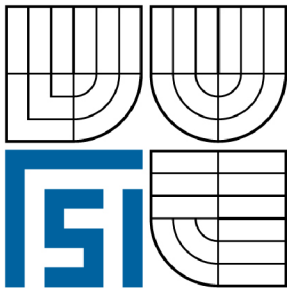


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A  
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND  
ROBOTICS

## OTOČNÝ STŮL PRO HORIZONTÁLNÍ VYVRTÁVAČKU

TURN-OVER TABLE FOR HORIZONTAL BORING MACHINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ADAM OBDRŽÁLEK

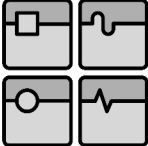
VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. BRONISLAV FOLLER, Ph.D.

BRNO 2008



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## ABSTRAKT

Diplomová práce řeší návrh otočného stolu o velikosti upínací plochy 2000x2500 mm pro horizontální vyvrtávačku WRF 130 CNC. Dle požadovaných parametrů zadavatelem, firmou Fermat CZ s.r.o., je zpracován návrh pohonu rotační osy, hydraulické zpevnování, montážní přípravek a postup montáže celé soustavy. Vše je doloženo výpočty a výkresy.

Konzultace probíhaly ve firmě Fermat CZ s.r.o.. Celé řešení je obohaceno připomínkami a radami, které měli v konstrukci a na dílně k danému problému.

Master thesis solves engineering design of the turn-over table about size clamping surface 2000x2500 mm for horizontal boring machine WRF 130 CNC. According to requisite parameters submitter, firm Fermat CZ Ltd, is processed engineering design of the drive rotary axis, hydraulic clamping, mouting device and procedure mouting all systém. Everything is documented in the calculations and drawings.

Consultations proceeded in firm Fermat CZ Ltd. All solution is enhancement of suggestions and advised, that the have had in construction and on workshop to to a given problem.

Klíčová slova: otočný stůl

Keywords: turn-over table

OBDRŽÁLEK, A. *Otočný stůl pro horizontální vyvrtávačku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 57 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Bronislav Foller, Ph.D.

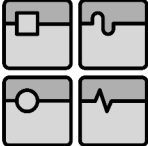
### MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování DP a že jsem celou DP včetně příloh vypracoval samostatně. Ustanovení předpisů pro vypracování DP jsem vzal na vědomí a jsem si vědom toho, že v případě jejich nedodržení nebude vedoucím DP moje práce přijata.“

V Brně .....

.....  
Adam Obdržálek



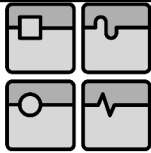
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat za cenné rady, pomoc při řešení problémů a trpělivost Ing. Josefu Bambuchovi, Ing. Bronislavu Follerovi, Ph.D., Ing. Lubomíru Půčkovi, Ing. Janu Biječkovi a také firmě Fermat CZ s.r.o., že mně umožnila zpracovat toto zadání.

## OBSAH

1. ÚVOD.....	9
1.1 Profil společnosti .....	9
1.2 Produkce některých strojů firmy Fermat .....	9
2. ZADANÍ.....	14
2.1 Popis stroje.....	14
2.2 Technické parametry stroje.....	15
3. VARIANTY ŘEŠENÍ OTOČNÉHO STOLU.....	16
3.1 Pohon elektromechanický.....	16
3.2 Pohon torzním motorem .....	18
3.3 Pohon dvěma motory Master-Slave .....	18
3.4 Příklady obdobných otočných stolů.....	19
4. PATENTOVÁ REŠERŽE .....	20
5. POPIS KONSTRUKCE OTOČNÉHO STOLU.....	22
6. VLASTNÍ VÝPOČTY .....	26
6.1 Volba pohonu.....	26
6.2 Momenty setrvačnosti a hmotnosti.....	26
6.3 Pracovní cyklus.....	30
6.4 Celkový kroučící moment na ložisko .....	30
6.5 Návrh hydraulického zpevnování .....	32
6.6 Kontrola šroubů ložiska na tah .....	33
6.7 Kontrola otláčení zpevňujících komponent .....	35
6.8 Kontrola ložiska.....	35
6.9 Kontrola lineárního vedení .....	36
6.10 Návrh přípravku pro rotor.....	37
7. PEVNOSTNÍ ANALÝZA.....	39
8. POSTUP MONTÁŽE.....	40
9. TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	42
10. ANALÝZA RIZIK .....	42
10.1 Blokové schéma systému.....	42
10.2 Relevantní nebezpečí .....	44
10.3 Zhodnocení rizika .....	45
11. PROVOZNÍ BEZPEČNOST.....	46
12. ZÁVĚR .....	50
13. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	51
13.1 Seznam literatury .....	51
13.2 Seznam internetových stránek a katalogů.....	51
13.3 Seznam použitého software .....	52
14. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ.....	53
15. SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK A OBRÁZKŮ .....	55
16. SEZNAM POUŽITÝCH NOREM.....	56
17. SEZNAM PŘÍLOH .....	57



## 1. ÚVOD

### 1.1 Profil společnosti

Mezinárodní společnost Fermat byla založena panem Jiřím Ferencem v roce 1993. V současné době sdružuje ve střední a západní Evropě (ČR, SR, DE, HU) 6 samostatných firem, ve kterých je zaměstnaných více než 200 zaměstnanců. Firma patří mezi přední dodavatele nových i použitých kovoobráběcích a tvářecích strojů, modernizovaných vodorovných vyvrtávaček, modernizovaných lisů včetně lisovacích linek a brusek. Kvalitu služeb podporuje široká obchodní síť, kompletní servis, zkušenosti pracovníků jednotlivých divizí a rovněž bohaté skladové zázemí. [8]

Zákazníkům je nabízeno:

- Prodej nových obráběcích a tvářecích strojů
- Prodej použitých obráběcích a tvářecích strojů
- Nákup strojů
- Modernizace strojů
- Skladové zázemí

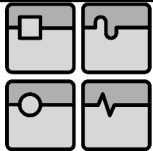
### 1.2 Produkce některých strojů firmy Fermat

#### Vodorovné vyvrtávačky TK 65I3 CNC

- je souvisle řízený stolový frézovací a vyvrtávací stroj moderní konstrukce, ideální pro výkonné kompletní obrábění větších obrobků do 10 tun. Je určen pro uživatele žádající stroj s vysokým řezným výkonem, širokým technologickým využitím, spolehlivostí a jednoduchou obsluhou. [8]



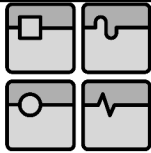
Obr. 1.2. 1 Vodorovná vyvrtávačka TK 65I3 CNC

**Portálové frézky PBM**

- jsou určené pro náročné uživatele, kteří pro svoje technologické potřeby požadují moderní kvalitní obráběcí stroje s velkým řezným výkonem, vysokou přesností a rozsáhlým komfortem technologických funkcí. Portálové CNC vyvrtávací a frézovací stroje jsou vhodné k podélnému i příčnému frézování vodorovných, svislých a šikmých ploch od malých až po těžké obrobky. Konstrukce a výkon stroje dovolují plné využití nástrojů z rychlořezné oceli i nástrojů se slinutými karbidy a umožňují přesné obrábění materiálů všech běžných druhů i při nejobtížnějších řezných podmínkách. Stroje jsou zejména využívány pro obrábění obrobků s více otvory a tvarovými plochami s požadavky na vysokou přesnost. Portálové CNC vyvrtávací a frézovací stroje umožňují automatické souvislé řízení ve třech osách – X, Y, Z, což umožňuje kruhovou i lineární interpolaci. Díky tomu je možné dosáhnout opracování obecných třírozměrných ploch. [8]

**Obr. 1.2. 2 Portálová frézka PBM****Vertikální soustruhy VLC**

- vynikají svou tuhostí, stabilitou, velmi vysokým výkonem a přesností, jsou vhodné pro produktivní obrábění rotačních symetrických i nesymetrických dílů. Robustní konstrukce skeletu stroje poskytuje vynikající mechanické vlastnosti při vysoce výkonném, přesném obrábění. Použité hlavní pohony (FANUC, SIEMENS) a dvoustupňová převodovka ZF (SRN) přinášejí vysoký výkon. Přímočaré pohyby os X a Z jsou zkonstruovány jako kluzné vedení s obložením Turcíte B. [8]



Obr. 1.2. 3 Vertikální soustruh VLC

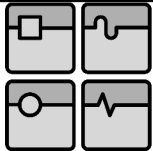
### Obráběcí centra VMF

- obráběcí centra řady VMF a VMCF 760 jsou výkonná vyvrtávací a frézovací 3-osá centra umožňující produktivní a přesné vrtání, vyvrtávání, vyhrubování, vystružování a přímé řezání závitů. Jsou vybavena zásobníkem pro automatickou výměnu 24 popř.32 nástrojů. Jejich předností jsou vysoké otáčky vřetena, velké rozměry pracovního stolu a dvířka na bočních krytech umožňující obrábění obrobků s délkou větší jako je délka stolu. Charakteristická je i neobvyklá délka pojezdů v osách, zejména v ose Y, vysoká tuhost stroje a výkonnost vřetena poháněného servomotorem. Obráběcí centra lze doplnit řízeným otočným stolem pro 4.osu nebo řízeným otočným a naklápěcím stolem pro 4.a 5.osu. [8]



Obr. 1.2. 4 Obráběcí centra VMF



**CNC soustruhy řady SF**

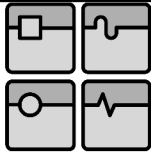
- stroje tohoto konstrukčního řešení jsou univerzální modifikované ve 2 (X, Z) i ve 3 (Y, Z, C) osách souvisle řízené soustruhy s vodorovným ložem a jsou určeny pro obrábění rotačních součástí jak z děleného i tyčového materiálu, tak i hutních polotovarů. Jejich předností je vysoká tuhost stroje (masivní odlitky, přesně broušené vodorovné lože a precizní uložení suportu), která zabezpečuje stabilitu procesu obrábění a dosažení požadovaných parametrů výrobku. Pro tyto stroje je charakteristická vysoká přesnost, rychlost, výkonnost a jednoduchá obsluha při dlouhodobé životnosti. [8]



Obr. 1.2. 5 CNC soustruhy řady SF

**Ohraňovací lisy CTOF A CNC**

- základ stroje tvoří tuhý ocelový rám, který je svařen z předem vyrovnaných plátů plechu. Po svařování je každý rám stroje tepelně žíhán, aby došlo ke stabilizaci vnitřního pnutí v materiálu. Stroj je vybaven dvěma hydraulickými válci se zpětnou vazbou polohy beranu přes lineární odměřovací pravítka Heidenhain. Lis je standardně vybaven hydraulickou kompenzací průhybu stolu a je možné ho osadit až osmi CNC řízenými osami. Standardně dodávané ohýbací nástroje jsou dělené, tím je zajištěna vyšší univerzálnost jejich použití. Dalším standardním vybavením stroje je rychloupínání horních nástrojů s vymezovací lištou. [8]



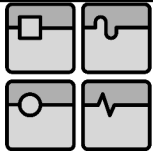
Obr. 1.2. 6 Ohraňovací lisy CTOF A CNC

#### Hydraulické nůžky CNTF

- stroj je vyroben z vysoce jakostní oceli. Je masivní konstrukce. Základem stroje je svařenec s předem vyrovnanými pláty a se stabilizovaným pnutím materiálu. Vysoká tuhost konstrukce zajišťuje vysokou přesnost stříhu. Pracovní pohyb stroje je realizován kyvným pohybem střížné traverzy, jejíž pohyb je realizovaný pomocí hydraulických válců. Horní nástroj má dvě střížné hrany, spodní nůž čtyři. Standardně je stroj vybaven zařízením umožňující rychlé nastavení střížné vůle. [8]



Obr. 1.2. 7 Hydraulické nůžky CNTF



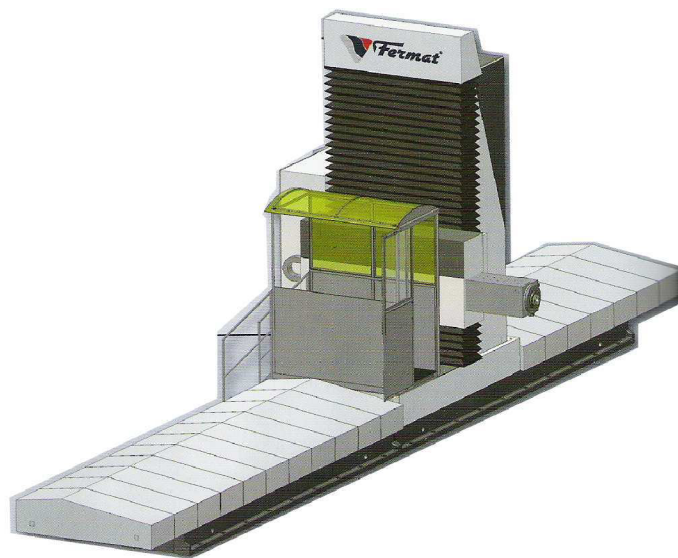
## 2. ZADANÍ

Úkolem této diplomové práce je navrhnout otočný stůl pro horizontální vyvrtávačku WRF 130 CNC. Velikost upínací desky je 2000 x 2500 mm a je opatřena T-drážkami velikosti 28. Stůl bude využíván pro polohování obrobku při kterém bude hydraulicky zpevňován. Dále navrhnout montáž resp. demontáž pohonu, odměřování a montážní přípravek pro motor.

### 2.1 Popis stroje

WRF 130 CNC je vodorovná vyvrtávačka deskového typu s výsuvnou pinolou (smykadlem) a výsuvným pracovním vřetenem. Díky tomu se jedná o univerzální frézovací a vyvrtávací stroj, který dokáže vysoce produktivně obrábět rozměrné dílce při zachování špičkové přesnosti a kvality opracování. Stroj je řešen modulárně, takže je možné maximálně ho přizpůsobit požadavkům uživatele.

Použité moderní řídicí systémy (nejčastěji Heidenhain) zajišťují velice komfortní ovládání stroje a mnoho uživatelských funkcí. Standardně jsou souvisle řízené 4 osy (Y, Y, Z, W). V závislosti na použitém příslušenství je možné počet řízených os ještě rozšířit.

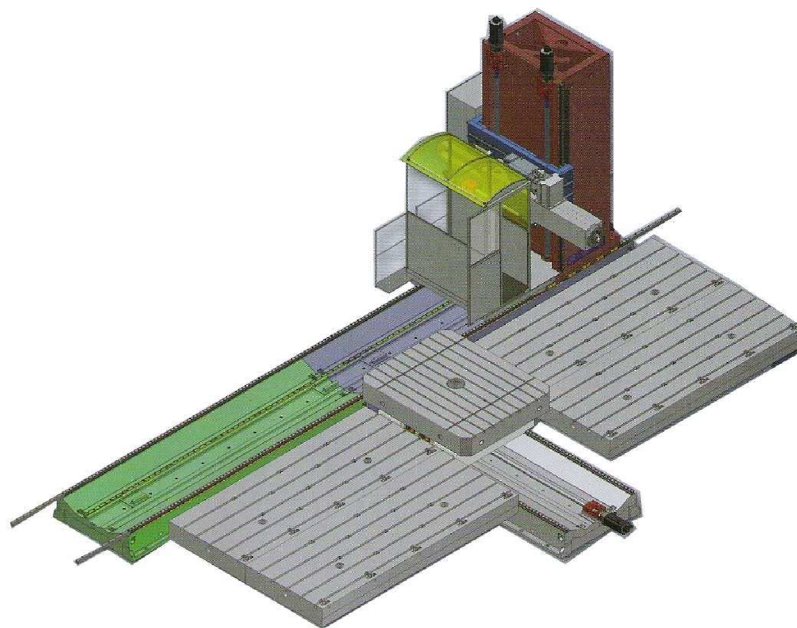
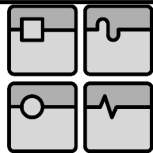


Obr. 2.1. 1 Horizontální vyvrtávačka WRF 130 CNC

Při vlastním opracování pojíždí stroj v ose X stojanem a obrobky jsou upnuty na pevných upínacích deskách nebo na otočném stole.

Stroj je moderně navržen. Skládá se v co největší míře ze standardizovaných komponentů špičkových světových výrobců (Bosch, Siemens, Heidenhain, SKF, Schneberger, OTT Jakob ...). Díky tomu je možná vysoká variabilita současně se zachováním příznivého poměru cena/výkon a výhodou celosvětové servisní podpory. Pro stavbu skeletu stroje jsou použity odlitky nebo svařence vysoké tuhosti. Pojezdy pohyblivých částí stroje zajišťují digitální servopohony v kombinaci s kuličkovými případně hřebenovými náhony a lineárním vedením. [8]



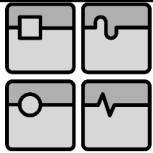


Obr. 2.1. 2 Zástavbová koncepce Horizontální vyvrtávačky WRF 130 CNC

## 2.2 Technické parametry stroje

Tab. 2.2. 1 Technické parametry stroje

Průměr pracovního vřetena	130	mm
Kuželová dutina	DIN 69871	ISO 50
Upínací čep	DIN 69872	
Otáčky vřetena	10 – 3000	ot/min
Max.točivý moment	2000	Nm
Příčný pojezd stojanu- X	≥2500	mm
Svislý pojezd vřeteníku- Y	≥2500	mm
Výsuv čtyřboké pinoly Z	900	mm
Výsuv vřetena W	730	mm
Rychlosti pojezdu		
X, Y	1 – 15000	mm/min
Z, W	1 – 10000	mm/min
Výkon hlavního motoru	Trvale 37	kW
Přesnost polohování X, Y, Z, W	±0,01	mm
Opakovatelnost polohování X,Y, Z, W	±0,005	mm
Celkové rozměry (H x V)	3700 x ≥5100	mm
Hmotnost stroje	≥32000	kg
Celkový instalovaný příkon	85	kVA
Automatická výměna nástroje		mm
Počet nástrojů	40,60	Ks
Čas výměny nástroje	15	sec
Max. váha nástroje	25	Kg
Max.průměr nástroje (ob pozici)	250	mm
Chlazení středem vřetene	10,20,30	bar



Standardní výbava:

- vnější chlazení
- řídicí systém Heidenhain iTNC 530; orientované osy: X,Y,Z,W, orientovaný stop vřetene

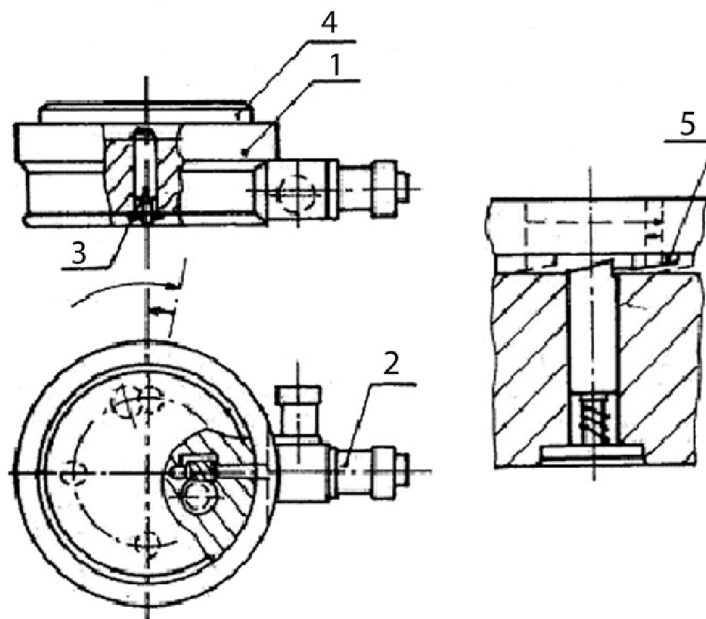
Výbava na přání

- frézovací hlavy – univerzální / pravouhlé
- otočný stůl
- upínací deskové pole
- obrobková / nástrojová sonda
- zakrytí pracovního prostoru
- dopravník třísek
- vysokotlaké vnitřní chlazení nástrojů
- automatická výměna nástrojů
- jiné řídicí systémy

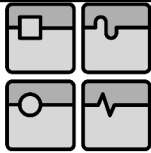
### 3. VARIANTY ŘEŠENÍ OTOČNÉHO STOLU

#### 3.1 Pohon elektromechanický

- konstrukce se skládá ze základního tělesa 1 s elektromechanickou pohonovou jednotkou 2, odpruženého polohovacího čepu 3 a pohonové skříně se dvěma dorazy 5. Otáčení je provedeno pohonovou skříní se dvěma elektromotory přes šnekový převod. Po přejetí dorazu dojde k reverzaci otáčení a malou rychlostí je otočná část stolu dotlačena na index. Výhoda této konstrukce je ve vysoké přesnosti polohování přičemž je vymezen vliv vůlí polohovacího mechanismu. [6]

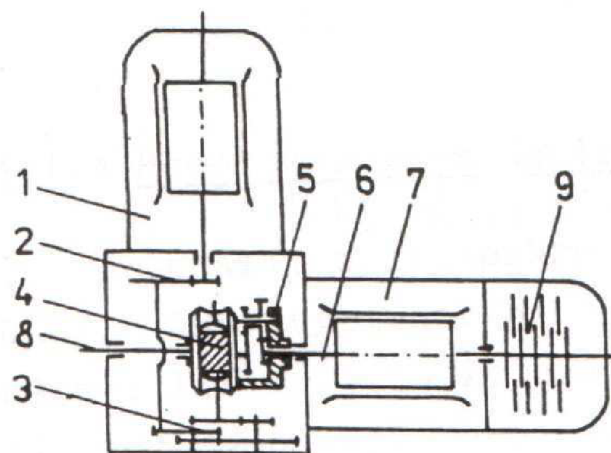


Obr. 3. 1 Pohon elektromechanický



Konstrukční koncepce elektromechanické pohonné jednotky:

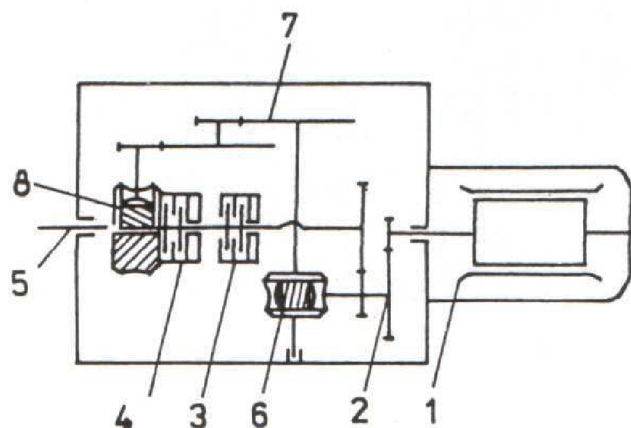
a) systém se dvěma pohonovými asynchronními elektromotory  
Motor 7 je pro rychloposuv, motor 1 pro pracovní posuv; přes předlohu 2 a výměnná kola 3 pohání šnekový převod 4. S tělesem šnekového kola je spojen planetový převod 5, jehož satelitní kola se odvalují kolem pastorku 6 rychloposuvového motoru 7. Tím se docílí pomalé otáčení hřídele 8. Náhon rychloposuvu je proveden od motoru před ozubena kola planetového převodu. Při rychloposuvu jsou oba motory zapnuty. Po impulsu na pracovní posuv je rychloposuvový motor vypnut a brzdou 9 zabrzděn. [6]



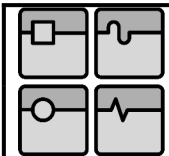
Obr. 3.1. 1 Dva pohonné asynchronní motory

b) systém s jedním náhonovým asynchronním elektromotorem a dvěma elektromagnetickými spojkami

Při rychloposuvu vpřed i zpět pohání motor 1 přes předlohu 2, při zapnutí spojky 3 a vypnutí spojky 4, náhonový hřídel 5. Pro pracovní posuvy je pohon proveden přes šnekový převod 6, výměnná kola 7 a další šnekový převod 8. V tomto případě je zapnuta spojka 4 a vypnuta spojka 3. [6]

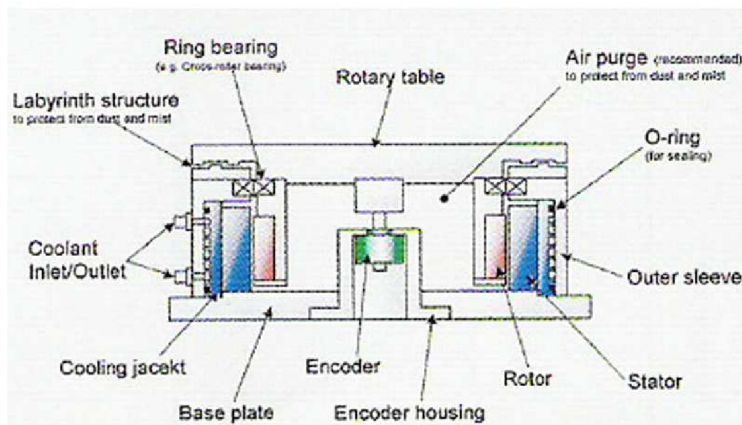


Obr. 3.1. 2 Jeden náhonový asynchronní elektromotor



### 3.2 Pohon torzním motorem

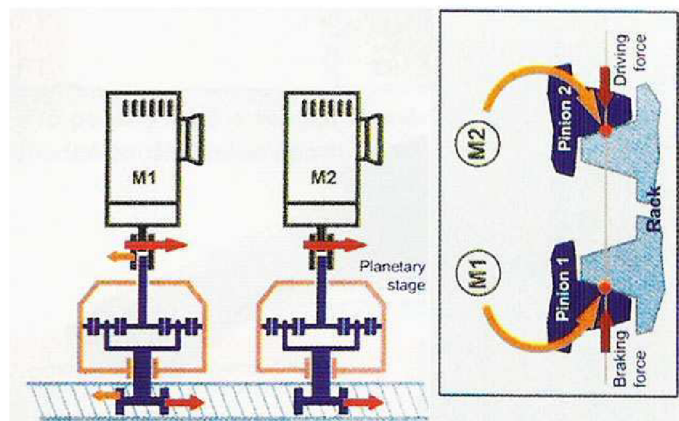
- konstrukce se skládá ze základu na němž je upnut vnější obal, který drží stator a ložisko. Mezi vnějším obalem a státorem proudí chladicí medium, které je utěsněno O-kroužky a slouží pro odvod vzniklého tepla vlivem magnetických sil. Rotor je pevně spojen s rotační deskou stolu a takhle vzniklý celek je umístěn na ložisku. Zamezení vniku nečistot zabraňuje labyrintové těsnění umístěné mezi vnějším obalem a deskou stolu. Přesnost otáčení snímá inkrementální snímač polohy, který je umístěn ve středu soustavy. Jedna část je upevněna na rotační desku a pevná část na základ soustavy.



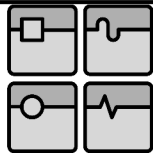
Obr. 3. 2 Pohom torzním motorem

### 3.3 Pohon dvěmi motory Master-Slave

- konstrukce se skládá z pevných nepohyblivých saní na nichž jsou upnuty pohony. Na saních je přišroubováno ložisko za vnitřní kroužek. Vnější kroužek s ozubením je v záběru s pastorky pohonů. Rotační deska stolu je upevněna k vnějšímu kroužku ložiska. Celý princip zapojení dvou pohonů spočívá v tom, že jeden pohon (Master) je hnací a druhý (Slave) má funkci brzdící vůči pohonu Master, čímž vymezuje vůli (mrtvý chod).



Obr. 3. 3 Pohon dvěmi motory Master-Slave



### 3.4 Příklady obdobných otočných stolů

#### Eimeldingen



Obr. 3.4. 1 Stůl firmy Eimeldingen

#### Fibro



Dreh-Verschiebetisch FIBROPLAN® NC 0.10  
mit Führungsbahnen, Schaltteller 2000 × 2000 mm, Verschiebetisch mit NC-Antrieb, Verfahrweg 1500 mm

Obr. 3.4. 2 Stůl firmy Fibro

#### Juaristi

**MG 50**



Obr. 3.4. 3 Stůl firmy Juaristi



## Rückle



Obr. 3.4. 4 Stůl firmy Rückle

## 4. PATENTOVÁ REŠERŽE

Na stránkách Úřadu průmyslového vlastnictví [www.upv.cz](http://www.upv.cz) se nevyskytují žádné zápisy patentů, které by přímo souvisely s návrhem otočného stolu s přímým náhonem a byly v současné době platné.

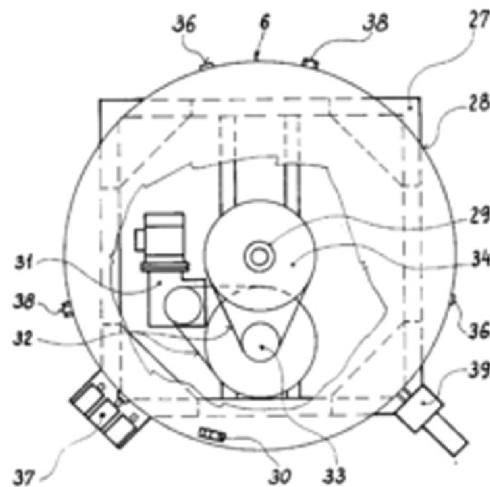
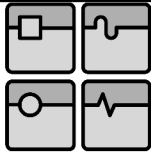
Použitá klíčová slova:

- návrh
- konstrukce
- rotační
- otočný
- stůl
- momentový
- torzní
- motor

Použitelnými variantami jsou následující patenty:

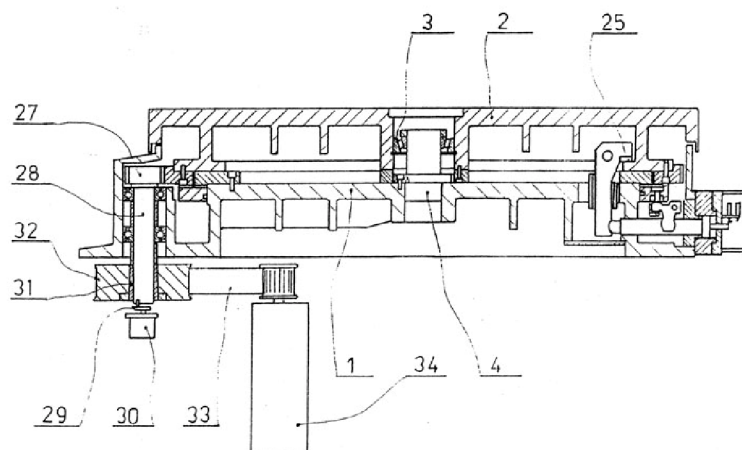
Patent 1994-1980 z roku 1994, který je momentálně zaniklý.

Otočný stůl (6) je tvořen rámem (27), v jehož středu je otočně uložena unášecí deska (28) se středícím čepem (29) a prizmatickou podložkou (30). Otočná unášecí deska (28) je poháněna poháněcí jednotkou (31) s řetězovým převodem (32), elektromagnetickou spojkou (33) a elektromagnetickou brzdou (34). Po obvodě otočné unášecí desky (28) jsou v rybinových drážkách (35) upevněny přestavitelné narážky (36) koncových spínačů (37) a přestavitelné středící vložky (38) zajišťovacího ústrojí (39). Na přestavitelné středící vložky (38) je fixována poloha otočné unášecí desky (28) pomocí zajišťovacího ústrojí (39).

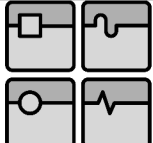


Obr. 4. 1 Patent 1994-1980

Patent 1988-5785 z roku 1993, který je momentálně ve stavu „negativně ukončen“.  
Technické řešení se týká otočného polohovacího stolu zejména pro programově řízené obráběcí stroje tvořeného jednak základním tělesem 1, které je pevně spojeno s pevným ozubeným věncem 5 jednak otočnou deskou 2, která je otočně uložena ve valivém ložisku 3 na hřídeli 4 pevně vůči základnímu tělesu 1 a je pevně spojená s náhonovým ozubeným věncem 6 napojeným na náhonové ústrojí 34 a na odměřovací ústrojí 30 a jednak spojovacím ozubeným věncem 7 jehož ozubení je v alternativním záběru s ozubením pevného ozubeného věnce 5 a s ozubením náhonového ozubeného věnce 6.



Obr. 4. 2 Patent 1988-5785

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 22
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Vyhledávání na [www.depatisnet.de](http://www.depatisnet.de), německý patentní informační systém. Tato databáze obsahuje spoustu patentů z celého světa, např. EU, USA, Japonsko apod.

Klíčová slova:

- turntable
- turn-over table
- torque
- motor
- drive
- mechanism

Žádný z patentů nespadá do řešené problematiky v diplomové práci

## 5. POPIS KONSTRUKCE OTOČNÉHO STOLU

Celá soustava přesuvného otočného stolu je složena z následujících komponent:

- a) Lože
- b) Saně
- c) Držák rotoru
- d) Ložisko
- e) Pohon otočného stolu
- f) Pohon posuvu saní
- g) Kuličkový šroub + matice
- h) Otočná část stolu
- i) Odměrování
- j) Hydraulické zpevnění
- k) Aretační přípravek
- l) Mazání
- m) Hydraulická instalace
- n) Elektrická instalace

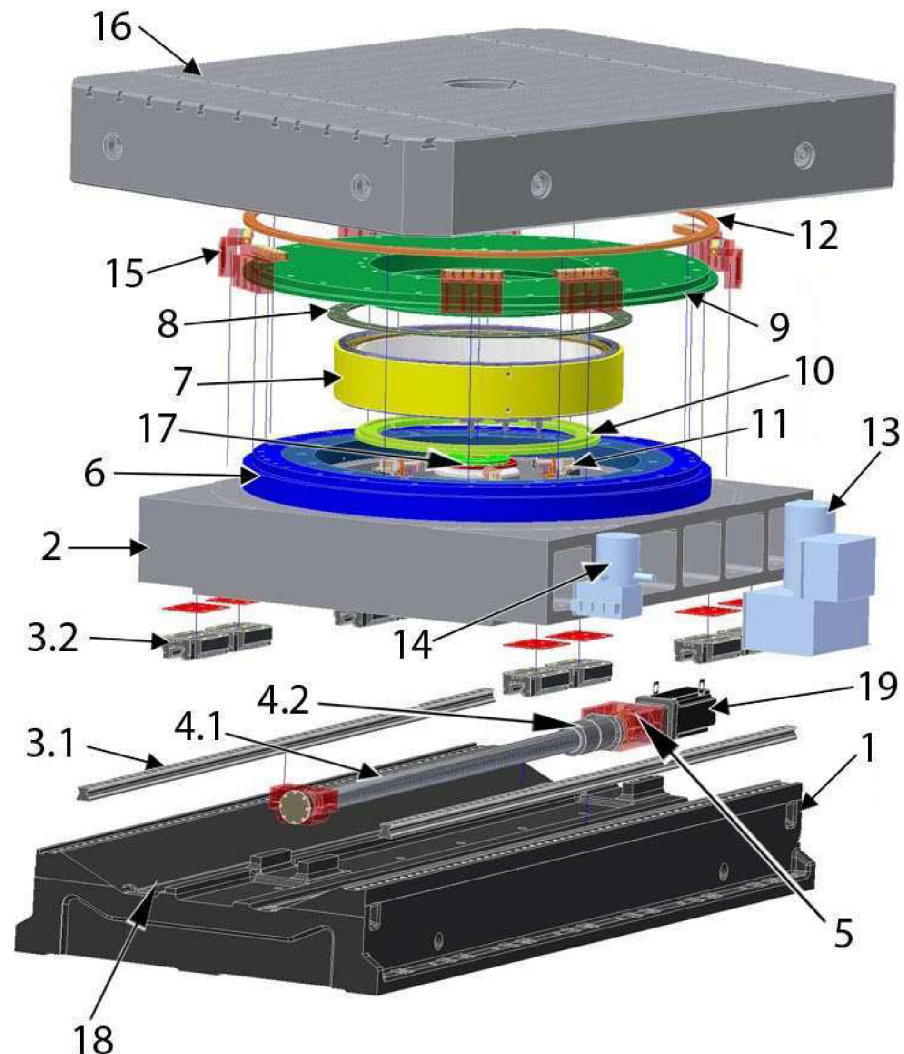
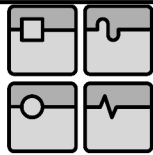
### ad. a) **Lože 1**

- je základním nosným členem celé soustavy. Je tvořeno masivním odlitkem po kterém se pohybují saně s otočným stolem. Lože je určeno zadavatelem.

### ad. b) **Saně 2**

- jsou odlitek ze šedé litiny, pohybující se přímočaře po lineárním vedení umístěném na loži. Odlitek je navrhován se značnou tuhostí, avšak hmotnost je odlehčena žebrováním a otvory pro přívod médií. Pohon otočné části stolu, aretační přípravek a úhlové odměrování jsou umístěny uvnitř saní. Na horní části jsou upnuty ložisko a tělesa hydraulického zpevnění. Na spodní části jsou umístěny čtyři páry lineárních vozíků. Přímočarý pohyb saní je vyvozen servomotorem s převodovkou přes kuličkový šroub na matici, která je umístěna ve spodní části saní. Saně se pohybují po lineárním vedení. Hydraulický a mazací agregát jsou uchyceny na vnějším boku saní.





Obr. 5. 1 Rozložený otočný stůl

**ad. c) Držák rotoru 9**

- je odlitek ze šedé litiny, který je zpevněn žebry. Komponenta je umístěna mezi ložiskem a deskou otočného stolu. Vnější plochy osazení slouží k hydraulickému zpevnování.

**ad. d) Ložisko 6**

- zadavatelem bylo zvoleno ložisko od firmy PSL, a.s. a to typ 9E-1Z40-1448-0559. Jde o ložisko se zkříženými válečky. Vnitřní kroužek je přišroubován na horní část saní, vnější kroužek k držáku rotoru a desce otočného stolu. Mazání je přiváděno k vnitřnímu (nepohyblivému) kroužku dutinou v saních.

**ad. e) Pohon otočného stolu 7**

- je navrhnout synchronní momentový motor s vlastním výměníkem tepla od firmy VUES Brno, s.r.o. a to typ ROL 10001765 L. Přívod chladícího média společně s elektrickými kabeli je vyveden spodní částí saní. Motor je chlazen vodou (ICW37), vše dle ČSN EN 60034-5. Statorová část s výměníkem jsou přišroubovány k horní části saní. Rotor je uchycen šrouby na držák rotoru. Centrování je provedeno pomocí osazení na držáku rotoru.

**ad. f) Pohon posuvu saní 19**

- je vyvozen servomotorem s převodovkou přes kuličkový šroub na předepnutou matici, která je ukotvena ve spodní části saní. Servomotor je od firmy Heidenhain a to typ QSY 190 F EcoDyn. Planetová převodovka je od firmy STÖBER ANTRIEBSTECHNIK GmbH, a to typ PA 721 MF. Uvedené komponenty jsou určeny zadavatelem.

**ad. g) Kuličkový šroub + matice 4.1 + 4.2**

- kuličkovým šroubem je vyvozován přímočarý posuv saní po loži. Šroub je ukotven v radiálně – axiálních ložiscích a ty následně v ložiskových domečcích, které jsou přišroubovány k loži. Předepnutá dvojice matice s přírubou je umístěna ve spodní části saní. Komponenty jsou od firmy TOS KURIM – KŠ, s.r.o. a to s označením K100x20 – 4 / AP+A. Uvedené komponenty jsou určeny zadavatelem.

**ad. h) Otočná část stolu 16**

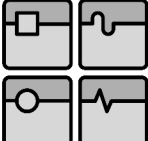
- upínací deska stolu je odlitek ze šedé litiny přišroubována na držák rotoru a vnější kroužek ložiska. Horní plocha o rozměru 2000x2500 mm je opatřena T-drážkami sloužící k upínání obrobku. Na spodní plochu stolu jsou našroubovány segmenty, jakož to opěrné plochy pro hydraulické zpevňovací tělesa.

**ad. i) Odměřování 17 + 18**

- úhlové odměřování otočné desky stolu je umístěno ve středu mezi deskou otočného stolu a saněmi. Úhlový snímač s vlastním uložením je zvolen od firmy Heidenhain a to typ ROD 880  
- lineární odměřování posuvu saní po loži je od firmy Heidenhain.

**ad. j) Hydraulické zpevnění 15**

- na horní části saní je umístěno osm zpevňovacích těles. Zpevnění probíhá do dvou stran, do ložiska a do stolu. Ložisko i stůl jsou společně sešroubovány, tudíž nedochází k zvýšenému namáhání ložiska vlivem zpevňujících sil.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 25
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

**ad. k) Aretační přípravek 11**

- přípravek slouží při montáži resp. demontáži pohonu do saní. Součástí přípravku je také prstenec přišroubovaný na spodní část rotoru, který slouží společně s koncovým jezdcem k aretaci a středění rotoru. Hlavní složkou je hydraulický válec s pružinou a klínová plocha. Klínová plocha s úhlem  $15^\circ$  je po stranách osazena drážkami pro přesné zajištění koncového jezdce do prstence. Výsuv čtyř na sebe kolmých pístů, umístěných po  $90^\circ$  v saních, zapříčiní středění a aretaci rotoru. Pružina umístěná v hydraulickém válci zajišťuje zpětný pohyb pístu a také nesvévolné vyjetí pístu.

**ad. l) Mazání**

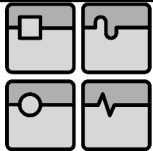
- veškeré komponenty pro stavbu mazacího okruhu použity od firmy LubTec s.r.o.  
- mazací agregát umístěn na boku saní.  
- mazání ložiska je pomocí mazacího tuku Klüber NBU 15 a to s intervalem dávkování jak uvádí výrobce ložiska.  
- mazání lineárních vozíků je prováděno automatickým dávkováním mazacího tuku Klüber NBU 15 mazacím agregátem.  
- mazací tuk je od firmy Klüber.

**ad. m) Hydraulická instalace**

- hydraulický agregát dodává do okruhu tlak 7 MPa.  
- hydraulický agregát umístěn na boku saní.

**ad. n) Elektrická instalace**

- elektrická instalace pohonu je složena ze dvou silových a jednoho signálního kabelu. Ovládání motoru je pomocí řídicího systému stroje. Motor je napájen ze statických měničů s jmenovitým napětím ve stejnosměrném meziobvodu  $U_{DC} = 560 \text{ V}$ .  
- kabel od úhlového snímače ROD 880 je vyveden středem saní na energetický nosič a dále pak připojen k řídicímu systému stroje.



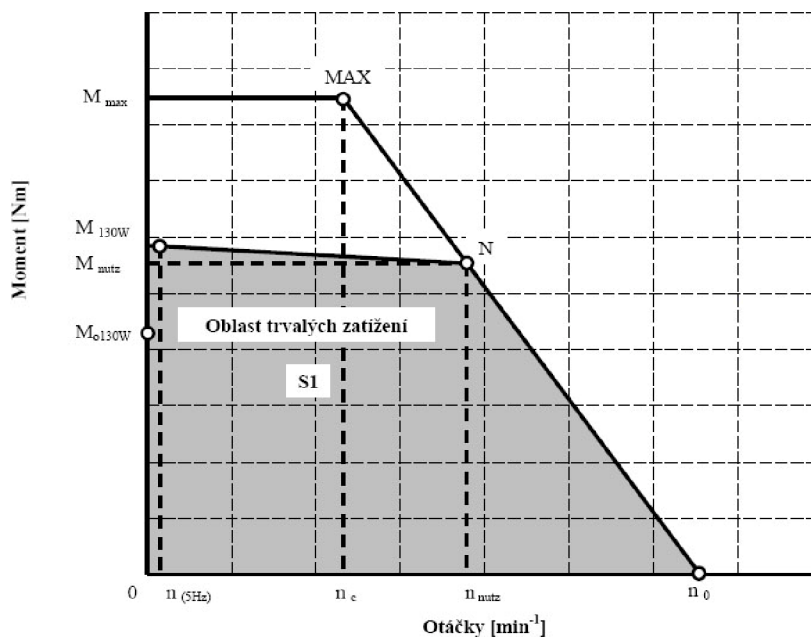
## 6. VLASTNÍ VÝPOČTY

### 6.1 Volba pohonu

Motor zvolen od firmy VUES Brno s.r.o. typ ROL 10001765 L dle konzultace se zadavatelem diplomové práce. Parametry motoru viz. Příloha 1 / 5 – parametry pohonu.

$n_{\max} = 75 \text{ min}^{-1}$  max otáčky

$M_{130W} = 9000 \text{ N.m}$  trvalý moment



Obr. 6. 1 Momentová charakteristika pohonu

### 6.2 Momenty setrvačnosti a hmotnosti

#### Obrobek

- moment setrvačnosti obrobku zvolen návrhem možných variant rozměrů A x B x C

$$I_o = \frac{1}{12} \cdot m_o \cdot (A^2 + B^2) \quad (1)$$

dle vzorce

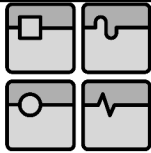
Tab.6.2. 1 Varianty rozměrů

A x B x C [m]	m [kg]	$I_o$ [kg.m <sup>2</sup> ]
2 x 2,5 x 0,65	~25000	20115
2 x 2 x 0,8	~25000	15700
1,5 x 1,5 x 1,4	~25000	9270
1,1 x 1,1 x 2,5	~25000	4790

Pro výpočet je zvolen největší moment setrvačnosti

$m_o = 25000 \text{ kg}$

$I_o = 20115 \text{ kg.m}^2$



### Stůl

- moment setrvačnosti a hmotnost odečteny z 3D modelu
- materiál DIN GG 35 CrCuMo



Obr. 6.2. 1 Model desky stolu

$$m_S = 6888 \text{ kg}$$
$$I_S = 6120 \text{ kg.m}^2$$

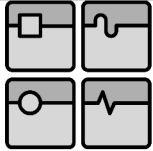
### Držák rotoru

- moment setrvačnosti a hmotnost odečteny z 3D modelu
- materiál DIN GG 20 CrCuMo



Obr. 6.2. 2 Model držáku rotoru

$$m_D = 353 \text{ kg}$$
$$I_D = 140 \text{ kg.m}^2$$



### Vnější kroužek ložiska

- moment setrvačnosti a hmotnost odečteny z 3D modelu
- materiál 42CrMo4 = 15260.9

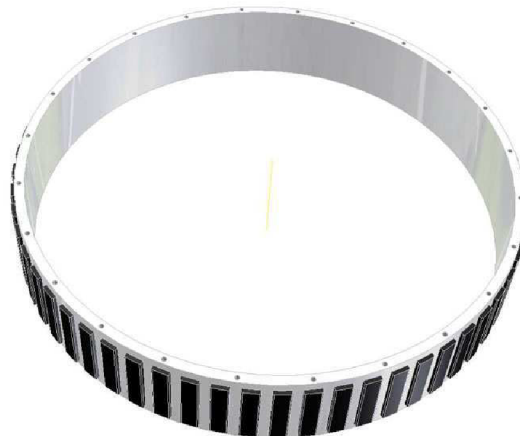


Obr. 6.2. 3 Model vnějšího kroužku ložiska

$$m_L = 610 \text{ kg}$$
$$I_L = 387 \text{ kg.m}^2$$

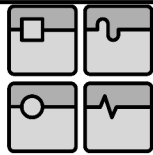
### Rotor

- moment setrvačnosti a hmotnost odečteny z katalogových listů firmy VUES

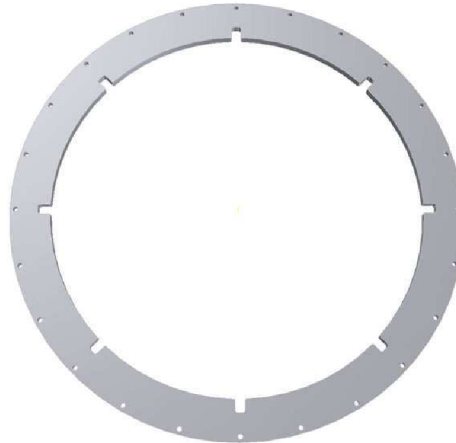


Obr. 6.2. 4 Model rotoru

$$m_R = 76 \text{ kg}$$
$$I_R = 15 \text{ kg.m}^2$$

**Prstenec k aretaci rotoru**

- moment setrvačnosti a hmotnost odečteny z 3D modelu
- materiál 11600

**Obr. 6.2. 5 Model aretačního prstence**

$$m_p = 33 \text{ kg}$$
$$I_p = 5,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

Celkový moment setrvačnosti rotujících hmot

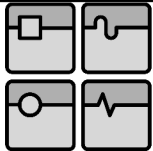
$$I = I_O + I_S + I_D + I_L + I_R + I_P$$
$$= 20115 + 6120 + 140 + 387 + 15 + 5,7 \doteq \underline{\underline{26783 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}} \quad (2)$$

Celková otáčející se hmotnost

$$m = m_O + m_S + m_D + m_L + m_R + m_P$$
$$= 25000 + 6888 + 353 + 610 + 76 + 33 = \underline{\underline{32960 \text{ kg}}} \quad (3)$$

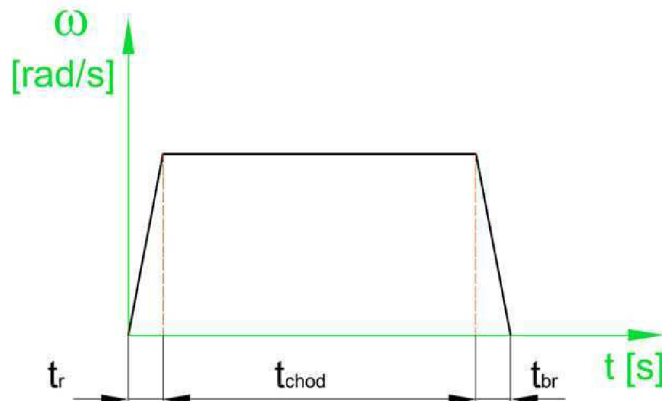
Axiální dynamická síla působící na ložisko

$$F_A = \frac{m \cdot g}{1000} = \frac{32960 \cdot 9,81}{1000} \doteq 323 \text{ kN} \quad (4)$$



### 6.3 Pracovní cyklus

rozběhový čas  $t_1 = 2$  s  
brzdný čas  $t_2 = 2$  s



Obr. 6.3. 1 Pracovní cyklus pohonu

Úhlová rychlost desky stolu

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \quad (5)$$

$n$  otáčky desky stolu  $n = 3$  ot/min = 0,05 ot/s

Výpočet

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot 0,05 = 0,314 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

Úhlové zrychlení desky stolu

- bude stejné při rozběhu a brzdění  $\rightarrow t_1 = t_2 = t$

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t} \quad (6)$$

Výpočet

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t} = \frac{0,314}{2} = 0,157 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

### 6.4 Celkový kroutící moment na ložisko

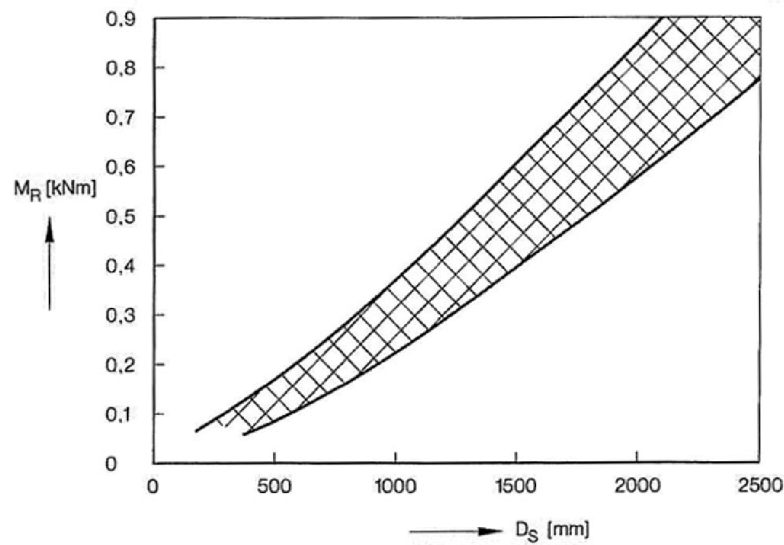
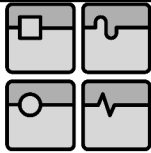
$$M_T = M_R + M_Z + M_G \quad (7)$$

kde:  $M_R$  rozběhový moment tření nezátíženého ložiska  
 $M_Z$  moment tření ložiska způsobený zatížením  
 $M_G$  rozběhový moment tření nezátíženého ložiska

Velikost rozběhového momentu tření je odečten v závislosti od středního průměru ložiska z diagramu na Obr. 6.4.1

$D_S = 1450$  mm střední průměr ložiska  $\Rightarrow M_R = 0,5$  kN.m





Obr. 6.4. 1 Diagram pro volbu rozběhového momentu ložiska

Moment tření způsobený zatížením

$$M_Z = \mu \cdot k \cdot \left( \frac{M_K \cdot 1000}{D_S} + \frac{F_R \cdot f_L}{2} + \frac{F_A}{k} \right) \cdot \frac{D_S}{2000} \quad (8)$$

kde:  $\mu = 0,004$  součinitel tření  
 $k = 4,1$  součinitel přenosu zatížení  
 $f_L = 1$  součinitel oběžné dráhy  
 $M_K = 1 \text{ kN.m}$  klopný moment na ložisko  
 $F_R = 1 \text{ kN}$  radiální dynamická síla na ložisko  
 $F_A = 323 \text{ kN}$  axiální dynamická síla na ložisko  
 $D_S = 1450 \text{ mm}$  střední průměr ložiska

Výpočet

$$M_Z = \mu \cdot k \cdot \left( \frac{M_K \cdot 1000}{D_S} + \frac{F_R \cdot f_L}{2} + \frac{F_A}{k} \right) \cdot \frac{D_S}{2000} = 0,004 \cdot 4,1 \cdot \left( \frac{1 \cdot 1000}{1450} + \frac{1 \cdot 1}{2} + \frac{323}{4,1} \right) \cdot \frac{1450}{2000}$$
$$M_Z = 0,951 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

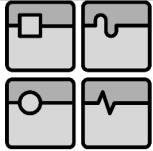
Moment od zrychlení (zpomalení) rotujících hmot

$$M_G = \frac{I \cdot \varepsilon}{1000} \quad (9)$$

kde:  $I = \text{kg.m}^2$  moment setrvačnosti rotujících hmot  
 $\varepsilon = 0,157 \text{ rad.s}^{-2}$  úhlové zrychlení

Výpočet

$$M_G = \frac{I \cdot \varepsilon}{1000} = \frac{26783 \cdot 0,157}{1000} = 4,2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Celkový kroutící moment na ložisko

$$M_T = M_R + M_Z + M_G = 0,5 + 0,951 + 4,2 = \underline{\underline{5,65kN.m}}$$

Zvolený motor vyhovuje  $M_T = 5650 \text{ N.m} < M_{130W} = 9000 \text{ N.m}$

Výkon hnacího motoru

$$P_{kW} = \frac{M_T \cdot n}{9,95 \cdot \eta} \quad (10)$$

kde:  $n = 3 \text{ ot.min}^{-1}$  otáčky desky stolu  
 $\eta = 1$  účinnost převodovky

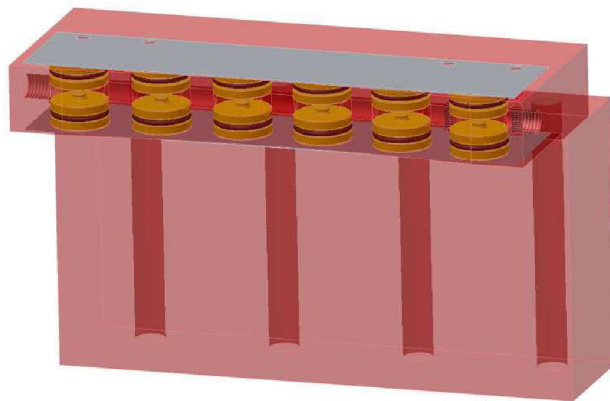
Výpočet

$$P_{kW} = \frac{M_T \cdot n}{9,95 \cdot \eta} = \frac{5,65 \cdot 3}{9,95 \cdot 1} = 1,7kW$$

### 6.5 Návrh hydraulického zpevnění

- pro hydraulické zpevnění stolu je použito 8 zpevňovacích těles, které jsou rozmístěny na saních. Zpevnění působí mezi deskou stolu a vnějším kroužkem ložiska. Tlak dodávaný agregátek do soustavy je 7 MPa. Stanovená vůle mezi plíškem a dotykovou plochou je 0,5 mm.

Píst má průměr  $d_p = 25 \text{ mm}$



Obr. 6.5. 1 Zpevňovací těleso

Síla od jednoho pístu

$$p = \frac{F_{1P}}{S_{1P}} \Rightarrow F_{1P} = p \cdot S_{1P} \quad (11)$$

kde:  $p = 7 \text{ MPa}$  tlak hydrauliky  
 $S_{1P} = 491 \text{ mm}^2$  plocha jednoho pístu

Výpočet

$$F_{1P} = p \cdot S_{1P} = 7 \cdot 491 = 3436N$$

Síla od jednoho plíšku

$$F_{1B} = x_P \cdot F_{1P} \quad (12)$$

kde:  $x_P = 6$  počet píšťů pod jedním plíškem

Výpočet

$$F_{1B} = x_P \cdot F_{1P} = 6 \cdot 3436 = 20616N$$

Síla do jedné z opěrných ploch

$$F_{1S} = x_T \cdot F_{1B} \quad (13)$$

kde:  $x_T = 8$  počet zpevňovacích těles

Výpočet

$$F_{1S} = x_T \cdot F_{1B} = 8 \cdot 20616 = 164928N$$

Moment do jedné z opěrných ploch

$$M_S = \mu \cdot F_{1S} \cdot \frac{D_B}{2} \quad (14)$$

kde:  $\mu_k = 0,1$  součinitel tření (kov-kov nemazáno)  
 $D_B = 1720 \text{ mm}$  zpevňující průměr

Výpočet

$$M_S = \mu_k \cdot F_{1S} \cdot \frac{D_B}{2 \cdot 1000} = 0,1 \cdot 164928 \cdot \frac{1720}{2000} = 14184N \cdot m$$

Moment působí do dvou stran a to do stolu a do ložiska jak plyne z obrázku

Celkový zpevňující moment

$$M_{CZ} = 2 \cdot M_S = 2 \cdot 14184 = \underline{\underline{28368N \cdot m}} \quad (15)$$

## 6.6 Kontrola šroubů ložiska na tah

- kontrola je provedena na roztečném průměru upínacích šroubů M24 vnějšího kroužku ložiska, počet šroubů je 24.
- tíha působící proti je hmotnost stolu a držáku rotoru, je uvažována situace v nezátíženém stavu, kdy je síla ve šroubu největší při působení sil od zpevnění.

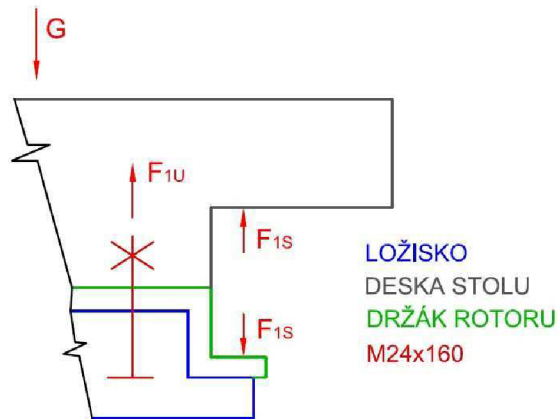
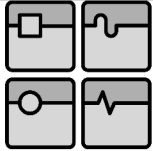
ŠROUB M24x160 ČSN 02 1143.90 – 12.9

$R_m = 1200 \text{ MPa}$

$R_{p0,2} = 1080 \text{ MPa}$

pro tah – statický – slitinové materiály dle ČSN =>  $\sigma_{D,t} = 600 \text{ MPa}$

doporučený utahovací moment šroubu  $M_U = 700 \text{ Nm}$



Obr. 6.6. 1 Schéma působení sil na šroub ložiska

Síla ve šroubu vzniklá vlivem utahovacího momentu

$$F_{1U} = \frac{M_U}{0,18 \cdot d} = \frac{700}{0,18 \cdot 0,024} = 162037N \quad (16)$$

Celková síla v 24 šroubech vzniklá vlivem utahovacího momentu

$$F_U = x_R \cdot F_{1U} = 24 \cdot 162037 = 3888888N \quad (17)$$

kde:  $x_R = 24$  počet šroubů na roztečné kružnici

Celkový průřez 24 šroubů

$$A_R = x_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 \quad (18)$$

kde:  $x_R = 24$  počet šroubů na roztečné kružnici  
 $d_2 = 22,051 \text{ mm}$  střední průměr šroubu  
 $d_3 = 20,319 \text{ mm}$  malý průměr šroubu

Výpočet

$$A_R = x_R \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 = 24 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{22,051 + 20,319}{2} \right)^2 = 8460 \text{ mm}^2$$

Tíha působící proti zpevňující síle

$$G = (m_S + m_D + m_R + m_P) \cdot g \quad (19)$$

kde:  $m_S = 6888 \text{ kg}$  hmotnost stolu  
 $m_D = 353 \text{ kg}$  hmotnost držáku rotoru  
 $m_R = 76 \text{ kg}$  hmotnost rotoru  
 $m_P = 33 \text{ kg}$  hmotnost prstence k aretaci rotoru

Výpočet

$$G = (m_S + m_D + m_R + m_P) \cdot g = (6888 + 353 + 76 + 33) \cdot 9,81 = 72104N$$

Celková síla působící na šroub

$$F_{CR} = 2 \cdot F_{1S} + (x_R \cdot F_{1U}) - G \quad (20)$$

kde:  $F_{1S} = 164928 \text{ N}$  síla do jedné z opěrných ploch  
 $F_{1U} = 162037 \text{ N}$  síla ve šroubu vzniklá vlivem utahovacího momentu  
 $x_R = 24$  počet šroubů na roztečné kružnici  
 $G = 72104 \text{ N}$  tíhová síla působící proti ložisku

Výpočet

$$F_{CR} = 2 \cdot F_{1S} + (x_R \cdot F_{1U}) - G = 2 \cdot 164928 + (24 \cdot 162037) - 72104 = 4146640 \text{ N}$$

Kontrola na tah

$$\sigma_t = \frac{F_{CR}}{A_R} \leq \sigma_{D,t} \quad (21)$$

$$\sigma_t = \frac{F_{CR}}{A_R} = \frac{4146640}{8460} \doteq \underline{\underline{490 \text{ MPa}}} \leq \sigma_{D,t} = 600 \text{ MPa} \quad \Rightarrow \quad \text{vyhovuje}$$

### 6.7 Kontrola otláčení zpevňujících komponent

- plocha plíšku, která je v kontaktu s opěrnou plochou kroužku pod stolem nebo opěrnou plochou na držáku rotoru byla odečtena z 3D modelu

$$S_{1B} = 6170 \text{ mm}^2$$

pro tlak – statický – materiál 11500 dle ČSN  $\Rightarrow p_{D,t} = 150 \text{ MPa}$

$$p_{tl} = \frac{F_{1B}}{S_{1B}} \leq p_{D,t} \quad (22)$$

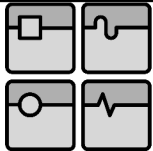
kde:  $F_{1B} = 20616 \text{ N}$  síla od jednoho plíšku

Výpočet

$$p_{tl} = \frac{F_{1B}}{S_{1B}} = \frac{20616}{6170} = 3,3 \leq \underline{\underline{p_{D,t} = 150 \text{ MPa}}} \quad \Rightarrow \quad \text{vyhovuje}$$

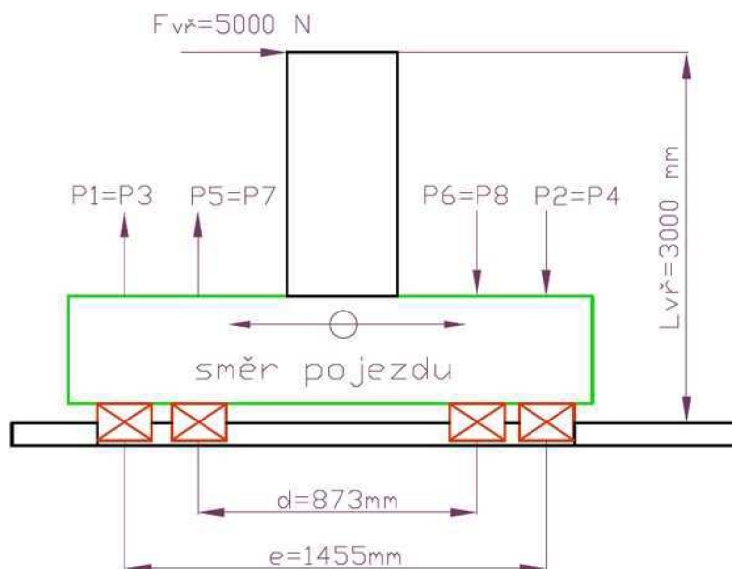
### 6.8 Kontrola ložiska

- dle požadavků zadavatele byla kontrola ložiska provedena firmou PSL. Vstupní a výstupní hodnoty výpočtu jsou uvedeny v příloze 2 / 5 – kontrola ložiska.



### 6.9 Kontrola lineárního vedení

- kontrolováno je typ lineárního vedení MRB 65 od firmy Schneeberger
- na saních jsou umístěny čtyři páry lineárních vozíků



Obr. 6.9. 1 Schéma rozmístění lin.vozíků

Tíha celé pohybující se soustavy

$$W = m_c \cdot g = 38500 \cdot 9,81 = 377685N \quad (23)$$

kde:  $m_c = 38500$  kg hmotnost celé soustavy pohybující se po lin. vedení

Výpočet ekvivalentního zatížení jednotlivých vozíků

$$P_1 = P_3 = -\frac{W}{4} + \frac{F \cdot l}{2 \cdot e} = -\frac{377685}{4} + \frac{5000 \cdot 3}{2 \cdot 1,455} = -89267N \quad (24)$$

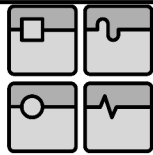
$$P_5 = P_7 = -\frac{W}{4} + \frac{F \cdot l}{2 \cdot d} = -\frac{377685}{4} + \frac{5000 \cdot 3}{2 \cdot 0,873} = -85830N$$

$$P_2 = P_4 = \frac{W}{4} + \frac{F \cdot l}{2 \cdot e} = \frac{377685}{4} + \frac{5000 \cdot 3}{2 \cdot 1,455} = 99576N$$

$$P_6 = P_8 = \frac{W}{4} + \frac{F \cdot l}{2 \cdot d} = \frac{377685}{4} + \frac{5000 \cdot 3}{2 \cdot 0,873} = 103012N$$

kde:  $F_{vř} = 5000$  N síla od vřetena  
 $L_{vř} = 3000$  mm max. vzdálenost vyjetí vřetena  
 $d = 1455$  mm vzdálenost vozíků dle obr  
 $e = 873$  mm vzdálenost vozíků dle obr

- kontrolováno je největší vypočtené ekvivalentní zatížení  $P = P_6 = P_8 = 103012$  N



$$C = 295 \text{ kN}$$
$$C_0 = 530 \text{ kN}$$

Trvanlivost

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot 50 \geq 50 \text{ km} \quad (25)$$

kde:  $C = 295 \text{ kN}$  dynamická únosnost vozíku  
 $P = 103 \text{ kN}$  ekvivalentní zatížení jednoho vozíku  
 $50 \text{ km}$  základní trvanlivost

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot 50 = \left(\frac{295000}{103012}\right)^3 \cdot 50 = 1174 \text{ km} \geq 50 \text{ km} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Hodinová trvanlivost

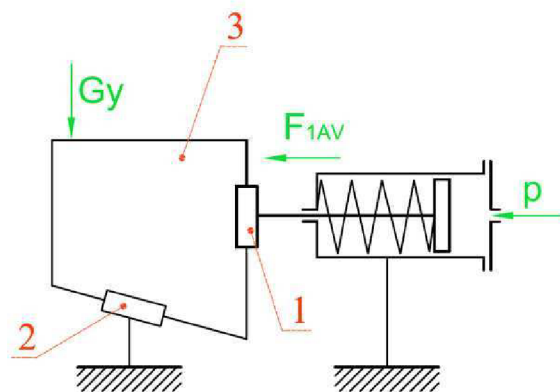
$$L_h = \frac{L}{v \cdot 60} = \frac{1174283}{15 \cdot 60} = 1305 \text{ hod} \quad (26)$$

kde:  $L = 1174 \text{ km}$  trvanlivost v km  
 $v = 12 \text{ m/min}$  rychlost lineárního vozíku

### 6.10 Návrh přípravku pro rotor

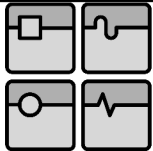
- přípravek obsahuje hydraulický válec s pružinou, který je přišroubován na svislý jezdec 1, ten se pohybuje vertikálně po koncovém jezdcí 3. Dále koncový jezdec 3 pohybující se po klínové ploše 2 vytváří aretující sílu v prstenci. V saních jsou rozmístěny po  $90^\circ$  čtyři aretační přípravky.

Kinematické schéma



1 – svislý jezdec  
2 – klínová plocha  
3 – koncový jezdec

Obr. 6.10. 1 Kinematické schéma aretačního přípravku



Návrh hydraulického válce:

Síla od jednoho pístu

$$p = \frac{F}{S} \Rightarrow F_{1AP} = p \cdot S_{1AP} \quad (27)$$

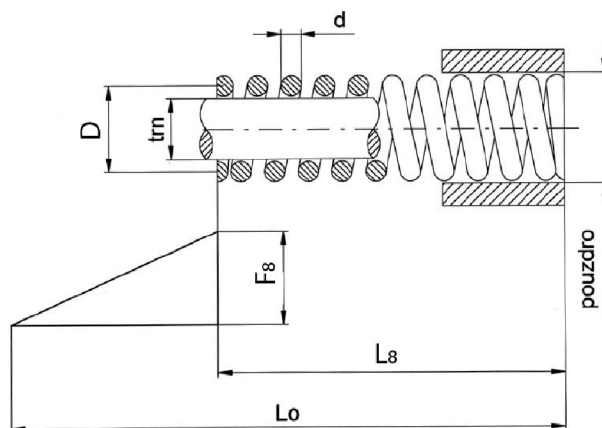
kde:  $p = 7 \text{ MPa}$  tlak hydrauliky  
 $S_{1AP} = 491 \text{ mm}^2$  plocha jednoho pístu

Výpočet

$$F_{1AP} = p \cdot S_{1AP} = 7 \cdot 491 = 3437 \text{ N}$$

Návrh pružiny:

- pružina zvolena od firmy Alcomex
- materiál : Pružinová ocel dle EN 10270:1-SH



Obr. 6.10. 2 Pružina hydraulického válce

$L_0 = 68 \text{ mm}$	délka pružiny ve volném stavu
$L_1 = 50 \text{ mm}$	délka pružiny v předpruženém stavu
$L_8 = 25 \text{ mm}$	délka pružiny v plně zatíženém stavu
$D = 16 \text{ mm}$	střední průměr pružiny
$d = 2 \text{ mm}$	průměr drátu pružiny
$N = 10$	celkový počet závitů
$F_1 = 85 \text{ N}$	síla vyvinutá pružinou v předpruženém stavu
$F_8 = 198 \text{ N}$	síla vyvinutá pružinou v plně zatíženém stavu
$c = 4,69 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$	tuhost pružiny

Výstupní síla z jednoho hydraulického válce

$$F_{1AV} = F_{1AP} - F_8 = 3437 - 198 \doteq 3239 \text{ N} \quad (28)$$

Tíha aretované soustavy

$$G_Y = (m_R + m_P) \cdot g = (76 + 33) \cdot 9,81 = 1069,3 \text{ N} \quad (29)$$

kde:  $m_R = 76 \text{ kg}$  hmotnost rotoru  
 $m_P = 33 \text{ kg}$  hmotnost prstence k aretaci rotoru

- se zahrnutím dalších vlivů (např. při montáži) a komponent (např. šroubů) voleno

$$G_y \doteq 1200 \text{ N}$$



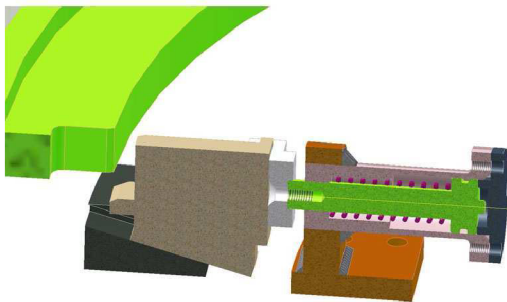
- čtyři aretační přípravky => tíha rozdělena na čtyři díly => výpočtová hodnota tíhy pro jeden píst

$$G_{1Y} = \frac{G_Y}{4} = \frac{1100}{4} = 275 N \quad (30)$$

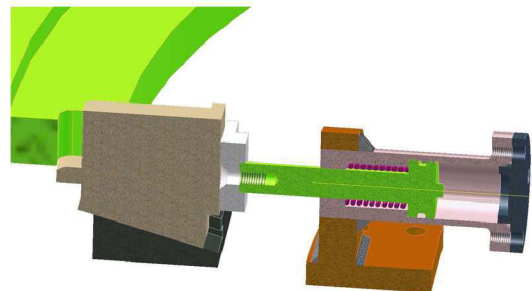
Reakce tíhy na klínové ploše působící proti síle hydr.válce

$$G_{1X} = \frac{G_Y}{\operatorname{tg}15} = \frac{275}{\operatorname{tg}15} = 1026,3 N \quad (31)$$

platnost podmínky  $F_{1AV} = 3239 N > G_{1X} = 1026,3 N \Rightarrow$  podmínka splněna



Obr. 6.10. 3 Aretační přípravek - vypnutý



Obr. 6.10. 4 Aretační přípravek - zapnutý

## 7. PEVNOSTNÍ ANALÝZA

Pevnostní analýza provedena v programu Autodesk Inventor Professional 2008.

Analyzovány byly tyto komponenty: deska otočného stolu, saně a držák rotoru.

Celá pevnostní analýza provedena pro případ maximálního zatížení 25 000 kg.

Kritické místa : **Stůl** – v rozích stolu na největším točném průměru je deformace 0,0138 mm s bezpečností 15.

- viz Příloha 3 / 5 – Deska otočného stolu

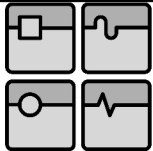
**Saně** – uprostřed mezi lineárními vozíky je deformace 0,0331 mm s bezpečností 15.

- viz Příloha 4 / 5 – Saně

**Držák rotoru** – na nejmenším průměru, kde je upnut rotor je deformace 0,0022 mm s bezpečností 15

- viz Příloha 5 / 5 – Držák rotoru

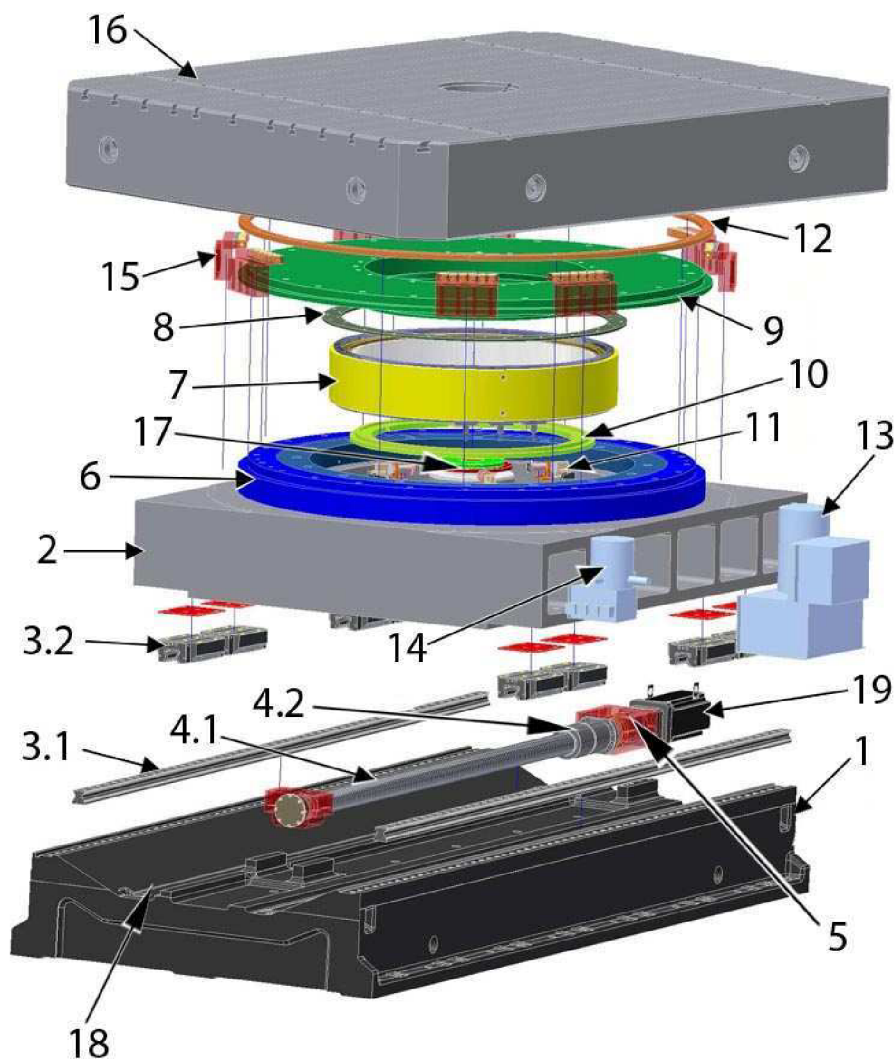
Grafické a numerické výsledky jsou uvedeny v příloze.



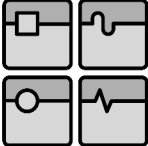
## 8. POSTUP MONTÁŽE

Montovány jsou následující komponenty:

- |                             |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 1 – lože                    | 9 – držák rotoru               |
| 2 – saně                    | 10 – prstenec k aretaci rotoru |
| 3.1 – kolejnice lin. vedení | 11 – aretační přípravek        |
| 3.2 – vozíky lin. vedení    | 12 – zpevňovací segmenty       |
| 4.1 – kuličkový šroub       | 13 – hydraulický agregát       |
| 4.2 – matice kul.šroubu     | 14 – mazací agregát            |
| 3.1 – kolejnice lin. vedení | 15 – zpevňovací tělesa         |
| 3.2 – vozíky lin. vedení    | 16 – upínací deska stolu       |
| 5 – domeček pro ložiska     | 17 – úhlové odměřování         |
| 6 – ložisko                 | 18 – lineární odměřování       |
| 7 – pohon otáčení stolu     | 19 – pohon posuvu              |
| 8 – upínák statoru          |                                |



Obr. 8. 1 Rozložený otočný stůl

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 41
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Lože 1 je umístěno a vyváženo na pevný základ, kde je následně ukotveno šrouby. Na zaškrabané plochy lože 1 je přišroubováno lineární vedení 3.1 s vozíky 3.2, které je následně kontrolováno měřením. Na připravené lože 1 jsou instalovány domečky 5 pro ložiska kuličkového šroubu 4.1. Montáž lineárního odměřování 18.

Na stůl 16 jsou šroubovány segmenty 12 pro hydraulické zpevňování 15 a podložka pro úhlové odměřování. Do děr pro upnutí k ložisku 6 jsou rovnoměrně po 90° našroubovány vodící trny pro vnitřní kroužek ložiska.

Od výrobce je doručen pohon 7 s transportním přípravkem, který ovšem je montován nestandardně na stranu kde nejsou přírodní kabely (musí být předem uvedeno výrobcí pohonu). Na volnou stranu rotoru je nasazen a následně přišroubován prstenec 10 k aretaci rotoru. Centrování je docíleno osazením na prstenci 10 za vnitřní průměr rotoru 7. Dále jsou montovány armatury a vedení pro přívod resp. odvod chladicího média do výměníku tepla. Celý pohon 7 je uchycen a přemísťován za transportní přípravek. Vše je připraveno pro montáž do saní 2.

Saně 2 jsou vyrovnány a ukotveny na vozíky 3.2 šrouby. Montáž posuvového pohonu 19 a kuličkového šroubu 4.1 s maticí 4.2, přičemž matice 4.2 je přišroubována k saním 2. Montáž hydraulického 13 a mazacího 14 agregátu na bok saní 2.

Ložisko 6 je transportováno a následně spuštěno nad saně 2, kde je vycentrováno přes vnitřní kroužek a pomocí zašroubovaných trnů do saní 2. Po dosednutí ložiska 6 na saně 2 jsou vpraveny šrouby do vnitřního kroužku ložiska 6 a zašroubovány. Trny jsou vyjmuty a místo nich dány šrouby. Zkouška funkce a měření ložiska 6. Montáž čtyř mazacích armatur k vnitřnímu kroužku ložiska 6 a následné sériové propojení s tlakovou trubičkou, která vyústí uje otvorem v saních 2 k mazacímu agregátu 14.

Dále je provedena montáž aretačních přípravků 11 do saní 2. Všechny čtyři hydraulické válce 11 jsou sériově propojeny a přívod tlakové kapaliny je vyveden otvorem v saních 2. Připojení k hydraulickému agregátu 13 a zkouška funkce.

Pohon 7 je vyrovnán a spuštěn do saní 2 tak, že kabely a instalace chlazení jsou vyvedeny otvorem v saních 2. Po vyrovnání a dosednutí pohonu 7 do saní 2 je soustava zaaretována pomocí aretačních přípravků 10 a 11. Transportní přípravek je demontován a místo něj je nasazen upínák statoru 8, který je přišroubován k saním 2. Dalším obzvláště důležitým krokem je montáž držáku rotoru 9. Ta je provedena spuštěním držáku rotoru 9 přes trny uchycené v dírách na vnějším kroužku ložiska 6. Centrování je provedeno za vnitřní průměr rotorové části 7 a za vnější průměr vnějšího kroužku ložiska 6. Jsou vsazeny čtyři kolíky do vnějšího kroužku ložiska 6, kvůli zajištění polohy děr. K rotoru 7 je držák 9 přišroubován. Další kontrolou je odaretování rotoru a následně zkouška funkce otáčení pohonu 7.

Montáž příruby pro uchycení úhlového odměřování 17.

Montáž zpevňovacích těles 15 na saně 2. Sériové propojení jednotlivých těles a následné vyvedení k hydraulickému agregátu 13.

Centrování upínacího stolu 16 na saních 2 je docíleno pomocí vodících trnů zašroubovaných ve stole 16. Po dosednutí stolu 16 na ložisko 6, jsou montážními otvory v saních 2 zaklepány čtyři kolíky umístěné ve vnějším kroužku ložiska 6. Montáž šroubů do vnějšího kroužku ložiska 6 je provedeno montážními otvory v saních 2. Po našroubování dvaceti šroubů jsou čtyři vodící trny ze stolu 16 vyšroubovány montážním otvorem v saních 2 a nahrazeny zbylými čtyřmi šrouby. Celý postup je proveden postupným otáčením stolu 16.

Zkouška jednotlivých funkcí.

Montáž úhlového odměřování 17 středem stolu 16.

## 9. TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Při navrhování konstrukce otočného stolu, zejména pak saní byla prioritní tuhost. Většina velkých členitých součástí jsou odlitky. Ty jsou navrhovány žebrovitou konstrukcí, z důvodů odlehčení, při zachování tuhosti. Je zde brán zřetel na odpad materiálu při obrábění. Max přídavky na obrábění jsou voleny 10 mm s tím, že povrchy jednotlivých součástí budou bez problému opracovány na danou jakost.

Z hlediska ekonomické efektivity je nákladná výroba následujících komponent: zpevňující tělesa a aretační přípravky. Z hlediska technického jsou tyto komponenty důležité pro správnou funkci a přesnou montáž systému. Jsou navrhovány jednoduše, ale přitom účelně.

Co se týče návrhu aretačních přípravků, je zde volen tento způsob kvůli potížím při montáži pohonu rotační osy stolu. Pohon je dodáván společně s transportním přípravkem, ten po vsazení do saní musí být demontován s tím, aniž by se stator a rotor vůči sobě nějak pohnuli nebo v krajním případě k sobě přilepily. V tento okamžik je pohon nepoužitelný a zničený.

Problém hydraulického zpevňování je vyřešen způsobem, aby co nejméně při hydraulickém zpevňování bylo namáháno ložisko a zároveň zpevnění bylo tuhé. Z jednotlivých závěrů plyne, že soustava je navržena jednoduše tak, aniž by byla ohrožena přesnost montáže a následné funkce.

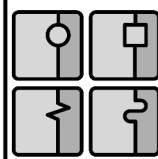
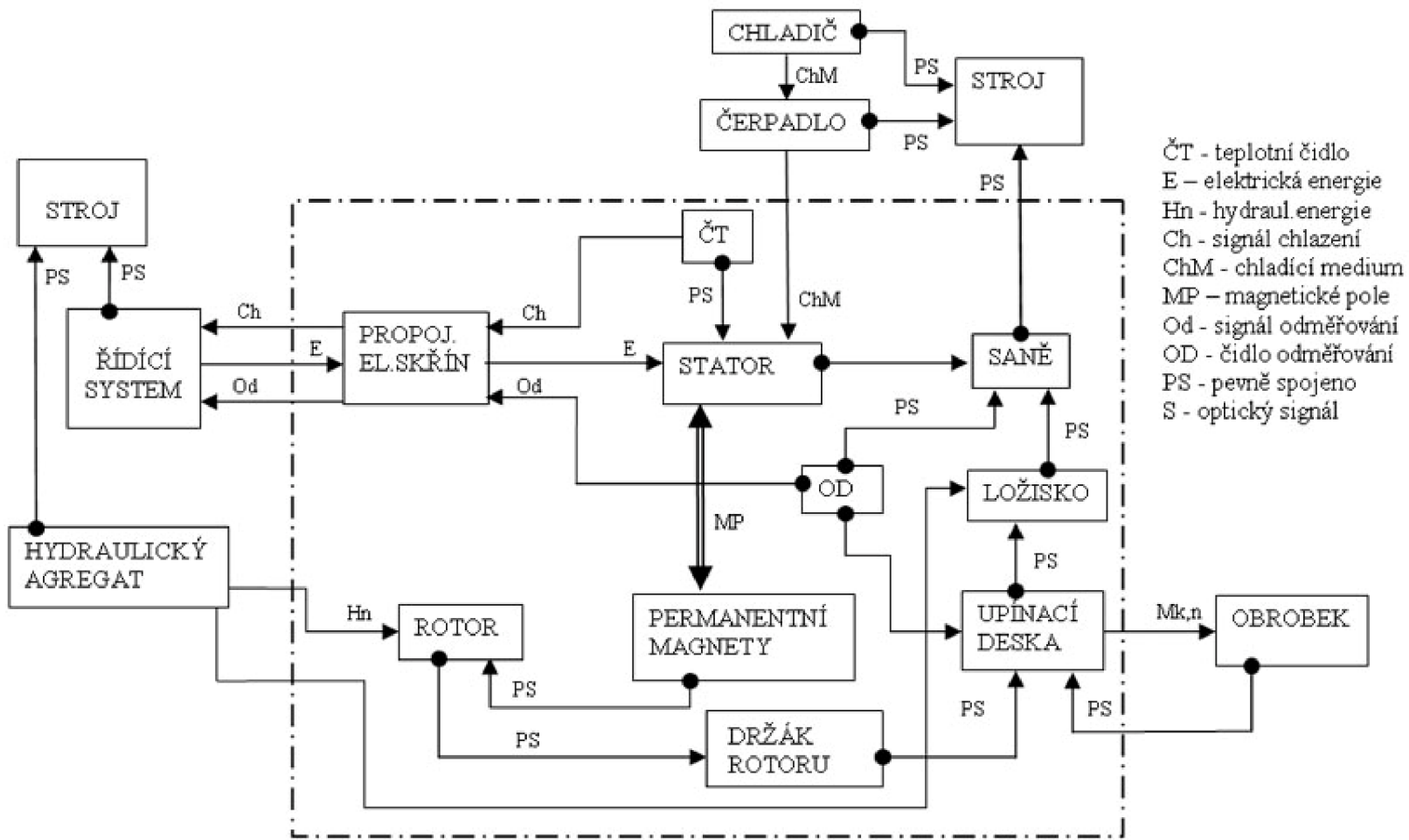
Většina komponentů byla volena od výrobců, se kterými firma Fermat CZ, s.r.o. spolupracuje.

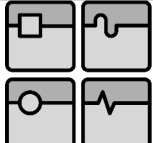
## 10. ANALÝZA RIZIK

### 10.1 Blokové schéma systému

OBROBEK





	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 44
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## ***10.2 Relevantní nebezpečí***

- pomocí blokového diagramu a normy ČSN EN ISO 12100-1

Posuzování rizika

### **OCHRANNÁ OPATŘENÍ PŘIJATÁ KONSTRUKTÉREM**

Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci

- celá konstrukce rotačního stolu je zohledněna pro montáž na stroj tak, aby neomezila nebo nezranila servisní techniky popř. obsluhu, tzn. různé ostré hrany a nepřístupné místa, kde by mohlo hrozit nebezpečí újm na zdraví.
- pro přepravu, manipulaci a montáž stolu jsou zde vyhotoveny příslušné otvory a přípravky (viz příslušenství rotačního stolu).

Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření

- mezi rotující horní upínací deskou a spodním pevným rámem stolu je min.prostor pro možné vtažení nebo jakékoliv poranění obsluhy při manipulaci s přípravky upnutém na desce stolu.
- předpis používání osobních ochranných pracovních prostředků (pracovní obuvi s vyztuženou špičkou).

Krok 3: Informace pro používání

- rotační stůl s normalizovanými T – drážkami je horizontálně umístěn na saních, popř. loži stroje. Je poháněn interním torzním motorem .
- stůl má ochranné značení na okraji rotační desky (žluto-černé pruhy).
- dále jsou veškeré pokyny pro manipulaci, montáž a obsluhu zavedeny v manuálu.

### **OCHRANNÁ OPATŘENÍ PŘIJATÁ UŽIVATELEM**

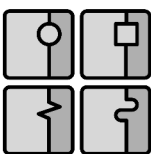
Organizace – bezpečné pracovní postupy, dozor, dovolené postupy a systémy práce

Opatření a používání dalších bezpečnostních zařízení

Používání osobních ochranných prostředků

Zaškolení

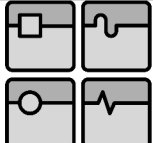




10.3 Zhodnocení rizika

Tab. 10.3. 1 Zhodnocení rizika

Identifikace rizika	Vyhodnocení závažnosti rizika				Bezpečnostní opatření
	P	N	H	R	
<b>RIZIKA MECHANICKÁ</b> - Zhmoždění, stlačení, přiskřípnutí, přiražení prstů - Pořezání o ostré hrany a hroty - Tržné, řezné, bodné rány způsobené zpracovaným materiálem - Pád zpracovaného materiálu - Vymrštění části strojního zařízení nebo zpracovaného materiálu - Navinutí - Uklouznutí, zakopnutí a pád stroje	4 4 3 3 3 2 4	2 2 3 2 2 2	1 2 3 1 3 1	9 20 29 5 13 55 10	- Kvalitní výcvik - Důsledná kontrola - Používání OOPP - Kvalitní servis, údržba a kontrola stroje - Pravidelné revize - Pravidelné školení BOZP - Zajištění proti pádu, dobrý technický stav nářadí, kontrola a způsob uchycení materiálu, pořádek na pracovišti, dobrý stav podlahy
<b>RIZIKA FYZIKÁLNÍ</b> - Elektrická: Dotykem (přímý i nepřímý) - Tepelná: Popálení - Hluk a vibrace: Rušení obsluhy provozem na sousedních pracovištích a přílehlých komunikacích - Snížení pozornosti, zvyšování únavy	2 3 4 4	3 3 1 1	2 1 2 2	10 3 5 4	- Kvalitní stav krytí (izolace, vypínače, přívod, el. energie) - Zvýšená pozornost při manipulaci nebo dotyku - Hladina hluku musí odpovídat normovým hodnotám
<b>RIZIKA ERGONOMICKÁ</b> - Nezdavá poloha těla - Nedostatečné místní osvětlení - Nepoužití OOPP - Zakopnutí, pád osoby na rovině - Zakopnutí, podvrtnutí nohy naražení, zachycení	5 4 5 4 4	3 3 4 2 2	4 2 4 1 1	65 22 90 9 9	- Úprava pracovního místa - Osvětlení musí odpovídat normovým hodnotám - Kvalitní stav zařízení, kontrola stavu - Pořádek na pracovišti, dobrý stav podlahy
<b>RIZIKA VYVOLANÁ NESPRÁVNOU ČINNOSTÍ OVLÁDACÍHO SYSTÉMU</b> - Náhodně zapnutí / vypnutí - Nefunkční TOTAL STOP	5 5	5 5	4 4	90 99	- Diagnostické prvky
<b>RIZIKA VYVOLANÁ CHYBĚJÍCIMI – NESPRÁVNĚ UMÍSTĚNÝMI OCHRANNÝMI KRYTY</b>	5	5	2	55	- Kontrola stavu ochranných krytů
<b>P</b> – pravděpodobnost vzniku a existence rizika	<b>N</b> – pravděpodobnost následků - závažnost			<b>H</b> – názor hodnotitelů	<b>R</b> – míra rizika
1 Náhodilá 2 Nepravděpodobná 3 Pravděpodobná 4 Velmi pravděpodobná 5 Trvalá	1 Poranění bez pracovní neschopnosti 2 Absenční úraz (s pracovní neschopností) 3 Vážnější úraz vyžadující hospitalizaci 4 Těžký úraz s trvalými následky 5 Smrtelný úraz			2 Zanedbatelný vliv 3 Malý vliv 4 Větší, zanedbatelný 5 Velký s významným vlivem 6 Více významných vlivů	0-3 Bezvýznamné riziko 4-10 Akceptovatelné riziko 11-50 Mírné riziko 51-100 Nežádoucí riziko 101-125 Nepříjemné riziko

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 46
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 11. PROVOZNÍ BEZPEČNOST

### ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA OCHRANU ZDRAVÍ A BEZPEČNOST PŘI KONSTRUKCI A VÝROBĚ STROJNÍCH ZAŘÍZENÍ A BEZPEČNOSTNÍCH SOUČÁSTÍ DLE NV 24/2003

Citace [7]

#### 1.1. Zásady zajištění bezpečnosti

a) *Strojní zařízení musí být vyrobeno tak, aby plnilo svou funkci a mohlo být seřizováno a udržováno, aniž by osoby byly vystaveny riziku, pokud se tyto operace provádějí za podmínek předpokládaných výrobcem.*

*Účelem přijatých opatření musí být vyloučení každého rizika nehody po dobu předpokládané životnosti strojního zařízení, včetně etap montáže a demontáže, a to i v případě, kdy riziko nehody vznikne z předpokládaných abnormálních situací.*

b) *Při volbě nejvhodnějších metod musí výrobce uplatňovat tyto zásady, a to v tomto pořadí:*

- *vyloučit nebo co nejvíce omezit nebezpečí (závisí na bezpečné konstrukci a výrobě bezpečného strojního zařízení),*
- *učinit nezbytná ochranná opatření v případě nebezpečí*
- *uvědomit uživatele o přetrvávajícím nebezpečí vyplývajícím z jakýchkoli nedostatků účinnosti přijatých ochranných opatření, upozornit na případnou potřebu speciálního výcviku a specifikovat potřebu osobních ochranných prostředků.*

c) *Při navrhování a výrobě strojního zařízení a při zpracovávání návodu k použití musí výrobce brát v úvahu nejen běžné použití strojního zařízení, ale rovněž i taková použití, která lze rozumně předpokládat.*

*Strojní zařízení musí být navrženo tak, aby se předešlo jinému než normálnímu použití, pokud by takové použití mohlo způsobit riziko. Pro takové případy musí návod k použití upozornit uživatele na nesprávné způsoby použití strojního zařízení, k nimž může podle zkušeností dojít.*

#### 1.2 Materiály a výrobky

*Materiály pro výrobu strojního zařízení nebo výrobky použité nebo vytvářené strojním zařízením během použití nesmějí ohrožovat zdraví nebo bezpečnost ohrožených osob. Zvláště tam, kde se používají tekutiny, musí být strojní zařízení navrženo a vyrobeno tak, aby nevznikala nebezpečí při plnění, použití, zpětném získávání nebo vypouštění.*

#### 1.3 Konstrukce strojního zařízení z hlediska manipulace

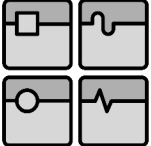
*Strojní zařízení nebo každá z jeho částí musí*

- a) *umožňovat bezpečnou manipulaci,*
- b) *být zabaleny nebo upraveny tak, že je lze bezpečně skladovat bez poškození (například přiměřená stabilita, speciální podpěry).*

*Pokud hmotnost, rozměry nebo tvar strojního zařízení nebo jeho různých součástí neumožňují ruční manipulaci, strojní zařízení nebo každá z jeho součástí musí*

- a) *být buď vybaveny příslušenstvím pro připojení ke zdvihacímu zařízení, nebo*
- b) *být provedeny tak, aby mohly být tímto příslušenstvím vybaveny (například*



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

otvory se závitem), nebo  
 c) mít takový tvar, aby je bylo možné snadno připojit k běžnému zdvihacímu zařízení.

### **2.1 Spouštění**

*Strojní zařízení smí být spouštěno pouze záměrným působením na ovládací zařízení, které je k tomu účelu určeno.*

*Stejný požadavek platí*

- a) při opakovaném spouštění strojního zařízení po jeho zastavení z jakékoli příčiny,
- b) při provedení výrazné změny provozních podmínek (například rychlosti, tlaku), s výjimkou opakovaného spouštění nebo změny provozních podmínek, které jsou bez rizika pro ohrožené osoby.

### **2.2 Zastavování**

*Každý stroj musí být vybaven ovládacím zařízením, jímž může být bezpečně a úplně zastaven.*

*Po zastavení strojního zařízení nebo jeho nebezpečných částí musí být přerušen přívod energie k příslušným hnacím mechanismům.*

*Komplexní funkční celky*

*V případě, že jsou strojní zařízení nebo části strojních zařízení navrženy pro společnou činnost, musí výrobce strojní zařízení navrhnout a vyrobit tak, aby ovládací zařízení pro zastavení včetně ovládacích zařízení nouzového zastavení mohlo zastavit nejen samotné strojní zařízení, ale i všechna předcházející a/nebo následující zařízení, pokud by jejich další chod byl nebezpečný.*

### **2.3 Porucha v dodávce energie**

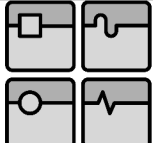
*Přerušení, obnova po přerušení nebo jakékoli změny v dodávce energie do strojního zařízení nesmějí vést k nebezpečné situaci.*

*Zvláště*

- a) nesmí být strojní zařízení neočekávaně uvedeno do chodu,
- b) nesmí být zabráněno zastavení strojního zařízení, jestliže k tomu již byl vydán povel,
- c) žádná pohybující se část strojního zařízení nebo předmět, který je ve strojním zařízení držen, nesmí vypadnout nebo být vymrštěny,
- d) automatické nebo ruční zastavení jakýchkoli pohybujících částí musí nastat bez potíží,
- e) ochranná zařízení musí zůstat zcela účinná.

### **3.1 Stabilita**

*Strojní zařízení, jeho součásti a příslušenství musí být navrženy a vyrobeny tak, aby za předpokládaných provozních podmínek (je-li třeba, berou se v úvahu i klimatické podmínky) byly dostatečně stabilní bez rizika převrácení, pádu nebo nečekaného pohybu.*

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 48
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### **3.2 Riziko destrukce během provozu**

*Různé části strojního zařízení a jejich spoje musí vydržet namáhání, kterým jsou vystaveny při použití předpokládaném výrobcem.*

*Trvanlivost použitých materiálů musí být přiměřená prostředí, v němž jsou podle předpokladu výrobce použity, zejména s ohledem na únavu materiálu, stárnutí, korozi a opotřebení.*

*Výrobce musí v návodu k použití vyznačit druh a frekvenci prohlídek a údržby, které se z bezpečnostních důvodů vyžadují. V případě potřeby musí uvést části vystavené opotřebení a podmínky jejich výměny.*

*Jak tuhá, tak ohebná potrubí pro tekutiny, zvláště vysokotlaká potrubí, musí vydržet předpokládaná vnitřní i vnější namáhání a musí být pevně připojena a/nebo chráněna před všemi agresivními vnějšími vlivy; musí se učinit taková opatření, aby se zabránilo jakémukoli riziku v důsledku prasknutí (náhlý prudký pohyb, vytrysknutí tlakového média a podobně).*

### **3.3 Rizika způsobená padajícími nebo vymrštěnými předměty**

*Musí se učinit opatření, aby se zabránilo rizikům způsobeným padajícími nebo vymrštěnými předměty (například obrobky, nástroje, třískami, úlomky, odpadem).*

### **3.4 Rizika způsobená povrchy, hranami a rohy**

*Přístupné části strojního zařízení nesmějí mít, jestliže to jejich účel nevyžaduje, žádné ostré hrany, ostré rohy ani drsné povrchy, které by mohly způsobit zranění.*

### **3.6 Rizika způsobená změnami rychlosti otáčení nástrojů**

*Je-li stroj navržen tak, aby vykonával pracovní operace za různých podmínek použití (například při různých rychlostech nebo různé dodávce energie), musí být navržen a vyroben tak, aby se volba a nastavení těchto podmínek mohly provádět bezpečně a spolehlivě.*

### **3.7 Prevence rizik způsobených pohybujícími se částmi**

*Pohybující se části strojního zařízení musí být navrženy, vyrobeny a umístěny tak, aby se odstranilo nebezpečí, a tam, kde nebezpečí trvá, musí být umístěny ochranné kryty nebo ochranná zařízení, které zabrání každému riziku dotyku, který by mohl vést k úrazům.*

*Musí se učinit všechna nezbytná opatření, aby se zabránilo náhodnému zablokování pohybujících se pracovních částí. V případech, kdy i přes učiněná opatření může dojít k zablokování, zajistí výrobce specifická ochranná zařízení nebo nářadí, příručku s pokyny a popřípadě i označení na strojním zařízení tak, aby mohlo být bezpečně odblokováno.*

### **5.1 Přívod elektrické energie**

*Strojní zařízení napájené elektrickou energií musí být navrženo, vyrobeno a vybaveno tak, aby byla vyloučena nebo mohla být vyloučena veškerá nebezpečí způsobená elektrinou.*

*Zvláštní právní předpisy platné pro elektrická zařízení navržená pro použití v určitých mezích napětí musí platit i pro strojní zařízení, která jsou určena pro tyto meze napětí.*

### **5.3 Přívod jiné než elektrické energie**

*Je-li strojní zařízení poháněno jinou energií než elektrickou (například hydraulickou, pneumatickou nebo tepelnou), musí být navrženo, vyrobeno a vybaveno tak, aby byla vyloučena veškerá možná nebezpečí spojená s užitím těchto druhů energií.*

### **5.8 Hluk**

*Strojní zařízení musí být navrženo a vyrobeno tak, aby rizika způsobená emisí hluku šířícího se vzduchem byla snížena na nejnižší úroveň hluku, přičemž je třeba brát v úvahu technický rozvoj a dostupnost prostředků ke snižování hluku, zvláště u zdroje.*

### **5.9 Vibrace**

*Strojní zařízení musí být navrženo a vyrobeno tak, aby rizika způsobená vibracemi strojního zařízení byla snížena na nejnižší úroveň, přičemž je třeba brát v úvahu technický rozvoj a dostupnost prostředků ke snižování vibrací, zvláště u zdroje.*

### **5.15 Nebezpečí uklouznutí, zakopnutí nebo pádu**

*Části strojního zařízení, na nichž se mohou osoby pohybovat nebo stát, musí být navrženy a vyrobeny tak, aby chránily osoby před uklouznutím, zakopnutím nebo pádem na tyto části nebo z nich.*

### **6.1 Údržba strojního zařízení**

*Místa pro seřizování, mazání a údržbu musí být umístěna vně nebezpečných prostorů. Musí být možné provádět seřizování, údržbu, opravy, čištění a servis strojního zařízení v klidovém stavu.*

### **7.3 Značení**

*Značení veškerého strojního zařízení musí být čitelná a nerasmazatelná a musí obsahovat minimálně tyto údaje:*

- a) identifikační údaje o výrobcí (u fyzické osoby jméno a příjmení a trvalý pobyt nebo místo podnikání, u právnické osoby název nebo obchodní firmu a její sídlo),*
- b) označení CE,*
- c) označení série nebo typu,*
- d) výrobní číslo, pokud existuje,*
- e) rok výroby.*

*V případech, kdy se s částí stroje musí během provozu manipulovat zdvihacím zařízením, musí být na ní čitelně, nerasmazatelně a jednoznačně vyznačena její hmotnost.*

### **7.4 Návod k použití**

*Každé strojní zařízení musí být opatřeno návodem k použití, který obsahuje alespoň pokyny týkající se bezpečnosti při:*

- uvádění do provozu,*
- použití,*
- montáži, demontáži,*
- seřízení,*
- údržbě (servisu a opravě),*

*V případě potřeby se musí v návodu k použití upozornit na nepřípustné způsoby použití strojního zařízení.*

## 12. ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se snažil co nejefektivněji vyřešit zadaný problém. Provedl jsem celkový návrh saní a komponent spojených s konstrukcí a funkcí. Pro velikost upínací plochy otočného stolu 2000 x 2500 mm bylo požadováno kritérium pro rozměr saní 1800 x 1800 mm, z důvodů zástavbových rozměrů. Lože a pohony pro přímočarý pohyb saní jsou pevně určeny zadavatelem. Pohon rotační osy je zajištěn pomocí synchronního momentového motoru vnořeného do saní.

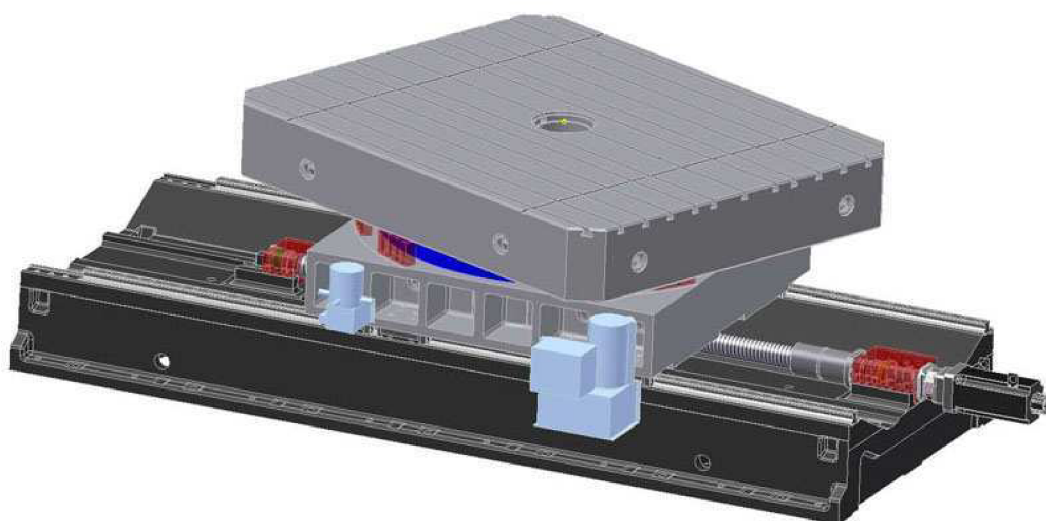
Dle zadání je soustava navržena a následně výpočty doložena pro možnost polohování obrobku. Případná varianta „karuselování“ není zatím uvažována z důvodů zajištění bezpečnosti kolem pracovního prostoru stroje (není krytování).

Vlastní řešení je rozděleno do několika částí:

- popis jednotlivých komponent
- výpočtová část
- pevnostní analýza nejvíce zatěžovaných součástí
- postup montáže celé soustavy

Výpočty bylo prokázáno, že součásti vyhovují při daných provozních podmínkách. Jsou počítány pro max. zatížení, kterému však nebudou vystaveny po celou dobu svého technického života.

Výsledkem této diplomové práce je komplexní návrh rotační osy pro max. hmotnost upínání 25 tun a délkou pojezdu 2500 mm, sloužící pro polohování. Celá práce je doložena 3D modely všech součástí, výkresovou dokumentací a výpočtovou zprávou.



Obr. 12. 1 Přesuvný otočný stůl

## RESUME

In this Masters thesis I did try what most effective solve engaged problem. Performed am general proposal slide and component connected with construction and function. For size clamping surface rotary table 2000 x 2500 mm was requisite kriterium for proportion slide 1800 x 1800 mm, from reasons surrounding proportions. Machine bed and drives for straight motion slide are fast intended submitter. Drive of rotary axis is independent by the help of synchronic torque motor nested loop to the slide.

According to setting is system designed and subsequently calculations documented for possibility positioning workpiece. Pertinent variant „ oval turning" isn't meanwhile think ahead for reasons reservation safeness around working space machinery (isn't cover).

Personal solving is divided to the of several part:

- description single component
- computational part
- solidity analysis of the parts mostly burden
- progress assembly all system

Calculations was documentary, that the single parts suit near given to operational conditions. Are counts for max.load that the however will not to be subject all the time his technical life.

Result those Masters thesis is complex proposal of rotary axis for max.mass clamping 25 tons and servant for positioning. All Masters thesis is documented 3D model of all parts, graphical documentation and computational report.

## 13. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### *13.1 Seznam literatury*

- [1] Leinveber J.,Řasa J.,Vávra P.: Strojnické tabulky, Scientia, 2000
- [2] MM Průmyslové spektrum: Konstrukce CNC obráběcích strojů, 2006
- [3] Ženíšek J., Kratochvíl J., Vacek Vl.: Teorie a konstrukce výrobních strojů II,SNTL
- [4] Svoboda P., Brandejs J.,Prokeš F.: Základy konstruování, CERM, 2003
- [5] Svoboda P., Brandejs J., Kovářík R., Sobek E.: Základy konstruování, Výběr z norem pro konstrukční cvičení, CERM, 2001
- [6] Prof. Ing. V.Borský, CSc. – Jednouúčelové obráběcí stroje, VUT Brno, 1984, citace 15.05.2008
- [7] Technické požadavky na strojní zařízení dle NV 24/2003 , citace 15.05.2008

### *13.2 Seznam internetových stránek a katalogů*

- [8] Fermat CZ s.r.o. – firemní internetové stránky a katalogy, citace 15.05.2008  
<[www.fermatmachinery.com](http://www.fermatmachinery.com)>
- [9] VUES Brno, s.r.o. – firemní internetové stránky a katalogy  
<<http://www.vues.cz>>

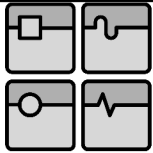
- [10] PSL, a.s. – firemní internetové stránky  
< <http://www.pslas.com>>
- [11] Schneeberger – firemní internetové stránky a katalogy  
<<http://www.schneeberger.com>>
- [12] Heidenhain – firemní internetové stránky a katalogy  
<<http://www.heidenhain.com>>
- [13] ALCOMEX Spring Works s.r.o. – firemní internetové stránky  
< <http://www.alcomex.cz>>
- [14] LubTec s.r.o. – firemní internetové stránky  
< <http://www.lubtec.cz>>
- [15] STÖBER ANTRIEBSTECHNIK GmbH – firemní internetové stránky a katalogy  
< <http://www.stoeber.de/>>
- [16] Eimeldingen – firemní internetové stránky  
< <http://www.eimeldingen.com>>
- [17] FIBRO GmbH – firemní internetové stránky  
<<http://www.fibro.com>>
- [18] Juaristi TS Comercial S.L. – firemní internetové stránky  
< <http://www.juaristi.com> >
- [19] Rückle-Gruppe: Company Group – firemní internetové stránky  
<<http://www.rueckle-gruppe.de/en>>
- [20] ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ – Internetové stránky  
<[www.upv.cz](http://www.upv.cz)>
- [21] Deutsches Patent - und Markenamt – Internetové stránky  
<[www.depatisnet.de](http://www.depatisnet.de)>
- [22] Český normalizační ústav – Internetové stránky  
< [www.cni.cz](http://www.cni.cz) >
- [23] CyTec Zylindertechnik GmbH – firemní internetové stránky a katalogy  
<<http://www.cytec.de>>

### ***13.3 Seznam použitého software***

- [24] Autodesk Inventor Professional 2008
- [25] Autodesk AutoCAD 2005
- [26] Microsoft Office 2003
- [27] Adobe Photoshop Version: 8.0
- [28] Strojář V 3.0
- [29] PDF Creator

## 14. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

$A_R$	celkový průřez 24 šroubů	$[\text{mm}^2]$
$C$	dynamická únosnost vozíku	$[\text{kN}]$
$C_0$	statická únosnost vozíku	$[\text{kN}]$
$D$	střední průměr pružiny	$[\text{mm}]$
$D_B$	zpevňující průměr	$[\text{mm}]$
$D_S$	střední průměr ložiska	$[\text{mm}]$
$F_1$	síla vyvinutá pružinou v předpruženém stavu	$[\text{N}]$
$F_{1AP}$	síla od jednoho pístu hydr.válce přípravku	$[\text{N}]$
$F_{1AV}$	výstupní síla z jednoho hydraulického válce	$[\text{N}]$
$F_{1B}$	síla od jednoho plíšku	$[\text{N}]$
$F_{1B}$	síla od jednoho plíšku	$[\text{N}]$
$F_{1P}$	síla od jednoho pístu	$[\text{N}]$
$F_{1S}$	síla do jedné z opěrných ploch	$[\text{N}]$
$F_{1U}$	síla ve šroubu vzniklá vlivem utahovacího momentu	$[\text{N}]$
$F_8$	síla vyvinutá pružinou v plně zatíženém stavu	$[\text{N}]$
$F_A$	axiální dynamická síla působící na ložisko	$[\text{kN}]$
$F_{CR}$	celková síla působící na šroub	$[\text{N}]$
$F_R$	radiální dynamická síla na ložisko	$[\text{kN}]$
$F_U$	celková síla ve 24 šroubech vzniklá utahovacím momentem	$[\text{N}]$
$F_{vř}$	síla od vřetena	$[\text{N}]$
$G$	tíha působící proti zpevňující síle	$[\text{N}]$
$G_{IX}$	reakce tíhy na klínové ploše působící proti síle hydr.válce	$[\text{N}]$
$G_{1Y}$	výpočtová hodnota tíhy pro jeden píst	$[\text{N}]$
$G_Y$	tíha aretované soustavy	$[\text{N}]$
$I$	celkový moment setrvačnosti rotujících hmot	$[\text{kg.m}^2]$
$I_D$	moment setrvačnosti držáku rotoru	$[\text{kg.m}^2]$
$I_L$	moment setrvačnosti vnějšího kroužku ložiska	$[\text{kg.m}^2]$
$I_O$	moment setrvačnosti obrobku	$[\text{kg.m}^2]$
$I_P$	moment setrvačnosti prstence pro aretaci rotoru	$[\text{kg.m}^2]$
$I_R$	moment setrvačnosti rotoru	$[\text{kg.m}^2]$
$I_S$	moment setrvačnosti desky stolu	$[\text{kg.m}^2]$
$L_{vř}$	max. vzdálenost vyjetí vřetena od lineárních vozíků	$[\text{mm}]$
$L$	trvanlivost v km	$[\text{km}]$
$L_0$	délka pružiny ve volném stavu	$[\text{mm}]$
$L_1$	délka pružiny v předpruženém stavu	$[\text{mm}]$
$L_8$	délka pružiny v plně zatíženém stavu	$[\text{mm}]$
$L_h$	trvanlivost v hodinách	$[\text{hod}]$
$M_{130W}$	trvalý moment motoru	$[\text{N.m}]$
$M_{CZ}$	celkový zpevňující moment	$[\text{N.m}]$
$M_G$	moment od zrychlení (zpomalení) rotujících hmot	$[\text{kN.m}]$
$M_K$	klopný moment	$[\text{kN.m}]$
$M_R$	rozběhový moment tření nezatíženého ložiska	$[\text{kN.m}]$
$M_S$	moment do jedné z opěrných ploch	$[\text{N.m}]$
$M_T$	celkový kroutící moment na ložisko	$[\text{kN.m}]$
$M_U$	utahovací moment šroubu M24	$[\text{N.m}]$
$M_Z$	moment tření způsobený zatížením	$[\text{kN.m}]$

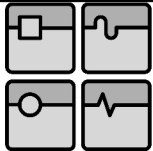


N	celkový počet závitů pružiny	[-]
$P_i$	ekvivalentní zatížení jednoho vozíku	[N]
$P_{kw}$	výkon hnacího motoru	[kW]
$R_m$	mez pevnosti šroubu M24	[MPa]
$R_{p0,2}$	zaručená mez kluzu šroubu M24	[MPa]
$S_{1AP}$	plocha jednoho pístu hydr.válce přípravku	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{1B}$	plocha plíšku v kontaktu s opěrnou plochou	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{1P}$	plocha jednoho pístu	[mm <sup>2</sup> ]
W	tíha celé pohybuující se soustavy	[N]
c	tuhost pružiny	[N.mm <sup>-1</sup> ]
d	vzdálenost lineárních vozíků	[mm]
$d_d$	průměr drátu pružiny	[mm]
$d_2$	střední průměr šroubu M24	[mm]
$d_3$	malý průměr šroubu M24	[mm]
$d_p$	průměr pístu	[mm]
e	vzdálenost lineárních vozíků	[mm]
$f_L$	součinitel oběžné dráhy	[-]
g	tíhové zrychlení	[kg.s <sup>-2</sup> ]
h	účinnost převodovky	[-]
k	součinitel přenosu zatížení	[-]
m	celková otáčející se hmotnost	[kg]
$m_C$	hmotnost celé soustavy pohybuující se po lin.vedení	[kg]
$m_D$	hmotnost držáku rotoru	[kg]
$m_L$	hmotnost vnějšího kroužku ložiska	[kg]
$m_O$	hmotnost obrobku	[kg]
$m_P$	hmotnost prstence pro aretaci rotoru	[kg]
$m_R$	hmotnost rotoru	[kg]
$m_S$	hmotnost desky stolu	[kg]
n	otáčky desky stolu	[min <sup>-1</sup> ]
$n_{max}$	max otáčky motoru	[min <sup>-1</sup> ]
p	tlak hydrauliky	[MPa]
$p_{D,tl}$	dovolený tlak	[MPa]
$p_{tl}$	tlak mezi plíškem a opěrnou plochou	[MPa]
$t_1$	rozběhový čas	[s]
$t_2$	brzdňý čas	[s]
v	rychlost lineárního vozíku	[m.min <sup>-1</sup> ]
$x_P$	počet pístů pod jedním plíškem	[-]
$x_R$	počet šroubů na roztečné kružnici	[-]
$x_T$	počet zpevňovacích těles	[-]
$\varepsilon$	úhlové zrychlení desky stolu	[rad.s <sup>-2</sup> ]
$\mu$	součinitel tření	[-]
$\mu_K$	součinitel tření (kov-kov nemazáno)	[-]
$\sigma_{D,t}$	dovolené napětí v tahu	[MPa]
$\sigma_t$	napětí v tahu	[MPa]
$\omega$	úhlová rychlost desky stolu	[rad.s <sup>-1</sup> ]



## 15. SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK A OBRÁZKŮ

Obr. 1.2. 1 Vodorovná vyvrtávačka TK 65I3 CNC .....	9
Obr. 1.2. 2 Portálová frézka PBM.....	10
Obr. 1.2. 3 Vertikální soustruh VLC.....	11
Obr. 1.2. 4 Obráběcí centra VMF .....	11
Obr. 1.2. 5 CNC soustruhy řady SF .....	12
Obr. 1.2. 6 Ohraňovací lisy CTOF A CNC.....	13
Obr. 1.2. 7 Hydraulické nůžky CNTF.....	13
Obr. 2.1. 1 Horizontální vyvrtávačka WRF 130 CNC.....	14
Obr. 2.1. 2 Zástavbová koncepce Horizontální vyvrtávačky WRF 130 CNC .....	15
Tab. 2.2. 1 Technické parametry stroje.....	15
Obr. 3. 1 Pohon elektromechanický.....	16
Obr. 3.1. 1 Dva pohonné asynchronní motory .....	17
Obr. 3.1. 2 Jeden náhonový asynchronní elektromotor .....	17
Obr. 3. 2 Pohom torzním motorem .....	18
Obr. 3. 3 Pohon dvěmi motory Master-Slave .....	18
Obr. 3.4. 1 Stůl firmy Eimeldingen.....	19
Obr. 3.4. 2 Stůl firmy Fibro.....	19
Obr. 3.4. 3 Stůl firmy Juaristi.....	19
Obr. 3.4. 4 Stůl firmy Rückle.....	20
Obr. 4. 1 Patent 1994-1980 .....	21
Obr. 4. 2 Patent 1988-5785 .....	21
Obr. 5. 1 Rozložený otočný stůl.....	23
Obr. 6. 1 Momentová charakteristika pohonu.....	26
Tab.6.2. 1 Varianty rozměrů .....	26
Obr. 6.2. 1 Model desky stolu.....	27
Obr. 6.2. 2 Model držáku rotoru .....	27
Obr. 6.2. 3 Model vnějšího kroužku ložiska .....	28
Obr. 6.2. 4 Model rotoru .....	28
Obr. 6.2. 5 Model aretačního prstence .....	29
Obr. 6.3. 1 Pracovní cyklus pohonu.....	30
Obr. 6.4. 1 Diagram pro volbu rozběhového momentu ložiska.....	31
Obr. 6.5. 1 Zpevňovací těleso .....	32
Obr. 6.6. 1 Schéma působení sil na šroub ložiska.....	34
Obr. 6.9. 1 Schéma rozmístění lin.vozíků.....	36
Obr. 6.10. 1 Kinematické schéma aretačního přípravku .....	37
Obr. 6.10. 2 Pružina hydraulického válce .....	38
Obr. 6.10. 3 Aretační přípravek – vypnutý.....	36
Obr. 6.10. 4 Aretační přípravek - zapnutý .....	39
Obr. 8. 1 Rozložený otočný stůl.....	40
Tab. 10.3. 1 Zhodnocení rizika .....	45
Obr. 12. 1 Přesuvný otočný stůl.....	50
Tab. 16. 1 Použité normy .....	56



## 16. SEZNAM POUŽITÝCH NOREM

Výběr norem týkajících se daného řešení otočného stolu. Výběr neobsahuje normy týkající se spojovacích součástí a jejich příslušenství, jako jsou šrouby, matice podložky atd.

Tab. 16. 1 Použité normy

Označení	Rok/měsíc základního dokumentu	Vydáno	Třídící znak	Upřesnění
<b>Obráběcí stroje</b>				
ČSN 20 0006	1992/0	1992-08	200006	Obráběcí stroje. Otáčky a posuvy. Jmenovité a mezní hodnoty.
ČSN ISO 2727	1992/1	1992-01	204490	Stavební uzly pro stavbu obráběcích strojů. Hnací jednotky
ČSN ISO 2562	1992/1	1992-01	204586	Stavebnicové uzly pro stavbu OS. Posuvové jednotky.
ČSN ISO 3371	1992/1	1993-01	204701	Stavebnicové uzly pro stavbu OS. Otočné stoly a vícestranné podstavce pro otočné stoly
ČSN ISO 5170	1994/3	1994-03	200052	Obráběcí stroje. Mazací systémy.
<b>Valivá ložiska</b>				
ČSN ISO 281	1993/9	2003-10	024607	Valivá ložiska. Dynamická únosnost a trvanlivost.
ČSN 02 4620	1994/12	1994-12	024620	Valivá ložiska. Uložení.
<b>Těsnění</b>				
ČSN 02 9401	1989/0	1990-12	029401	Těsnění. Hřídelové těsnicí kroužky. Rozměry.
ČSN 02 9403	1989/0	1990-12	029403	Těsnění. Hřídelové těsnicí kroužky. Technické požadavky.
<b>Pružiny</b>				
ČSN EN 13906-1	2003/1	2003-01	026001	Šroubovitě válcové pružiny vyráběné z drátů a tyčí kruhového průřezu – výpočet konstrukce – část 1: Tlačné pružiny.
<b>Elektrotechnické předpisy</b>				
ČSN 33 2000	1998/4	1998-04	332000	Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení.
ČSN 33 2130	1983/0	1988-04	332130	Elektrotechnické předpisy. Vnitřní elektrické rozvody.
ČSN EN 61140 ed.2	2003/3	2007-05	330500	Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení
<b>Bezpečnost strojních zařízení</b>				
ČSN EN ISO 12100-1	2004/6	2004-06	833001	Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci - Část 1: Základní terminologie, metodologie
ČSN EN 60204-1	2000/3	2007-06	332200	Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky

## 17. SEZNAM PŘÍLOH

### ➤ PŘÍLOHY

Příloha 1 / 5 – Parametry pohonu .....	1
Příloha 2 / 5 – Kontrola ložiska .....	2
Příloha 3 / 5 – Deska otočného stolu .....	3
Příloha 4 / 5 – Saně .....	7
Příloha 5 / 5 – Držák rotoru .....	11

### ➤ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

OTOČNÝ STŮL.....	08-0-O-100-00
OSA B.....	08-K-O-110-00
OSA B.....	08-0-O-110-00
SANĚ.....	08-0-O-110-04
DRŽÁK ROTORU.....	08-1-O-110-05
PŘÍRUBA ODMĚŘOVÁNÍ.....	08-3-O-110-06