

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně, na základě uvedené literatury a připomínek vedoucího diplomové práce Ing. Radka Lavrince.

V Brně dne 17.5.2005

.....
Jan Barbořík

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Radku Lavrincovi za jeho rady a připomínky ke konstrukčnímu řešení. Dále pak firmě Pharmix s.r.o., která mi poskytla potřebnou dokumentaci. Největší dík patří mým rodičům, kteří mě podporovali při studiu na vysoké škole.

ANOTACE

Tato diplomová práce je zaměřena na řešení problému inovace technického řešení a designu stroje OKTOMIX T-200 H. Výsledkem je stroj Oktomix 1-5 l s maximálním objemem míchané vsádky 5 litrů. V tomto konstrukčním provedení je aplikována nerezová ocel 1.4301 z důvodu použití zařízení ve farmaceutickém průmyslu. Pro návrh a vizualizaci daného zařízení je použit CAD, parametrický modelář SolidWorks.

ANNOTATION

This graduation thesis is aimed on innovation of engineering and design solution of OKTOMIX T-200 H machine. The result of this is mashine OKTOMIX 1-5 l with maximum mixture capacity of 5 litres. Because of using this device in the pharmaceutical industry stainless steel 1.4301 is applied. For designing and visualization of mentioned device parametrical CAD system Solidworks is used.

OBSAH

Obsah	11
Seznam použitých veličin	12
1 Úvod	13
2 Stávající řešení	14
2.1 Teoretický rozbor	14
2.2 OKTAMIX T-200 H	15
2.3 Konstrukční řešení stroje OKTOMIX T-200 H	15
2.4 Zadavatelem dodaná výkresová dokumentace	16
2.5 Konkurenční situace na trhu	17
2.5.1 Willy A. Bachofen AG Maschinenfabrik (Basel, Švýcarsko)	17
2.5.2 Ukázky jednotlivých konkurenčních strojů	17
3 Proces přípravy konstrukčního návrhu	18
3.1 Zohlednění specifických podmínek při návrhu zařízení	18
3.2 Povrchová úprava	18
3.2.1 Elektrolytické leštění nerezových ocelí	18
3.3 Výpočty zatížení ložisek a čepů	19
3.3.1 Principy volby a použití valivých ložisek	19
3.3.2 Kuličková ložiska	19
3.3.3 Základní statická únosnost valivého ložiska Co [N]	20
3.3.4 Zatížení čepů vidlice a držáku vidlice	21
4 Vlastní konstrukční návrh	23
4.1 Soudek - návrh	23
4.2 Rotující klec – 1. návrh	24
4.3 Rotující klec – 2. návrh	25
4.4 Vidlice – konstrukční návrh	26
4.5 Konstrukční návrh držáku vidlice	27
4.6 Nosná konstrukce	28
4.7 Kryt klece -1. návrh	30
4.8 Kryt klece - 2.návrh	31
5 Řešení pohonu	33
5.1 Volba elektromotoru	33
5.2 Přesný axiálně-radiální reduktor TWINSPIN	36
5.2.1 Volba vhodného reduktoru	38
5.3 Frekvenční měnič	39
5.3.1 Frekvenční měnič DF5 fy MOELLER	39
5.3.2 Frekvenční měnič FR-S 520 fy MITSUBISHI ELECTRIC	41
5.3.3 Frekvenční měnič VF-0 Series fy MATSUSHITA – PANASONIC	42
5.4 Programovatelné logické automaty – PLC	42
5.5 Naprogramování PLC	43
6 Univerzální držák pro specifické nádoby	45
6.1 I. varianta držáku	45
6.2 II. varianta držáku	45
7 Závěr	47
8 Použitá literatura	48
Přílohy	49

SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN

Veličina	Popis	Jednotka
C_0	základní statická únosnost	N
d	vnitřní průměr ložiska	mm
D	vnější průměr ložiska	mm
E	modul pružnosti v tahu	MPa
F	síla zatížení	N
F_{r0}	statické radiální zatížení	N
F_{a0}	statické axiální. zatížení	N
J	kvadratický moment průřezu	mm ⁴
m	hmotnost	kg
n	otáčky	min ⁻¹
P	výkon motoru	kW
r	poloměr soudku	mm
s_0	statická bezpečnost ložiska	-
π	konstanta pí	-
v	výška (délka) soudku	mm
V	objem	mm ³
y	velikost deformace	mm
Y_0	součinitel statického axiálního zatížení	-
X_0	součinitel statického radiálního zatížení	-

1 ÚVOD

Míchání je pochod velmi rozšířený jak v chemickém průmyslu, tak v příbuzných průmyslových oborech i v denním životě. Může k němu docházet při průtoku tekutiny potrubím, v čerpadle, na patře rektifikační kolony aj. a samozřejmě také v aparátech speciálně pro tento účel určených čili v tzv. míchacích zařízeních. Míchání může být samovolné, např. vlivem difúze složek systému, nebo nucené, vyvolané přívodem vnější mechanické energie do systému (např. pomocí míchadla). Mechanické míchání se provádí v aparátech zvaných obecně *míchací zařízení* s mechanickým míchadlem. Jsou to reaktory, autoklávy, nebo konkrétně např. nitrátory, sulfonátory apod.

Slovo *míchání* má tedy v české literatuře několikerý význam a nejobecněji znamená vzájemné přemísťování různých částic daného prostředí, aby se získala nebo zachovala jeho homogenita. V cizích jazycích se pro popis tohoto pochodu používá dvou různých názvů. Vlastním mícháním se rozumí spojování dvou nebo více podílů rozdílných substancí s cílem získat homogenní směs, např. roztok, směs zrnitých materiálů apod. (anglicky *blending process*, německy *Mischprozeß*). V případě, kdy jde o udržování daného prostředí v intenzivním pohybu, aby se např. zlepšilo sdílení tepla, vytvořila suspenze apod., se používá termínu rozbouření – turbolizace (anglicky *mixing process*, německy *Rührprozeß*).

Cílem mechanického míchání tedy je především:

- vytvořit homogenní směs nebo roztok,
- dosáhnout intenzivnějšího sdílení tepla,
- zintenzívnit proces sdílení hmoty, které mají buď ryze fyzikální charakter, nebo jsou spojeny s chemickou reakcí.

U míchacích zařízení se setkáváme s větší rozmanitostí konstrukčních řešení než u jiných aparátů používaných v chemickém průmyslu např. u výměníků tepla nebo patrových kolon. O stavbě míchacího zařízení totiž rozhoduje nejen typ míchadla, ale také druh míchací nádoby aj. Největší vliv na činnost míchacího zařízení má samozřejmě konstrukce míchadla. Míchadla se dělí na pomaloběžná a rychloběžná.

Do první skupiny patří míchadla *lopatková*, *kotvová* a *rámová*. Tato míchadla vytvářejí převážně obvodové proudění, tzn., že vsádka rotuje kolem osy míchané nádoby. K pomaloběžným míchačům se rovněž počítají míchadla *šneková* a *pásová*. Do druhé skupiny můžeme zařadit míchací zařízení *vtulová* a *turbínová* míchadla a speciální typy míchadel, např. *kotoučové*. Podle tvaru a polohy lopatek mohou tato míchadla vytvářet radiální, axiální nebo smíšené proudění kapaliny.

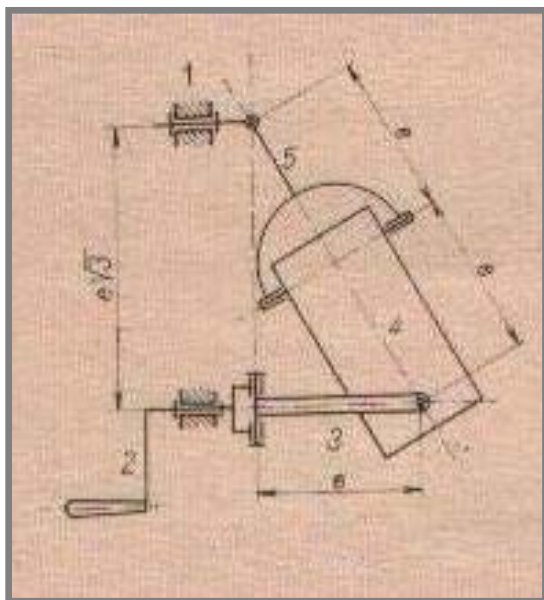
Pro míchání sypkých směsí existuje také řada konstrukčních variant míchacích zařízení. Jsou to např. mísiče s **rotující komorou**, do kterých můžeme zařadit bubnové mísiče, hranolové mísiče, kuželové mísiče, mísiče ve tvaru V a mnoho jiných. Společným znakem u těchto mísičů je způsob práce, spočívající v tom, že celý mísič je uveden do otáčivého pohybu, která způsobuje přesýpaní a tedy homogenizaci vsádky. U těchto mísičů lze získat kvalitnější produkt (s vyšším stupněm homogenity). Dráha jednotlivých částic materiálu v průběhu přesypávání je složitější vlivem tvaru těchto zařízení, takže je mísení účinnější.

2 STÁVAJÍCÍ ŘEŠENÍ

Problematikou, kterou jsem se měl zabýval ve své diplomové práci, bylo provést inovaci bubnového homogenizátoru. Vzorem technických inovací byl stroj Oktomix T-200 H, se kterým fa **Pharmix s.r.o.** úspěšně obstála na českém trhu. Jedná se o výrobek určený k rychlému a důkladnému zamíchání několika sypkých komponentů nebo injektáží určitého množství kapaliny do sypké směsi, příp. sušení a mikrogranulaci. Jedním ze zákazníků, kterým byl tento výrobek dodán byla firma FAVEA Kopřivnice.

2.1 Teoretický rozbor

Základním principem míchacího procesu je použití inverzního kinematického, prostorového mechanismu se šesti členy, který vytváří třírozměrný obecný prostorový pohyb v kombinaci s 8-parametrickým procesním pohybem. Křivka po které se pohybuje libovolný bod kinematického mechanismu, tzn., libovolný bod v prostoru klece nebo sudu s míchanou vsazkou je *Bernoulliho lemniskáta*, avšak navíc prostorová, tzn., že rotuje kolem osy (tzv. Paul-Schatz princip). Pro konstrukci daného zařízení a pro to, aby byl mechanismus pohyblivý tj. měl alespoň 1 stupeň volnosti, je nezbytnou podmínkou, aby úhel mezi členem (5) a spojnicí členu (1) a (2) je právě 30° . Tuto podmínku také zaručuje rovnost rozměrů (e) dle Obr.2.1, které tvoří pravouhlý trojúhelník. Tento mechanismus lze zkonstruovat rovněž při jiných poměrech, než je znázorněno na obrázku, ale právě při uvedeném poměru rozměrů je konstrukce optimální. Zejména pak z pohledu maximálního objemu míchané vsádky uložené do speciálního sudu, který se do turbuly zaváží, tak z pohledu minimálních zástavbových rozměrů.



Obr. 2.1 Kinematické schéma

2.2 OKTAMIX T-200 H

Míchací zařízení Oktomix T-200 H je plně elektronicky ovládané zařízení se separovaným zásobníkem míchaného media ve formě sudu o vnitřním objemu 200 litrů, určené pro nucené pomaloběžné mechanické míchání homogenních roztoků nebo směsí v chemickém, potravinářském nebo farmaceutickém průmyslu. Díky použitému kinematickému mechanismu tento míchací proces zajišťuje ojedinělý, rytmický a pulsační pohyb míchaného media, který má ve svém důsledku následující výhody:

- intenzivní, rychlé a velmi jemné míchání komponent rozdílné hustoty, velikosti, tvaru a koncentrace
- velmi vysoký stupeň homogenity a intenzita míchání v minimálním čase
- velmi vysoká účinnost míchání
- nejlepší kvalita zamíchatelnosti bez jakékoli segregace během míchacího procesu
- vysoce kvalitní výsledky míchání závislé pouze na tvaru zásobníku media (sudu) bez nutnosti použití míchadla ponořeného v mediu
- velmi čisté a hygienické míchání v uzavřeném zásobníku
- jednoduché čištění a údržba
- možnost programování parametrů míchacího procesu
- možnost použití zásobníků media o jiném objemu
- zajištění bezpečnosti obsluhy při míchacím procesu pomocí elektronických prvků

2.3 Konstrukční řešení stroje OKTOMIX T-200 H

Z konstrukčního hlediska je nejpodstatnější dodržení geometrických podmínek, které zaručují plynulý chod stroje. Z pohledu pevnostního namáhání je to pak uložení hnacích hřídelů (hřídele), které jsou zatěžovány spolu s prvky přenášející kroutící moment nejvíce. U této varianty konstrukčního návrhu je použitý jeden elektromotor, který pohání jednu hřídel, zatímco druhý hřídel je bez přímého pohonu. Uložení těchto hřídelů je provedeno horizontálně, čili rovnoběžně s rovinou povrchu země. Přenos kroutícího momentu je realizován pomocí přesných axiálně-radiálních reduktorů SPINEA „TWINSPIN“. Motorová jednotka je uložena spolu s reduktory a dalšími konstrukčními prvky v šasi stroje, který je zhotoven z plechu a je spojen s nosnou konstrukcí pomocí šroubů. Pohyb klece resp. její zastavení je vyřešeno za pomoci jednoduchého snímače polohy, který zajišťuje zastavení klece v startovací pozici, tj., sklon klece v úhlu 30 stupňů. Vzhledem k velkému výkonu motoru, jeho síle a velikosti celého zařízení, je nutné dodržovat bezpečnostní pravidla a nařízení. Bezpečnost obsluhy je zajištěna instalací ochranných stěn, jež vymezují prostor, okolo pohybující se klece a zabraňují tak možnosti zranění či dokonce usmrcení osoby. Jiné formy ochrany jsou např. instalace ochranného plotu realizovaného pomocí fotobuněk, kdy osoba vstupující do zakázané zóny protne světelný paprsek a stroj se automaticky vypne. Další verzí ochrany je také dotyková podlaha pracující na podobném principu.



Obr. 2.2 Turbula OKTAMIX T-200 H



Obr. 2.3 Turbula OKTAMIX T-200 H

2.4 Zadavatelem dodaná výkresová dokumentace

Pro seznámení se s technickými řešeními jednotlivých prvků stroje Oktomix T-200 H jsem měl k dispozici dodanou výkresovou dokumentaci. Z té, jak jsem se zprvu domníval, jsem měl i vycházet při návrhu nové verze bubnového homogenizátoru. Veškerou dostupnou stávající dokumentaci jsem překreslil pomocí 3D CAD systému a vytvořil alespoň částečný model. Vzhledem k časové tísně a náročnosti modelu není ještě zcela kompletní. Snažil jsem se vybrat prvky návrhu, které by se daly aplikovat i u mého zadání, ale vzhledem k velkým rozměrovým odlišnostem a tudíž i zcela novým technickým řešením, jsem začal konstrukční práci na tzv. „zelené louce“. Dílčím výsledkem je tedy vypracovaná výkresová dokumentace jednotlivých součástí tohoto zařízení v elektronické podobě, která se může využít při dalších konstrukčních procesech.

2.5 Konkurenční situace na trhu

2.5

Kroměřížská firma Pharmix s.r.o., jež se zabývá výrobou nerezových strojů a zařízení, není pochopitelně jediná na trhu, která by nabízela stroje podobného zaměření. Tubuly jsou také v nabídce jiných firem evropských či amerických. Aby daný stroj mohl konkurovat na trhu, musí být zajímavý pro koncového zákazníka ať již cenou nebo nabízenými technickými parametry. Technické parametry tohoto zařízení nikterak nepokulhávají za světovou konkurencí. Použití nejmodernějších technologií společně s vhodně vypracovanou finanční analýzou dělá z míchacího zařízení Oktamix konkurenčně schopný výrobek.

2.5.1 Willy A. Bachofen AG Maschinenfabrik (Basel, Švýcarsko)

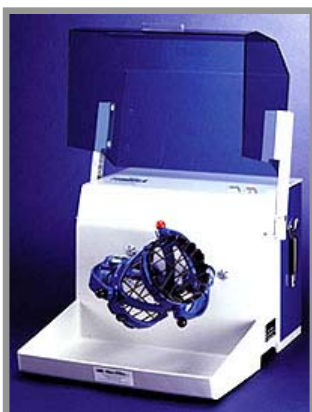
2.5.1

Švýcarská firma s mnohaletou tradicí zabývající se řešením a výrobou strojů a zařízení sloužící k drcení, mletí, míchání apod. V současné době firma nabízí mimo jiné i několik typů bubnových homogenizátorů. Tyto jsou rozděleny podle velikosti míchaného objemu. Jde o výrobky TURBULA T2F s objemem míchané vsádky 2 litry, TURBULA T10B o objemu 17 litrů a TURBULA T50A s maximálním množstvím 55 litrů.

2.5.2 Ukázky jednotlivých konkurenčních strojů

2.5.2

Na obrázcích Obr. 2.4 , Obr. 2.5 a Obr 2.6 jsou zachyceny konkurenční výrobky fy WAB. Z jejich technických parametrů jsem rovněž vycházel při realizaci svého návrhu.



Obr. 2.4 TURBULA T2F



Obr. 2.5 TURBULA T10B



Obr. 2.6 TURBULA T50A

3 PROCES PŘÍPRAVY KONSTRUKČNÍHO NÁVRHU

3.1 Zohlednění specifických podmínek při návrhu zařízení

Oktomix 1-5 l je co do univerzality míchaného obsahu vhodný k širokému použití ve většině odvětví průmyslu, zejména pak v potravinářství, zemědělství, strojírenství či farmaceutickém průmyslu. Každé odvětví však s sebou přináší jiné nároky na provoz, obsluhu či údržbu daného zařízení. Při používání ve farmaceutickém průmyslu, kam je směřováno využití i této varianty návrhu, se klade hlavní důraz na rychlou a jednoduchou omyvatelnost a tím i udržení ve stavu bakteriální čistoty. Proto je vhodné použít při konstrukční práci materiály, které se snadno udržují a nemění vlivem prostředí své charakteristické vlastnosti. Omyvatelnost je úzce spjata s korozí materiálu, proto je nutné, aby materiál těmto vlivům dokázal vzdorovat. Proto bude Oktomix 1-5 l celý vyroben z nerezové oceli ČSN 17240. Mechanické vlastnosti a chemické složení zobrazuje **tab.3.1** Pro udržování zařízení v dokonalé čistotě je také nutné optimální řešení konstrukce, která musí splňovat specifické požadavky tvarů a velikostí. Tzn., vymyslet řešení snadného přístupu ke všem dostupným částem stroje a zajistit tak jejich snadnou omyvatelnost.

Mechanické vlastnosti při 20°C								
Druh oceli	Materiál	Zkratka označ. materiálu	Tloušťka	Tepelné zpracování	Tvrdost HB	0,2 %-mez zkluzu	1,0 %-mez zkluzu	Pevnost v tahu
Nerez	1.4301	X5 CrNi 18 10	£160 160 < d £ 250	AT	215	190	225	500 - 700
Chemické složení dle rozboru tavby (váhová %)								
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Ostatní
max.	max.	max.	max.	max.				
0,07	1	2,0	0,045	0,030	17,0 - 19,5	-	8,0 - 10,5	N max. 0,11

Tab. 3.1 Mechanické vlastnosti a chemické složení oceli ČSN 17240

3.2 Povrchová úprava

Povrchová úprava se odvíjí od prostředí, ve kterém bude Oktomix 1-5 l nasazen. Ve farmaceutickém průmyslu je nutné, aby se minimalizovala možnost vzniku nežádoucích bakteriálních složek rodících se při provozu. To je zajištěno dokonalým opracováním povrchu, na kterém se bakterie nedokáží ve velké míře zachytit a začít bujet. Z technologického hlediska je vhodné daný materiál opracovat broušením, lapováním, leštěním nebo různými elektrochemickými procesy zaručující dokonalou hladkost povrchu.

3.2.1 Elektrolytické leštění nerezových ocelí

Elektroleštění je vysoce výkonný proces při němž dochází k účinnému vyčištění, vyleštění a sjednocení povrchu výrobku v krátkém čase a s minimálním rizikem vzniku jakýchkoli vad. Elektroleštěním se rozpouští rovnoměrně celý povrch výrobků, avšak přednostně drobné mikroskopické až submikroskopické vrcholy nerovností, čímž se sníží případná vlnitost povrchu, a tak výrobek získá vysoký lesk, který na rozdíl od mechanicky vyleštěných povrchů má vyšší světelnou reflexi s nižší

zobrazivosti. Povrch výrobků je kovově čistý a podle intenzity leštění matový, matně lesklý nebo vysoce lesklý. Elektrolytické leštění nerez ocelí se používá u dílců s vysokými nároky na konečný vzhled např. součásti potravinářských a balících strojů, porážecích linek v masném průmyslu apod. Technologie je charakteristická vysokou produktivitou a dekorativním efektem ve srovnání s mechanickým broušením a leštěním zejména tvarově složitých dílů jako je drátěný program apod. Proces je založen na principu kontrolovaného anodického rozpouštění povrchových vrstev dílců v lázni o vhodném složení, přičemž zboží je zavěšeno jako anoda. Postup spočívá v selektivním odleptávání, při němž jsou více odleptávány výstupky mikronerovností než jejich prohlubně. V případě elektrochemické odleptávání je tedy předmět zapojen jako anoda, jako elektrolyt je použita nejčastěji směs kyselin. uváděny jsou kyseliny fosforečná, sírová, octová, citrónová, fluorovodíková, dříve často i chromová. Pro leštění hliníku a stříbra se výjimečně užívají alkalické roztoky, obsahující fosforečnany, uhličitany, dříve často též kyanidy. Při chemickém leštění se používá jak výše uvedených kyselin, tak kyseliny dusičné, chlorovodíkové, šťavelové, peroxidu vodíku a dále poměrně širokého spektra organických látek a solí některých kovů. Pro leštění hliníku existují též alkalické lázně na bázi hydroxidů alkalických kovů, kombinovaných se solemi alkalických kovů.

3.3 Výpočty zatížení ložisek a čepů

3.3

3.3.1 Principy volby a použití valivých ložisek

3.3.1

Uložení ložisek se neskládá pouze z valivých ložisek samotných, ale i ze souvisejících dílů (hřídele, tělesa apod.). Důležitou roli hraje rovněž mazivo - ve většině případů je nutné zabránit jeho úniku pomocí těsnění, které rovněž zabraňuje vniknutí nečistot včetně vody do uložení. V tomto návrhu budou použity ložiska krytá, tzn., že se nebude nutné je mazat. Při návrhu uložení je třeba zvolit vhodný typ a velikost ložiska. To však není všechno, je nutno vzít v úvahu i další hlediska: vhodný tvar a provedení dalších součástí, tolerance uložení a vůli ložiska, odpovídající těsnění, typ a množství maziva, atd. Každý jednotlivý faktor má vliv na výkon, spolehlivost a hospodárnost uložení. Práce a čas vynaložené na návrh uložení závisí na tom, jestli již má konstruktér předchozí zkušenosti s podobným uložením. Pokud zkušenosti chybí, nebo jsou-li na uložení kladeny mimořádné nároky, je třeba provést podrobnější výpočty, popř. testy. V tomto případě je možné použít nejběžnější typy kuličkových ložisek, zejména proto, že finální zatížení těchto ložisek není nikterak velké a nekladou se tak na ně zvýšené nároky.

3.3.2 Kuličková ložiska

3.3.2

Jednořadá kuličková ložiska mají zvláště široké použití. Vyznačují se jednoduchou konstrukcí, jsou nerozebíratelná, jsou vhodná pro vysoké i velmi vysoké otáčky, jsou provozně odolná a nenáročná na údržbu. Vzhledem k těmto vlastnostem a příznivé ceně je to nejběžněji používaný typ ložisek. Jsou proto k dispozici v mnoha provedeních a velikostech. Standardní sortiment zahrnuje tyto typy:

- jednořadá kuličková ložiska
- dvouřadá kuličková ložiska
- nerezová kuličková ložiska
- jednořadá kuličková ložiska s plnicími drážkami
- kuličková ložiska pro vysoké teploty

Ve vytvářené sestavě byly použity ložiska typu **6000 ČSN 02 4630** s vnitřním průměrem **d = 10mm** a ložiska typu **6200 ČSN 02 4630** taktéž s vnitřním průměrem **d = 10mm**. Při volbě těchto ložisek jsem vycházel z předpokladu, že ložiska budou odolávat pouze statickému zatížení, tzn., že čep v nich uložený bude v klidu, bude konat pouze pomalý kývavý pohyb nebo se bude pomalu otáčet. Parametry zvolených ložisek jsem pak pomocí kontrolního výpočtu přepočítal a zjistil, zda vyhovují či nikoliv.

3.3.3

3.3.3 Základní statická únosnost valivého ložiska C_o [N]

Základní statická únosnost je rovna jednoduchému (radiálnímu pro radiální a axiálnímu pro axiální) "statickému" zatížení F [N], přičemž ve středu dotyku nejvíce zatíženého tělesa je max. napětí ve styku 4000 MPa. Což přibližně odpovídá dřívějšímu výkladu statického zatěžování, které na valivých tělesech a oběžných drahách způsobí trvalou deformaci o velikosti 0,0001 průměru valivého elementu.

- Jednoduché zatížení

$$P_o = F_o \leq \frac{C_o}{s_o} \quad [N]$$

kde: $F_o = F_{ro}$ [N] ... statické radiální zatížení pro radiální ložiska

$F_o = F_{ao}$ [N] ... statické axiální. zatížení pro axiální. ložiska

- Kombinované zatížení (radiální a axiální silou F_{ro} a F_{ao})

$$P_o = F_{eo} = X_o \cdot F_{ro} + Y_o \cdot F_{ao} \leq C_o / k_o \quad [N]$$

kde: F_{eo} [N] ... ekvivalentní statické zatížení

X_o ... součinitel statického radiálního zatížení

Y_o ... součinitel statického axiálního zatížení

kde :

$s_o = k_o \cong (0,5 \div 1)$... "statická" bezpečnost ložiska (podrobněji v katalogu ložisek)

Poznámky:

Hodnoty C_o , X_o , Y_o a další jsou uvedeny v katalogích ložisek

Při návrhu ložiska obvykle: $F_{(max)o} = k_{dyn} \cdot F_o \Rightarrow C_o$ (typ, rozměr)

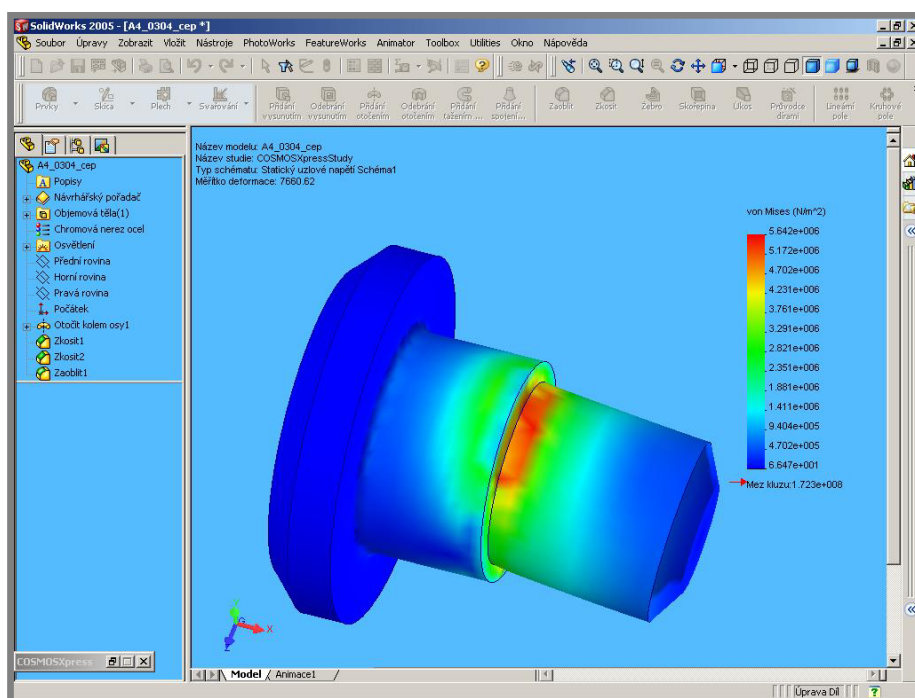
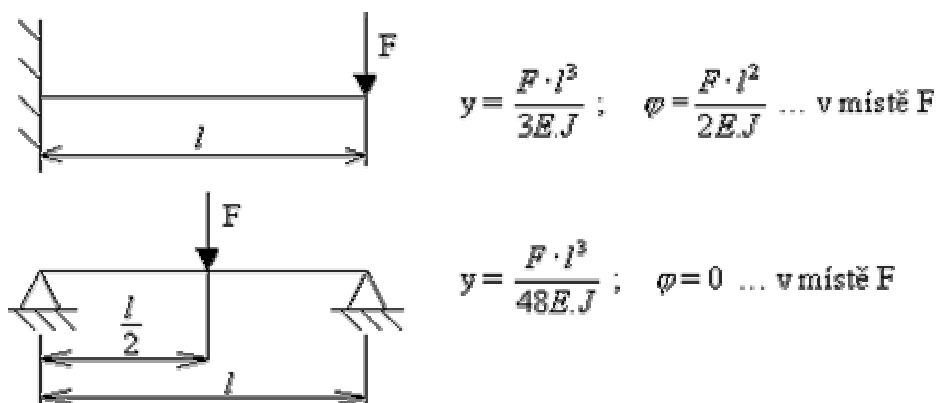
Při kontrole ložiska obvykle: bezpečnost $\Leftarrow F_{(max)o}$, C_o , (typ, rozměr)

Orientačně lze uvažovat $k_{dyn} = \{ 1, 2 \}$

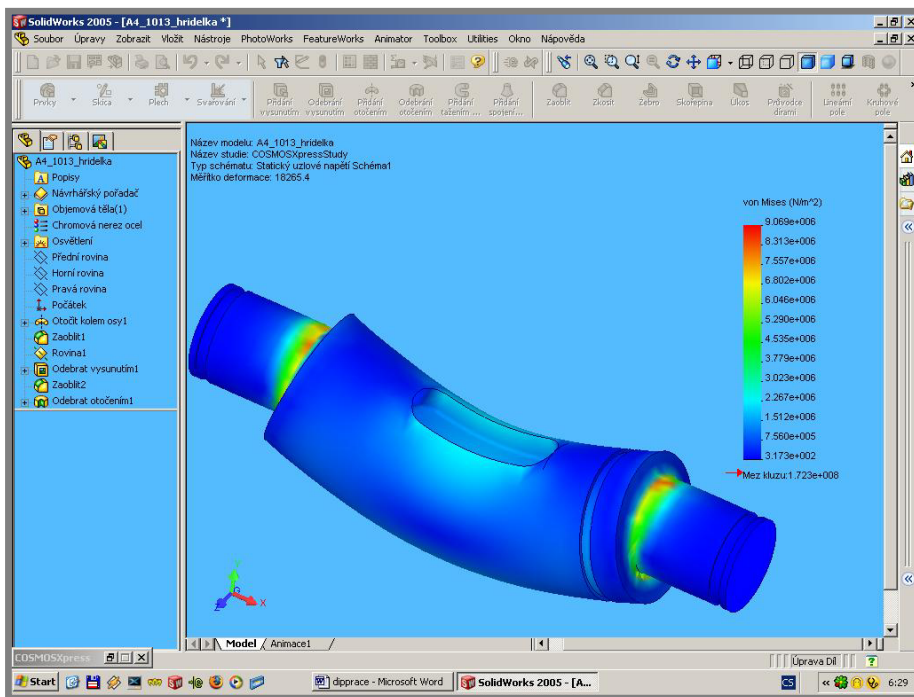
Vzhledem k použitým ložiskům, které dostatečně splňují hodnoty maximálních zatížení, nebyly výpočty trvanlivostí ložisek nutností. Po konzultaci s vedoucím diplomové práce a po provedení jednoduché kontroly v systému MechSoft, jejíž výsledky potvrdily vhodnost ložisek, jsem ponechal zvolené typy.

3.3.4 Zatížení čepů vidlice a držáku vidlice

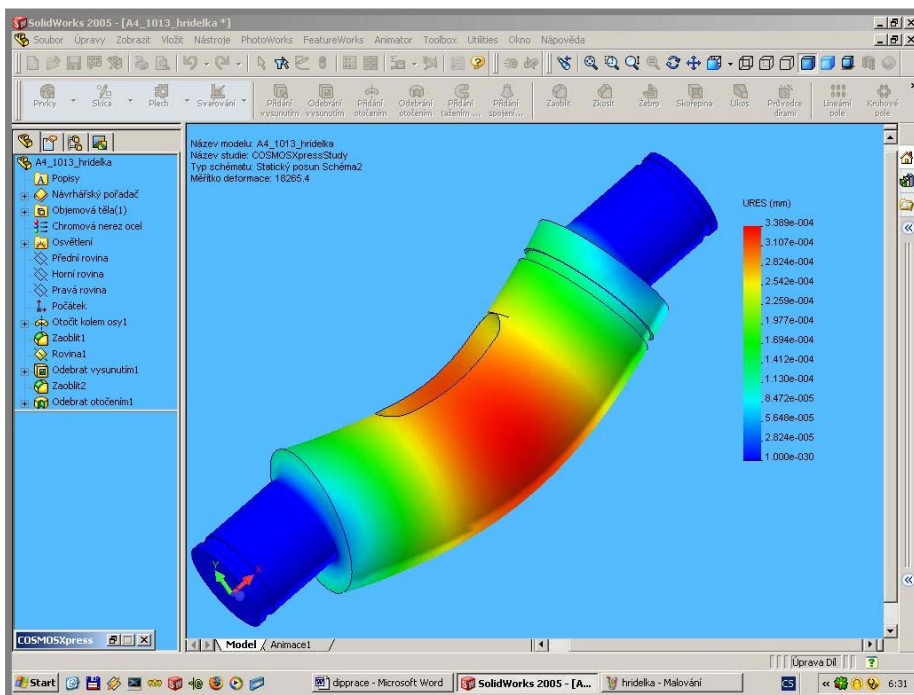
I v tomto případě prvotní návrh dostatečně splňoval pevnostní nároky na systém. Čepy v hlavici držáku a ve vidlici samotné jsem analyzoval pomocí systému SolidWorks, který vyhodnotil maximální napětí a maximální posuvy při daném zatížení. Byla tedy provedena statická analýza, jejíž vstupní hodnoty (maximální zatížení) byly úmyslně předdimenzovány. Výsledky pevnostní analýzy jsou znázorněny na následujících obrázcích.



Obr.3.2 Pevnostní analýza čepu vidlice



Obr.3.3 Pevnostní analýza hřídelky držáku



Obr.3.4 Určení maximálních posuvů

4 VLASTNÍ KONSTRUKČNÍ NÁVRH

4

4.1 Soudek - návrh

4.1

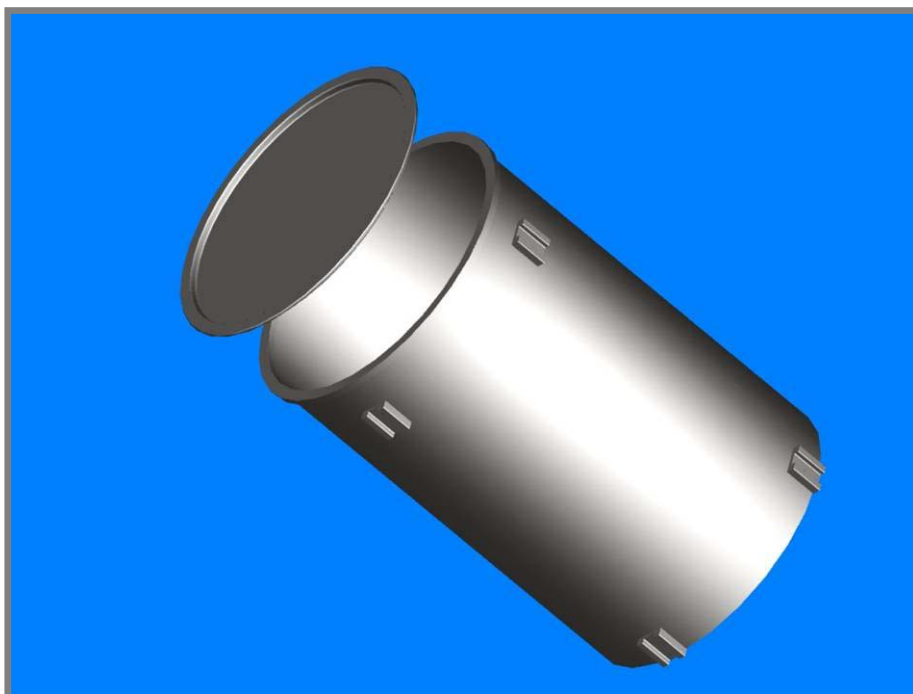
Soudek musí splňovat podmínku v zadání diplomové práce a tou je maximální objem míchané vsádky 5 litrů. Je sestaven z pláště, dna, víka a vodičích prvků, které zabraňují rotačnímu pohybu v kleci. Použitím vzorce pro výpočet objemu válce

$$V = \pi r^2 v \text{ [mm}^3\text{]},$$

kde:

- V** objem [mm³],
- r** poloměr [mm],
- v** výška [mm],
- π** konstanta pí [-].

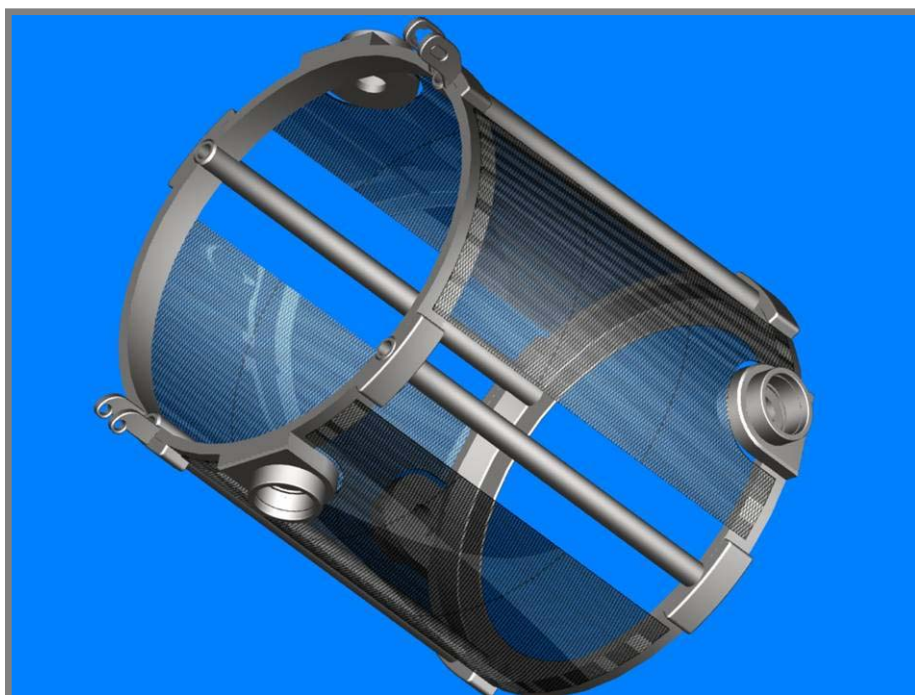
jsem definoval základní rozměry soudku **Ø166,8 x 248 mm**. Těmito rozměry je zajištěn minimální objem soudku 5 litrů. Soudek je na svém plášti opatřen 8ks vodičů, do kterých se zasouvají vodičí lišty přivařené na kleci, v níž je soudek zasazen. Umístění vodičů je realizováno po 90° po obvodu soudku na jeho horní i spodní části. Víko se bude zajišťovat pomocí pákového uzávěru, který zajistí spolu s gumovým těsněním nepropustnost uzavření. Kvůli omezeným možnostem použití výrobních technologií fa Pharmix bude nutné nechat vyrobít soudek i víko v kooperaci.



Obr. 4.1 Návrh soudku

4.2 Rotující klec – 1. návrh

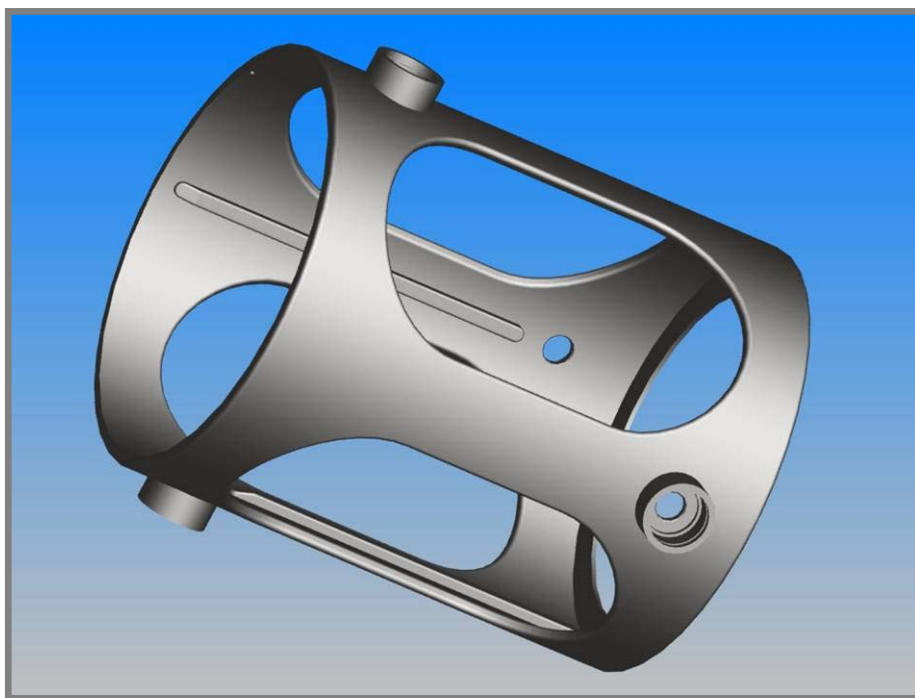
S přihlédnutím k ceně použitého materiálu jsem ve fázi prvního návrhu podporoval myšlenku použití co nejmenšího množství materiálu, při splnění pevnostních požadavků, což by vedlo k určitým finančním úsporám. Klec byla navržena jako soustava dvou obručí vzdálených od sebe na délku čtyř vodících trubek, které by se přivařily k obručím po jejich obvodu v úhlové vzdálenosti 90° . Pro vyplnění prostoru mezi trubkami jsem použil dostupné pletivo, které do jisté míry zpevňovalo klec a zabraňovalo možnému zranění obsluhy. K obručím pak byla přivařena dvojice protilehlých nosičů uložení ložisek pootočených vůči sobě o 90° . Spodní příruba obsahuje výztuhu, která zvyšuje pevnost a zároveň zabraňuje propadnutí soudku klecí. Výhodou tohoto návrhu je jeho nízká hmotnost cca 2,5 kg a tudíž i nižší cena. Podstatnou nevýhodou je, jak se později ukázalo, způsob realizace takového návrhu. Obruč se musí utočit, což je náročné na přesnost, navaření zpevňujících výztuh může dost výrazně zdeformovat tvar obručí, vyvrtání děr, do kterých se vsadí vodící trubky je vzhledem k charakteru díry obtížné. Časová náročnost je vyšší, než při jiném způsobu výroby. S ohledem na tyto okolnosti a po konzultaci s vedoucím mé diplomové práce, jsem změnil návrh klece. K této kleci by se dále přivařil držák závory, kterou by se zajistil soudek proti vypadnutí z klece při prostorovém pohybu.



Obr. 4.2 Návrh klece č. 1

4.3 Rotující klec – 2. návrh

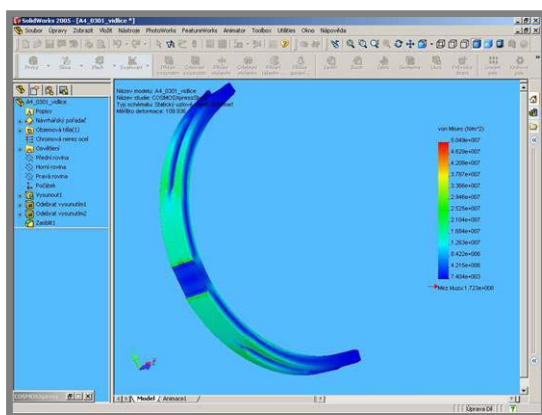
Při tomto návrhu jsem se snažil nejvíce zohlednit konečnou vyrobiteľnosť a zároveň také použití vhodných polotovaru, které zjednoduší proces výroby a do jisté míry zlevní konečný výrobek. Proto jsem volil k výrobě klece bezešvou trubku o vnějším průměru **194 mm** a tloušťkou stěny **5,6 mm**. Ta je zkrácena na požadovaný rozměr. Do trubky jsou pomocí laseru vyřezány odlehčující otvory v úhlové vzdálenosti 90°. Tím se podstatně sníží hmotnost trubky. Do vnitřního pláště se vyfrézují čtyři drážky po délce trubky, jejichž rozměry a umístění je specifikováno ve výkresové dokumentaci. Do těchto drážek se zasouvají vodící lišty, které nahrazují trubky z prvního návrhu. Po nich bude soudek konat posuvný pohyb a nebude tudíž docházet k narušení povrchové struktury vnitřního pláště klece. Na vnějším obvodu se ve stanovených rozměrech vyfrézují kruhové plochy, ke kterým se přivaří uložení pro ložisko. Ve středu těchto kruhových ploch jsou vyvrtané díry skrz plášť klece, aby bylo možné s vnitřní strany vyklepnout čep ložiska. Tento návrh je realizovatelnější z toho důvodu, že pomocí laserového či vodního paprsku lze jednoduše do daného polotovaru vyřezat požadovaný tvar, navíc je klec stabilnější, pevnější a designově líbivější.



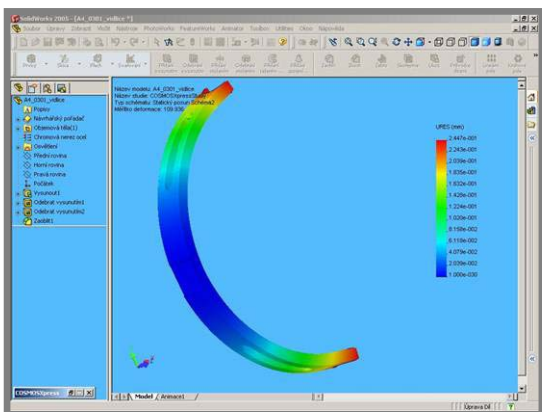
Obr. 4.3 Návrh klece č. 2

4.4 Vidlice – konstrukční návrh

Oktomix 1-5 l je zařízení, které neklade vysoké nároky na výpočet pevnostních podmínek konstrukčního návrhu. Je to zejména z důvodu použití kvalitního materiálu s vysokou pevností v tahu, který zaručuje společně se splněnými předpoklady maximálního zatížení uspokojivý bezpečnostní koeficient. Není však zbytečné, provést u některých dílců sestavy jejich pevnostní analýzu a přesvědčit se tak, zda jsou rozměrové hodnoty dostatečné či nikoliv. Jedná se zejména o nejvíce zatěžované prvky dané sestavy, tzn., čepy, hřídele, šroubová spojení či vidlice. Vzhledem ke konstrukčnímu návrhu tohoto dílu jsem pomocí integrovaných součástí do 3D CAD systému SolidWorks vyhotovil analýzu pevnostního zatížení. Vidlice je tvořena pásem oceli, jejíž tloušťka je 12 mm. Tento pás je stočen do oblouku o poloměru $r = 122,5$ mm. V něm jsou vyfrézovány odlehčující otvory. Na koncích oblouku je přivařeno uložení pro ložisko 6000 ČSN 02 4630. V polovině oblouku je přivařen díl s nábojem pro hřídelku s perem. Celý díl spolu s čepem a víčky váží necelý 1,5 kg. Maximální zatížení vidlice jsem stanovil jako přibližnou polovinu hmotnosti klece a soudku naplněného maximálním množstvím vsádky. Hmotnost samozřejmě záleží na hustotě míchaného média. Soudek s klecí váží přibližně 6 kg. Pokud budeme uvažovat maximální hmotnost míchaného média 15 kg, dostaneme se na trojnásobnou hodnotu hustoty vody. Tím bude pokryto široké spektrum médií vhodných k míchání. Celková hmotnost klece, soudku a míchaného média je tedy přibližně 21 kg, takže zatížení vidlice bude přibližně polovina této hodnoty, tj. po převedení na zátěžnou sílu $F = 105$ N.



Obr. 4.4 Pevnostní analýza vidlice



Obr. 4.5 Určení posuvů vidlice

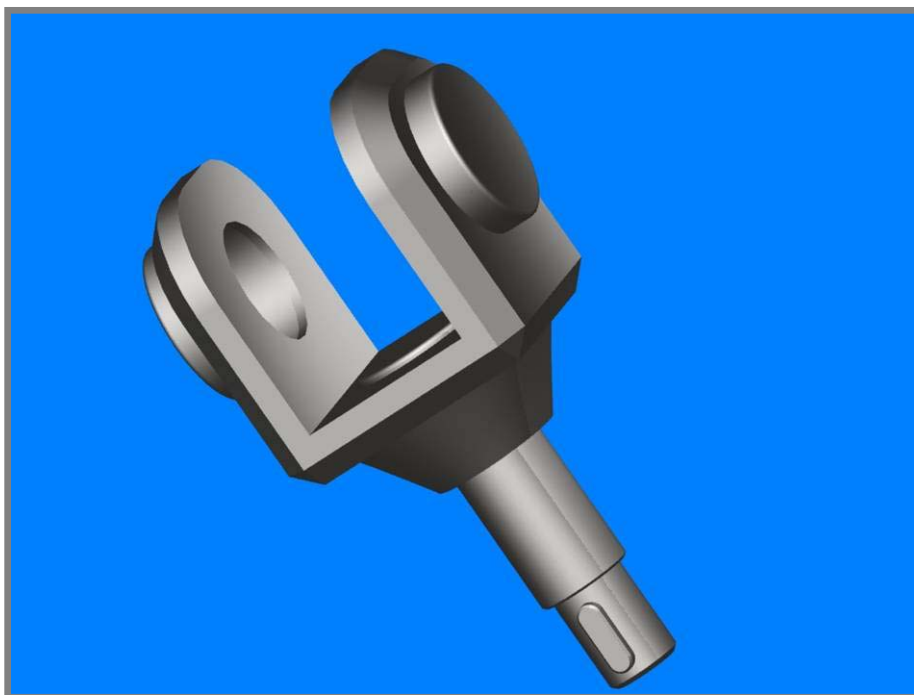


Obr. 4.6 Náhled návrh vidlice

4.5 Konstrukční návrh držáku vidlice

4.5

Držák koná rotační pohyb a slouží k uchycení vidlice. Je navržen z ocelové kostky, do které se podle výkresové dokumentace vyfrézuje drážka. Takto vzniklý tvar C, je opatřen po bocích průchozími dírami, do kterých se nasune speciální čep uchycený v ložiskách rozměrového typu **6200 ČSN 02 4630** s vnějším průměrem **D=30 mm**. Tento čep bude opatřen perem, které se zasune do drážky na dílu vidlice. Tím bude zajištěn přenos kroutícího momentu. Ložiska se na držáku uloží do vysoustružených ploch, do kterých se navaří uložení pro daná ložiska. Vše bude zakryto víčky po obou stranách držáku. Přenos kroutícího momentu z motorové jednotky, je realizován pomocí hřídele, který je opatřen pery, pro přenos momentu. Jeden konec hřídele se zastrčí společně s perem do náboje držáku a bude zajištěn pojistným kroužkem pro hřídel. Tím nemůže dojít k náhodnému rozpojení hřídele a držáku. Těleso držáku je také možné svařit ze třech kusů, to zaleží na technologickém hledisku výroby. Vyfrézovaná drážka musí umožnit pohyb vidlice v celém jejím možném rozsahu, tj., musí umožnit natočení klece se soudkem v úhlu 30°.

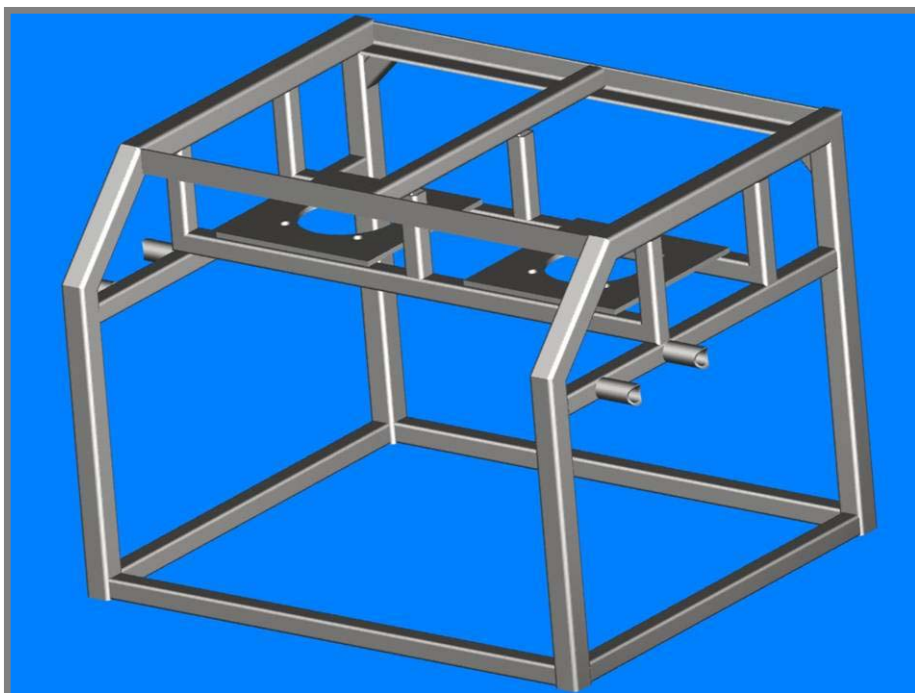


Obr. 4.7 Držák vidlice

4.6

4.6 Nosná konstrukce

Celá konstrukce je svařená a je vytvořena ze základních typů polotovarů. Jedná se o tenkostěnné profily ocelové uzavřené čtvercové **TR 4HR 20x1,5** a **TR 4HR 25x2**, o tyče průřezu „L“ s označením **L 25x25x3** a z trubek bezešvých ocelových tvářených za tepla **TRØ20x2,6**. Konstrukce musí udržet veškeré zatížení vyplývající z provozu stroje Oktomix 1-5 l a zajistit jeho stabilitu. Konstrukce bude také opatřena nastavitelnými nožičkami, které se objednají přímo u výrobce a na konstrukci se jen přimontují. Rozměry byly stanoveny tak, aby byla zajištěna snadná dostupnost servisních pracovníků k pohonným jednotkám a tím i snadná údržba stroje. Vzhledem k optimálnímu řešení vnitřnímu prostoru je možné snadno doplnit vybavení, např. o minikompresor, který by mohl sloužit k nafukování univerzálního držáku apod. Rovněž je možné přesně podle přání zákazníka stanovit umístění ovládacích prvků. Ke konstrukci jsou nerozebíratelným spojením připevněny plechy tloušťky 1,5 mm, které společně s konstrukcí tvoří šasi celého stroje. Veškeré plechy budou tedy ke konstrukci přivařeny, až na zadní část, která bude připevněna šroubovým spojením. Mezi tento plech a konstrukci bych doporučoval použít těsnění, aby se snížila pravděpodobnost vzniku nežádoucích vibrací v důsledku kmitání stroje. Výsledná hmotnost konstrukce činí přibližně 20 kg.



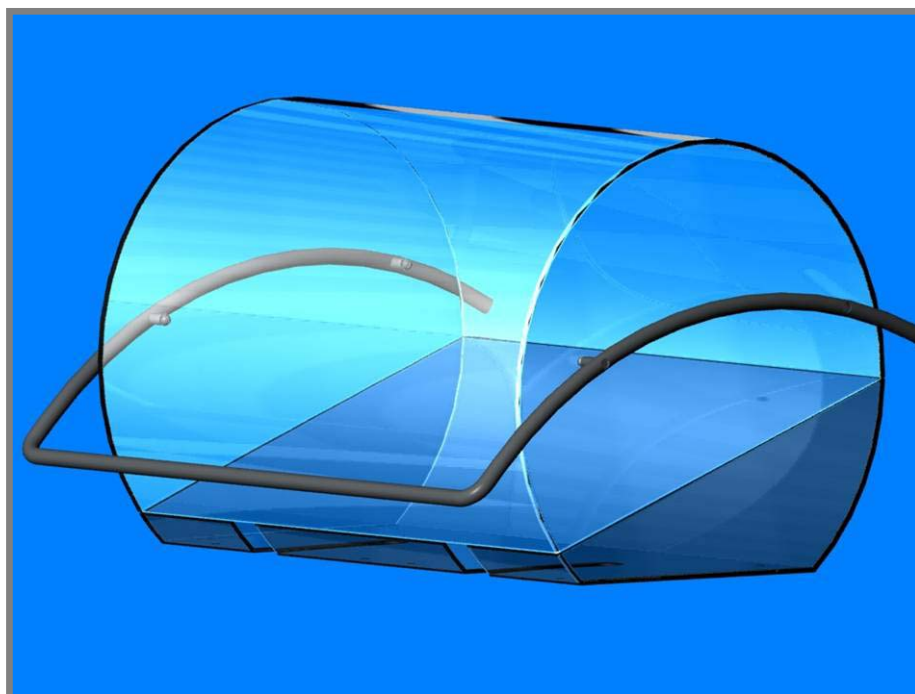
Obr. 4.8 Návrh konstrukce



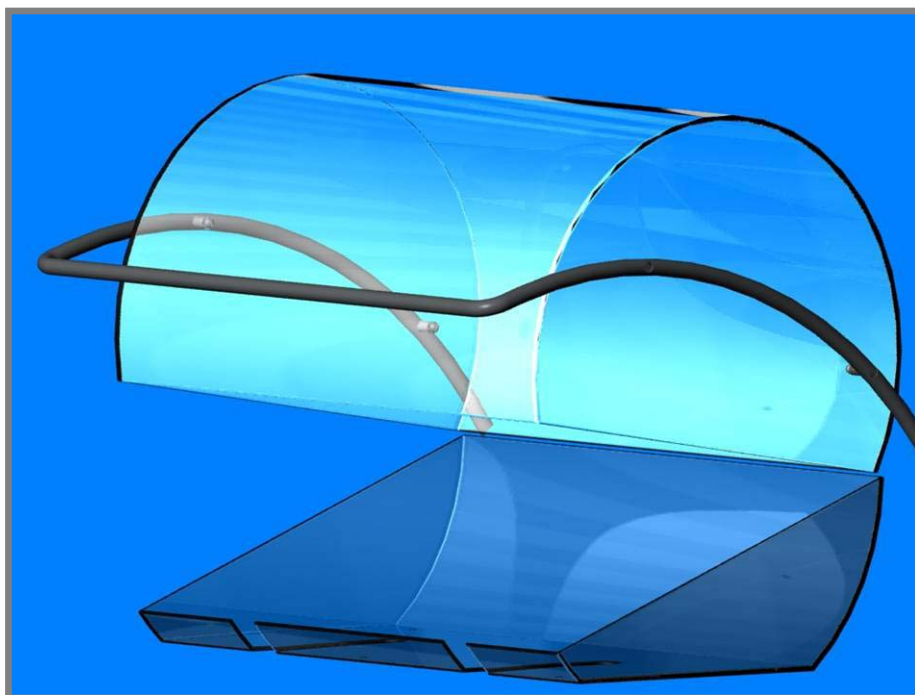
Obr. 4.9 Návrh konstrukce s plechy

4.7 Kryt klece -1. návrh

Při obsluze Oktamixu 1-5 l a časté manipulaci se soudkem může dojít k nežádoucím zraněním či úrazům. Hlavně v momentě spouštění pohybu klece, kdy se mohou dostat mezi klec a vidlici části oděvu či dokonce části lidského těla. Takovéto případy musíme vyloučit vhodnými bezpečnostními prvky, které minimalizují možnost zranění. Jak jsem uváděl v popisu stroje Oktomix T-200 H, u kterého jsou tyto bezpečnostní prvky řešeny pomocí dotykových podlah, plotů z fotobuněk nebo pomocí neprostupných bariér. U Oktomixu 1-5 l není možné použití ani jedné z těchto variant. Je to dáno tím, že rozměry Oktomixu jsou oproti typům s větším objemem míchané vsádky minimální. Proto je nutné vytvořit takové prvky ochrany, které zajistí dokonalou bezpečnost obsluhy. Řešení je hned několik, ale všechny pracují na společném principu a tím je ochrana rotující klece ze všech směrů. Při mém řešení, je kryt tvořen ze dvou částí – horní a dolní. Horní část krytu je připevněna k madlu, které slouží k manipulaci s krytem a které je čepem připevněno k držáku madla, kolem kterého se otáčí. Spodní kryt je rozebíratelným spojením připevněn k hornímu plechu konstrukce. Tvar uzavřeného krytu má tvar válce. Uvnitř válce dochází k samotnému pohybu rotující klece se soudkem a míchaným médiem. Materiál, ze kterého je kryt vyroben, je průhledný plast, který plní nejenom bezpečnostní funkci, ale také funkci izolační. Při míchacím procesu může totiž docházet podle charakteru média k nežádoucím zvukovým vibracím, které mohou rušit okolí. Spodní kryt je navržen s ohledem na jednoduchou údržbu stroje, tzn., že se po uvolnění šroubových spojení nechá jednoduše vysunout a omýt či jinak chemicky očistit, bez nutnosti demontáže klece, držáku nebo vidlicí. Použití tohoto materiálu také upřednostňuje výrobu krytu v kooperaci.



Obr. 4.10 Návrh krytu klece - uzavřený

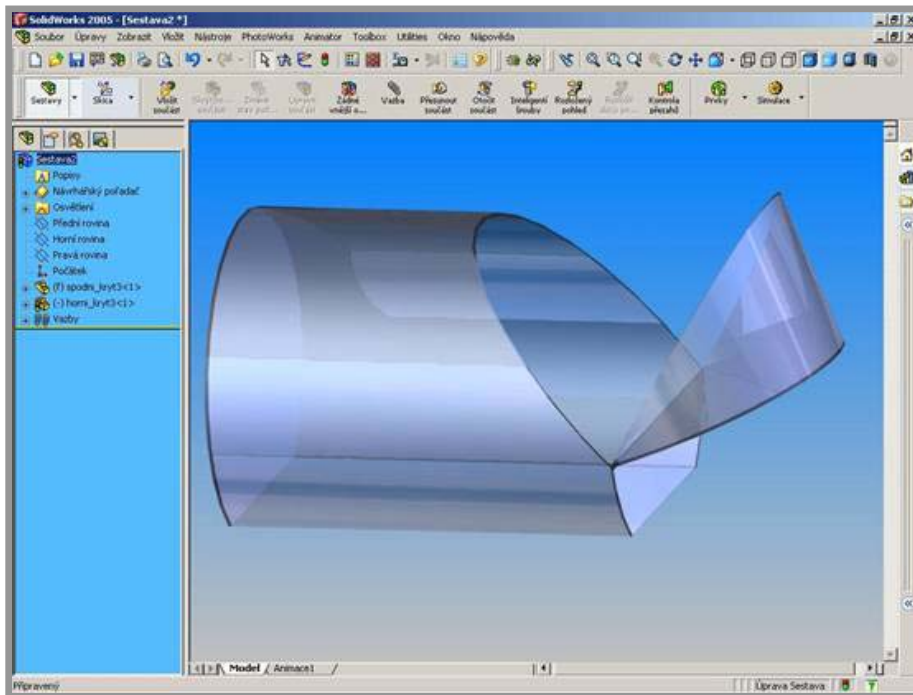


Obr. 4.11 Návrh krytu klece - otevřený

4.8 Kryt klece - 2.návrh

4.8

Předchozí řešení je nejpoužívanější na trhu. Přičemž tvar krytu může být válcový či hranatý, to už záleží i na grafickém a designovém citění konstruktéra. Nevýhodou snad může být nutnost volného prostoru za strojem, kam se bude odklápět víko krytu. Tento problém vyřeší jiný pohled řešení. Opět je použito stejného materiálu pro výrobu (průhledný plast) a opět je využito tvaru válce. Válec podobných rozměrů jako má předešlá varianta je však napevno přichycen k hornímu plechu stroje a otevírá se pouze pravá resp. levá strana. Tato otevíratelná dvířka se vytvoří rozřezáním válce pod stanoveným úhlem a dojde k jakémusi zkosení a rozdělení válce na dvě poloviny. Obě části se spojí nerezovými panty, které umožní rozevření dvířek. Úhlový rozsah nerezových pantů je 180° . Rozevřením dvířek vznikne prostor ke snadné výměně soudku v kleci a odpadá tak nutnost volného prostoru za strojem Otkomix 1-5 l. Tento návrh však není z hlediska designového příliš líbivý a rovněž s sebou nese některé nedostatky. Prvním nedostatkem je reálná možnost poničení odklopených dvířek obsluhou, která se může o ně zachytit a vzhledem k materiálu mohou snadno prasknout, či se jinak mechanicky poškodit. Druhý nedostatek vidím v tom, že není zajištěna snadná dostupnost ke všem místům stroje, náchylným k zašpinění. Musel by se jednoduše vyřešit snímání krytu, např. pomocí kolejniček, po kterých by se kryt pohyboval apod.



Obr. 4.12 Návrh kryty klece II.

5 ŘEŠENÍ POHONU

Řešení pohonu u modelu Oktomix T-200 H je realizováno pomocí jednoho elektromotoru, který pohání hnací hřídel. Druhá hřídel je bez přímého pohonu a její otáčky jsou závislé na otáčkách hnacího hřídele. Přenos kroutícího momentu je zajištěn užitím přesných axiálně-radiálních reduktorů. Prvním a hlavním inovačním krokem v mém návrhu je uložení hnacích hřídelů do vertikální polohy, tj. kolmo k zemi. Tím do jisté míry zjednoduším návrh hnacích hřídelů, protože síla působící na tyto prvky bude působit jen v ose. Budou tak namáhány pouze na tlak. U předešlé varianty musely hřídele odolávat ohybovému zatížení, které u 200 litrových sudů bylo značné. Dalším inovačním prvkem je použití dvou asynchronních motorů s frekvenčním měničem a PLC kontinuálním řízením. Pomocí frekvenčního měniče s potenciometrem se budou plynule měnit otáčky stroje podle potřeby obsluhy. PLC kontinuální měnič bude zajišťovat plynulý chod prostorového pohybu. Podle přiložených tabulek je zřejmé, že při pohybu soustavy, vynucené jedním elektromotorem pohybujícím se konstantními otáčkami, dochází k rotačnímu pohybu s proměnlivými otáčkami u druhé hřídele.

5.1 Volba elektromotoru

Hmotnost míchané vsádky, hmotnost klece a soudku, počet elektromotorů, prostředí provozu to jsou aspekty, které se musí zohlednit při volbě vhodného typu elektromotoru. Při řešení pohonu pomocí dvou nezávislých elektromotorů dochází k rozdělení jmenovitého výkonu mezi tyto dva motory. Mohu tudíž volit výkonnostně slabší typ. U konkurenčních výrobků s technickými parametry, které jsou podobné nebo dokonce náročnější a které jsou poháněny jen jedním elektromotorem, využívají výrobci motorů o jmenovitém výkonu 0,37 kW. Při použití dvou motorů mohu proto volit motory o jmenovitém výkonu **0,18kW**, které zaručí bezproblémový chod soustavy. V současné době odebírá firma Pharmix, s.r.o. zejména elektromotory fy **Siemens**. Z tohoto důvodu jsem vybral elektromotor této značky. Jedná se o jednofázový asynchronní motor nakrátko. Jednofázové asynchronní motory jsou určeny k pohonu průmyslových zařízení, např. ventilátorů, čerpadel, apod., lze je používat pro prostředí mírného klimatu, ve zvláštních provedeních i v jiných klimatických podmínkách. Jednofázové nízkonapěťové asynchronní motory nakrátko v základním provedení jsou vyráběny s označením **1LF7**. Motory 1LF7 jsou jednofázové asynchronní motory s rotorem nakrátko, krytí IP55 je dosaženo použitím pryžových těsnících prvků (CD kroužků). Statorové vinutí je z měděného vodiče. Rotorová klec je tlakově odlita z hliníku. Svazek rotoru je nalisován na hřídel, dynamicky vyvážen s půlperem a uložen v kuličkových ložiskách s trvalou tukovou náplní. Volný konec hřídele každého motoru je opatřen vnitřním závitem.

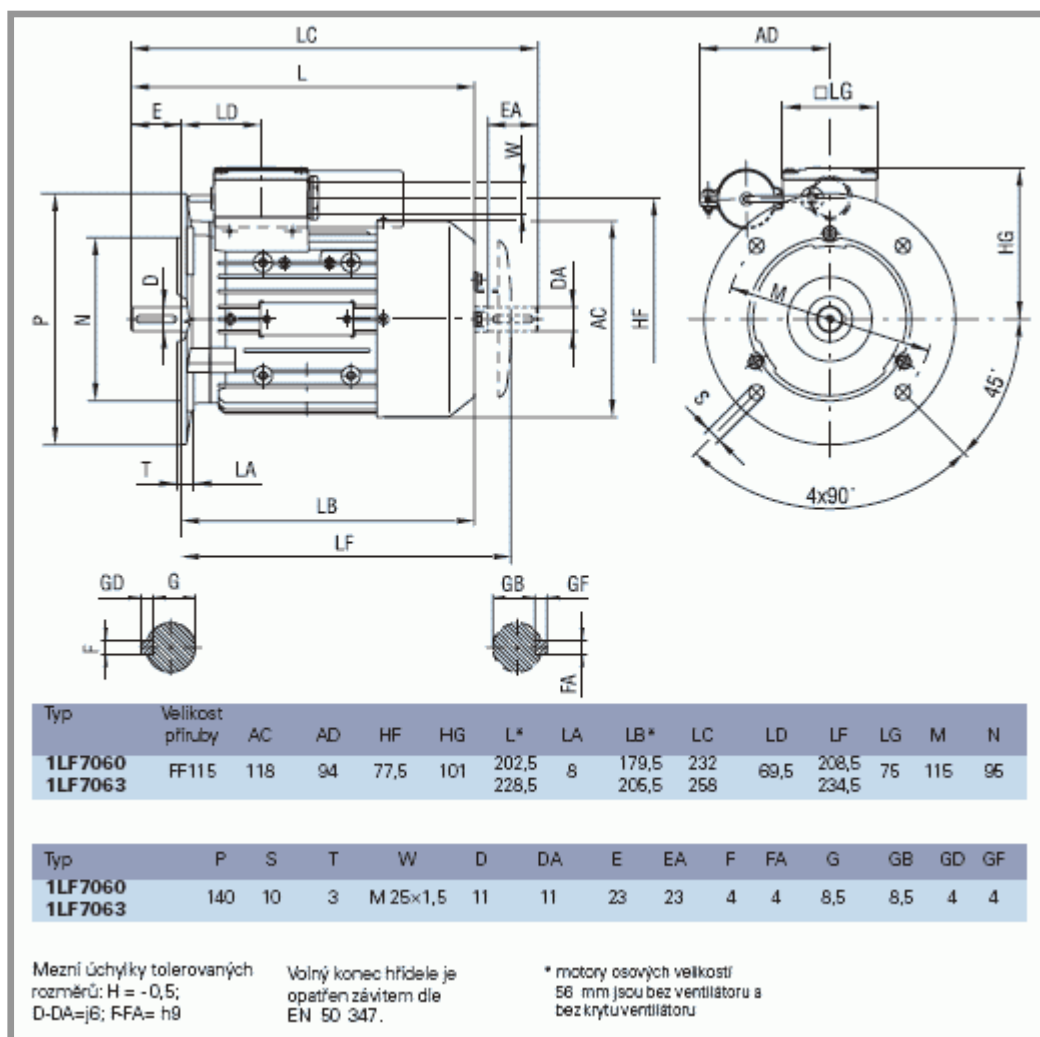
K širšímu průmyslovému využití a rozšíření aplikačních možností v elektrických pohonech pracovních strojů a zařízení jsou vyráběna dvě základní provedení:

1. *Jednofázové elektrické motory s trvale připojeným běžovým kondenzátorem (tento se může sestávat i ze dvou kusů, či více kusů dodaných samostatně)*
2. *Jednofázové elektrické motory s pomocným rozběžovým kondenzátorem. Po rozběhu zůstává trvale připojen běžový kondenzátor, zatímco rozběžový kondenzátor se odpojí odstředivým vypínačem. Pokud potřebný počet kondenzátorů není větší jak dva kusy, jsou tyto vždy upevněny ke svorkovnicové skříni.*

Osová výška tohoto motoru je 63 mm, provedení přírubové tvaru IM B 5. Napětí pro tento typ motoru je stanoveno na hodnoty 230V, 220V a 110V a kmitočet je 50Hz. Synchronní otáčky se mění přímo úměrně se síťovým kmitočtem. Motory jsou vhodné pro směr otáčení vpravo i vlevo. Způsob zapojení je vyznačen na schématu umístěném z vnitřní strany víka svorkovnice. Napájením ze sítě 230V se zajistí použitelnost zařízení ve všech místech pokrytí.



Obr. 5.1 Elektromotor Siemens 1LF7



Obr. 5.2 Rozměry motoru Siemens 1LF7063

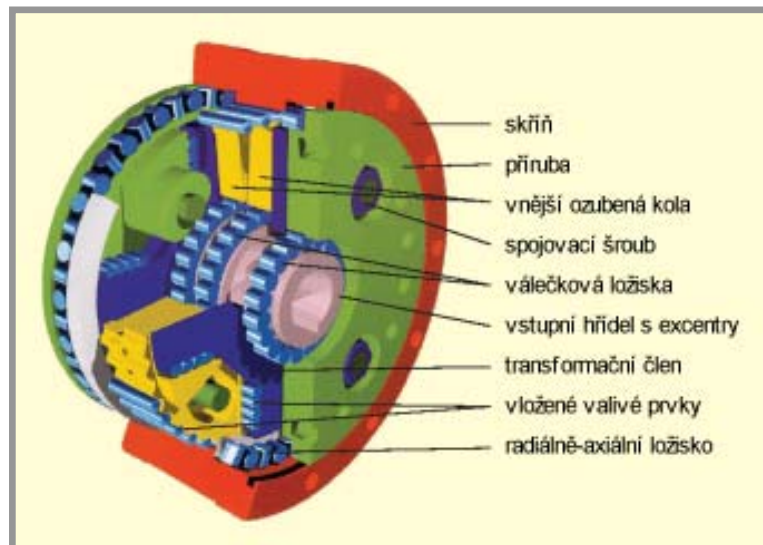
Technické informace												
Technická data												
Technická data pro výběr a objednání												
Jednofázové motory s běhovým kondenzátorem												
Jmen. výkon	Velikost	Objednávací číslo	Parametry při jmenovitém výkonu				Poměrný záběrný moment M ₂ /M _n	Poměrný záběrný proud I _k /I _n	Poměrný moment zvrátu M _{max} /M _n	C _e	Moment setrvačnosti J	Hmotnost
			Označení pro napětí a tvar viz tabulka níže	Otáčky min ⁻¹	Účinnost η	Účinník cos φ						
0,09	56	1LF7050-2AB..	2870	63	0,98	0,63	0,83	4,2	2,1	3	0,00020	3,5
0,12	56	1LF7053-2AB..	2820	62	0,98	0,86	0,76	3,3	1,6	4	0,00015	3,51
0,18	63	1LF7060-2AB..	2895	62	0,94	1,34	0,51	2,5	4,3	5	0,00026	4,17

Obr. 5.3 Technické informace

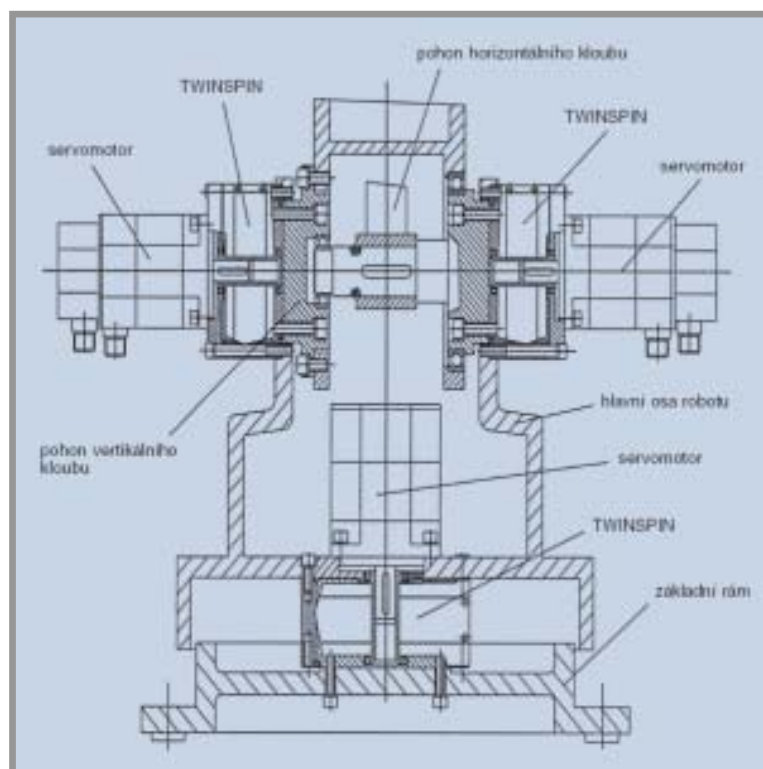
5.2 Přesný axiálně-radiální reduktor TWINSPIN

Požadavky současného průmyslu na pohonné agregáty jsou často spojeny s nutností přeměny velikosti silových účinků za velmi přesných podmínek přenosu kinematických veličin. Nezbytnou součástí řetězce pohonů jsou reduktory, obecněji převodové mechanismy, jejichž hlavní úlohou je transformace výkonových (silových a kinematických) veličin. Přesné reduktory jsou zařízení založená na různých mechanických principech, ale se stejným cílem: zajistit vysokou kinematickou přesnost pohonného uzlu, do kterého jsou montovány. V praxi to znamená, že pohonný řetězec, ve kterém je reduktor namontován, je schopen zajistit polohování poháněného zařízení s přesností na tisícinny milimetru nebo v případě rotačního pohonu s přesností jednotek úhlových vteřin. Současně musí pohon zajistit přenos silových účinků na části zařízení, které vykonávají požadovanou funkci. Tyto požadavky musí být respektovány při konstrukci reduktoru i při návrhu technologie výroby. Oblastí nejčastějšího použití jsou tedy výrobní zařízení, především obráběcí stroje a manipulační technika (roboty, polohovadla apod.). Další oblasti použití jsou zařízení pro letecký a vojenský průmysl, papírenské, dřevozpracující, textilní a sklářské stroje. V zásadě jsou tyto reduktory koncipovány jako planetové převody s evolventním ozubením v nejrůznějších kombinacích uspořádání členů planetového převodu (např. firma ZF Friederichshafen AG, Alpha), nebo jsou to převody cykloidní (firma Cyclo), nebo harmonické (firma Harmonic Drive). Vzhledem k tomu, že jsou tyto reduktory určeny pro podobné aplikace, jsou na ně kladeny podobné technické požadavky. Jde především o velký převodový poměr, kinematickou přesnost, malý mrtvý chod a vysokou momentovou kapacitu. Převod je obvykle uspořádán v kompaktní skříní a lze jej velmi snadno spojit s vhodným hnacím motorem. Na principu cykloidní převodovky pracují i ložiskové reduktory Twinspin, patentované a vyráběné firmou Spinea, s. r. o., v Prešově na Slovensku. Jsou to převodové mechanismy, v nichž jsou integrována velmi přesná cykloidní ozubená kola s velmi přesným radiálně-axiálním ložiskem. V těchto převodech je zcela vyloučen přenos silových účinků třením ploch po sobě, protože veškeré silové účinky jsou přenášeny přes valivé prvky.

Na **Obr. 5.4** je řez touto převodovkou s popisem hlavních částí mechanismu. Skříň nosným prvkem konstrukce a obsahuje oběžné dráhy radiálně-axiálního ložiska. To je tvořeno válečky, jejichž osy jsou uspořádány v axiálním i radiálním směru vůči ose převodu. Příruby jsou výstupní členy, umístěné ze vstupní a výstupní strany. Obsahují oběžné dráhy radiálně-axiálního ložiska, jsou spojeny a otáčejí se redukovanými otáčkami. Cykloidní ozubená kola přenášejí točivý moment. Transformační člen přenáší planetový pohyb cykloidních ozubených kol na rotační pohyb přírub. Těsnění zamezuje prosakování maziva a vstupu nečistot do reduktoru. Excentry vstupního rychloběžného hřídele, který je uložen ve válečkových ložiskách, vynucují valivý pohyb cykloidních kol. Trochoidní profil na vnějším obvodu kol je v záběru s ložiskovými jehličkami vloženými v drážkách skříně. Planetový pohyb cykloidních kol se mění na otočný pohyb přírub pomocí transformačních členů. Jejich ramena jsou podpírána drážkami cykloidních ozubených kol a přírub valivými prvky. Všechny typy jmenovaných převodů jsou výrobcem nabízeny ve velikostních řadách. To umožňuje při návrhu struktury zařízení použít postupně od největších až po nejmenší reduktory stejného výrobce. Jejich velikost v systému je obvykle odvozována od velikosti potřebného torzního momentu a frekvence otáčení.



Obr. 5.4 Ložiskový reduktor TWINSPIR



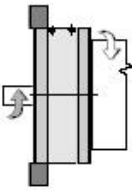
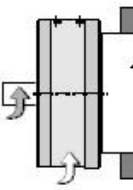
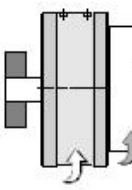
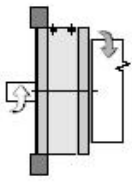
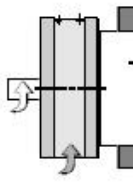
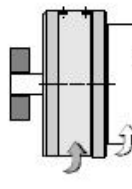
Obr. 5.5 Ložiskový reduktor TWINSPIR

Na **Obr. 5.5** je příklad použití ložiskových reduktorů Twinspin různých velikostí v konstrukci robotu. Pro hlavní osu robotu je použit největší převod ve variantě upevnění za přírubu k neotočnému základu a za skříň k otočné hlavní ose robotu. Z konstrukčního schématu je také patrná zásadní výhoda reduktoru Twinspin, která spočívá v integraci reduktoru s radiálně-axiálním ložiskem. To umožňuje realizovat přímou vazbu otočné a neotočné části osy přes ložiskový reduktor. Pro pohonný mechanismus dalších kloubů robotu jsou použity další typy převodů. Oporou při použití reduktoru mohou být podklady s údaji deklarovanými výrobcem, zpracované na vysoké úrovni, ke kterým ale zatím chybí ekvivalentní experimentální a výpočtové posouzení nezávislým pracovištěm.

5.2.1

5.2.1 Volba vhodného reduktoru

Po předchozích zkušenostech firmy Pharmix, s.r.o. s ložiskovými reduktory mi bylo vedoucím diplomové práce doporučeno použít reduktor s označením TS60 SCB. Jde o nejmenší vyráběný reduktor ve slovenské firmě Spinea. Dokonale splňuje podmínky pro použití v našem navrhovaném systému. TwinSpin 60 se vyrábí se třemi převodovými poměry a to $i = 35$, $i = 47$ a $i = 75$. Rozměry TS 60 jsou všech převodových typů stejné, záleží tedy na přání zákazníka. V konstrukčním návrhu je řešeno uchycení reduktoru za skříň, tzn., že pohyblivé části jsou vstupní a výstupní příruba. Skříň je přichycena šrouby k rámu a je tudíž zajištěna proti pohybu. V konstrukční praxi však existují i jiné možnosti použití reduktorů a tudíž i rozdílné způsoby uchycení. Některé varianty jsou znázorněny v následující tabulce **Tab.5.1**.

<p>Speed Reduction</p>	 <p>Input: Input shaft Output: Output flange Fixed: Case</p> $i_{out} = -i$	 <p>Input: Input shaft Output: Case Fixed: Output flange</p> $i_{out} = i+1$	 <p>Input: Output flange Output: Case Fixed: Input shaft</p> $i = \frac{i+1}{i}$
<p>Speed Acceleration</p>	 <p>Input: Output flange Output: Input shaft Fixed: Case</p> $i = -\frac{1}{i}$	 <p>Input: Case Output: Input shaft Fixed: Output flange</p> $i = \frac{1}{i+1}$	 <p>Input: Case Output: Output flange Fixed: Input shaft</p> $i = \frac{i}{i+1}$

Tab. 5.1 Varianty uložení TWINSPIN

Veškeré další informace jsem zjišťoval z katalogů firmy, jedná se hlavně o rozměrové hodnoty úložných přírub, počty a rozměry šroubů apod. Bylo nutné rovněž navrhnout redukci, která spojuje výstupní hřídel motoru s reduktorem, protože průměry obou součástí jsou různé.

5.3 Frekvenční měnič

5.3

Všeobecné rozšiřování automatizace vede i v pohonné technice k inteligentním decentralizovaným pohonům, které mohou komunikovat po nejrůznějších komunikačních sběrnících. Klasické způsoby nastavení otáček, například převodovkami nebo přepínáním pólů u asynchronních motorů ztrácejí dnes význam. Řešení pohonů s frekvenčními měniči charakterizují ve všech oblastech inovaci pohonné techniky. Výhodou frekvenčních měničů je to, že není nutné používat externí komponenty pro bezpečnost motoru. Na straně sítě je nutné pouze jištění na ochranu vedení a ochranu před zkratem. Vstupy a výstupy frekvenčních měničů se hlídají vnitřně měřicími a regulačními obvody, jde např. o ochranu před přehřátím, zemním zkratem, přetížením motoru, zablokováním motoru. I měření teploty ve vinutí motoru může být přes termistorový vstup zapojeno do hlídacího obvodu frekvenčního měniče. Frekvenční měniče odebírají z napájecí sítě pouze činný výkon ($\cos \varphi \sim 1$) – jalový výkon nutný pro magnetický obvod motoru dodává jejich stejnosměrný meziobvod. Tím se lze vzdát kompenzačních zařízení účinníku na straně napájecí sítě.

5.3.1 Frekvenční měnič DF5 fy MOELLER

5.3.1

Frekvenční měniče řady DF5 umožňují plynulou regulaci otáček střídavých motorů. Hodí se pro aplikace, u kterých má zásadní význam hospodárnost provozu. Výkonový rozsah pro čtyřpólové střídavé asynchronní motory je od 0,18 kW do 2,2 kW pro napájení 230 VAC.

DF5 může být použit jako samostatný pohon (stand-alone) nebo integrován do automatizačních systémů. Řízení charakteristik U/f (napětí/frekvence) přitom umožňuje široké spektrum použití od jednoduchých pohonů čerpadel a ventilátorů až k flexibilním standardním pohonům balicích strojů a v potravinářském průmyslu.

Charakteristické znaky:

- kompaktní provedení díky vysoce integrované modulární technologii
- integrovaný ovládací LCD panel se čtyřmístným 7-segmentovým displejem, 6 funkčními tlačítky a potenciometrem žádané hodnoty
- sériové rozhraní (RS 422) pro:
 - externí LCD panel a ovládací LCD panel
 - datový přenos pomocí externího modulu PROFIBUS-DP
 - datový přenos s PC
- pět digitálních vstupů (24 V DC)
- dva digitální výstupy (24 V DC)
- dva analogové vstupy (0...+10 V, 4...20 mA)
- jedno relé (přepínací kontakt: 24 V DC/ 230 V AC)
- termistorový vstup
- dva napětíové rozsahy:
 - 230 V (180 V – 0% do 252 V +0%), jedno- nebo třífázové napájení
 - 400 V (342 V – 0% do 506 V +0%), třífázové napájení.
- mezinárodní standardy CE, UL, c-UL, CSA a cTick

Rozsáhlé ochranné funkce zabezpečují bezpečný provoz a ochranu frekvenčního měniče a motoru při:

- nadproudu, zemním zkratu
- přetížení (elektronická ochrana motoru)
- přehřátí
- přepětí, podpětí

Další funkce:

- regulátor PID (uzavřený regulační obvod)
- automatická regulace napětí
- blokování restartu
- chráněný přístup k parametrům
- omezení frekvence (min/max/skip)



Obr. 5.6 Frekvenční měnič DF5 fy Moeller

5.3.2 Frekvenční měnič FR-S 520 fy MITSUBISHI ELECTRIC

Frekvenční měniče podobných výkonových rozsahů jsou co do vybavenosti podobné nebo dokonce stejné u jednotlivých konkurenčních firem. Proto při výběru vhodného měniče záleží zejména na dosavadních zkušenostech s danou dodavatelskou firmou. Firma Pharmix, s.r.o. má zkušenosti s výrobky fy **Mitsubishi Electric**. Proto jsem navštívil jejich stránky. V české republice je distributorem této japonské firmy firma AutoCont Control Systems. Jako možnou variantu jsem vybral frekvenční měnič nejnižší výkonové řady a to měnič FR-S520. Má podobné parametry jako měnič fy Moeller, liší se jen nepatrně v rozměrových parametrech.

- napájecí napětí 1x230V, 50Hz
- výkon od 200W do 1,5kW
- možnost komunikace pomocí RS485
- skalární měnič U/f



Obr. 5.7 Frekvenční měnič FR-S 520 fy Mitsubishi Electric

5.3.3

5.3.3 Frekvenční měnič VF-0 Series fy MATSUSHITA – PANASONIC

Tento typ má stejně jako předcházející podobné technické vlastnosti. Liší jen nepatrnými rozměrovými parametry. Ze všech tří prezentovaných typů je nejmenší, proto jsem přistoupil na jeho použití. Důležitým hlediskem pro výběr frekvenčního měniče bude také ekonomické hledisko, které je ovšem v porovnání s výrobními náklady na výrobu míchače méně podstatné.



Obr. 5.8 Frekvenční měnič VF-0 fy Matsushita - Panasonic

5.4

5.4 Programovatelné logické automaty – PLC

Situace na trhu PLC je obdobná jako s frekvenčními měniči. Jednotlivé výkonnostní třídy PLC různých výrobců se mezi sebou liší nepatrnými rozdíly. Hlavním kritériem pro výběr programovatelného automatu je zejména počet vstupů a výstupů, velikost paměti, počet čítačů nebo velikost instrukční sady. Pro řešení pohonu v diplomové práci plně postačí nejjednodušší typ programovatelného automatu. Většina firem zabývajících se výrobou automatizační techniky má ve své produktové nabídce jak frekvenční měniče tak PLC automaty. Doporučuji používat frekvenční měnič a PLC automat od stejné firmy, zejména z důvodů kompatibility a také kvůli servisní a technické podpoře. Následující tři obrázky zachycují PLC automaty výše zmíněných firem.



Obr. 5.9 FP-e Series Panasonic



Obr. 5.10 FX1 S - Mitsubishi

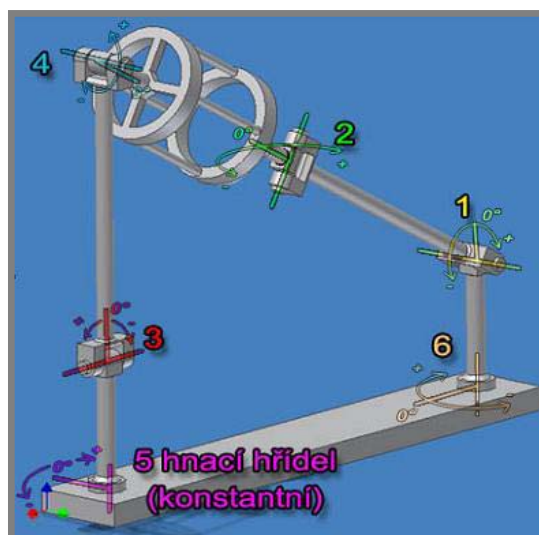


Obr. 5.11 PLC fy Moeller

5.5 Naprogramování PLC

5.5

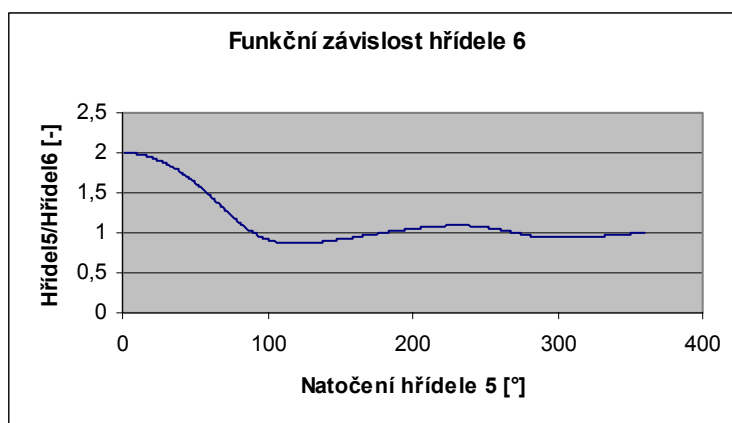
Proces programování PLC by měl probíhat v jednotlivých krocích. Prvním krokem je zjištění závislosti hnané hřídel na hřídeli hnací. Tyto hodnoty, které jsou sestaveny v tabulce, můžeme získat několika způsoby, ale s využitím počítačového modelování se nabízí nejjednodušší varianta a tou je naskicování daného zařízení v příslušném 3D CAD systému a použitím interních funkcí zajistit potřebné informace. Dalším krokem je rozpočítání soustavy a tím započítí simulace. Získání informací ze simulace závisí tedy na funkčním vybavení daného systému. V 3D modeláři .Catia, existuje funkce, která automaticky zaznamenává natočení určených součástí sestavy při simulaci. Výsledkem je tedy tabulka hodnot, která je vstupním parametrem k PLC programování. Veškeré tyto informace jsou získány ze sestavy s jedním elektromotorem. Důsledkem je, že se hnaná hřídel otáčí podle geometrické závislosti a jak již bylo řečeno, pohyb celé soustavy je možný jen za splnění těchto určitých geometrických podmínek. Získanou závislost hnané hřídele pak musíme implementovat do sestavy se dvěma elektromotory. V Tab.5.2 jsou vybrané hodnoty. Obr.5.12 zobrazuje sestavu použitou při simulaci.



Obr.5.12 Simulační sestava

Kloub 1	Kloub 2	Kloub 3	Kloub 4	Hřídel 5	Hřídel 6	PODÍL
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000
0,0038	-1,7320	0,8660	0,0076	1	-0,5000	1,9998
0,0151	-3,4639	1,7320	0,0302	2	-1,0003	1,9994
0,0340	-5,1956	2,5978	0,0681	3	-1,5010	1,9986
0,0605	-6,9268	3,4634	0,1211	4	-2,0024	1,9976
0,0947	-8,6575	4,3288	0,1894	5	-2,5048	1,9962
0,1365	-10,3875	5,1938	0,2729	6	-3,0083	1,9945
0,1860	-12,1168	6,0584	0,3719	7	-3,5131	1,9925
0,2432	-13,8451	6,9225	0,4864	8	-4,0196	1,9903
0,3083	-15,5723	7,7862	0,6166	9	-4,5279	1,9877
0,3813	-17,2983	8,6492	0,7625	10	-5,0384	1,9848
0,4622	-19,0230	9,5115	0,9244	11	-5,5512	1,9816
0,5512	-20,7461	10,3731	1,1023	12	-6,0665	1,9781
0,6483	-22,4676	11,2338	1,2966	13	-6,5847	1,9743
0,7537	-24,1873	12,0937	1,5074	14	-7,1061	1,9701
0,8675	-25,9051	12,9525	1,7350	15	-7,6307	1,9657
0,9898	-27,6207	13,8104	1,9795	16	-8,1591	1,9610
1,1207	-29,3341	14,6670	2,2413	17	-8,6913	1,9560
1,2604	-31,0450	15,5225	2,5207	18	-9,2276	1,9507
1,4090	-32,7533	16,3766	2,8180	19	-9,7685	1,9450
1,5667	-34,4588	17,2294	3,1334	20	-10,3141	1,9391
1,7337	-36,1613	18,0807	3,4674	21	-10,8648	1,9328
1,9102	-37,8607	18,9304	3,8204	22	-11,4208	1,9263
2,0964	-39,5568	19,7784	4,1927	23	-11,9825	1,9195
2,2924	-41,2493	20,6246	4,5848	24	-12,5502	1,9123
2,4986	-42,9380	21,4690	4,9972	25	-13,1243	1,9049
...
...
...
...

Tab.5.2 Závislost hnaného hřídele [°]



Graf 5.1 Závislost hnaného hřídele

6 UNIVERZÁLNÍ DRŽÁK PRO SPECIFICKÉ NÁDOBY

6

Při provozu Oktomixu 1-5 l může nastat případ, kdy bude potřeba uchytit do klece i jiné tvary nádob. Toto uchycení musí být spolehlivé a nenáročné na obsluhu a přitom musí pokrýt co nejširší spektrum tvaru míchacích nádob.

6.1 I. varianta držáku

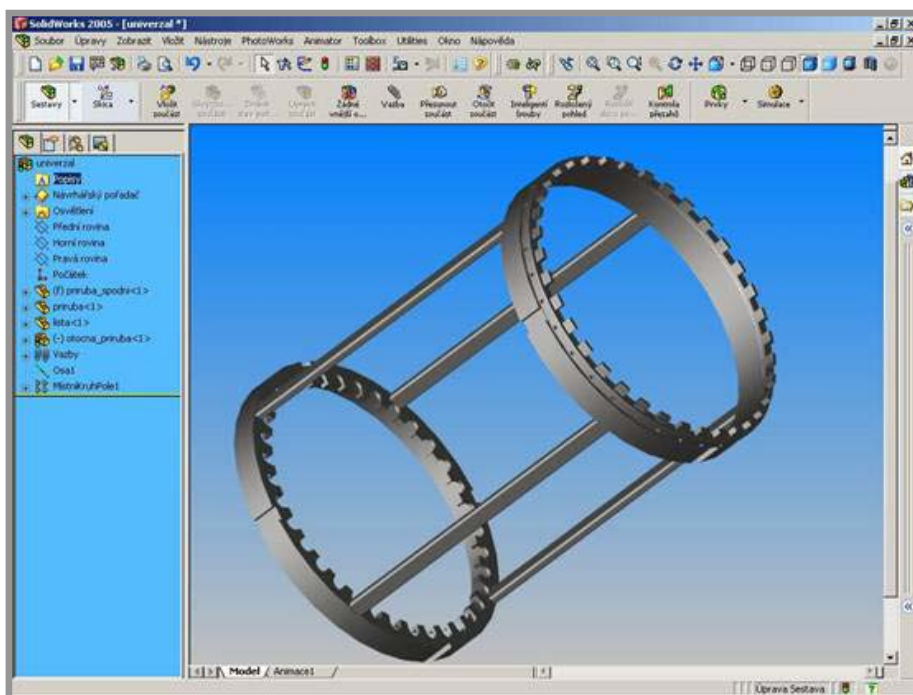
6.1

Držák je vytvořen pomocí dvou přírub, které jsou spojeny zpevňujícími tyčemi. Takto vytvořená klec se pak zasunuje stejným způsobem jako soudek do rotační klece. U spodní příruby jsou vyfrézovány drážky po obvodu a vytvářejí tak jakési hradby. Ty mohou být nahrazeny vyvrtanými otvory, kterými by se provleklo gumové lanko. Na horní část klece je přiložena třetí otočná příruba, které je rovněž opatřena vyfrézovanými výstupky. Princip držáku je jednoduchý. Mezi výstupky spodní a horní otáčivé příruby se provleče gumové lanko. To mimo jiné zajistí spojení otáčivé příruby s klecí držáku. Otočná příruba je rovněž opatřena po obvodu dírkami, do kterých se skrz klec v jednom bodě zasune pojišťovací kolík, který zabrání zpětnému otáčení. Pohybem horní otočné příruby dojde ke stahování gumového lanka k ose příruby. Bude se vytvářet prostorový hyperboloid. Tím dojde ke stahování a upevňování nádoby v držáku.

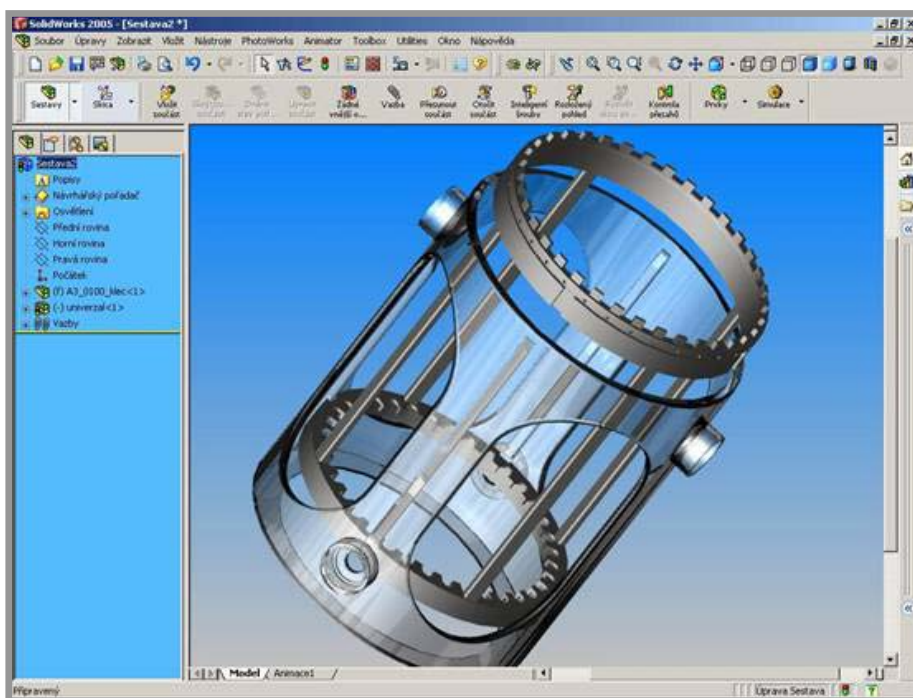
6.2 II. varianta držáku

6.2

Předchozí varianta je vhodná pro veškeré tvary míchaných nádob s průměrem menším než je vnitřní průměr klece. Pokud předpokládám, že se míchací stroj bude používat ve farmaceutickém průmyslu, musím připustit, že tento typ provedení zcela nepokrývá všechny možné varianty. V případě snahy promíchat např. více zkumavek současně, nelze systém úspěšně použít. Pokud ovšem nejsou zkumavky ve speciálním zásobníku, který se vloží celý do držáku. Jinou nevýhodou je pak vyšší cena držáku, daná použitým materiálem a ostatními výrobními náklady. II. varianta držáku vychází z jednoduchého principu dětských plovacích křidélek, která se po nafouknutí obepnou kolem dětské ruky. Pokud by se vytvořil nafukovací držák daného průměru, který by se vložil do klece, do něj by se vložila míchaná nádoba a pak by se držák pomocným minikompresorem nebo pomocí balónku dohustil na požadovaný tlak. Jednalo by se o jakési mezikruží, které by se huštěním vyplňovalo ke středové ose. Modifikací tohoto způsobu pak může být nafukovací válec, po jehož délce by byly průchozí díry (cca 12 ks) do kterých by se jednoduše daly vsunout zkumavky, které by byly bezpečně uchyceny a nehrozilo by jejich poničení. Nevýhodou této varianty může být obtížnější udržování čistoty v hygienickém prostředí. Výhodou je pak snadná opravitelnost, nízká cena a minimální hmotnost.



Obr. 6.1 Univerzální držák



Obr. 6.2 Univerzální držák v kleci

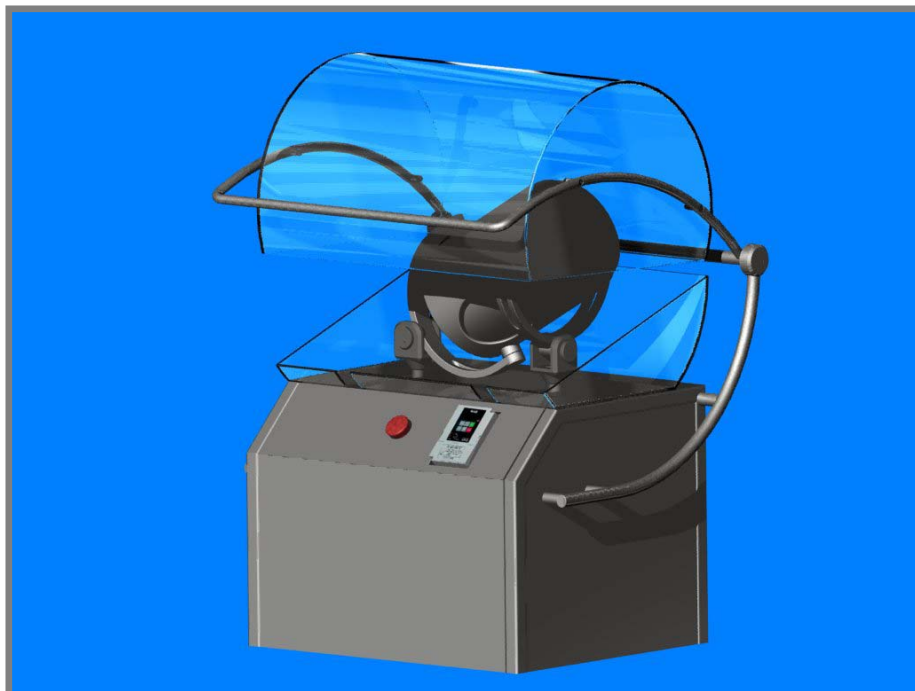
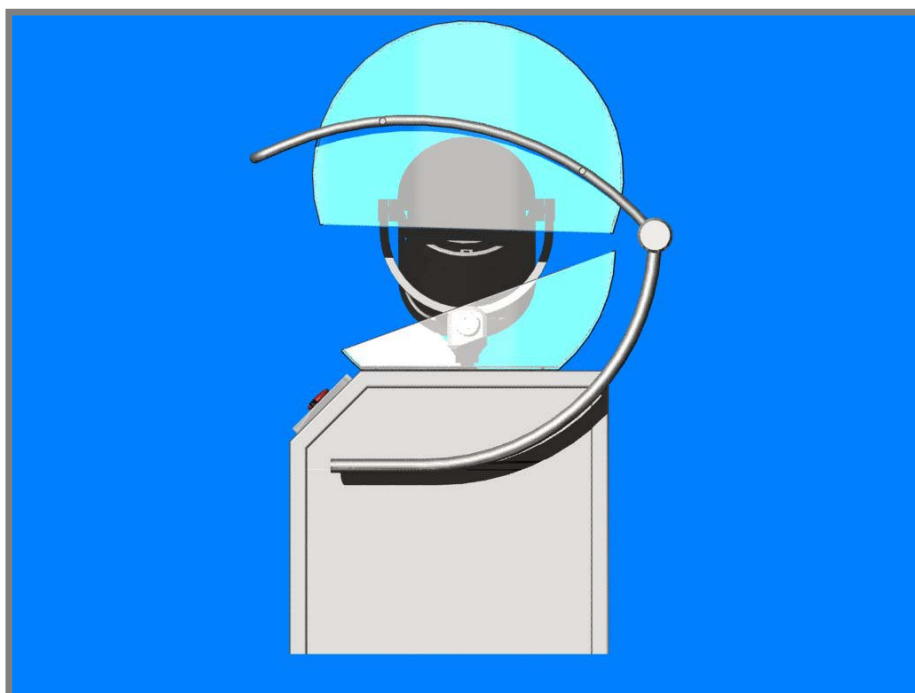
7 ZÁVĚR

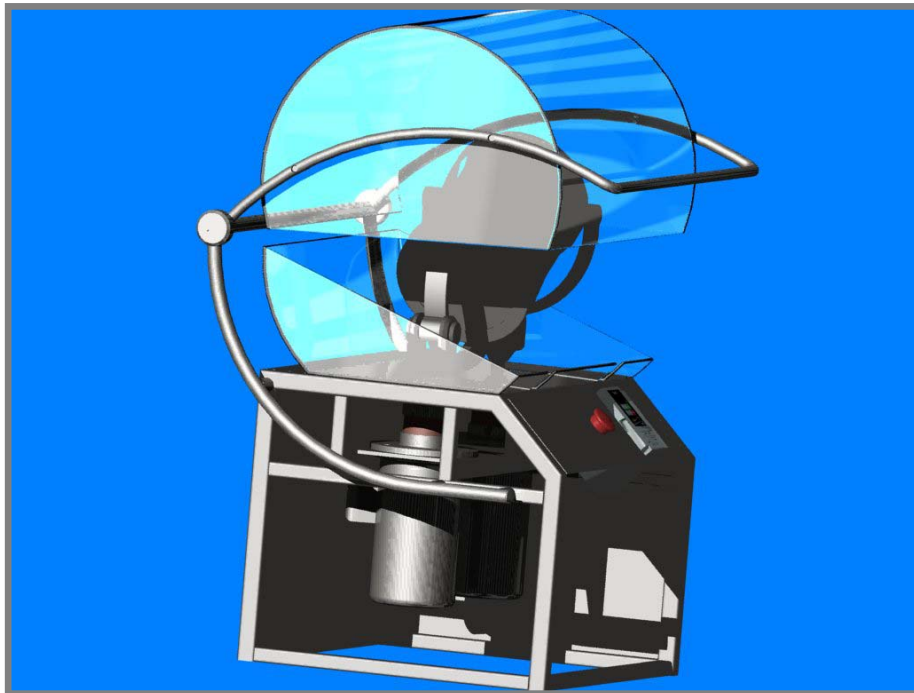
Tato diplomová práce se zabývá konstrukční inovací bubnového homogenizátoru. Důraz je však také kladen na designové parametry míchacího zařízení, protože v dnešních tržních podmínkách se na ně klade velký důraz. Aby byl výrobek konkurence schopný, musí splňovat veškeré technické požadavky a zároveň musí být pro zákazníka líbivý na pohled. Cílem této diplomové práce bylo vytvořit míchací zařízení, které z již existujícího modelu převzal kinematické parametry. Tzn., že pohyb rotující klece je shodný s výše představeným modelem. Zde však již podobnost končí. Nároky na objem míchané vsádky určil i další postup mé práce. Začal jsem navrhovat zcela nové technické řešení. Podmínky, které jsem musel při vytváření nového konstrukčního návrhu brát v úvahu, byly přesně definovány v zadání diplomové práce. Např. řešit pohon stroje použitím 2 nezávislých elektromotorů s frekvenčním měničem a PLC kontinuálním řízením se zpětnou vazbou. Důležitou podmínkou, která musela být bezpodmínečně splněna, bylo použití nerezového materiálu, aby byla možná aplikace zařízení ve farmaceutickém průmyslu. Jednotlivé body zadání jsem se snažil splnit v co největší míře. Seznámil jsem se s již existující variantou bubnového homogenizátoru Oktomix T-200 H a zpracoval jeho výkresovou dokumentaci a vytvořil jeho částečný model. Navrhl jsem inovaci nového technického řešení společně s novým designem. Provedl jsem změnu v systému pohonu míchacího zařízení a aplikoval jsem dva elektromotory s PLC řešením, pomocí hodnot, které jsem získal ze simulace pohybu stroje, jsem vytvořil vstupní data pro naprogramování PLC automatu. Za pomoci internetu jsem rovněž vybral vhodné automatizační prvky, které jsem implementoval do návrhu. Pro přenos krouticího momentu z elektromotorů na pohybové ústrojí stroje jsem použil přesné axiálně-radiální reduktory SPINEA „TWINSPIN“, jejichž parametry jsem získal na webových stránkách firmy. Zohlednil jsem i nasazení stroje ve farmaceutickém průmyslu a to jak použitým materiálem, kterým byla nerezová ocel, tak vhodným tvarem celého zařízení, které umožňuje jeho snadnou údržbu. Dalším krokem bylo navržení univerzálního držáku, který vymezuje širokou škálu vhodných nádob. V diplomové práci jsou rovněž navrženy i další možné varianty řešení.

Veškeré elektroinstalační práce budou provedeny odbornou firmou. V zadání diplomové práce jsem neměl tyto problémy řešit, stejně jako programování PLC automatu. V této práci jsou tedy splněny hlavní body zadání. Postup dalšího řešení bych směřoval k možné ekonomické analýze a zhodnocení tržní situace a tedy i schopnost konkurence mého zařízení.

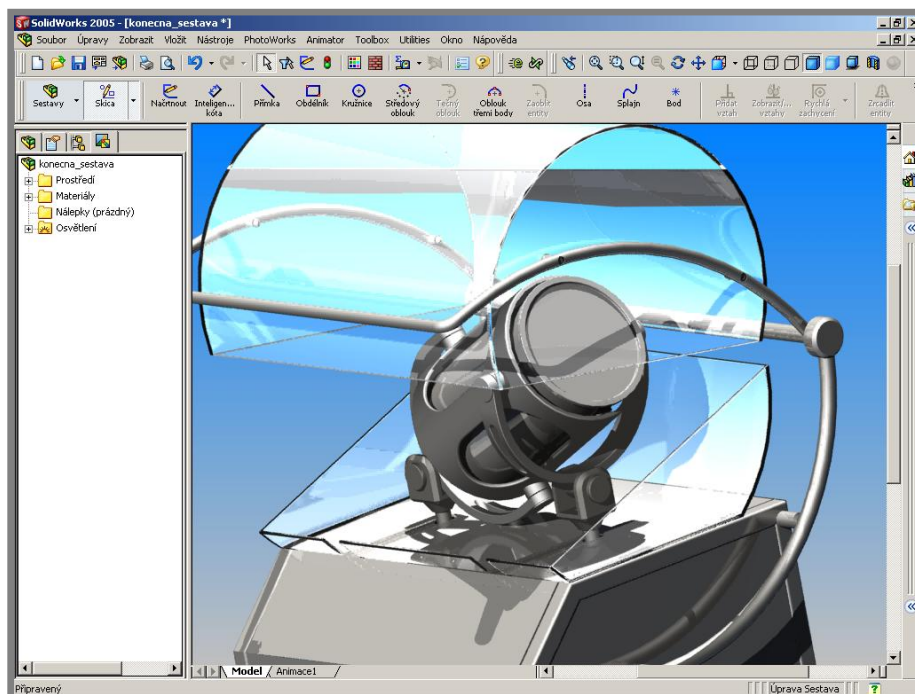
8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BOHÁČEK, F. a kolektiv: Části a mechanismy strojů I., II., III., Zásady konstruování – spoje. FSI VUT v Brně, 1984. 319 s. ISBN 80-214-0886-3
- [2] SVOBODA, P. - BRANDEJS, J. - KOVAŘÍK, R. - SOBEK, E.: Základy konstruování. Výběr z norem pro konstrukční cvičení. FSI VUT v Brně, 1986. 288 s. ISBN 80-85895-18-8
- [3] KLIMEŠ, P.: Části a mechanismy strojů I., Spolehlivost, dimenzování, pružiny, spoje a hřídele. Brno, Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2003. 97 s. ISBN 80-214-2421-4
- [4] HOSNEDL, S. - KRÁTKÝ, J.: Příručka strojního inženýra, Obecné strojní části 2, Převodové mechanismy. Praha, Computer press, 2000. 198 s. ISBN 80-7226-202-5
- [5] DRASTÍK, F. a kolektiv: Strojírenské tabulky pro konstrukci i dílnu. Praha,
- [6] STREK, F. : Míchání a míchací zařízení. Varšava, Wydawnictwa naukowo-techniczne, 1971. 383 s.
- [7] LEINVEBER, J. – ŘASA, J. - VÁVRA, P.: Strojírenské tabulky . Praha, Scientia, spol s r. o. pedagogické nakladatelství, 1999. 985 s. ISBN 80-7183-164-6
- [8] Pharmix, s.r.o. Kroměříž – Nerezové stroje a zařízení <http://www.pharmix.cz/>
- [9] Willy A. Bachofen AG – Míchací stroje a zařízení <http://www.wab.ch/>
- [10] Glen Mills Inc. New Jersey- Farmaceutické stroje <http://www.glenmills.com/>
- [11] ZKL, a.s. Brno-Různé typy ložisek <http://www.zkl.cz/>
- [10] SKF ložiska, a.s. Praha– Různé typy ložisek <http://www.skf.cz>
- [11] Spinea s.r.o. Prešov – Přesné reduktory <http://www.spinea.sk/>
- [12] Automa – Internetový časopis <http://www.automa.cz/automa/2002/au050251.htm>
- [13] Mechsoft – Nastavba systému AutoCAD
- [14] SolidWorks-3D parametrický modelář
- [15] Inventor- 3D parametrický modelář
- [16] AutoCAD–2D kreslicí program

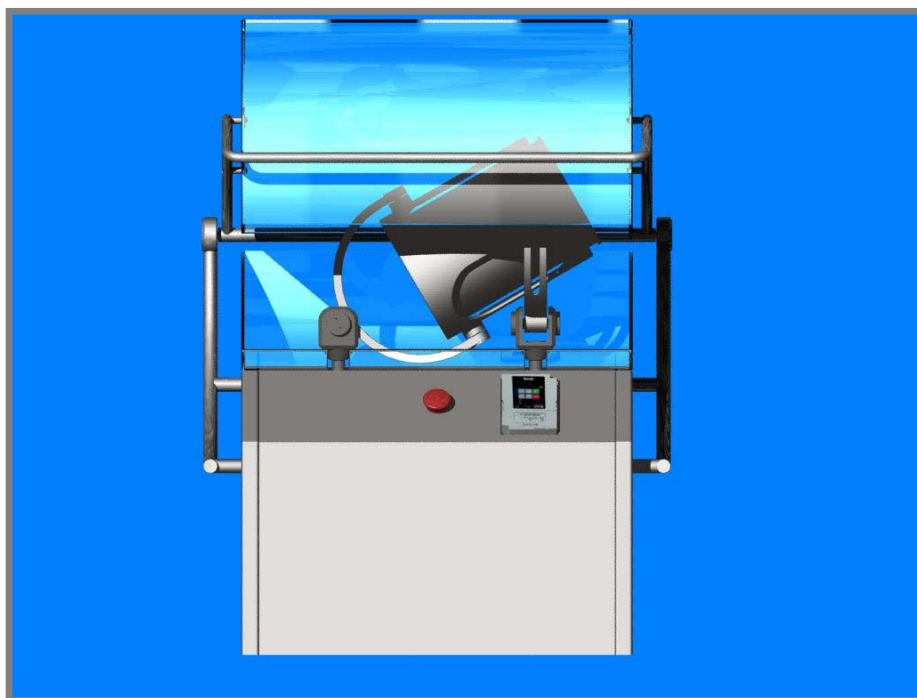
PŘÍLOHY**Obr. 9.1** Oktomix 1-51**Obr. 9.2** Oktomix 1-51



Obr. 9.3 Oktomix 1-51



Obr. 9.4 Oktomix 1-51



Obr. 9.5 Oktomix 1-51



Obr. 9.6 Oktomix 1-51

