

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Konstrukce průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Pohon pro vyvození hlavního řezného pohybu pro
vodorovné vyvrtávačky

Autor: **Daniel Krochot**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jaroslav KRÁTKÝ, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Daniel KROCHOT**
Osobní číslo: **S14B0249K**
Studijní program: **B2341 Strojřemství**
Studijní obor: **Konstrukce průmyslové techniky**
Název tématu: **Pohon pro vyvození hlavního řezného pohybu pro vodorovné
vyvrtávačky**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Proveďte rešerši v dané oblasti. Zpracujte tematiku z hledisek principů, srovnání jednotlivých koncepcí, konstrukčních provedení, užitečných vlastností a aplikací.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování konstrukčního návrhu včetně systémové specifikace a variant koncepčních návrhů, výběr optimálního řešení.
2. Zajištění klíčových vlastností konstrukčního návrhu s potřebnými technickými výpočty a hodnocením.
3. Vypracování potřebné technické dokumentace a technologického postupu.
4. Komplexní hodnocení navrženého řešení.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

KUBÍČEK, J., STANĚK, J. Základy stavby výrobních strojů. ZČU Plzeň: ZČU Plzeň, 2001


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

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **22. září 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




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

V Plzni dne 22. září 2014

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

Podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení KROCHOT	Jméno Daniel	
STUDIJNÍ OBOR	Konstrukce průmyslové techniky		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Krátký PhD.	Jméno Jaroslav	
PRACOVISŤE	ZČU – FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Pohon pro vyvození hlavního řezného pohybu pro vodorovné vyvrtávačky		

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

Počet stran (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	63	TEXTOVÁ ČÁST	58	GRAFICKÁ ČÁST	5
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX. 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce se zabývá návrhem pohonu pro vyvození hlavního řezného pohybu pro vodorovné vyvrtávačky. Od výběru motoru přes návržení jednotlivých převodových stupňů, ozubených soukolí až k návržení příslušného hřídele. Řešení bylo navrženo do kinetického schématu a veškeré výpočty byly překontrolovány pomocí softwaru PREV. Zpracování bakalářské práce mi pomohlo si rozšířit znalosti o funkci převodovky.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Horizontka, vodorovná vyvrtávačka, motor, otáčky, namáhání, převody, točivý moment, CAD, PREV.

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname KROCHOT	Name Daniel	
FIELD OF STUDY	Design of manufacturing machines and equipment		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Krátký PhD.	Name Jaroslav	
INSTITUTION	ZČU – FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	The drive for applying the main cutting motion for the horizontal boring machine		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

Number of pages (A4 and eq. A4)

TOTALLY	63	TEXT PART	58	GRAPHICAL PART	5
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The subject of the bachelor's thesis is proposal for the drive for applying the main cutting motion for the horizontal boring machine. It describes the engine selection followed by proposal of individual gears and train of gears, leading to particular shaft proposal. Solution was designed into kinetic chart and all calculations were checked by PREV software. Work on this bachelor's thesis helped me to gain more experiences and increased my knowledge about the propulsion system and its mechanism.
KEY WORDS	Horizontal milling machine, transmission, propulsion system, engine, revolution, straining, revolving moment, CAD, PREV.

Obsah

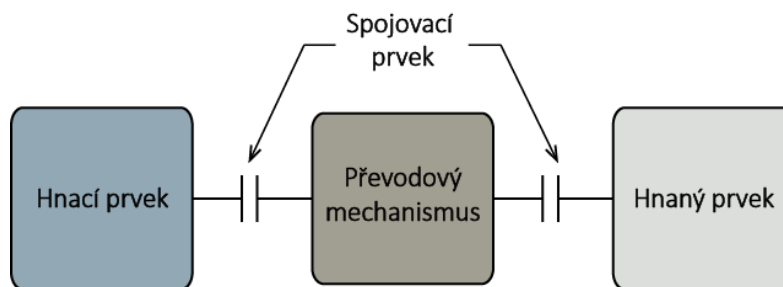
1	Úvod.....	9
2	Seznámení s obráběcími stroji.....	9
2.1	Vysvětlení pojmu horizontka.....	10
2.2	Využití horizontky.....	10
2.3	Rozdělení horizontek.....	13
2.4	Typové označení stroje.....	14
2.5	Parametry stroje.....	15
3	Funkční rozdělení stroje.....	16
3.1	Uložení – základ stroje.....	16
3.2	Rám stroje (obecně).....	17
3.3	Rám stolové horizontky.....	19
3.4	Lože stolové horizontky.....	19
3.5	Stojan stolové horizontky.....	20
3.6	Vřeteník stolové horizontky.....	20
3.7	Rám deskové horizontky.....	20
3.8	Lože deskové horizontky.....	20
3.9	Stojan deskové horizontky.....	20
3.10	Vřeteník deskové horizontky.....	21
3.11	Vřetení.....	21
3.12	Vedení.....	22
3.13	Příslušenství.....	27
4	Pohon.....	30
4.1	Motor.....	30
4.2	Synchronní motor.....	30
4.3	Asynchronní motor jednofázový.....	31
4.4	Asynchronní motor trojfázový.....	31
4.5	Převodovka.....	32
4.6	Výstupní člen.....	33
5	Teorie výpočtu.....	34
5.1	Výpočet točivého momentu.....	34
5.2	Volba počtu stupňů.....	34
5.3	Výpočet převodového poměru.....	34
5.4	Výpočet počtu zubů.....	35
5.5	Výpočet modulu.....	35
5.6	Výpočet šířky kola.....	35
5.7	Výpočet základních korigovaných rozměrů čelních kol se šikmými zuby.....	36

5.8	Kontrolní pevnostní výpočet	37
5.9	Výpočet zatížení hřídele	37
5.10	Výpočet zatížení ložiska	39
6	Návrh víceступňového pohonu pro horizontku	41
6.1	Zadání práce	41
6.2	Vypracování – volba elektromotoru	41
6.3	Výpočet točivého momentu	41
6.4	Výpočet regulačního rozsahu elektromotoru a počet stupňů převodovky	41
6.5	Diagram elektromotoru	42
6.6	Diagram výstupního členu	42
6.7	Navržení jednotlivých převodových poměrů	44
6.8	Výpočet převodových poměrů jednotlivých stupňů	45
6.9	Volba počtu zubů jednotlivých kol	45
6.10	Výpočet jednotlivých převodových poměrů	46
6.11	Výpočet dílčích točivých momentů a otáček	46
6.12	Návrh jednotlivých modulů	51
6.13	Pevnostní kontrola výpočtů dle původní normy ČSN014686	52
7	Konstrukční návrh a kontrola	56
8	Závěr	57
9	Seznam použité literatury	58
9.1	Učební texty	58
9.2	Zdroje z internetu	58
10	Seznam příloh	59

1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je návrh pohonu pro vyvození hlavního řezného pohybu pro vodorovné vyvrtávačky. Pro návrh jsem zvolil univerzální obráběcí stroj, horizontku. Požaduje se navrhnout (ve funkčním schématu), spočítat a zkontrolovat dle zadaných parametrů konkrétní části převodovky. Dle zadaného výkonu a momentu navrhne se příslušný elektromotor a poté příslušná soukolí a hřídel.

Vícestupňový pohon je sled po sobě jdoucích technických prvků, jejichž hlavní funkcí je transformace elektrické energie na energii mechanickou a to ve formě točivého momentu a úhlové rychlosti.



2 Seznámení s obráběcími stroji

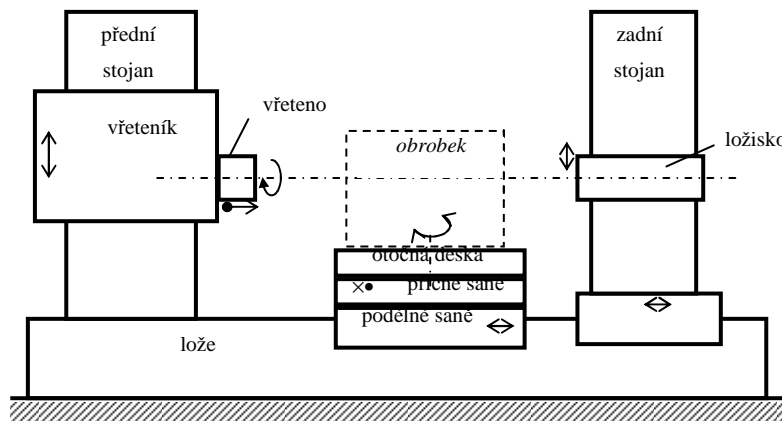
Ještě před dvaceti lety se každý strojní inženýr učil přesnému rozdělení obráběcích strojů na jednotlivé kategorie podle jasně daných pravidel. Soustruhy, frézky, horizontální vyvrtávačky, brusky, obráběcí centra a další. Soustruhy byly cíleně směřovány na obrábění rotačních ploch a součástí, horizontky a frézky na skříně a tvarově složitá tělesa atd. Od horizontek se požadovala vysoká přesnost obrobků a roztečí i uvnitř obrobku, od frézek velký úběr materiálu atd. Každý typ obráběcího stroje byl optimální pro různé specifické druhy a formy obrobků.

Jak již bylo řečeno, hlavní cílovou skupinou pro horizontky bylo vysoce přesné obrábění ploch, dutin a otvorů u skřínových a tvarově složitých součástí. Tento požadavek si vynutil vysoce tuhý, robustní a dynamicky i teplotně stabilní rám, který by tak vysokou požadovanou přesnost zajišťoval. Odtud byl jen malý krůček k tomu, aby tento základ pomocí drobných úprav a modifikací umožnil i vysoce produktivní a efektivní obrábění velkých ploch frézováním.

2.1 Vysvětlení pojmu horizontka

Na začátek je třeba si vysvětlit pojem horizontka = vodorovná vyvrtávačka. Hlavní řezný pohyb je rotační. Rotuje nástroj – vrtání, vyvrtávání, frézování.

Vodorovné vyvrtávačky jsou obráběcí univerzální stroje, vybaveny bohatým příslušenstvím, mají velký počet stupňů posuvů a otáček. Jejich velikost je daná průměrem vřetena, čím větší průměr vřetena, tím větší tuhost, přesnost s možností vykonávat mnoho různých operací: vrtání, vyvrtávání, vyhrubování, vystružování, zahlubování, řezání vnějších i vnitřních závitů, soustružení (přesněji obtáčení, protože obrobek stojí a kolem něho obíhá nástroj), frézování a broušení.



obr. č.1 Základní schéma vodorovné vyvrtávačky

2.2 Využití horizontky

Tento stroj se nejvíce používá pro vysoce přesné obrábění ploch, dutin a otvorů u skříňových a tvarově složitých součástí (často i velice objemných). Jeho univerzálnost vyjadřuje množství technologických operací které lze na tomto stroji úspěšně provádět.

- ✓ vrtání
- ✓ vyvrtávání
- ✓ vyhrubování
- ✓ vystružování
- ✓ zahlubování
- ✓ řezání vnějších i vnitřních závitů
- ✓ soustružení (přesněji obtáčení, protože obrobek stojí a kolem něho obíhá nástroj)
- ✓ frézování
- ✓ broušení
- ✓ kompletace (vybavení) stroje je závislé na technologickém zaměření

Příklady použití horizontky

- **energetika**



obr. č.2 Frézování čela ventilu

- **dopravním průmysl**



obr. č.3 a č.4 Frézování nástroje na přípravu formy

- **těžební průmysl a stavební stroje**



obr. č.5 Obrábění rámu stavebního stroje



obr. č.6 a č.7 Frézování klikového hřídele hlubíného čerpadla z jednoho kusu

- **Všeobecné strojírenství**



obr. č.8 Vyvtávání, frézování a závitování do čel statoru trakčního motoru ve společnosti ŠKODA ELECTRIC v Plzni.



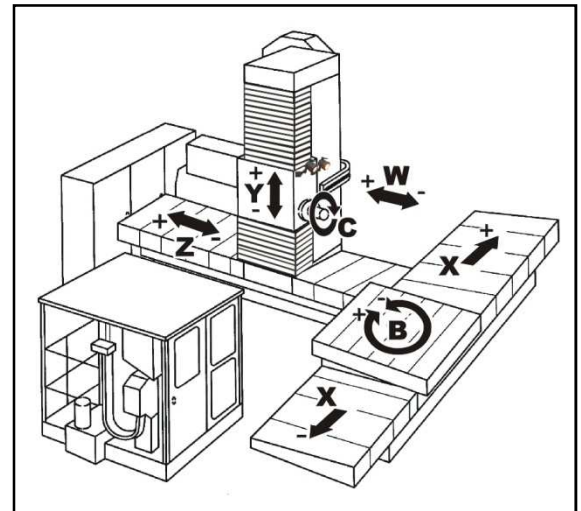
obr. č. 10 Hluboké vrtání do tělesa čerpadla

2.3 Rozdělení horizontek

1) Dle konstrukčního provedení

- Stolové - obrobek se upíná na stůl

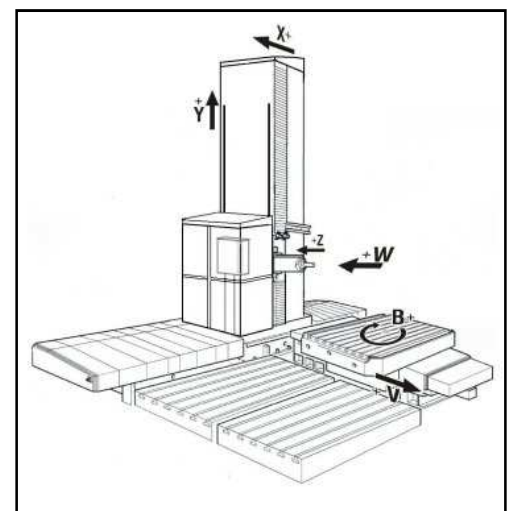
Používají se pro středně velké a větší obrobky (půdorys asi 1000 x 1000). Stolové varianty mají 4 řízené osy. Klasické pravoúhlé osy X, Y, Z a k tomu ještě W - výsuvné vřeteno, paralelní osu s osou Z, tj. podélným posuvem stojanu. To umožňuje těmto strojům dosáhnout svým robustním a tuhým stojanem až těsně k obrobku a tam velkým výkonem velmi produktivně frézovat nebo pomocí výsuvného vřetena přesně vyvrtat a obrobit díry i plochy a otvory uvnitř obrobku. Toto výsuvné vřeteno je pro velké procento technologií nezbytné a jeho použití je limitující. A horizontky k tomu nabídnou ještě výkonné frézování s vysokou přesností. Stroj může být vybaven CNC řízeným otočným stolem. Ten nabízí nejen velmi přesné polohování 4 x 90°, ale samozřejmě i polohování na jakoukoliv jinou polohu s inkrementem 0,001°. V případě potřeby nabízí horizontka i stůl pro souvislé obrábění a vzájemnou interpolaci této rotační osy B s ostatními lineárními osami X, Y, Z, W



obr.č.11 Stolová horizontka

- Deskové – obrobek se upíná přímo na desku stroje

Používají se pouze pro největší, členité obrobky (až 30 tun). Vodorovný pojezd stojanu (X) v délce až 24 metrů, svislý pojezd vřeteníku (Y) až 4,5 metru, smykadlo (RAM) s výsuvem 1 metr rozšířené o varnsdorfské specifikum - výsuvné vřeteno s parametrem 0,8 metru. A k tomu vysoká tuhost a výkon bez omezení, tj. 100% výkon při frézování ve výšce 4,5 metru a při maximálním vysunutí RAM 1 metr.



obr.č.12 Desková horizontka

2) Dle řízení obsluhy

- Ručně řízené
- klasické (konvenční) stroje.
- Programově řízené - číslicové (NC, CNC).



obr.č.13 Ruční řízení stroje



obr. č.14 Programové řízení stroje

2.4 Typové označení stroje

Typové označení a charakteristické parametry obráběcích strojů
ČSN 21 0200, ČSN 20 0400 až ČSN 20 0490

Typové označení a charakteristické parametry obráběcích strojů - Obráběcí stroj	První písmeno	Hlavní tech. parametr
Soustruhy hrotové	S	$\varnothing D_o$
- svislé	SK	$\varnothing D_{max}$
- revolverové	R	Max \varnothing procházející vřetenem
- poloautomaty	SP	$\varnothing D_{max}$
- několikavřetenové	A (+ 3. písmeno K)	$\varnothing D_{max}$
- automaty	A	
Vrtačky	V	$\varnothing D_{max}$, Morse vřetena
Vyvrtávačky	W	\varnothing vřetena
Frézky	F	Šířka upínacího stolu
Obrážečky a hoblovky	H	Šířka hoblování, Max délka obrážení
Brusky	B	Hrotové: $\varnothing D_o$ Na plocho: šířka stolu
Stroje na ozubení	O	
Obráběcí centra	MC	Jednoprofesioní Víceprofesioní

tab.č.1 Typové rozdělení strojů

2.5 Parametry stroje

Základní parametr horizontek je:

- průměr vřetena (čím větší průměr vřetena, tím větší tuhost, přesnost)

Vnější průměr vrtacího vřetene - podle průměru vřetene se rozlišují stroje malé do 80 mm, střední do 160 mm a velké do 300 mm

Dalšími parametry horizontek jsou:

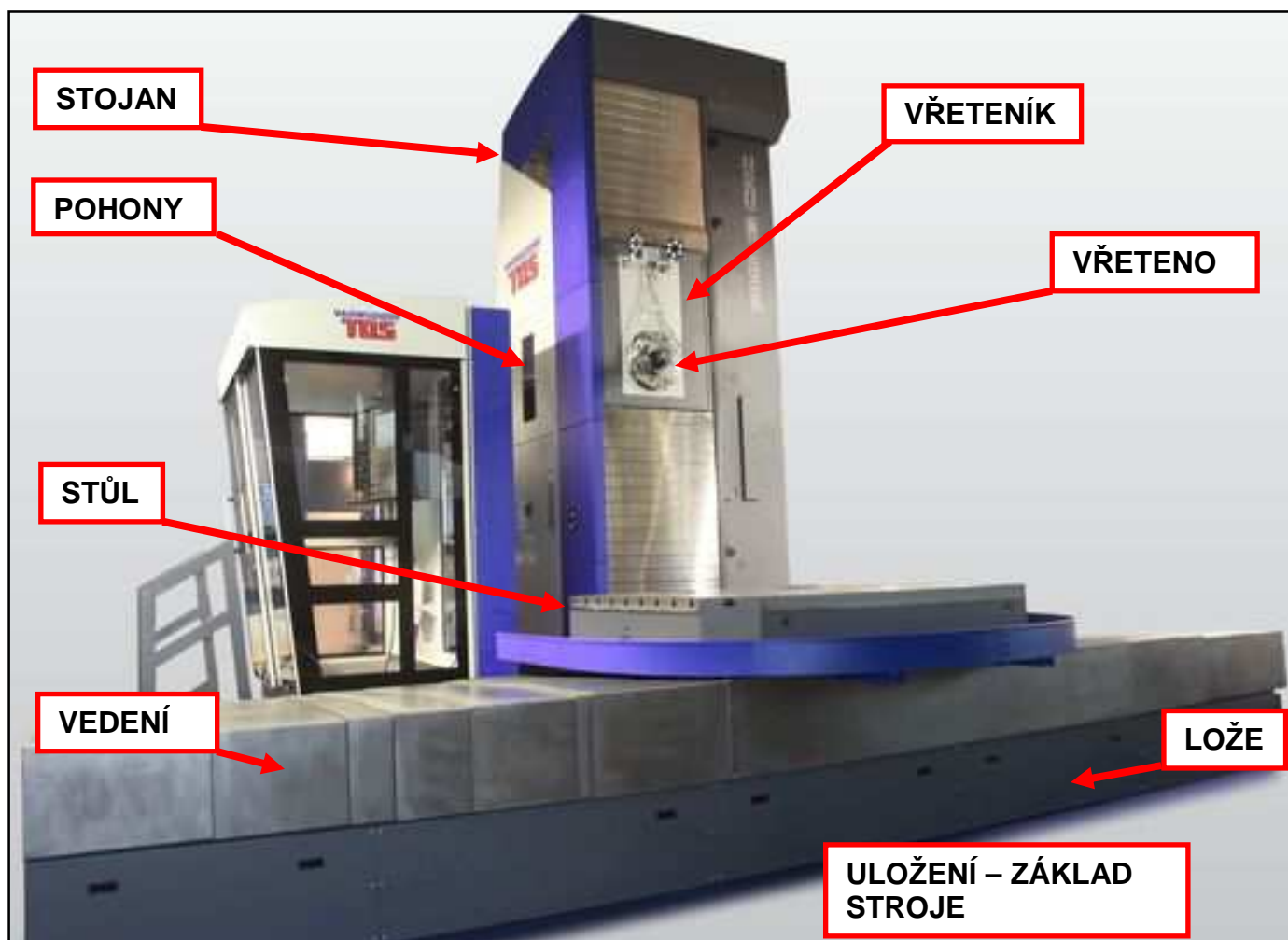
- výkon hlavního pohonu (KW)
- rozsahy pojezdů (mm)
- velikost upínacího kužele (ISO 50, 60)
- otáčky vřetene (n/min^{-1})

Typ	Průměr vřetena (mm)	Upínací kužel ve vřetenu (ISO)	Otáčky vřetena (min ⁻¹)	Pojezdy (mm)		Výkon motoru hl. pohonu [kW]
				X -podélné	Y - svislé	
*W 150 NC	150	50	2,0 - 2 300	2 000 - 20 000	2 000 - 4 000	50
*Heavycut HC 1 NC	150	50	3,0 - 2 000	2 500 - 20 000	2 500 - 3 000	65
*Heavycut HC 2 NC	150	50	3,0 - 2 000	2 500 - 20 000	2 500 - 4 000	65
W 160 HD	160	50	1,1 - 1 120	3 000 - 20 000	2 250 - 4 700	52
*W 160 HE NC	160	50	1,1 - 1 120	3 000 - 20 000	2 250 - 4 700	52
*Heavycut HC 3 NC	160/180	50/60	3,0 - 1 600	3 000 - 20 000	3 000 - 5 000	90
*W 180 NC	180	60 (50)	1,0 - 1 250	2 500 - 19 500	2 500 - 4 000	60
W 200 HD	200	60	0,9 - 900	4 000 - 20 000	2 750 - 4 700	77
*W 200 HE NC	200	60	0,9 - 900	4 000 - 20 000	2 750 - 4 700	77
*Heavycut HC 4 NC	200/225	60 (50)	2,5 - 1 250	4 000 - 20 000	4 000 - 6 000	146
*W 225 NC	225	60	1,0 - 900	3 000 - 20 000	3 000 - 5 000	90
W 250 HD	250	60	0,9 - 900	5 000 - 20 000	3 750 - 6 550	77
*W 250 HE NC	250	60	0,9 - 900	5 000 - 20 000	3 750 - 6 550	77

tab.č.2 Příklad parametrů u stolové horizontky od českého výrobce TOS VARNSDORF

3 Funkční rozdělení stroje

Každá horizontka se skládá podle funkčnosti z jednotlivých konstrukčních skupin. Hlavními skupinami horizontky je rám (který se skládá z lože a stojanu), vřeteník, vřeteno, pohon, posuvy a pohyblivé vedení. Samostatnou kapitolou je zvláštní příslušenství, jehož je opravdu velké množství a které ještě zvyšuje univerzálnost tohoto stroje.



obr. č.16 Stolová horizontka WHN130 TOS VARNSDORF.

3.1 Uložení – základ stroje

Způsob uložení stroje je dán vlastnostmi stroje, hlavně velikostí a hmotností samotného stroje, je třeba brát v úvahu i rozměry a hmotnost obrobků které se na něm přemísťují, a také provozními požadavky. U velkých strojů je uložení považováno za součást rámu. Dále je třeba zohlednit tuhost lože stroje, velikost rázů vznikajících při obrábění a možnost výskytu rušivých kmitů v okolí.

Možnosti uložení stroje :

- na podlahu dílny - tak se ukládají malé stroje do 10 t hmotnosti, a to buď na tuhé podložky s podlitím stroje, nebo na pružné podložky
- na samostatný základ - tak se ukládají střední a velké stroje
- na zemní vrstvy - obráběcí stroje
- na pružné prvky - točivé stroje, tvářecí stroje, brusky, stroje na ozubení

Samostatné základy mohou být:

- plošné základy - armované betonové bloky
- hlubinné základy - piloty, šachtové

U velkých strojů by uložení mělo umožnit vyrovnat stroj ve vodorovné poloze. Z toho důvodu se lože strojů upevňují na základ pomocí výškově stavitelných základových šroubů. Základy je třeba izolovat. Izolace je jednak aktivní, která má za úkol izolovat okolí od účinků stroje a pasivní, která izoluje stroj od vlivu okolí. Provádí se šterkovými podsypy nebo instalací pružných koberců.

3.2 Rám stroje (obecně)

Na rám obráběcího stroje jsou kladeny obrovské požadavky. Musí zajišťovat především tuhost a dynamickou stabilitu.

Podle charakteru působícího zatížení se rozlišuje tuhost:

- statická – zatížení je stálé.
- dynamická zatížení je proměnlivé. Dynamická tuhost je definována jako poměr amplitudy síly k vyvolané výchylce. V systému vzniká vynucený kmitavý pohyb.

Tuhost se zjišťuje :

- výpočtem – kvalita výpočtu je dána možnostmi výpočtáře. Dílčí tuhosti lze pomocí MKP stanovit poměrně přesně. Celková tuhost je pak dána i vazbami mezi jednotlivými částmi stroje. Při užití numerických výpočtových metod je možno vazby mezi částmi stroje modelovat jako kontaktní úlohu se zadanými parametry tuhosti vazeb – např. šroubů, ložisek, vedení apod.
- měřením - je třeba znát velikost síly a deformace. Velikost zatěžovací síly se měří dynamometry nebo tenzometry. Velikost deformace se měří úchylkoměry, většinou jako deformace absolutní vztahovaná k tuhému základu.

Tuhost lze ovlivnit :

- materiálem - záleží zejména na modulu pružnosti materiálu E , event. modulu ve smyku G , protože deformace jsou nepřímo úměrné hodnotě E , event. G . Příklady nejběžnějších materiálů a jejich materiálových konstant je v tabulce.

Materiál	E (MPa)
Šedá litna	120 000
Tvárná litina	180 000
Ocel	210 000

tab.č.3

- tvarem - zejména kvadratickým momentem průřezu v ohybu a krutu. U jednoduchých nosníkových tvarů lze kvadratické momenty snadno spočítat. Úvahy o základním profilu lze použít zejména při úvodním návrhu tvaru rámu strojů. Návrhy vhodných tvarů a výztuhy žebrováním se provádí MKP výpočty s využitím tvarově optimalizačních algoritmů.

Dále musí rám zajišťovat dynamickou stabilitu.

Dynamická stabilita rámu je definována jako odolnost stroje proti kmitání.

Důsledkem dynamické nestability stroje je zhoršení tvarové přesnosti a kvality povrchu obrobku, znemožnění využití daného výkonu stroje i možnost mechanického porušení nástroje.

Obráběcí stroj je složitý kmitající systém, skládající se hmotných pružných těles, která jsou propojena pružnými vazbami.

Jako stabilní je pak definován takový kmitající systém, jehož amplitudy se nezvětšují.

V teorii kmitání obráběcích strojů se rozlišuje kmitání volné, vynucené a samobuzené, na obráběcím stroji se vyskytují všechny typy kmitání.

- **volné kmitání** - ve skutečnosti se v praxi vyskytuje volné kmitání s tlumením, které se po čase ustálí a není nebezpečné. Výjimkou je stav, kdy dojde k rovnosti vlastní frekvence volného kmitání s frekvencí nějaké vnější rušivé síly a nastane jev zvaný rezonance. Rezonance nastává při rovnosti vlastní frekvence a frekvence vnější síly, a pak výchylky značně vzrostou, teoreticky (bez tlumení) až do nekonečna. Rezonančnímu jevu je třeba se vyhnout a konstrukčními úpravami je nutno změnit velikost vlastní frekvence konstrukce, čehož se dosáhne změnou tuhosti nebo hmotnosti dílu.
- **vynucené kmitání** - kmitání obráběcího stroje je tedy vynuceným tlumeným kmitáním o mnoha stupních volnosti, protože se jedná o systém mnoha hmot vzájemně spojených pružinami a tlumícími elementy.

Budicí síla je v zásadě dvojího druhu :

A/ Nesouvisí s procesem řezání - jedná se o vliv rázů v okolí stroje nebo budicí síla je dána nevyvážeností hřídelů stroje, nepřesnostmi v ozubení, nepřesnostmi vzniklými při montáži stroje apod.

B/ Souvisí s procesem řezání - tato budící síla je způsobena kolísáním řezných sil např. při frézování.

- **samobuzené kmitání** - samobuzené kmitání nepotřebuje pro svůj vznik a udržení se žádnou vnější periodickou sílu. Vzniká a udržuje se působením síly vznikající v průběhu kmitání. Jeho frekvence bývá blízká některé vlastní frekvenci části stroje. Jeho amplitudy poměrně rychle narůstají na určitou hodnotu, ustálí se a nevymizí, ani když se mění např. řezné podmínky na takové, které by kmitání původně nevyvolaly.

Rozlišují se dva druhy samobuzeného kmitání :

A/ Relaxační kmitání — nesouvisí s procesem řezání, ale se změnami velikosti třecích sil na vodících plochách. Hnací mechanismus překonává třecí sílu, která je dána součtem tíhy posouvané hmoty a řezné síly násobena koeficientem tření, přičemž systém je v rovnováze. Změní – li se např. řezné síly, nebo okamžitý odpor v převodovém mechanismu, nebo koeficient tření, dojde k trhnutí.

B/ Samobuzené kmity vyvolané řezným procesem - nastávají jen při určitých řezných podmínkách .

Jelikož se konstrukce rámu stolové a deskové horizontky liší, budou popsány oba typy jednotlivě.

3.3 Rám stolové horizontky

Jedná se z pohledu konstrukce o rám dělený. Z hlediska celkového tvaru o rám otevřený, typ písmene C.

Rám stolové horizontky se skládá z pevného lože, stojanu, který může být pevný nebo přestavitelný. Po stojanu se svisle pohybuje posuvný vřeteník s vodorovně výsuvným smykadlem nebo pinolou. Ze smykadla se vysouvá vrtací a frézovací vřeteno. Obrobek je upnut na stole, který může konat podélný i příčně posuvný pohyb, díky křížově uspořádaným ložím. Stůl může být i otočný.

3.4 Lože stolové horizontky

Lože je hlavní nosný díl rámu. Bývá nízké, ve vodorovném provedení se dvěma dráhami pojezdu stolu. Z důvodu vysoké tuhosti je nutno ho žebrovat. Nejčastější je použití litinových odlitků, méně časté je využití svařenců na všech dílech rámu horizontky.



obr. č.17 Lože stolové horizontky.

3.5 Stojan stolové horizontky

Stojan stroje je dutý odlitek, bohatě žebrovaný, který má vodicí dráhy pro svislý posuv vřeteníku, uvnitř stojanu je umístěno závaží pro vyrovnání tíhy vřeteníku.



obr. č.18 Stojan stolové horizontky.

3.6 Vřeteník stolové horizontky

Z vřeteníku se vysouvá vřeteno, které je u některých typů stroje podepřeno tělesem smykadla nebo pinoly.



obr. č. 19 Vřeteník stolové horizontky.

3.7 Rám deskové horizontky

Jedná se z pohledu konstrukce o rám dělený. Z hlediska celkového tvaru o rám otevřený, typ písmene C.

Rám deskových horizontek má jiné uspořádání, hlavním znakem je stojan posuvný po loži. Po stojanu se svisle pohybuje vřeteník s vodorovně výsuvným smykadlem nebo pinolou, ze kterého se vysouvá ještě vřeteno. Obrobek se upíná na zvláštní deskové pole nebo na otočný stůl, který pak tvoří se strojem technologické pracoviště.

3.8 Lože deskové horizontky

Lože deskové vyvrtávačky je tuhý, bohatě žebrovaný odlitek ze šedé litiny, výjimečně ocelový svařenec. Lože je vodorovné se dvěma hlavními vodicími plochami.



obr. č.20 Lože deskové horizontky.

3.9 Stojan deskové horizontky

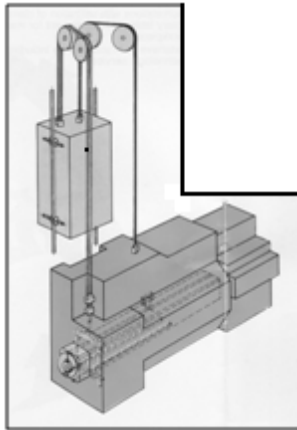
Stojan deskových vyvrtávaček je dutý, velmi tuhý odlitek, který nese vřeteník a stejně jako u stolové horizontky bývá uvnitř stojanu nebo na jeho zadní stěně umístěno závaží pro kompenzaci tíhy vřeteníku stroje. U deskových horizontek je nutné velmi dobře optimalizovat tuhost stojanu vůči jeho hmotnosti, protože se jedná o pohyblivý díl rámu. Tuhost a dynamická stabilita stojanu je velmi žádoucí, na druhé straně jeho velká hmotnost by způsobila vyšší energetické náklady na jeho posuv, vyšší nároky na parametry posuvových mechanismů a rovněž by vzrostlo negativní působení setrvačných sil při rozjezdech a brždění pojezdu stojanu. Z tohoto důvodu bývá stojan stroje pečlivě optimalizován pomocí MKP.



obr. č.21 Stojan deskové horizontky.

3.10 Vřeteník deskové horizontky

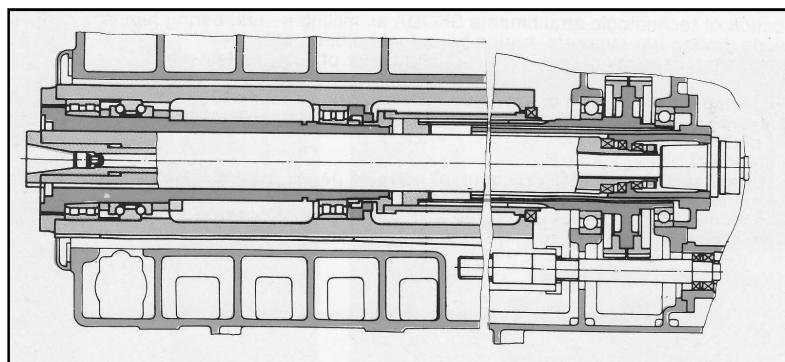
Z vřeteníku se vysouvá smykadlo nebo pinola. Smykadlo nebo pinola je hranolový díl, který při svém maximálním výsunu podepírá vysunutě vřeteno, zvyšuje jeho tuhost a umožňuje tak, aby výsun nástroje byl co největší. Rozdíl mezi smykadlem a pinolou je jen ve způsobu realizace výsunu, u pinoly zůstává mechanismus výsunu ve vřeteníku, u smykadla se pohybuje spolu s tělesem..



obr. č.22 - 24 Vřeteník deskové horizontky.

3.11 Vřeteno

Uložení vřetene je dalším konstrukčním uzlem, který velmi ovlivňuje výslednou kvalitu stroje. Vřetena horizonttek se ukládají do valivých ložisek, většinou do speciálních vřetenových ložisek kuličkových s kosouhlým stykem v různých kombinacích. Ve vřeteni je speciálním upínačem upnut nástroj. Upnutí je většinou realizováno kleštinami, které působením hydraulické síly upnou nástroj. Upnutí je jištěno pružinami.



obr. č.25 Uložení vřetene

Základním požadavkem na uložení vřetene je přesnost chodu – tj. minimální radiální i axiální házení .

Přesnost chodu je ovlivněna :

- Házením ložisek (osa vřetene mění polohu) – volíme přední ložisko velmi přesné, zadní může být v běžné přesnosti
- Nesymetrickým tvarem plochy vřetene – zlepši se zvýšením výrobní přesnosti dílu.

U dokonalého uložení nesmí vřeteno při změně zatížení měnit polohu v prostoru.

3.12 Vedení

Vedení je systém vodicích ploch na stroji, na nichž se stýkají pohyblivé části stroje. Tato soustava musí zabezpečit pohyb uzlů stroje po geometricky přesných drahách.

Má základní dvě funkce :

- zabezpečit polohu nebo určitý relativní pohyb mezi pevnou a pohyblivou částí stroje
- přenést zatížení z jednoho dílu na druhý

Vedení jsou na horizontkách u menších strojů valivá s užitím lineárních vedení. U velkých strojů bývá vedení kombinované. Na loži hlavní tíhu stroje nesou shora a na bočních plochách vedení hydrostatická, spodní vedení bývá valivé. Pohybová osa Y má u velkých strojů rovněž kombinované vedení. Výsun pinoly je u menších strojů opět řešen valivými vedeními, u velkých se používá hydrostatické vedení. Obecně je použití valivých vedení omezeno jejich únosností. Hydrostatická vedení jsou velmi přesná, tuhá, ale náročná na výrobu i na provoz, protože je nutno realizovat prostor na umístění hydraulických agregátů pro jejich napájení.

Podle typu tření se dělí na :

- kluzná - hydrodynamická
- hydrostatická, aerostatická
- valivá

Provedení vodicích ploch je velmi důležité, protože značně ovlivní kvalitu pohybových os stroje a tím i jeho pracovní přesnost.

Hlavní požadavky na vedení stroje :

- Přesnost vodicích drah – ovlivní přesnost práce stroje
- Minimální možnou vůli – pro kluzné plochy (u valivých a hydrostatických vedení je pohyb bezvůlový)
- Vysokou tuhost, která zaručuje přesnost práce stroje. Tuhost je dána stykovými deformacemi kluzných ploch, kontaktními deformacemi valivých těles, deformacemi olejové vrstvy u hydrostatiky podle typu vedení

- Odolnost proti opotřebení – pokud se vedení opotřebují je nutné následné vymezování vůlí vzniklých opotřebením
- Účelné uspořádání vodicích ploch, aby byly zachyceny všechny potřebné síly při co nejmenším počtu ploch
- Malé pasívní odpory, odolnost proti trhavým pohybům, což umožní přesné najetí na požadovanou polohu
- Odolnost proti kmitání
- Vyrobiteľnosť

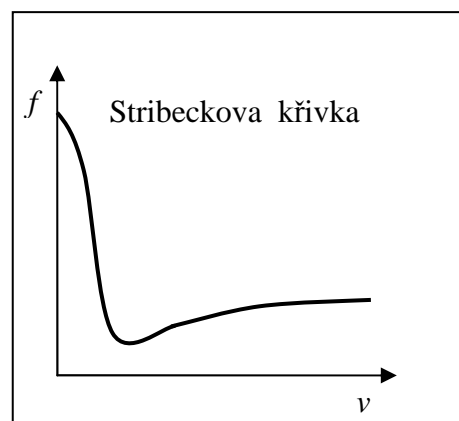
Přímočará a kruhová vedení kluzná

Kluzná vedení jsou vhodná pro přenášení vysokých zatížení a u velkých strojů. Dobře tlumí chvění. Dělí se na vedení:

- S polosuchým třením - toto vedení je bez tlakového rozvodu maziva. Vrstva maziva nemá dostatečnou tloušťku, takže stále dochází k dotyku kovů na vrcholcích stykových ploch, tudíž má velké pasívní odpory a je náchylné k trhavým pohybům. Výhodou je jeho nenáročnost na výrobu a údržbu a dobrá tuhost.
- Hydrodynamické - tento typ vedení je založen na hydrodynamickém efektu. Při něm vzniká na principu pohybu šikmé desky v proudu kapaliny hydrodynamický vztlak, který desku nadnáší. Pohyb se děje na základě kapalinného tření, které ovšem vznikne až při vyšších rychlostech a závisí na viskozitě a sklonu desky v kapalině.

Vlivem tření vzniká teplo a materiály se opotřebovávají, což jsou negativní jevy. Součinitel kluzného tření se mění s rychlostí kluzného pohybu, jak ukazuje **Stribeckův diagram**.

Při nízkých kluzných rychlostech se v oblasti smíšeného tření mohou objevit trhavé pohyby vlivem poklesu součinitele tření. Aby se pohyblivá část stroje pohnula, musí hnací síla posuvového mechanismu přemoci odpor tření za klidu, který je vysoký. Jakmile se část stroje začne pohybovat, součinitel tření klesá, ale posuvová síla je stále stejná a její převahou nad pasívním odporem vzniká zrychlující síla, která způsobí trhavý pohyb. Tudíž je potřebné používat materiály, jejichž rozdíl tření za klidu a pohybu není velký a zvýšit tuhost posuvového mechanismu, což bývá nákladné.



obr. 25 Stribeckův diagram

Materiály kluzných vedení

Vedení bez obložení

Pro tento nejlevnější typ vedení se doporučuje užít dvojice materiálů s rozdílnou tvrdostí, protože se méně opotřebovávají.

Koeficient tření u těchto typů vedení je v rozmezí hodnot 0,15 – 0,3.

Používají se kombinace :

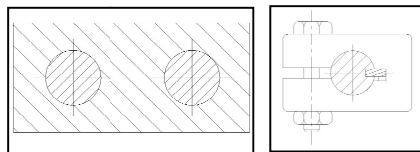
- Litina – litina (mohou vznikat trhavé pohyby)
- Litina – ocel, bronz (má vyšší životnost, ale horší kluzné vlastnosti)

Kluzná vedení se konstruují v několika typech tvarového provedení.

Tvary kluzných vedení:

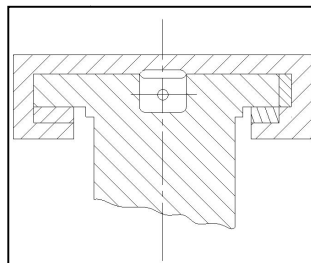
- Válcové vedení
- Hranolové
- Čtyřboké – vymezení vůle na dvou plochách
- Prizmatické – vymezení vůle jen na jedné ploše
- Rybinové

Válcové vedení – u tohoto typu vedení je třeba omezit další stupeň volnosti – provede se to zdvojením vedení nebo zajištěním protáčením perem. Používá se u vyvrtávaček v kruhových pinolách, na pinolách soustruhů a u vrtaček.



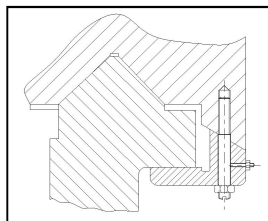
obr. 25 Příklady válcového vedení

Ploché vedení - má vysokou účinnost. Používá se u těžkých strojů pro zachycení velkých sil a momentů. Hlavní tlak zachycuje horní plocha. Stranové tlaky zachytí svislé plochy a klopné momenty nebo síly vzhůru vedou lišty připevněné na spodní plochy.



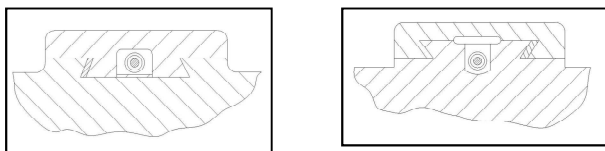
obr. 26 Příklad plochého vedení

Prizmatické vedení - u tohoto vedení bývá vrcholový úhel je $70 - 120^\circ$. Prizmatické vedení v obráceném provedení se nazývá vedení "V", jeho hlavní dobrou vlastností je jednoduché mazání. Používá se pro suporty soustruhů, pro vedení stolu hoblovky. Většinou je prizmatické vedení navrženo jen na jedné z vodicích ploch, oboustranné vedení tohoto typu by se obtížně lícovalo. Spodní vedení bývá provedeno opět lištami.



obr. 27 Příklad prizmatického vedení

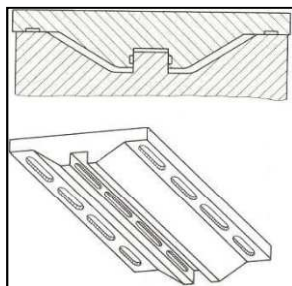
Rybinovité vedení – úhel je většinou 55° , navrhuje se ve vnitřním i vnějším provedení. Jeho hlavní výhodou je nízká konstrukční výška vedení. Rybinové vedení má větší třecí účinky než ploché vedení. Vymezení vůle se provádí jen na jedné straně části rybiny.



obr. 28 Příklad rybinovitého vedení

Přímočaré vedení hydrostatické - hydrostatické vedení je charakterizováno nosným kapalným filmem mezi dvěma kluznými plochami. Kapalinné tření je zajištěno přívodem maziva pod tlakem.

Hydrostatické vedení má velmi malý součinitel tření, udává se 0,0001. Pracovní plochy vedení se nedotýkají ani za klidu, proto se vodicí plochy málo opotřebovávají. Ve vedení není vůle, vrstva oleje má dobré tlumící schopnosti. Nevýhodou hydrostatických vedení je náročná výroba a nákladný provoz. Vedení se skládá z ložiskových jednotek (buněk), které jsou upevněny na nepohyblivé straně vedení, druhá strana je hladká.



obr. 29 Příklad vedení hydrostatického

Základním prvkem hydrostatického vedení je ložisková jednotka (buňka). Olej je do jednotky dodáván čerpadlem a regulačním ventilem je udržován na stálém tlaku. Tlak je škrcen na pracovní tlak. Stoupne – li zatížení, zmenší se mezera a tlak stoupne .

Tvary hydrostatických buněk :

- Mezikruží
- Obdélníkové buňky – z energetického hlediska (tj. je třeba minimální příkon) je vhodné dodržet poměr delší strany ke kratší 1 : 3 a více.

Přímočará vedení valivá - se vyznačují malým třením, které je nezávislé na rychlosti pohybu, mají bezvúlové provedení, vysokou tuhost, ale malou schopnost tlumit chvění a jsou náročné na ochranu proti vnikání nečistot. Používají se pro vysokou pracovní přesnost a střední zatížení.

Valivá vedení se dělí:

- Otevřená - zachycují jen zatížení působící tlakem, nesmí odléhat.
- Uzavřená – přenesou i klopné momenty

Valivá vedení mohou pracovat:

- Předepnutá – předepnutím se vymezí vůle a zvýší tuhost.
- Nepředepnutá - mohou pracovat ve formě otevřených vedení, uzavřená se používají zásadně s předepnutím

Dle délky zdvihu se dělí na vedení se zdvihem:

- omezeným,
- neomezeným.

Malé zdvihy se realizují tak, že obě části, pohyblivá i nepohyblivá jsou stejně dlouhá a valivá tělíska jsou stále v kontaktu s oběma částmi vedení. Pro velké zdvihy se užívá valivých tělísek s recirkulací - valivých hnízd.

Dle tvaru valivých těles se valivá vedení dělí na :

- kuličková,
- válečková,
- jehlová

Nejvíce se užívají kuličková a válečková vedení

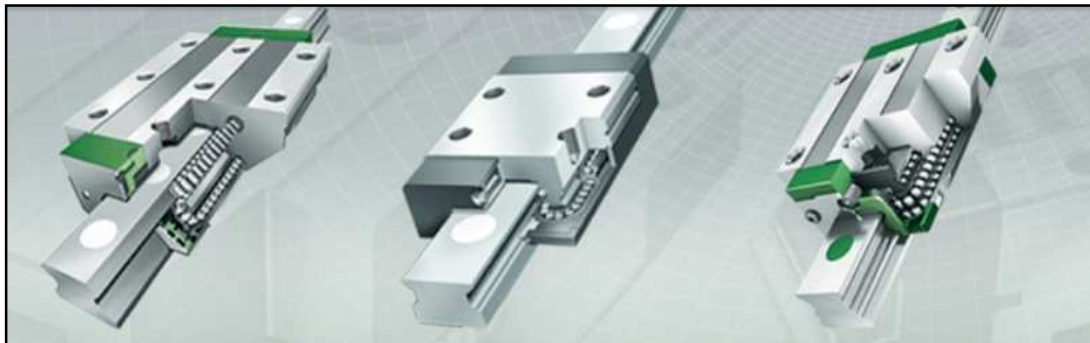
Válečková

mají větší stykovou plochu, tudíž větší tuhost, únosnost a životnost. Nedodržení přesnosti montáže a vychýlení vodící dráhy může mít za následek hranové zatížení válečků, což způsobí nárůst napětí ve válečku, může vést k odírání a snížení životnosti valivého hnízda nebo až k jeho zaseknutí. Proto se provádí buď zaoblení konců válečků, nebo mírné zakřivení drah.

Kuličková

mají menší tuhost a únosnost, ale jsou méně citlivé na přesnost dosedových ploch.

Valivá hnízda jsou připevněna k pohyblivé části, pevné vodící plochy (pojezdové lišty) jsou na pevné části stroje.



obr. 30 Kuličkové vedení

Valivá hnízda jsou připevněna k pohyblivé části, pevné vodící plochy (pojezdové lišty) jsou na pevné části stroje.

Valivá hnízda jsou velmi tuhá, používají se předepnutá a součinitel jejich valivého tření je 0,003 – 0,005.

3.13 Příslušenství

Vodorovné vyvrtávačky jsou velmi často doplňovány celou řadou příslušenství, které jednak rozšiřují technologické možnosti stroje a jednak zkracují mezioperační čas.

- frézovací hlavy - přídavná frézovací zařízení umožňují na vodorovné vyvrtávačce frézovat celou řadou nástrojů. Připevňují se na čelo smykadla buď šrouby, nebo automatickými upevňovači. Frézovací zařízení jsou buď jednoosá, nebo natáčecí ve dvou osách. Zcela speciální frézovací zařízení umožňují otočný i výkyvný pohyb, takže lze nástroj natočit do velké škály poloh.



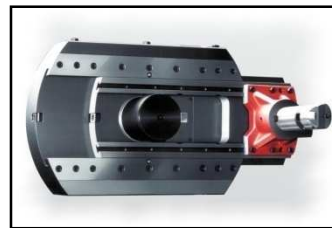
obr. 31-33 Druhy frézovacích hlav

- vyvrtávací hlavy - slouží k vyvrtávání otvorů o velkém průměru. Nasazují se také na čelo smykadla. Na vyvrtávacím zařízení jsou posuvně uloženy proti sobě dva nože a při rotaci zařízení je vyvrtáván otvor.



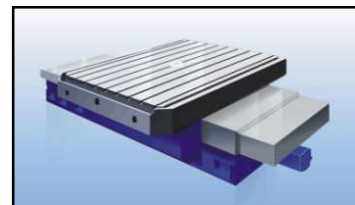
obr. 34-35 Druhy vyvrtávacích hlav

- lícní desky – slouží pro čelní soustružení a obrábění vnitřních i vnějších válcových, kuželových i jinak tvarovaných ploch velkých průměrů



obr. 36 Lícní deska

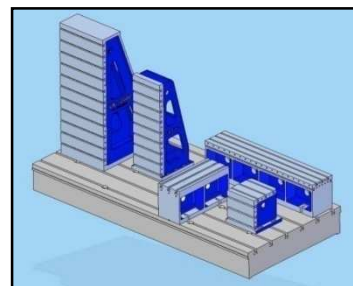
- otočné stoly - slouží k upnutí obrobku a k jeho polohování do potřebné pozice. U otočných stolů je rozměrovým parametrem jednak velikost upínací desky a také únosnost otočného stolu.



obr. 37 Otočný stůl

- upínací zařízení jsou určena jako zvláštní technologické příslušenství pro vodorovné vyvrtávačky. Slouží k upnutí obrobku.

- upínací úhelníky
- upínací kostky
- upínací desky



obr. 38 Upínací úhelníky

- zařízení pro chlazení nástrojů osou vřetena



obr. 39 Zařízení pro chlazení nástrojů

- vodící podpěra vřetena - krátká, dlouhá umožňuje zvýšení tuhosti a uložení vedení pracovního vřetena stroje. Využití při silovém a přesném obrábění v celém rozsahu otáček.



obr. 40 Vodící podpěra vřetena

- měřicí sondy

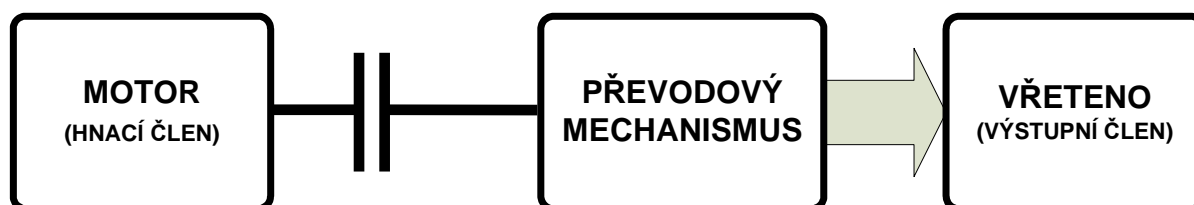


obr. 41 Měřicí sonda

4 Pohon

Pohon horizontky je jedna z nejdůležitějších částí stroje. Do pohonu stroje počítáme v první řadě motor, kterým je stroj poháněn a v druhé řadě převodovku, kterou navrhujeme dle požadavků na stroj a z výstupních parametrů motoru. Do požadavků na stroj řadíme: max. hmotnost a velikost obrobku, výkon, otáčky, točivý moment a počet převodových stupňů. Počet stupňů se u horizontky nejčastěji pohybuje mezi 1-3. Třetí stupeň je velmi zřídka.

Obecný pohonný systém stroje se skládá z hnacího členu (motoru), převodového mechanismu a výstupního členu (vřeteno).



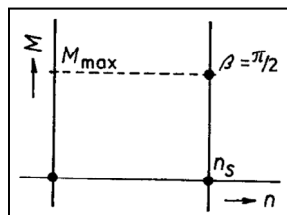
obr. 42 Schéma přenosu sil

4.1 Motor

Motor je hlavním zdrojem energie, který mění vstupní energii na mechanickou práci. Motor musí proto splňovat nejen konstrukční požadavky, ale i požadavky ekonomické a ekologické. Dle použití vstupní energie dělíme motory na elektromotory a hydromotory. Podle výstupního pohybu na rotační a lineární. Pro horizontky se však nejvíce uplatňují elektromotory synchronní nebo asynchronní. Výstupními parametry elektromotoru je točivý moment a otáčky motoru.

4.2 Synchronní motor

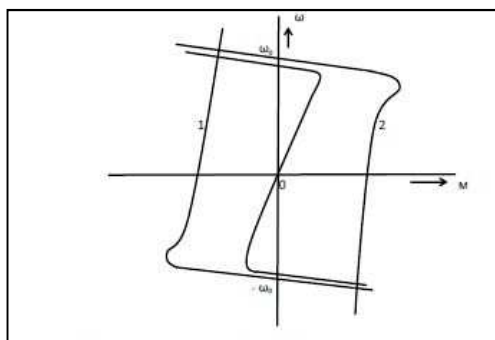
Je motor, kde rotor je tvořen magnetem nebo elektromagnetem a rotuje kolem statoru, na který je přiveden stejnosměrný proud a vytváří tím rotační magnetické pole, které můžeme pomocí budícího proudu v účinníku zvýšit. Což je jedna z největších výhod tohoto motoru. Otáčky synchronní motoru se rovnají otáčkám magnetického pole a nezávisí na zátěžovém momentu. Proto bude momentová charakteristika tohoto motoru rovnoběžná s osou otáček, jak je uvedeno na obr. 43. Pokud bude motor zatížen větším momentem než je moment max., tak tento motor ztratí synchronizaci a zastaví se. Pro dosažení vysoké účinnosti motoru se používají komutátory, které jsou umístěny zejména na rotoru (jsou to vzájemně izolované lamely, které jsou obklopeny převážně grafitovými stěrači) a slouží k přepínání proudu v cívice pod aktivním pólem. Velkou nevýhodou tohoto motoru je rozběhová část, kdy musíme motor uvést do pracovních otáček pomocí jiného stroje nebo pomocí náběhového vinutí asynchronního motoru.



obr. 43 Momentová charakteristika synchronního motoru
(zdroj: www.ped.muni.cz/wtech/elearning/ELE/Asynch._a_synchr._stroje.ppt)

4.3 Asynchronní motor jednofázový

Je motor, kde nedochází k točivému magnetickému poli, ale k rotaci motoru dochází pulzujícím magnetickým polem. U jednofázových asynchronních motorů není možné dosáhnout magnetického točivého momentu jedním vinutím na statoru. Z toho důvodu jsou vinutí dvě, navzájem proti sobě pootočená a tvoří tak dvě různá proti sobě se otáčející magnetická pole. Výsledná momentová charakteristika tohoto motoru je součet příslušných dvou momentových charakteristik, která prochází počátkem obr. 44. Z toho plyne, že motor nemá žádný záběrový moment a bez příslušných opatření není schopen rozběhu. Pro rozběh musíme proto použít buď mechanicky dodanou počáteční energii, nebo vytvořit jedno z polí silnějším a přivést na něj odlišnou fázi než je napětí sítě. Výhodou těchto motorů je běžné napájení ze sítě, jednoduchá konstrukce a vysoká spolehlivost.



Obr. 44 Výsledná momentová charakteristika asynchronního motoru

4.4 Asynchronní motor trojfázový

Je motor, který se nejvíce využívá pro obráběcí stroje. Má stejné výhody jako asynchronní motor jednofázový. Dle tvaru rotoru dělíme motor na asynchronní motor s kotvou nakrátko a asynchronní motor s kroužkovou kotvou. Konstrukce motoru s kotvou nakrátko spočívá v jednoduché kleci, kterou tvoří měděné nebo hliníkové vodiče na koncích spojené zkratovými kroužky. Takto vytvořený rotor je obalen jednostranně izolovanými plechy. Stator je nosné těleso, které je obaleno taktéž jednostranně izolovanými plechy a vinutím, které je

vyvedeno na svorkovnici. Tím vzniká magnetické pole, které indukuje napětí, vzniklý proud vyvolává sílu, která otáčí rotorem ve směru otáčení magnetického pole. Velkou výhodou tohoto motoru je záběrový moment, který je schopen uvést stroj z klidu do chodu.

Tento moment postupně s rostoucími otáčkami roste až do M_{max} , kdy potom zase rychle klesá. Naopak nevýhodou je velký proud, který pro rozběh potřebujeme a může být až 7x větší než záběrový moment. Z toho důvodu jsou motory pro přímý rozběh ze sítě výkonově omezeny. Můžeme takhle rozbíhat motory do 3 kW.

Konstrukce motoru s kroužkovou kotvou je podobná jako u motoru s kotvou nakrátko, s tím že na rotoru je trojfázové vinutí, které je napojeno na sběrné kroužky. Tyto sběrné kroužky umožňují zapojit do obvodu pomocí uhlíkových kartáčků přídavné odpory, které nám výrazně snižují rozběhový proud. U těchto motorů je i díky velkému podílu činné složky proudu znatelný rozběhový moment tzn., že tyto motory jsou schopny dosáhnout velkých záběrových momentů při poměrně malém rozběhovém proudu.

4.5 Převodovka

Převodovkou myslíme mechanismus, který nám zajišťuje potřebné pracovní pohyby a pracovní podmínky pro obrábění. Tyto pohyby můžeme rozdělit na hlavní a vedlejší. Hlavní pohyb nám zajišťuje hlavní řezný pohyb a řadíme do toho otáčky v širokém rozsahu působnosti, řezný výkon a směr otáčení včetně, z toho důvodu jsou na něj kladeny vysoké nároky. Vedlejší pohyb zajišťuje strojní posuv a rychloposuv a nejsou na něj kladeny takové nároky. Převodovka se skládá ze tří základních prvků:

- vstupního hnacího členu, což je hřídel, který přivádí transformovanou energii z elektromotoru
- rámu, který je pevně spojen s rámem stroje. Rám převodovky je myšlena litinová skříň, ve které jsou uloženy všechny patřičné kinematické převody a prvky k tomu potřebné. Tato skříň může být jako odlitek nebo svařenec. Z hlediska montáže a demontáže bývá zpravidla dělený ze dvou nebo více částí.
- výstupního hnaného členu, který nám zajišťuje získané parametry a pohyby

Kromě těchto členů jsou součástí převodovky další prvky, které přenášejí požadované kinematické pohyby:

- spojovací - jsou prvky, které nám slouží k spojení jednotlivých dílů v celek tzv. souhmotí (pera, čepy, kolíky, šrouby, závlačky apod.),
- přenosové - jsou prvky, které slouží k přenosu požadovaných parametrů hřídele,
- převodové - jsou prvky, přes které přenášíme požadovaný pohyb, ozubená soukolí dělíme dle tvaru na čelní (přímý, šikmý ozubení), kuželová, šneková,
- pro uložení - jsou prvky, které slouží k zajištění rotačního pohybu ložiska dělíme dle tvaru valivého elementu na kuličková, válečková, soudečková, kuželíková,

- pro spojení - prvky, které nám slouží ke spojení dvou hřídelů, spojky mechanické, hydraulické, magnetické, elektrické.

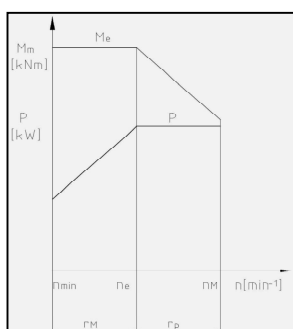
Samotná převodovka je charakterizována podle těchto základních kritérií:

- funkční – jsou technické parametry, kterých je převodovka schopna dosáhnout. Mezi ně řadíme: získané otáčky, točivý moment, celkový převodový poměr, životnost, spolehlivost, účinnost,
- rozměrové – určují montážní rozměry a rozměry samotné převodovky. Dále udávají polohu a osou vzdálenost vstupního a výstupního hřídele,
- provozní – které udávají parametry pro delší životnost jako je provozní teplota, použitý převodový olej, počet zapnutí a vypnutí stroje během určitého časového intervalu.

4.6 Výstupní člen

Výstupní člen je vřeteno, které je nejčastěji uložené v pinole, která je uložena ve vřeteníku.

- Vřeteník – obsahuje mechanismy upínání nástroje, uložení a náhonu vřetena a podélného výsuvu vřetena. Hlavní uložení vřetena je tvořeno sestavou dutého a pracovního vřetena. Duté vřetenno (pinola) je uloženo v přesných vřetenových kuličkových ložiskách s kosoúhlým stykem v násobném provedení s předpětím. Pracovní vřetenno je nitridované, kalené a je uloženo kluzně s minimální vůlí v dutém vřetenu. Upínání nástrojů je páčkové přes upínací nastavce našroubované do nástroje. Upínací sílu vytvářejí talířové pružiny, uvolnění se děje hydraulicky.
- Vřetenno - který vykonává hlavní řezný pohyb a na kterém chceme získat patřičné parametry, jako je točivý moment, otáčky, výkon. Od tohoto členu se poté odvozuje samostatná konstrukce stroje. Pro získání těchto patřičných parametrů se můžeme proto setkat s jednostupňovou nebo vícešupňovou převodovkou. Pokud se rovná regulační rozsah motoru poměru maximálních a limitních otáček vřetene, není třeba více stupňů. Pokud tento poměr otáček je větší než regulační rozsah motoru, tak se jedná o vícešupňové převodovky. Počet převodů se běžně používá v rozsahu 1-3.



obr.45 Charakteristika jednostupňové převodovky (zdroj: elektronická skripta ZSVS)

5 Teorie výpočtu

- ze zadaného výkonu na vřetenu vybereme z katalogu příslušný motor

5.1 Výpočet točivého momentu

- Z výkonu a otáček vypočítáme točivý moment

$$P = M \cdot \omega \quad \Rightarrow \quad \omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Pvýkon
 ω úhlová rychlost
n otáčky
Mtočivý moment

5.2 Volba počtu stupňů

- dle maximálních otáček, jmenovitých otáček a regulačního rozsahu motoru zvolíme počet stupňů (toto číslo se zaokrouhlí na nejbližší vyšší)

$$r \frac{p}{p} = \frac{n_{max}}{n_e} \quad \Rightarrow \quad p = \frac{\log \frac{n_{max}}{n_e}}{\log r_p}$$

n_{max} ... max. otáčky vřetene
 n_e jmenovité otáčky vřeten
p počet stupňů
 r_p regulační rozsah motoru

5.3 Výpočet převodového poměru

- z počtu stupňů vypočítáme otáčky pro jednotlivé stupně
- z příslušných otáček vypočítáme jednotlivé převodové poměry

$$i_1 = \frac{n_{max}}{n_{e1}} \quad i_2 = \frac{n_{max}}{n_{e2}} \quad i_c = i_1 \cdot i_2 \cdot i_n$$

5.4 Výpočet počtu zubů

- z příslušných převodových poměrů spočítáme počty zubů jednotlivý ozubených kol

$$i_1 = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_m}{z_n}$$

z_m počet zubů na jednom výstupním hřídeli
 z_n počet zubů na druhém výstupním hřídeli

5.5 Výpočet modulu

- dle příslušných počtů zubů a patřičného točivého momentu vypočítáme modul

$$m = 7,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_k \cdot \cos\beta}{c \cdot \Psi \cdot z_1}}$$

M_k točivý moment
 z_1 počet zubů kola č. 1
 c materiálová hodnota (0,03-0,08) σ_{D0}
 Ψ součinitel materiálu (10-30)

5.6 Výpočet šířky kola

$$b = m \cdot \Psi$$

m modul
 Ψ součinitel materiálu (10-30)

5.7 Výpočet základních korigovaných rozměrů čelních kol se šikmými zuby

V - korigovaná kola	pastorek - kolo 1	kolo - kolo 2
	z_1, x_1, β	z_2, x_2, β
	$m, \alpha, \beta, h_a^*, c_a^*, h_f^* = h_a^* + c_a^*$	
pro normalizované ozubení	$\alpha = 20^\circ, h_a^* = 1, c_a^* = 0,25$	
rozteč na roztečném ϕ	$p = \pi \cdot m$	
rozteč na roztečném ϕ v čelní rovině	$p_t = \frac{\pi \cdot m}{\cos \beta}$	
tloušťka zubu na rozteč. ϕ	$s_1 = 0,5 \cdot \pi \cdot m + 2 \cdot m \cdot x_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$	$s_2 = 0,5 \cdot \pi \cdot m + 2 \cdot m \cdot x_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha$
tloušťka zubu na rozteč. ϕ v čelní rovině	$s_{t1} = \frac{s_1}{\cos \beta}$	$s_{t2} = \frac{s_2}{\cos \beta}$
šířka zubové mezery na rozteč. ϕ	$e_1 = 0,5 \cdot \pi \cdot m - 2 \cdot m \cdot x_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$	$e_2 = 0,5 \cdot \pi \cdot m - 2 \cdot m \cdot x_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha$
šířka zubové mezery na rozteč. ϕ v čelní rovině	$e_{t1} = \frac{e_1}{\cos \beta}$	$e_{t2} = \frac{e_2}{\cos \beta}$
tloušťka zubu na obecném ϕ	$s_{y1,2} = d_{y1,2} \cdot \left(\frac{s_{1,2}}{d_{1,2}} + e v \alpha - e v \alpha_{y1,2} \right)$	

tab.4 Tabulka pro výpočet rozměrů ozubených korigovaných kol se šikmými zuby (zdroj: elektronická skripta ČMS2)

ϕ D průměr roztečné kružnice

ϕ D_a ... průměr hlavové kružnice

h_a hlava zubu h_a = 1

ϕ D_f ... průměr patní kružnice

h_f pata zubu h_f = (h_a + c_a) c_a = 0,25(rad.vůle)

ϕ D_b ... průměr základové kružnice

α_t úhel záběru v čelní rovině

α_{wt} valivý úhel záběru v čelní rovině

a_w korigovaná osová vzdálenost

a teoretická osová vzdálenost

x korekce

Z počet zubů

s šířka zubu

m modul

p rozteč

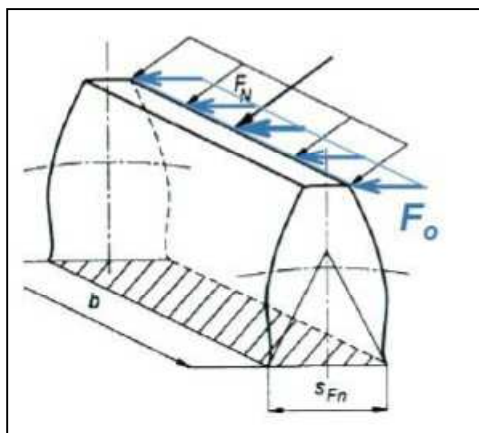
$p = \pi \cdot m$

$s = 0,5 \cdot \pi \cdot m$

v případě čelních korigovaných kol se šikmými zuby se výpočet provádí stejně jenom s tím rozdílem, že se úhel sklonu zubu $\beta = 0$.

5.8 Kontrolní pevnostní výpočet

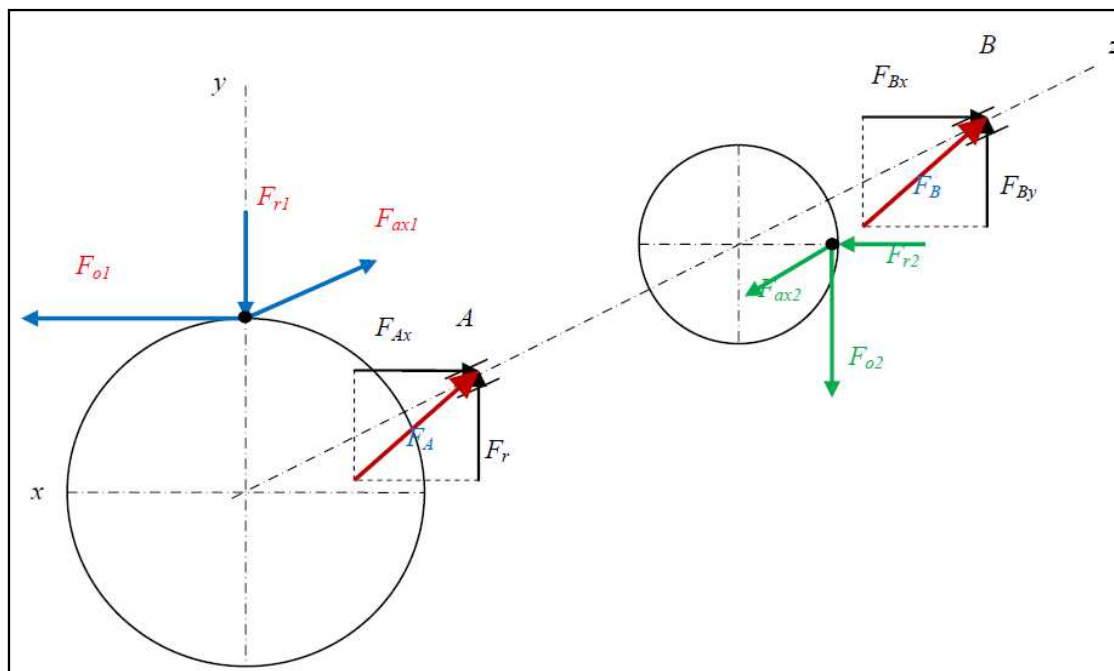
- kontrolní pevnostní výpočet podle Bacha



$F_o = F_d = t \cdot b \cdot c$ pro přímé ozubení
 $F_o = F_d = 1,5 \cdot t \cdot b \cdot c$ pro šikmé ozubení
 t ... tloušťka zubu
 b ... šířka zubu
 c ... dynamická únosnost
 F_o ... obvodová síla
 F_d ... dovolená síla

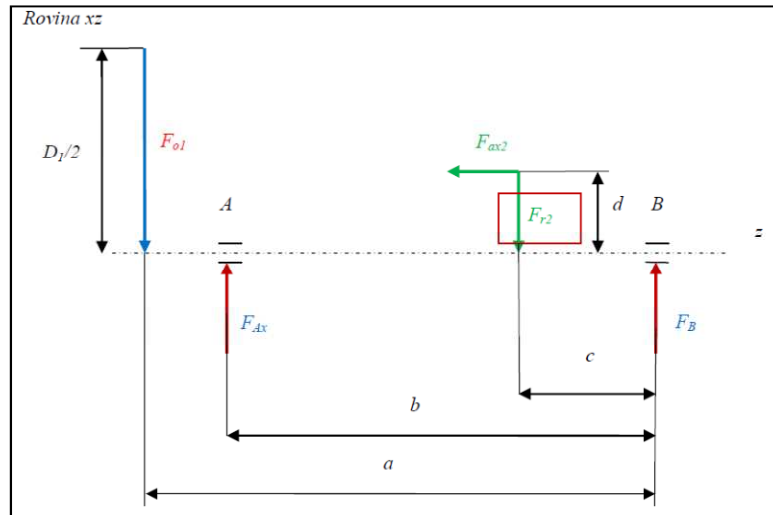
obr.46 Působení sil na profil zubu
(zdroj: elektronická skripta ČMS2)

5.9 Výpočet zatížení hřídele



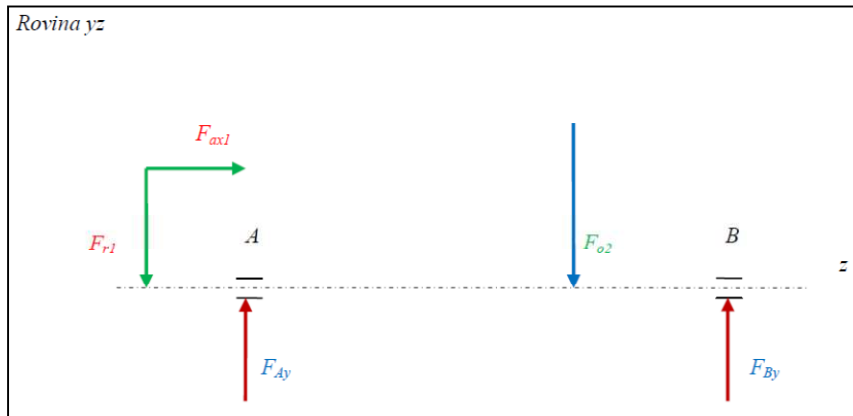
obr.47 Zatížení hřídele (zdroj: elektronická skripta ČMS2)

Nosné části jsou zatíženy vnitřními i vnějšími silami. Reakce v ložiscích A a B jsou barevně označeny F_A a F_B .



obr. 48 Zatížení hřídele v rovině XZ (zdroj: elektronická skripta ČMS2)

Složky sil F_{Ax} a F_{Bx} získáme z podmínky rovnováhy:



obr. 49 Zatížení hřídele v rovině XZ (zdroj: elektronická skripta ČMS2)

Silová..... $F_{o1} - F_{ax} + F_{r2} - F_{bx} = 0$
 Momentová k bodu **B**..... $F_{o1} \cdot a - F_{ax} \cdot d + F_{r2} \cdot c - F_{ax} \cdot b = 0$

Složky sil F_{Ay} a F_{By} získáme z podmínky rovnováhy

Silová..... $F_{r1} - F_{ay} + F_{o2} - F_{by} = 0$
 Momentová k bodu **B**..... $F_{r1} \cdot a - F_{ay} \cdot d + F_{o2} \cdot c - F_{by} \cdot b = 0$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2}$$

$$F_B = \sqrt{F_{Bx}^2 + F_{By}^2}$$

Axiální síla na hřídeli je $F_{ax} = |F_{ax1} - F_{ax2}|$

Provedeme kontrolu na statickou pevnost pro všechny druhy namáhání kromě smyku, který je v poměru k ostatním řádově menší.

- Krut $\tau = \frac{M_k}{W_k} \Rightarrow W_k = \frac{\pi \cdot D^3}{16}$

- Ohyb $\sigma = \frac{M_{oA}}{W_o} \Rightarrow W_o = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$

$$\left. \begin{array}{l} M_{ox} = F_{ox} \cdot (a-b) \\ M_{oy} = F_{r1} \cdot (a-b) - F_{ax1} \cdot \frac{D1}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow M_{oA} = \sqrt{M_{ox}^2 + M_{oy}^2}$$

- Tlak

$$\sigma = \frac{F_{ax} \cdot 4}{\pi \cdot d^2}$$

- Výsledné namáhání

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_n^2 + 4 \tau_k^2}$$

Volíme materiál s bezpečností 3, tj. $\sigma_{red} \cdot 3$

5.10 Výpočet zatížení ložiska

- volba a výpočet ložisek, který počítáme pro jejich trvanlivost a životnost
- trvanlivost ložisek při jednoduchém dynamickém namáhání

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n} \cdot \frac{1}{s_d} = \frac{1667}{n} \cdot \left(\frac{c}{p}\right)^p \geq s_d \cdot t$$

C..... základní dynamická únosnost

P..... dynamické zatížení ložiska P=F[N]

L..... základní trvanlivost

n..... otáčky [min⁻¹]

s_d.....dynamická bezpečnost

t..... požadovaná trvanlivost

p..... pro kuličková ložiska p = 3

pro ostatní ložiska p = 3,3

Zatížení čistě radiální: $F_e = F_{Lr}$

Zatížení čistě axiální: $F_e = F_{Lax}$

Kombinované zatížení, porovnání s e

$$\left. \begin{array}{l} \frac{F_{Lax}}{F_{Lr}} \leq e \dots x_1, y_1 \\ \frac{F_{Lax}}{F_{Lr}} > e \dots x_2, y_2 \end{array} \right\} F_e = x \cdot F_{Lr} + y \cdot F_{Lax}$$

Kontrola na oteplení

Ložiska se nesmí zadřít. Maximální otáčky závisejí na mazání (tukem nebo olejem).

$$S_n = \frac{n_{dov}}{n_{max}} \geq 1$$

Kontrola na pevnost

Materiál klece je u nejlevnějších ložisek z plechu. Vyrábí se také z plastu, mosazi a pro nejvyšší otáčky jsou klece keramické.

$$S_o = \frac{c_o}{F_{max}} = (0,5 \div 4)$$

6 Návrh vícestupňového pohonu pro horizontku

6.1 Zadání práce

Navrhněte hlavní, vícestupňový pohon horizontky, pro požadované výstupní hodnoty:

Výkon na vřetení _____ $P_v = 90\text{kW}$
Omezný moment _____ $M_{omez} = 7000\text{Nm}$
Otáčky vřetene v rozsahu _____ $n_v = 1,25 \div 1800 \text{ ot/min.}$

6.2 Vypracování – volba elektromotoru

Dle požadovaného výkonu na vřetení jsem vyhledal v katalogu Siemens vhodný elektromotor:

1PH8184 – jedná se o trojfázový asynchronní motor s kotvou nakrátko 3 AC 400V.

Technické parametry:

výkon _____ $P_m = 95\text{kW}$
minimální otáčky _____ $n_{min} = 2500 \text{ ot/min.}$
maximální otáčky _____ $n_{max} = 5000 \text{ ot/min.}$
točivý moment _____ $M_{mot} = 362\text{Nm}$

6.3 Výpočet točivého momentu

$$P = M_{kv} \cdot \omega \quad \Rightarrow \quad M_{kv} = \frac{P}{\omega}$$

$$M_{kv} = \frac{95000}{261,67}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{min}}{60}$$

$$M_{kv} = \underline{\underline{362\text{Nm}}}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2500}{60} = \underline{\underline{261,67 \text{ rad/s}}}$$

6.4 Výpočet regulačního rozsahu elektromotoru a počet stupňů převodovky

$$r_p^p = \frac{n_{max}}{n_{min}}$$

$$P_v = M_{om} \cdot \omega$$

$$p = \frac{\log \frac{n_v}{n_{om}}}{\log r_p}$$

$$r_p^p = \frac{5000}{2500}$$

$$\frac{P_v}{M_{om}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{om}}{60}$$

$$p = \frac{\log \frac{n_v}{n_{om}}}{\log r_p}$$

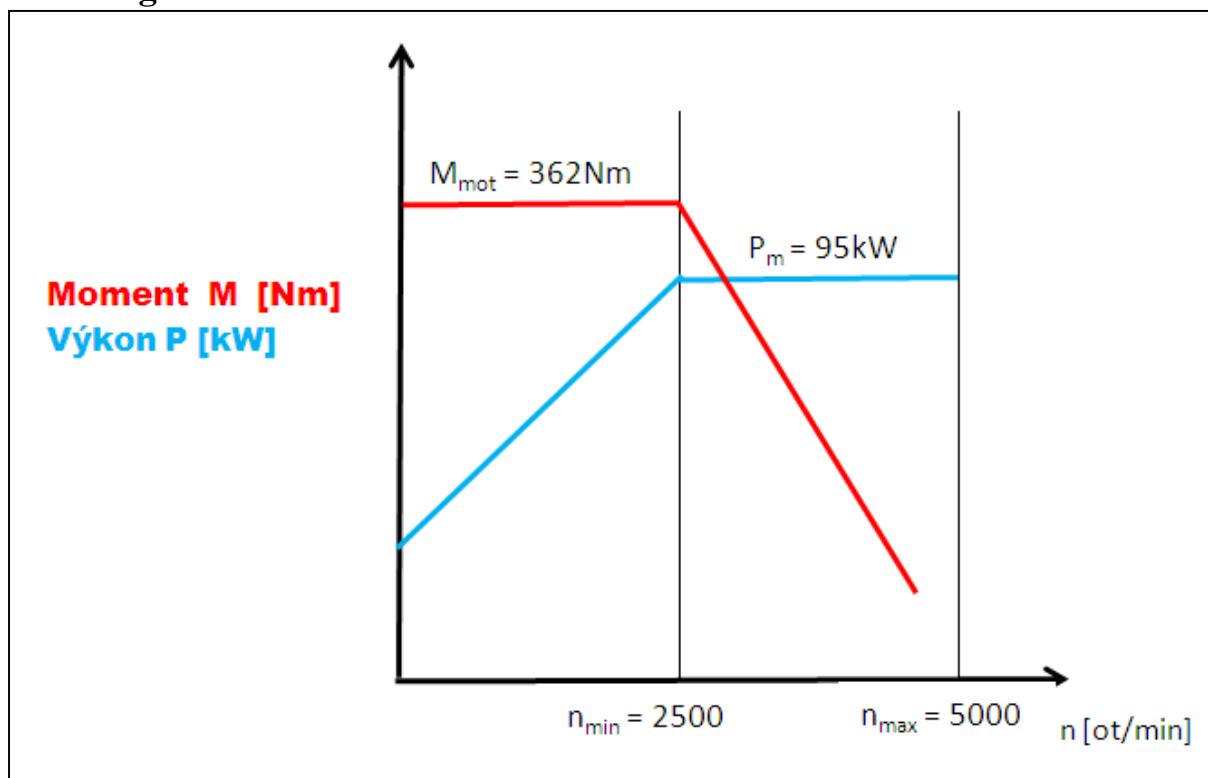
$$r_p^p = \underline{\underline{2}} \qquad \frac{P_V \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot M_{om}} = n_{om} \qquad p = \frac{\log \frac{1800}{122,83}}{\log 2}$$

$$\frac{90000 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 7000} = n_{om} \qquad \boxed{p = \underline{\underline{3,87}}}$$

$$\underline{\underline{122,8}} \text{ ot/min.} = n_{om}$$

Motor má regulační rozsah 3,87 a převodovka bude mít čtyři stupně.

6.5 Diagram elektromotoru



obr. 50 Charakteristika elektromotoru hlavního pohonu

6.6 Diagram výstupního členu

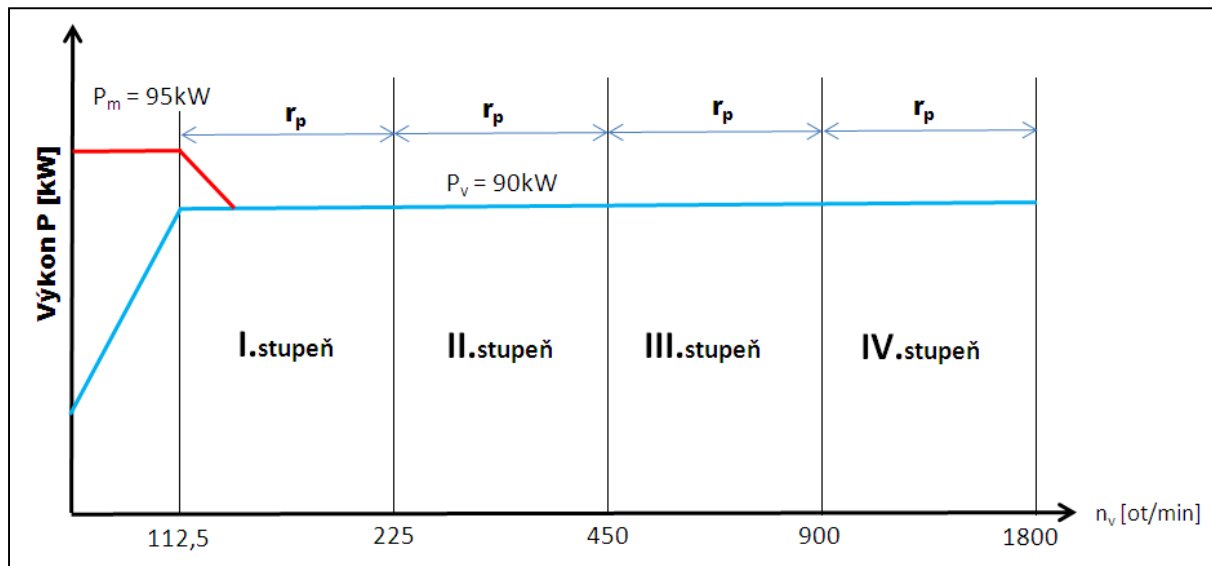
IV. stupeň: otáčky vřetene $n_4 = 1800$ ot/min
regulační rozsah $r_p = 2$

III. stupeň: otáčky vřetene $n_3 = \frac{n_4}{r_p} = \frac{1800}{2} = 900$ ot/min
regulační rozsah $r_p = 2$

II. stupeň: otáčky vřetene $n_2 = \frac{n_3}{r_p} = \frac{900}{2} = 450$ ot/min
regulační rozsah $r_p = 2$

I. stupeň: otáčky vřetene $n_{1\max} = \frac{n_2}{r_p} = \frac{450}{2} = 225 \text{ ot/min}$
regulační rozsah $r_p = 2$

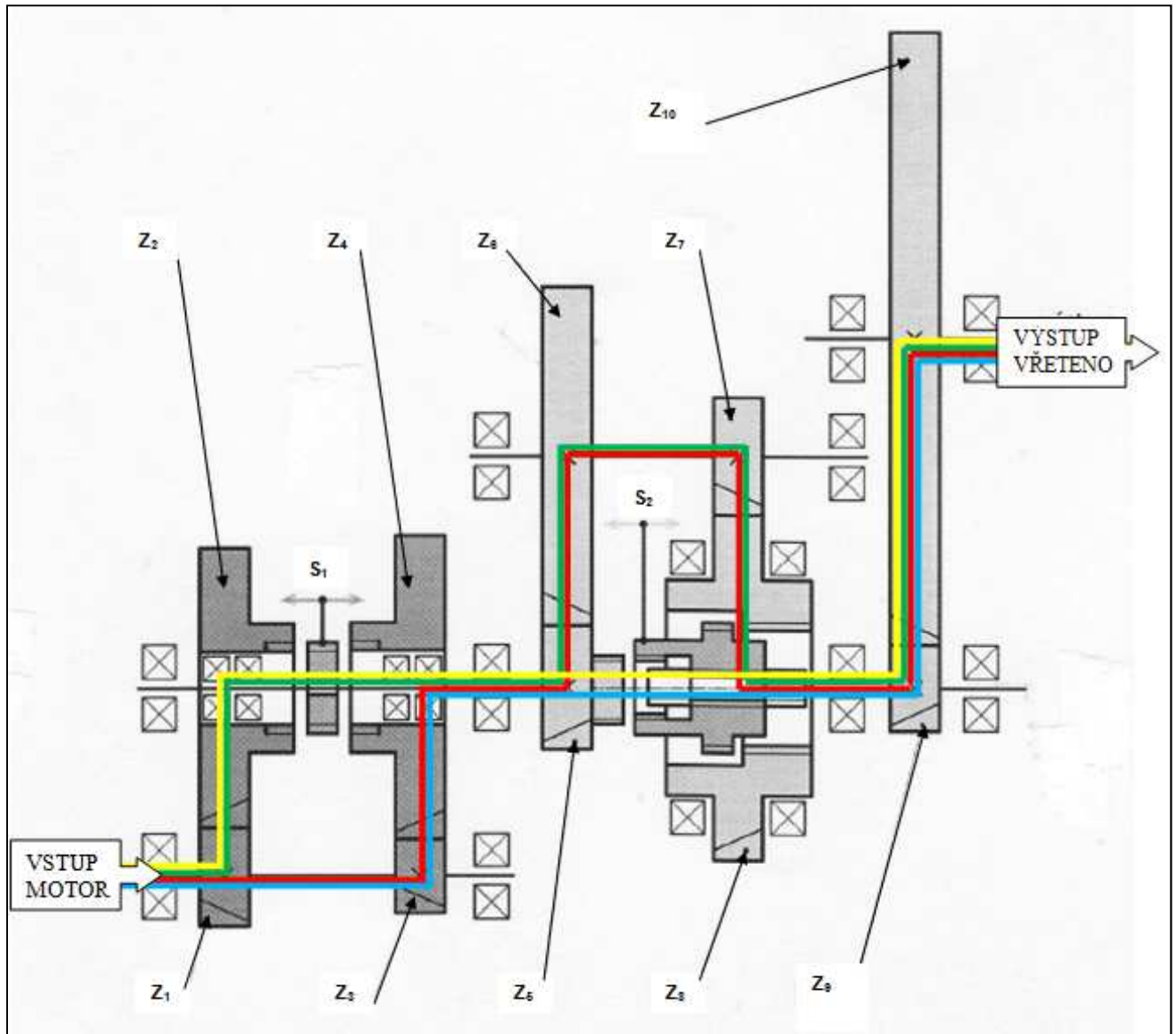
otáčky vřetene $n_{1\min} = \frac{n_1}{r_p} = \frac{225}{2} = 112,5 \text{ ot/min}$



obr. 51 Diagram výstupního členu

6.7 Navrzení jednotlivých převodových poměrů

Podle diagramu výstupního členu vytvoříme kinematické schéma převodovky, kde uvedeme jednotlivé převodové poměry, označíme číselně jednotlivé hřídele a označíme jednotlivá ozubená kola.



obr. 52 Kinematické schéma převodovky

- I. stupeň — red line
- II. stupeň — green line
- III. stupeň — blue line
- IV. stupeň — yellow line

IV. stupeň - povede přes hřídel **1** od elektromotoru přes ozubené soukolí **z1/z2** a přes zubovou spojku 1 na hřídel **2**, přes zubovou spojku 2 na hřídel **4** a přes ozubené soukolí **z9/z10** na výstupní hřídel **5** a na vřetenno.

III. stupeň - povede přes hřídel **1** od elektromotoru přes ozubené soukolí **z3/z4** a přes zubovou spojku 1 na hřídel **2**, přes zubovou spojku 2 na hřídel **4** a přes ozubené soukolí **z9/z10** na výstupní hřídel **5** a na vřetenno.

II. stupeň - povede přes hřídel **1** od elektromotoru přes ozubené soukolí **z1/z2** a přes zubovou spojku 1 na hřídel **2**, přes ozubené soukolí **z5/z6** na hřídel **3**, přes ozubené soukolí **z7/z8** a přes zubovou spojku S 2 na hřídel **4** a přes ozubené soukolí **z9/z10** na výstupní hřídel **5** a na vřetenno.

I. stupeň - povede přes hřídel **1** od elektromotoru přes ozubené soukolí **z3/z4** a přes zubovou spojku 1 na hřídel **2**, přes ozubené soukolí **z5/z6** na hřídel **3**, přes ozubené soukolí **z7/z8** a přes zubovou spojku 2 na hřídel **4** a přes ozubené soukolí **z9/z10** na výstupní hřídel **5** a na vřetenno.

6.8 Výpočet převodových poměrů jednotlivých stupňů

$$i_{IV} = \frac{n_{max}}{n_4} = \frac{5000}{1800} = 2,77 \quad i_{III} = \frac{n_{max}}{n_3} = \frac{5000}{900} = 5,55 \quad i_{II} = \frac{n_{max}}{n_2} = \frac{5000}{450} = 11,11$$

$$i_I = \frac{n_{max}}{n_{1max}} = \frac{5000}{225} = 22,22$$

$$i_c = i_I \cdot i_{II} \cdot i_{III} \cdot i_{IV} = 2,77 \cdot 5,55 \cdot 11,11 \cdot 22,22 = 3795,16$$

6.9 Volba počtu zubů jednotlivých kol

$z_1 = 45$	$z_6 = 80$
$z_2 = 46$	$z_7 = 40$
$z_3 = 25$	$z_8 = 86$
$z_4 = 51$	$z_9 = 25$
$z_5 = 43$	$z_{10} = 68$

Všechny kola volím jako čelní ozubení se šikmými zuby.

6.10 Výpočet jednotlivých převodových poměrů

$$I_{1,2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{46}{45} = 1,02 \quad I_{3,4} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{51}{25} = 2,04 \quad I_{5,6} = \frac{z_6}{z_5} = \frac{80}{43} = 1,86$$

$$I_{7,8} = \frac{z_8}{z_7} = \frac{86}{40} = 2,15 \quad I_{9,10} = \frac{z_{10}}{z_9} = \frac{68}{25} = 2,72$$

Kontrola celkových převodových poměrů

$$i_{IV} = i_{2,1} \cdot i_{10,9} = 1,02 \cdot 2,72 = \underline{\underline{2,77}}$$

$$i_{III} = i_{4,3} \cdot i_{10,9} = 2,04 \cdot 2,72 = \underline{\underline{5,55}}$$

$$i_{II} = i_{2,1} \cdot i_{6,5} \cdot i_{8,7} \cdot i_{10,9} = 1,02 \cdot 1,84 \cdot 2,15 \cdot 2,72 = \underline{\underline{11,10}}$$

$$i_I = i_{4,3} \cdot i_{6,5} \cdot i_{8,7} \cdot i_{10,9} = 2,04 \cdot 1,84 \cdot 2,15 \cdot 2,72 = \underline{\underline{22,19}}$$

Navrhované počty zubů odpovídají daným dílčím převodovým poměrům.

6.11 Výpočet dílčích točivých momentů a otáček

Točivý moment motoru $M_{mot} - 362 \text{ Nm}$

Minimální otáčky motoru $n_{min} - 2500 \text{ ot/min}$

Účinnost $\eta - 0,98$

I. stupeň:

Kolo z_3 má stejné parametry jako motor, protože jsou na stejné hřídeli $M_{k3} - 362 \text{ Nm}$
 $n_3 - 2500 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_4: \quad M_{k4} = M_{k3} \cdot i_{3,4} \cdot \eta \quad i_{3,4} = \frac{n_3}{n_4} \Rightarrow n_4 = \frac{n_3}{i_{3,4}}$$

$$M_{k4} = 362 \cdot 2,04 \cdot 0,98 \quad n_4 = \frac{2500}{2,04}$$

$$M_{k4} = \underline{\underline{724 \text{ Nm}}} \quad n_4 = 1225 \text{ ot/min}$$

Kolo z_5 má stejné parametry jako kolo z_4 , protože jsou na stejné hřídeli $M_{k5} - 724 \text{ Nm}$
 $n_5 - 1225 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_6: \quad M_{k6} = M_{k5} \cdot i_{5,6} \cdot \eta \quad i_{5,6} = \frac{n_5}{n_6} \Rightarrow n_6 = \frac{n_5}{i_{5,6}}$$

$$M_{k6} = 724 \cdot 1,86 \cdot 0,98 \quad n_6 = \frac{1225}{1,86}$$

$$M_{k6} = \underline{\underline{1319 \text{ Nm}}} \quad n_6 = 658 \text{ ot/min}$$

Kolo z_7 má stejné parametry jako kolo z_6 , protože jsou na stejné hřídeli $M_{k7} - 1319 \text{ Nm}$
 $n_7 - 658 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_8: \quad M_{k8} = M_{k7} \cdot i_{7,8} \cdot \eta \quad i_{7,8} = \frac{n_7}{n_8} \Rightarrow n_8 = \frac{n_7}{i_{7,8}}$$

$$M_{k8} = 1319 \cdot 2,15 \cdot 0,98 \quad n_8 = \frac{658}{2,15}$$

$$M_{k8} = \underline{2779 \text{ Nm}} \quad n_8 = 306 \text{ ot/min}$$

Kolo z_9 má stejné parametry jako kolo z_8 , protože jsou na stejné hřídeli $M_{k9} - 2779 \text{ Nm}$
 $n_9 - 306 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_{10}: \quad M_{k10} = M_{k9} \cdot i_{9,10} \cdot \eta \quad i_{9,10} = \frac{n_9}{n_{10}} \Rightarrow n_{10} = \frac{n_9}{i_{9,10}}$$

$$M_{k10} = 2779 \cdot 2,72 \cdot 0,98 \quad n_{10} = \frac{306}{2,72}$$

$$M_{k10} = \underline{7407 \text{ Nm}} \quad n_{10} = 112,5 \text{ ot/min}$$

II. stupeň:

Kolo z_1 má stejné parametry jako motor, protože jsou na stejné hřídeli $M_{k1} - 362 \text{ Nm}$
 $n_1 - 2500 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_2: \quad M_{k2} = M_{k1} \cdot i_{1,2} \cdot \eta \quad i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1}{i_{1,2}}$$

$$M_{k2} = 362 \cdot 1,02 \cdot 0,98 \quad n_2 = \frac{2500}{1,02}$$

$$M_{k2} = \underline{362 \text{ Nm}} \quad n_2 = 2450 \text{ ot/min}$$

Kolo z_5 má stejné parametry jako kolo z_2 , protože jsou na stejné hřídeli $M_{k5} - 362 \text{ Nm}$
 $n_5 - 2450 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_6: \quad M_{k6} = M_{k5} \cdot i_{5,6} \cdot \eta \quad i_{5,6} = \frac{n_5}{n_6} \Rightarrow n_6 = \frac{n_5}{i_{5,6}}$$

$$M_{k6} = 362 \cdot 1,86 \cdot 0,98 \quad n_6 = \frac{2450}{1,86}$$

$$M_{k6} = \underline{659 \text{ Nm}} \quad n_6 = 1317 \text{ ot/min}$$

Kolo z_7 má stejné parametry jako kolo z_6 , protože jsou na stejné hřídeli $M_{k7} - 659 \text{ Nm}$
 $n_7 - 1317 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_8: \quad M_{k8} = M_{k7} \cdot i_{7,8} \cdot \eta \quad i_{7,8} = \frac{n_7}{n_8} \Rightarrow n_8 = \frac{n_7}{i_{7,8}}$$

$$M_{k8} = 659 \cdot 2,15 \cdot 0,98 \quad n_8 = \frac{1317}{2,15}$$

$$M_{k8} = \underline{1388 \text{ Nm}} \quad n_8 = 612 \text{ ot/min}$$

Kolo z_9 má stejné parametry jako kolo z_8 , protože jsou na stejné hřídeli $M_{k9} - 1388 \text{ Nm}$
 $n_9 - 612 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_{10}: \quad M_{k10} = M_{k9} \cdot i_{9,10} \cdot \eta \quad i_{9,10} = \frac{n_9}{n_{10}} \Rightarrow n_{10} = \frac{n_9}{i_{9,10}}$$

$$M_{k10} = 1388 \cdot 2,72 \cdot 0,98 \quad n_{10} = \frac{612}{2,72}$$

$$M_{k10} = \underline{3699 \text{ Nm}} \quad n_{10} = 225 \text{ ot/min}$$

III. stupeň:

Kolo z_3 má stejné parametry jako motor, protože jsou na stejné hřídeli $M_{k3} - 362 \text{ Nm}$
 $n_3 - 2500 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_4: \quad M_{k4} = M_{k3} \cdot i_{3,4} \cdot \eta \quad i_{3,4} = \frac{n_3}{n_4} \Rightarrow n_4 = \frac{n_3}{i_{3,4}}$$

$$M_{k4} = 362 \cdot 2,04 \cdot 0,98 \quad n_4 = \frac{2500}{2,04}$$

$$M_{k4} = \underline{724 \text{ Nm}} \quad n_4 = 1225 \text{ ot/min}$$

Kolo z_9 má stejné parametry jako kolo z_4 , protože jsou na stejné hřídeli $M_{k5} - 724 \text{ Nm}$
 $n_5 - 1225 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_{10}: \quad M_{k10} = M_{k9} \cdot i_{9,10} \cdot \eta \quad i_{9,10} = \frac{n_9}{n_{10}} \Rightarrow n_{10} = \frac{n_9}{i_{9,10}}$$

$$M_{k10} = 724 \cdot 2,72 \cdot 0,98 \quad n_{10} = \frac{1225}{2,72}$$

$$M_{k10} = \underline{1930 \text{ Nm}} \quad n_{10} = 450 \text{ ot/min}$$

IV. stupeň:

Kolo z_1 má stejné parametry jako motor, protože jsou na stejné hřídeli $M_{k1} - 362 \text{ Nm}$
 $n_1 - 2500 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_2: \quad M_{k2} = M_{k1} \cdot i_{1,2} \cdot \eta \quad i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1}{i_{1,2}}$$

$$M_{k2} = 362 \cdot 1,02 \cdot 0,98 \quad n_2 = \frac{2500}{1,02}$$

$$M_{k2} = \underline{362 \text{ Nm}} \quad n_2 = 2450 \text{ ot/min}$$

Kolo z_9 má stejné parametry jako kolo z_2 , protože jsou na stejné hřídeli $M_{k9} - 362 \text{ Nm}$
 $n_9 - 2450 \text{ ot/min}$

$$\text{Kolo } z_{10}: \quad M_{k10} = M_{k9} \cdot i_{9,10} \cdot \eta \quad i_{9,10} = \frac{n_9}{n_{10}} \Rightarrow n_{10} = \frac{n_9}{i_{9,10}}$$

$$M_{k10} = 362 \cdot 2,72 \cdot 0,98 \quad n_{10} = \frac{2450}{2,72}$$

$$M_{k10} = \underline{965 \text{ Nm}} \quad n_{10} = 900 \text{ ot/min}$$

V prvním stupni překračuje moment na vřetenu námi daný omezný točivý moment M_{omez} . Z tohoto důvodu je nezbytné první stupeň zpětně přepočítat. Začneme u vřetene, kde $M_{k1} = M_{omez}$, a pokračujeme postupně zpátky po jednotlivých hřídelích.

I. stupeň:

Kolo **z10** má stejné parametry jako vřeteno, protože jsou na stejné hřídeli $M_{komez} = 7000$ Nm.

$$M_{k1} \cdot n_1 = M_{komez} \cdot n_{omez} \Rightarrow \frac{M_{k1} \cdot n_1}{M_{komez}} = n_{omez}$$

$$\frac{7407 \cdot 112,5}{7000} = \underline{\underline{119 \text{ ot/min}}}$$

Kolo **z9**: $M_{k10} = M_{k9} \cdot i_{9,10} \cdot \eta$

$$M_{k9} = \frac{M_{k10}}{i_{9,10} \cdot \eta}$$

$$M_{k9} = \frac{7000}{2,72 \cdot 0,98}$$

$$M_{k9} = \underline{\underline{2626 \text{ Nm}}}$$

$$i_{9,10} = \frac{n_9}{n_{10}} \Rightarrow i_{9,10} \cdot n_{omez} = n_9$$

$$2,72 \cdot 119 = n_9 = \underline{\underline{323,7 \text{ ot/min}}}$$

Kolo **z8** má stejné parametry jako kolo **z9**, protože jsou na stejné hřídeli $M_{k8} = 2626$ Nm

$$n_8 = 323,7 \text{ ot/min}$$

Kolo **z7**: $M_{k8} = M_{k7} \cdot i_{7,8} \cdot \eta$

$$M_{k7} = \frac{M_{k8}}{i_{7,8} \cdot \eta}$$

$$M_{k7} = \frac{2626}{2,15 \cdot 0,98}$$

$$M_{k7} = \underline{\underline{1246 \text{ Nm}}}$$

$$i_{7,8} = \frac{n_7}{n_8} \Rightarrow i_{7,8} \cdot n_8 = n_7$$

$$2,15 \cdot 323,7 = n_7 = \underline{\underline{696 \text{ ot/min}}}$$

Kolo **z6** má stejné parametry jako kolo **z7**, protože jsou na stejné hřídeli $M_{k6} = 1246$ Nm

$$n_6 = 696 \text{ ot/min}$$

Kolo **z5**: $M_{k6} = M_{k5} \cdot i_{5,6} \cdot \eta$

$$M_{k5} = \frac{M_{k6}}{i_{5,6} \cdot \eta}$$

$$M_{k5} = \frac{1246}{1,86 \cdot 0,98}$$

$$M_{k5} = \underline{\underline{683 \text{ Nm}}}$$

$$i_{5,6} = \frac{n_5}{n_6} \Rightarrow i_{5,6} \cdot n_6 = n_5$$

$$1,86 \cdot 696 = n_5 = \underline{\underline{1294 \text{ ot/min}}}$$

Kolo **z4** má stejné parametry jako kolo **z5**, protože jsou na stejné hřídeli $M_{k4} - 683 \text{ Nm}$
 $n_4 - 1294 \text{ ot/min}$

Kolo z_3 : $M_{k4} = M_{k3} \cdot i_{3,4} \cdot \eta$

$$M_{k3} = \frac{M_{k4}}{i_{3,4} \cdot \eta}$$

$$M_{k3} = \frac{683}{2,04 \cdot 0,98}$$

$$M_{k7} = \underline{341} \text{ Nm}$$

$$i_{3,4} = \frac{n_3}{n_4} \Rightarrow i_{3,4} \cdot n_4 = n_3$$

$$2,04 \cdot 1294 = n_4 = \underline{2639} \text{ ot/min}$$

Hřídel	Kolo	I. stupeň			II. stupeň			III. stupeň			IV. stupeň			Max. otáčky
		M_k [Nm]	n [ot/min]	L_n [hod]	M_k [Nm]	n [ot/min]	L_n [hod]	M_k [Nm]	n [ot/min]	L_n [hod]	M_k [Nm]	n [ot/min]	L_n [hod]	
1	Z_1				362	2500	10000				362	2500	10000	?
2	Z_2				362	2450	10000				362	2450	10000	?
1	Z_3	362 341	2500 2639	10000				362	2500	10000				?
2	Z_4	724 683	1225 1294	10000				724	1225	10000				?
2	Z_5	724 683	1225 1294	10000	362	2450	10000							?
3	Z_6	1319 1246	658 696	10000	659	1317	10000							?
3	Z_7	1319 1246	658 696	10000	659	1317	10000							?
4	Z_8	2779 2626	306 323,6	10000	1388	612	10000							?
4	Z_9	2779 2626	306 323,6	10000	1388	612	10000	724	1225	10000	362	2450	10000	?
5	Z_{10}	7407 7000	112,5 119	10000	3699	225	10000	1930	450	10000	362	900	10000	?

tab.5 Tabulka jednotlivých hodnot

6.12 Návrh jednotlivých modulů

soukolí $\frac{z_1}{z_2} = \frac{45}{46}$; $\Psi = 15$; $c = 18$; $\beta = 10^\circ$

modul: $m = 7,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_k \cdot \cos \beta}{Z_p \cdot \Psi \cdot c}} = 7,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{362 \cdot \cos 10^\circ}{45 \cdot 15 \cdot 18}} \Rightarrow m = \underline{4}$
šířka kol: kolo 1 = 40mm
kolo 2 = 38mm

soukolí $\frac{z_3}{z_4} = \frac{25}{51}$; $\Psi = 15$; $c = 18$; $\beta = 15^\circ$

modul: $m = 7,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_k \cdot \cos \beta}{Z_p \cdot \Psi \cdot c}} = 7,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{362 \cdot \cos 15^\circ}{25 \cdot 15 \cdot 18}} \Rightarrow m = \underline{3,5}$
šířka kol: kolo 3 = 50mm
kolo 4 = 48mm

soukolí $\frac{z_5}{z_6} = \frac{43}{80}$; $\Psi = 15$; $c = 18$; $\beta = 15^\circ$

modul: $m = 7,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_k \cdot \cos \beta}{Z_p \cdot \Psi \cdot c}} = 7,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{683 \cdot \cos 15^\circ}{43 \cdot 15 \cdot 18}} \Rightarrow m = \underline{3,5}$
šířka kol: kolo 5 = 45mm
kolo 6 = 42mm

soukolí $\frac{z_7}{z_8} = \frac{40}{86}$; $\Psi = 15$; $c = 18$; $\beta = 10^\circ$

modul: $m = 7,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_k \cdot \cos \beta}{Z_p \cdot \Psi \cdot c}} = 7,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{1246 \cdot \cos 10^\circ}{40 \cdot 15 \cdot 18}} \Rightarrow m = \underline{3,5}$
šířka kol: kolo 7 = 45mm
kolo 8 = 42mm

soukolí $\frac{z_9}{z_{10}} = \frac{25}{68}$; $\Psi = 15$; $c = 18$; $\beta = 15^\circ$

modul: $m = 7,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_k \cdot \cos \beta}{Z_p \cdot \Psi \cdot c}} = 7,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{2626 \cdot \cos 15^\circ}{25 \cdot 15 \cdot 18}} \Rightarrow m = \underline{6}$

šířka kol: kolo 9 = 70mm
kolo 10 = 68mm

6.13 Pevnostní kontrola výpočtů dle původní normy ČSN014686

Pokud $F_{dov} \geq F_o$ soukolí vyhovuje.

$$F_{dov} = \pi \cdot m \cdot b \cdot c_{min} \cdot \mu \geq F_o = \frac{2 \cdot M_t}{d_1} = \frac{2 \cdot M_t}{m \cdot Z_1 \cdot \cos \beta}$$

Kolo č.1,2

$z_1 = 45$ (mat.12050)
 $b_1 = 40$ mm
 $M_{k1} = 362$ Nm
 $n_1 = 2500$ ot/min
 $\sigma_{do1} = 160$ MPa
 $\sigma_{dd1} = 18$ MPa
 $r_{o1} = 0,25$
 $r_{d1} = 0,29$
 $y_{01} = 4,55$
 $y_{d1} = 1,15$

$z_2 = 46$ (mat.16440)
 $b_2 = 38$ mm
 $M_{k2} = 362$ Nm
 $n_2 = 2450$ ot/min
 $\sigma_{do2} = 190$ MPa
 $\sigma_{dd2} = 26$ MPa
 $r_{o2} = 0,25$
 $r_{d2} = 0,29$
 $y_{02} = 4,45$
 $y_{d2} = 1,10$

$m = 3$
 $\beta = 10^\circ$
 $\mu = 1$
 $L_h = 10000$ hod

$$U = \left(\frac{m}{10}\right)^{0,2} = \left(\frac{3}{10}\right)^{0,2} = 0,78$$

$$c_{o1} = \frac{\sigma_{do1} \cdot r_{o1}}{y_{01}} = \frac{160 \cdot 0,25}{4,55} = 8,7$$

$$c_{d1} = \frac{\sigma_{dd1} \cdot r_{d1}}{U \cdot y_{d1}} = \frac{18 \cdot 0,29}{0,78 \cdot 1,15} = 5,8$$

$$c_{o2} = \frac{\sigma_{do2} \cdot r_{o2}}{y_{02}} = \frac{190 \cdot 0,25}{4,45} = 10,6$$

$$c_{d2} = \frac{\sigma_{dd2} \cdot r_{d2}}{U \cdot y_{d2}} = \frac{26 \cdot 0,29}{0,78 \cdot 1,10} = 8,8$$

$$F_{dov} = 3,14 \cdot 3 \cdot 40 \cdot 5,8 \cdot 1 = \underline{\underline{2185N}}$$

$$F_o = \frac{2 \cdot M_t}{d_1} = \frac{2 \cdot M_t}{\frac{m \cdot Z_1}{\cos \beta}} = \frac{2 \cdot 362}{\frac{3 \cdot 45}{\cos 10^\circ}} = \underline{\underline{5,8N}}$$

-----VYHOVUJE-----

Kolo č.3,4

$$Z_3 = 25 \text{ (mat.12050)}$$

$$b_3 = 50 \text{ mm}$$

$$M_{k3} = 362 \text{ Nm}$$

$$n_3 = 2500 \text{ ot/min}$$

$$\sigma_{do3} = 160 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dd3} = 18 \text{ MPa}$$

$$r_{o3} = 0,25$$

$$r_{d3} = 0,29$$

$$y_{03} = 4,40$$

$$y_{d3} = 1,45$$

$$z_4 = 51 \text{ (mat.16440)}$$

$$b_4 = 48 \text{ mm}$$

$$M_{k4} = 683 \text{ Nm}$$

$$n_4 = 1225 \text{ ot/min}$$

$$\sigma_{do4} = 190 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dd4} = 26 \text{ MPa}$$

$$r_{o4} = 0,29$$

$$r_{d4} = 0,34$$

$$y_{04} = 4,10$$

$$y_{d4} = 0,80$$

$$m = 3,5$$

$$\beta = 15^\circ$$

$$\mu = 1$$

$$L_h = 10000 \text{ hod}$$

$$U = \left(\frac{m}{10}\right)^{0,2} = \left(\frac{3,5}{10}\right)^{0,2} = 0,81$$

$$c_{o3} = \frac{\sigma_{do3} \cdot r_{o3}}{y_{03}} = \frac{160 \cdot 0,25}{4,40} = 9,1$$

$$c_{d3} = \frac{\sigma_{dd3} \cdot r_{d3}}{U \cdot y_{d3}} = \frac{18 \cdot 0,29}{0,81 \cdot 1,45} = 4,4$$

$$c_{o4} = \frac{\sigma_{do4} \cdot r_{o4}}{y_{04}} = \frac{190 \cdot 0,29}{4,10} = 13,4$$

$$c_{d4} = \frac{\sigma_{dd4} \cdot r_{d4}}{U \cdot y_{d4}} = \frac{26 \cdot 0,34}{0,81 \cdot 0,80} = 13,6$$

$$F_{dov} = 3,14 \cdot 3,5 \cdot 50 \cdot 4,4 \cdot 1 = \underline{\underline{2418N}}$$

$$F_o = \frac{2 \cdot M_t}{d_1} = \frac{2 \cdot M_t}{\frac{m \cdot Z_1}{\cos \beta}} = \frac{2 \cdot 362}{\frac{3,5 \cdot 25}{\cos 15^\circ}} = \underline{\underline{9,3N}}$$

-----VYHOVUJE-----

Kolo č.5,6

$$Z_5 = 43 \text{ (mat.12050)}$$

$$b_5 = 45 \text{ mm}$$

$$M_{k5} = 683 \text{ Nm}$$

$$n_5 = 1294 \text{ ot/min}$$

$$\sigma_{do5} = 160 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dd5} = 18 \text{ MPa}$$

$$r_{o5} = 0,29$$

$$r_{d5} = 0,34$$

$$y_{05} = 3,98$$

$$y_{d5} = 0,94$$

$$z_6 = 80 \text{ (mat.16440)}$$

$$b_6 = 42 \text{ mm}$$

$$M_{k6} = 1246 \text{ Nm}$$

$$n_6 = 696 \text{ ot/min}$$

$$\sigma_{do6} = 190 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dd6} = 26 \text{ MPa}$$

$$r_{o6} = 0,33$$

$$r_{d6} = 0,39$$

$$y_{06} = 3,90$$

$$y_{d6} = 0,55$$

$$m = 3,5$$

$$\beta = 15^\circ$$

$$\mu = 1$$

$$L_h = 10000 \text{ hod}$$

$$U = \left(\frac{m}{10}\right)^{0,2} = \left(\frac{3,5}{10}\right)^{0,2} = 0,81$$

$$c_{o5} = \frac{\sigma_{do5} \cdot r_{o5}}{y_{o5}} = \frac{160 \cdot 0,29}{3,98} = 11,6$$

$$c_{d5} = \frac{\sigma_{dd5} \cdot r_{d5}}{U \cdot y_{d5}} = \frac{18 \cdot 0,34}{0,81 \cdot 0,94} = 8$$

$$c_{o6} = \frac{\sigma_{do6} \cdot r_{o6}}{y_{o6}} = \frac{190 \cdot 0,33}{3,90} = 16,1$$

$$c_{d6} = \frac{\sigma_{dd6} \cdot r_{d6}}{U \cdot y_{d6}} = \frac{26 \cdot 0,39}{0,81 \cdot 0,55} = 22,8$$

$$F_{dov} = 3,14 \cdot 3,5 \cdot 45 \cdot 8 \cdot 1 = \underline{\underline{3956N}}$$

$$F_o = \frac{2 \cdot M_t}{d_1} = \frac{2 \cdot M_t}{\frac{m \cdot Z_1}{\cos \beta}} = \frac{2 \cdot 683}{\frac{3,5 \cdot 43}{\cos 15^\circ}} = \underline{\underline{8,8N}}$$

-----VYHOVUJE-----

Kolo č.7,8

$$Z_7 = 40 \text{ (mat.12050)}$$

$$B_7 = 45 \text{ mm}$$

$$M_{k7} = 1246 \text{ Nm}$$

$$N_7 = 696 \text{ ot/min}$$

$$\sigma_{do7} = 160 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dd7} = 18 \text{ MPa}$$

$$r_{o7} = 0,33$$

$$r_{d7} = 0,39$$

$$y_{o7} = 4$$

$$y_{d7} = 0,97$$

$$z_8 = 86 \text{ (mat.16440)}$$

$$b_8 = 42 \text{ mm}$$

$$M_{k8} = 2626 \text{ Nm}$$

$$n_8 = 323,6 \text{ ot/min}$$

$$\sigma_{do8} = 190 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dd8} = 26 \text{ MPa}$$

$$r_{o8} = 0,38$$

$$r_{d8} = 0,46$$

$$y_{o8} = 3,88$$

$$y_{d8} = 0,50$$

$$m = 3,5$$

$$\beta = 10^\circ$$

$$\mu = 1$$

$$L_h = 10000 \text{ hod}$$

$$U = \left(\frac{m}{10}\right)^{0,2} = \left(\frac{3,5}{10}\right)^{0,2} = 0,81$$

$$c_{o7} = \frac{\sigma_{do7} \cdot r_{o7}}{y_{o7}} = \frac{160 \cdot 0,33}{4} = 13,2$$

$$c_{d7} = \frac{\sigma_{dd7} \cdot r_{d7}}{U \cdot y_{d7}} = \frac{18 \cdot 0,39}{0,81 \cdot 0,97} = 8,9$$

$$c_{o8} = \frac{\sigma_{do8} \cdot r_{o8}}{y_{o8}} = \frac{190 \cdot 0,38}{3,88} = 18,6$$

$$c_{d8} = \frac{\sigma_{dd8} \cdot r_{d8}}{U \cdot y_{d8}} = \frac{26 \cdot 0,46}{0,81 \cdot 0,50} = 29,5$$

$$F_{dov} = 3,14 \cdot 3,5 \cdot 45 \cdot 8,9 \cdot 1 = \underline{\underline{4401N}}$$

$$F_o = \frac{2 \cdot M_t}{d_1} = \frac{2 \cdot M_t}{\frac{m \cdot Z_1}{\cos \beta}} = \frac{2 \cdot 1246}{\frac{3,5 \cdot 40}{\cos 10^\circ}} = \underline{17,5N}$$

-----VYHOVUJE-----

Kolo č.9,10

$$Z_9 = 25 \text{ (mat.12050)}$$

$$B_9 = 70 \text{ mm}$$

$$M_{k9} = 2626 \text{ Nm}$$

$$N_9 = 323,6 \text{ ot/min}$$

$$\sigma_{do9} = 160 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dd9} = 18 \text{ MPa}$$

$$r_{o9} = 0,38$$

$$r_{d9} = 0,46$$

$$y_{o9} = 4,33$$

$$y_{d9} = 1,36$$

$$Z_{10} = 68 \text{ (mat.16440)}$$

$$b_{10} = 68 \text{ mm}$$

$$M_{k10} = 7000 \text{ Nm}$$

$$n_{10} = 119 \text{ ot/min}$$

$$\sigma_{do10} = 190 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dd10} = 26 \text{ MPa}$$

$$r_{o10} = 0,46$$

$$r_{d10} = 0,54$$

$$y_{o10} = 3,94$$

$$y_{d10} = 0,62$$

$$m = 6$$

$$\beta = 15^\circ$$

$$\mu = 1$$

$$L_h = 10000 \text{ hod}$$

$$U = \left(\frac{m}{10}\right)^{0,2} = \left(\frac{6}{10}\right)^{0,2} = 0,90$$

$$C_{o9} = \frac{\sigma_{do9} \cdot r_{o9}}{y_{o9}} = \frac{160 \cdot 0,38}{4,33} = 14$$

$$C_{d9} = \frac{\sigma_{dd9} \cdot r_{d9}}{U \cdot y_{d9}} = \frac{18 \cdot 0,46}{0,90 \cdot 1,36} = 6,8$$

$$C_{o10} = \frac{\sigma_{do10} \cdot r_{o10}}{y_{o10}} = \frac{190 \cdot 0,46}{3,94} = 22,1$$

$$C_{d10} = \frac{\sigma_{dd10} \cdot r_{d10}}{U \cdot y_{d10}} = \frac{26 \cdot 0,54}{0,90 \cdot 0,62} = 25,1$$

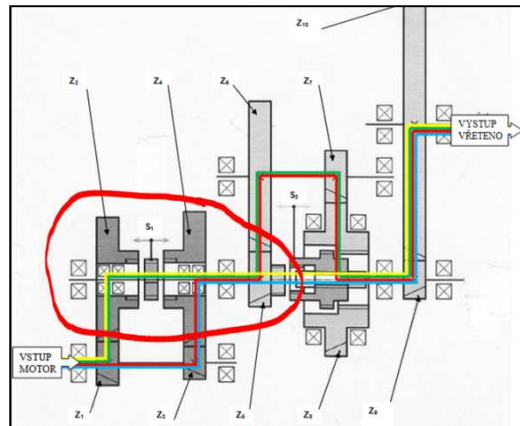
$$F_{dov} = 3,14 \cdot 6 \cdot 70 \cdot 6,8 \cdot 1 = \underline{8967N}$$

$$F_o = \frac{2 \cdot M_t}{d_1} = \frac{2 \cdot M_t}{\frac{m \cdot Z_1}{\cos \beta}} = \frac{2 \cdot 2626}{\frac{6 \cdot 70}{\cos 15^\circ}} = \underline{12,1N}$$

-----VYHOVUJE-----

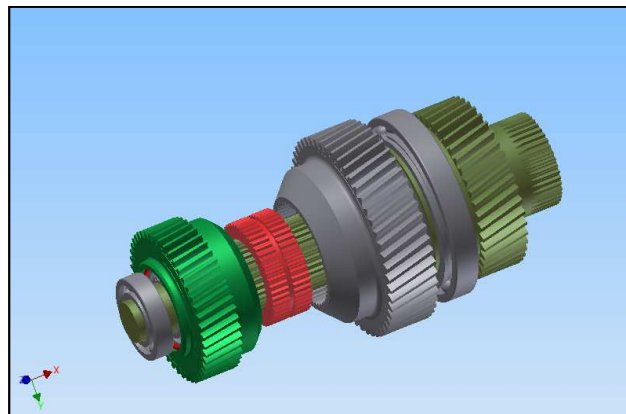
7 Konstrukční návrh a kontrola

Na základě navržených hodnot jsem provedl konstrukční návrh hřídele č.2.



obr.53 Označení hřídele č.2

Konstrukční návrh hřídele č.2 byl zpracován v CAD system INVENTOR, včetně uložení a ložisek (model, sestava, kusovník, výkres v příloze).



obr.54 Hřídel č.2 v CAD (INVENTOR)

Samozřejmě patřičné výpočty byly následně kontrolovány softwarovým souborem PREV, včetně souhmotí a navržených ložisek (v příloze).

8 Závěr

Cílem mé bakalářské práce byl navrhnout pohon pro vyvození hlavního řezného pohybu pro vodorovné vyvrtávačky a provést k tomu patřičné výpočty. Vypracovat patřičnou dokumentaci.

V teoretické části jsem popsal obecně, z čeho se vodorovná vyvrtávačka skládá, dle čeho se rozděluje a k čemu se používá.

Následně jsem se věnoval konkrétní oblasti, kde jsem od návrhu elektromotoru, od kterého se odvíjí počet převodových stupňů, zvolil příslušná ozubená soukolí a následně navrhnul konkrétní hřídel. Konstrukční návrh zpracován v CAD.

Výpočty byly kontrolovány softwarovým souborem PREV, včetně souhmotí a navržených ložisek.

Na základě těchto výpočtů mohu říci, že mnou navržený hřídel vyhovuje všem požadovaným kritériím.

9 Seznam použité literatury

9.1 Učební texty

- [1] ŘEHOŘ, J. Strojírenská technologie obrábění. Plzeň: ZČU-KTO, 2010.
- [2] HUDEC, Z. Konstrukce obráběcích strojů. Plzeň: ZČU-KKS, 2010.
- [3] LAŠOVÁ, V. Základy stavby obráběcích strojů. Plzeň: ZČU-KKS, 2010.
- [4] KRÁTKÝ, J., KRONEROVÁ, E. Části a mechanismy Strojů. Plzeň: ZČU-KKS, 2009.

9.2 Zdroje z internetu

- [1] Wikipedia: Otevřená encyklopedie: *Soustruh* [online]. c2011 [cit. 2011-10-10]. Dostupné z:
<<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Soustruh&oldid=8570473>><http://cs.wikipedia.org/wiki/Horizontalka>>
- [2] VUT Brno. *Vutbr* [online]. 2008 [cit. 2011-10-13]. Dostupné z:
<http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6815>
- [3] VUT Brno. *Vutbr* [online]. 2008 [cit. 2011-10-13]. Dostupné z:
<http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17415>
- [4] *Strojirenstvi-ucivo* [online]. 2010 [cit. 2011-10-14]. Dostupné z: <<http://strojirenstviucivo.blogspot.com>>
- [5] *TOSAS* [online]. 2011 [cit. 2011-10-28]. Dostupné z:
<<http://www.tosas.cz/lang/produkty/>>
- [6] *Kovosvit* [online]. 2009 [cit. 2011-11-14]. Dostupné z:
<<http://www.kovosvit.cz/cz/>>
- [7] *Wikipedia: Otevřená encyklopedie: Soubor:HwacheonCentreLathe-carriage-mask legend* [online]. 2006 [cit. 2011-11-15]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:HwacheonCentreLathe-carriage-mask_legend.jpg>
- [8] *Vyroba stroju* [online]. c2008 [cit. 2011-11-17]. Dostupné z:
<<http://vyrobastroju.webnode.cz/>>

10 Seznam příloh

Příloha č.1 – Kontrolní výpočty hřídele

Příloha č.2 – Zpracování části návrhu v CAD systému INVENTOR

Příloha č.3 – Výkres sestavy a kusovník

Příloha č. 4 – Výkresová dokumentace hřídele

Příloha č.1 – Kontrolní výpočty hřídele

Veškeré výpočty byly následně kontrolovány softwarovým souborem PREV, včetně souhmotí a navržených ložisek.

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/22/14
KROCHOT.dhl	List : 1

```
* * * * *
*
*          EVOLVENTNI DRAZKOVANI S UHLEM PROFILU 30. DEG
*          ROZMERY      ST SEV 517-77 (CSN 01 4954*)
*
*          STREDENI NA BOKY ZUBU , PLOCHY TVAR DNA DRAZKY
*
* * * * *
*
*          ZADANE HODNOTY DRAZKOVANI      (NELZE VYROBIT V OB)
*
*          MODUL                          5.00 [MM]
*          JMENOVITY PRUMER                70.00 [MM]
*
*
*          VYPOCTENE HODNOTY              TOLERANCE
*
*          POCET ZUBU                     12
*          PRUMER ROZTECNE KRUZNICE       60.00 [MM]
*          PRUMER ZAKLADNI KRUZNICE       51.962 [MM]
*
*          HLAVOVY PRUMER HRIDELE         69.00 [MM]      D9 , H12
*          HLAVOVY PRUMER NABOJE          60.00 [MM]      H11
*          PATNI PRUMER HRIDELE           59.00 [MM]      H16
*          PATNI PRUMER NABOJE            70.00 [MM]      H16
*
*          POSUNUTI ZAKLADNIHO PROFILU    2.250 [MM]
*          JMENOVITA TLOUSTKA ZUBU
*          NA ROZTECNE KRUZNICI           10.452 [MM]
*
*
*          KONTROLNI ROZMERY
*
*          HRIDEL : PRUMER VALECKU        12.00 [MM]
*                   ROZMER PRES VALECKY  84.186 [MM]      -.130  -.060
*
*          NABOJ : PRUMER VALECKU         9.00 [MM]
*                   ROZMER MEZI VALECKY  51.103 [MM]      .058   .155
*
*          POCET ZUBU PRES KTERE SE MERI  3
*          ROZMER PRES ZUBY : HRIDEL      39.052 [MM]      -.090  -.042
*                   NABOJ                 39.052 [MM]      .029   .078
*
*          OSTATNI ROZMERY
*
*          ROZTEC                          15.708 [MM]
*          HLAVOVA VULE                     .750 [MM]
*          POLOMER PRECHODOVE KRIVKY       .750 [MM]
*          SRAZENI HRANY ZUBU NABOJE      .750 [MM]
*
* * * * *
```

Nazev : Pohon 90kW

Stroj : Horizontka

Autor : Krochot

05/22/14

KROCHOT.dhl

List : 2

Souhmoti: 2.0 Prev. prvek c.: 1
Oznaceni prevod. prvku: 10

Evolventni drazkovani

Rozmer drazkovani z x m [mm] : 12 x 5.0
Prumer hridele d [mm] : 70.0
Delka drazkovani l [mm] : 60.0
Kroutici moment Mk[Nm] : 362.000
Tlak p [MPa]: 4.925
Dovoleny tlak pd[MPa]: 40.000
p : vyhovuje

Skut. namahani Tau [MPa]: 3.972
Mez pevnosti Sigmapl [MPa]: 500.000
Mez kluzu Sigmakt [MPa]: 250.000

Nazev : Pohon 90kW

Stroj : Horizontka

Autor : Krochot

05/22/14

KROCHOT.dhl

List : 3

```
* * * * *
*
*          EVOLVENTNI DRAZKOVANI S UHLEM PROFILU 30. DEG
*          ROZMERY      ST SEV 517-77 (CSN 01 4954*)
*
*          STREDENI NA BOKY ZUBU , PLOCHY TVAR DNA DRAZKY
*
* * * * *
*
*          ZADANE HODNOTY DRAZKOVANI      (NELZE VYROBIT V OB)
*
*          MODUL          5.00 [MM]
*          JMENOVITY PRUMER      70.00 [MM]
*
*
*          VYPOCTENE HODNOTY          TOLERANCE
*
*          POCET ZUBU          12
*          PRUMER ROZTECNE KRUZNICE      60.00 [MM]
*          PRUMER ZAKLADNI KRUZNICE      51.962 [MM]
*
*          HLAVOVY PRUMER HRIDELE      69.00 [MM]      D9 , H12
*          HLAVOVY PRUMER NABOJE      60.00 [MM]      H11
*          PATNI PRUMER HRIDELE      59.00 [MM]      H16
*          PATNI PRUMER NABOJE      70.00 [MM]      H16
*
*          POSUNUTI ZAKLADNIHO PROFILU      2.250 [MM]
*          JMENOVITA TLOUSTKA ZUBU
*          NA ROZTECNE KRUZNICI      10.452 [MM]
*
*
*          KONTROLNI ROZMERY
*
*          HRIDEL : PRUMER VALECKU      12.00 [MM]
*                   ROZMER PRES VALECKY      84.186 [MM]      -.130  -.060
*
*          NABOJ : PRUMER VALECKU      9.00 [MM]
*                   ROZMER MEZI VALECKY      51.103 [MM]      .058  .155
*
*          POCET ZUBU PRES KTERE SE MERI      3
*          ROZMER PRES ZUBY : HRIDEL      39.052 [MM]      -.090  -.042
*                   NABOJ      39.052 [MM]      .029  .078
*
*
*          OSTATNI ROZMERY
*
*          ROZTEC          15.708 [MM]
*          HLAVOVA VULE          .750 [MM]
*          POLOMER PRECHODOVE KRIVKY      .750 [MM]
*          SRAZENI HRANY ZUBU NABOJE      .750 [MM]
*
* * * * *
```

Nazev : Pohon 90kW

Stroj : Horizontka

Autor : Krochot

05/22/14

KROCHOT.dhl

List : 4

Souhmoti: 2.0 Prev. prvek c.: 2
Oznaceni prevod. prvku: 12

Evolventni drazkovani

Rozmer drazkovani z x m [mm] : 12 x 5.0
Prumer hridele d [mm] : 70.0
Delka drazkovani l [mm] : 35.0
Krutici moment Mk[Nm] : 724.000
Tlak p [MPa]: 16.886
Dovoleny tlak pd[MPa]: 40.000
p : vyhovuje

Skut. namahani Tau [MPa]: 13.618
Mez pevnosti Sigmapt[MPa]: 500.000
Mez kluzu Sigmakt[MPa]: 250.000

Nazev : Pohon 90kW

Stroj : Horizontka

Autor : Krochot

05/22/14

KROCHOT.dhl

List : 5

```
* * * * *
*
*          EVOLVENTNI DRAZKOVANI S UHLEM PROFILU 30. DEG
*          ROZMERY      ST SEV 517-77 (CSN 01 4954*)
*
*          STREDENI NA BOKY ZUBU , PLOCHY TVAR DNA DRAZKY
*
* * * * *
*
*          ZADANE HODNOTY DRAZKOVANI
*
*          MODUL                5.00 [MM]
*          JMENOVITY PRUMER     90.00 [MM]
*
*
*          VYPOCTENE HODNOTY                TOLERANCE
*
*          POCET ZUBU                16
*          PRUMER ROZTECNE KRUZNICE   80.00 [MM]
*          PRUMER ZAKLADNI KRUZNICE   69.282 [MM]
*
*          HLAVOVY PRUMER HRIDELE     89.00 [MM]      D9 , H12
*          HLAVOVY PRUMER NABOJE     80.00 [MM]      H11
*          PATNI PRUMER HRIDELE     79.00 [MM]      H16
*          PATNI PRUMER NABOJE     90.00 [MM]      H16
*
*          POSUNUTI ZAKLADNIHO PROFILU 2.250 [MM]
*          JMENOVITA TLOUSTKA ZUBU
*          NA ROZTECNE KRUZNICI     10.452 [MM]
*
*
*          KONTROLNI ROZMERY
*
*          HRIDEL : PRUMER VALECKU     11.00 [MM]
*                   ROZMER PRES VALECKY 102.069 [MM]      -.138  -.064
*
*          NABOJ : PRUMER VALECKU     9.00 [MM]
*                   ROZMER MEZI VALECKY 71.103 [MM]      .059  .156
*
*          POCET ZUBU PRES KTERE SE MERI 4
*          ROZMER PRES ZUBY : HRIDEL  53.586 [MM]      -.090  -.042
*                   NABOJ            53.586 [MM]      .029  .078
*
*
*          OSTATNI ROZMERY
*
*          ROZTEC                15.708 [MM]
*          HLAVOVA VULE          .750 [MM]
*          POLOMER PRECHODOVE KRIVKY .750 [MM]
*          SRAZENI HRANY ZUBU NABOJE .750 [MM]
*
* * * * *
```

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/22/14
KROCHOT.dhl	List : 6

Souhmoti: 2.0 Prev. prvek c.: 4
Oznaceni prevod. prvku: 14

Evolventni drazkovani

Rozmer drazkovani z x m [mm] : 16 x 5.0
Prumer hridele d [mm] : 90.0
Delka drazkovani l [mm] : 50.0
Krutici moment Mk[Nm] : 724.000
Tlak p [MPa]: 7.151
Dovoleny tlak pd[MPa]: 40.000
p : vyhovuje

Skut. namahani Tau [MPa]: 5.561
Mez pevnosti Sigmapt[MPa]: 500.000
Mez kluzu Sigmakt[MPa]: 250.000

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/22/14
KROCHOT.dhl	
List : 7	

```
* * * * *
*
*          EVOLVENTNI DRAZKOVANI S UHLEM PROFILU 30. DEG
*          ROZMERY      ST SEV 517-77 (CSN 01 4954*)
*
*          STREDENI NA BOKY ZUBU , PLOCHY TVAR DNA DRAZKY
*
* * * * *
*
*          ZADANE HODNOTY DRAZKOVANI      (NELZE VYROBIT V OB)
*
*          MODUL                          5.00 [MM]
*          JMENOVITY PRUMER                70.00 [MM]
*
*
*          VYPOCTENE HODNOTY              TOLERANCE
*
*          POCET ZUBU                      12
*          PRUMER ROZTECNE KRUZNICE        60.00 [MM]
*          PRUMER ZAKLADNI KRUZNICE        51.962 [MM]
*
*          HLAVOVY PRUMER HRIDELE          69.00 [MM]      D9 , H12
*          HLAVOVY PRUMER NABOJE           60.00 [MM]      H11
*          PATNI PRUMER HRIDELE            59.00 [MM]      H16
*          PATNI PRUMER NABOJE             70.00 [MM]      H16
*
*          POSUNUTI ZAKLADNIHO PROFILU     2.250 [MM]
*          JMENOVITA TLOUSTKA ZUBU
*          NA ROZTECNE KRUZNICI            10.452 [MM]
*
*
*          KONTROLNI ROZMERY
*
*          HRIDEL : PRUMER VALECKU          12.00 [MM]
*                   ROZMER PRES VALECKY    84.186 [MM]      -.130  -.060
*
*          NABOJ  : PRUMER VALECKU          9.00 [MM]
*                   ROZMER MEZI VALECKY    51.103 [MM]      .058   .155
*
*          POCET ZUBU PRES KTERE SE MERI    3
*          ROZMER PRES ZUBY : HRIDEL        39.052 [MM]      -.090  -.042
*                   NABOJ                   39.052 [MM]      .029   .078
*
*
*          OSTATNI ROZMERY
*
*          ROZTEC                           15.708 [MM]
*          HLAVOVA VULE                       .750 [MM]
*          POLOMER PRECHODOVE KRIVKY        .750 [MM]
*          SRAZENI HRANY ZUBU NABOJE        .750 [MM]
*
* * * * *
```

Název : Pohon 90kW

Stroj : Horizontka

Autor : Krochot

05/22/14

KROCHOT.dhl

List : 8

Souhmoti: 2.1 Prev. prvek c.: 2
Oznaceni prevod. prvku: 11

Evolventni drazkovani

Rozmer drazkovani z x m [mm] : 12 x 5.0
Prumer hridele d [mm] : 70.0
Delka drazkovani l [mm] : 0.0
Krutici moment Mk [Nm] : 362.000
Tlak p [MPa]: +INF
Dovoleny tlak pd [MPa]: 40.000
p : nevyhovuje

Skut. namahani Tau [MPa]: +INF
Mez pevnosti Sigmapt [MPa]: 500.000
Mez kluzu Sigmakt [MPa]: 250.000

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/22/14
KROCHOT.dhl	List : 9

```
* * * * *
*
*          EVOLVENTNI DRAZKOVANI S UHLEM PROFILU 30. DEG
*          ROZMERY      ST SEV 517-77 (CSN 01 4954*)
*
*          STREDENI NA BOKY ZUBU , PLOCHY TVAR DNA DRAZKY
*
* * * * *
*
*          ZADANE HODNOTY DRAZKOVANI      (NELZE VYROBIT V OB)
*
*          MODUL                          5.00 [MM]
*          JMENOVITY PRUMER               70.00 [MM]
*
*
*          VYPOCTENE HODNOTY                TOLERANCE
*
*          POCET ZUBU                      12
*          PRUMER ROZTECNE KRUZNICE        60.00 [MM]
*          PRUMER ZAKLADNI KRUZNICE        51.962 [MM]
*
*          HLAVOVY PRUMER HRIDELE          69.00 [MM]      D9 , H12
*          HLAVOVY PRUMER NABOJE           60.00 [MM]      H11
*          PATNI PRUMER HRIDELE            59.00 [MM]      H16
*          PATNI PRUMER NABOJE             70.00 [MM]      H16
*
*          POSUNUTI ZAKLADNIHO PROFILU     2.250 [MM]
*          JMENOVITA TLOUSTKA ZUBU
*          NA ROZTECNE KRUZNICI            10.452 [MM]
*
*
*          KONTROLNI ROZMERY
*
*          HRIDEL : PRUMER VALECKU         12.00 [MM]
*          ROZMER PRES VALECKY             84.186 [MM]      -.130  -.060
*
*          NABOJ : PRUMER VALECKU          9.00 [MM]
*          ROZMER MEZI VALECKY             51.103 [MM]      .058   .155
*
*          POCET ZUBU PRES KTERE SE MERI   3
*          ROZMER PRES ZUBY : HRIDEL       39.052 [MM]      -.090  -.042
*          NABOJ                           39.052 [MM]      .029   .078
*
*
*          OSTATNI ROZMERY
*
*          ROZTEC                          15.708 [MM]
*          HLAVOVA VULE                     .750 [MM]
*          POLOMER PRECHODOVE KRIVKY       .750 [MM]
*          SRAZENI HRANY ZUBU NABOJE      .750 [MM]
*
* * * * *
```

Nazev : Pohon 90kW

Stroj : Horizontka

Autor : Krochot

05/22/14

KROCHOT.dhl

List : 10

Souhmoti: 2.2 Prev. prvek c.: 1
Oznaceni prevod. prvku: 12

Evolventni drazkovani

Rozmer drazkovani z x m [mm] : 12 x 5.0
Prumer hridele d [mm] : 70.0
Delka drazkovani l [mm] : 20.0
Krutici moment Mk[Nm] : 724.000
Tlak p [MPa]: 29.551
Dovoleny tlak pd[MPa]: 40.000
p : vyhovuje

Skut. namahani Tau [MPa]: 23.831
Mez pevnosti Sigmapt[MPa]: 500.000
Mez kluzu Sigmakt[MPa]: 250.000

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 1

Blok + souhmoti : zadani

Blok : 1 pocet souhmoti : 3
Souhmoti : 2.0 souradny system :kartezky
ish I material souradnice pocatku (1.loz.)
I x[mm] y[mm] z[mm]
I
1 I 16420.40 .00 .00 .00
I

Rozmery nosneho profilu hridele - zadane

Souhmoti : 2.0 pocet rezu : 11
rez I Z[mm] Dmax[mm] Dmin[mm]
I
1 I -26.00 40.00 .00
2 I 9.00 50.00 .00
3 I 49.00 59.00 .00
4 I 59.00 67.00 .00
5 I 189.00 80.00 .00
6 I 242.00 94.00 .00
7 I 252.00 130.00 .00
8 I 284.00 145.00 .00
9 I 294.00 156.00 .00
10 I 340.00 100.00 .00
11 I 349.00 85.00 .00
I
z-tova sour. praveho konce hrid. : 394.00[mm]

Prevodove prvky - zadani polohy

Souhmoti : 2.0 pocet zaberu : 4
c. oznaceni I sour. Z[mm] uhel zaberu fi[deg]
I
1 10.11 I 65.00 360.00
2 12.13 I 140.00 360.00
3 5.06 I 326.00 180.00
4 14.15 I 370.00 360.00
I

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 2

Loziska - zadani polohy

Souhmoti : 2.0		pocet lozisek : 2			
c. oznaceni	I	sour.Z[mm]	podpera	maz.	uloz.
1	6408	I .00	.0	olej	ra()
2	6326	I 270.00	.0	olej	r

Obecna zatezna mista -zadani polohy

Souhmoti : 2.0		pocet OZM : 4	
zatizeni od loziska jineho souhmoti		I zatizeni od loziska jineho souhmoti	
sour. pusobiste :	20. [mm]	I sour. pusobiste :	40. [mm]
zatezovaci hrid.:	2.10 [-]	I zatezovaci hrid.:	2.10 [-]
zatezovaci loz. :	1.00 [-]	I zatezovaci loz. :	2.00 [-]
.....		I	
zatizeni od loziska jineho souhmoti		I zatizeni od loziska jineho souhmoti	
sour. pusobiste :	206. [mm]	I sour. pusobiste :	230. [mm]
zatezovaci hrid.:	2.20 [-]	I zatezovaci hrid.:	2.20 [-]
zatezovaci loz. :	1.00 [-]	I zatezovaci loz. :	2.00 [-]

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 3

- VYPOCTOVE CLENENI NOSNEHO PROFILU SOUHMOTI

Souhmoti : 2.00

rez	Z [mm]	h r i d e l Dmax [mm]	Dmin [mm]	I zatezna místa I ozn.	ZM/OZM	I l o z i s k a I oznaceni typ loziska uloz.
1	-26.0	40.0	.0	I		I
2	.0	40.0	.0	I		I
3	9.0	50.0	.0	I		I
4	20.0	50.0	.0	I	zat.od l.	I
5	40.0	50.0	.0	I	zat.od l.	I
6	49.0	59.0	.0	I		I
7	59.0	67.0	.0	I		I
8	65.0	67.0	.0	I	10.11 spojka	I
9	140.0	67.0	.0	I	12.13 spojka	I
10	189.0	80.0	.0	I		I
11	206.0	80.0	.0	I	zat.od l.	I
12	230.0	80.0	.0	I	zat.od l.	I
13	242.0	94.0	.0	I		I
14	252.0	130.0	.0	I		I
15	270.0	130.0	.0	I		I
16	284.0	145.0	.0	I		I
17	294.0	156.0	.0	I		I
18	326.0	156.0	.0	I	5.06 valc.vne.	I
19	340.0	100.0	.0	I		I
20	349.0	85.0	.0	I		I
21	370.0	85.0	.0	I	14.15 spojka	I
22	394.0	.0	.0	I		I

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 4

Prevodove prvky - popis

souhmoti : 2.00			pocet ZMZ : 4
Zakl. zatezne m.:	1	I Zakl. zatezne m.:	2
oznaceni :	10.	I oznaceni :	12.
spojka		I spojka	
druh spojky :	evolventni drazkov.	I druh spojky :	evolventni drazkov.
.....	I
Zakl. zatezne m.:	3	I Zakl. zatezne m.:	4
oznaceni :	5.	I oznaceni :	14.
celni kolo s vnejsim ozubenim		I spojka	
pocet zubu :	43. [-]	I druh spojky :	evolventni drazkov.
norm. modul :	3.50 [mm]	I	
uhel zaberu zubu:	20.00 [deg]	I	
uhel sklonu zubu:	15.00 [deg]	I	
sklon zubu :	levy	I	
sirka kola :	45.00 [mm]	I	
material :	16420.40	I	
drsnost :	1.60	I	
druh korekce :	nekorig.	I	
os.vzdal./j. kor:	.00 [mm]/[-]	I	
presnost :	7 - 7 - 5 Dh/III	I	
ucinnost :	.98 [-]	I	

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	
List : 5	

LOZISKA - popis

souhmoti : 2.00			pocet lozisek : 2
lozisko :	1	I lozisko :	2
<hr/>			
oznaceni :	6408	I oznaceni :	6326
vyrobce :	ZVL	I vyrobce :	ZVL
kulickove jednorade		I kulickove jednorade	
<hr/>			
vnitřni prumer :	40. [mm]	I vnitřni prumer :	130. [mm]
vnější prumer :	110. [mm]	I vnější prumer :	280. [mm]
sirka :	27. [mm]	I sirka :	58. [mm]
unosnost dyn. :	63100. [N]	I unosnost dyn. :	228000. [N]
unosnost stat. :	36900. [N]	I unosnost stat. :	196000. [N]
mezni otacky :	7900. [1/min]	I mezni otacky :	2800. [1/min]
typ vule :	normalni	I typ vule :	normalni
<hr/>			

ZATIZENI V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti :	2.00			pocet ZM :	4
<hr/>					
Z a d a n e h o d n o t y					
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	otacky	doba behu
			[Nm]	[1/min]	[hod]
<hr/>					
10.11	spojka	1.01	--	I	
		2.01	--	I	
		3.01	--	I	
		4.01	--	I	
<hr/>					
12.13	spojka	1.01	.0	I	
		2.01	683.0	I	
		3.01	.0	I	
		4.01	724.0	I	
<hr/>					
5.06	valc.vne.	1.01	-362.0	I	
		2.01	-683.0	I	
		3.01	.0	I	
		4.01	.0	I	
<hr/>					

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 6

14.15	spojka	1.01	.0	I
		2.01	.0	I
		3.01	-362.0	I
		4.01	-724.0	I

ZATIZENI V OBECNYCH ZATEZNYCH PRVCICH

Souhmoti : 2.00 pocet OZM : 4

oznaceni	typ	mst.zs	I	Fo	Fr	Fa
			I	[N]	[N]	[N]
1.00	jine loz.	1.01	I	.0	.0	.0
		2.01	I	-3698.9	3100.0	-911.0
		3.01	I	.0	.0	.0
		4.01	I	-3698.9	3100.0	-911.0
.....						
2.00	jine loz.	1.01	I	.0	.0	.0
		2.01	I	1789.4	2066.7	.0
		3.01	I	.0	.0	.0
		4.01	I	1789.4	2066.7	.0
.....						
3.00	jine loz.	1.01	I	-7493.0	3696.0	-1980.7
		2.01	I	.0	.0	.0
		3.01	I	-7942.8	3917.8	-2099.6
		4.01	I	.0	.0	.0
.....						
4.00	jine loz.	1.01	I	4707.6	3696.0	.0
		2.01	I	.0	.0	.0
		3.01	I	4990.2	3917.8	.0
		4.01	I	.0	.0	.0

Nazev : Pohon 90kW

Stroj : Horizontka

Autor : Krochot

05/19/14

KROCHOT.dhl

List : 7

SILY V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 2.00

pocet ZM : 4

zadane hodnoty		I	vypoctene hodnoty		
oznaceni	typ	Mk	Po	Fr	Fa
	mst.zs	[Nm]	[N]	[N]	[N]

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	
List : 8	

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 2.00

pocet lozisek : 2

l o z i s k o		v y p o c t e n e h o d n o t y				
oznaceni	typ	mst.zs I	Fx [N]	Fy [N]	Fr [N]	Fa [N]
6408	r. kul.jr.	1.01I	1801.1	-459.9	1858.9	735.6
		2.01I	3263.6	-2812.5	4308.3	-1438.1
		3.01I	1143.4	-1509.1	1893.4	2099.6
		4.01I	1900.6	-4630.9	5005.7	911.0
.....						
6326	r. kul.jr.	1.01I	-766.7	-11578.8	11604.1	.0
		2.01I	-4657.7	-11121.3	12057.2	.0
		3.01I	1809.1	-6326.6	6580.1	.0
		4.01I	8.9	-535.8	535.9	.0

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 2.00

pocet ZZM : 4

p r e v o d . p r v k y I		v y p o c t e n e h o d n o t y					
ozn.	typ	ms.zs I	pruhyb ux[mm]	pruhyb uy[mm]	pruhyb uo[mm]	natoceni fio[rad]	natoceni fik[rad]
.....							

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	
List : 9	

DEFORMACE v obecných zateznych mistech

Souhmotí : 2.00 počet OZM : 4
O Z M I v y p o c t e n e h o d n o t y

poradi	ms.zs	I	pruhyb ux[mm]	pruhyb uy[mm]	pruhyb uo[mm]	natoceni fio[rad]	natoceni fik[rad]
.....							
1.	1.01	I	-.225E-02	.559E-03	.231E-02	.111E-03	.240E-03
	2.01	I	-.194E-02	-.500E-03	.200E-02	.948E-04	.000E+00
	3.01	I	-.141E-02	.189E-02	.236E-02	.113E-03	.000E+00
	4.01	I	-.211E-03	.181E-02	.182E-02	.797E-04	.000E+00
.....							
2.	1.01	I	-.426E-02	.106E-02	.439E-02	.941E-04	.386E-03
	2.01	I	-.353E-02	-.130E-02	.376E-02	.853E-04	.000E+00
	3.01	I	-.267E-02	.358E-02	.447E-02	.958E-04	.000E+00
	4.01	I	-.252E-03	.308E-02	.309E-02	.460E-04	.000E+00
.....							
3.	1.01	I	-.644E-02	.150E-02	.661E-02	.845E-04	.802E-03
	2.01	I	-.526E-02	-.482E-02	.714E-02	.794E-04	.245E-03
	3.01	I	-.392E-02	.546E-02	.672E-02	.862E-04	.000E+00
	4.01	I	-.903E-04	.207E-02	.207E-02	.307E-04	.259E-03
.....							
4.	1.01	I	-.425E-02	.931E-03	.435E-02	.102E-03	.828E-03
	2.01	I	-.358E-02	-.338E-02	.492E-02	.106E-03	.295E-03
	3.01	I	-.253E-02	.362E-02	.442E-02	.104E-03	.000E+00
	4.01	I	-.568E-04	.131E-02	.131E-02	.323E-04	.313E-03

DEFORMACE v loziskach

Souhmotí : 2.00 počet lozisek : 2
l o z i s k o I v y p o c t e n e h o d n o t y

oznaceni	typ	mst.zs	I	natoceni fio [rad]
.....				
6408	r. kul.jr.	1.01I	.1188E-03	
		2.01I	.1044E-03	
		3.01I	.1210E-03	
		4.01I	.9899E-04	
.....				
6326	r. kul.jr.	1.01I	.1115E-03	
		2.01I	.1309E-03	
		3.01I	.1124E-03	
		4.01I	.3302E-04	

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	
List : 10	

maximalni NAPETI

Souhmoti : 2.00
I vypoctene hodnoty

mst.	zs.I	c. rezu	souradnice	napeti	
[-]	[-]	I	z[mm]	sigr[Mpa]	
1	1	I	3	9.0	53.4
2	1	I	10	189.0	26.0
3	1	I	10	189.0	12.8
4	1	I	9	140.0	21.7

Maximalni DEFORMACE a NAPETI

Souhmoti : 2.00

velicina		m.st.	stav	poradi	hodnota
* pruhyb	uo v ZZM	[mm]	:	2 1 4	.135E-01 *
* natoceni	fio v ZZM	[rad]	:	2 1 3	.136E-03 *
* natoceni	fio v lozisku	[rad]	:	2 1 2	.131E-03 *
* napeti	[MPa]	:	1 1	9	53.4 *

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 11

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 2.00 pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 6408
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 1.09 [-]
Trvanlivost loziska : 21872. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 61246. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 1.61 [-]

Staticka kontrola loziska 6408
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 7.37 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....
Dynamicka kontrola loziska 6326
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 5.81 [-]
Trvanlivost loziska : 116291. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 126793. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : .57 [-]

Staticka kontrola loziska 6326
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 16.26 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	
List : 12	

```

*****
*                   o z u b e n a   k o l a   c e l n i                   *
*                                                                 *
*                                                                 *
*                                                                 *
*   razitko pro kolo   5   *
*   ===== *
*                                                                 *
*-----*
* ozubeni (CELNI,KUZELOVE)          i          celni *
* zuby (PRIME,SIKME,SIPOVE)        i          sikme *
* pocet zubu                         i   z   i   43 *
*   i modul                          i   m   i   3.50 *
* nastroj i uhel profilu             i   alfa i   20 0 0 *
*   i profil                          i   CSN 014607 *
*   i vyska hlavy nastroje            i   hxf i 1.25.m = 4.38 *
* uhel sklonu bocni krivky zubu      i   beta i 15 0 0 *
* smysl stoupani bocni krivky zubu   i   -   i   levy *
* jednotkove posunuti                 i   x   i   .0000 *
* jednotkova zmena tloustky zubu      i   xt  i *
* stupen presnosti                   i          7 - 7 - 5 Dh/III *
*   i tloustka zubu na tetive          i          i   4.85 -.053 *
*   i                                  i          i   -.106 *
*   i vyska hlavy zubu nad tetivou     i          i   2.62 *
* kontr. i pres 6 zubu                 i   W   i   59.16 -.050 *
* rozmer i                              i          i   -.100 *
*   i pres kulicky 0 5.00              i   M   i   160.21 -.185 *
*   i                                  i          i   -.263 *
* modul celni                         i   mt  i   3.62347 *
* prumer zakladni kruznice            i   db  i   145.80 *
* uhel sklonu bocni krivky zubu na zakl.valcii betab i 14 4 34 *
*   i                                  i          i *
*   i                                  i          i *
* betaw15 = 14 35 0   dw15 = 151.29   i          i *
*-----*
*                   spoluzabirajici kolo *
*-----*
* cislo vykresu i   pocet zubu i   vzdalenost os aw i   uhel os *
*   i          80          i   222.84 + .035 i   0 *
*   i          i          i   - .035 i *
*-----*
*                                                                 *
*   prumery ozubeneho kola 5 [mm] *
*   ===== *
*   roztecný 155.81   mezni obvodove hazeni .050 *
*   patni 147.06 *
*   hlavovy 162.81 *
*   zadana sirka 45.00 mm *
*   *
*   *
*****

```


Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 14

```

* * * * *
*           o z u b e n a   k o l a   c e l n i
*           r o z m e r o v y   v y p o c e t
*
*   nekorigovane soukoli
*
*           kolo 5           kolo 6
*
*   pocet zubu kol           43           80
*   normalny modul [mm]           3.50
*   normalny uhel zaberu [deg]           20 0 0
*   uhel sklonu zubu [deg] (kl 1)           15 0 0
*   bocni vule [mm]           .0000
*   osova vzdalenost [mm]           222.8432
*   sirka kol [mm]           45.00           45.00
*
*   jednotkove posunuti profilu           .0000           .0000
*   prumery hlavovych kruznic [mm]           162.81           296.88
*   prumery roztecných kruznic [mm]           155.81           289.88
*   prumery patnich kruznic [mm]           147.06           281.13
*   prumery zakladnich kruznic [mm]           145.80           271.26
*
*   trvani evolventy           1.6869
*   trvani kroku           1.0592
*   celkove trvani zaberu           2.7461
*
*   meze souctu jednotkovych posunuti
*   smluvni dolni mez           -.4767
*   doporuцена dolni mez           .0000
*   skutecny soucet jedn. posunuti           .0000
*   doporuцена horni mez           1.0000
*   smluvni horni mez           1.5000
*
*   meze jednotkovych posunuti kol
*   smluvni dolni mez           -.4553           -.5000
*   doporuцена dolni mez           -.4329           -.5000
*   skutecne jednotkove posunuti           .0000           .0000
*   doporuцена horni mez           .6000           .6000
*   smluvni horni mez           .9732           1.0000
*
*   kontrolni miry
*   pocet zubu pro mereni           6           11
*   rozmer pres zuby [mm]           59.16           112.82
*
*   konstantni tloustka zubu [mm]           4.85           4.85
*   konstantni vyska zubu [mm]           2.62           2.62
*
*   hodnoty pro brouseni
*   beta w15           14 35 0           14 35 0
*   dw15           151.2868           281.4638
*   beta w 0           14 4 34           14 4 34
*   dw 0           145.8016           271.2589
*   prumer kruz. pocatku zaberu [mm]           150.30           284.18
* * * * *

```


Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 17

Blok + souhmoti : zadani

Blok : 1 pocet souhmoti : 3
Souhmoti : 2.1 souradny system : kartecky
ish I material souradnice pocatku (1.loz.)
I x[mm] y[mm] z[mm]
I

2 I 14220.40 .00 .00 .00
I

Rozmery nosneho profilu hridele - zadane

Souhmoti : 2.1 pocet rezu : 2
rez I Z[mm] Dmax[mm] Dmin[mm]
I

1 I -15.00 134.00 110.00
2 I 30.00 134.00 100.00
I
z-tova sour. praveho konce hrid. : 60.00[mm]

Prevodove prvky - zadani polohy

Souhmoti : 2.1 pocet zaberu : 2
c. oznaceni I sour. Z[mm] uhel zaberu fi[deg]
I

1 2.01 I 10.00 .00
2 11.10 I 45.00 360.00
I

Loziska - zadani polohy

Souhmoti : 2.1 pocet lozisek : 2
c. oznaceni I sour.Z[mm] podpera maz. uloz.
I

1 6210 I .00 2.0 olej ra(
2 6210 I 25.00 2.0 olej ra)
I

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 18

Obecná zatezovací místa - zadání polohy

Souhmotí : 2.1 počet OZM : 0

- VÝPOČTOVÉ ČLENĚNÍ NOSNEHO PROFILU SOUHMOTI

Souhmotí : 2.10

rez	h r i d e l Z [mm]	Dmax [mm]	Dmin [mm]	I zatezovací místa I ozn. ZZM/OZM	I l o z i s k a I označení typ ložiska uloz.
1	-15.0	134.0	110.0	I	
2	.0	134.0	110.0	I	6210 r.kul.jr. ra
3	10.0	134.0	110.0	I 2.01 valc.vne.	
4	25.0	134.0	110.0	I	6210 r.kul.jr. ra)
5	30.0	134.0	100.0	I	
6	45.0	134.0	100.0	I 11.10 spojka	
7	60.0	.0	.0	I	

Prevedovacie prvky - popis

souhmotí : 2.10		pocet ZZM : 2
Zakl. zatezovací m.:	1	I Zakl. zatezovací m.: 2
označení :	2.	I označení : 11.
celní kolo s vnějším ozubením		I spojka
pocet zubu :	46. [-]	I druh spojky : evolventní drážkov.
norm. modul :	3.00 [mm]	
uhel zaberu zubu:	20.00 [deg]	
uhel sklonu zubu:	10.00 [deg]	
sklon zubu :	levy	
sírka kola :	38.00 [mm]	
material :	14220.40	
drsnost :	1.60	
druh korekce :	merný skluz	
os.vzdal./j. kor:	140.00 [mm]/[-]	
presnost :	7 - 7 - 5 Dh/III	
ucinnost :	.98 [-]	

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 19

LOZISKA - popis

souhmoti : 2.10			pocet lozisek : 2
lozisko : 1	I	lozisko	: 2
oznaceni : 6210	I	oznaceni	: 6210
vyrobce : ZVL	I	vyrobce	: ZVL
kulickove jednorade	I	kulickove jednorade	
vnitрни prumer : 50. [mm]	I	vnitрни prumer	: 50. [mm]
vnejsi prumer : 90. [mm]	I	vnejsi prumer	: 90. [mm]
sirka : 20. [mm]	I	sirka	: 20. [mm]
unosnost dyn. : 34800. [N]	I	unosnost dyn.	: 34800. [N]
unosnost stat. : 19600. [N]	I	unosnost stat.	: 19600. [N]
mezni otacky : 8400. [1/min]	I	mezni otacky	: 8400. [1/min]
typ vule : normalni	I	typ vule	: normalni
	I		
	I		
	I		
	I		
	I		
	I		

ZATIZENI V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 2.10				pocet ZMZ : 2
Z a d a n e	h o d n o t y			
oznaceni	typ	mst.zs	Mk [Nm]	otacky [1/min] doba behu [hod]
2.01	valc.vne.	1.01	.0	I 2450.0 5000.0
		2.01	362.0	I 1294.0 5000.0
		3.01	.0	I 2450.0 5000.0
		4.01	362.0	I 1225.0 5000.0
.....				I
11.10	spojka	1.01	.0	I
		2.01	-362.0	I
		3.01	.0	I
		4.01	-362.0	I

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	
List : 20	

ZATÍŽENÍ V OBECNÝCH ZÁTEŽNÝCH PRVCÍCH

Souhmoti : 2.10 pocet OZM : 0

SILY V PŘEVODOVÝCH PRVCÍCH

Souhmoti : 2.10 pocet ZZM : 2

z a d a n e		h o d n o t y		I	v y p o c t e n e		h o d n o t y	
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	I	Fo	Fr	Fa	
			[Nm]	I	[N]	[N]	[N]	
2.01	valc.vne.	1.01	.0	I	.0	.0	.0	
		2.01	362.0	I	5166.7	1909.5	-911.0	
		3.01	.0	I	.0	.0	.0	
		4.01	362.0	I	5166.7	1909.5	-911.0	
.....								
11.10	spojka	1.01	.0	I	.0	.0	.0	
		2.01	-362.0	I	.0	.0	.0	
		3.01	.0	I	.0	.0	.0	
		4.01	-362.0	I	.0	.0	.0	

OBVODOVÉ RYCHLOSTI

zatez. místo	I	2.	I	11.	I
-----I-----I-----I					
obv. rych. [m/s]	I	29.35	I	.00	I

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 21

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 2.10

pocet lozisek : 2

l o z i s k o		v y p o c t e n e h o d n o t y				
oznaceni	typ	mst.zs I	Fx [N]	Fy [N]	Fr [N]	Fa [N]
6210 r. kul.jr.	1.01I		.0	.0	.0	.0
	2.01I		3698.9	-3100.0	4826.2	911.0
	3.01I		.0	.0	.0	.0
	4.01I		3698.9	-3100.0	4826.2	911.0
.....						
6210 r. kul.jr.	1.01I		.0	.0	.0	.0
	2.01I		-1789.4	-2066.7	2733.7	.0
	3.01I		.0	.0	.0	.0
	4.01I		-1789.4	-2066.7	2733.7	.0

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 2.10

pocet ZZM : 2

p r e v o d . p r v k y I		v y p o c t e n e h o d n o t y					
ozn.	typ	ms.zs I	I pruhyb ux[mm]	I pruhyb uy[mm]	I pruhyb uo[mm]	I natoceni fio[rad]	I natoceni fik[rad]
2.01 valc.vne.	1.01I		-.556E-02	.127E-02	.571E-02	.000E+00	.000E+00
	2.01I		-.458E-02	-.425E-02	.625E-02	.770E-07	.000E+00
	3.01I		-.336E-02	.473E-02	.580E-02	.000E+00	.000E+00
	4.01I		-.769E-04	.177E-02	.177E-02	.770E-07	.000E+00
.....							
11.10 spojka	1.01I		-.251E-02	.479E-03	.255E-02	.000E+00	.000E+00
	2.01I		-.223E-02	-.223E-02	.315E-02	.107E-06	.824E-05
	3.01I		-.142E-02	.216E-02	.258E-02	.000E+00	.000E+00
	4.01I		-.299E-04	.705E-03	.706E-03	.107E-06	.824E-05

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 23

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 2.10 pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 6210A
(vyrobce ZVL)

>>> Nulove ekvivalentni zatizeni loziska <<

Staticka kontrola loziska 6210A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 4.06 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....

Dynamicka kontrola loziska 6210A
(vyrobce ZVL)

>>> Nulove ekvivalentni zatizeni loziska <<

Staticka kontrola loziska 6210A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 7.17 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	
List : 26	

```

* * * * *
*           o z u b e n a   k o l a   c e l n i
*           r o z m e r o v y   v y p o c e t
*
*   korekce na merne skluzy
*
*           kolo 2           kolo 1
*
*   pocet zubu kol           46           45
*   normalny modul [mm]           3.00
*   normalny uhel zaberu [deg]           20 0 0
*   uhel sklonu zubu [deg](kl l)           10 0 0
*   bocni vule [mm]           .0000
*   osova vzdalenost [mm]           140.0000
*   sirka kol [mm]           38.00           40.00
*
*   jednotkove posunuti profilu           .2388           .2425
*   prumery hlavovych kruznic [mm]           147.46           144.44
*   prumery roztecnich kruznic [mm]           140.13           137.08
*   prumery patnich kruznic [mm]           134.06           131.04
*   prumery zakladnich kruznic [mm]           131.44           128.58
*
*   trvani evolventy           1.6028
*   trvani kroku           .7001
*   celkove trvani zaberu           2.3029
*
*   meze souctu jednotkovych posunuti
*   smluvni dolni mez           -.2747
*   doporuцена dolni mez           .0000
*   skutecny soucet jedn. posunuti           .4813
*   doporuцена horni mez           1.0000
*   smluvni horni mez           1.5000
*
*   meze jednotkovych posunuti kol
*   smluvni dolni mez           -.4665           -.4491
*   doporuцена dolni mez           -.4497           -.4236
*   skutecne jednotkove posunuti           .2388           .2425
*   doporuцена horni mez           .6000           .6000
*   smluvni horni mez           .9799           .9694
*
*   kontrolni miry
*   pocet zubu pro mereni           6           6
*   rozmer pres zuby [mm]           51.22           51.18
*
*   konstantni tloustka zubu [mm]           4.62           4.63
*   konstantni vyska zubu [mm]           2.83           2.84
*
*   hodnoty pro brouseni
*   beta w15           9 43 33           9 43 33
*   dw15           136.2098           133.2487
*   beta w 0           9 23 29           9 23 29
*   dw 0           131.4393           128.5819
*   prumer kruz. pocatku zaberu[mm]           136.84           133.81
* * * * *

```


Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 29

Blok + souhmoti : zadani

Blok : 1 pocet souhmoti : 3
Souhmoti : 2.2 souradny system : kartecky
ish I material souradnice pocatku (1.loz.)
I x[mm] y[mm] z[mm]
I

3 I 14220.40 .00 .00 .00

I

Rozmery nosneho profilu hridele - zadane

Souhmoti : 2.2 pocet rezu : 2
rez I Z[mm] Dmax[mm] Dmin[mm]
I

1 I -54.00 170.00 100.00
2 I -12.00 170.00 140.00

I
z-tova sour. praveho konce hrid. : 36.00[mm]

Prevodove prvky - zadani polohy

Souhmoti : 2.2 pocet zaberu : 2
c. oznaceni I sour. Z[mm] uhel zaberu fi[deg]
I

1 12.13 I -40.00 360.00
2 4.03 I 15.00 .00

I

Loziska - zadani polohy

Souhmoti : 2.2 pocet lozisek : 2
c. oznaceni I sour.Z[mm] podpera maz. uloz.
I

1 6216 I .00 2.0 olej ra(
2 6216 I 30.00 2.0 olej ra)

I

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 30

Obecná zátěžná místa - zadání polohy

Souhmoti : 2.2 počet OZM : 0

- VÝPOČTOVÉ ČLENĚNÍ NOSNEHO PROFILU SOUHMOTI

Souhmoti : 2.20

rez	h r i d e l			I zátěžná místa		I l o z i s k a	
	Z[mm]	Dmax[mm]	Dmin[mm]	I ozn.	ZZM/OZM	I	označení typ ložiska ulož.
1	-54.0	170.0	100.0	I		I	
2	-40.0	170.0	100.0	I	12.13 spojka	I	
3	-12.0	170.0	140.0	I		I	
4	.0	170.0	140.0	I		I	6216 r.kul.jr. ra(
5	15.0	170.0	140.0	I	4.03 valc.vne.	I	
6	30.0	170.0	140.0	I		I	6216 r.kul.jr. ra)
7	36.0	.0	.0	I		I	

Prevedové prvky - popis

souhmoti : 2.20		počet ZZM : 2
Zakl. zátěžné m.:	1	I Zakl. zátěžné m.:
		I 2
označení :	12.	I označení :
spojka		I 4.
		I čelní kolo s vnějším ozubením
druh spojky :	evolventní drážkov.	I
		I počet zubů :
		I 51. [-]
		I norm. modul :
		I 3.50 [mm]
		I úhel záberu zubů:
		I 20.00 [deg]
		I úhel sklonu zubů:
		I 15.00 [deg]
		I sklon zubů :
		I levý
		I sířka kola :
		I 48.00 [mm]
		I materiál :
		I 14220.40
		I drsnost :
		I 1.60
		I druh korekce :
		I merný skluz
		I os.vzdal./j. kor:
		I 140.00 [mm]/[-
		I přesnost :
		I 7 - 7 - 5 Dh/III
		I účinnost :
		I .98 [-]

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	
List : 31	

LOZISKA - popis

souhmoti : 2.20			pocet lozisek : 2
lozisko :	1	I lozisko :	2
oznaceni :	6216	I oznaceni :	6216
vyrobce :	ZVL	I vyrobce :	ZVL
kulickove jednorade		I kulickove jednorade	
vnitрни prumer :	80. [mm]	I vnitрни prumer :	80. [mm]
vnejsi prumer :	140. [mm]	I vnejsi prumer :	140. [mm]
sirka :	26. [mm]	I sirka :	26. [mm]
unosnost dyn. :	72200. [N]	I unosnost dyn. :	72200. [N]
unosnost stat. :	44700. [N]	I unosnost stat. :	44700. [N]
mezni otacky :	5600. [1/min]	I mezni otacky :	5600. [1/min]
typ vule :	normalni	I typ vule :	normalni
		I	
		I	
		I	
		I	
		I	
		I	
		I	

ZATIZENI V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti :	2.20			pocet ZMZ :	2
Z a d a n e h o d n o t y					
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	otacky	doxa behu
			[Nm]	[1/min]	[hod]
12.13	spojka	1.01	-683.0	I 2450.0	5000.0
		2.01	.0	I 1294.0	5000.0
		3.01	-724.0	I 2450.0	5000.0
		4.01	.0	I 1225.0	5000.0
.....I					
4.03	valc.vne.	1.01	683.0	I	
		2.01	.0	I	
		3.01	724.0	I	
		4.01	.0	I	

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 32

ZATIZENI V OBEENYCH ZATEZNYCH PRVCICH

Souhmoti : 2.20 pocet OZM : 0

SILY V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 2.20 pocet ZZM : 2

zadane oznaceni	hodnoty typ	mst.zs	I		vypoctene hodnoty		
			Mk [Nm]	I	Fo [N]	Fr [N]	Fa [N]
12.13	spojka	1.01	-683.0	I	.0	.0	.0
		2.01	.0	I	.0	.0	.0
		3.01	-724.0	I	.0	.0	.0
		4.01	.0	I	.0	.0	.0
.....							
4.03	valc.vne.	1.01	683.0	I	7391.9	2785.3	-1980.7
		2.01	.0	I	.0	.0	.0
		3.01	724.0	I	7835.6	2952.5	-2099.6
		4.01	.0	I	.0	.0	.0

OBVODOVE RYCHLOSTI

zatez. místo	I	12.	I	4.	I
-----I-----I-----I					
obv.rych. [m/s]	I	.00	I	25.16	I

Nazev : Pohon 90kW

Stroj : Horizontka

Autor : Krochot

05/19/14

KROCHOT.dhl

List : 33

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 2.20

pocet lozisek : 2

l o z i s k o		I		v y p o c t e n e h o d n o t y			
oznaci	typ	mst.zs	I	Fx	Fy	Fr	Fa
			I	[N]	[N]	[N]	[N]
6216	r. kul.jr.	1.01I		7493.0	-3696.0	8354.9	1980.7
		2.01I		.0	.0	.0	.0
		3.01I		7942.8	-3917.8	8856.5	2099.6
		4.01I		.0	.0	.0	.0
.....							
6216	r. kul.jr.	1.01I		-4707.6	-3696.0	5985.1	.0
		2.01I		.0	.0	.0	.0
		3.01I		-4990.2	-3917.8	6344.4	.0
		4.01I		.0	.0	.0	.0

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 2.20

pocet ZZM : 2

p r e v o d . p r v k y I		I		v y p o c t e n e h o d n o t y				
ozn.	typ	ms.zs	I	pruhyb	pruhyb	pruhyb	natoceni	natoceni
			I	ux[mm]	uy[mm]	uo[mm]	fio[rad]	fik[rad]
12.13	spojka	1.01I		-.935E-02	.225E-02	.961E-02	.122E-06	.000E+00
		2.01I		-.750E-02	-.675E-02	.101E-01	.000E+00	.000E+00
		3.01I		-.577E-02	.790E-02	.978E-02	.129E-06	.000E+00
		4.01I		-.135E-03	.308E-02	.308E-02	.000E+00	.000E+00
.....								
4.03	valc.vne.	1.01I		-.534E-02	.121E-02	.548E-02	.984E-07	-.841E-05
		2.01I		-.442E-02	-.410E-02	.603E-02	.000E+00	.000E+00
		3.01I		-.323E-02	.454E-02	.557E-02	.104E-06	-.892E-05
		4.01I		-.735E-04	.169E-02	.169E-02	.000E+00	.000E+00

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 34

DEFORMACE v loziskach

Souhmoti : 2.20 pocet lozisek : 2
l o z i s k o I vypoctene hodnoty
oznaceni typ mst.zs I natoceni
 I fio [rad]

6216	r. kul.jr.	1.0II	.1219E-06
		2.0II	.0000E+00
		3.0II	.1293E-06
		4.0II	.0000E+00
.....			
6216	r. kul.jr.	1.0II	.9076E-07
		2.0II	.0000E+00
		3.0II	.9621E-07
		4.0II	.0000E+00

maximalni NAPETI

Souhmoti : 2.20
I v y p o c t e n e h o d n o t y
mst. zs.I c. rezu souradnice napeti
[-] [-] I [-] z [mm] sigr [Mpa]

1	1 I	5	15.0	5.0
2	1 I	3	-12.0	.0
3	1 I	5	15.0	5.3
4	1 I	3	-12.0	.0

Maximalni DEFORMACE a NAPETI

Souhmoti : 2.20

* velikina	:	m.st.	stav	poradi	hodnota	*
*						*
* pruhyb uo v ZZM	[mm] :	2	1	1	.101E-01	*
* natoceni fio v ZZM	[rad] :	3	1	1	.129E-06	*
* natoceni fio v lozisku	[rad] :	3	1	1	.129E-06	*
* napeti	[MPa] :	3	1	3	5.3	*

Nazev : Pohon 90kW	Stroj : Horizontka
Autor : Krochot	05/19/14
KROCHOT.dhl	List : 35

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 2.20 pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 6216A
(vyrobce ZVL)

>> Nulove ekvivalentni zatizeni loziska <<

Staticka kontrola loziska 6216A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 5.05 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....

Dynamicka kontrola loziska 6216A
(vyrobce ZVL)

>> Nulove ekvivalentni zatizeni loziska <<

Staticka kontrola loziska 6216A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 7.05 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Nazev : Pohon 90kW

Stroj : Horizontka

Autor : Krochot

05/19/14

KROCHOT.dhl

List : 38

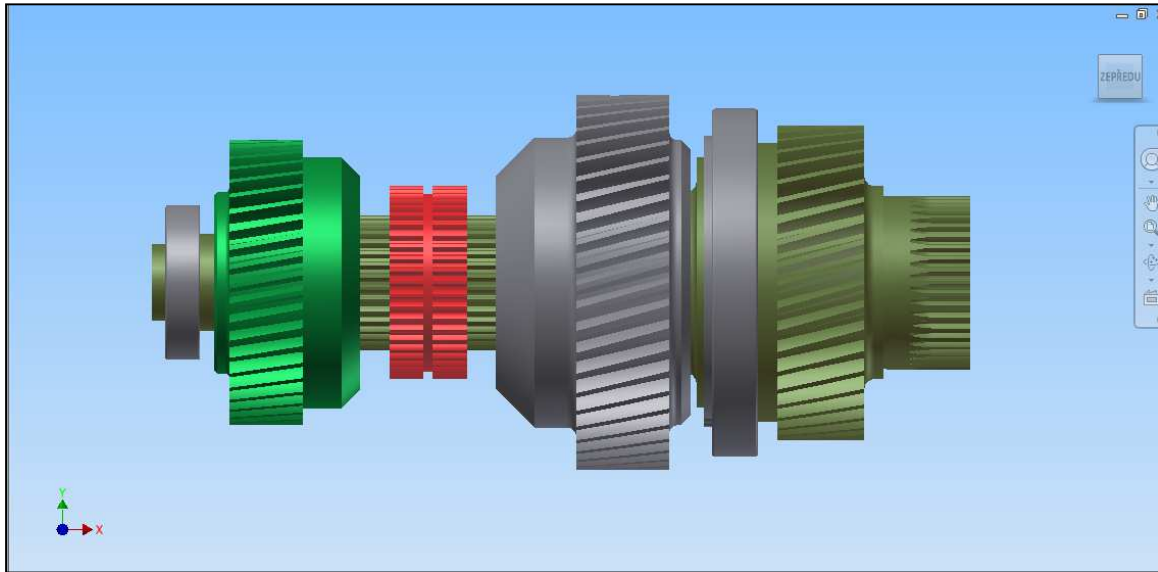
```

* * * * *
*           o z u b e n a   k o l a   c e l n i
*           r o z m e r o v y   v y p o c e t
*
*   korekce na merne skluzy
*
*           kolo 4           kolo 3
*
*   pocet zubu kol           51           25
*   normalny modul [mm]           3.50
*   normalny uhel zaberu [deg]           20 0 0
*   uhel sklonu zubu [deg](kl 1)           15 0 0
*   bocni vule [mm]           .0000
*   osova vzdalenost [mm]           140.0000
*   sirka kol [mm]           48.00           50.00
*
*   jednotkove posunuti profilu           .3084           .3880
*   prumery hlavovych kruznic [mm]           193.70           100.04
*   prumery roztecnich kruznic [mm]           184.80           90.59
*   prumery patnich kruznic [mm]           178.21           84.55!pod zakladni*
*   prumery zakladnich kruznic [mm]           172.93           84.77
*
*   trvani evolventy           1.4496
*   trvani kroku           1.1298
*   celkove trvani zaberu           2.5795
*
*   meze souctu jednotkovych posunuti
*   smluvni dolni mez           -.2181
*   doporuцена dolni mez           .0000
*   skutecny soucet jedn. posunuti           .6964
*   doporuцена horni mez           1.0000
*   smluvni horni mez           1.5000
*
*   meze jednotkovych posunuti kol
*   smluvni dolni mez           -.5000           -.1252
*   doporuцена dolni mez           -.5000           .0623
*   skutecne jednotkove posunuti           .3084           .3880
*   doporuцена horni mez           .6000           .6000
*   smluvni horni mez           1.0000           .7751
*
*   kontrolni miry
*   pocet zubu pro mereni           7           4
*   rozmer pres zuby [mm]           70.66           38.45
*
*   konstantni tloustka zubu [mm]           5.55           5.73
*   konstantni vyska zubu [mm]           3.44           3.69
*
*   hodnoty pro brouseni
*   beta w15           14 35 0           14 35 0
*   dw15           179.4332           87.9574
*   beta w 0           14 4 34           14 4 34
*   dw 0           172.9275           84.7684
*   prumer kruz. pocatku zaberu[mm]           181.89           87.64
* * * * *

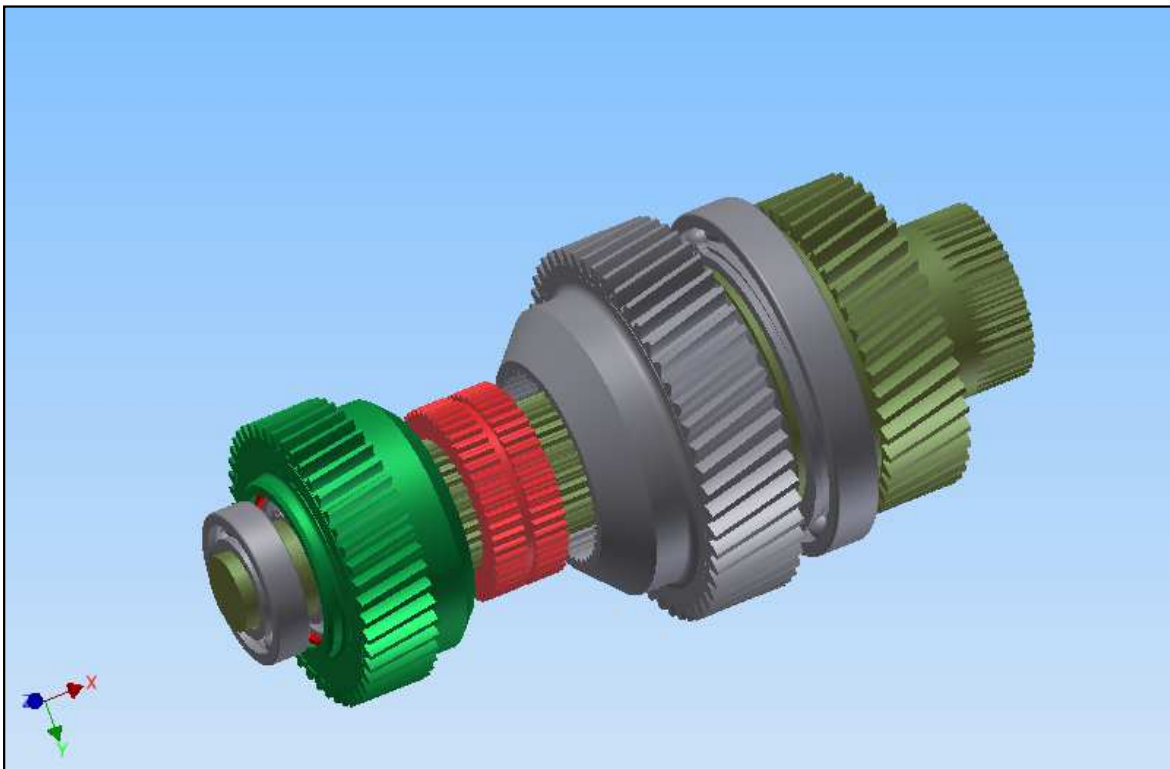
```


Příloha č.2 – Zpracování části návrhu v CAD systému INVENTOR

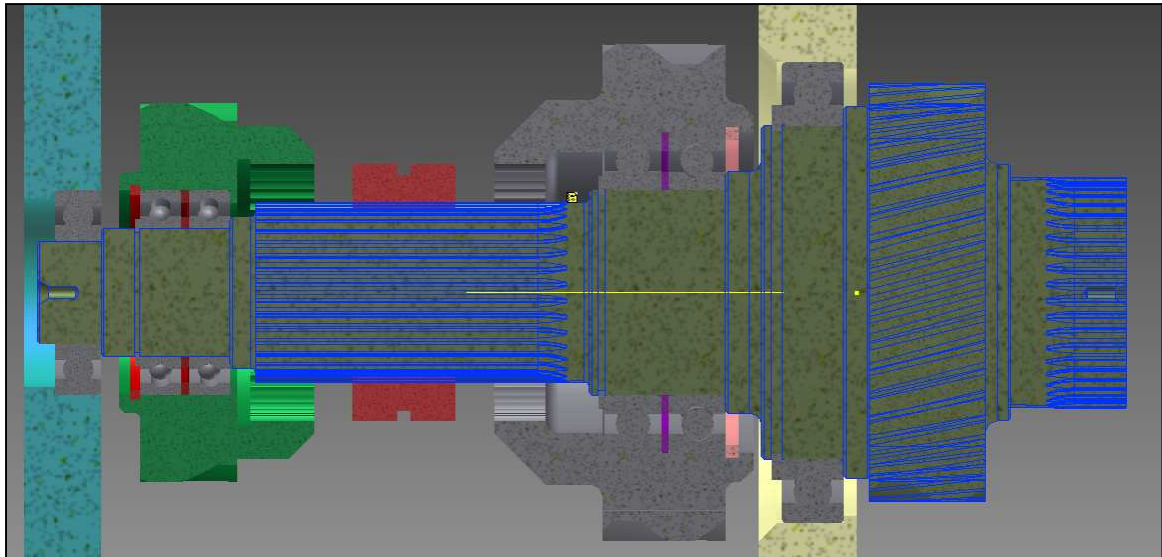
Pro zpracování modelů v CAD systému, jsem si zvolil hřídel č.2 jehož je součástí kolo Z_5 , včetně zubové spojky S_1 a ozubených kol Z_2 a Z_4 .



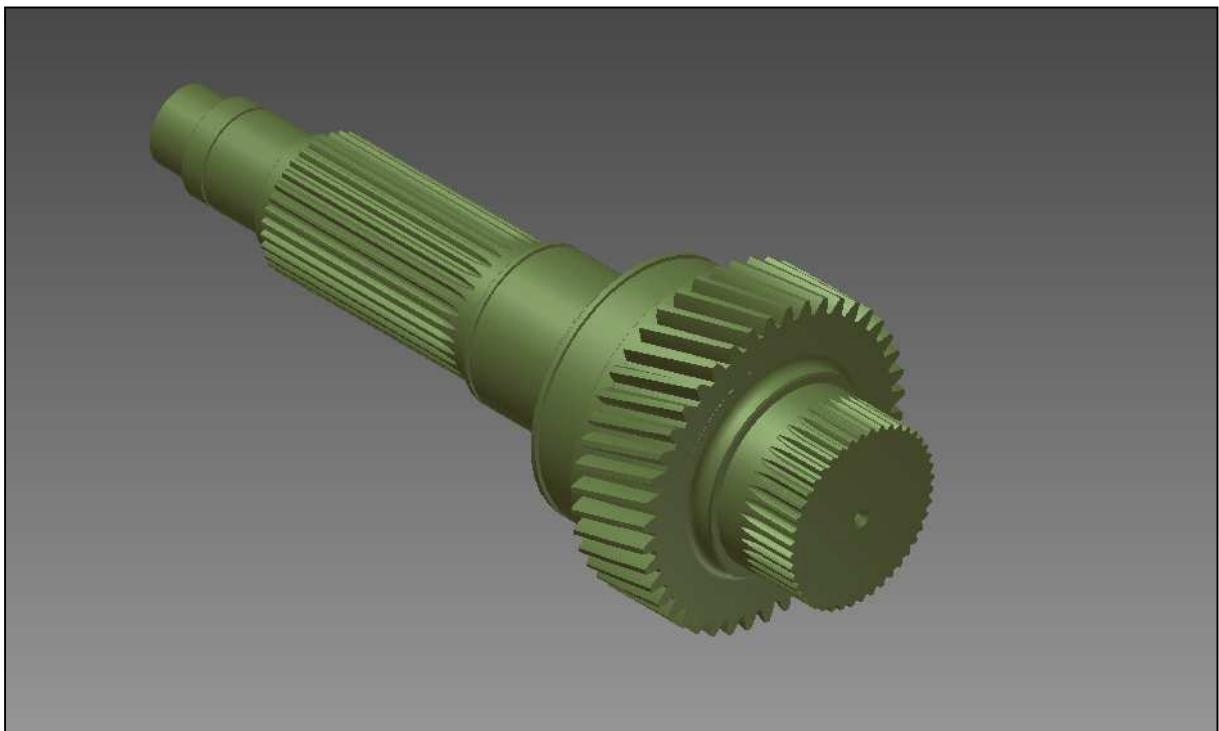
Model sestavy



Model sestavy

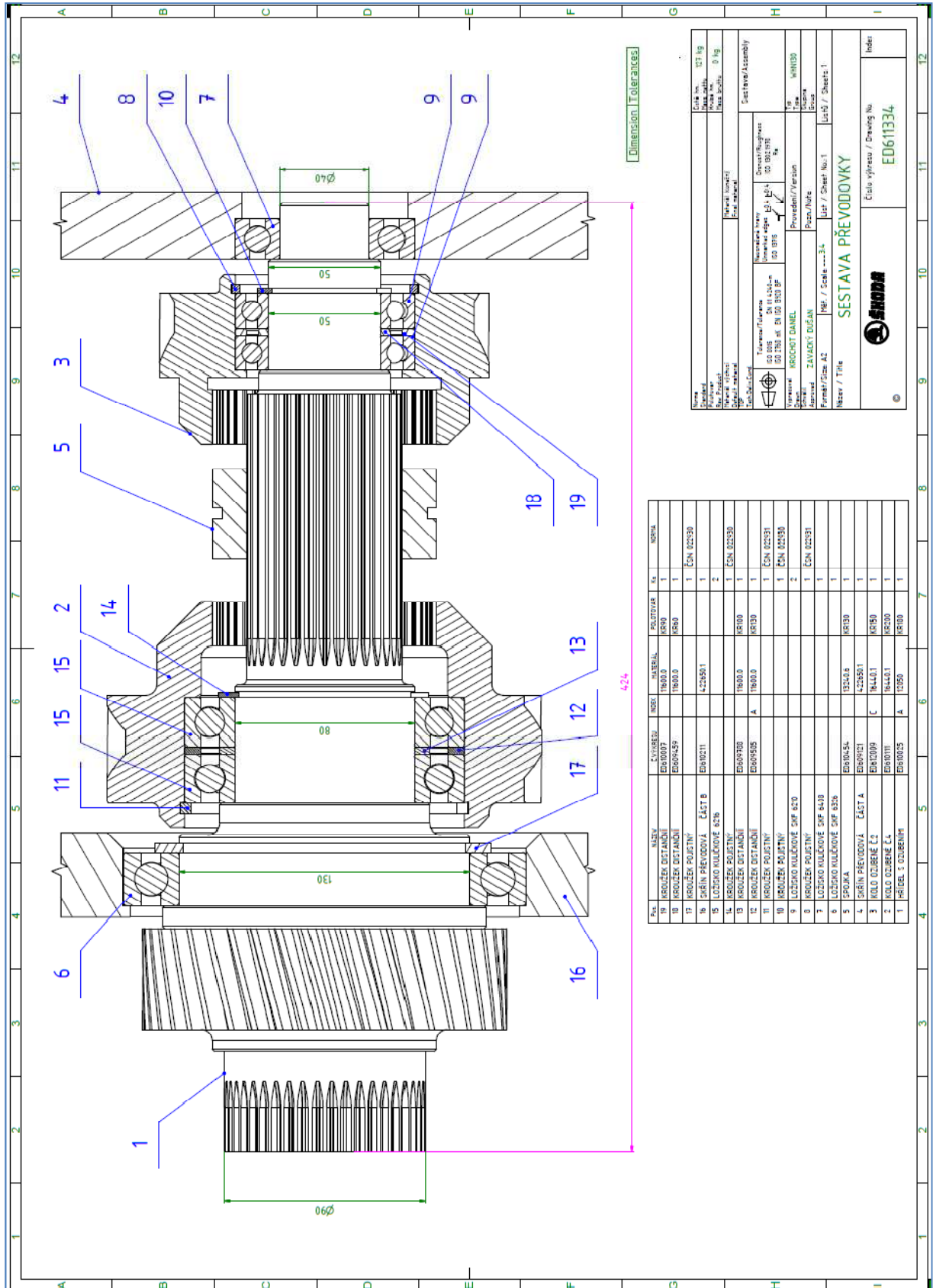


Model sestavy v řezu



Model hřídele

Příloha č.3 – Výkres sestavy a kusovník




Pos.	NÁZEV	ZYMAREZ	MOUČK.	MATERIÁL	KLASIFIKACE	Ko	MRSA
15	KROUŽEK DÍLANÍ	ED0007		16000	KR30	1	
18	KROUŽEK DÍLANÍ	ED00439		16000	KR30	1	ČSN 022390
17	KROUŽEK POJISTNÍ						
16	ŠKŘÍNÍ PŘEVODOVÝ ČÁST B	ED01211		4-2358.1		2	
15	LOŽISKO KULOVÉ 6206						
14	KROUŽEK POJISTNÍ	ED009780		16000	KR100	1	ČSN 022390
13	KROUŽEK DÍLANÍ						
12	KROUŽEK POJISTNÍ	ED00555		16000	KR130	1	ČSN 022391
11	KROUŽEK POJISTNÍ						
10	KROUŽEK POJISTNÍ						
9	LOŽISKO KULOVÉ SKF 620						
8	KROUŽEK POJISTNÍ						
7	LOŽISKO KULOVÉ SKF 640						
6	LOŽISKO KULOVÉ SKF 636						
5	SPŮJKA	ED16454		13348	KR130	1	
4	ŠKŘÍNÍ PŘEVODOVÝ ČÁST A	ED00921		4-2358.1		1	
3	KOLO OČERNÉ C.1	ED12009		1644.1	KR150	1	
2	KOLO OČERNÉ E.L	ED10111		1644.1	KR200	1	
1	HEŘBEK S OČERNĚNÍM	ED00025		13350	KR100	1	

Název: _____
 Standard: _____
 Měřítko: 1:1
 Rozměry v mm: _____
 Hmotnost: 0 kg
 Materiál: 127 kg

Úroveň sestavy: _____
 Úroveň sestavy: _____
 Úroveň sestavy: _____
 Úroveň sestavy: _____
 Úroveň sestavy: _____
 Úroveň sestavy: _____
 Úroveň sestavy: _____

Vypracoval: _____
 Schválil: _____
 Datum: _____
 Provedení/revize: _____
 Poslední/číslo: _____
 Formát/číslo: _____
 Měřítko / Scale: 1:1
 List / Sheet: 1 / 1

Měřítko / Title: SESTAVA PŘEVODOVKY
 Číslo výkresu / Drawing No.: ED61334


Příloha č. 4 – Výkresová dokumentace hřídele

