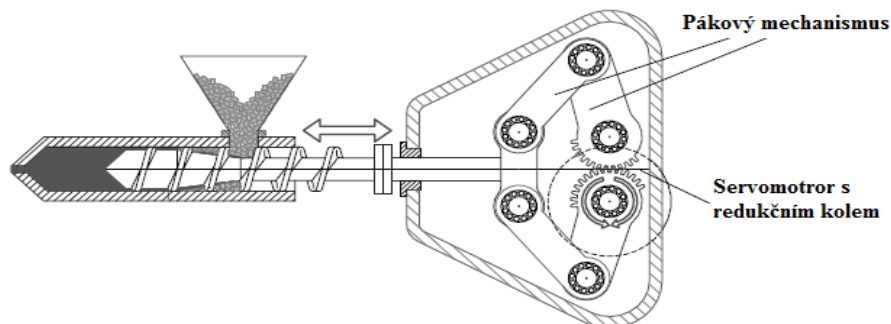
## 4.2 ELEKTRICKY POHÁNĚNÁ VSTŘIKOVACÍ JENOTKA

Elektronicky řízená vstřikovací jednotka používá pro lineární pohyb vstřikovacího šneku elektrické servo motory. Hlavními výhodami těchto systémů jsou vysoká tuhost, přesnost chodu a snadné ovládání. Jedna z nevýhod lineárních pohonů je ta, že nedokážou vytvořit tak vysoký tlak jako pohony hydraulicky řízené. V současné době se vývoj v této oblasti zaměřil na přeměnu z rotačního pohybu na lineární pohyb.



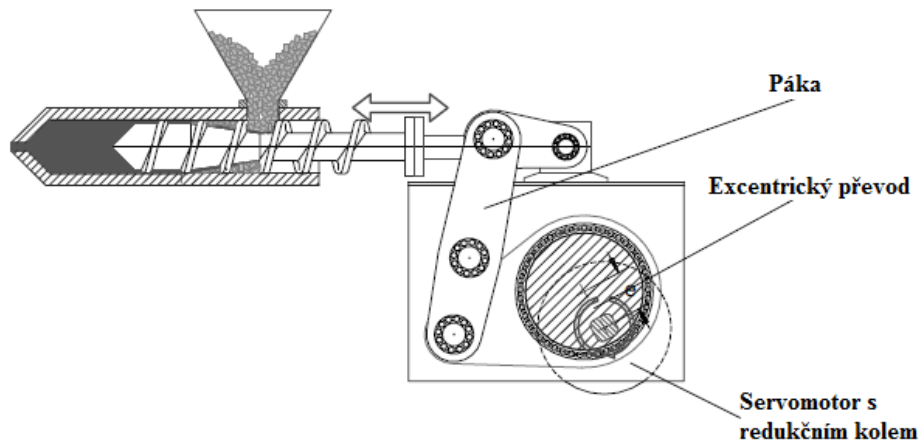
Obr. 9 – Konstrukční varianta A [4]

V případě konstrukční varianty A, kterou lze vidět na obrázku 9, je pohonem servomotor. Jehož kroutící moment je přenášen pomocí řemenových soukolí. Výstupní řemenové kolo je spojeno s kuličkovou maticí, která je v rámu uložena pomocí axiálně-radiálních ložisek. Vstřikovací šnek, na jehož opačné straně je šroubovice, vykonává axiální pohyb.



Obr. 10 – Konstrukční varianta B [4]

Na obrázku 10 je konstrukční varianta, ve které je pohonem servomotor s redukčním kolem, na jehož konci je ozubení a pomocí pákového mechanismu šnek vykonává axiální pohyb.

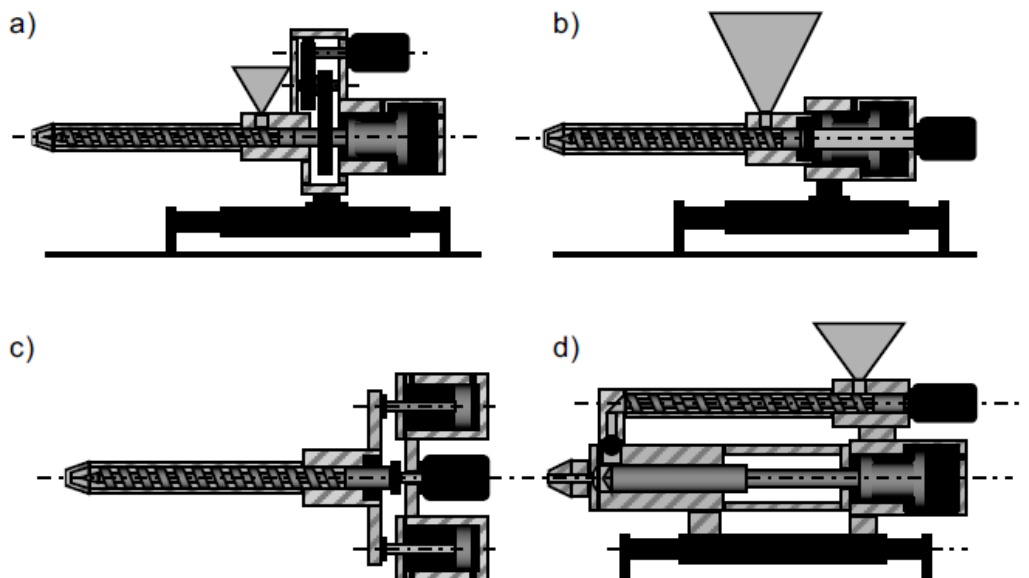


Obr. 11 – Konstrukční varianta C [4]

U třetí varianty na obrázku 11 je stejně jako u předchozí varianty využíván servomotor s redukčním kolem, jehož kroučící moment je pomocí excentrického převodu a pákového mechanismu přetransformován na axiální posuv šneku.

### 4.3 HYBRIDNĚ POHÁNĚNÁ VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA

V současné době vznikají vstřikovací jednotky, které v sobě kombinují dva typy pohonů a tím vznikají tzv. pohony „hybridní“.



Obr. 12 – Přehled konstrukčních variant hybridních pohonů [4]

Na obrázku 12 je vidět několik konstrukčních variant pohonů vstříkovací jednotky.

Varianta a) se skládá z jednoho elektromotoru, který přes ozubené soukolí vytváří rotační pohyb vstříkovacího šneku. Axiální pohyb je vyvozen pomocí hydromotoru.

U varianty b) je servomotor s hydromotorem v sériové pozici.

Varianta c) se skládá ze dvou hydraulických válců, které jsou vůči sobě v paralelní pozici. Zároveň je s nimi zapojen pomalu otáčející se servomotor.

U poslední varianty je vstříkovací šnek uložen mimo osu vstříkovací trysky a je ovládán pouze servomotorem. Vzniklá tavenina je dopravována těsně před vstříkovací trysku, která je ovládaná pouze hydromotorem.

Všechny čtyři varianty jsou založené na stejném principu, liší se pouze konstrukčním uspořádáním. Rotace vstříkovacího šneku je vyvozena servomotorem a axiální posuv je řízen hydromotorem.

Hlavní výhoda hybridního uspořádání je v tom, že díky servomotoru lze zajistit přesné otáčky vstříkovacího šneku a díky hydromotoru lze docílit vysokých vstříkovacích tlaků.

## 4.4 PRVKY VSTŘIKOVACÍHO SYSTÉMU

### 4.4.1 VSTŘIKOVACÍ ŠNEK

#### Bariérový šnek

Vzhledem ke skutečnosti, že na rychlost tavení granulátu působí nepřímo úměrně hloubka a šířka závitu šneku. Vyplývá z toho, že u standardních třízónových šneků se při plastikaci dostáváme na maximální výkon, který nelze zvyšovat. Jednou z možností jak výkon zvýšit je použití tzv. bariérového šneku. Hlavní odlišností od standardního šneku je druhý chod závitu šneku v tzv. bariérové zóně a bariérové přepážce mezi prvním a druhým závitem. Kompresní zóna je nahrazena bariérovou zónou. V této zóně je neustále nutné přivádět pevné částice ke stěnám vytápěného vstříkovacího válce. Na počátku této zóny je začátek druhého chodu závitu šneku, jehož přepážka je v porovnání s původní trochu ubrána. Mezi čelem tohoto závitu a stěnou vstříkovacího válce je definovaná mezera. A tak se vytvořily kanály. Každý z kanálů má jinou funkci. Pevné části a tavenina se oddělují bariérovou překážkou. Stoupání v bariérové zóně je mnohem větší než v zóně plnění, abychom dostali potřebný objem v druhém závitu. Mezera bariérové přepážky je volena tak, aby přes ni nemohly přejít pevné části, ale také aby se nepřekročilo smykové namáhání materiálu. Pevné části jsou neustále tlačeny na stěnu vstříkovacího válce a bariérová přepážka stírá vzniklou taveninu do druhého závitu. Tím se dosahuje mnohem lepšího prostupu tepla do materiálu. Rovněž vzniká větší frikční teplo. Pozor však na materiály, které jsou náchylné k degradaci při smykovém tření, jako např. PC nebo PVC. Druhý závit je postupně mnohem hlubší nežli první, protože již není nutné promíchávat taveninu s pevnými částicemi, které jsou již roztavené. Je možné tedy používat i vyšší otáčky šneku než u tří zónového šneku. Zlepšuje se homogenizace materiálu [12].

## Třízónový šnek

- *Zóna plnění:* V tomto úseku je materiál (granulát) nabírán do závitů šneku a následně stlačován. Pohyb materiálu je dán rozdílným třením materiálu po stěnách vstřikovacího válce a šneku – tření na stěně válce musí být vždy větší než po povrchu šneku. Jinak by nemuselo dojít k mísení materiálu a materiál by se tak mohl lepit na povrch šneku, a tak by nedocházelo k jeho posunování směrem ke špičce. Vzhledem k tomu, že po obvodu jsou topné pásy, tak se již po několika závitech šneku začne na stěnách válce tvořit vrstvička taveniny.
- *Zóna komprese:* V tomto úseku se začne lineárně zmenšovat hloubka závitů ve šneku. Pevná látka se působením tepla od vytápěného válce i frikčním teplem daným třením materiálu o stěny dále zahřívá a postupně měkne a natavuje se. Vznikající tavenina se působením čela závitů neustále stírá ze stěn válce a mísí se zbylým materiálem. Neustálé zmenšování hloubky závitů má za účinek zvyšování tlaku a smykového tření na pevné části. Někdy vede potřeba zvyšovat plastifikační výkon zvýšením otáček jednak k lokálnímu přehřátí a degradaci materiálu a rovněž k dalšímu jevu - přestává se smíchávat tavenina s pevnými částicemi, které se pak netřou o stěny válce a dál jsou rozpouštěny pouze přestupem tepla z taveniny. Materiál pak plastifikuje pomaleji.
- *Zóna dávkování:* V této zóně má šnek stejně jako v zóně plnění konstantní hloubku závitů šneku. Proces rozpouštění by již měl být takřka ukončen na konci kompresní zóny. V zóně dávkování by měl být materiál jen dokonale promíchán s barvivem a dalšími aditivami a homogenizován s rovnoměrným rozložením teplot v celém objemu hmoty. Doba zdržení se materiálu je zde poměrně krátká, a tak nedochází k dalšímu tavení nerozpuštěných částic

### 4.4.2 VSTŘIKOVACÍ TRYSKA

Vstřikovací tryska zajišťuje spojení mezi tavící komorou a formou. Pomocí vstřikovací trysky je tavenina přiváděna do vtokových kanálů. Tryska je umístěna na konci tavící komory. Většinou bývá samostatně vyhřívána a regulována. Tryska by měla zapadnout do sedla ve formě, což je zajištěno sousostí otvorů v trysce i ve vtokové vložce formy, poloměr kulové plochy trysky by měl být menší než poloměr kulového sedla ve vtokové vložce a průměr otvoru ve vložce musí být větší než průměr otvoru v trysce.

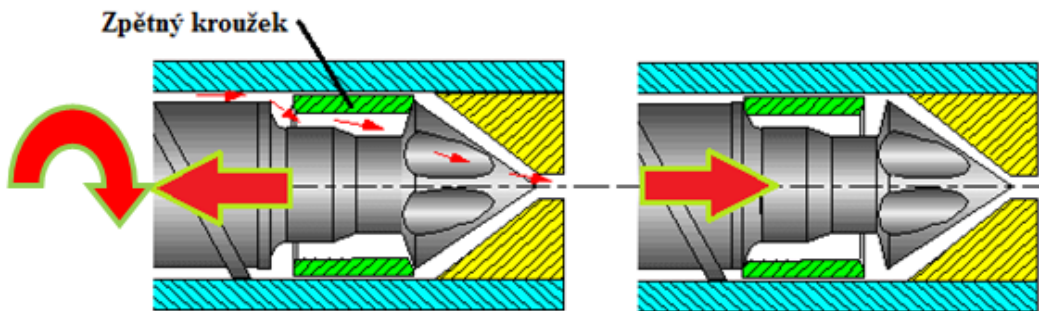
Na trysku jsou také kladeny vysoké nároky z hlediska materiálu, protože na trysku působí vysoké, tlaky měla by být vyrobena z tvrdé oceli.

Nejčastěji se používají dva druhy trysek, uzavíratelné a otevřené. V případě uzavíratelných trysek se otvor při plnění formy otevře a po naplnění formy a odsunutí formy se tryska uzavře a tím se zabrání výtoku roztaveného materiálu z komory. Otevřené trysky se používají pro vysoce viskózní taveninu a mají otvor o průměru 3 – 8 mm.

### 4.4.3 ZPĚTNÝ VENTIL

Tavenina má při vstřikování tendenci téct šnekovým kanálem zpět k násypce, je velmi důležité, jakým tvarem je vstřikovací šnek zakončen. Tato snaha taveniny vracet se zpět k násypce roste přímo úměrně s její tekutostí, a proto se tato část konstrukčně optimalizuje, aby se tomuto jevu zabránilo. Existuje několik řešení, jakými jsou tupé zakončení šneku nebo prodloužené zakončení špičky šneku. Nejspolehlivějším řešením je použití tzv. zpětného ventilu.

Jak již bylo zmíněno zpětné ventily zabraňují zpětnému toku roztaveného plastu zpět do šneku, jejich druhou funkcí je promíchávání taveniny, které se děje za pomoci tzv. kluzného kroužku. Na obrázku 13 je vidět celá funkce zpětného ventilu a působení zpětného kroužku. V okamžiku, kdy se vstřikovací šnek otáčí je plast roztaven, mísen a dopravován před ventil. Při pohybu šneku do zadu je zpětný kroužek tažen do nejpřednější části ventilu a tavenina může volně protékat. Když se šnek pohybuje dopředu zpětný kroužek je odtažen do zadní krajní polohy. V této poloze je ventil uzavřen, a tak se zabrání úniku taveniny zpět do šnekového kanálu v průběhu vstřikování.



Obr. 13 – Zpětný kroužek [5]

Zpětné ventily se liší svojí konstrukcí a tvarem v závislosti na druhu vstřikovaného polymeru.



#### Kulový zpětný ventil

Na obrázku 14 je vidět tzv. kulový ventil. Jeho výhodou je rychlá reakce uzavírání. Doporučuje se primárně pro nízko viskosní polymer (např. polyolefin).

Obr. 14- Kulový zpětný ventil [6]



#### Zpětný ventil se servořídícím kroužkem

Tento typ ventilu má velmi dobrou odezvu i při nízkých rychlostech vstřikování. Nejvíce se hodí pro polymery typu polymethylmethakrylát (PMMA).

Obr. 15- Zpětný ventil se servořídícím kroužkem [6]



### Zpětný ventil s aktivním zámkem

Zpětný ventil s aktivním zámkem odstraňuje nepřesnosti při výrobě vysoce přesných dílů. Aktivní zámek zavírá vstřikovací jednotku pomocí rotace šroubu. Proces se tak stává vysoce kontrolovatelným a není závislý na vlastnostech taveniny. Umožňuje vysokou přesnost, opakovatelnost a stabilitu cyklu. Zpětný ventil je uzavřen v průběhu celé aplikace a udržuje optimální tlak procesu.

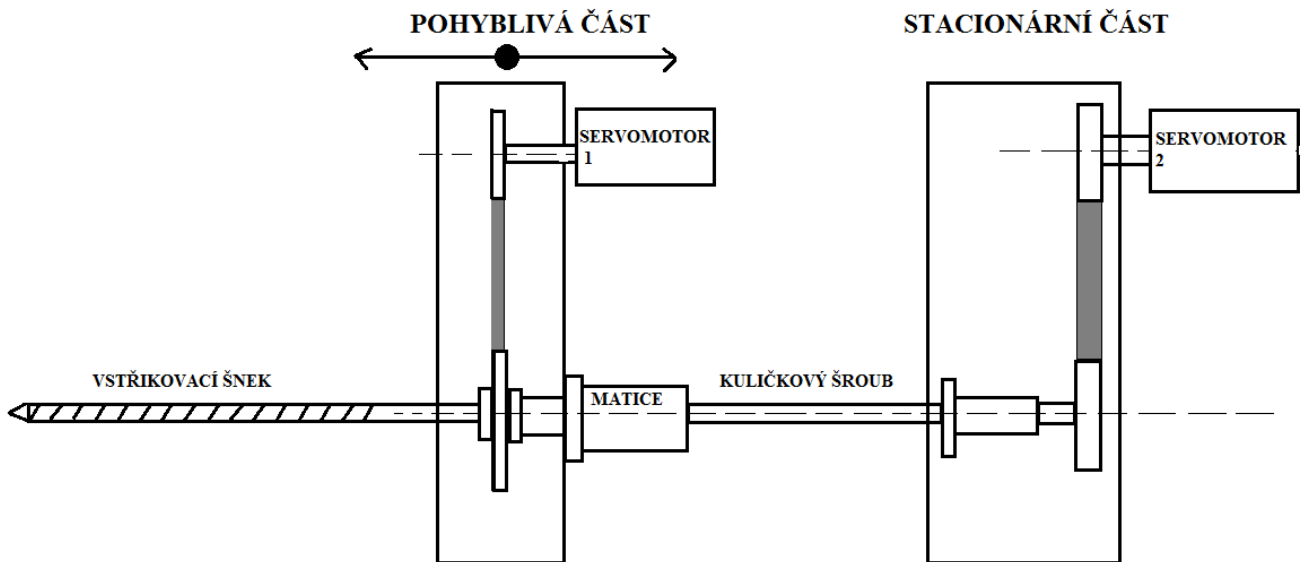


Obr. 16 – Zpětný ventil s aktivním zámkem [6]

## 5 PRAKTICKÁ ČÁST

Pro návrh a kontrolu jsem si vybral elektricky řízenou vstřikovací jednotku. Která bude navrhována na základě předem stanovených výstupních parametrů. Součástí praktické části je model a výkresová dokumentace.

Vstřikovací jednotka se skládá ze dvou základních částí: pohyblivé části a stacionární části. Lineární posuv pohyblivé části je proveden za pomoci servomotoru 2, který pomocí řemenového převodu přenáší svůj kroučící moment na kuličkový šroub. Šroub, jenž je uložen ve stacionární části se otáčí a matice se posouvá s celou pohyblivou částí. Servomotor 1, taktéž pomocí řemenového převodu přenáší svůj kroučící moment na vstřikovací šnek.



Obr. 17- Základní schéma navrhované vstřikovací jednotky

## 5.1 ZADÁNÍ

Zadané parametry pro výpočet

Průměr šneku	$d_{\xi}$	<b>40 mm</b>
Maximální otáčky vstřikovacího šneku	$n_{\xi}$	<b>400 min<sup>-1</sup></b>
Vstřikovací tlak	$p_v$	<b>2200 bar</b>
Vstřikované množství	$V_v$	<b>198 cm<sup>3</sup>/s</b>
Zdvih dávkování	$L_1$	<b>200 mm</b>
Požadovaná životnost	$L_h$	<b>30 000 hodin</b>
Osová vzdálenost řemenic	$a$	<b>477 mm</b>

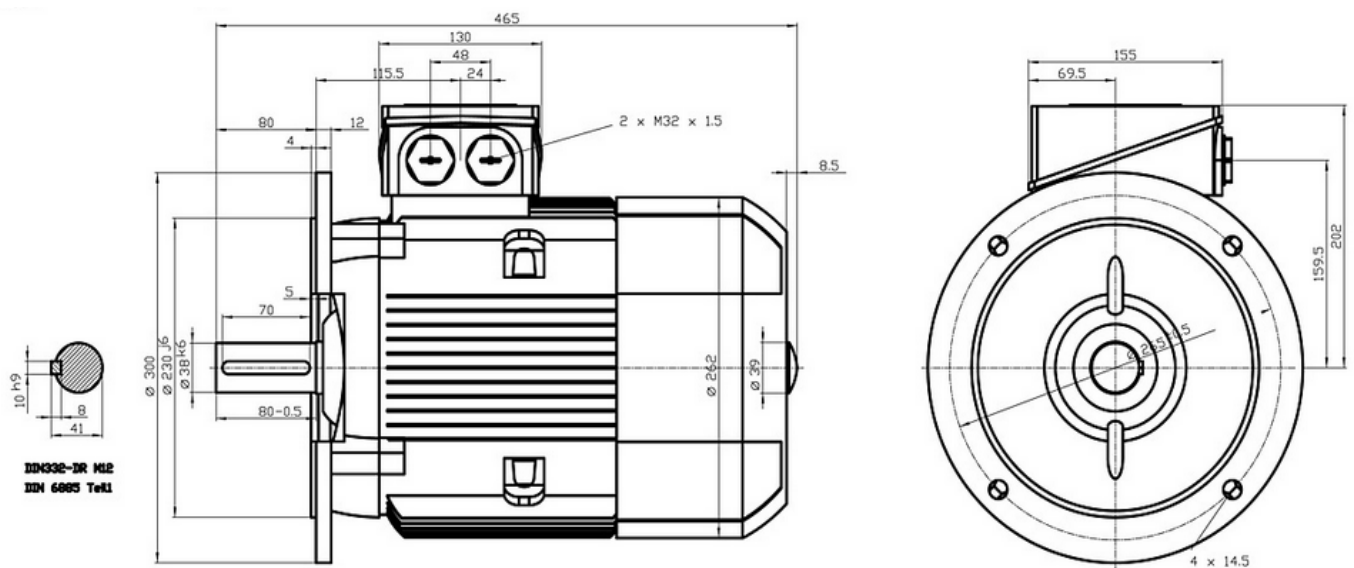
## 5.2 NÁVRH POHYBLIVÉ ČÁSTI VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY

### 5.2.1 ELEKTROMOTOR

Pro návrh vstřikovací jednotky byl zvolen elektromotor od firmy SIEMENS[9] typ 1LE1002-1CA0, čtyřpólový s hliníkovou kostrou a svorkovnice je umístěna v horní části. Jedná se o třífázový asynchronní servomotor.

Parametry elektromotoru[9]:

- Výkon  $P = 7,5 \text{ kW}$
- Otáčky  $n_1 = 2905 \text{ min}^{-1}$



Obr. 18 – Navrhovaný servomotor 1 [7]

Ze zadaných parametrů lze vypočítat jmenovitý moment  $M$  dle[9]

$$M = \frac{9,55 * P * 1000}{n}$$

Kde:

- $P$  - jmenovitý výkon v [kW]
- $n$  - jmenovité otáčky v [ $\text{min}^{-1}$ ]

$$M = \frac{9,55 * 7,5 * 1000}{2905}$$

$$M = \frac{9,55 * 7,5 * 1000}{2905} = 24,65 \text{ Nm}$$

Jmenovitý moment na hřídeli je 24,65 Nm.

### 5.2.2 NÁVRH HNANÉ ŘEMENICE

Převodový poměr  $i$  [-] nám udává poměr mezi hnacím a hnaným kolem. Vypočteme ho z poměru průměrů, úhlové rychlosti anebo z počtu zubů.

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

V našem případě bude vypočítán z maximálních otáček servomotoru a maximálních otáček vstřikovacího šneku.

Kde:

- $n_2$  – maximální otáčky motoru
- $n_1$  – maximální otáčky vstřikovacího šneku

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{2905}{400} = 7,26$$

Odtud vypočteme průměr velké ozubené řemenice.

Kde:

- $d_2$  – průměr řemenice na elektromotoru
- $d_1$  – průměr velké řemenice na vstřikovacím šneku

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_2}{d_1} \gg d_2 = i * d_1 = 7,26 * 67 = 486,55 \text{ mm}$$

Zvolil jsem normalizovaný průměr ozubené řemenice  $d_2 = 488 \text{ mm}$

### 5.2.3 NÁVRH OZUBENÉHO ŘEMENE

Ze zadané osové vzdálenosti  $a = 477 \text{ mm}$  vypočteme délku ozubeného řemene. Do vztahu pro délku řemene se dosazuje úhel opásání v následujících jednotkách [°], [rad], [rad].

$$L = 2 * a * \sin \frac{\beta}{2} + d_1 * \beta + \frac{d_2}{2} * (2\pi - \beta)$$

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2 * a} = \frac{488 - 67}{2 * 477} = 0,441$$

$$\frac{\beta}{2} = 63,81^\circ \cong 1,11 \text{ rad}$$

$$L = 2 * 477 * \sin 63,81^\circ + 67 * (2,22) + \frac{488}{2} * (2 * \pi - 2,22) = 1996 \text{ mm}$$

## OBVODOVÁ RYCHLOST

$$v = \frac{\pi * d_2 * n_2}{60} = \frac{\pi * d_1 * n_1}{60} = \frac{\pi * 0,067 * 2905}{60} = \frac{\pi * 0,488 * 400}{60} = 10,22 m * s^{-1}$$

## OBVODOVÁ SÍLA V OPÁSÁNÍ HANÉ ŘEMENICE

$$F_2 = \frac{P}{\pi * d_2 * v_2} = \frac{7500}{\pi * 0,488 * 10,22} = 478,67 N$$

V této kapitole se dále budeme zabývat výpočty, které jsou spojeny s řemenicí 2.

## ODSTŘEDIVÁ SÍLA V HANÉ ŘEMENICI

$$F_{02.1} = m * \frac{v^2}{r_2} = 26,42 * \frac{10,22^2}{0,244} = 11 309 N$$

## SÍLA V ZATĚŽOVANÉ VĚTVI

$$\mu = 0,3[-],[10]$$

$$\beta = 127,62^\circ = 2,22 \text{ [rad]}$$

$$F_{s1.1} = F_2 * \frac{e^{\beta\mu}}{e^{\beta\mu} - 1} = 478,67 * \frac{e^{2,22*0,3}}{e^{2,22*0,3} - 1} = 984,43 N$$

## SÍLA V ODLEHČENÉ VĚTVI

$$F_{s2.1} = F_2 * \frac{1}{e^{\beta\mu} - 1} = 478,67 * \frac{1}{e^{2,22*0,3} - 1} = 505,76 N$$

## POTŘEBNÁ PŘEDEPÍNAČÍ SÍLA

$$F_p = \frac{F_{s1.1} + F_{s2.1}}{2} = \frac{984,43 + 505,76}{2} = 745,11 N$$

## SÍLA NA LOŽISKA

$$F_{r1} = \sqrt{F_{s1.1}^2 + F_{s2.1}^2 - 2 * F_{s1.1} * F_{s2.1} * \cos\beta}$$

$$F_{r1} = \sqrt{984,43^2 + 505,76^2 - 2 * 984,43 * 505,76 * \cos 127,62^\circ}$$

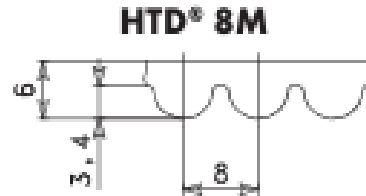
$$F_{r1} = 1353,79 N$$

Dle nomogramu (viz příloha) pro volbu řemenů firmy MATIS. Byl vybrán typ 8M což znamená, že se jedná o řemen s roztečí 8 mm. V předchozí kapitole jsme vypočetli délku řemene  $L = 1996$  takové délce ovšem žádný z nabízených řemenů neodpovídá, a proto byl zvolen rozměr nejbližší vyšší  $L = 2000$  mm.

### HDT 2000 – 8M - 50

Kde:

- Šířka řemene je:  $b_0 = 50$  mm
- Výška řemene:  $t = 6$  mm
- Délka řemene:  $L = 2000$  mm
- Modul pružnosti v ohybu:  $E_0 = 50$  MPa
- Dovolené napětí:  $\sigma_D = 5$  MPa



### KONTROLA ŘEMENU

Obr. 19 – Navrhnutý řemen pro převod v pohyblivé části [8]

- Namáhání tahem

$$\sigma_T = \frac{F_{s1.1}}{t * b_0} = \frac{984,43}{6 * 50} = 3,28 \text{ MPa}$$

- Namáhání ohybem

$$\sigma_o = \frac{t}{d - t} * E_0 = \frac{6}{488 - 6} * 50 = 0,62$$

Výsledné napětí

$$\sigma_{max} = \sigma_t + \sigma_o \leq \sigma_D$$

$$\sigma_{max} = 3,28 + 0,62 = 3,91 \text{ MPa}$$

#### 5.2.4 VÝPOČET AXIÁLNÍCH SIL

Výpočet axiální síly  $F_A$ . Tato síla vzniká působením materiálu na šnek a bude ji zachycovat axiální kuličkové ložisko.

Výpočet úhlu stoupání šnekovice

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{2 * \pi * \frac{d_2}{2}} = \frac{0,036}{2 * \pi * 0,040} = 0,14$$
$$\alpha = 8,15^\circ$$

Součinitel tření mezi ocelí a PA6 z [11] je  $f=0,3$

$$\varphi = \operatorname{arctg}(f) = \operatorname{arctg}0,3 = 16,69^\circ$$

Výpočet axiální síly  $F_a$

$$F_a = \frac{M_K}{r * \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$$

$$F_a = \frac{18,1}{0,020 * \operatorname{tg}(8,15^\circ + 16,69^\circ)} = 1995,02 \text{ N}$$

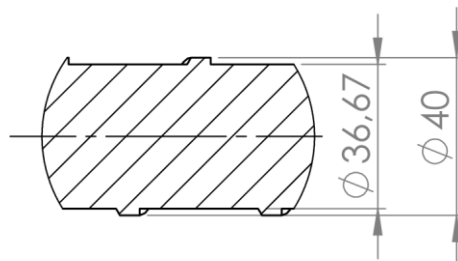
Výpočet axiální síly  $F_v$ . Tato síla vzniká ve fázi vstřikování, při němž tlak ve vstřikovacím válci dosahuje zadané hodnoty 2200 bar. Tento tlak působí na plochu šnekovice.

- $p_v = 2200 \text{ bar} = 22 \text{ MPa}$

$$p_v = \frac{F_v}{S_\xi}$$

Výpočet plochy šnekovice, vypočteme jako rozdíl průměrů šnekovice.

$$S_\xi = \frac{\pi * (d_{\xi 1}^2 - d_{\xi 2}^2)}{4} = \frac{\pi * (40^2 - 36,67^2)}{4} = 200,5 \text{ mm}^2$$

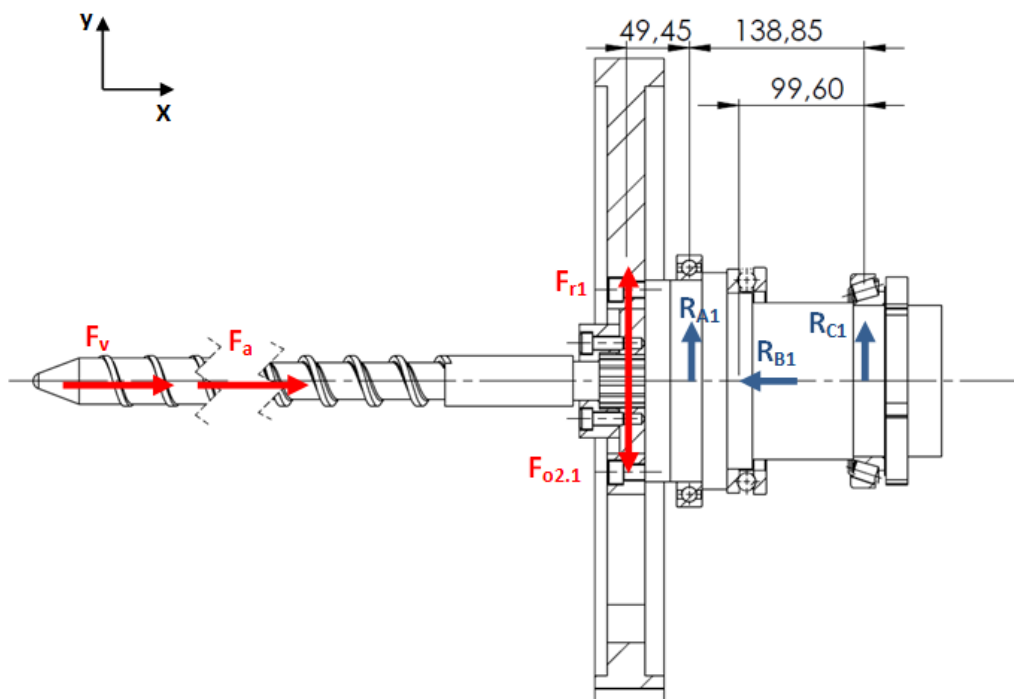


Obr. 20 – Podélný řez vstřikovacím šnekem

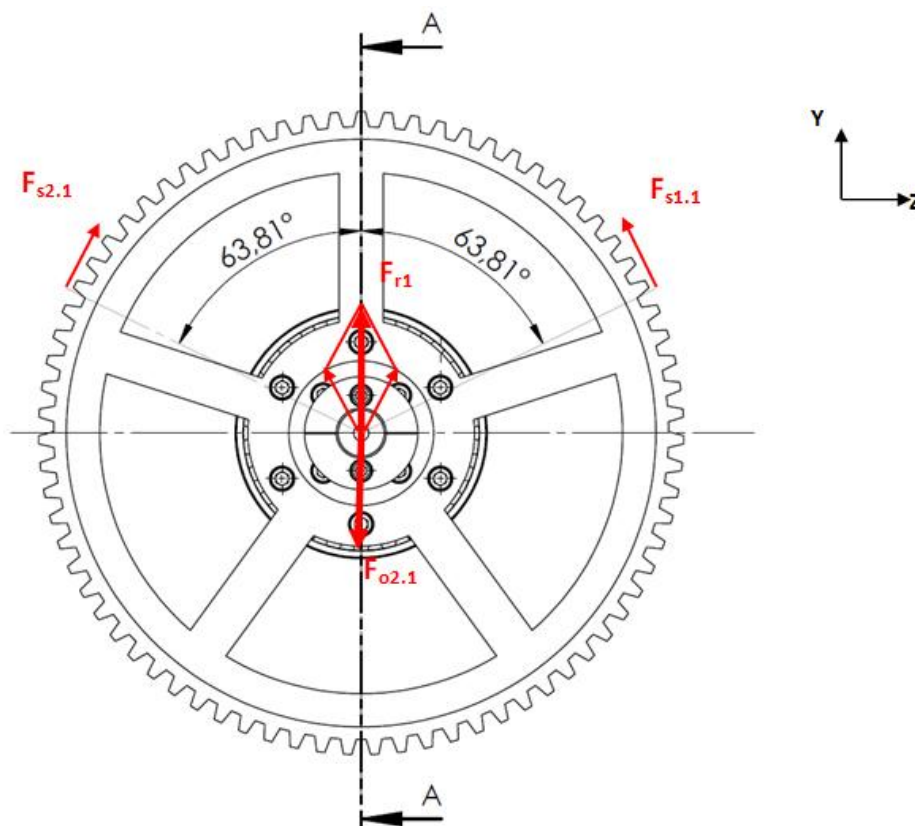
$$F_v = p_v * S_\xi = 22 * 200,5 = 4411 \text{ N}$$



### 5.2.5 VÝPOČET REAKCÍ V LOŽISKÁCH



Obr. 21 – Řez řemenicí a uložením pohyblivé části a rozklad sil v rovině YX



Obr. 22- Řemenice pohyblivé části v rovině YZ

Výpočet reakcí působící na ložiska v rovině XY

$$y = 0: F_v + F_a - R_{B1} = 0$$

$$x = 0: F_{r1} - F_{O2.1} + R_{A1} + R_{C1} = 0$$

$$M_C = 0: F_{r1} * 188,3 - F_{O2.1} * 188,3 + R_{A1} * 138,5 = 0$$

$$R_{A1} = \frac{F_{O2.1} * 188,3 - F_{r1} * 188,3}{138,85} = \frac{11309 * 188,3 - 1353,79 * 188,3}{138,5} = 13534,77 \text{ N}$$

$$1353,79 - 11309 + 13534,77 - R_{C1} = 0$$

$$R_{C1} = 3578,8 \text{ N}$$

$$R_{B1} = F_v + F_a = 4411 + 1995,02 = 6406,02 \text{ N}$$

## 5.2.6 VÝPOČET TVRŇALIVOSTI NAVRŽENÝCH LOŽISEK

$$L_h = \left(\frac{c}{F_e}\right) * \frac{10^6}{n * 60}$$

### RADIÁLNÍ KULIČKOVÉ LOŽISKO

Základní rozměry			Základní hodnoty zatížení		Hodnoty rychlosti		Označení
d	D	B	dynamické C	statické C <sub>0</sub>	Referenční rychlost	Omezující rychlost	** ložisko SKF Explorer
mm			kN		ot/min		-
160	220	28	92,3	98	6000	5000	61932 MA

Obr. 23 - Navržené radiální kuličkové ložisko z katalogu SKF [9]

$$F_e = 0,6 * R_{A1} = 0,6 * 13534,77 = 8120,4$$

$$L_h = \left(\frac{c}{F_e}\right)^3 * \frac{10^6}{n * 60} = \left(\frac{92300}{8120,4}\right)^3 * \frac{10^6}{400 * 60} = 61\,187 \text{ h}$$

$$30\,000 < 61\,187 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## AXIÁLNÍ KULIČKOVÉ LOŽISKO

Základní rozměry		Základní hodnoty zatížení		Hodnoty rychlosti		Označení			
d	D	H	H <sub>1</sub>	C	statické C <sub>0</sub>	Referenční rychlost	Omezující rychlost	Ložisko	Usazovací podložka
mm	mm	mm	mm	kN	kN	ot/min	ot/min	-	-
140	180	31	-	111	440	1800	2600	51128	-

Obr. 24 – Navržené soudečkové ložisko z katalogu SKF [9]

$$F_e = R_{B1} = 6406,02$$

$$L_h = \left(\frac{c}{F_e}\right)^3 * \frac{10^6}{n * 60} = \left(\frac{111000}{6406,02}\right)^3 * \frac{10^6}{400 * 60} = 216\,766,82h$$

$$30\,000 < 216\,766,82 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## JEDNOŘADÉ KUŽELÍKOVÉ LOŽISKO

Základní rozměry			Základní hodnoty zatížení		Hodnoty rychlosti		Označení	
d	D	T	dynamické C	statické C <sub>0</sub>	Referenční rychlost	Omezující rychlost	** ložisko SKF Explorer	
mm	mm	mm	kN	kN	ot/min	ot/min	-	
120	170	27	157	250	2600	3800	T4CB 120	

Obr. 25 – Navržené jednořadé kuželíkové ložisko [9]

$$F_e = R_{C1} = 3578,8\,N$$

$$L_h = \left(\frac{c}{F_e}\right)^3 * \frac{10^6}{n * 60} = \left(\frac{157000}{3578,8}\right)^3 * \frac{10^6}{400 * 60} = 3\,517\,834h$$

$$30\,000 < 3\,517\,834 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 5.3 NÁVRH STACIONÁRNÍ ČÁSTI VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY

### 5.3.1 NÁVRH A KONTROLA POHYBOVÉHO ŠROUBU

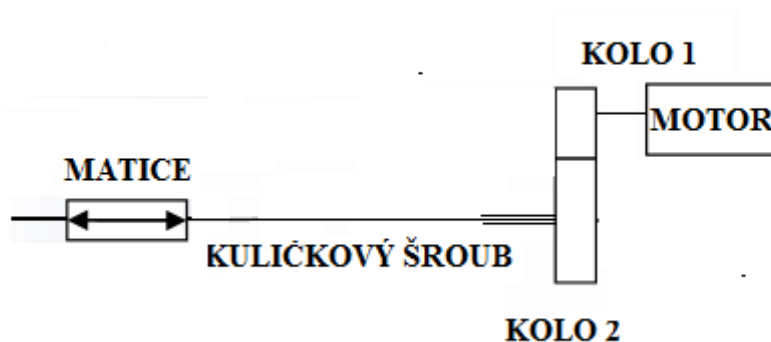
Pohybový šroub transformuje rotační pohyb, jenž vychází z řemenového převodu, na pohyb posuvný. Proti jeho pohybu působí součet dvou axiálních sil ( $F_a$  a  $F_v$ ), a proto bude tento spoj dimenzován na posuvovou sílu  $F_p$ , jenž je větší, než je součet těchto dvou sil.

$$F_a + F_v < F_p$$

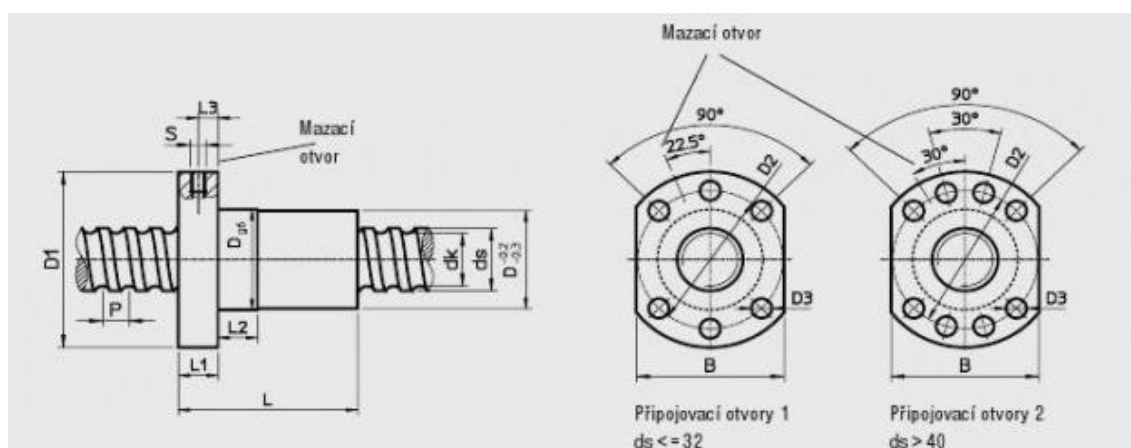
$$1995,02 + 4411 < F_p$$

$$6406,02 < F_p$$

Na obr. 26 vidíme základní schéma navrhovaného mechanismu. Jedné se o variantu, kde se šroub otáčí a matice posouvá.



Obr. 26 – Základní schéma nepohyblivé části a kuličkové matice



Obr. 27 – Kuličková matice [10]

Byla zvolena matice s následujícími parametry

Označení	ds	P	D g6	D1	D2	D3	L	L1	L2	L3	S	B	dk	C <sub>dyn</sub> [N]	C <sub>0</sub> [N]
DEB6320-R-4EP	63	20	95	135	115	13,5	150	20	25	10	M8x1	100	55,4	105000	250000

Obr. 28 – Parametry kuličkové matice [10]

Ze zadané hodnoty vstřikovaného objemu za sekundu můžeme vypočítat ze vzorce pro objem válce, výšku válce, která se bude rovnat vzdálenosti, jež urazí vstřikovací šnek za jednu sekundu.

$$V_v = \pi * \left(\frac{d_s}{2}\right)^2 * h$$

$$h = \frac{V_v}{\pi * \left(\frac{d_s}{2}\right)^2} = \frac{198}{\pi * \left(\frac{4}{2}\right)^2} = 15,76 \text{ cm} = 0,1576 \text{ m}$$

$$v_s = 0,1576 \text{ m} * s^{-1} = 9,46 \text{ m} * \text{min}^{-1}$$

Pro kuličkový šroub je vztah mezi rotací a posuvem dán stoupáním šroubu.

$$v_s = n_2 * s$$

## VSTUPNÍ PŘEVOD

$$i_{vstup} = \frac{\omega}{\omega_1} = \frac{n}{n_1}$$

## FINÁLNÍ PŘEVOD

$$i_{final} = \frac{\omega_1}{v} = \frac{2 * \pi * n_2}{n_2 * s} = \frac{2 * \pi}{s} = \frac{2 * \pi}{0,020} = 314,16$$

## OTÁČKY ŠROUBU

$$n_2 = \frac{v_s}{s} = \frac{9,46}{0,020} = 472,8 \text{ min}^{-1}$$

## NAVRHNUTÝ VSTUPNÍ PŘEVOD

$$i_{vstup} = 3$$

## CELKOVÝ PŘEVOD

$$i_{celk} = i_{vstup} * i_{final} = 3 * 314,16 = 942,48$$

## POTŘEBNÉ OTÁČKY MOTORU

$$n_1 = n_2 * i = 472,8 * 3 = 1418,4 \text{ min}^{-1}$$

## ÚČINNOST ŠROUBOVÉHO SPOJE

$$\eta = \frac{tg\alpha}{tg(\alpha + \varphi)} \qquad tg\alpha = \frac{s}{\pi * d_2}$$

Kde:

- Stoupání závitu pro průměr  $d_s=63$  mm je:  $s = 20$  mm
- Střední průměr závitu je:  $d_2 = 55,4$  mm
- Součinitel tření u kuličkového šroubu je:  $f = 0,01$

$$tg\alpha = \frac{20}{\pi * 55,4} = 0,115 \qquad \alpha = arctg 0,18 = 6,55^\circ$$

$$tg\varphi = f \qquad \varphi = arctg 0,01 = 0,57^\circ$$

$$\eta = \frac{tg6,55^\circ}{tg(6,55^\circ + 0,57^\circ)} = 0,92$$

## KROUTÍCÍ MOMENT NA ŠROUBU

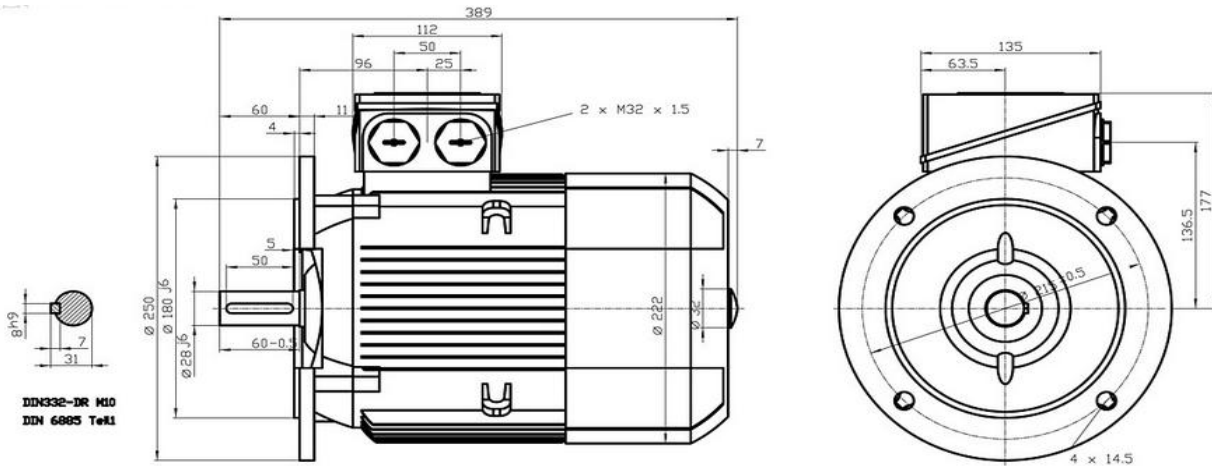
$$M_{\xi} = \frac{F}{(i_{final} * \eta_{\text{šroub}})} = \frac{6406,02}{314,16 * 0,92} = 22,166 \text{ Nm}$$

## KROUTÍCÍ MOMENT NA MOTORU

$$M_{mot} = \frac{M_{\xi}}{(i_{vstup} * \eta_{opásání})} = \frac{22,166}{3 * 0,98} = 7,5 \text{ Nm}$$

## ELEKTROMOTOR

Na základě vypočteného kroutícího momentu byl zvolen elektromotor od firmy SIEMENS 1LE1002-1B2. O výkonu  $P = 4\text{kW}$ , kroutícím momentem  $M = 13\text{ Nm}$  a otáčkami  $n = 1435\text{min}^{-1}$ .



Obr. 29- Navržený elektromotor 2 [7]

## KONTROLA POHYBOVÉ ŠROUBU

Kuličkové šrouby a matice se kontrolují podobným způsobem jako valivá ložiska

Statická kontrola

$$F_C \leq C \qquad 7726,83 \leq 250000$$

Kontrola z hlediska trvanlivosti

$$L_h = \frac{16666}{n} * \left(\frac{C}{F_C}\right)^3$$

Pro tento případ uvažujeme pouze jeden soubor hodnot a to těch nejvyšších možných, a proto platí:

$$L_h = L_{hi} \quad n_e = n_{ei} \quad F_e = F_{ei}$$

$$L_h = \frac{16666}{400} * \left(\frac{105000}{7726,83}\right)^3 = 104552 \text{ hod}$$

Vypočtená hodnota vyhovuje.  $30\,000 < 104552 \text{ hod}$ .

### 5.3.2 NÁVRH OZUBENÉHO ŘEMENE

Nejprve je nutné určit průměr hnané řemenice. Ovšem vzhledem ke skutečnosti, že jsme v předchozí kapitole určili převodový poměr a otáčky obou řemenic bude velmi snadné určit průměr hnané řemenice.

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

$$d_2 = d_1 * i = 67 * 3 = 201 \text{ mm}$$

Volím  $d_2=200$  mm

#### OBVODOVÁ RYCHLOST

$$v = \frac{\pi * d_2 * n_2}{60} = \frac{\pi * d_1 * n_1}{60} = \frac{\pi * 0,067 * 1418,4}{60} = \frac{\pi * 0,200 * 472,8}{60} = 4,97 \text{ m} * \text{s}^{-1}$$

#### OBVODOVÁ SÍLA V OPÁSÁNÍ HNANÉ ŘEMENICE

$$F_2 = \frac{P}{\pi * d_2 * v_2} = \frac{4000}{\pi * 0,200 * 4,97} = 1280,93 \text{ N}$$

#### ODSTŘEDIVÁ SÍLA V HNANÉ ŘEMENICI

$$F_{02} = m * \frac{v^2}{r_2} = 0,81 * \frac{4,97^2}{0,100} = 200 \text{ N}$$

#### SÍLA V ZATĚŽOVANÉ VĚTVI

$$\mu = 0,3[-] [6]$$

$$\beta = 163,96^\circ = 2,86 \text{ [rad]}$$

$$F_{s1.2} = F_2 * \frac{e^{\beta\mu}}{e^{\beta\mu} - 1} = 1280,93 * \frac{e^{2,86*0,3}}{e^{2,86*0,3} - 1} = 2210,57 \text{ N}$$

#### SÍLA V ODLEHČENÉ VĚTVI

$$F_{s2.2} = F_2 * \frac{1}{e^{\beta\mu} - 1} = 1280,93 * \frac{1}{e^{2,86*0,3} - 1} = 942,94 \text{ N}$$

#### POTŘEBNÁ PŘEDEPÍNAČÍ SÍLA

$$F_{p2} = \frac{F_{s1.2} + F_{s2.2}}{2} = \frac{2210,57 + 942,94}{2} = 1576,76 \text{ N}$$



## SÍLA NA LOŽISKA

$$F_{r2} = \sqrt{F_{s1.2}^2 + F_{s2.2}^2 - 2 * F_{s1.2} * F_{s2.2} * \cos\beta}$$

$$F_{r2} = \sqrt{942,94 + 1576,76^2 - 2 * 942,94 * 1576,76 * \cos 163,96^\circ} = 2496,62 \text{ N}$$

## VÝPOČET DÉLKY OZUBENÉHO ŘEMENE

Zadaná osová vzdálenost  $a = 477 \text{ mm}$

$$L = 2 * a * \sin \frac{\beta}{2} + d_1 * \beta + \frac{d_2}{2} * (2\pi - \beta)$$

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2 * a} = \frac{200 - 67}{2 * 477} = 0,139$$

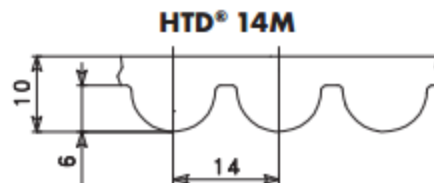
$$\frac{\beta}{2} = 81,98^\circ \cong 1,43 \text{ rad}$$

$$L = 2 * 477 * \sin 81,98^\circ + 67 * (2,86) + \frac{200}{2} * (2 * \pi - 2,86) = 1478,6 \text{ mm}$$

## HDT 1500 – 14M - 50

Kde:

- Šířka řemene je:  $b_0 = 55 \text{ mm}$
- Výška řemene:  $t = 10 \text{ mm}$
- Délka řemene:  $L = 1500 \text{ mm}$
- Modul pružnosti v ohybu:  $E_0 = 50 \text{ MPa}$
- Dovolené napětí:  $\sigma_D = 7 \text{ MPa}$



## KONTROLA ŘEMENU

Obr. 30 – Navrhnutý řemen pro převod v pohyblivé části [8]

- Namáhání tahem

$$\sigma_T = \frac{F_{s1.2}}{t * b_0} = \frac{2210,57}{10 * 55} = 4,02 \text{ MPa}$$

- Namáhání ohybem

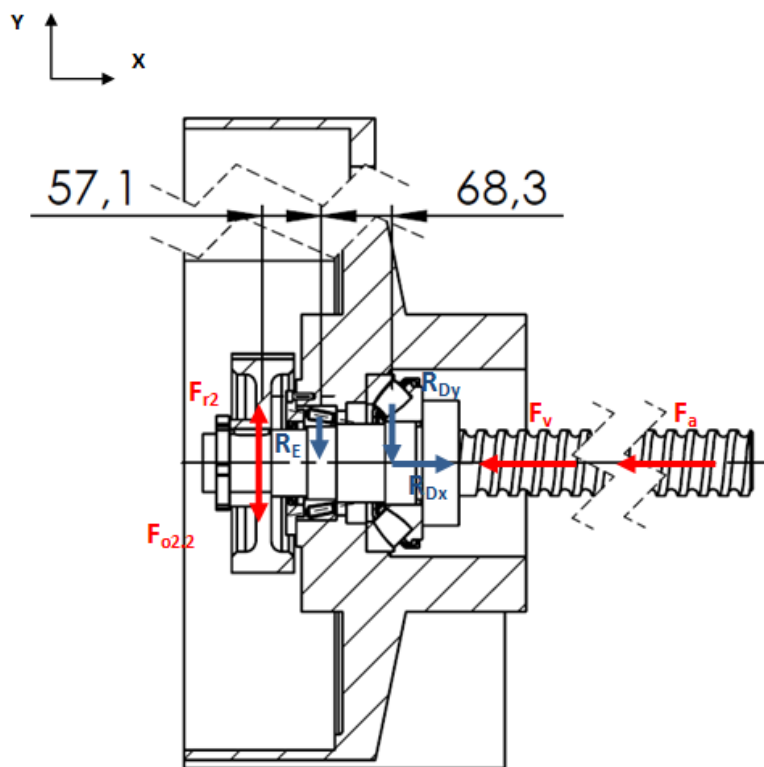
$$\sigma_o = \frac{t}{d - t} * E_0 = \frac{10}{200 - 10} * 50 = 2,63 \text{ MPa}$$

Výsledné napětí

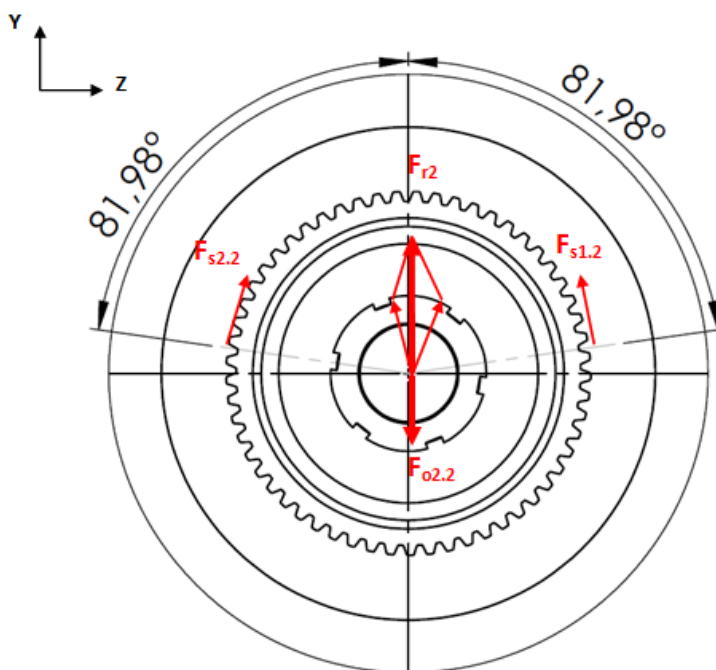
$$\sigma_{max} = \sigma_t + \sigma_o \leq \sigma_D$$

$$\sigma_{max} = 4,02 + 2,63 = 6,65 \text{ MPa} < 7 \text{ MPa}$$

### 5.3.3 VÝPOČET REAKCÍ V LOŽISKÁCH



Obr. 31- Řez uložením nepohyblivé části



Obr. 32- Řemenice pohyblivé části v rovině YZ

Výpočet reakcí působící na ložiska v rovině XY

$$x = 0: F_v + F_a = R_{Dx}$$

$$y = 0: F_{r2} - F_{o2.2} + R_E + R_{Dy} = 0$$

$$M_D = 0: F_{r2} * (57,1 + 68,3) - F_{o2.2} * (57,1 + 68,3) - R_E * (68,3) = 0$$

$$R_E = \frac{F_{r2} * (57,1 + 68,3) - F_{o2.2} * (57,1 + 68,3)}{68,3} = \frac{2496,62 * 125,4 - 200 * 125,4}{68,3}$$

$$R_E = 4216,6$$

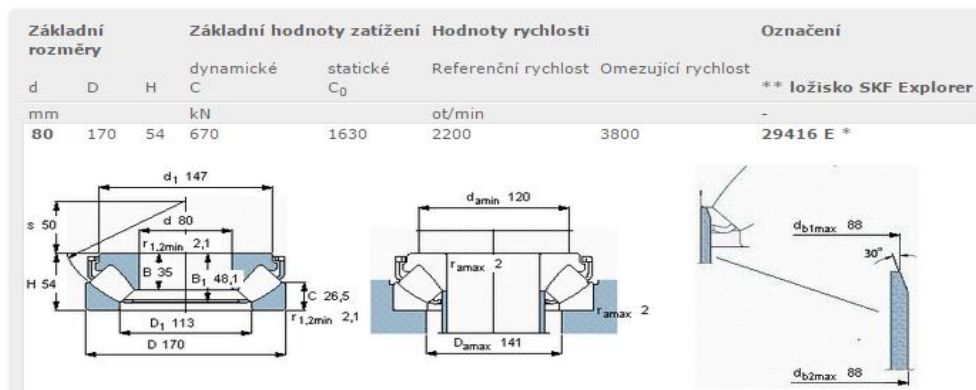
$$R_{Dy} = -F_{r2} + F_{o2.2} - R_E = -2496,62 + 200 - 4216,6 \text{ N} = -6513,22 \text{ N}$$

$$R_{Dx} = F_a + F_v = 1995,02 + 4411 = 6406,02 \text{ N}$$

### 5.3.4 VÝPOČET TRVANLIVOSTI NAVRŽENÝCH LOŽISEK

$$L_h = \left( \frac{c}{F_e} \right) * \frac{10^6}{n * 60}$$

### AXIÁLNÍ SOUDEČKOVÉ LOŽISKO



Obr. 33- Navržené axiální soudečkové ložisko [9]

$$F_e = |R_{Dy}| + 1,2 * R_{Dx} = 6513 + 1,2 * 6406,02 = 14200,2 \text{ N}$$

$$L_h = \left( \frac{c}{P_r} \right)^3 * \frac{10^6}{n * 60} = \left( \frac{670000}{14200,2} \right)^3 * \frac{10^6}{472,8 * 60} = 3702646 \text{ hod}$$

$$30\ 000 < 3702646 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## JEDNOŘADÉ KUŽELÍKOVÉ LOŽISKO

Základní rozměry			Základní hodnoty zatížení		Hodnoty rychlosti		Označení
d	D	T	dynamické C	statické C <sub>0</sub>	Referenční rychlost	Omezující rychlost	** ložisko SKF Explorer
mm	mm	mm	kN	kN	ot/min	ot/min	-
70	110	25	101	153	4300	5600	32014 X/Q

Obr. 34- Navržené jednořadé kuželíkové ložisko [9]

$$F_e = R_E = 4216,6$$

$$L_h = \left(\frac{c}{P_r}\right)^3 * \frac{10^6}{n * 60} = \left(\frac{101000}{2296,62}\right)^3 * \frac{10^6}{472,8 * 60} = 2979305h$$

$$30\ 000 < 2979305 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 6 ZHODNOCENÍ NÁVRHU

### KOSTRUKČNÍ

Z hlediska konstrukčního jsou plně elektrické jednotky vhodné díky jejich přesnému pohybu a vysokým rychlostem.

### EKONOMICKÉ

Tento návrh může být hodnocen z hlediska ekonomického ve dvou variantách.

První variantou je ekonomická stránka nákladů na výrobu daného provedení. Většina dílů je nakupovaná. Seznam všech nakupovaných dílů je v tabulce v příloze. Cena všech nakupovaných dílů činí **65 748 CZK**. Cenu dílů, jenž budou vyráběny nejsem schopen zcela přesně určit, odvíjela by se dle typu zvolené technologie.

Druhou variantou jsou náklady spojené s vlastním provozem. Plně elektrické vstřikovací jednotky mají výrazně nižší spotřebu elektrické energie. Oproti hydraulickým strojům mají výhodu v tom, že nemají elektrické čerpadlo, které je v chodu, i když není potřeba velký výkon. Naproti tomu elektromotory jsou v běhu pouze tehdy, když to daná operace vyžaduje. Dalším faktem, který hovoří ve prospěch plně elektrických strojů je absence hydraulických kapalin a hlavně jejího chlazení.

## 7 ZÁVĚR

V první, teoretické části jsem se věnoval všeobecným poznatkům týkající se vstřikování. Jelikož výchozím polotovarem pro vstřikování je polymer, věnoval jsem tedy první bod právě rozdělení polymerů. Dalším bodem je samotné vstřikování, kde jsem na začátku uvedl základní typy vstřikovacích strojů a jejich konstrukci. Následně jsem představil vstřikovací cyklus a jeho jednotlivé fáze. Po uvedení těchto základních poznatků a principů jsem přistoupil k popisu samotného pohonu vstřikovací jednotky. Pohony jsem rozdělil na hydraulické, elektrické a hybridní. U těchto tří skupin jsem představil jejich základní konstrukční varianty a provedení. Na závěr jsem ještě uvedl další prvky, jež souvisí se vstřikovací jednotkou. Tento delší úvod mi přišel nezbytně nutný k uvedení čtenáře do problematiky mé bakalářské práce.

V druhé, praktické části jsem si vybral pro návrh a kontrolu elektricky poháněnou vstřikovací jednotku, jež mají stroje, které se nachází v kategorii mezi stroji s uzavírací silou od 300 kN do 3000 kN. Dále jsem si definoval výstupní parametry, které mají stroje v podobné kategorii. A na základě těchto parametrů jsem provedl vlastní návrh a kontrolu.

V třetí části, jsem za pomoci CAD softwaru SOLIDWORKS 2014 zhotovil 3D model vstřikovací jednotky.

V poslední části, jsem zhodnotil návrh a vytvořil výkresovou dokumentaci.

## POUŽITÁ LITERATURA A SOFTWARE

### LITERATURA:

- [1] **DVOŘÁK, R.** *MM Průmyslové spektrum*.  
<http://www.mmspektrum.com/clanek/stroje-pro-vstrikovani-plastu.html>. Praha: 2002
- [2] **LENFELD, P.** *Vstřikování plastů*.  
[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm):Liberec: TUL, 1970
- [3] *Technologie tváření plastů*.  
<http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-i/>
- [4] **DUCHÁČEK, V.** *POLYMERY: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2005. ISBN 80-70-80-241-3.
- [5] **KRATOCHVÍL, B., ŠVORČÍK, V., VOJTĚCH, D.** Úvod do studia materiálů.1. vydání. ISBN 80-7080-568-4. 2005
- [6] **KRÁTKÝ, J., KRÓNEROVÁ, E.** *Obecné strojní části 2*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2011
- [7] **BOLEK, A., KOCHMAN, J.** *Části strojů*. Praha: SNTL, 1989
- [8] *Vysoký plastikační výkon*  
<http://www.esinte.eu/>
- [9] *Elektromotory Siemens*  
<http://www.elektromotory.net/siemens/11a7-3000-otacek/11e1001-6-5.html>
- [10] **HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J.** *Příručka strojního inženýra: obecné strojní části 2, Převodové mechanismy*. Praha:Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-202-5.
- [11] **KOLEKTIV AUTORŮ.** *Základy fyziky polymerů*. Praha: Macro, 1998

## **OBRÁZKY:**

- [1] <http://www.mmspektrum.com/clanek/konstrucni-provedeni-vstrikovacich-lisu.html>
- [2] <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-i/>
- [3] [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)
- [4] **JOHANNABER, F.** Injection molding machine
- [5] <https://publi.cz/books/181/04.html>
- [6] <http://www.esinte.eu/esinte/nahradni-dily-a-servis/vysoky-plastifikacni-vykon>
- [7] <http://www.elektromotory.net/siemens/11a7-3000-otacek.html>
- [8] <http://www.matis.cz/cs/produkt/htd-remeny-s-metrickou-rozteci>
- [9] <http://www.skf.com/cz/index.html>
- [10] [http://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/okruzovane-srouby/57\\_matice](http://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/okruzovane-srouby/57_matice)

## **SOFTWARE**

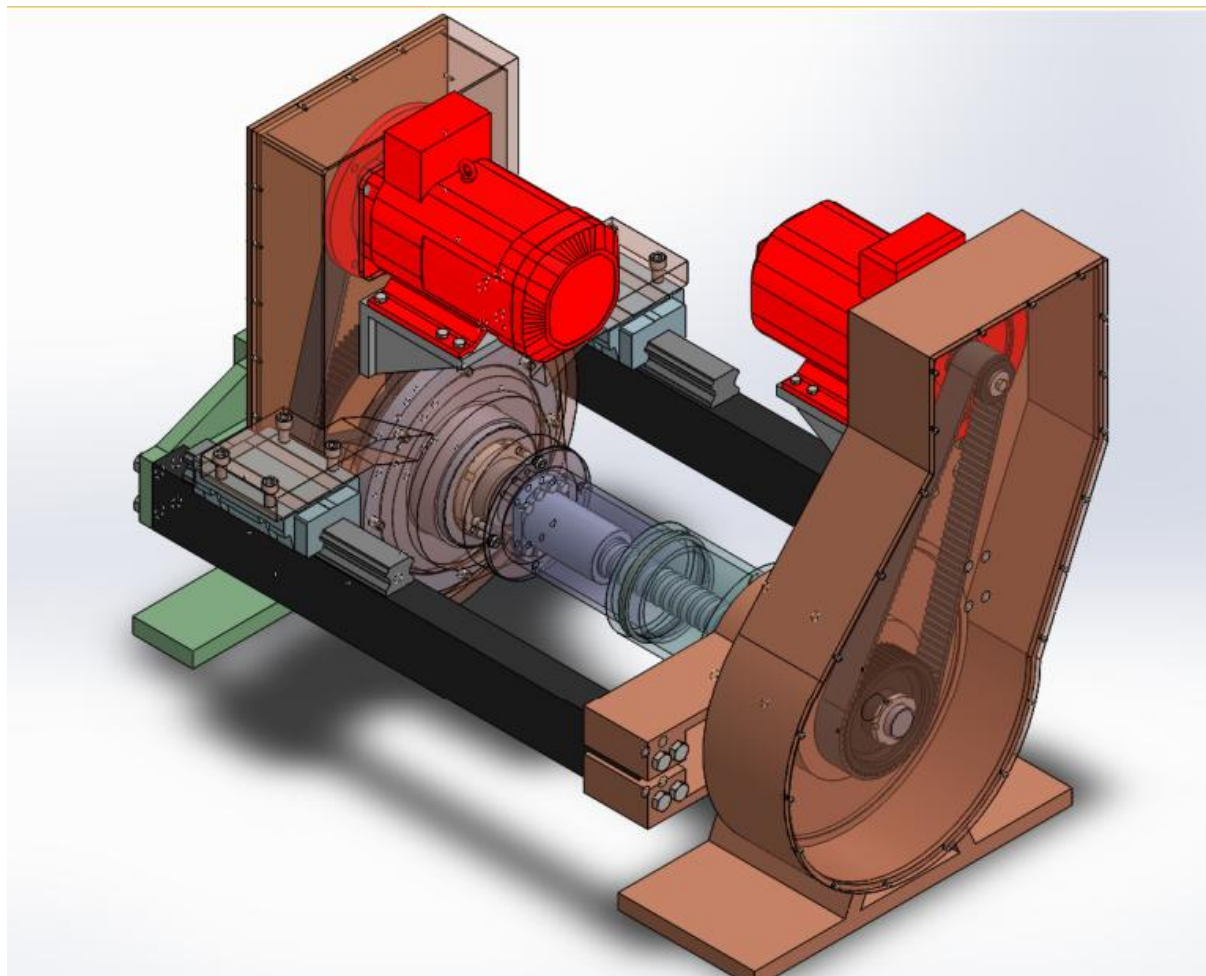
SOLIDWORKS 2014

Microsoft Office Word 2007

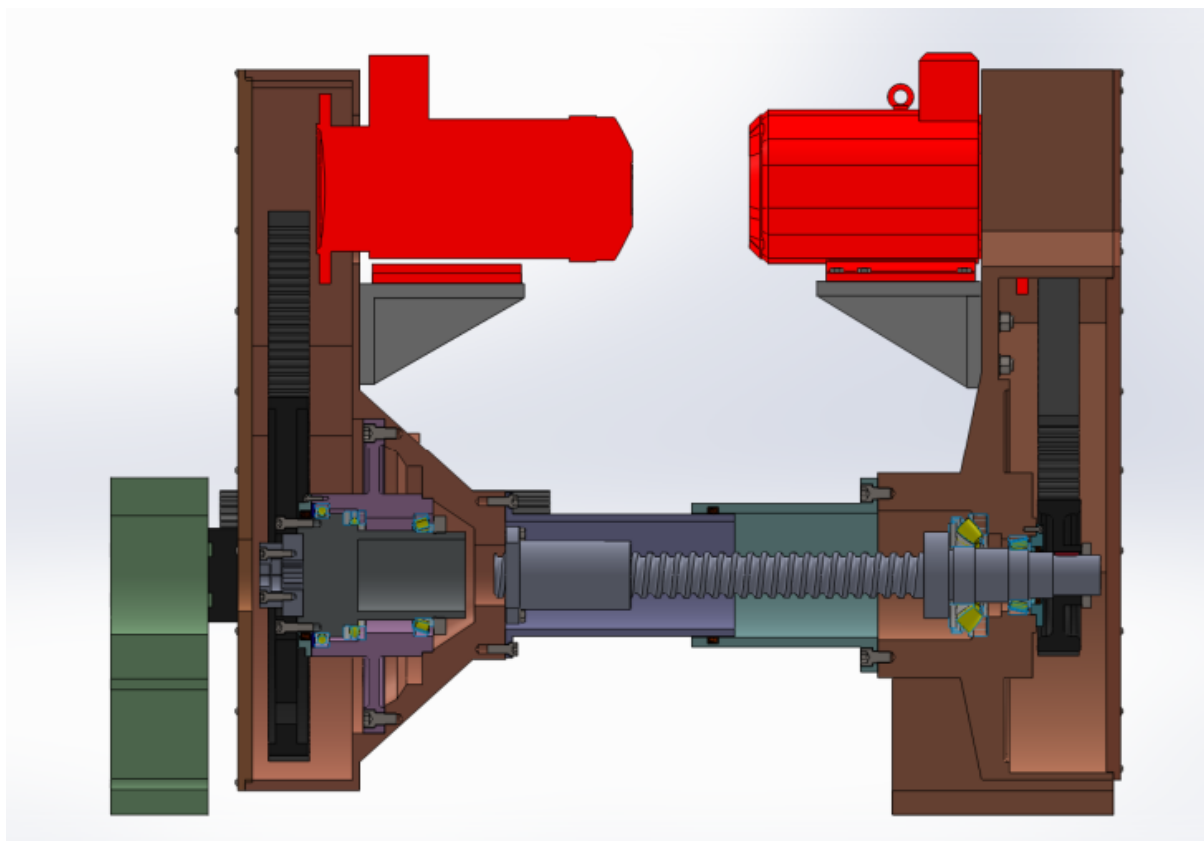
Microsoft Office Excel 2007



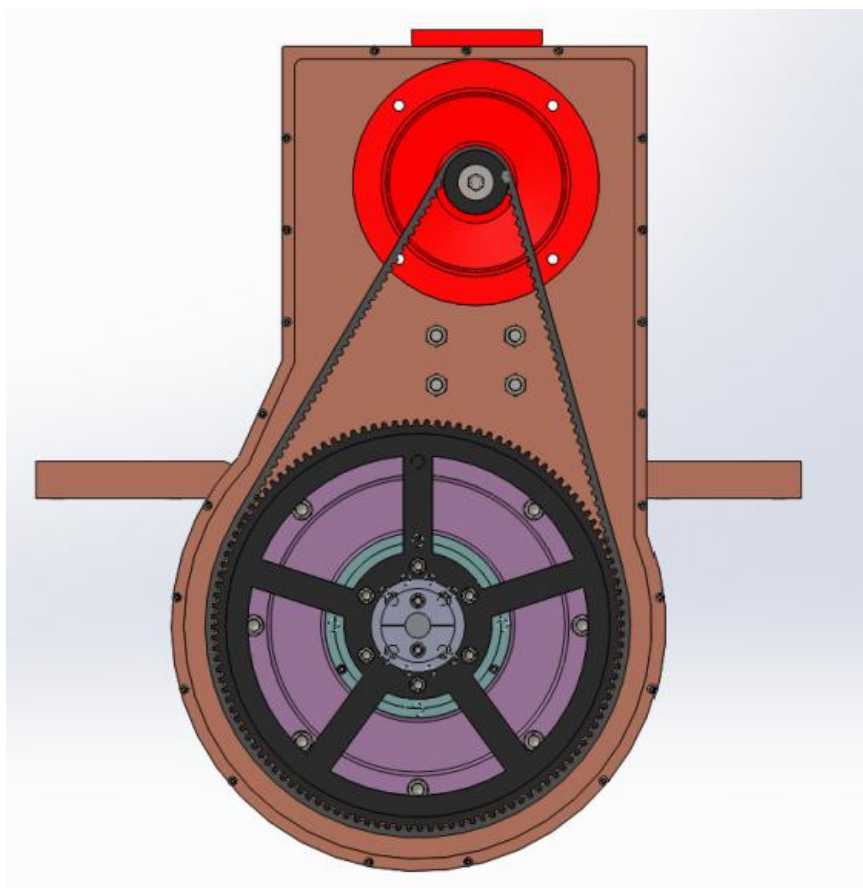
## PŘÍLOHY



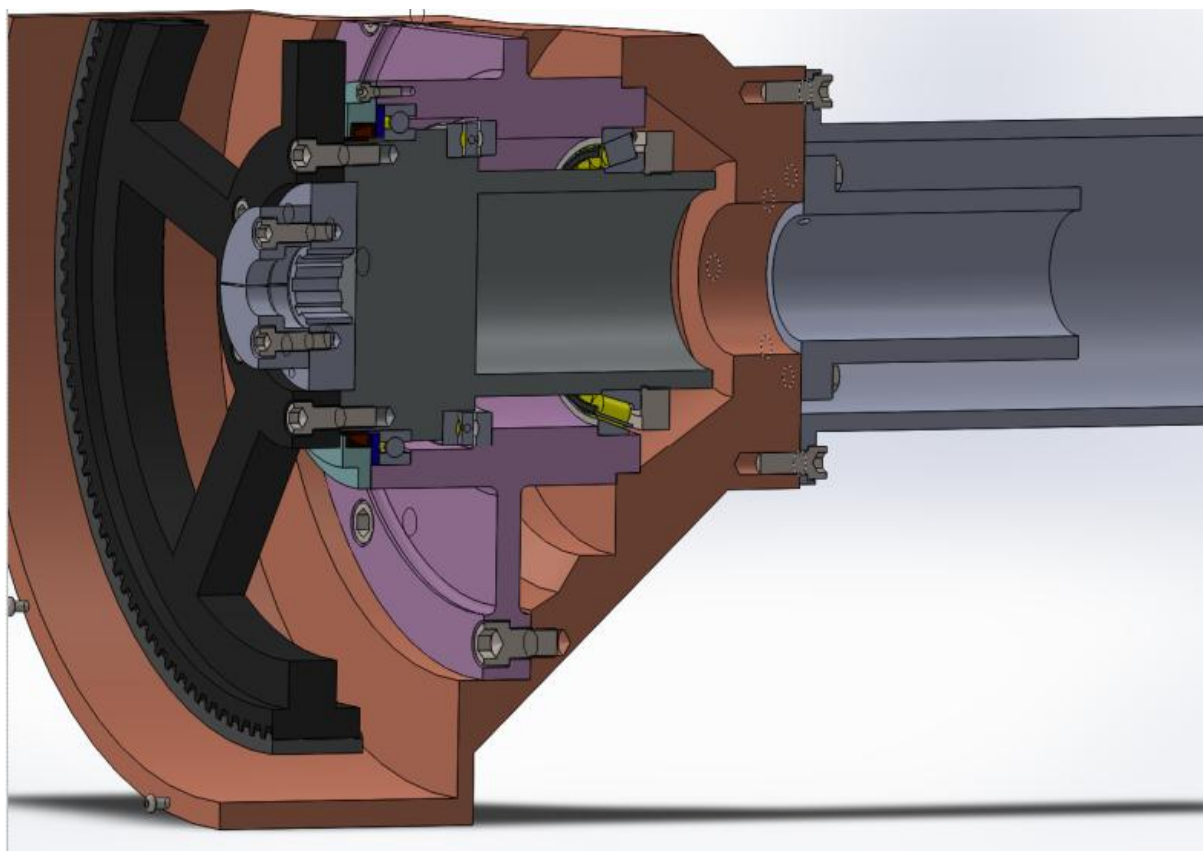
Izometrický pohled pohonu vstříkovací jednotky



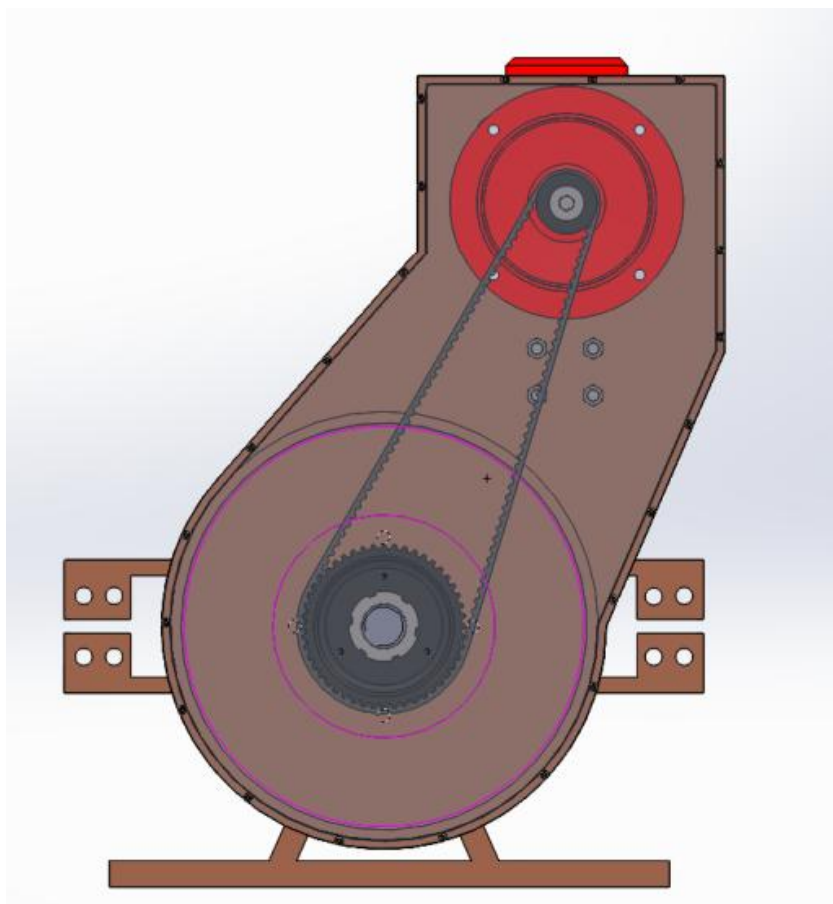
**Pohled průřezem pohonu**



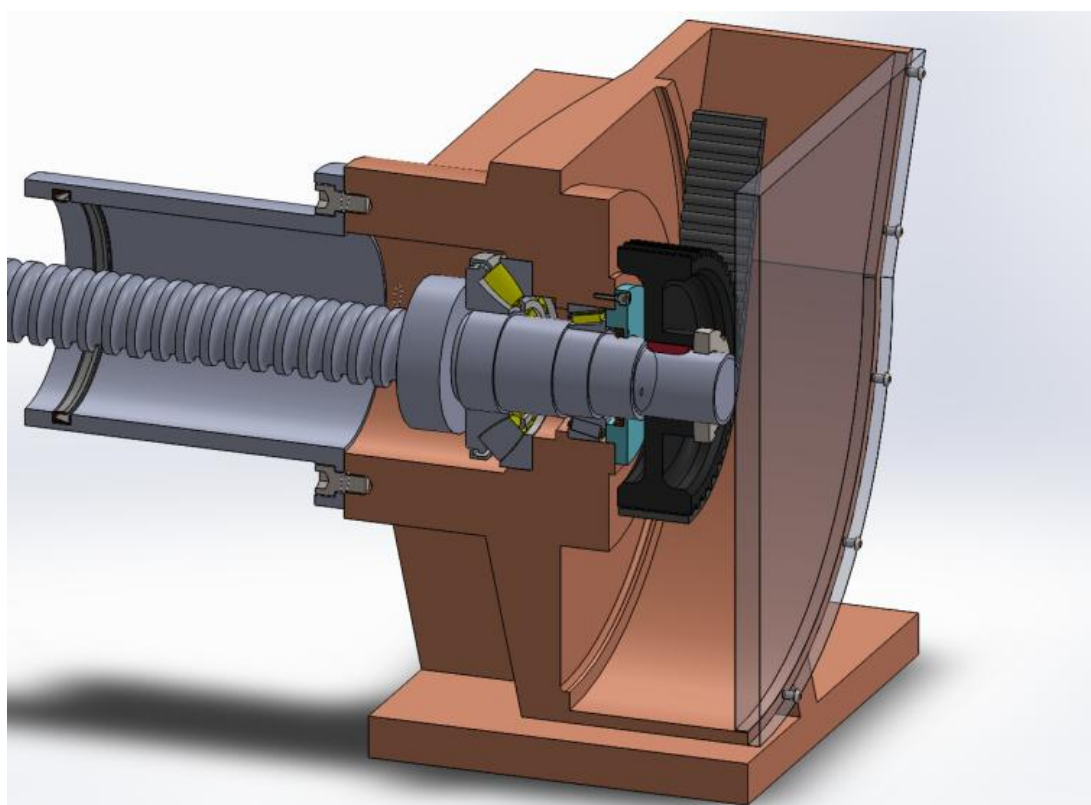
Přední pohled do pohyblivé části



Čtvrtinový řez do pohyblivé části



Přední pohled do stacionární části



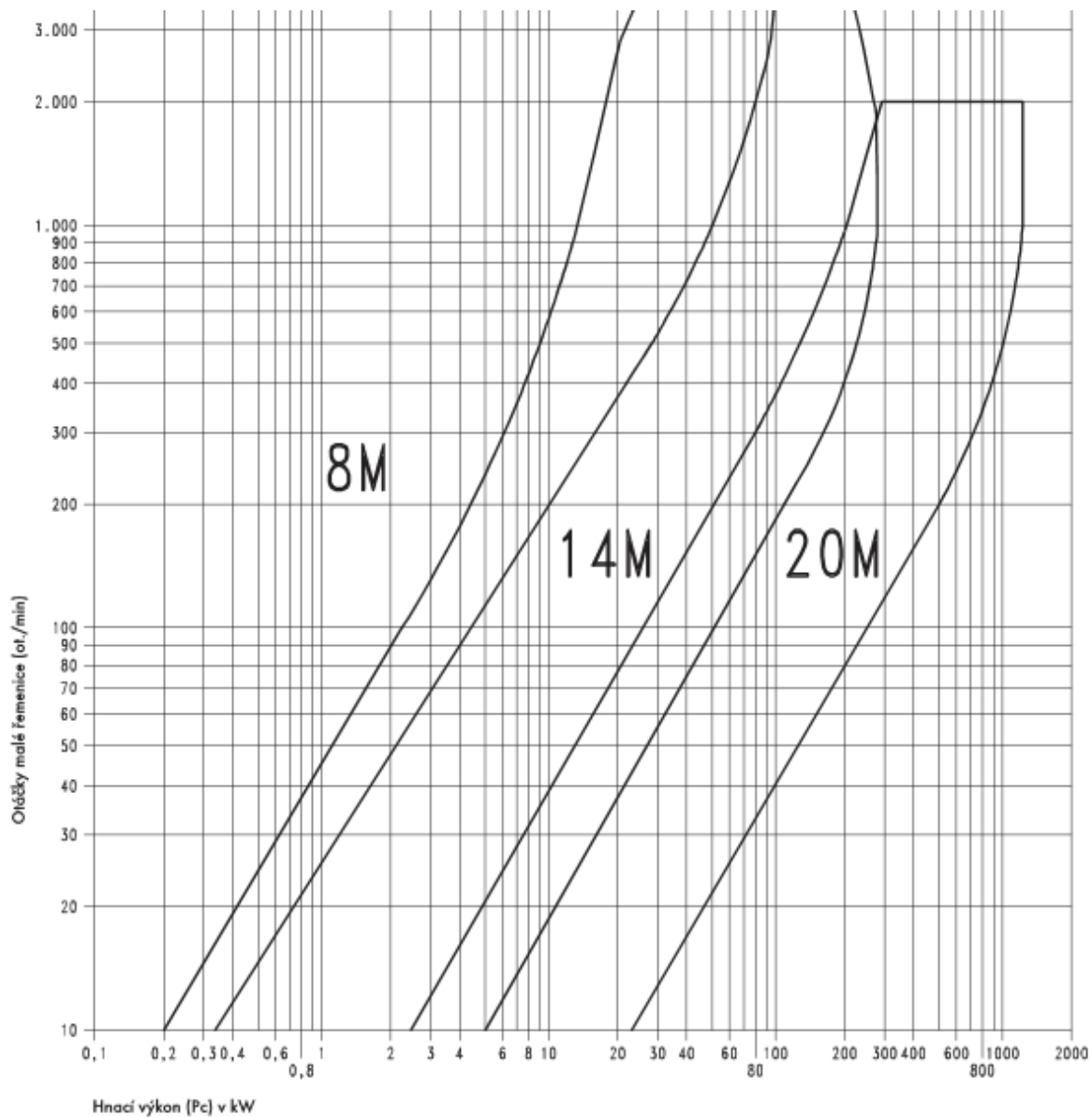
Čtvrtinový řez do stacionární části

NÁZEV	OBCHODNÍ NÁZEV	CENA/ks[CZK]	POČ. KUSŮ	CENA CELKEM
Radiální kuličkové ložisko	SKF 6030-z/w64	6268,42	1	6268,42
Soudečkové ložisko	SKF 29417	16956,07	1	16946,07
Jednořadé kuželíkové ložisko	SKF 33022	4932,55	1	4932,55
Kuličková matice	DEB6320-R-SEP	5640,32	1	5640,32
Axiální soudečkové ložisko	SKF 29416	17253,41	1	17253,41
Jednořadé kuželíkové ložisko	SKF 32014	1489,88	1	1489,88
Servomotor 1	SIEMENS 1LE1002-1CA1	10333,5	1	10333,5
Servomotor 2	SIEMENS 1LE1002-1BBB	6599,34	1	6599,34
Těsnění 1	SKF 170x190x15	333,93	1	333,93
Těsnění 2	SKF 64X80X8	44,18	1	44,18
Těsnění 3	SKF 160x180	248,26	1	248,26
Šroub	M6x1.5x20	2	6	12
Šroub	M16x1.5x65	65	4	260
Matice	M16x1.5	2	8	16
Šroub	M12x1.5x65	4	25	100
Šroub	M10x1.0x20	3,04	6	18,2
Šroub	M6x1.0x20	3	43	129
Šroub	M12x1.25x20	8,4	6	50,4

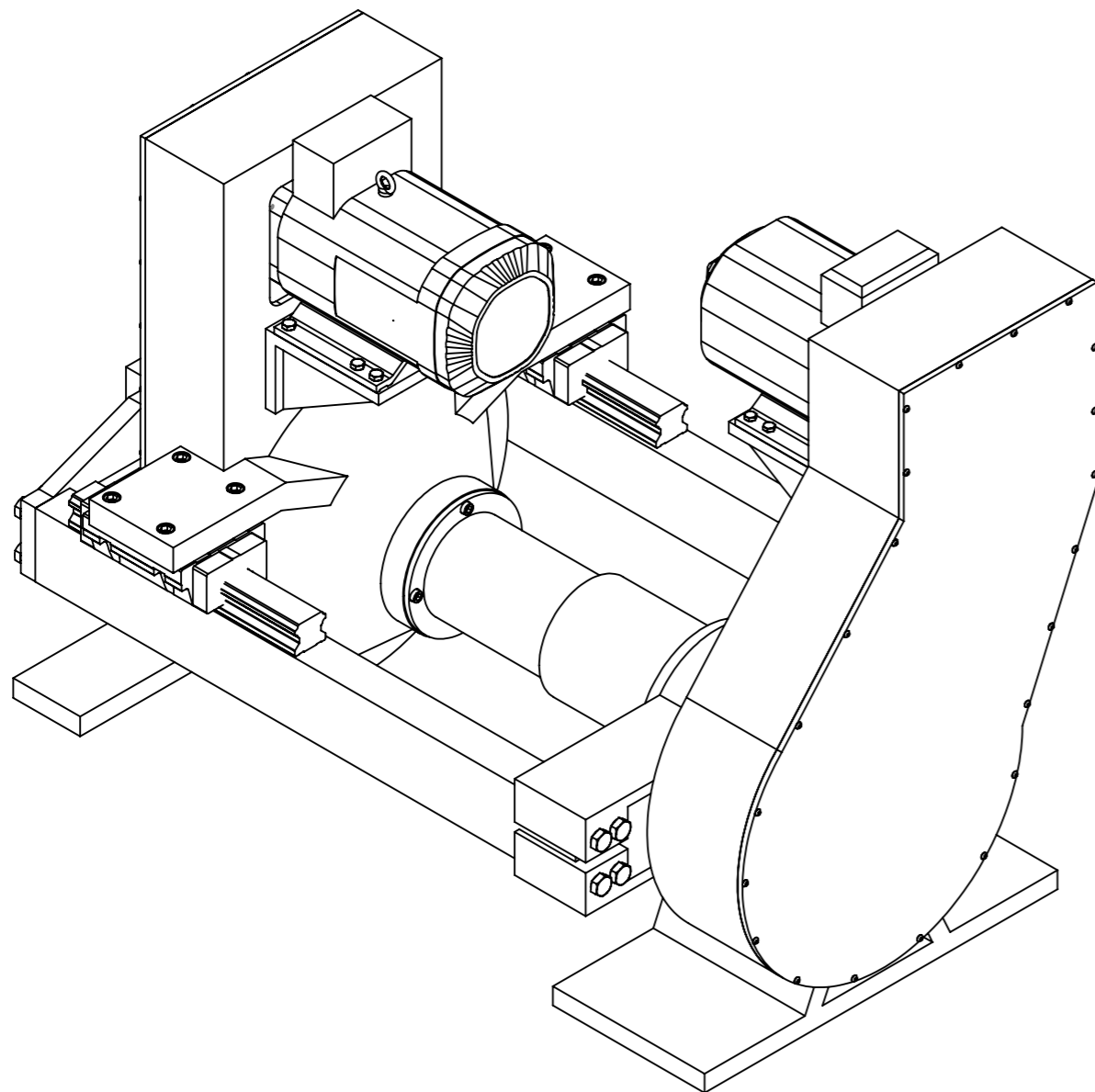
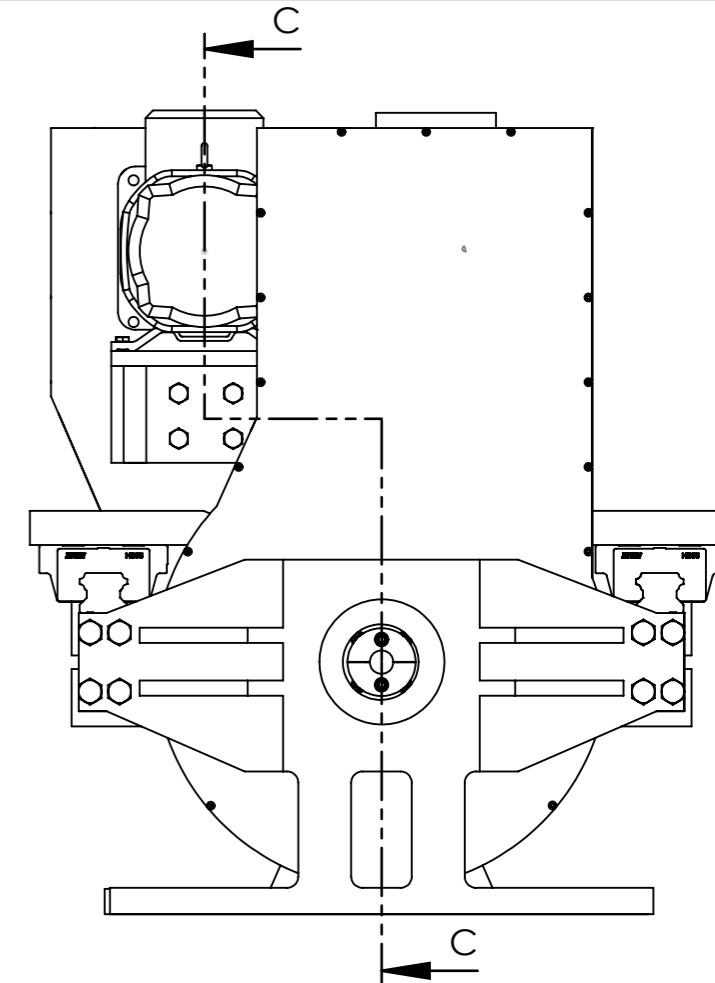
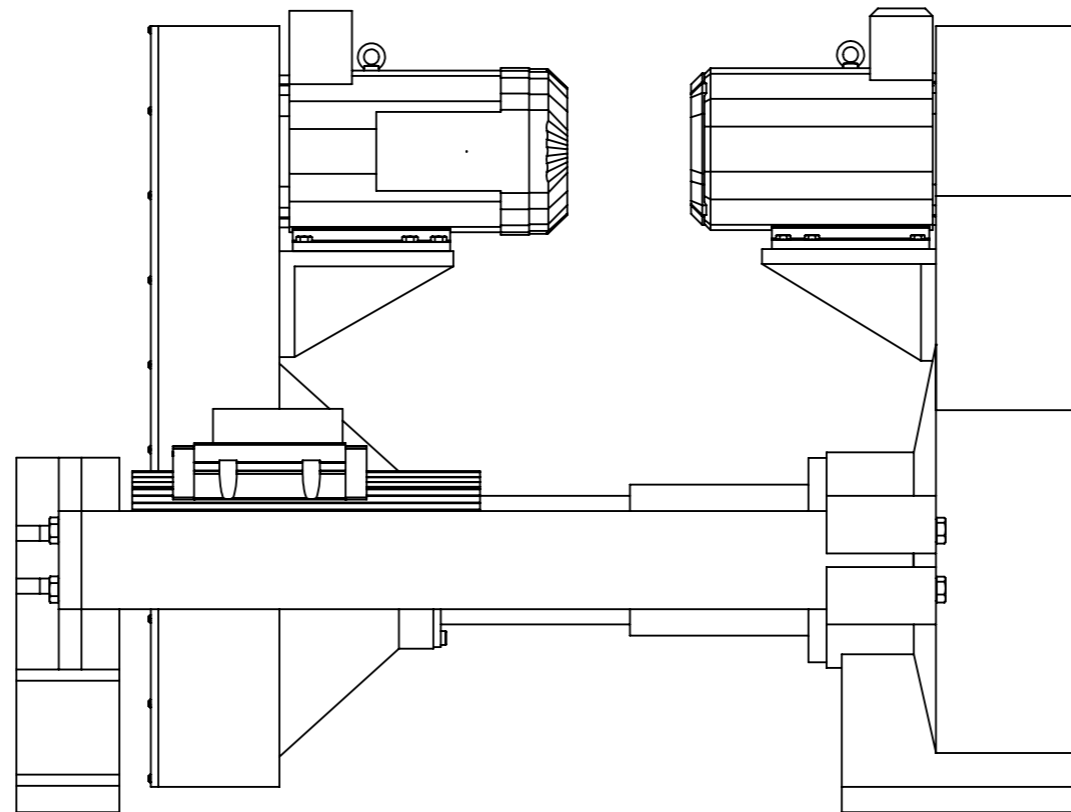
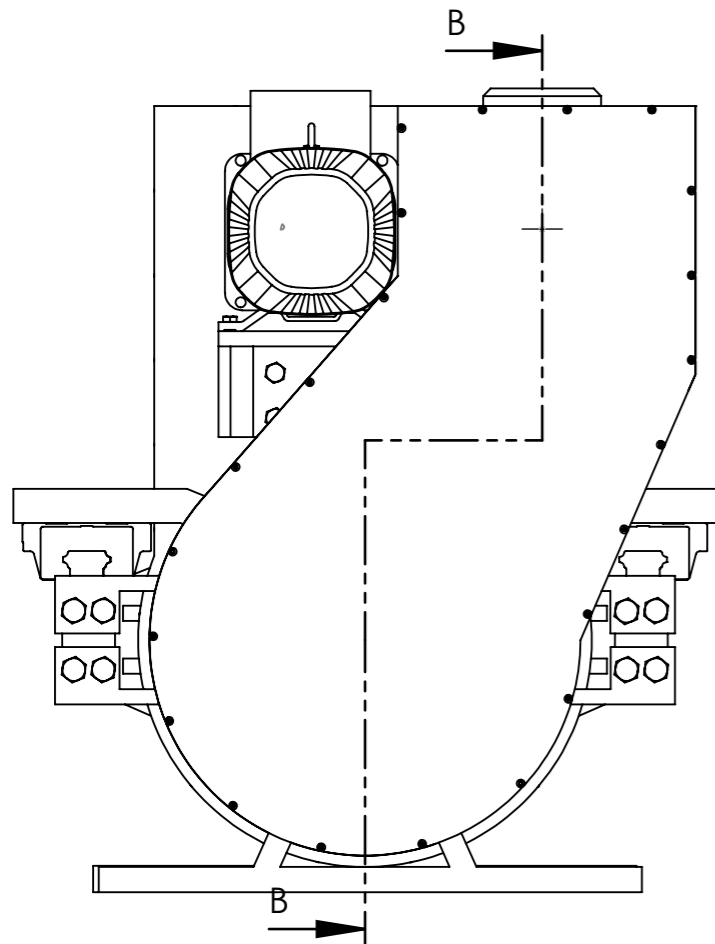
Přehled cen nakupovaných dílů

<b>NÁZEV</b>	<b>OBCHODNÍ NÁZEV</b>	<b>CENA/ks[CZK]</b>	<b>POČ. KUSŮ</b>	<b>CENA CELKEM</b>
Šroub	M12x1.25x40	9,4	4	37,6
Šroub	M10x1.25 x 30	7	2	14
Šroub	M16x1.25x30	12,3	8	98,4
Šroub	M16x1.5x45	25	4	100
Šroub	M12x1.25x25	9,2	6	36,8
Šroub	M12x1.25x50	11	1	11
Šroub	M12x1.5 x 30	21,3	5	106,5
Šroub	M20x1.5x80	31,4	16	502,4
Šroub	M16x1.5x40	13,3	8	106,4

Přehled cen nakupovaných dílů

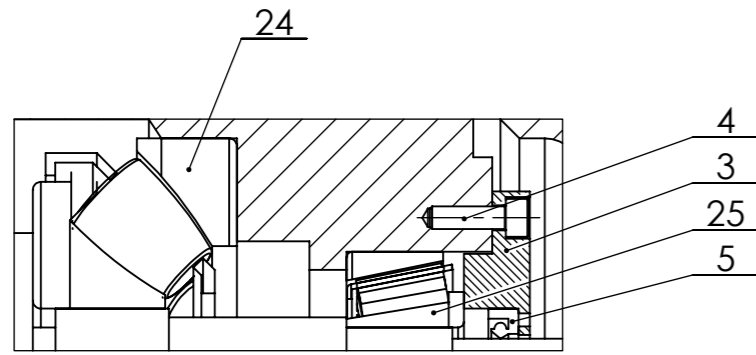


Nomogram pro volbu řemene

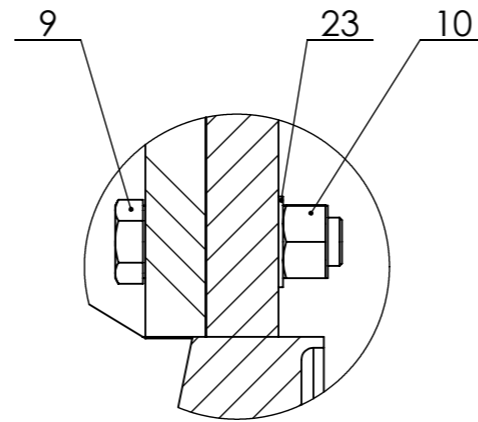


Měřítko 1 : 10	Hmotnost (kg) 487,5	Promítání 	Formát A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil Dennis Štýbr	Název VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	
	Datum 20.6.2015	Schválil Ing. Eva Kubec Krónerová, Ph.d.	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum 20.6.2015	Číslo dokumentu	
	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	BP-KKS-VJ-00.00	

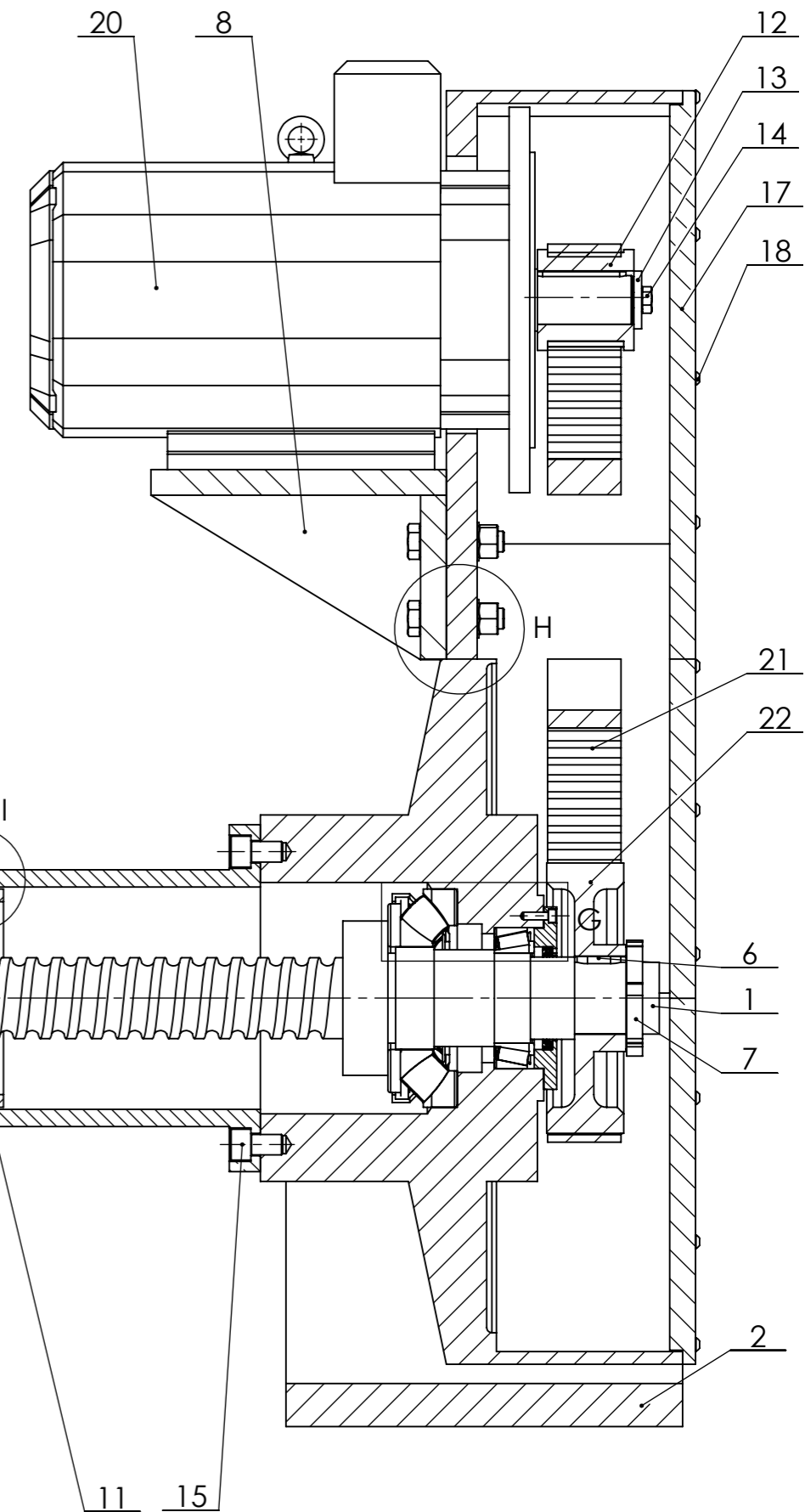




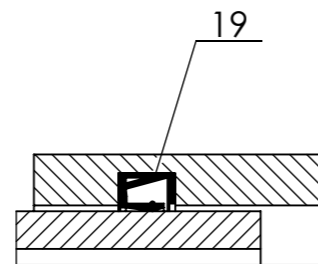
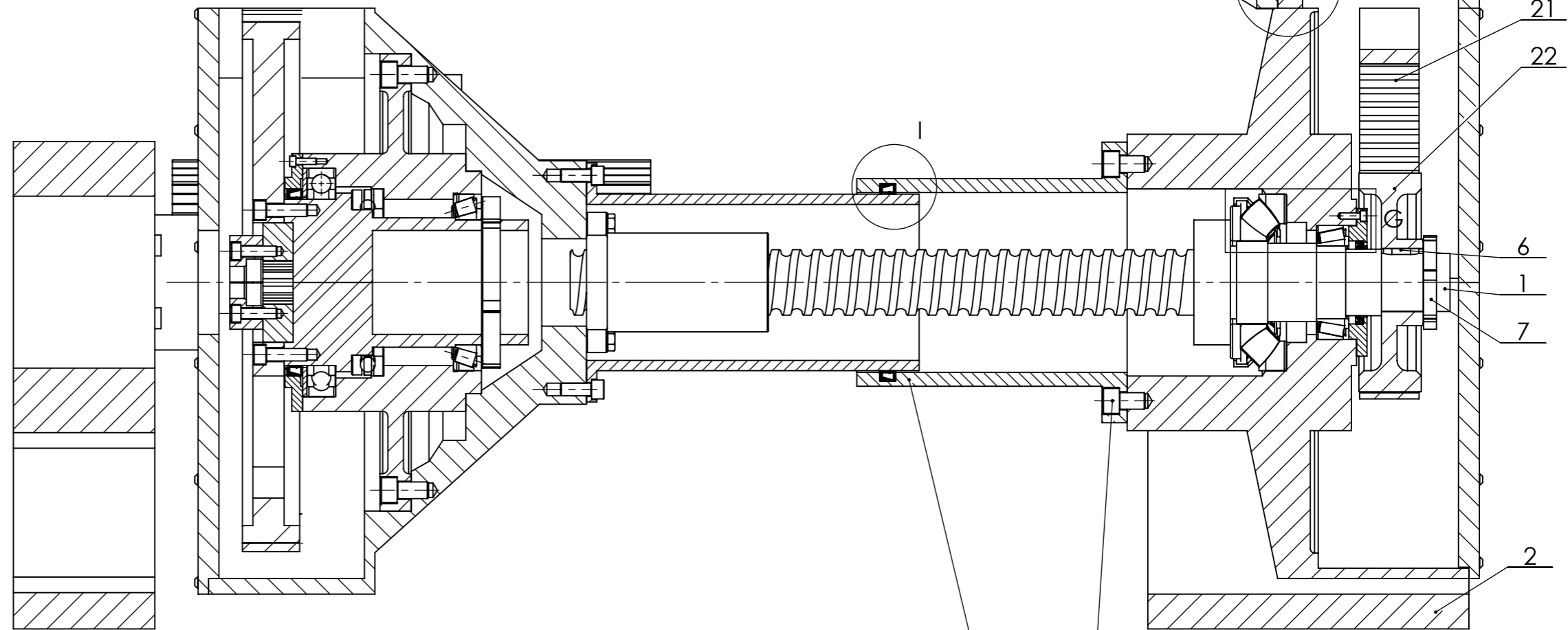
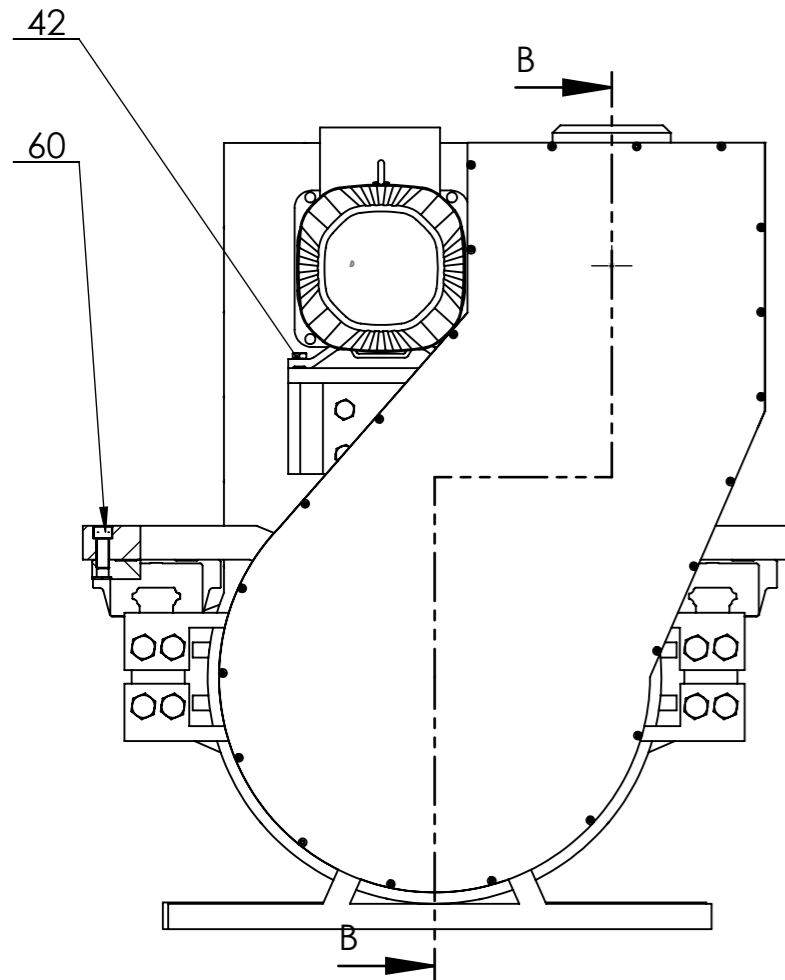
DETAIL G  
MĚRITKO 1 : 2



DETAIL H  
MĚRITKO 2 : 5

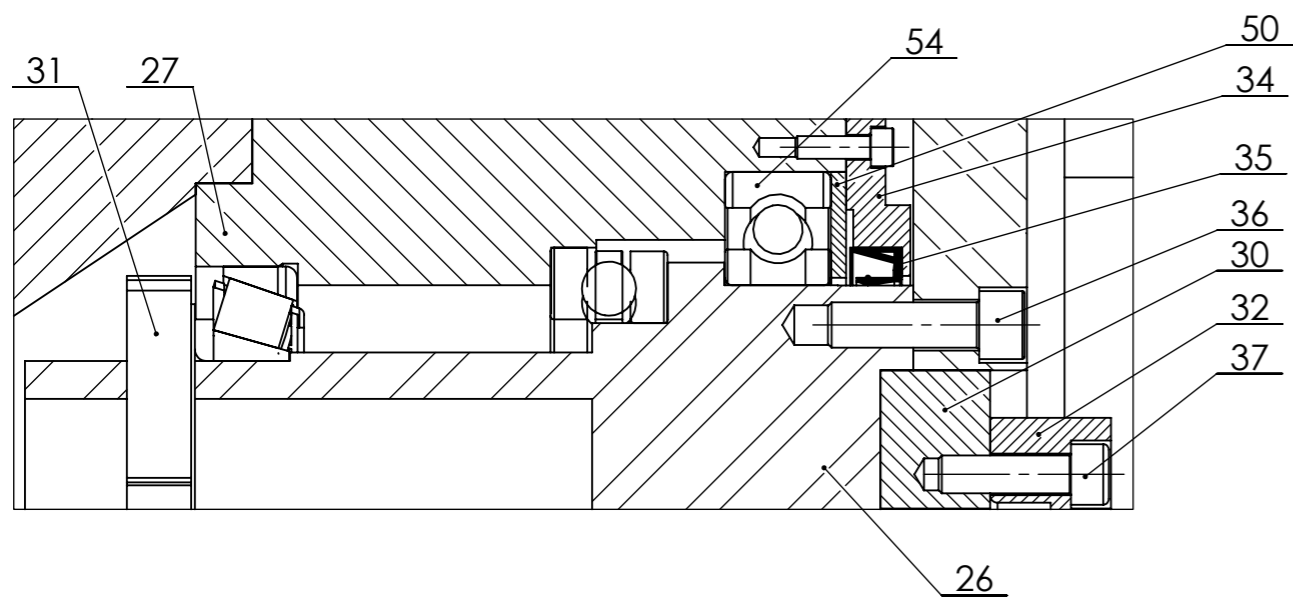


ŘEZ B-B  
MĚRITKO 1 : 5



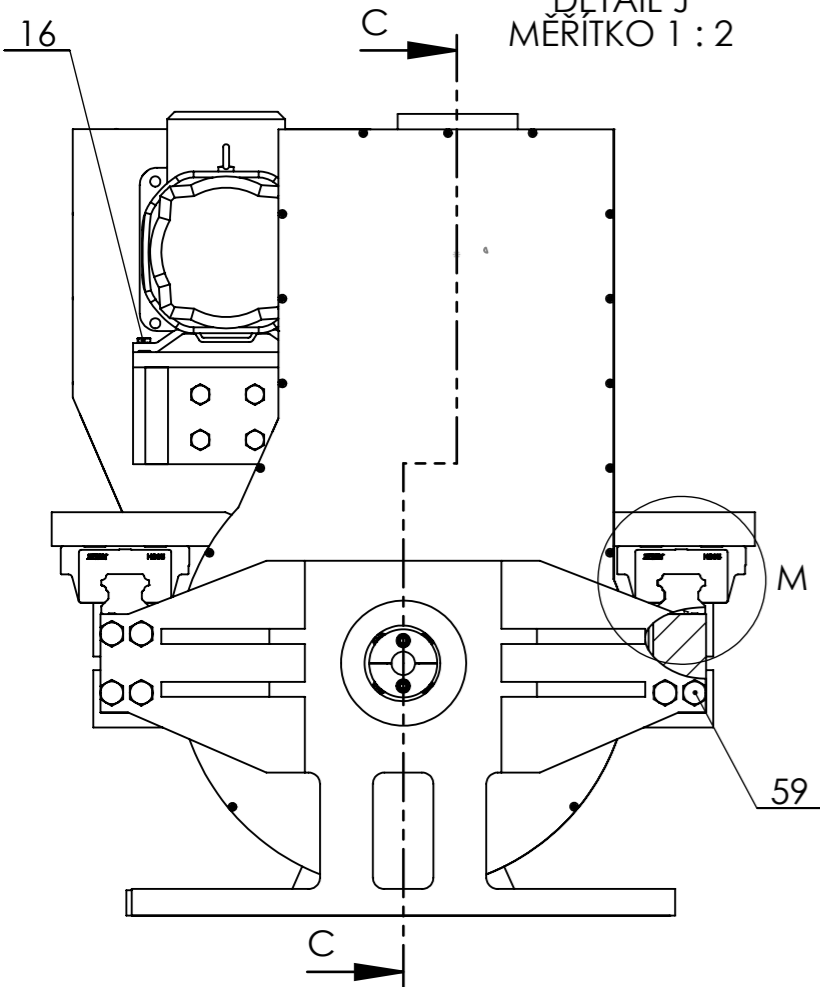
DETAIL I  
MĚRITKO 1 : 2

Měřítko 1 : 10	Hmotnost (kg) 487.5	Promítání 	Formát A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOCESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil Dennis Štýbr	Název VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	
	Datum 20.6.2015	Schválil Ing. Eva Kubec Kronerová, Ph.D.	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum 20.6.2015	Číslo dokumentu	
	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVY	BP-KKS-VJ-00.00	

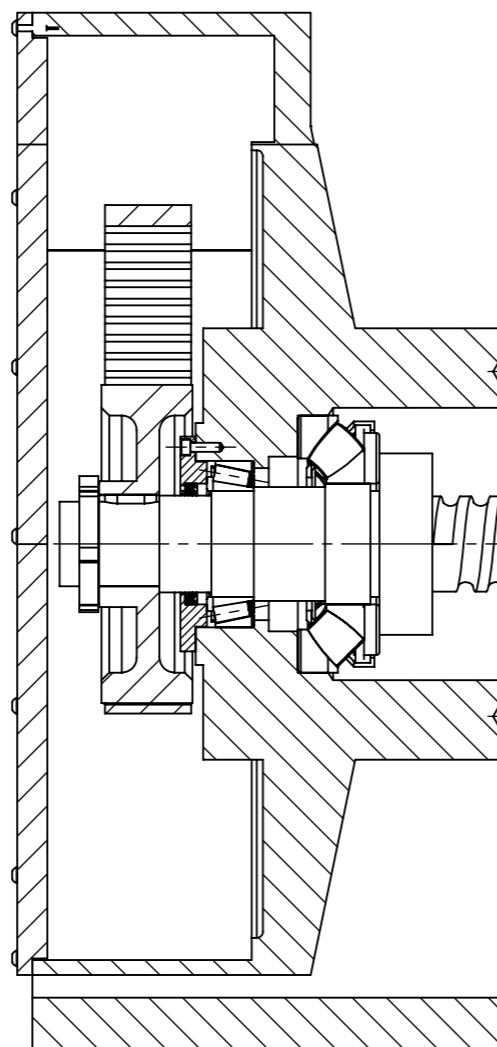
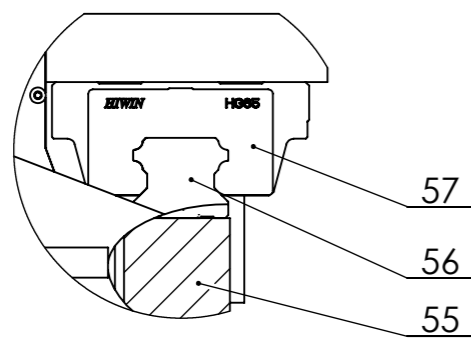


DETAIL K  
MĚŘITKO 2 : 5

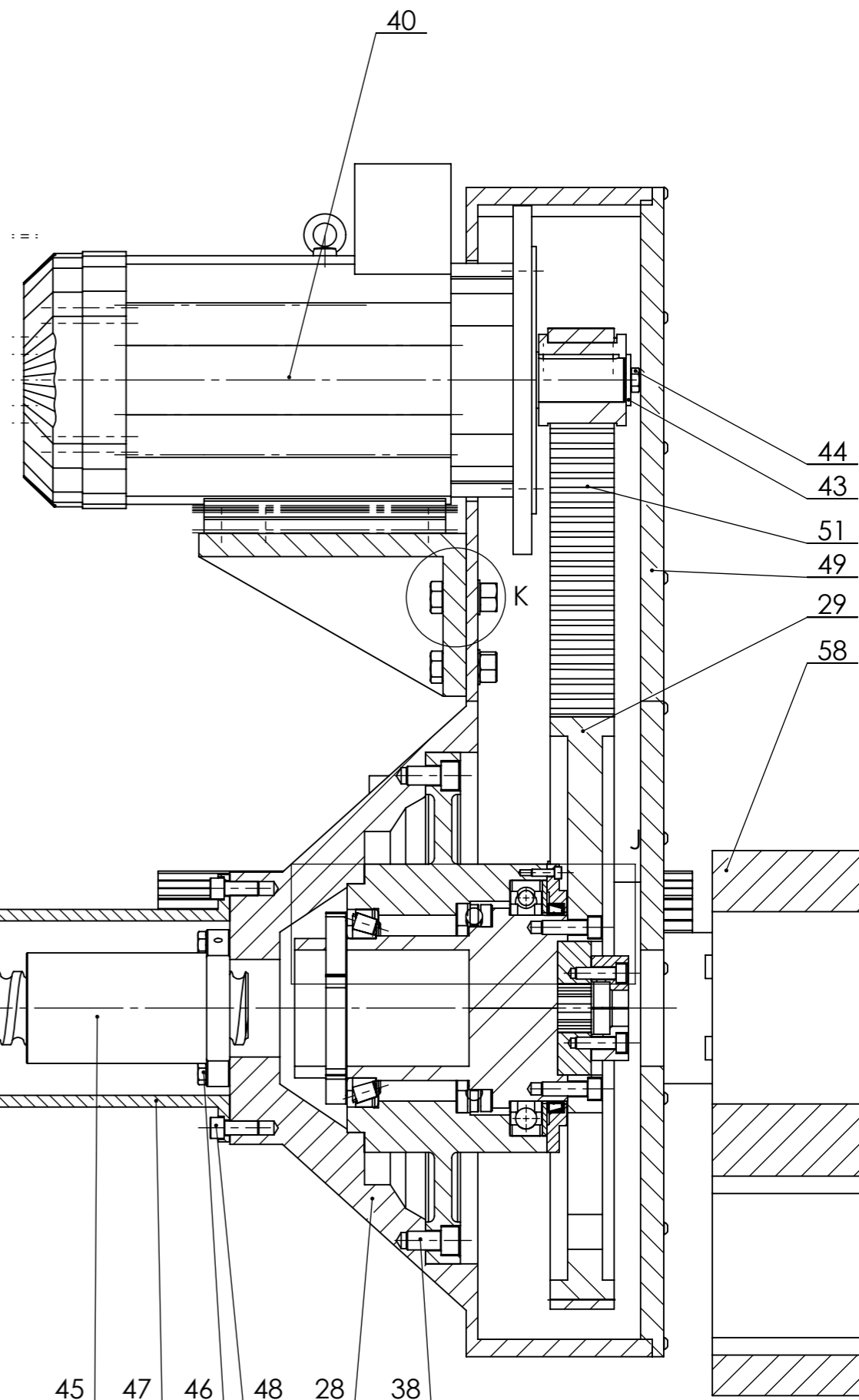
DETAIL J  
MĚŘITKO 1 : 2



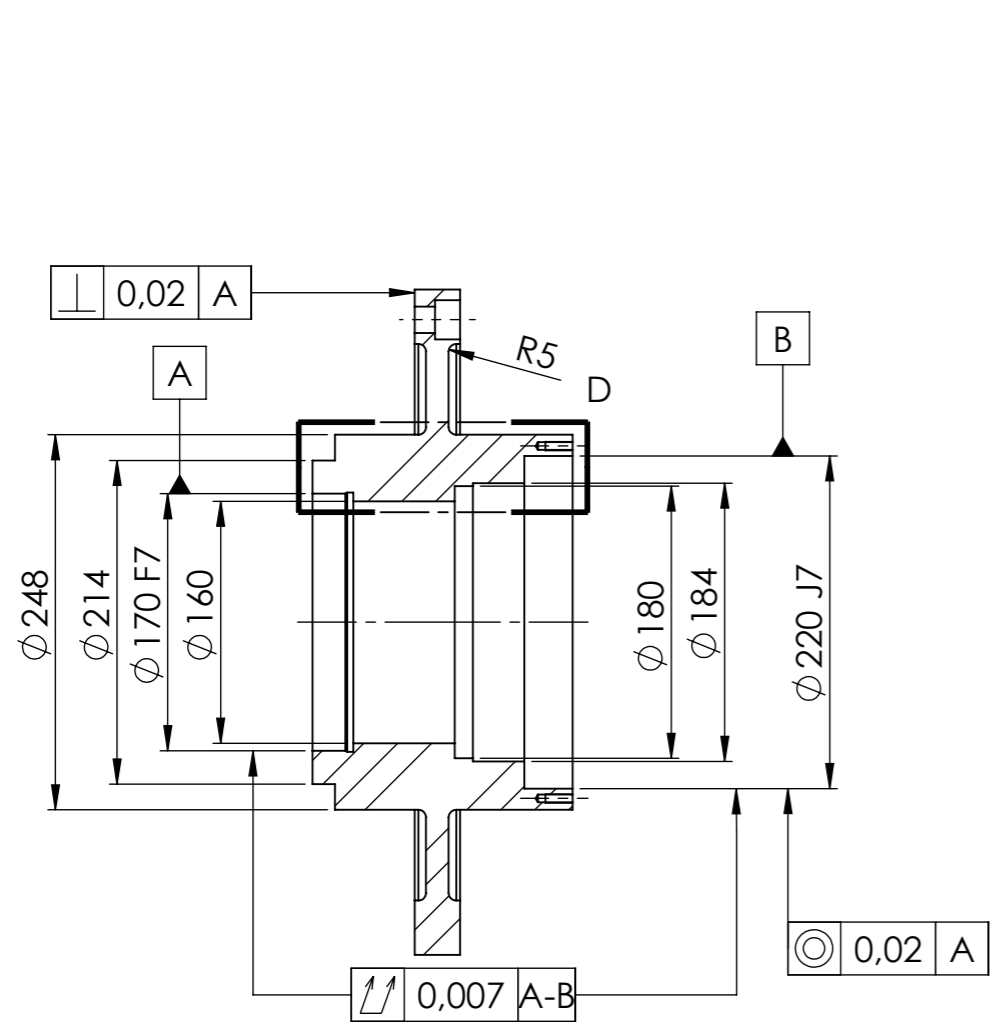
DETAIL M  
MĚŘITKO 1 : 5



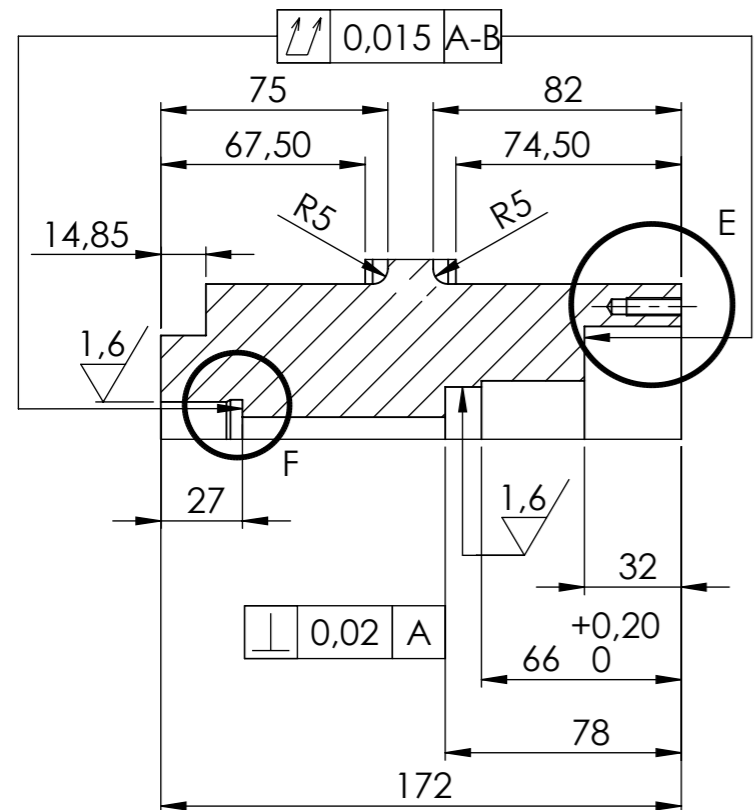
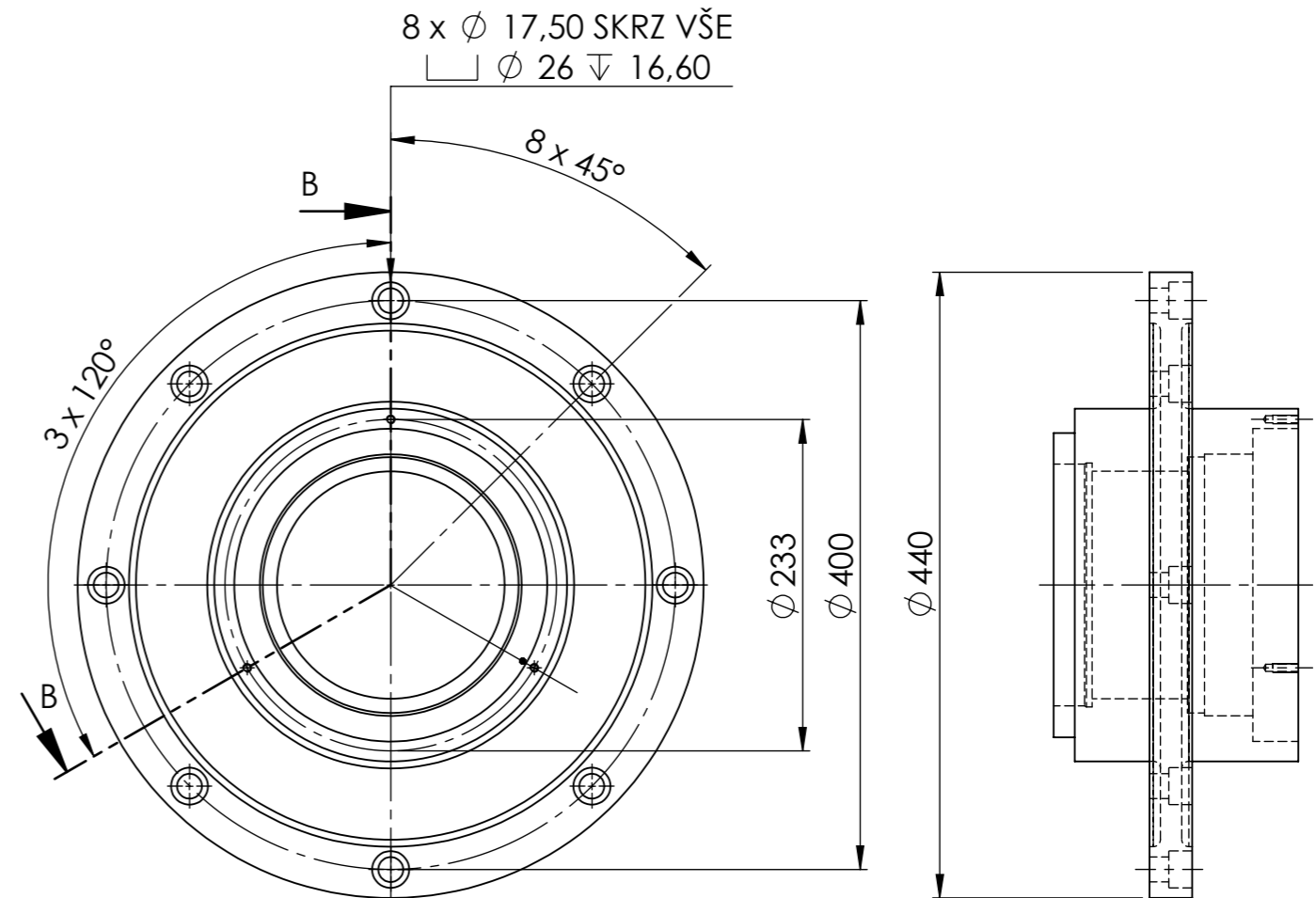
ŘEZ C-C  
MĚŘITKO 1 : 5



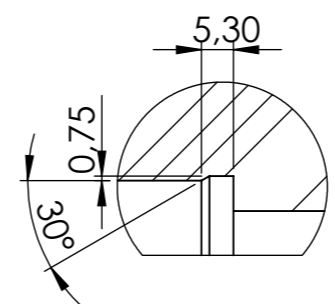
Měřítko 1 : 10	Hmotnost (kg) 487,5	Promítání 	Formát A3
 KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Kreslil Dennis Štýbr	Název VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	
	Datum 20.6.2015	Číslo dokumentu BP-KKS-VJ-00.00	
	Schválil Ing. Eva Kubec Krónerová, Ph.D.	Datum 20.6.2015	
	Druh dokumentu VÝKRES SETAVY	Druh dokumentu VÝKRES SETAVY	



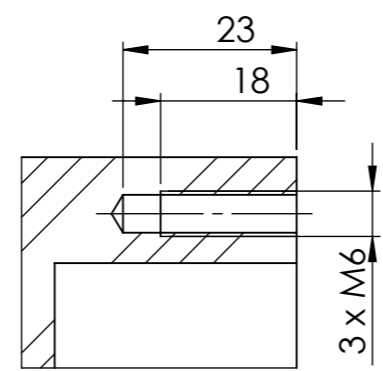
ŘEZ B-B  
MĚŘITKO 1 : 5



DETAIL D  
MĚŘITKO 2 : 5



DETAIL F  
MĚŘITKO 4 : 5



DETAIL E  
MĚŘITKO 1 : 1


Textura povrchu	Hrany ISO 13715	Měřítko	Přesnost
3,2 / (✓)		1 : 5	ISO 2768
Materiál		Hmotnost (kg)	Tolerování
19 312		46,5	ISO 8015
			Promítání
			Formát
			A3




Kreslil Dennis Štýbr  
Datum 20.6.2015  
Schválil Ing. Eva Kubec Kronerová, Ph.d.  
Datum 20.6.2015  
Druh dokumentu  
VÝROBNÍ VÝKRES

Název  
**POUZDRO**  
Číslo dokumentu  
BP-VSL-01.02.05

Číslo položky	Číslo výkresu	Poznámka	Množství
1	BP-VSL-01.02.07		1
2	BP-VSL-01.02.12		1
3	BP-VSL-01.02.16		1
4	ISO_4762_M6x20		6
5	64X80X8_HMS5_RG_2		1
6	BP-VSL-01.02.09		1
7	DIN_1804-M58x1.5		1
8	BP-VSL-01.02.18		1
9	ISO_8765-M16x1.5 x		4
10	Hexagon_Nut_ISO -		8
11	BP-VSL-01.02.13		1
12	BP-VSL-01.02.25		2
13	DIN_6340-17		1
14	ISO_4016-M12 x65		1
15	ISO_4762_M16x25		4
16	ISO_8676-M10x1.0		6
17	BP-VSL-01.02.22		1
18	ISO_7380-M6x20		43
19	170X190X15_CRSH1		1
20	DRE132M2_FEwnkrzf5		1
21	Remen3-5^BP-KKS		1
22	BP-VSL-01.02.08		1
23	Washer_ISO_7090-16		8
24	29416_E_2_14_80		1
25	33014_Q_2_14_70		1
26	BP-VSL-01.02.03		1
27	BP-VSL-01.02.05		1
28	BP-VSL-01.02.06		1
29	BP-VSL-01.02.04		1
30	BP-VSL-01.02.01		1
31	DIN_1804-M120x2		1
32	BP-VSL-01.02.02		2
33	ISO_4762_M12x20		4
34	BP-VSL-01.02.24		1
35	BP-VSL-01.02.07.α		1
36	ISO_4762_M12x40		6
37	ISO_4762_M10x35		2
38	ISO_4762_M16x30		8
39	BP-VSL-01.02.19		1
40	DRE132M4_FEwnkrzf5		1

	Kreslil: Dennis Štýbr	KUSOVNÍK	
	Datum: 20.6.2015		
	Schválil: Ing. Eva Kubec Krónerová ,Ph.d	BP-KKS-VJ-00.00	
	Datum: 20.6.2015		
KKS	Druh dokumentu: SEZNAM POLOŽEK	List 1	Listů 2

Číslo položky	Číslo výkresu	Poznámka	Množství
41	ISO_4018-M16x45		4
42	ISO_4017-M12x25-N		6
43	Washer_ISO_7094-12		1
44	ISO_8765-M12x1.5		1
45	DEB6320-R-5EP		1
46	ISO_8676-M12x1.5		8
47	BP-VSL-01.02.11		1
48	ISO_4762_M12x30		5
49	BP-VSL-01.02.23		1
50	BP-VSL-01.02.26		1
51	Řemen1-4^BP-KKS		1
52	51128_2_14		1
53	T4CB_120_2_14		1
54	61932_MA_2_14		1
55	BP-VSL-01.02.15		2
56	HGR65T		2
57	HGW65HC		2
58	BP-VSL-01.02.21		1
59	ISO_8765-M20x1.5 80 x 46-N		16
60	ISO_4762_M16x4040N		8

	Kreslil: Dennis Štýbr Datum: 20.6.2015	KUSOVNÍK	
	Schválil: Ing. Eva Kubec Krónerová ,Ph.d Datum: 20.6.2015		
KKS	Druh dokumentu: SEZNAM POLOZEK	List 2	Listů 2

