

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T019 Stavba výrobních strojů a zařízení

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh speciální frézovací hlavy IFVW17 pro výrobu ozubení

Autor: **Bc. Martin KRATOCHVÍL**

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

Akademický rok 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin KRATOCHVÍL**
Osobní číslo: **S13N0045P**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Návrh speciální frézovací hlavy IFVW17 pro výrobu ozubení**
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, užitných vlastností a aplikací.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové 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: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

BRENÍK, P., PÍČ, J. Obráběcí stroje: Konstrukce a výpočty. Praha: SNTL, 1982

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

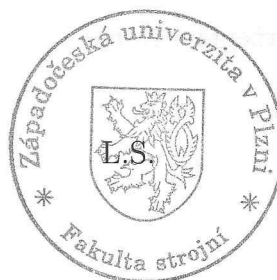
Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Konzultant diplomové práce: **Ing. Jiří Lukeš**
ŠKODA MACHINE TOOL a.s., Plzeň

Datum zadání diplomové práce: **22. září 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **22. května 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 diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kratochvíl	Jméno Martin		
STUDIJNÍ OBOR	2302T019 „Stavba výrobních strojů a zařízení“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Krátký, Ph.D.	Jméno Jaroslav		
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh speciální frézovací hlavy IFVW 17 pro výrobu ozubení			

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	101	TEXTOVÁ ČÁST	76	GRAFICKÁ ČÁST	25
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Diplomová práce se zabývá konstrukcí frézovacího zařízení IFVW 17. Práce obsahuje úvod do problematiky, specifikaci frézovacího zařízení, návrh variant řešení a výběr optimální varianty, následuje konstrukce pohonu včetně dimenzování hřídelí, ozubených kol, spojovacích prvků, kontrola rámu zařízení výpočtem pomocí MKP, kalkulace nákladů a výkresová dokumentace.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Frézovací hlava, pohon, brzda

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Kratochvíl	Name Martin	
FIELD OF STUDY	2302T019 “ Design of Manufacturing Machines and Equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Krátký, Ph.D.	Name Jaroslav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of special milling head IFVW 17 for manufacturing of toothing		

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

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	101	TEXT PART	76	GRAPHICAL PART	25
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The master thesis deals with the design of a milling equipment IFVW 17. The thesis includes introduction to the field, milling head specifications, the proposal for various solutions, followed by drive design including a shaft dimensions, cogwheels, connecting components, a framework control of the equipment with the Finite Element Method, cost calculations and drawing documentation.
KEY WORDS	Milling head, drive design, brake

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce, Doc. Ing. Jaroslavu Krátkému, Ph.D., za odborné vedení mé práce, ochotu, trpělivost a čas, který mi věnoval.

Děkuji Ing. Jiřímu Lukešovi, zaměstnanci společnosti ŠKODA MACHINE TOOL, a. s., za poskytnuté odborné konzultace.

Dále děkuji Doc. Ing. Zdeňku Hudcovi, CSc. za pomoc při řešení specifických problémů souvisejících s praktickou částí mé diplomové práce.

Děkuji Ing. Petru Bernardinovi za konzultace výpočtů provedených metodou konečných prvků.

Na závěr děkuji Bc. Věře Kratochvílové za pomoc při provádění jazykové korektury.

Obsah

Přehled použitých zkratk	10
Přehled použitých symbolů	10
1 Úvod do problematiky	12
1.1 Doplnění zadání diplomové práce	12
2 Zadavatel práce	12
2.1 Uvedení do řešené problematiky	13
3 Úvod do problematiky	14
3.1 Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj	14
3.2 Frézovací hlava	15
3.3 Frézování dělicím způsobem	16
4 Pracoviště	17
4.1 Pracoviště	17
4.2 Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj HCW 3	17
4.3 Otočný stůl TDV 70	19
4.4 Fréza Ingersoll BP IV	20
5 Frézovací hlavy jiných výrobců	22
5.1 HNK HGH-40	22
5.2 LIEBHERR	22
5.2.1 FK4.2	23
5.2.2 IFK4.21	23
5.3 Gleason IFK3	24
6 Návrh konstrukce frézovací hlavy IFVW 17	26
6.1 Požadavky zadavatele	26
6.1.1 Požadovaná koncepce IFVW 17	26
6.1.2 Požadované technické parametry IFVW 17	27
6.1.3 Specifikace frézovací hlavy IFVW 17	27
7 Varianty řešení hlavního pohonu	30
7.1 Varianta 1	30

7.2	Varianta 2	31
7.2.1	Tlumení brzdou	31
7.2.2	Ztráty brzděním	32
7.3	Varianta 3	33
7.3.1	Ztráty varianty 3	34
7.4	Výběr optimální varianty	35
8	Konstrukční návrh vybrané varianty pohonu	36
8.1	Použité programy	36
8.2	Zatěžovací stavy	36
8.2.1	Příkon frézovací hlavy	37
8.2.2	Zatížení převodových prvků	39
8.3	Konstrukční návrh pohonu	40
8.3.1	Návrh kuželových kol 1, 2	40
8.3.2	Návrh čelních válcových kol 3, 4, 5, 6, 7	41
8.3.3	Souhmotí 1	43
8.3.4	Souhmotí 2	46
8.3.5	Souhmotí 3	47
8.3.6	Souhmotí 4	48
8.4	Brzda	51
8.4.1	Konstrukce brzdy	51
8.4.2	Výpočet brzdy	52
8.4.3	Talířové pružiny	52
8.5	Rám frézovacího zařízení	53
8.5.1	Těleso	54
8.5.2	Nástavec	54
8.5.3	Příruba	54
8.6	Opěra	55
8.7	Mazání pohonu	55
8.7.1	Kroužky NILOS	56
8.8	Chlazení frézovacího zařízení	56
8.9	Ochrana frézovacího zařízení proti nečistotám	56
8.10	Aretace pohonu	57
8.11	Obsluha frézovacího zařízení	57
8.12	Montáž	58

8.13	Přívod řezné kapaliny	59
8.14	Obrázky frézovacího zařízení IFVW 17	59
9	Analýza rámu metodou MKP	61
9.1	Výpočtový model	61
9.2	Analýza tuhosti a pevnosti	62
9.3	Modální analýza	64
10	Ekonomické hodnocení	67
10.1	Náklady vyráběných součástí	67
10.2	Náklady kupovaných součástí	67
10.3	Náklady konstrukční práce	67
10.4	Náklady na montáž	67
10.5	Celkové výrobní náklady	69
11	Závěr	70
	Seznam použitých zdrojů	71
	Použitý software	73
	Seznam obrázků	73
	Seznam tabulek	75
	Seznam příloh	75

Přehled použitých zkratk

ŠMT	ŠKODA MACHINE TOOL, a. s.
TS	Technický systém
ZČU	Západočeská univerzita

Přehled použitých symbolů

a	Počet paralelně řazených pružin	(1)
b	Počet sériově řazených pružin	(1)
C	Dynamická únosnost ložiska	(kN)
C_0	Statická únosnost ložiska	(kN)
C_{02}	Statická únosnost tandemu dvou ložisek	(kN)
C_2	Dynamická únosnost tandemu dvou ložisek	(kN)
C_f	Aplikační faktor	(1)
D_{sp}	Vnější průměr spojky	(mm)
D_U	Vnější průměr unášecího kotouče	(mm)
f_t	Koeficient tření brzdového obložení	(1)
F_3	Síla na talířové pružině při 75 % povolené deformace	(N)
F_{An}	Axiální složka řezné síly	(N)
F_c	Maximální dovolená síla na talířové pružině	(N)
F_N	Normálová síla	(N)
F_{On}	Obvodová složka řezné síly	(N)
F_{Rn}	Radiální složka řezné síly	(N)
i_t	Počet třecích ploch	(1)
k	Poměr momentu brzdícího vřeteno a výstupního momentu	(1)
k_s	Tuhost svazku pružin při 75% max. deformace	(N/mm)
L_{10h}	Základní trvanlivost ložiska	(hod)
L_{10h2}	Základní trvanlivost tandemu dvou ložisek	(hod)
M	Velikost kroutícího momentu	(Nm)
M_B	Velikost brzdného momentu ozubeném kole	(Nm)
M_{Bmax}	Maximální brzdný moment	(Nm)
M_i	Velikost točivého momentu na i-tém ozubeném kole	(Nm)
n_M	Maximální otáčky vřetena frézovacího zařízení	(ot/min)
n_j	Jmenovité otáčky vřetena frézovacího zařízení	(ot/min)
p	tlak	(MPa)
p_n	Tlak ve spoji tvořeném svěrnou spojkou	(MPa)
P	Výkon	(W)
P_0	Příkon	(W)

P_{Bv2}	Ztrátový výkon brzdy 2. varianty	(W)
P_{Bv3}	Celkový ztrátový výkon brzd 3. varianty	(W)
P_i	Přenášený výkon	(W)
P_M	Maximální přenášený výkon	(W)
P_{uv}	Ztrátový výkon mezi kolem u a kolem v	(W)
r_o	Malý poloměr obložení	(mm)
R_o	Velký poloměr obložení	(mm)
s_3	Deformace talířové pružiny odpovídající 75 % povolené deformace	(mm)
v_{max}	Maximální rychlost	(m/s)
z_i	Počet zubů na i-tém kole	(1)
Δl	Prodloužení svazku pružin při zatížení silou F_N	(m/s)
η	Účinnost záběru čelních válcových ozubených kol	(1)
η_k	Účinnost záběru kuželových ozubených kol	(1)
ω	Velikost úhlové rychlosti	(rad/s)
ω_B	Velikost brzděné úhlové rychlosti	(rad/s)
ω_i	Velikost úhlové rychlosti i-tého ozubeného kola	(rad/s)
ω_j	Velikost jmenovité úhlové rychlosti	(rad/s)
$\sigma_{rp0,2}$	Mez kluzu materiálu unášecího kotouče	(MPa)

1 Úvod do problematiky

1.1 Doplnění zadání diplomové práce

Tato diplomová práce se zabývá návrhem konstrukce frézovací hlavy IFVW 17. Návrh vychází z požadavků zadavatele diplomové práce, společnosti ŠKODA MACHINE TOOL, a. s. Diplomová práce zahrnuje analýzu zadání, návrh variant řešení, výběr optimální varianty a vypracování konstrukčního návrhu. Na závěr je provedena kontrola skříně pomocí metody konečných prvků a zhodnocení práce.

2 Zadavatel práce

Společnost ŠKODA MACHINE TOOL a. s. (dále jen ŠMT) je český výrobce těžkých obráběcích strojů se sídlem v Plzni. Historie společnosti sahá do roku 1911, kdy tehdejší strojírenský podnik Škodovy závody zahájil výrobu obráběcích strojů pro vlastní potřebu. Společnost Škoda byla již za dob Rakousko–Uherska významným strojírenským podnikem. Před první světovou válkou se zabývala zejména zbrojní výrobou, ale záběr společnosti se od konce první světové války dále rozrůstal (lokomotivy, nákladní automobily, atd.). V té době začala společnost dodávat své obráběcí stroje i jiným podnikům. Výrobní program obráběcích strojů se udržel i přes útlum způsobený zbrojní výrobou za druhé světové války. Po válce byla výroba obráběcích strojů obnovena. Za poválečné konjunktury se Škodě podařilo dostat program těžkých obráběcích strojů na tehdejší světovou úroveň. Při privatizaci v 90. letech byla výroba obráběcích strojů oddělena. Nově založený podnik několikrát změnil majitele i svoji strukturu. Od roku 2011 je společnost ŠMT součástí strojírenské skupiny ALTA, a. s. [12]

Současný výrobní program [12]:

- Horizontální frézovací a vyvrtávací stroje HCW
- Horizontální frézovací a vyvrtávací stroje FCW
- Otočné stoly TDV
- Univerzální soustruhy SR
- Příslušenství pro frézovací stroje
- Speciální stroje pro výrobu částí energetických strojů

Výroba má charakter kusové výroby. Výrobce sice nabízí v každé řadě několik strojů, každý stroj je však zpravidla upraven dle požadavků zákazníka.

2.1 Uvedení do řešené problematiky

Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj je univerzální zařízení, které slouží k opracování velkých obrobků. Tyto stroje jsou vyráběny v kusové výrobě. Ačkoli výrobce nabízí řadu strojů včetně specifikace, parametry každého stroje jsou v rámci možností upraveny dle požadavků zákazníka. V segmentu velkých obráběcích strojů je konstrukce, která umožňuje variabilitu stroje, velice důležitá. To se týká nejen parametrů stroje, ale i jeho schopnosti pracovat s dalšími technologickými a pomocnými zařízeními. Díky těmto zařízením je možno v očích zákazníka zvýšit užitnou hodnotu stroje. Příslušenství představuje další zdroj obchodních příležitostí a většina výrobců obráběcích strojů jej nabízí.

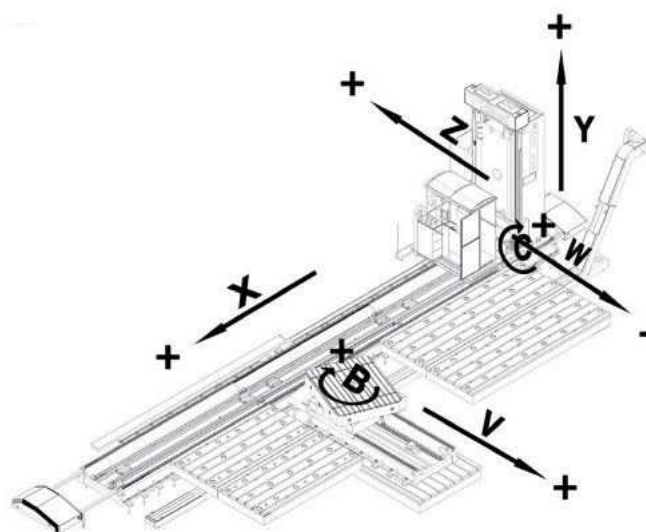
Příslušenství pro velké obráběcí stroje lze rozdělit do dvou kategorií. První kategorie je technologické příslušenství. Toto příslušenství rozšiřuje možnosti stroje v oblasti obrábění. Zahrnuje především frézovací a vyvrtávací zařízení. Druhou kategorií jsou manipulační zařízení. Ta mají za cíl snížit časy pro manipulaci s obrobkem, nástroji nebo technologickými zařízeními. Do této oblasti spadají např. automatická výměna nástrojů, automatická výměna příslušenství nebo manipulátory.

Frézování ozubení velkých ozubených kol je technologie, kterou horizontální frézovací a vyvrtávací stroj bez příslušenství realizuje velice obtížně. V těchto případech je nutno použít pomocné technologické zařízení, např. frézovací hlavu IFVW 17. Hlava je navržena tak, aby ji bylo možno uchytit na čelo pinoly stroje, pohon zajistí vřeteno stroje. Hlava je určena pro stroj HCW 3, vybavený otočným stolem.

3 Úvod do problematiky

3.1 Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj

Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj je univerzální stroj vhodný pro přesné obrábění rozměrných a tvarově náročných obrobků. Tento stroj se používá především v kusové a malosériové výrobě. Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj je schopen vykonávat operace frézování, vrtnání a vyvrtávání. V závislosti na požadované jakosti povrchu lze hrubovat i obrábět na čisto. Konstrukce těchto univerzálních strojů zpravidla umožňuje vybavit stroj příslušenstvím.



Obrázek 3-1: Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj [23]

Desková horizontka se skládá z následujících částí:

- Lože
- Stojan
- Vřeteník
- Vřeteno
- Pinola

Konstrukce horizontky je zobrazena na obrázku 3-1. Obrázek ukazuje možnosti pohybu jednotlivých částí stroje. Pohyby jsou vykonávány v závislosti na hmotnosti obrobku a prováděné operaci. Důležitými parametry charakterizujícími stroj jsou délky pojezdů jednotlivých os (X, Y, Z),

průměr vřetena, max. výkon a otáčky pohonu vřetena, max. rozměry stroje a obrobku. Horizontální frézovací a vyvrtávací stroje jsou na trh dodávány v provedení stolovém (menší stroje) nebo deskovém.

Příslušenství horizontálních frézovacích a vyvrtávacích strojů:

- Technologická zařízení (frézovací a vyvrtávací hlavy)
- Automatická výměna nástrojů
- Automatická výměna obrobků
- Výměna příslušenství (AAC)
- Otočný stůl

Upnutí obrobků deskových horizontek:

- Upínací lišty
- Upínací desky
- Samostatný otočný stůl

3.2 Frézovací hlava

Frézovací hlava patří mezi technologické příslušenství horizontálních frézovacích a vyvrtávacích strojů. Frézovací hlavy se používají k obrábění složitých tvarových ploch, např. ozubení nebo drážek. Upínají se na čelo pinoly obráběcího stroje.

Konstrukce frézovací hlavy závisí na požadovaných řezných pohybech, funkcích, přesnosti a výkonnosti. Frézovací hlavy proto mají natáčení podle jedné či více os, mohou být od manuálních až po plně automatické. Frézovací hlava se skládá z několika částí, které zajišťují celkovou funkčnost. Základem konstrukce hlavy je rám. Rám se člení na těleso, nástavec a přírubu. Funkcí rámu je zachycovat řezné síly od nástroje a síly pohonného mechanismu. Rám také umožňuje natáčení hlavy a spojení se strojem. Hlavní pohon slouží k přenosu výkonu z vřetena stroje na nástroj. Skládá se z hřídelů, ozubených kol, spojek atd. Některé hlavy mohou být vybaveny vlastním motorem pohánějícím nástroj. Součástí konstrukce je zpravidla i přívod řezných kapalin. Kapaliny mohou být vedeny skrz rám, hlavní pohon nebo vlastním přívodem. Nástroj se upíná do vřetene hlavy. K přesnému polohování a seřizování slouží ovládací prvky. Součástí hlav mohou být i senzory měřící teploty, stav přívodů nebo řezné síly. Automatické hlavy jsou navíc vybaveny pohony, které provádějí polohování podle řídicího systému. Pak jsou součástí konstrukce

i přívody energií pro tyto pohony. Důležitými parametry charakterizujícími frézovací hlavu jsou max. výkon, max. točivý moment, počet os, vzájemná poloha os, způsob řízení a hmotnost.

Konstrukci frézovacích hlav lze klasifikovat podle několika základních kritérií:

Dělení dle počtu os a jejich vzájemného natočení:

- úhlové - natáčení kolem jedné osy, sklon 90°
- univerzální - natáčení kolem dvou či více os, sklon zpravidla 45° nebo 90°

Dělení dle možností natáčení:

- indexování - za klidu zařízení
- souvislé polohování - za provozu

Dělení dle mechanismu natočení:

- ruční - pouze o určitý úhel
- servomotory - libovolný úhel, kontrola odměřovacím zařízením

Dělení dle způsobu řízení:

- ruční řízení
- automaticky (CNC)

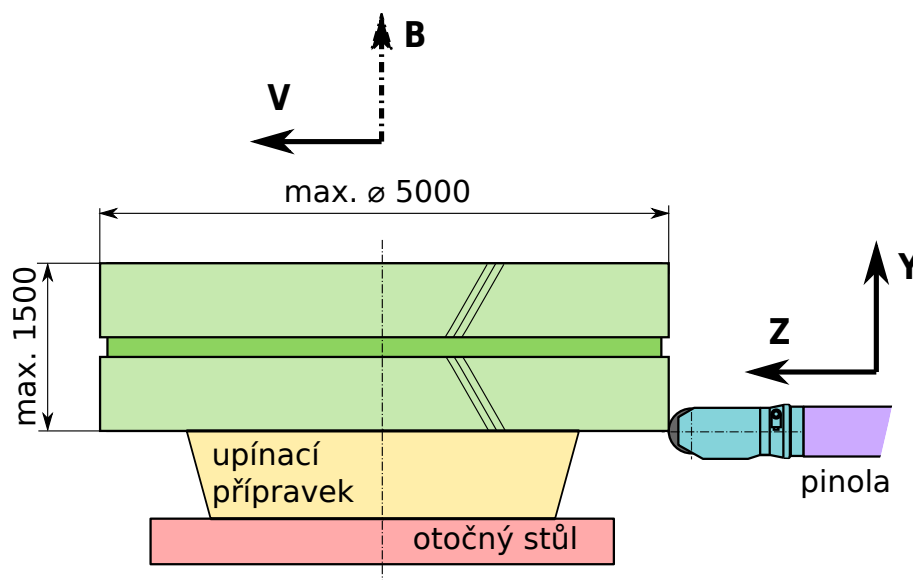
3.3 Frézování dělicím způsobem

Při frézování ozubených kol dělicím způsobem se používají tvarové frézy. Fréza může být čepová nebo kotoučová. Tvar frézy odpovídá tvaru mezery mezi zuby. Obrobek musí být upnut v zařízení, které umožní přesné natočení dané počtem zubů. K tomu lze použít např. dělicí přístroj nebo otočný stůl s dostatečně přesným polohováním. Výroba šikmého ozubení vyžaduje kromě naklápění nástroje i souvislé natočení stolu závislé na poloze nástroje (posuv ve směru osy ozub. kola). Výhodou této technologie je, že ji lze realizovat i na univerzálních obráběcích strojích (univerzální frézky, horizontky). Nevýhodou je menší přesnost vyrobeného ozubení ve srovnání s frézováním odvalovací frézou.

4 Pracoviště

4.1 Pracoviště

Pracoviště využívající hlavu IFVW 17 musí být kromě horizontálního frézovacího a vyvrtávacího stroje vybaveno i otočným stolem. Schéma pracoviště je znázorněno na obrázku 4-1. Tvoří jej stroj HCW 3 (na obr. 4-1 znázorněna část pinoly stroje) a otočný stůl TDV 70. Obrobek je uchycen v přípravku upnutém na otočném stole. Otočný stůl umožňuje otáčení obrobku při procesu obrábění (osa B). Otočný stůl TDV umožňuje pojezd desky stolu, což umožňuje manipulaci s obrobkem v bezpečné vzdálenosti od obráběcího stroje (osa V). Frézovací hlavu nese pinola horizontálního stroje. Obsluha nastaví úhel sklonu zubů obrobku β před obráběním. Během obrábění vykonává vřeteník s pinolou pohyb ve vertikálním směru (osa Y) a přísv (osa Z).



Obrázek 4-1: Pracoviště

4.2 Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj HCW 3

Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj HCW 3 je jedním z největších strojů řady HCW nabízených společností ŠMT. Stroj lze využít k přesnému obrábění rozměrných a těžkých obrobků. Konstrukce stroje umožňuje integraci do pracovišť obrábějících složité obrobky (např. klikové hřídele). Stroj je řízen počítačovým systémem (podle přání zákazníka např. SIEMENS, FANUC). Obsluha ovládá stroj prostřednictvím řídicího panelu. Software řídí všechny technologické operace a poskytuje podporu při diagnostice stavu stroje. Rám stroje je uložen na samostatném betonovém základu. Skládá se z lože, stojanu pojíždějícího po loži a vřeteníku uchyceného

na stojanu. Jednotlivé části rámu stroje jsou vyrobeny z šedé litiny. Odlitky jsou pro zvýšení tuhosti žebrované. Síly zachycuje kombinace kluzného a hydrostatického vedení. Vřeteník stroje tvoří samostatný rám nesoucí vřeteno, pinolu, posuvové mechanismy, pohon vřetene a hlavní motor vybavený regulací a brzdou. Vřeteník je vybaven hydraulickým systémem a rozvodem stlačeného vzduchu, oleje a chladiva. Spojení se stojanem zajišťuje kombinace hydrostatického a valivého uložení. Vřeteno je uloženo v přesných kuličkových ložiskách mazaných olejem. Řídicí systém kontroluje teplotu vřetena, aby nedocházelo k nadměrné teplotní dilataci. Pinola umožňuje uchycení technologického příslušenství, kterému je schopna dodávat řeznou kapalinu a další média. Tíhové síly působící na vysunutě vřeteno s příslušenstvím způsobují pokles vřetene a snížení přesnosti. Stroj je vybaven kompenzací, která kompenzuje výsuv vřetene a hmotnost příslušenství. Ve standardním provedení disponuje tento stroj motorem o výkonu 103 kW. Stroj HCW 3 poskytuje dostatek výkonu a točivého momentu pro použití s hlavou IFVW 17. Pojezd vřetene po stojanu horizontky (osa Y) v rozsahu až 7000 mm umožňuje obrábět ozubení po celé šířce předpokládané velikosti ozubeného kola. [14]



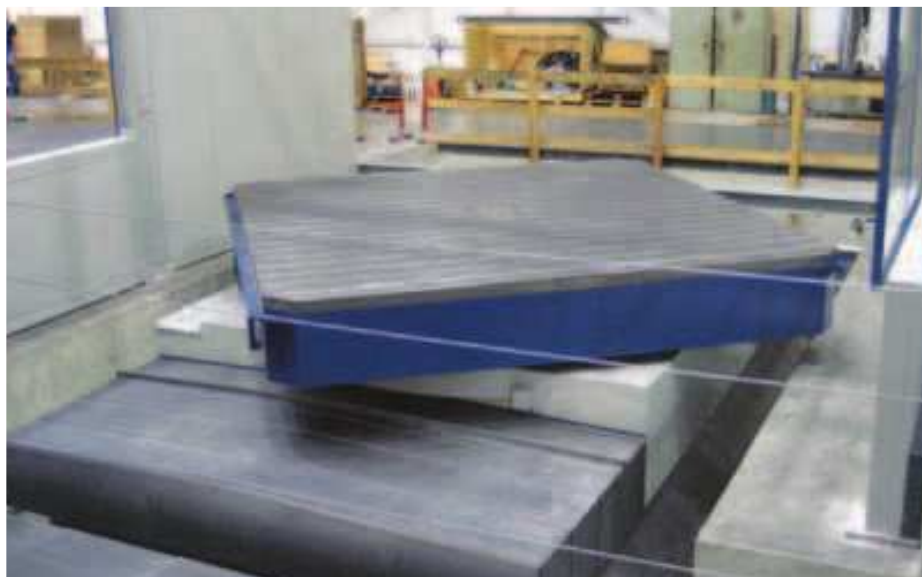
Obrázek 4-2: Horizontka HCW 3 [12]

Parametr	Hodnota
Průměr vřetena	200 / 225 / 250 mm
Upínací kužel	ISO 50 / 60
Výkon motoru hlavního pohonu S1	100 kW
Max. otáčky vřetena	1600 ot/min
Max. točivý moment vřetena	17000 Nm
Osa X	od 3000 mm
Osa Y	2500 - 7000 mm
Osa W	1600 mm
Osa Z	1600 mm
Rychlost posuvu X, Y, Z, W	až 10000 mm/min
Max. síla posuvového mechanismu X, Y, Z	60 kN
Hmotnost základního provedení	105000 kg

Tabulka 4-1: Parametry stroje HCW 3 [14]

4.3 Otočný stůl TDV 70

Samostatný otočný stůl je součástí příslušenství deskových horizontek. Nahrazuje upínací desky v případě, kdy je potřeba obrobek polohovat otáčením nebo posuvem. Obrábění ozubených kol vyžaduje možnost natočení obrobku během procesu obrábění. Otočný stůl TDV 70 se skládá z lože, pojízdných saní a otočné desky. Jednotlivé části jsou odlity ze šedé litiny nebo oceli. Lože stolu je uchyceno k samostatnému betonovému základu. Horní strana lože stolu nese vodící dráhy, po kterých jezdí saně. Posuv saní je realizován pomocí kuličkového šroubu. Vrchní díl saní nese desku stolu pomocí prvků, jež zachycují tíhové a řezné síly. Deska stolu je uložena v hydrostatických drahách. Střed desky je uložen pomocí čepu s valivými elementy. [15]



Obrázek 4-3: Otočný stůl TDV [12]

Parametr	Hodnota
Max. zatížení	70000 kg
Min. rozměry stolu	2,5 m × 2,5 m
Max. rozměry stolu	4 m × 4 m

Tabulka 4-2: Parametry otočného stolu TDV 70 [15]

4.4 Fréza Ingersoll BP IV

Obrábění ozubených kol tvarovým způsobem vyžaduje tvarovou kotoučovou frézu (*Gasher*). Hlava IFVW 17 bude pracovat s tvarovou kotoučovou frézou. Tyto frézy dodává na trh mnoho společností. Zadavatel zvolil frézy od společnosti Ingersoll Werkzeuge GmbH. Frézovací hlava bude pracovat s frézami řady GASHER BP IV. Fréza z této řady se dodává zákazníkovi formou objednávky na míru. Zákazník si může nechat upravit některé rozměry této frézy, např. šířku. Zákazník také předepisuje, jakým způsobem má být fréza upnuta (kameny, pero). Fréza GASHER BP IV používá systém vyměnitelných břitových destiček. Tělo frézy je tvořeno jednodílným diskem z ušlechtilé oceli. Uvnitř disku jsou rozváděcí kanály pro vedení řezné kapaliny k destičkám. V případě upínání pomocí kamenů se řezná kapalina přivádí otvory ve styku těla frézy a upínacího trnu. Místo přívodu je nutno utěsnit pomocí O-kroužků. Na vnějším obvodu těla frézy jsou rozmístěny drážky pro upnutí destiček. Fréza je dodávána ve verzi pro hrubování i pro obrábění načisto. Řezná rychlost může být až 160 m/min. [17]



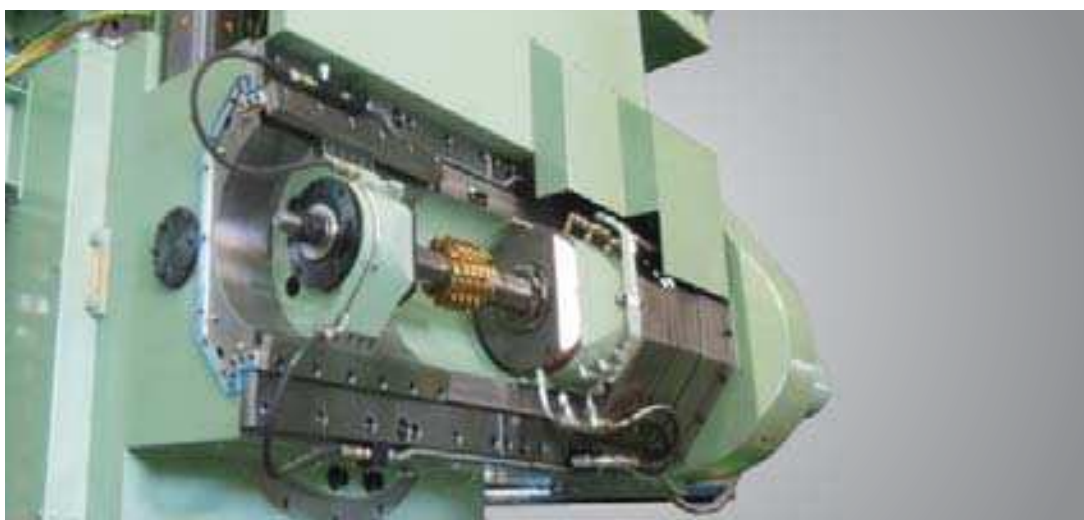
Obrázek 4-4: Tvarová fréza BP IV v řezu [24]

5 Frézovací hlavy jiných výrobců

5.1 HNK HGH-40

Hlavu HGH-40 dodává na trh korejská společnost HNK MACHINE TOOL CO. LTD. Hlava je určena pro stolovou horizontku od stejného výrobce. Nástrojem je odvalovací fréza. Chlazení zajišťuje olej přiváděný do nástroje skrze vřeteno. Výměnu nástroje je možno provádět automaticky. Technické parametry [13]:

Maximální výkon	70 kW
Maximální otáčky	250 ot/min
Velikost modulu (dle provedení)	30 mm / 40 mm
Průměr nástroje	max. 450 mm



Obrázek 5-1: Frézovací hlava HGH-40 [21]

5.2 LIEBHERR

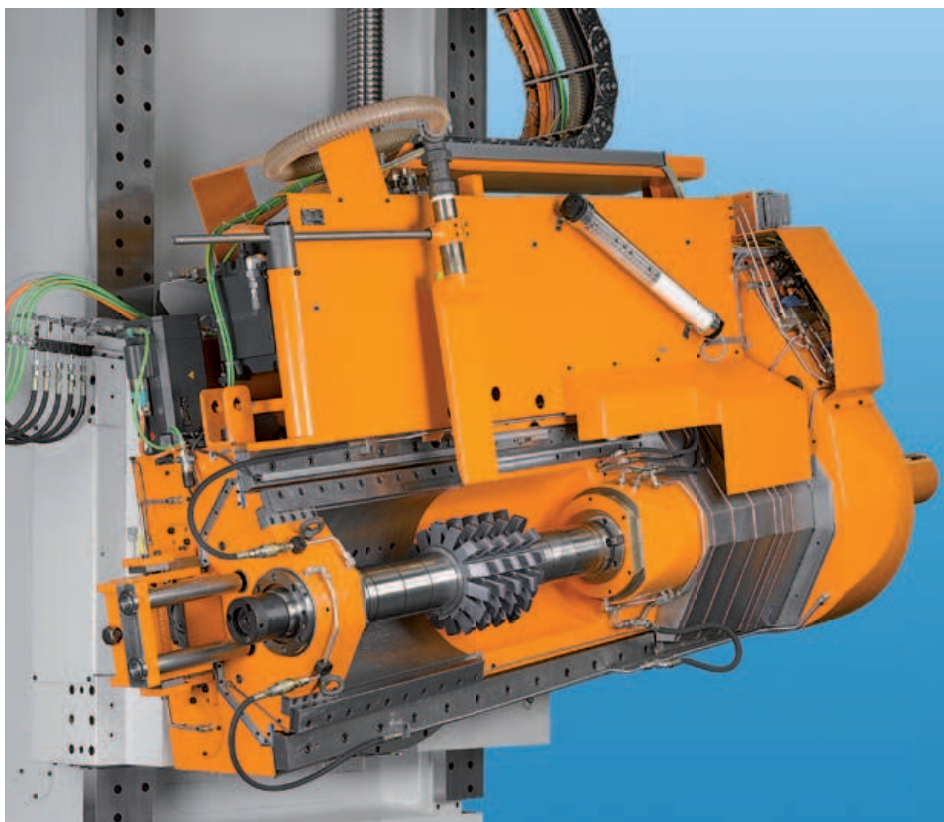
Společnost Liebherr-Verzahntechnik GmbH (dále jen Liebherr) patří mezi velké strojírenské firmy s celosvětovou působností. Na trh dodává široké spektrum strojírenských výrobků (jeřáby, nákladní vozy, obráběcí stroje, bagry, spotřební elektroniku). Řešením společnosti Liebherr pro oblast výroby ozubených kol je řada obráběcích strojů LC. K těmto strojům nabízí společnost Liebherr příslušenství v podobě frézovacích hlav FK a IFK. Ozubená kola o průměru 5000 mm je schopen obrábět stroj LC 6000.

5.2.1 FK4.2

Vnější ozubení čelních válcových kol je možno na stroji LC 6000 obrábět pomocí hlavy FK4.2.

Technické parametry [16]:

Maximální výkon	70 kW
Maximální otáčky	250 ot/min
Velikost modulu	30 mm až 40 mm
Průměr nástroje	max. 450 mm



Obrázek 5-2: Frézovací hlava FK4.2 [25]

5.2.2 IFK4.21

Pomocí hlavy IFK4.21 lze obrábět vnitřní ozubení. Technické parametry [16]:

Maximální výkon	53 kW
Maximální otáčky	250 ot/min
Velikost modulu	25 mm
Průměr nástroje	max. 500 mm



Obrázek 5-3: Frézovací hlava IFK4.21 [26]

5.3 Gleason IFK3

Společnost Gleason Corporation (USA) nabízí hlavu IFK3. Vřeteno hlavy je naklápěcí. Díky tomu může hlava obrábět i šikmé vnitřní ozubení. Technické parametry [19] [20]:

Maximální výkon	80 kW
Otáčky při výkonu 80 kW	140 ot/min
Max. otáčky	220 ot/min
Max. točivý moment na vřetení	4900 Nm
Průměr nástroje	max. 500 mm
Maximální šířka obráběného kola	800 mm



Obrázek 5-4: Frézovací hlava IFK3 [22]

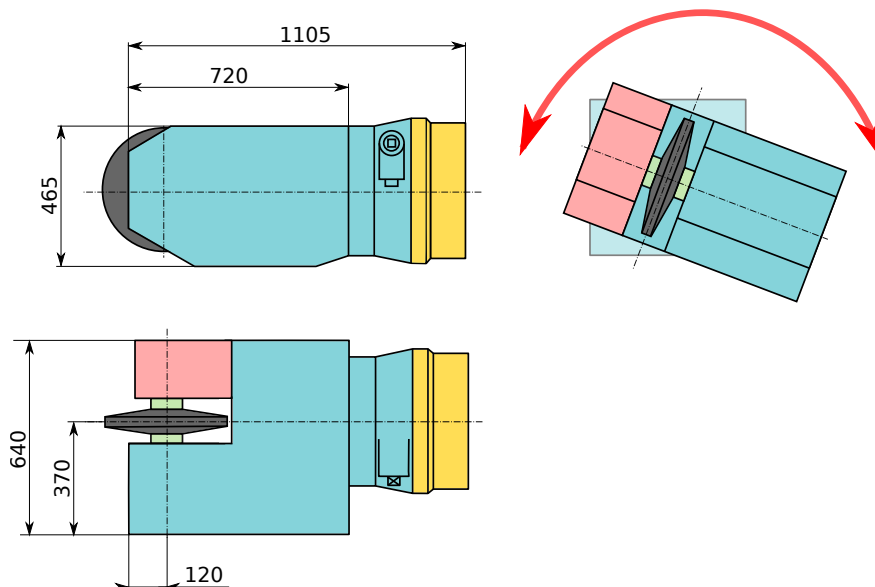
6 Návrh konstrukce frézovací hlavy IFVW 17

6.1 Požadavky zadavatele

6.1.1 Požadovaná koncepce IFVW 17

- Navrhnout hlavu pro použití se strojem HCW 3
- Pohon hlavy bude mít vymezené vůle mezi ozubenými koly
- Pohon hlavy odstraní torzní kmity buzené nástrojem
- Zajistit teplotní stabilitu hlavy
- Skříň tělesa hlavy nebude dělená
- Manuální naklápění hlavy, upínání nástroje a seřizování
- Odnímatelná podpěra bude mít valivá ložiska
- Chlazení nástroje přívodem kapaliny osou vřetena
- Dimenzovat na zatěžovací stav P_M , M_M po celou dobu provozu

Na obrázku 6-1 jsou zvýrazněny konstrukční celky frézovací hlavy IFVW 17 a její rozměry:



Obrázek 6-1: Základní rozměry skříně

6.1.2 Požadované technické parametry IFVW 17

Parametr	Hodnota
Maximální výkon	69 kW
Maximální moment	4000 Nm
Maximální otáčky	200 ot/min
Životnost	10000 hod.
Průměr frézy	350 mm - 400 mm
Šířka frézy	90 mm
Počet zubů	120 - 350
Modul	M7 - M24
Úhel profilu α	14,5° - 22,5°
Úhel sklonu β	0° - 35°

Tabulka 6-1: Technické požadavky zadavatele

6.1.3 Specifikace frézovací hlavy IFVW 17

Na základě požadavků společnosti ŠMT byla vytvořena specifikace finálního produktu. Specifikace popisuje různé vlastnosti technického systému z různých úhlů pohledu. Specifikace byla vypracována na základě poznatků získaných studiem konstrukční vědy Engineering Design Science.

1. Požadavky k trans. funkcím a účinkům	Požadovaná hodnota
<i>OPERÁTOR TS - frézovací hlava</i>	
- Technologie obrábění	Fréz. dělicím způsobem
- Nástroj	Kotoučová tvarové fréza (Gasher)
- Maximální výkon na vřetení	69 kW
- Maximální moment na vřetení	4000 Nm
- Maximální otáčky	200 ot/min
- Minimální průměr nástroje	350 mm
- Maximální rozměr nástroje	400 mm
- Možnost nastavení sklonu zubů β	$\pm 35^\circ$
- Umožnit nastavení sklonu zubů β	Ručně
- Max. rozměry frézovacího zařízení s přírubou	1105 × 640 × 465 mm
- Max. hmotnost bez příruby	1000 kg
- Způsob spojení se strojem	Čelo pinoly

<p><i>OPERAND - ozubené kolo</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vnější průměr - Šířka - Hmotnost - Modul - Úhel profilu α - Úhel sklonu β 	<p>2500 mm - 5000 mm</p> <p>max. 1500 mm</p> <p>max. 60000 kg</p> <p>M7 - M24</p> <p>14,5° - 22,5°</p> <p>0° - 35°</p>
<p><i>PROCES - frézování zubů</i></p>	
<p>2. Požadavky k provozuschopnosti TS</p>	<p>Požadovaná hodnota</p>
<p><i>Provoz v požadovaném místě</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Souhrnná charakteristika prostředí - Prašnost prostředí - Zdroje sálavého tepla v okolí 	<p>Tovární hala</p> <p>Nízká</p> <p>Dostatečně odstíněné</p>
<p><i>Provoz v požadovaném časovém rozmezí</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Životnost 	<p>10000 hod.</p>
<p><i>Pomocné procesy servisu operátorů</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Údržba - Provozní náklady 	<p>Pravidelné servisní intervaly</p> <p>Minimální</p>
<p>3. Požadavky k člověku</p>	<p>Požadovaná hodnota</p>
<p><i>Zdraví člověka</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Zdravotní nezávadnost pevných částí TS - Zdravotní nezávadnost maziv TS - Hlučnost TS - Přístupnost k seřízení <p><i>Kompetence člověka</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Zkušenosti se seřizováním strojů 	<p>Úplná</p> <p>Uspokojivá</p> <p>Uspokojivá</p> <p>Dobrá</p> <p>Sřední</p>
<p>4. Požadavky k ostatním TS</p>	<p>Požadovaná hodnota</p>
<p><i>Technické prostředky a technologie k dispozici</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vývoj - Výroba - Distribuce 	<p>Na zakázku</p> <p>Kusová</p> <p>Standartní</p>
<p>5. Požadavky k okolnímu přírodnímu systému</p>	<p>Požadovaná hodnota</p>
<p><i>Vstupní materiály a energie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ekologičnost pevných látek - Ekologičnost maziv 	<p>Vysoká</p> <p>Dostatečná</p>
<p>6. Požadavky k informačnímu systému</p>	<p>Požadovaná hodnota</p>
<p><i>Inf. a znal. k dispozici</i></p>	

- Vývoj	Standartní
- Výroba	Standartní
- Distribuce	Standartní
- Provoz	Standartní
- Likvidace	Standartní
<i>Inf. a znal. vyvolané</i>	
- Vývoj	Minimální
- Výroba	Minimální
- Distribuce	Minimální
- Provoz	Minimální, zaškolení
- Likvidace	Minimální
7. Požadavky k manažerskému systému	Požadovaná hodnota
<i>Produkt</i>	
- Legislativa	bez porušení
- Patenty	bez porušení
- Normy bezpečnosti práce	Dodržení
- Typ výroby	Kusová na zakázku

Tabulka 6-2: Specifikace reflektivních vlastností IFVW 17

7 Varianty řešení hlavního pohonu

Pro hlavu IFVW 17 bylo navrženo několik variant řešení pohonu. Každá varianta představuje jiný způsob tlumení torzních kmitů. Při obrábění kotoučovou frézou dochází k buzení torzních kmitů. Příčinou jsou změny řezné síly, které jsou způsobeny najížděním a vyjížděním břitů z místa řezu. Kritický je především začátek obrábění, kdy dochází k vytváření řezné plochy. Zuby frézy do obrobku naráží a budí velmi silné torzní kmity. Kmity mohou být tak silné, že dojde k rozkmitání nejen frézovací hlavy, ale i celého obráběcího stroje. Jakmile dojde k vytvoření dostatečné velikosti řezné plochy, řezný proces se stabilizuje, zuby začnou odřezávat pravidelnou třísku a amplituda kmitů se sníží. Torzní kmitání je třeba tlumit, protože snižuje životnost nástroje i frézovací hlavy. [1]

V pohonu se vyskytují určité vůle, které umožňují ozubeným kolům při rozkmitání pohonu zpětný pohyb. Všechny představené varianty fungují na principu vzájemného předepnutí ozubených kol. Předepnutí odstraní vůle a tím utlumí torzní kmity pohonu.

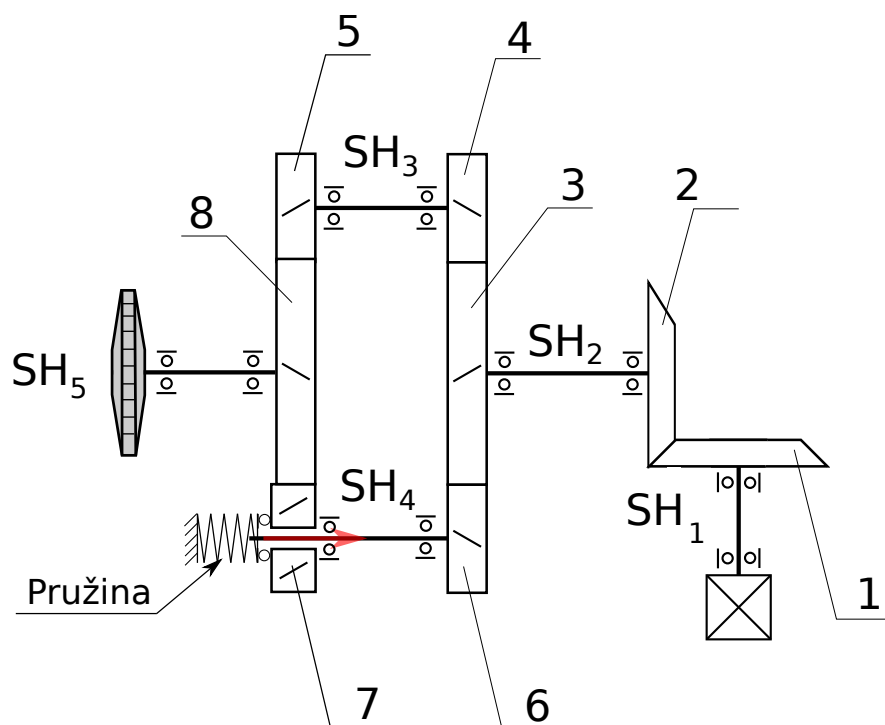
Pohon každé varianty je rozčleněn na jednotlivá souhmotí. Souhmotí je konstrukční skupina složená z hřídele a částí s ním spojených (ozubená kola, ložiska).

7.1 Varianta 1

První varianta využívá dvou předepnutých paralelních větví. K předepnutí jsou použita čelní válcová kola se šikmými zuby. Jedno z kol je uloženo tak, aby jej bylo možno axiálně posunovat. Posunutím dojde k předepnutí v záběru se spoluzabírajícím kolem, a tím se předepnou obě větve. Síla potřebná k posuvu kola je vyvozena pomocí talířových pružin. Kmity jsou tlumeny i v záběru mezi ozubenými koly. [1]

Klady: Jednoduchá konstrukce. Vymezení vůlí.

Zápory: Tlumením kmitů ve styku ozubených kol dochází k jejich opotřebení. Konstrukce nedokáže efektivně tlumit velmi silné rázy. Prostorové nároky.



Obrázek 7-1: Kinematické schéma první varianty

7.2 Varianta 2

Druhá varianta vymezuje vůle pomocí pružné spojky. Kinematické schéma této varianty je zobrazeno na obrázku 7-2. Vřeteno (SH₄) je osazeno jedním dostatečně širokým kolem (kolo 5). Hnací hřídel (SH₃) je osazen dvěma ozubenými koly (kola 4 a 6). Kola 4 a 6 mají stejný počet zubů a zabírají s kolem 5. Kolo 6 je uloženo tak, aby mohlo rotovat okolo osy hřídele, na kterém je uloženo. S tímto hřídelem je zároveň spojeno spojkou s pružnými elementy (talířové pružiny). Kolo 6 se na přenosu výkonu nepodílí, slouží jen k vymezení vůlí v pohonu. Předepnutím pružin v pružné spojně se předepnou i ozubená kola 4 a 5. [1]

Klady: Jednoduchá konstrukce. Vymezení vůlí.

Zápory: Pružiny jsou namáhané kmitáním, za provozu mohou prasknout. Nedokáže tlumit velmi silné rázy.

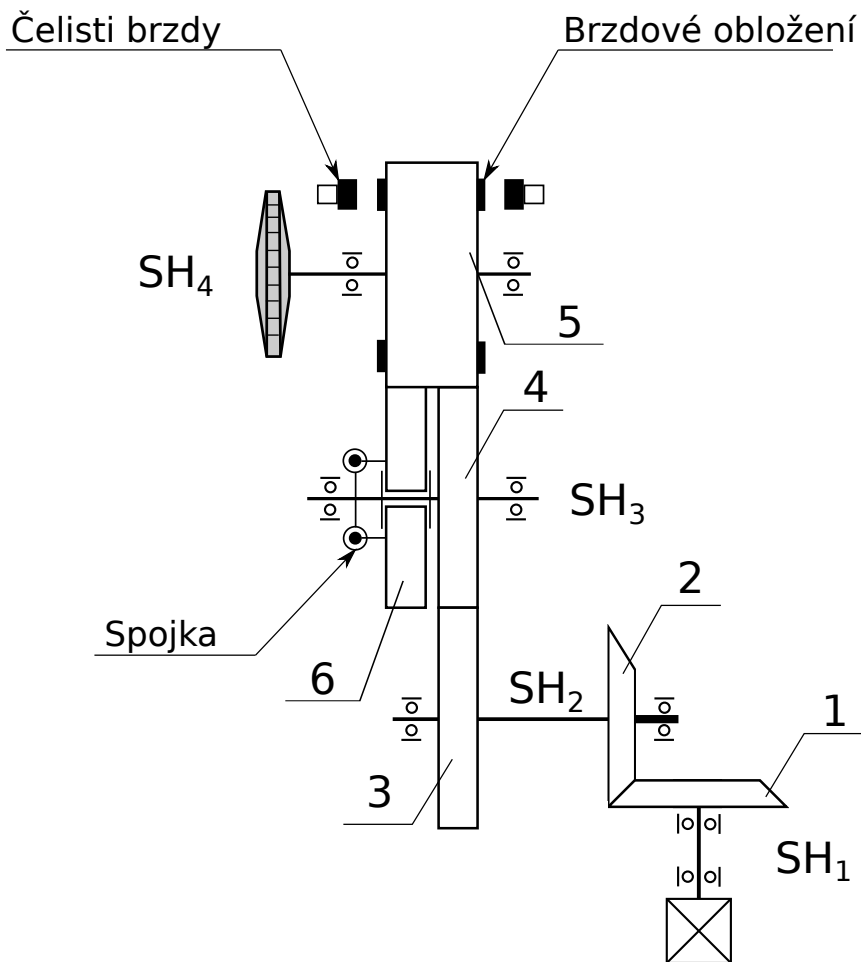
7.2.1 Tlumení brzdou

Pružná spojka nemusí vždy zajistit dostatečné tlumení torzních kmitů, především při najíždění nástroje do řezu. Tlumení velmi silných torzních kmitů lze řešit instalací hydraulické kotoučové brzdy na vřeteno frézovací hlavy. Brzda se použije jen tehdy, pokud kmity neutlumí pružná spojka. Tedy hlavně při nájezdu nástroje do řezu. V praxi se ukázalo, že k zamezení silných

torzních kmitů je třeba na vřetení frézovací hlavy vybrzdit až třetinu výstupního krouticího momentu. Tím však dochází ke značným ztrátám výkonu. [1]

Klady: Schopnost tlumení silných rázů.

Zápory: Ztráta výkonu. Vedení tlakové kapaliny pro brzdu. Řízení brzdy.



Obrázek 7-2: Kinematické schéma druhé varianty

7.2.2 Ztráty brzděním

Brzdění utlumí torzní kmity, avšak za cenu ztráty části energie. Množství této energie je nutno kontrolovat, protože brzděním se energie mění především na teplo. Ze zákona zachování energie také vyplývá, že úbytek energie se projeví poklesem výstupního momentu.

Výkon je definován vztahem:

$$P = M\omega \quad (7-1)$$

Výkon na vřetení při předepsaném zatěžovacím stavu:

$$P_M = M_M \omega_j \quad (7-2)$$

Ztrátový výkon:

$$P_B = M_B \omega_B \quad (7-3)$$

Brzdný moment by měl dosahovat až třetiny momentu na hřídeli:

$$M_B = \frac{1}{3} M_M \quad (7-4)$$

Čelisti brzdy jsou spojeny se skříní, obložení je uchyceno kole spojeném s hřídelem, proto je úhlová rychlost brzdy ω_B rovna úhlové rychlosti otáčení hřídele:

$$\omega_B = \omega_j \quad (7-5)$$

Dosazením rovností (7-4), (7-5) do (7-3) a využitím (7-2) lze vyjádřit ztráty brzdy P_{Bv2} v závislosti na výkonu na vřetení P_M :

$$P_{Bv2} = \frac{1}{3} P_M \quad (7-6)$$

Číselným dosazením:

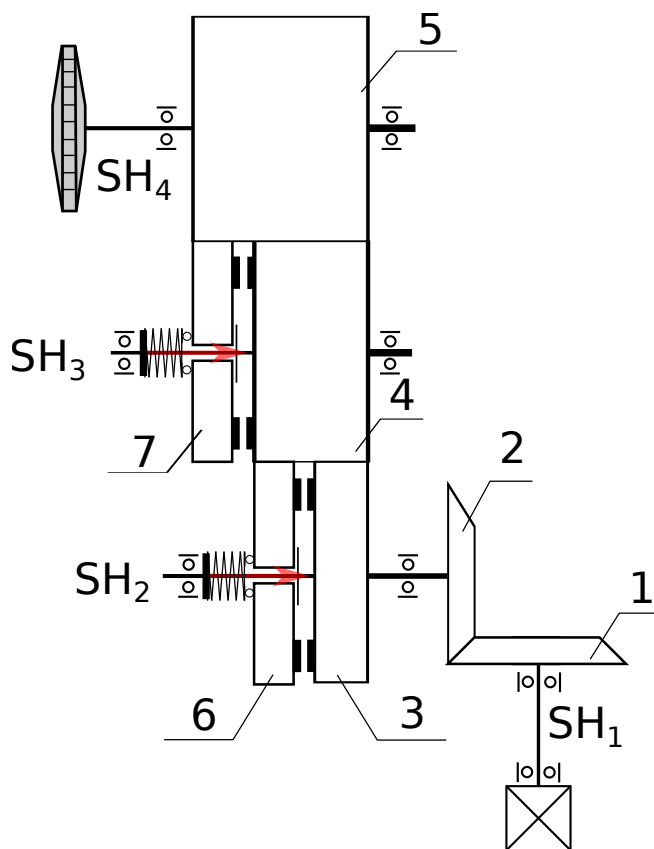
$$P_{Bv2} = 23000 \text{ W} \quad (7-7)$$

Výsledkem je, že varianta 2 dosahuje při brzdění maximálním brzdícím momentem ztrátu třetiny vstupního výkonu. Brzdění se projeví snížením výstupního momentu o třetinu. Vybrzděná energie se přemění především na teplo, které bude ohřívat součásti uvnitř skříně. Z tohoto důvodu je třeba brzdit co nejméně.

7.3 Varianta 3

Třetí varianta redukuje kmity pomocí lamelové třecí brzdy. Rozdíl oproti předchozí variantě spočívá v odlišném přístupu k zástavbě brzdy do konstrukce frézovacího zařízení. Brzda je obvykle spojena s rámem stroje. Toto uspořádání je vhodné pro zpomalení pohybujících se částí, kdy těmto částem brzda odebírá kinetickou energii. Při tlumení kmitů jsou však ztráty energie nežádoucí. Řešení tohoto problému spočívá ve snížení rozdílu rychlostí na brzdě. Nesmí se však snížit rychlost otáčení pohonu. Celá brzda je proto uložena na hřídeli. Konstrukce pohonu obsahuje hnací a brzdná kola. Tato kola jsou brzdou vůči sobě brzděna, brzdění vymezuje vůle a klade odpor proti zpětnému pohybu. Brzdná kola se vůči hnacím kolům otáčejí s co nejmenším (ale ne nulovým) rozdílem rychlosti. Výsledkem jsou nízké ztráty, díky tomu lze brzdit po celou dobu provozu. Pro hlavu IFVW 17 je navržena konstrukce znázorněná na kinematickém schématu 7-3. Hnací a brzdná kola uložena na společném hřídeli, brzdné kolo se může otáčet okolo osy

svého hřídele. Brzda je umístěna vedle brzdného kola. Obě kola zabírají společně s protilehlým ozubeným kolem podobně jako v případě varianty 2. Frézovací hlava využívající podobné konstrukční uspořádání již byla v minulosti společností ŠMT vyrobena.



Obrázek 7-3: Kinematické schéma třetí varianty

Klady: Schopnost tlumení silných rázů. Vymezení vůlí. Malé ztráty i při vysokých brzdných momentech.

Zápory: Konstrukce umožňující kolinearitu os hřídelů osazených spojku. Prostorové nároky.

7.3.1 Ztráty varianty 3

Brzdy v tomto případě pracují stále, ale díky snížení rychlosti mají podstatně menší ztráty. Třetí varianta pracuje se dvěma brzdami, proto je bržděno maximálně na 25 % výstupního momentu. Odvození ztrát je provedeno v kapitole 8.2.1. Rozdíl rychlosti otáčení je dán počtem zubů, brzdné kolo má o jeden zub více. Pro snížení ztrát je třeba navrhnout kola s co největším počtem zubů.

$$P_{Bv3} = P_{36} + P_{47} = 1\,077\text{ W} \quad (7-8)$$

7.4 Výběr optimální varianty

Z výše uvedených variant bylo nutno vybrat optimální variantu. Výběr byl proveden váženou metodou odhadu. Nejprve byly zvoleny důležité parametry a jejich váha. Poté byla pro každou variantu všem parametrům odhadem přiřazena číselná hodnota (rozsah 1 až 5, lépe je více). Tyto hodnoty byly násobeny příslušnou váhou a sečteny. Optimální varianta by měla mít nejvyšší počet bodů. Výsledkem tohoto srovnání je, že optimální variantou by měla být varianta č. 3. Hodnocení je zaznamenáno v tabulce 7-1.

Parametr	Vstupní číselná hodnota			Váha	Vážené hodnoty		
	Var. 1	Var. 2	Var. 3		Var. 1	Var. 2	Var. 3
Tlumení	2	5	4	5	10	25	20
Účinnost	4	3	4	2	8	6	8
Tuhost pohonu	4	3	3	4	16	12	12
Robustnost	1	3	4	3	3	9	12
Jednoduchost	4	2	3	2	8	4	6
Finanční náklady	3	3	3	5	15	15	15
Ztrátové teplo	4	3	4	4	16	12	16
Σ	-	-	-	-	76	83	89

Tabulka 7-1: Hodnocení variant

8 Konstrukční návrh vybrané varianty pohonu

8.1 Použité programy

Výpočty pohonu, tj. ozubených kol, ložisek, hřídelů a spojovacích prvků byly provedeny v programu KISSsoft 03/2014E. Před dokončením konstrukčních prací byl pohon kontrolován programem PREV. Příruby byly kontrolovány programem BSPOJ. Trojrozměrný model a výkresy byly vypracovány v programu Autodesk Inventor 2014. Výpočty rámu frézovacího zařízení pomocí metody konečných prvků byly vypracovány v systému Siemens NX 9. Po konzultaci se zadavatelem byly provedeny dodatečné úpravy konstrukce. Po zapracování těchto změn byl pohon znovu přepočten programem KISSsoft 03/2014E.

8.2 Zatěžovací stavy

Frézovací zařízení během provozu provádí určité spektrum operací. Z těchto operací je třeba odvodit zatěžovací stavy. Tyto stavy popisují velikost zatížení pohonu a dobu trvání tohoto zatížení. Při výpočtu pohonu se posuzuje, zda pohon dosáhne stanovené životnosti při zatížení sledem všech zatěžovacích stavů. Zatěžovací stavy jsou determinovány následujícími parametry:

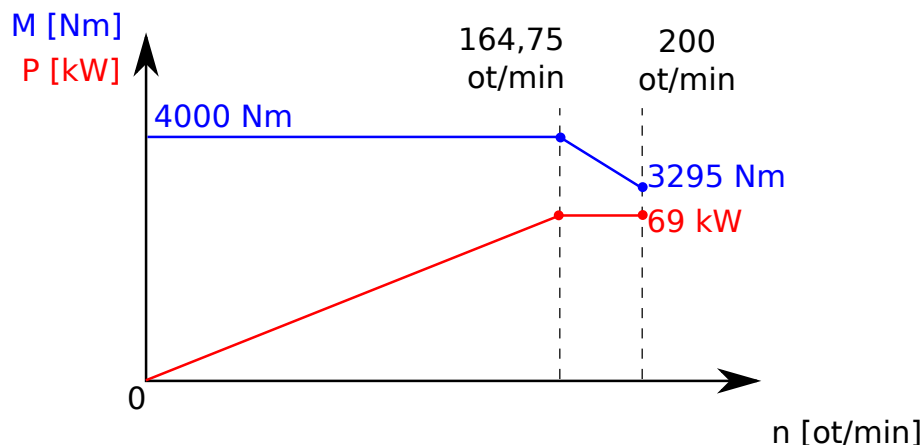
Maximální výkon	$P_M = 69 \text{ kW}$
Maximální točivý moment	$M_M = 4000 \text{ Nm}$
Maximální otáčky	$n_M = 200 \text{ ot/min}$
Požadovaná doba životnosti	$T_c = 10000 \text{ hod}$

Zadavatel si výslovně přál dimenzování na maximální moment při maximálním výkonu (M_M, P_M). Zatěžovací stavy jsou popsány v tabulce 8-1.

Úhlová rychlost ω_j a otáčky n_j při zatěžovacím stavu P_M, M_M :

$$\omega_j = \frac{P_M}{M_M} = \frac{69000}{4000} = 17,25 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad (8-1)$$

$$n_j = \frac{30\omega_j}{\pi} = \frac{30 \cdot 17,25}{\pi} \approx 164,75 \text{ ot/min} \quad (8-2)$$



Obrázek 8-1: Momentová a výkonová charakteristika IFVW 17

Zatěžovací stav	Smysl otáčení	Doba běhu	Výkon	Točivý moment	Otáčky
		T_i [hod]	P_i [kW]	M_i [Nm]	n_i [ot/min]
1	+	10000	69	4000	164,75

Tabulka 8-1: Tabulka zatěžovacích stavů IFVW 17

8.2.1 Příkon frézovací hlavy

Příkon (P_0) je množství energie, kterou za jednotku času předá frézovacímu zařízení včetně horizontálního frézovacího a vyvrtávacího stroje. Rozdíl mezi příkonem a výkonem (P_M) na vřetení jsou ztráty způsobené činností brzd a pasivními odpory v pohonu frézovacího zařízení. Z velikosti ztrát lze posoudit teplotní stabilitu frézovacího zařízení.

Účinnost záběru čelních válcových kol $\eta = 0,98$

Účinnost záběru kuželových kol $\eta_k = 0,96$

Poměr brzdného a výstupního momentu $k = 0,25$

Výpočet ztrát popisuje obrázek 8-2. Kolo 4 je pro potřeby výpočtu nahrazeno dvěma koly spojenými hřídelem (zelená barva).

Brzdný moment na kole 7:

$$M_7 = k\eta \frac{z_7}{z_5} M_M = 1011 \text{ Nm} \quad (8-3)$$

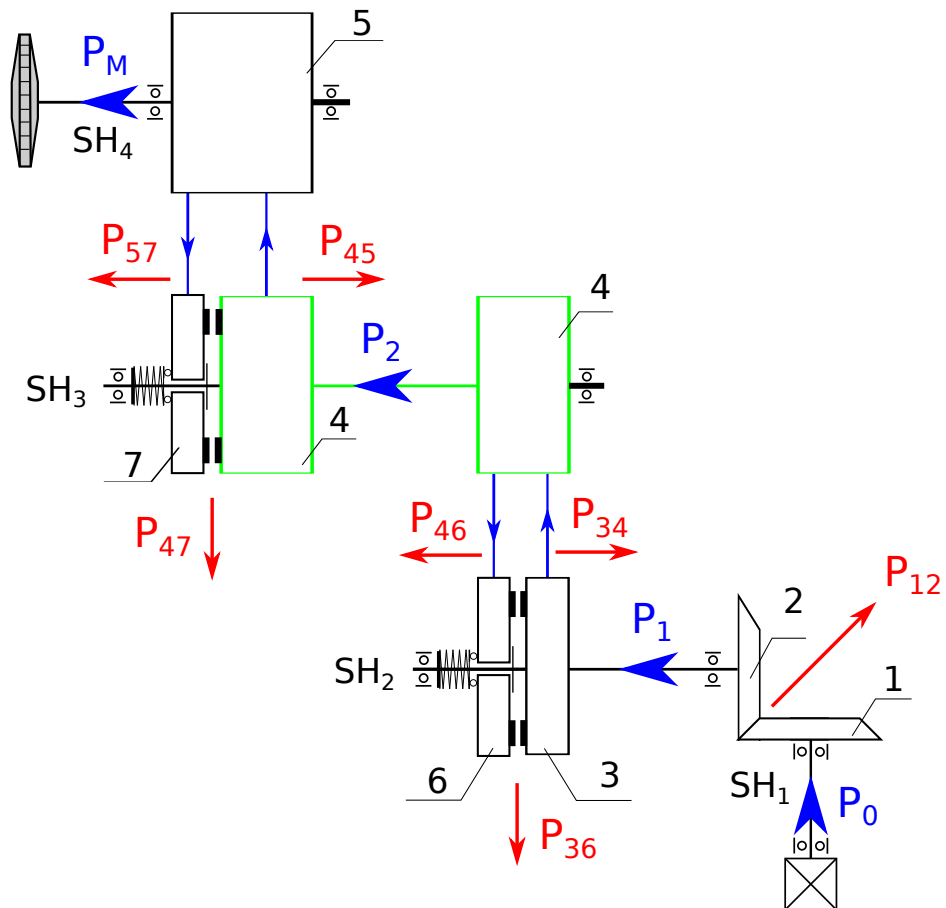
Ztráty na brzdě mezi koly 4 a 7:

$$P_{47} = M_7 |\omega_4 - \omega_7| = 528 \text{ W} \quad (8-4)$$

Ztráty v záběru mezi koly 5 a 7:

$$P_{57} = \frac{1 - \eta}{\eta} M_7 \omega_7 = 345 \text{ W} \quad (8-5)$$

Ztráty v záběru mezi koly 4 a 5:



Obrázek 8-2: Schéma odvození ztrát varianty 3

$$P_{45} = (1 + k) \frac{1 - \eta}{\eta} M_M \omega_5 = 1760 \text{ W} \quad (8-6)$$

Výkon přenášený rozděleným kolem 4:

$$P_2 = P_M + P_{45} + P_{57} + P_{47} = 71\,633 \text{ W} \quad (8-7)$$

Předchozí výpočet lze aplikovat na kola 3, 4 a 6:

$$M_6 = k\eta \frac{z_6 P_2}{z_4 \omega} = 1\,049 \text{ Nm} \quad (8-8)$$

$$P_{36} = M_6 |\omega_3 - \omega_6| = 548 \text{ W} \quad (8-9)$$

$$P_{46} = \frac{1 - \eta}{\eta} M_6 \omega_6 = 358 \text{ W} \quad (8-10)$$

$$P_{34} = (1 + k) \frac{1 - \eta}{\eta} P_2 = 1\,827 \text{ W} \quad (8-11)$$

$$P_1 = P_2 + P_{34} + P_{46} + P_{36} = 74\,367 \text{ W} \quad (8-12)$$

Ztráty v záběru kuželových kol:

$$P_{12} = \frac{1 - \eta_k}{\eta_k} P_1 = 3\,099 \text{ W} \quad (8-13)$$

Potřebný příkon pro frézovací zařízení IFVW 17:

$$P_0 = P_1 + P_{12} = 77\,466 \text{ W} \quad (8-14)$$

8.2.2 Zatížení převodových prvků

Pomocí výpočtů provedených v kapitole 8.2.1 byla sestavena tabulka 8-2. Obsahem této tabulky jsou vstupní hodnoty točivého momentu a otáček. Tyto hodnoty se zadávají do programu KISSsoft a PREV při definici zatížení. Do výpočtu souhmotí 4 je nutno zahrnout i řezné síly:

Velikost obvodové složky řezných sil (na průměru $d_n = 340 \text{ mm}$):

$$F_{On} = \frac{2M_M}{d_n} = 23\,500 \text{ N} \quad (8-15)$$

Velikost radiální složky řezných sil:

$$F_{Rn} = 0,8 \cdot F_{On} = 18\,800 \text{ N} \quad (8-16)$$

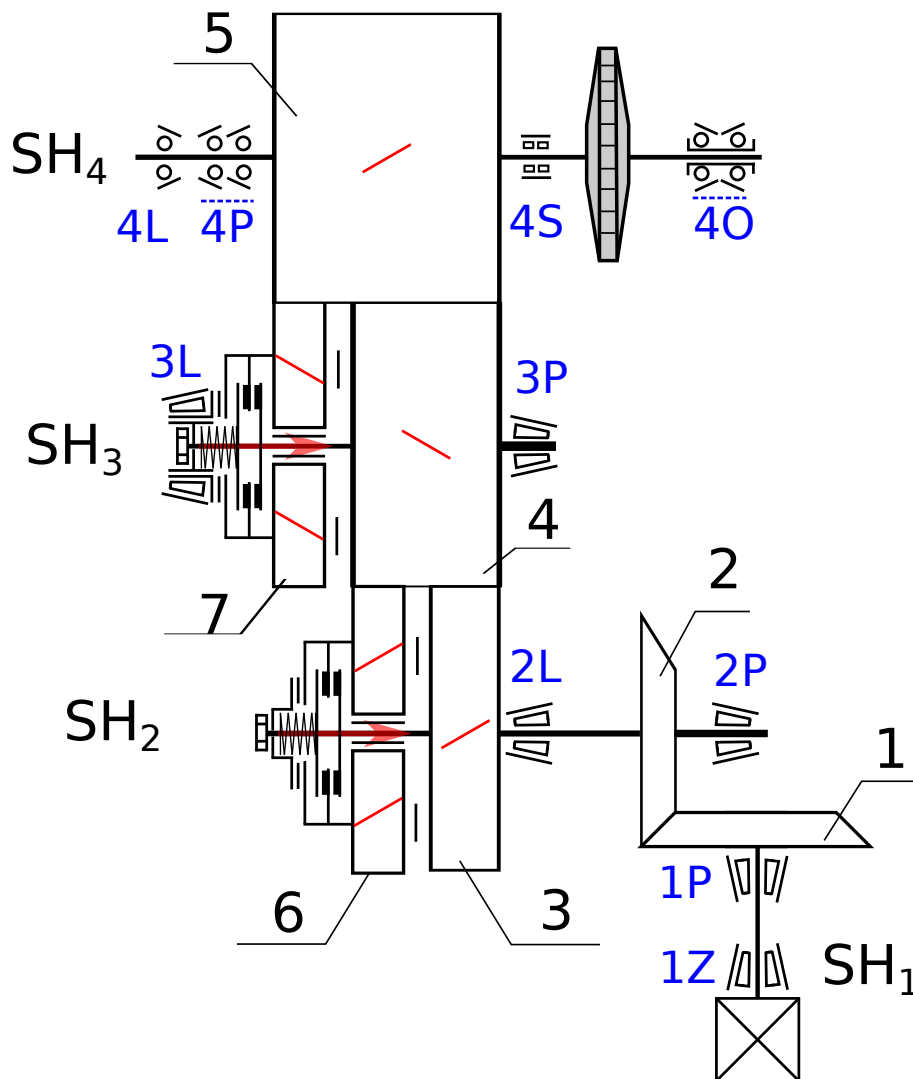
Velikost axiální složky řezných sil:

$$F_{An} = 0,6 \cdot F_{On} = 14\,000 \text{ N} \quad (8-17)$$

Kolo	Hřídel	Točivý moment	Otáčky	Úhlová rychlost	Směr zatížení
i		M_i [Nm]	n_i [ot/min]	ω_i [rad/s]	
1	1	2994	247,1	25,87	+
2	2	4311	164,7	17,25	-
3	2	5360	164,7	17,25	+
4	3	5183	164,7	17,25	+
5	4	5000	164,7	17,25	+
6	2	1049	159,7	16,73	-
7	3	1011	159,7	16,73	-

Tabulka 8-2: Zatížení ozubených kol (pro výpočet)

8.3 Konstrukční návrh pohonu



Obrázek 8-3: Kinematické schéma pohonu

8.3.1 Návrh kuželových kol 1, 2

Při návrhu kuželových kol 1 a 2 byl omezujícím faktorem nedostatek místa. Původním záměrem bylo navrhnout soukolí s převodovým poměrem 1. V tomto případě by však kuželové kolo 1 kolidovalo s kolem 3. Druhou možností byl převodový poměr 2, kolo 1 však bylo příliš malé. Proto byla tato kola navržena s převodovým poměrem 1,5. Výsledky pevnostní kontroly jsou uvedeny v tabulce 8-3, obě kola vyhovují.

Kolo	1	2
Typ ozubení	Klingelberg	
Počet zubů	16	24
Modul normální (střední)	10 mm	
Úhel sklonu zubů (střední)	30°	
Šířka kola	40 mm	
Materiál	18CrNiMo7-6	
Účinnost	0,96	
Převodový poměr	1,5	
Otáčky	247,1	164,7
Točivý moment	2994	4311
Úhel mezi osami	90°	
Doba životnosti	>99 999 hod	
Koef. bezp. vůči únavě v ohybu	1,63	1,65
Koef. bezp. vůči únavě v dotyku	1,15	1,16

Tabulka 8-3: Ozubená kola 1, 2 (hnací)

8.3.2 Návrh čelních válcových kol 3, 4, 5, 6, 7

Všechna hnací kola mají stejný počet zubů. Pro tato kola bylo zvoleno ozubení se sklonem 25° a velikostí modulu 6 mm. Zvolené ozubení je kompromisem mezi únosností, šířkou ozubených kol a počtem zubů, který má vliv na ztráty v brzdách. Parametry kol 3 až 7 včetně výsledků pevnostní kontroly jsou uvedeny v tabulkách 8-4 a 8-5.

Výsledky pevnostní kontroly naznačují, že všechna hnací ozubená kola vyhovují. Únosnost v záběru kol 3 a 4 se pohybuje těsně nad mezní hranicí. Tento záběr je však tlumen oběma brzdami, namáhání torzními kmity by mělo být minimální. Brzdná kola jsou dimenzována dostatečně (tabulka 8-5).

Kolo	3	4	5
Typ ozubení	Šikmé ozubení		
Počet zubů	32	32	32
Modul normální	6 mm		
Úhel sklonu zubů	25°		
Šířka kola	60 mm	80 mm	100 mm
Materiál	18CrNiMo7-6		
Účinnost	0,98	0,98	
Převodový poměr	1	1	
Otáčky	164,7 ot/min	164,7 ot/min	164,7 ot/min
Točivý moment	5360 Nm	(5183 Nm)	5000 Nm
Osová vzdálenost	220 mm	213 mm	
Doba životnosti soukolí	40 773 hod		
Koef. bezp. vůči únavě v ohybu	1,83	1,52 / 1,87	2,46
Koef. bezp. vůči únavě v dotyku	1,04	1,04 / 1,15	1,15

Tabulka 8-4: Ozubená kola 3, 4, 5 (hnací)

Kolo	6	7
Zabírající kolo	(3)	(4)
Typ ozubení	Šikmé ozubení	Šikmé ozubení
Počet zubů	33	33
Modul normální	6 mm	6 mm
Úhel sklonu zubů	25°	25°
Šířka kola	18 mm	18 mm
Materiál	18CrNiMo7-6	18CrNiMo7-6
Účinnost	0,98	0,98
Převodový poměr	1,031	1,031
Otáčky	159,7 ot/min	159,7 ot/min
Točivý moment	1049 Nm	1011 Nm
Osová vzdálenost	220 mm	213 mm
Doba životnosti soukolí	>99 999 hod	>99 999 hod
Koef. bezp. vůči únavě v ohybu	2,13 (2,23)	2,60 (2,27)
Koef. bezp. vůči únavě v dotyku	1,25 (1,26)	1,21 (1,19)

Tabulka 8-5: Ozubená kola 6, 7 (brzdná)

8.3.3 Souhmotí 1

První souhmotí je tvořeno hřídelem 1, unášecím kotoučem a ozubeným kuželovým kolem 1. Na čele unášecího kotouče je vyfrézována drážka pro kameny, které jsou uchyceny na čele vřetene. S hřídelem 1 je unášecí kotouč spojen pomocí svěrné spojky TOLLOK TLK 133. Hřídel 1 je uložen pomocí dvou ložisek s kosoúhlým stykem SKF 32220 J2. Ložiska jsou stažena pomocí matice KM 20. Celé souhmotí je uloženo v posuvném pouzdru. Pouzdro se posouvá ve směru osy hřídele 1. Toto řešení umožňuje nastavení správné vůle v záběru soukolí kuželových kol 1 a 2. Posuv pouzdra se řídí tloušťkou dělené podložky.

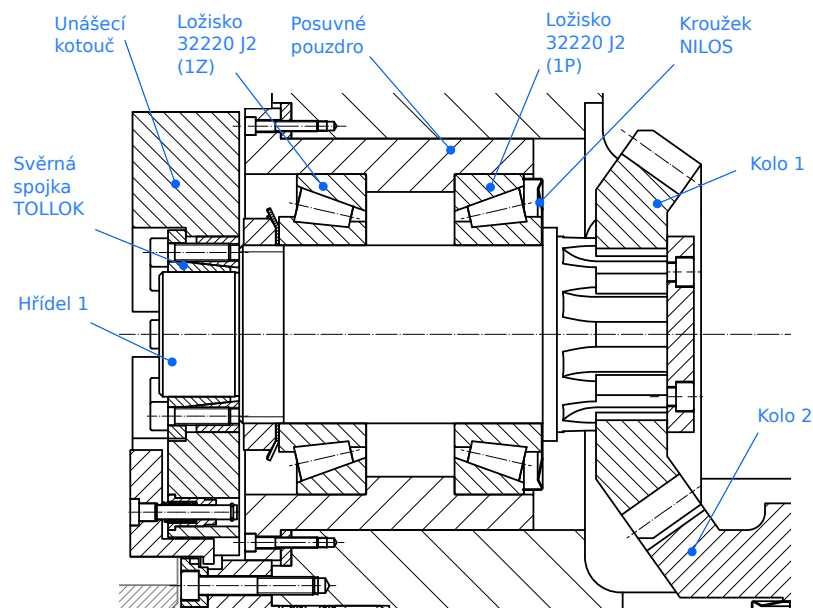
Kontrola minimálního vnějšího průměru unášecího kotouče, vyžadovaného při instalaci svěrné spojky TOLLOK TLK 133 [9]:

Vnější průměr spojky	D_{sp}	110 mm
Mez kluzu materiálu unášecího kotouče	$\sigma_{rp0,2}$	580 MPa
Tlak ve spoji	p_n	135 MPa
Aplikační faktor	C_f	1
Vnější průměr unášecího kotouče	D_U	250 mm

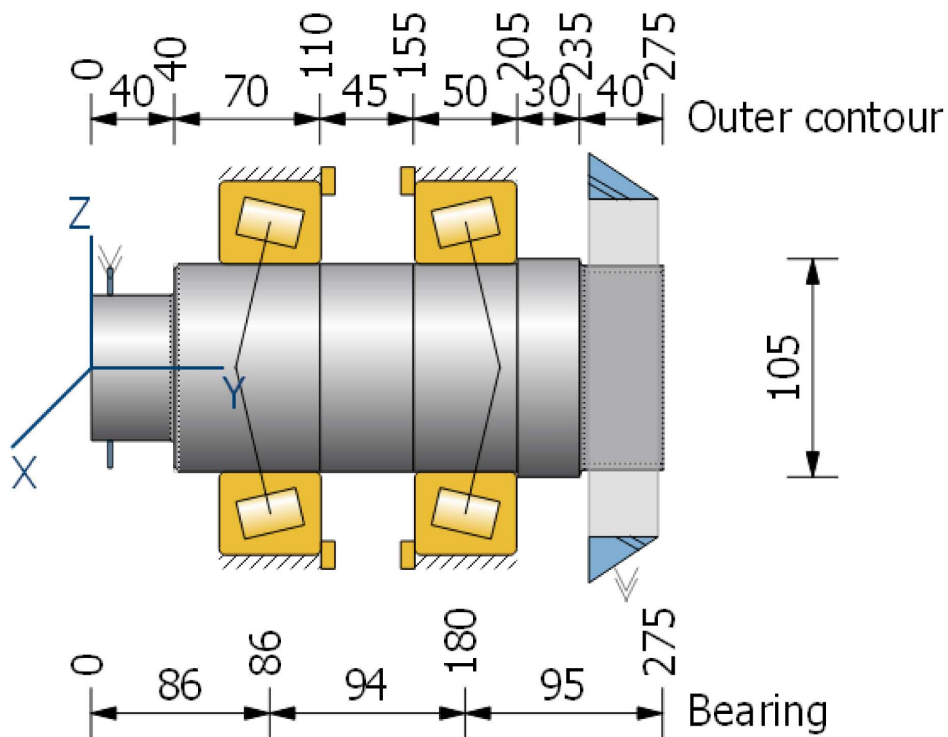
$$K = \sqrt{\frac{\sigma_{rp0,2} + (C_f \cdot p_n)}{\sigma_{rp0,2} - (C_f \cdot p_n)}} = 1,268 \quad (8-18)$$

$$D_U \geq D_{sp} \cdot K \Rightarrow 250 \text{ mm} \geq 139,4 \text{ mm} \quad (8-19)$$

Vnější průměr unášecího kotouče je dostatečně veliký.



Obrázek 8-4: Souhmotí 1



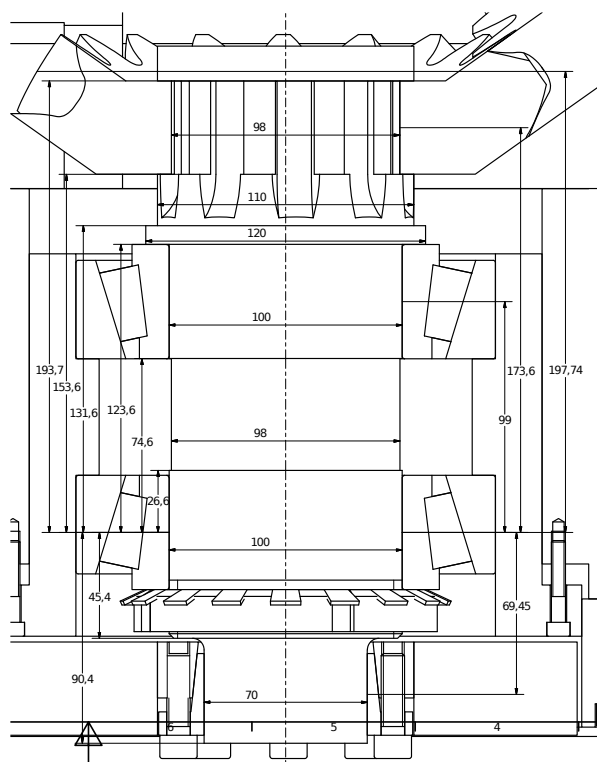
Obrázek 8-5: Zadání prvního souhmotí do systému KISSsoft

Parametr	Jednotky	Hodnota	Min. hod.	Hodnocení
<i>Ložisko SKF 32220 J2 (1Z)</i>				
Základní trvanlivost	[hod]	31 664	10 000	vyhovuje
Koef. stat. únosnosti	[1]	12,65	4	vyhovuje
<i>Ložisko SKF 32220 J2 (1P)</i>				
Základní trvanlivost	[hod]	17 064	10 000	vyhovuje
Koef. stat. únosnosti	[1]	7,25	4	vyhovuje

Tabulka 8-6: Kontrola ložisek, hřídel 1

Parametr	Jednotky	Hodnota	Min. hod.	Hodnocení
<i>Rovnoboké drážkování 14 × 92 × 98, l = 40 mm (kolo 1)</i>				
Stykový tlak	[MPa]	105,5	120	vyhovuje

Tabulka 8-7: Kontrola spojovacích prvků, hřídel 1



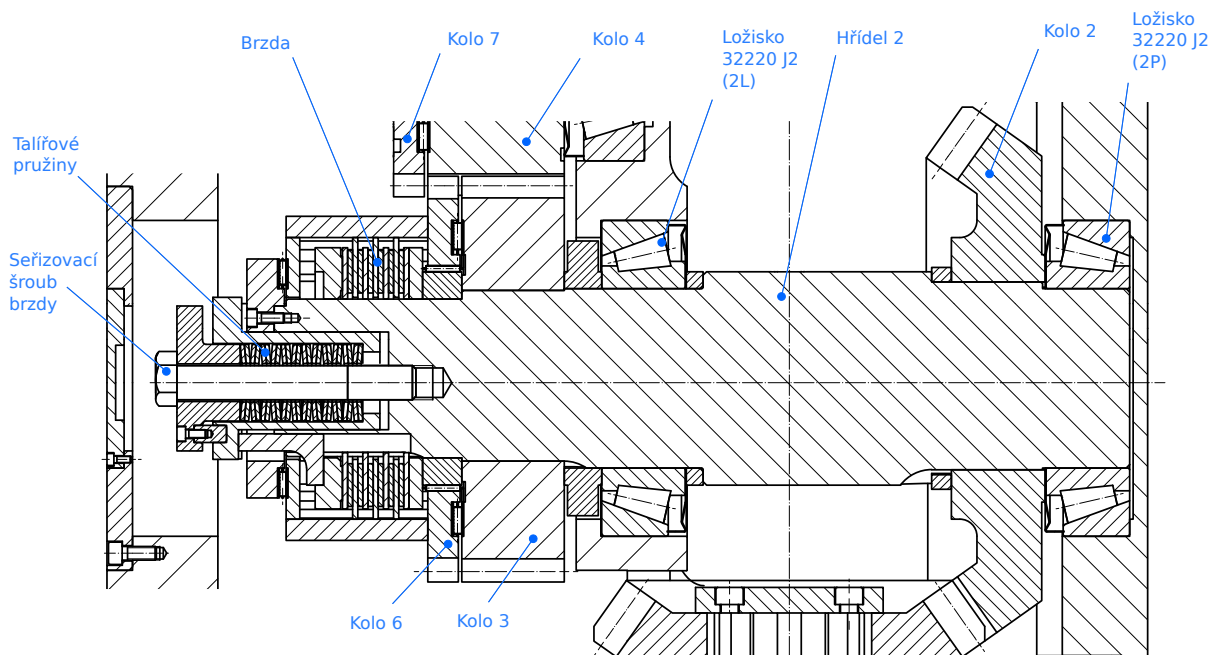
Obrázek 8-6: Zadání prvního souhmotí do systému PREV

Parametr	Jednotky	Hodnota	Min. hod.	Hodnocení
<i>Ložisko SKF 32220 J2 (2L)</i>				
Základní trvanlivost	[hod]	23 240	10 000	vyhovuje
Koef. stat. únosnosti	[1]	7,05	4	vyhovuje
<i>Ložisko SKF 32220 J2 (2P)</i>				
Základní trvanlivost	[hod]	15 942	10 000	vyhovuje
Koef. stat. únosnosti	[1]	9,36	4	vyhovuje

Tabulka 8-8: Kontrola ložisek, hřídel 2

8.3.4 Souhmotí 2

Hřídel 2 nese kuželové kolo 2 a čelní válcová kola 3 a 6. Je uložen ve dvojici kuželíkových ložisek SKF 32220 J2. Brzda spočívá vedle kola 6 na volném konci hřídele. Normálová síla působící na brzdu se nastavuje pomocí šroubu. Deska, na níž šroub tlačí, je zajištěna proti pootočení pod hlavou šroubu. Síla se z desky přenáší na svazek talířových pružin, který je situován v dutině v ose hřídele. Pružiny tlačí na pouzdro, které sílu předávají tlačnému elementu.



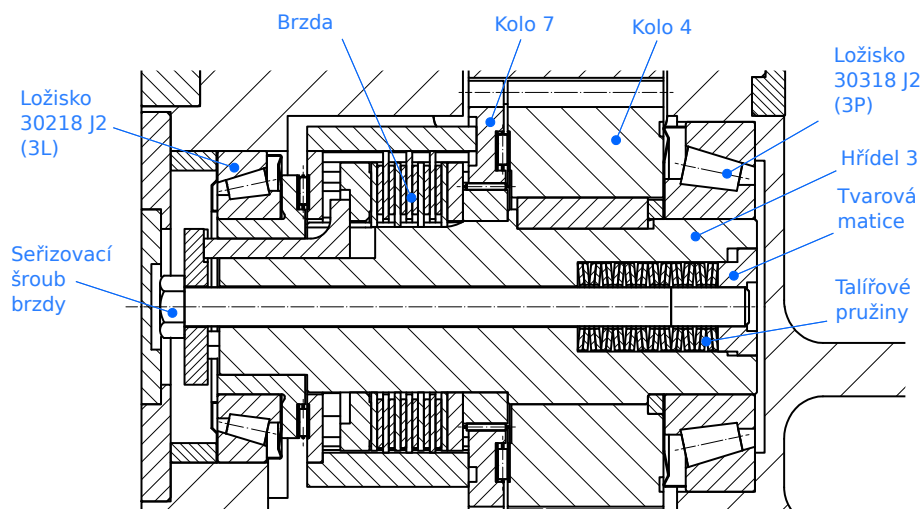
Obrázek 8-7: Souhmotí 2 (lomený řez)

Parametr	Jednotky	Hodnota	Min. hod.	Hodnocení
Rovnoboké drážkování		$14 \times 92 \times 98, l = 55$ mm (kolo 2)		
Stykový tlak	[MPa]	112,2	120	vyhovuje
Rovnoboké drážkování		$14 \times 92 \times 98, l = 65$ mm (kolo 3)		
Stykový tlak	[MPa]	119,4	120	vyhovuje

Tabulka 8-9: Kontrola spojovacích prvků, hřídel 2

8.3.5 Souhmotí 3

Hřídel 3 nesou ložiska SKF 30218 J2 a SKF 30318 J2 (obrázek 8-8). Ložiska různých velikostí byla vybrána s ohledem na úsporu místa. Délka tohoto hřídele určuje minimální šířku části rámu nesoucího pohon frézovacího zařízení. Na hřídeli 3 je uloženo kolo 4, 7 a brzda. Nedostatek místa si vyžádal přesunutí talířových pružin na opačnou stranu, než se nachází brzda. Šroub prochází dutinou skrz celý hřídel 3. Talířové pružiny stlačuje pomocí tvarové matice (jištěné tvarováním proti pootočení). Matice se však může v ose hřídele posouvat. Deska pod hlavou šroubu působí přímo na tlačný element, který ji jistí proti pootočení. Tlačný element prochází drážkou pod ložiskem SKF 30218 J2. V tomto místě je na hřídeli navlečen ochranný kroužek. Tento kroužek zabraňuje deformaci vlastního kroužku ložiska.



Obrázek 8-8: Souhmotí 3 (lomený řez)

Parametr	Jednotky	Hodnota	Min. hod.	Hodnocení
<i>Ložisko SKF 30218 J2 (3L)</i>				
Základní trvanlivost	[hod]	17 107	10 000	vyhovuje
Koef. stat. únosnosti	[1]	7,75	4	vyhovuje
<i>Ložisko SKF 30318 J2 (3P)</i>				
Základní trvanlivost	[hod]	14 703	10 000	vyhovuje
Koef. stat. únosnosti	[1]	5,40	4	vyhovuje

Tabulka 8-10: Kontrola ložisek, hřídel 3

Parametr	Jednotky	Hodnota	Min. hod.	Hodnocení
<i>Těsné pero 28 × 16 × 70, ∅ 100 mm (kolo 4)</i>				
Stykový tlak	[MPa]	104	120	vyhovuje

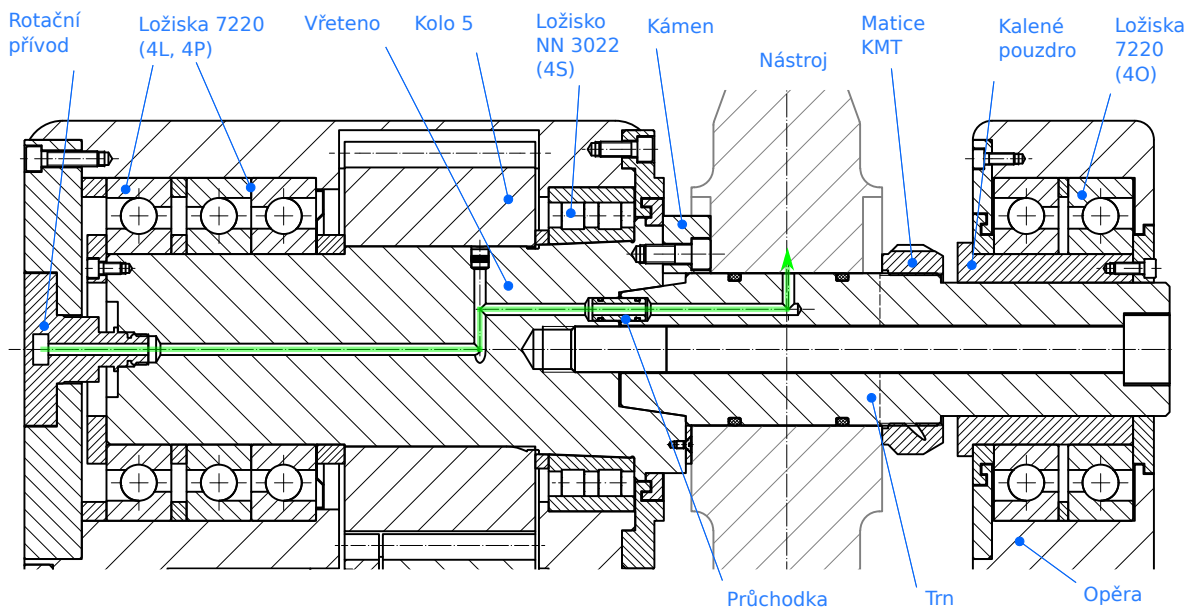
Tabulka 8-11: Kontrola spojovacích prvků, hřídel 3

8.3.6 Souhmotí 4

Souhmotí 4 nese ozubené kolo 5. Je tvořeno vřetenem (hřídel 4) a demontovatelným trnem (nese nástroj). Součástí souhmotí 4 je i nástroj a pouzdro s ložisky, které je uloženo v opěře. Vřeteno je nejdůležitější součástí pohonu frézovací hlavy. Správné uložení vřetene má zásadní vliv na přesnost obrábění. Proto je vřeteno uloženo pomocí ložisek SKF s vyšší třídou přesnosti. Původně bylo uvažováno použití dvou tandemů složených z ložisek typu 7220, to však nebylo možno realizovat pro nedostatek místa. Vřeteno je uloženo pomocí kombinace ložisek s kosouhlým stykem SKF 7220 ACD/P4A (úhel 25°) a přesného dvouřadého válečkového ložiska SKF 3022KTN9/SP (viz obrázek 8-9). Na čelo vřetene jsou vyfrézovány drážky pro unášecí kameny. Kameny zapadají do drážek na čele nástroje. Zajišťují přenos točivého momentu na nástroj. Kuželová dutina na čele vřetene slouží ke spojení trnu s vřetenem. Uvnitř dutiny je závit pro šroub M24, pomocí kterého je trn uchycen v dutině vřetene. Vřeteno je vyrobeno z legované oceli ČSN 14 220, protože bude za provozu značně zatěžováno. Pro zvýšení odolnosti je povrch čela vřetene a kuželové dutiny povrchově kalen. Osou vřetene prochází chladicí kanál, který přenáší chladicí kapalinu z rotačního přívodu do trnu. Kanál se rozdvojením vyhýbá dutině s vnitřním závitěm a přechází do trnu prostřednictvím průchodek. Na obrázku 8-9 je trasa kanálu vyznačena zelenou barvou.

Nástroj je nesen trnem. Trn je kuželovou částí uložen ve vřetení, jeho volný konec je podepřen

pomocí opěry. Nástroj se na trn nasouvá z volného konce. Přesné ustavení nástroje do roviny s osou hřídele 1 se provádí výměnnými lícovacími podložkami. Podložky se šroubují na čelo vřetene. Nástroj je na podložku tlačěn maticí KMT. Kanály v trnu přivádějí řeznou kapalinu pod nástroj. Proti průsaku jsou na upínací ploše trnu vysoustruženy drážky pro o-kroužky. Vyměnitelný trn umožňuje použití nástrojů s rozdílnými vnitřními průměry. Výhodou také je, že v případě poškození upínacích ploch pod nástrojem není třeba měnit celé vřeteno.



Obrázek 8-9: Souhmoří 4 (lomený řez)

Tandem dvou ložisek SKF 7220 ACD/P4A je při výpočtu uvažován jako jedno ložisko. Dynamickou únosnost C_2 a statickou únosnost C_{02} tohoto uvažovaného ložiska lze určit pomocí následujících vztahů [3]:

$$C_2 = 1,62 \cdot C \text{ [kN]} \quad (8-20)$$

$$C_{02} = 2 \cdot C_0 \text{ [kN]} \quad (8-21)$$

Výše uvedené vztahy byly použity při výpočtu programem PREV i programem KISSsoft. V programu PREV bylo vytvořeno ložisko 2x7220 s přepočtenými hodnotami statické a dynamické únosnosti. V programu KISSsoft se počítá s jedním ložiskem (4P), jehož výsledky je nutno přepočítat podle výše uvedených vztahů. Základní trvanlivost tandemu L_{10h2} byla z výstupu programu KISSsoft vypočtena pomocí vztahu [3]:

$$L_{10h2} = 1,62^3 \cdot L_{10h} \text{ [hod]} \quad (8-22)$$

Parametr	Jednotky	Hodnota	Min. hod.	Hodnocení
<i>Ložisko SKF 7220 ACD/P4A (4L)</i>				
Základní trvanlivost	[hod]	>99 999	10 000	vyhovuje
Koef. stat. únosnosti	[1]	>40	4	vyhovuje
<i>Tandem, 2 ložiska SKF 7220 ACD/P4A (4P)</i>				
Základní trvanlivost	[hod]	10 743	10 000	vyhovuje
Koef. stat. únosnosti	[1]	6,88	4	vyhovuje
<i>Ložisko NN 3022 KTN9/SP (4S)</i>				
Základní trvanlivost	[hod]	34 475	10 000	vyhovuje
Koef. stat. únosnosti	[1]	9,63	4	vyhovuje
<i>Pár, 2 ložiska SKF 7220 ACD/P4A (4O)</i>				
Základní trvanlivost	[hod]	>21 663	10 000	vyhovuje
Koef. stat. únosnosti	[1]	5,11	4	vyhovuje

Tabulka 8-12: Kontrola ložisek, souhmotí 4

Parametr	Jednotky	Hodnota	Min. hod.	Hodnocení
<i>Rovnoboké drážkování 14 × 92 × 98, l = 55 mm (kolo 5)</i>				
Stykový tlak	[MPa]	112,2	120	vyhovuje

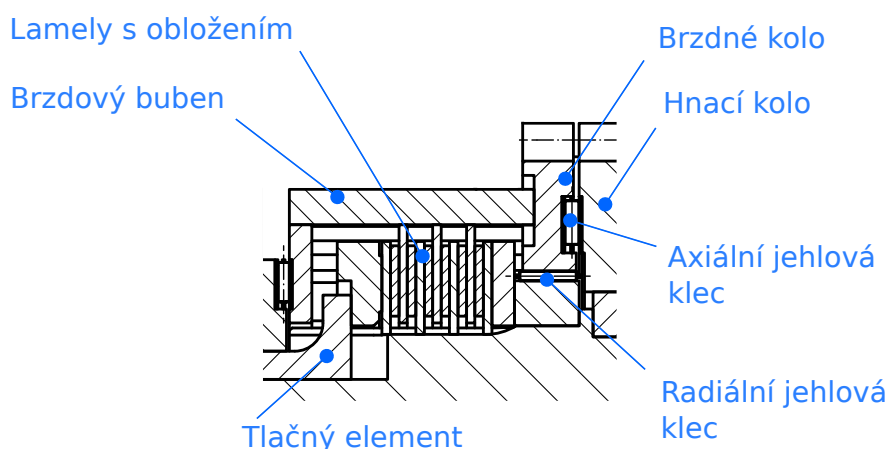
Tabulka 8-13: Kontrola spojovacích prvků, souhmotí 4

8.4 Brzda

Jedním z přání zadavatele bylo navrhnout pohon tvořený koly se šikmým ozubením. Kola se šikmým ozubením mají plynulý záběr a větší únosnost. Šikmé ozubení však konstrukci pohonu s brzdou značně komplikuje, zejména přítomností axiální síly, která je šikmými zuby generována. Axiální síla mění svou velikost i smysl působení v závislosti na točivém momentu daného kola. Ke změnám dochází i při rozkmitání pohonu. Z toho vyplývá, že axiální reakce od ozubených kol nesmí procházet lamelami brzdy, jinak by kolísal i brzdný moment a torzní kmity by nemusely být tlumeny. Z pohledu uživatelské přívětivosti musí být brzda snadno seřiditelná, např. šroubem.

8.4.1 Konstrukce brzdy

Výše uvedené problémy řeší nová konstrukce brzdy (viz obr. 8-10). Brzda se skládá z brzdného bubnu, sady lamel, tlačných elementů a opěrných disků. Při návrhu hřídele 3 byl problém v tom, že brzda je umístěna mezi ložisky. Tento problém je vyřešen tlačnými elementy, které umožňují přenášet normálovou sílu pod ložiskem. Tlačný element je uložen ve vyfrézované drážce, kterou lze překrýt ochranným kroužkem. Konstrukce brzdy je integrována do pohonu a spolu s hřídelem a brzdným kolem tvoří jeden celek. Brzdná kola se vůči hřídeli otáčejí určitou rychlostí. Jsou proto uložena pomocí radiálních a axiálních jehlových klecí. Brzdový buben je s brzdným kolem spojen pomocí drážek. Lamely jsou uloženy uvnitř bubnu. Každá lamela má na jedné straně přilepeno brzdové obložení pro zvýšení koeficientu tření. Jedna polovina lamel zabírá s bubnem, zbytek lamel je uložen na hřídeli. Normálovou sílu na lamely přenášejí dva tlačné elementy. Sada lamel je vložena mezi kroužky, které pomáhají rozložit zatížení na větší plochu. Velikost normálové síly se nastavuje otáčením šroubu umístěným v ose hřídele.



8.4.2 Výpočet brzdy

Výběr vhodného obložení byl konzultován se společností RENOVAK Kostelec nad Orlicí s. r. o. Tato společnost doporučila použít obložení FAG-M, vyráběné společností FRENOS SAULEDA S.A. Obložení je určeno pro průmyslové aplikace. Na lamelu se lepí teplem tvrditelným lepidlem. Konkrétní informace jsou obsaženy v nabídkovém listu, jež je součástí příloh. Výpočtem je nutno kontrolovat, zda tlak a rychlost nepřekročí povolené hodnoty.

Vstupní parametry:

Max. brzdňý moment	M_{Bmax}	1100 Nm
Max. otáčky	n_M	200 ot/min
Malý poloměr obložení	r_o	50 mm
Velký poloměr obložení	R_o	70 mm
Koeficient tření	f_t	0,4
Počet třecích ploch	i_t	6
Počet zubů kola 3	z_3	32
Počet zubů kola 6	z_6	33

$$M_B = \int_{r_o}^{R_o} 2\pi p f_t i_t r^2 dr = \frac{2}{3} \pi p f_t i_t (R_o^3 - r_o^3) \quad (8-23)$$

$$p_{max} = \frac{3M_{Bmax}}{2\pi f_t i_t (R_o^3 - r_o^3)} = 1,00 \text{ MPa} \quad (8-24)$$

$$v_{max} = 2\pi R_o \frac{n_M}{60} \left(1 - \frac{z_3}{z_6}\right) = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ ms}^{-1} \quad (8-25)$$

$$F_N = p\pi (R_o^2 - r_o^2) = 7569 \text{ N} \quad (8-26)$$

Obložení vyhovuje z hlediska tlaku i rychlosti. Utahovací moment byl kontrolován programem KISSsoft, jeho hodnota nepřekračuje 60 Nm. Obsluha může šroub utahovat klíčem.

8.4.3 Talířové pružiny

Tloušťka lamel se bude za provozu vlivem obroušování zmenšovat. Pokles tloušťky má za následek pokles normálové síly mezi lamelami a tím i pokles brzdňého momentu. Pokles síly závisí na tuhosti silového obvodu, přes který prochází síla působící na lamely. Tuhost je nutno snížit, ke snížení byly použity talířové pružiny. Tyto pružiny vyžadují minimální zástavbový prostor, umožňují však přenos relativně velkých sil. Lze je složit do sady, kde mohou být pružiny řazeny

sériově i paralelně zároveň. Paralelní řazení zvyšuje maximální přenášenou sílu, sériově snižuje tuhost sady. Sada byla sestavena z talířových pružin A 0355 (DIN 2093). Požadované zkrácení Δl při působení síly F_N je 5 mm. Parametry navržené sady pružin:

Počet pružin v bloku (paralelní řazení)	a	2
Počet bloků v sadě (sériové řazení)	b	12
Síla při 75 % max. deformace	F_3	5187 N
Deformace vyvolaná silou F_3	s_3	0,6 mm
Maximální síla na pružině	F_c	6747 N

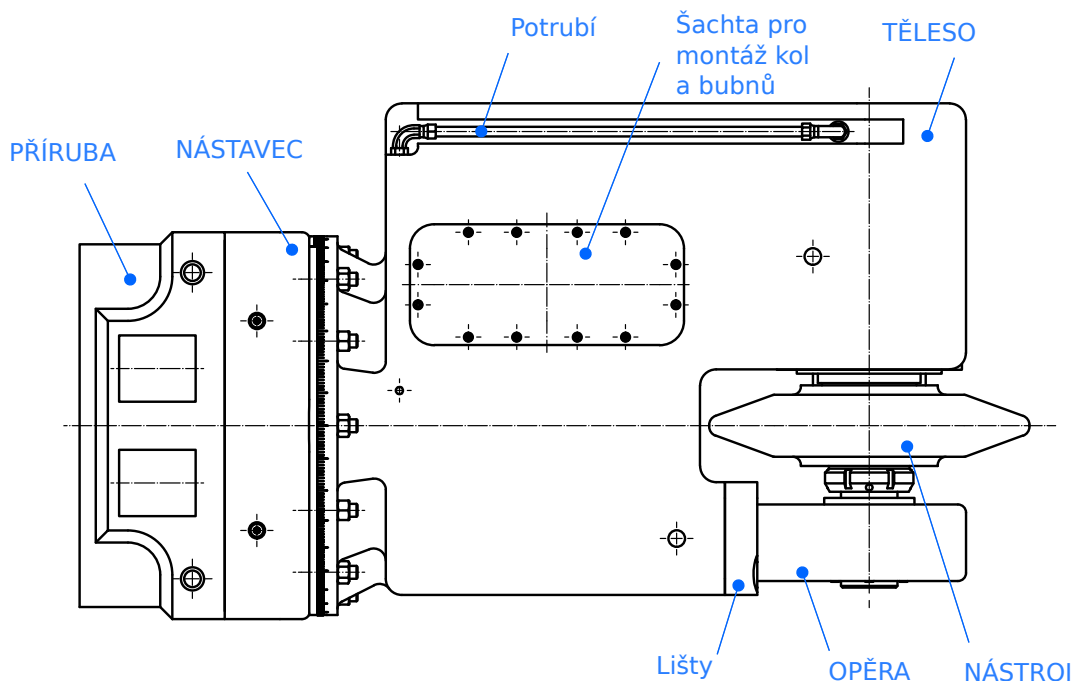
Tuhost sady pružin při 75 % max. deformace:

$$k_s = \frac{aF_3}{bs_3} = 1441 \text{ N/mm} \quad (8-27)$$

Změna délky při působení síly F_N :

$$\Delta l = \frac{F_N}{k_s} = 5,25 \text{ mm} \quad (8-28)$$

8.5 Rám frézovacího zařízení



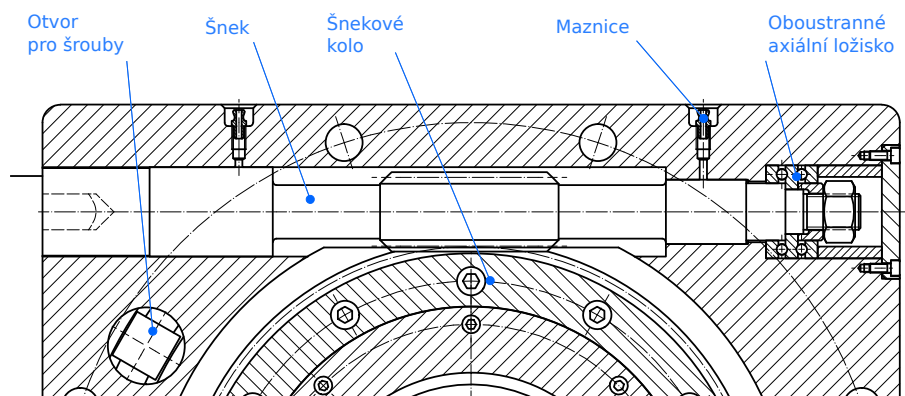
Obrázek 8-11: Popis rámu frézovacího zařízení

8.5.1 Těleso

Těleso tvoří největší část rámu. Jedná se o velký skříňový odlitek z litiny, ve kterém je uložen pohon a vřeteno stroje. Zadavatel striktně požadoval, aby bylo těleso z jednoho kusu. Důvodem je nižší cena a méně komplikovaná výroba. Nevýhodou tohoto řešení je omezená přístupnost, tím pádem i pracnější montáž. Těleso má po stranách otvory pro zasouvání hřídelů. Čelní válcová ozubená kola a brzdové bubny jsou příliš veliké, do tělesa je lze vložit velkou šachtou (obdélníkovým otvorem). Malá šachta slouží k mazání a kontrole kol 4 a 5. Kuželová kola lze vkládat bočním otvorem na straně opěry. Kruhová část tělesa se vkládá do nástavce. Konec této části je upraven tak, aby na něj mohlo být nasazeno šnekové kolo pro naklápění tělesa. Oproti zadání byla skříň rozšířena o 30 mm, aby byl v tělese dostatek místa pro zástavbu brzd. Toto rozšíření bylo zadavatelem schváleno.

8.5.2 Nástavec

Nástavec spojuje těleso s přírubou. Uvnitř nástavce je obrobena kruhová T drážka. V této drážce jsou uloženy hlavy šroubů, pomocí kterých je těleso spojeno s nástavcem. Šrouby mají čtvercovou hlavu. Mohou se v drážce posouvat, ale jsou stěnami drážky jištěny proti otáčení. Šrouby lze do drážky vložit kruhovým otvorem v nástavci. Uvnitř nástavce je dutina pro šnek naklápěcího mechanismu. Čelo šneku je opatřeno čtvercovým otvorem pro klíč.



Obrázek 8-12: Konstrukční řešení nástavce a uložení šneku (řez)

8.5.3 Příruba

Příruba slouží ke spojení frézovacího zařízení se strojem. Frézovací zařízení se do příruby upevní prostřednictvím osmi šroubů M24. Tento celek je nutno přesně ustavit vůči pinole stroje. Spojení s pinolou obstarává hydraulicky ovládaná rozevírací kleština.

8.6 Opěra

Opěra podepírá volný konec trnu. Díky opěře se snižuje zatížení ložisek ve vřetení a nedochází k naklopení nástroje. Je tvořena litinovým odlitkem s dutinou pro ložiska. Konec odlitku je opatřen tvarovou plochou, která se po obrobení zasouvá do čela skříně. Po zasunutí je opěra zajištěna tvarovanou plochou tělesa a lištami. Lišty jsou předepruty pomocí šroubů M24. Uvnitř opěry jsou uložena dvě přesná ložiska SKF 7220 ACD/P4A v uspořádání zády k sobě (do O). Konstrukce opěry je vyobrazena na obrázku 8-9. Zasouvání konce trnu do ložisek by odřelo vnitřní plochy kroužků ložisek, proto ložiska nesou kalené pouzdro z oceli ČSN 14 220. Trn se nasouvá do pouzdra.

8.7 Mazání pohonu

Mazání je nezbytným předpokladem pro dosažení vysoké životnosti a spolehlivosti pohonu. Jednotlivé části pohonu se vůči sobě navzájem pohybují. V místech styku těchto částí dochází k přenosu sil. Jedná se především o zuby ozubených kol. Ložiska jsou sice valivá, tření se však vyskytuje mezi valivými elementy a klecí. Mazání se pozitivně projeví především snížením opotřebení v místech vzájemného styku. Tím dojde ke zvýšení životnosti a spolehlivosti. Dalším efektem je snížení tepelných ztrát. Ztrátové teplo zvyšuje teplotu uvnitř skříně. Rostoucí teplota mění vlastnosti maziv. Změny teploty mají vliv na rozměry jednotlivých částí pohonu, což vede ke snížení přesnosti, v krajním případě se pohon zadře (kuželová kola).

Mazání lze realizovat dvěma způsoby: olejem nebo mazacím tukem. Tuk je třeba nanášet ručně (špachtle) nebo pomocí maznice. Během provozu je z místa styku vytlačován, proto je třeba při údržbě kontrolovat množství tuku na kritických místech. Nevýhodou je také nízký odvod tepla, tuk se při přetížení pálí. Oproti tuku má olej řadu výhod, lépe maže, lze jej dopravovat přímo do místa styku a z tohoto místa pak odvede část tepla. Nevýhodou je však komplikovaná zástavba rozvodů oleje a zvýšení nákladů. Skříň musí být dobře utěsněna, aby nedocházelo k úniku oleje. Naklápění skříně mění rozložení oleje uvnitř skříně. Odvod oleje z hlavy musí být řešen tak, aby v žádné pracovní poloze nešlo k topení ložisek. S ohledem na nízké ztráty a náklady je mazání řešeno pomocí mazacího tuku. Tuk vyhovuje, protože navržená hlava IFVW 17 neobsahuje převody s nízkou účinností a brzdy mají nízké ztráty.

Ozubená kola a ložiska jsou mazána odlišnými druhy tuků. Tuk pro ozubená kola má oproti tuku pro ložiska vyšší viskozitu. Ložiska jsou mazána tukem *Klüber ISOFLEX NBU 15*. Na ozubená kola se nanáší tuk *Klüber Klüberplex BE 31*. Tuk BE 31 je vhodný pro vysoká zatížení. Vyznačuje se stabilitou mazacího filmu, vysokou přilnavostí a ochranou proti otěru. Tento tuk byl zvolen proto, aby mohla být hlava trvale provozována na max. výkon a moment v souladu s požadavky

zadavatele. Zadavatel tyto tuky používá i v jiných zařízeních. Výhodou tohoto řešení je vhodné mazání jak pro kola, tak pro ložiska. Nevýhodou je nutnost konstrukčně zajistit, aby nedošlo k přenosu tuku z ložisek na kola a naopak. Zakrytí je provedeno kroužky NILOS nebo kroužky vlastní výroby. [10]

8.7.1 Kroužky NILOS

Společnost SKF dodává k vybraným druhům ložisek kroužky NILOS. Tyto kroužky slouží k zakrytí ložisek. Jsou vylisovány z tenkého ocelového plechu. Tvar kroužku NILOS je navržen tak, aby hrana kroužku NILOS při správné instalaci mírně tlačila na bok příslušného kroužku ložiska. Za běhu hrana kroužku NILOS vytvoří v boku kroužku ložiska mělkou drážku. Tím se prostor uvnitř ložiska utěsňuje a je zabráněno úniku maziva z prostoru ložiska ven. Podmínku instalace je maximální vzájemná rychlost 6 m/s mezi hranou kroužku NILOS a bokem kroužku ložiska. Kroužek vyžaduje přesné uložení na válcovou plochu. Instalace těchto kroužků byla jedním z přání zadavatele. [4]

8.8 Chlazení frézovacího zařízení

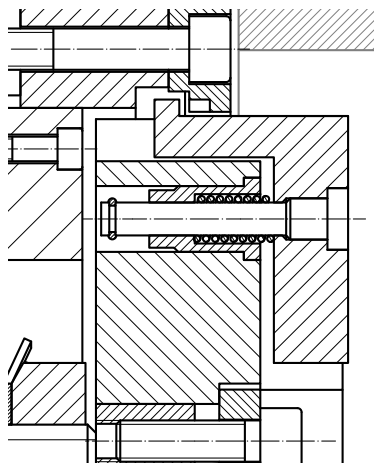
Chlazení frézovací hlavy je pasivní. Ztrátové teplo přestupuje do součástí pohonu a rámu frézovacího zařízení. Rám jej do okolí předává sáláním a volným prouděním. Pohon neobsahuje prvky s vysokými ztrátami, jako je např. šnekový převod. Součet ztrát obou brzd je menší, než ztráta v záběru mezi dvěma hnacími koly. Účinnost přenosu výkonu je 89 %. Po porovnání s podobnými typy byl učiněn závěr, že hlavu IFVW 17 je možno chladit pasivně. Zadavatel zástavbu aktivního chlazení nevyžaduje. Díky pasivnímu chlazení je konstrukce hlavy jednodušší a levnější.

8.9 Ochrana frézovacího zařízení proti nečistotám

Hlava je během obrábění znečišťována řeznou kapalinou a třískami. Nečistoty se mohou vyskytovat i v okolním vzduchu. Znečištění nepříznivě mění vlastnosti maziv a může zkrátit životnost pohonu frézovací hlavy. Proti pronikání nečistot je do vnitřku frézovací hlavy přiváděn stlačený vzduch. Vřeteno a opěra jsou utěsněny labyrinty. Labyrinty mohou nečistoty propouštět, avšak díky přetlaku uvnitř skříně k tomu nedojde, protože jsou stlačeným vzduchem profukovány.

8.10 Aretace pohonu

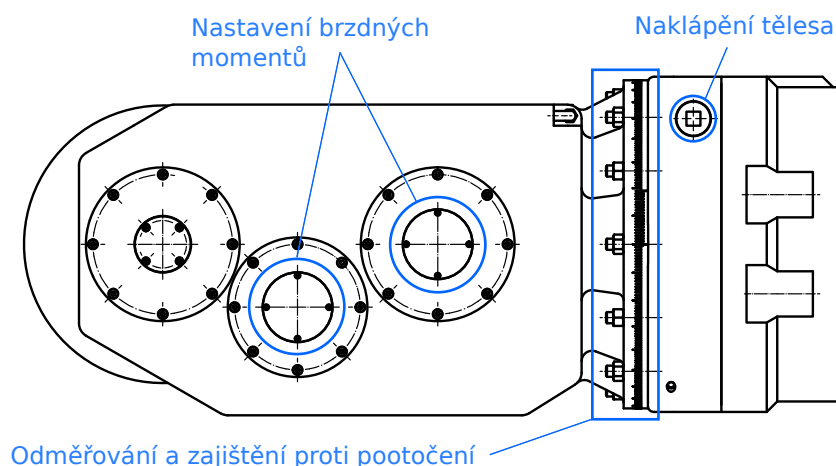
Spojení vřetene horizontálního frézovacího a vuvrtávacího stroje s unášecím kotoučem je možné jen tehdy, pokud mohou kameny vřetene zapadnout do drážky unášecího kotouče. Stroj HCW 3 je schopen vřeteno zastavit přesně v určité poloze. V této poloze musí být natočen i unášecí kotouč. Unášec je v této poloze zajištěn mechanickou pojistkou. K odjištění dojde při spojení vřetenem, kdy čelo vřetene zatlačí pojistku do unášče.



Obrázek 8-13: Aretace pohonu

8.11 Obsluha frézovacího zařízení

Nastavení sklonu zubů (úhel β) obráběného kola se provádí natočením tělesa frézovacího zařízení. Natočení vykonává dělník prostřednictvím klíče. Klíč se zasunuje do otvoru na boku nástavce, klíčem lze otáčet vlastní silou. Rám frézovacího zařízení je vybaven stupnicí s noniem, podle které obsluha odečte úhel natočení tělesa. Těleso je proti otáčení jištěno předepjatými šrouby s čtvercovou hlavou. Na koncích šroubů jsou matice, pomocí kterých obsluha šrouby předepne. Při otáčení tělesem by matice měly být dostatečně povoleny. Pro případ, že budou matice odstraněny, je těleso proti vypadnutí z nástavce jištěno šnekovým kolem. Nastavení brzdného momentu provádí obsluha pomocí šroubů. Víka hřídelů 3 a 4 jsou pro tento účel vybavena malým víkem. Nastavení síly lze provést momentovým klíčem. Disk pod hlavou se neprotáčí, jinou variantou proto může být seřízení pomocí stupnice umístěné na tomto disku a značky na hlavě šroubu. Při seřízení brzd bude východiskem pro seřízení vypočtený utahovací moment nebo natočení šroubu. Obsluha stroje dále upraví nastavení podle potřeby. Vzhledem k poklesu síly vlivem obrušování lamel a obložení je nutno provádět seřízení brzd v pravidelných intervalech.



Obrázek 8-14: Ovládací prvky frézovacího zařízení IFVW 17

8.12 Montáž

Pohon frézovací hlavy se do tělesa montuje skrze velkou šachtu a boční kruhové otvory. Při montáži každého souhmotí se válcová ozubená kola a brzdové bubny vkládají do tělesa skrze velkou šachtu. Distanční kroužky, podložky, kroužky NILOS a další pomocné díly se montují současně s významnými součástmi frézovacího zařízení (kola, hřídele). Distanční kroužky je nutno při lícování opracovat podle potřeby. Mazání pohonu lze provést prostřednictvím šachet během montáže. Montáž se provádí od souhmotí 4. Nejprve se do tělesa skříně usadí ložisko NN 3022 (4S). Následně se vloží velkou šachtou kolo 5, kterým se prostrčí vřeteno (utěsněné pomocí expanderů). Poté se na hřídel navlečou ložiska 7220 (4L, 4P), nasadí rotační přívod a namontují víka včetně těsnění (o-kroužky).

Souhmotí 3 se montuje obdobně. Nejprve se usadí ložisko 30318 J2 (3P). Poté se vloží velkou šachtou brzdový buben a kola 4 a 7 spolu s axiální jehlovou klecí. Hřídel 3 (osazený svazkem talířových pružin a tvarovou maticí) se vkládá bočním otvorem. Následuje montáž radiálního jehlového ložiska, lamel brzdy a tlačných elementů. Přes tlačné elementy se navleče ochranný kroužek s axiální jehlovou klecí, na který se nasadí ložisko 30218 J2 (3L). Nakonec se do hřídele vloží šroub, souhmotí se uzavře víkem.

Před montáží souhmotí 2 je nutno provést montáž souhmotí 1. Zde se ložiska a hřídel 1 namontují do posuvného pouzdra a zajistí maticí KM 20. Pouzdro se nasune do tělesa, kuželové kolo 1 se vloží bočním otvorem a nasadí na hřídel 1. Pak lze namontovat souhmotí 2, kdy se usadí ložisko 32220 J2 (2L) a do skříně vloží brzdový buben a ozubená kola 3 a 6 s axiální jehlovou klecí. Tato kola se uloží na hřídel 2, který se vkládá kruhovým otvorem tělesa. Poté se namontují brzdové lamely, tlačné elementy, svazek talířových pružin s pouzdem a šroub.

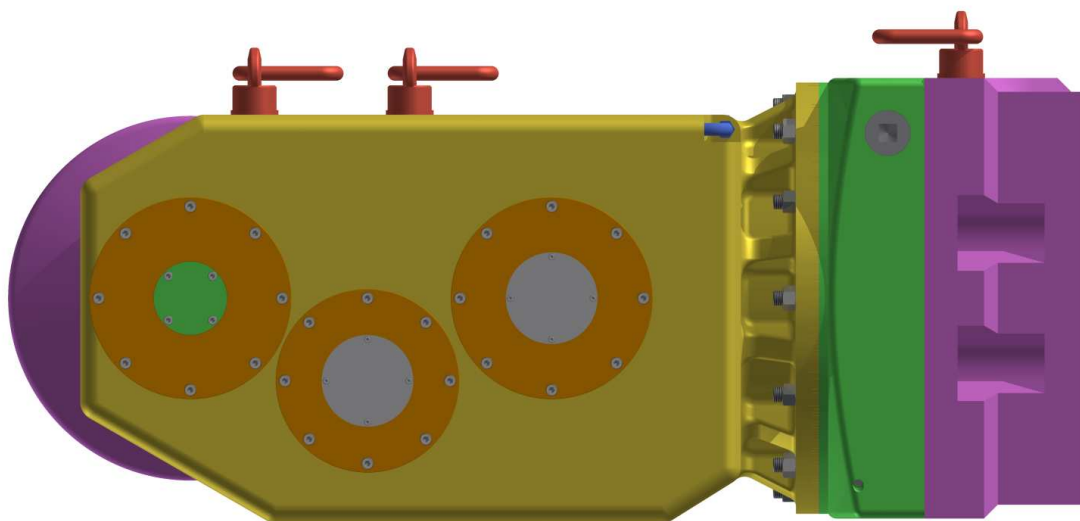
Následuje nasazení kola 2 na hřídel 2. Tím se vytvoří soukolí kuželových kol 1 a 2, při montáži

je nutno v tomto soukolí vymezit potřebnou vůli. K tomu slouží posuvné pouzdro (hřídel 1) s dělenou podložkou a distanční kroužky na hřídeli 2. Nakonec se namontují zbylá víka. Spolu s montáží tělesa je nutno provést montáž opěry a nástavce (bez šneku). Montáž těchto konstrukčních skupin je jednodušší. Těleso se poté zasune do nástavce, na těleso se nasadí šnekové kolo a do nástavce vloží šnek. Poté lze frézovací zařízení osadit unášecím kotoučem a upevnit na přírubu.

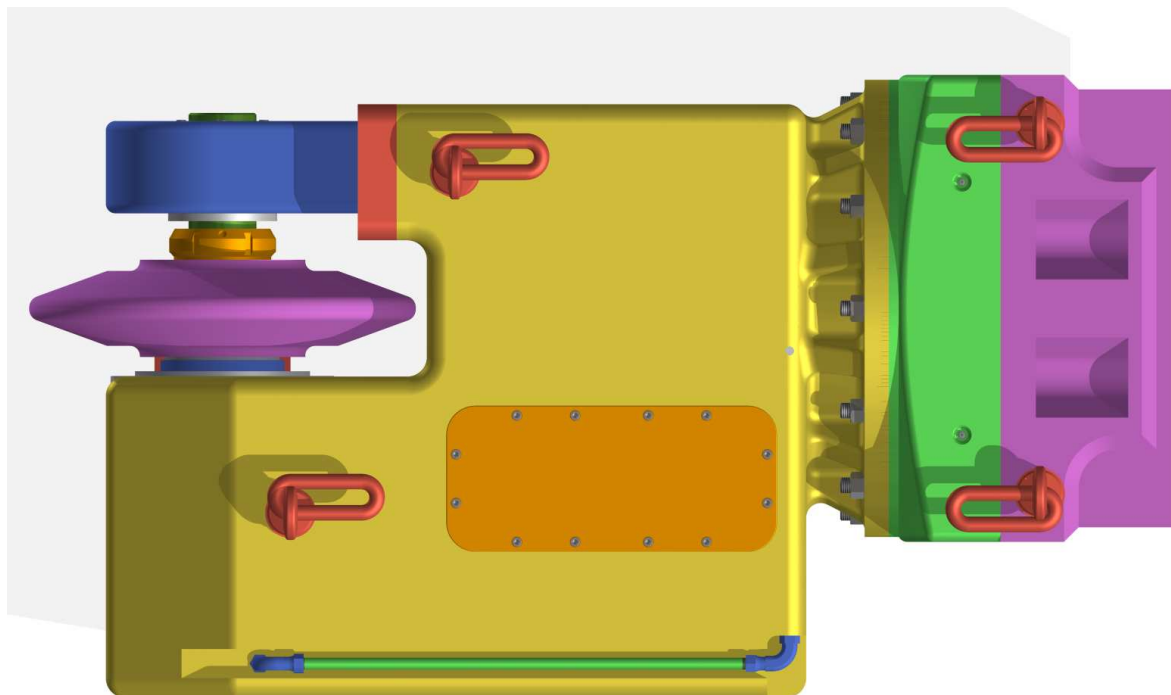
8.13 Přívod řezné kapaliny

Řezná kapalina se přivádí skrze vřeteník horizontálního frézovacího a vyvrtávacího stroje. K nástroji je vedena prostřednictvím kanálů, které jsou vytvořeny vrtáním a následným utěsněním pomocí expanderů. Přestup mezi jednotlivými částmi je utěsněn pomocí o-kroužků (HENNLICH, s. r. o.). Těleso je příliš dlouhé, proto je část kanálu pro řeznou kapalinu tvořena trubicou. Trubka je k tělesu uchycena pomocí šroubení 6C6MLO (Parker Hannifin Corporation, USA). Před poškozením je uložena v drážce tak, aby nepřesahovala obrys tělesa frézovacího zařízení. K přenosu řezné kapaliny do vřetena byl použit rotační přívod od firmy Deublin Company.

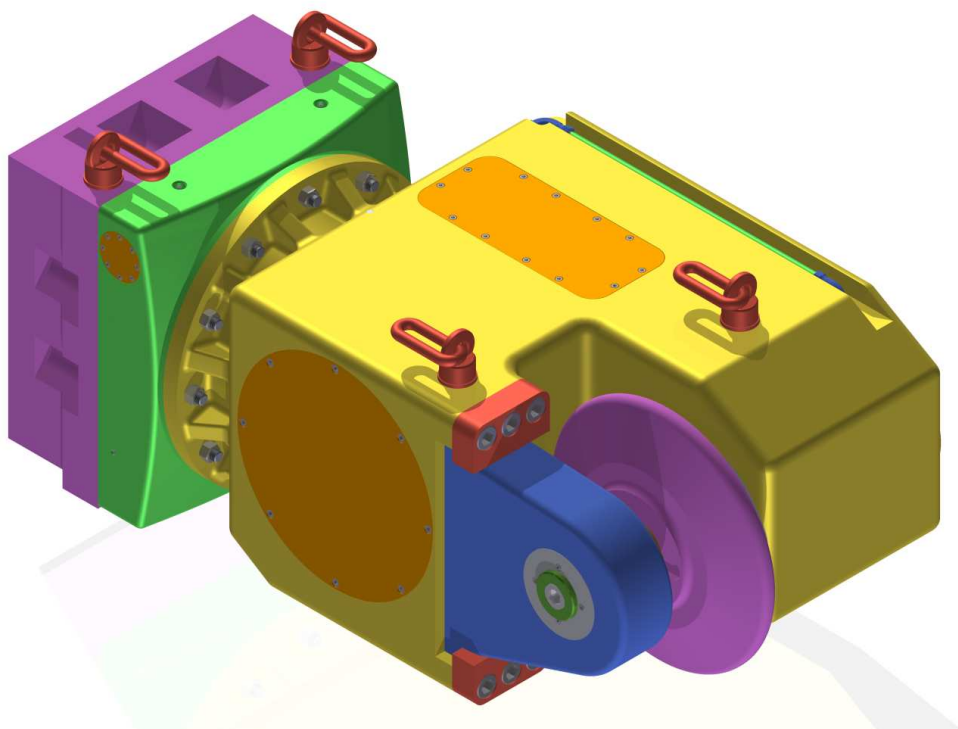
8.14 Obrázky frézovacího zařízení IFVW 17



Obrázek 8-15: Pohled na frézovací zařízení IFVW 17 z boku



Obrázek 8-16: Pohled na frézovací zařízení IFVW 17 shora



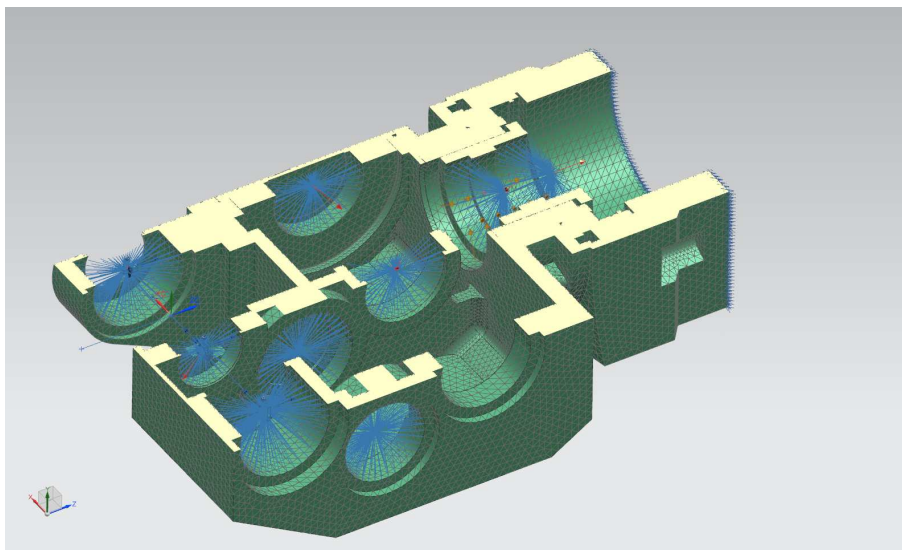
Obrázek 8-17: Pohled na frézovací zařízení IFVW 17

9 Analýza rámu metodou MKP

Kontrola rámu skříně byla provedena pomocí metody konečných prvků (MKP). Tato metoda spočívá v převodu spojitého kontinua na konečný počet prvků. Metodou MKP byl řešen výpočet tuhosti, pevnosti a modální analýza.

9.1 Výpočtový model

Prvním krokem při tvorbě výpočtového modelu bylo vytvoření vhodné geometrie, ze které je možno vygenerovat kvalitní síť. Ze sestavy byly odstraněny všechny nadbytečné prvky. Zbylé součásti byly co nejvíce zjednodušeny (odstranění malých děr, drážek atd.). Tím lze dosáhnout kvalitnější sítě s minimem deformovaných elementů. Tato geometrie byla ze systému Autodesk Inventor převedena do systému Siemens NX. Součástí systému NX je výpočtové prostředí NX Nastran. Zde byla v modulu FEM vytvořena pro každou součást síť konečných prvků typu *CTETRA(10)*. Materiálové vlastnosti byly síti přiděleny pomocí funkce *Mesh Collector*. Materiálem tělesa a opěry je litina, nástavec a ostatní části jsou ocelové. Při generování sítě byla použita podmínka *Mesh Mating*, která zajistí totožnou polohu prvků v místě vzájemného dotyku součástí. Vřeteno, nástroj a trn byly nahrazeny jednorozměrným elementem typu RBE2. Stejným typem elementu uspořádaným do růžice byla nahrazena i příslušná ložiska. Hmotnost chybějících souhmotí je do modelu zanesena prostřednictvím 0D hmotných bodů, uchycených v růžicích.



Obrázek 9-1: Nasít'ovaný model s okrajovými podmínkami

Okrajové podmínky byly zadány v prostředí SIM. Hlava je zde nasazena na přírubu stroje. Příruba byla vetknuta vazbou *fixed*. Hlava je zatížena silou v místě nástroje. Síly jsou do hlavy

přenášeny přes rúžice nahrazující ložiska. Přenos sil byl upraven podmínkou *Manual Coupling*, která určuje směry, ve kterých směrech se přenáší napětí (společné deformace).

Úlohy byly řešeny dvěma různými řešiči. Řešič SOL 101 byl použit pro výpočty tuhosti a napětí. Modální analýza byla provedena řešičem SOL 103 Real Eigenvalues (metoda Lanczos).

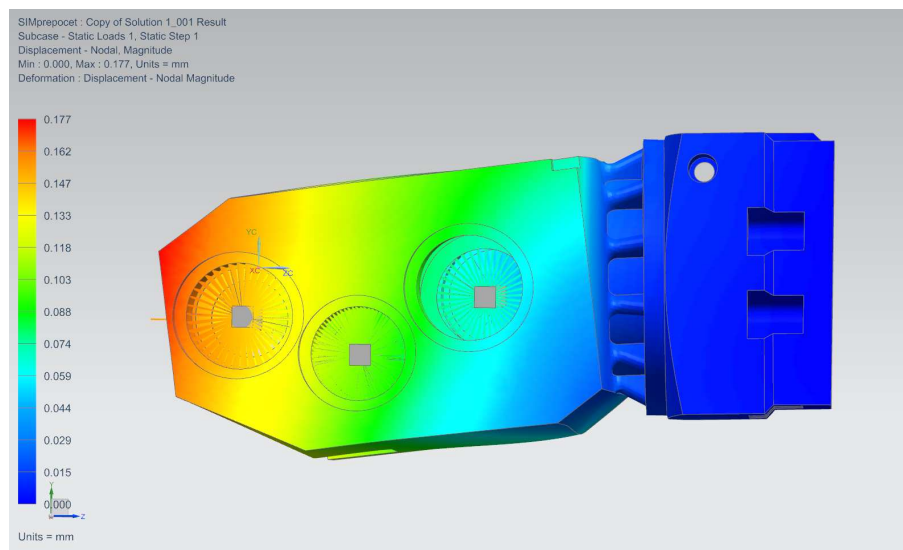
Oba výpočty byly prováděny průběžně a model byl upravován. První výpočty ukázaly napětí 90 MPa v místě napojení žeber na stěnu skříně. Stěna se jevila málo tuhá, proto byla dodatečně zesílena. Dalším opatřením bylo odstranění koncentrátorů napětí pomocí úpravy tvaru žeber.

9.2 Analýza tuhosti a pevnosti

Jedním z předpokladů pro správnou funkci frézovací hlavy je tuhost celého zařízení. Čím více je skříň tužší, tím méně se při zatížení deformuje. Tuhost hlavy by měla být alespoň 50 kN/mm (Doc. Ing. Zdeněk Hudec, CSc.).

Hodnota tuhosti se vypočte ze vztahu:

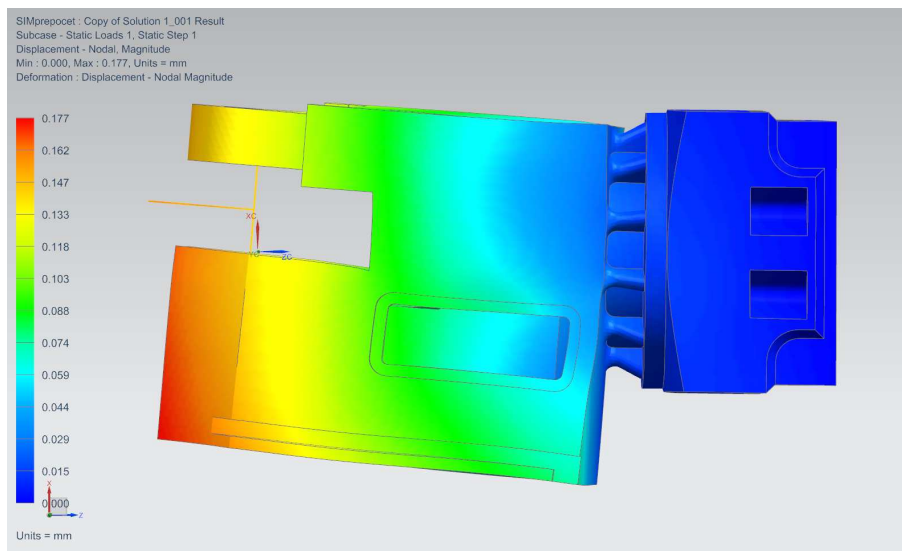
$$k = \frac{F_i}{x_i} \quad (9-1)$$



Obrázek 9-2: Deformace frézovací hlavy ve směru Y

Velikost síly F_i je známa, velikost posuvu x_i pro každý směr se odečte z výsledných posuvů vypočtených pomocí MKP. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 9-1.

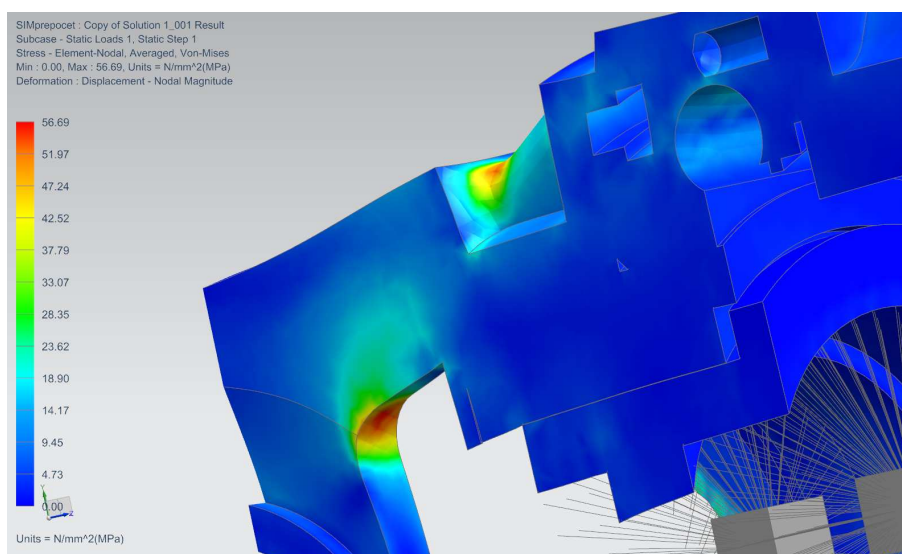
Výsledky naznačují, že tuhost hlavy je dostatečná. Nejvyšší zjištěná hodnota v případě zprůměrovaného napětí dosáhla 56,7 MPa. Tato hodnota je v mezi zajišťující bezpečný provoz (smluvní mez kluzu litiny je větší než 200 MPa).



Obrázek 9-3: Deformace frézovací hlavy ve směru X

Směr	Velikost síly F_i [kN]	Velikost posuvu x_i [mm]	Tuhost k_i [KN/mm]
x	14	0,107	131
y	23,5	0,132	178
Σ (x,y,z)	33	0,187	177

Tabulka 9-1: Výsledky analýzy tuhosti



Obrázek 9-4: Koncentrace napětí v rámu frézovacího zařízení

9.3 Modální analýza

Modální analýza se zabývá hledáním vlastních frekvencí a vlastních tvarů kmitů. Pomocí této analýzy lze posoudit, zda a za jakých podmínek může dojít k rezonanci. Rezonance by nastala tehdy, pokud by bylo zařízení zatíženo silou s budicí frekvencí blízkou vlastní frekvenci. Kmity jsou buzeny především najížděním nástroje do záběru. Dalším zdrojem kmitů mohou být záběry ozubených kol pohonu. Budicí frekvence nástroje se určí ze vztahu:

$$f_b = \frac{n}{60} z_n \quad (9-2)$$

V katalogu společnosti Ingersoll jsou uvedeny doporučené řezné rychlosti. Z řezných rychlostí se budicí frekvence určí pomocí rovnice:

$$f_b = \frac{v_{60}}{60\pi D} z_n \quad (9-3)$$

Budicí frekvence pro vybrané nástroje při maximální doporučené řezné rychlosti v_{60} :

Průměr nástroje D [mm]	Modul [mm]	Počet zubů z_n [1]	Řezná rychlost v_{60} [m/min]	Budicí frekvence f_b [Hz]
350	8	36	160	87
350	30	64	120	116
400	36	72	120	115

Tabulka 9-2: Budicí frekvence vybraných nástrojů INGERSOLL GASHER BP IV [17]

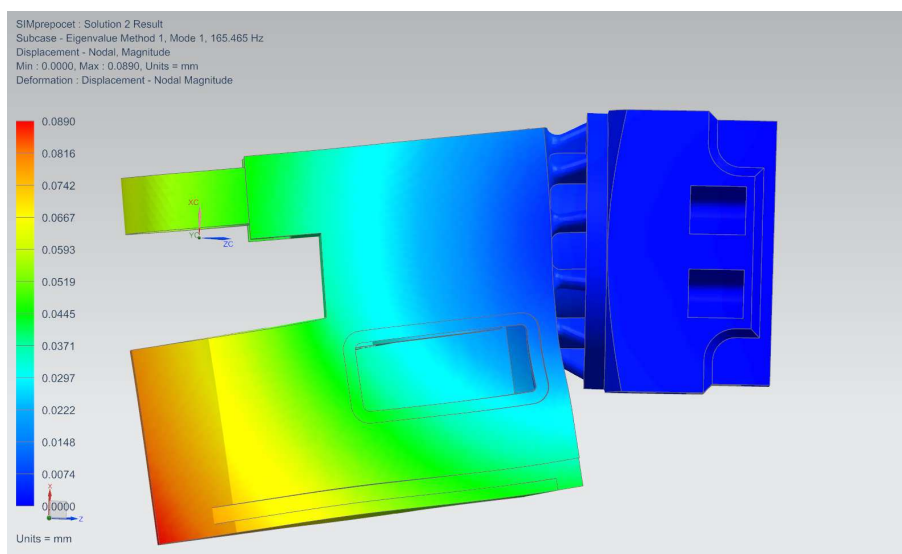
První vlastní frekvence rámu frézovacího zařízení je 165 Hz, druhá 209 Hz (viz tab. 9-3). Porovnání s budicími frekvencemi (viz tab. 9-2) naznačuje, že frézovací zařízení by se při práci s nástrojem INGERSOLL GASHER BV IV nemělo rozkmitat. Vlastní frekvence jednotlivých souhmotí jsou výrazně vyšší než budicí frekvence (tab. 9-4).

1. vlastní frekvence	165 Hz
2. vlastní frekvence	209 Hz
3. vlastní frekvence	467 Hz

Tabulka 9-3: Vlastní frekvence rámu frézovacího zařízení

Souhmotí	1. vlastní frekvence [Hz]
1	4287
2	1171
3	3235
4	2995

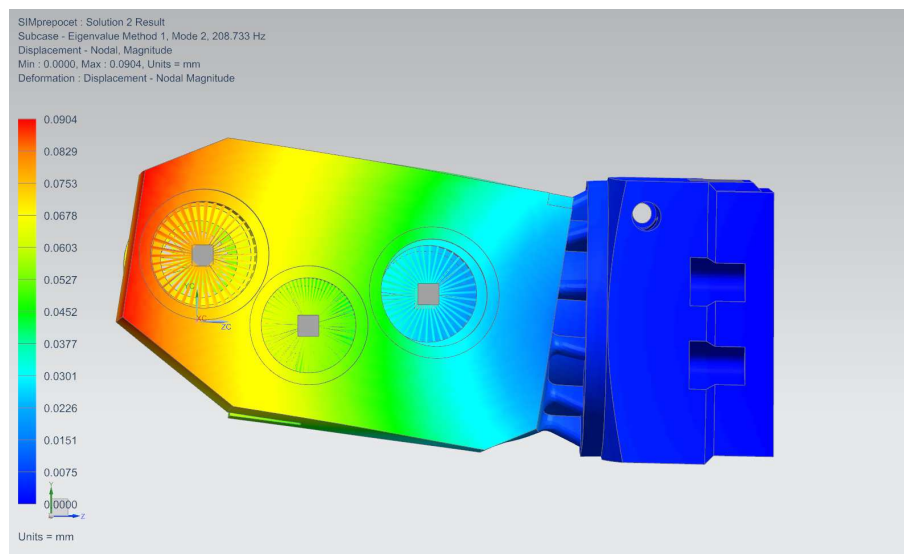
Tabulka 9-4: První vlastní frekvence jednotlivých souhmotí



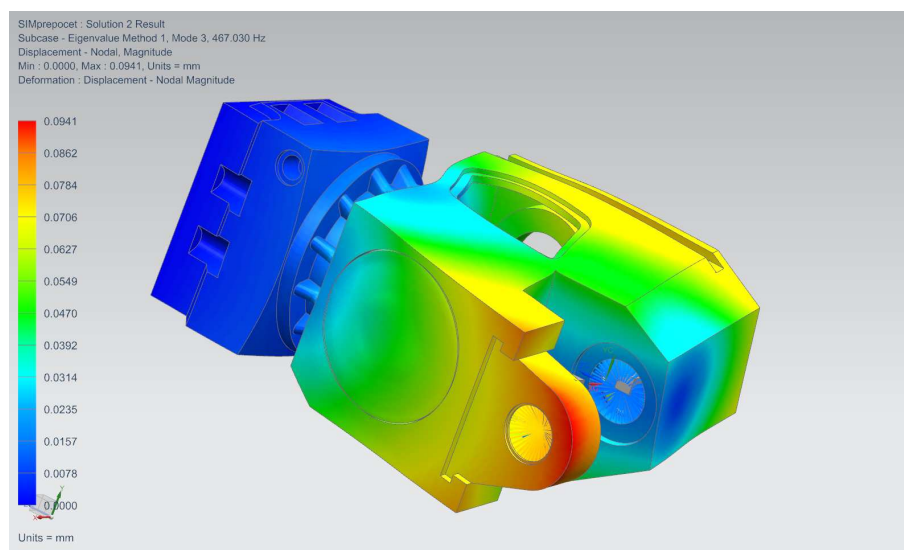
Obrázek 9-5: Vlastní tvar kmitu, 1. vlastní frekvence

Z tvaru vlastního kmitu je patrná nízká tuhost stěny, která se projevuje ohybem okolo spojení s žebrovaným tubusem. Deformace na obou frekvencích jsou si podobné tím, že tubus má tendenci vnikat dovnitř skříně.

Výsledky reálné hlavy upnuté ve stroji se budou lišit, přesto by se zadanými nástroji nemělo k rezonanci dojít. Budicí frekvence je třeba kontrolovat především u nástrojů provozovaných poblíž maximálních otáček (200 ot/min). V případě, že se rezonance vyskytne, je třeba odstranit budicí frekvenci změnou řezných podmínek (např. snížit řeznou rychlost).



Obrázek 9-6: Vlastní tvar kmitu, 2. vlastní frekvence



Obrázek 9-7: Vlastní tvar kmitu, 3. vlastní frekvence

10 Ekonomické hodnocení

Ekonomické hodnocení je nezbytnou součástí hodnocení nového produktu. Z pohledu zákazníka nesmí pořizovací cena převážet užitek, který mu nový produkt přinese. Z pohledu výrobce musí být náklady na vývoj a produkci takové, aby při zákazníkem akceptovatelné ceně umožnily realizaci požadovaného zisku. Komplexní ekonomické hodnocení vyžaduje dostatek zkušeností a znalost konkrétního trhu.

10.1 Náklady vyráběných součástí

Náklady na výrobu každé součásti zahrnují náklady na pořízení materiálu ve formě vhodného polotovaru, lidskou práci, práci strojů a režii. Celkové náklady na každou vyráběnou součást byly stanoveny odhadem a jejich výše konzultována se zadavatelem práce, společností ŠMT. Náklady jsou vyčísleny v tabulce 10-1.

10.2 Náklady kupovaných součástí

Náklady většiny kupovaných součástí lze přímo dohledat nebo odhadnout na základě cen podobných produktů. Výše cen ostatních produktů byla konzultována se zadavatelem, společností ŠMT. Náklady jsou vyčísleny v tabulce 10-2.

10.3 Náklady konstrukční práce

Konstrukce frézovací hlavy zahrnuje náklady na návrh, vývoj, výpočty, tvorbu 3D modelu a výrobní dokumentaci. Jsou dány mzdovými náklady práce konstruktéra, tj. součinem jeho hodinové mzdy a počtu odpracovaných hodin. Pokud by se při konstrukci frézovacího zařízení využily podklady z této diplomové práce, činily by dodatečné náklady na konstrukční práce 150 000 Kč (viz výpočet níže).

Náklady na hodinovou mzdu konstruktéra	m_k	500 Kč/hod
Čas na dodatečné konstrukční práce	t_k	300 hod

$$N_{kp} = m_k \cdot t_k = 150\,000 \text{ Kč}$$

10.4 Náklady na montáž

Při montáži je zařízení sestavováno z jednotlivých dílů. Při montáži jsou součásti skládány do většího celku. Podle potřeby mohou být dodatečně obrobena a lícována. Montáž probíhá

v kusové výrobě, většina prací je vykonávána dělníky. Náklady na montáž jsou proto určeny součinem odhadnuté hodinové mzdy dělníka a odhadovaným počtem hodin potřebným k montáži.

Součást	Cena za celkové množství [Kč]
Skříň	160 000
Těleso	60 000
Opěra	35 000
Víka	15 0000
Kuželová kola	80 000
Hnací kola	75 000
Brzdná kola	25 0000
Šnek	15 000
Šnekové kolo	20 000
Hřídel 1	25 000
Hřídel 2	25 000
Hřídel 3	15 000
Vřeteno	40 000
Trn	25 000
Brzdový buben	8 000
Distanční kroužky	4 000
Distanční podložky dělené	1 500
Kameny vřetena	2 0000
Labyrint	500
Potrubí	600
Ostatní vyráběné součásti	20 000
Celk. náklady vyráběných součástí $N_{v,s}$	396 600

Tabulka 10-1: Náklady vyráběných součástí

Součást	Cena za celkové množství [Kč]
Kuželíková ložiska (SKF)	72 000
Kul. ložiska s kos. stykem (SKF)	90 000
Válečkové ložisko (SKF)	16 000
Oboustranné axiální ložisko	10 000
Jehlové klece (SKF)	3 600
Kroužky pro jehlové klece (SKF)	1 000

Kroužky NILOS (SKF)	1 200
Šrouby	1 500
Expandéry (KOENIG)	400
Rotační přívod (DEUBLIN)	25 000
O-kroužky (HENNLICH)	1 500
Maziva (Klüber)	6 000
Brzdové obložení (RENOVAK)	4 000
Svěrná spojka (TOLLOK)	12 000
Talířové pružiny (HENNLICH)	12 000
Pero	250
Šroubení (PARKER)	800
Ostatní nakupované součásti	10 000
Celk. nákl. nakupovaných součástí N_{ns}	260 250

Tabulka 10-2: Náklady nakupovaných součástí

Náklady na hodinovou mzdu dělníka m_d 400 Kč/hod

Čas potřebných montážních prací t_m 300 hod

$$N_m = m_d \cdot t_m = 120\,000 \text{ Kč}$$

10.5 Celkové výrobní náklady

Celkové náklady jsou dány součtem nákladů na vyráběné součásti, kupované součásti, konstrukční práce a montáž.

$$N_c = N_{vs} + N_{ns} + N_{kp} + N_m = 926\,850 \text{ Kč}$$

11 Závěr

Cílem práce bylo vypracování konstrukčního návrhu frézovacího zařízení IFVW 17. Zájmem zadavatele bylo rozšířit příslušenství horizontálního frézovacího a vyvrtávacího stroje HCW 3. Jednalo se o konstrukci nového zařízení na základě dřívějšího záměru zadavatele. Nejdůležitějším požadavkem byl návrh pohonu, jehož součástí měl být tlumič torzních kmitů.

V úvodní části diplomové práce byla popsána problematika velkých obráběcích strojů a jejich příslušenství, jejichž pomocí je možno obrábět rozměrné a těžké obrobky. Následuje popis horizontálního frézovacího a vyvrtávacího stroje HCW 3, pro který je příslušenství IFVW 17 určeno.

V praktické části byla vypracována specifikace nového frézovacího zařízení na základě požadavků zadavatele. Poté byly navrženy tři varianty řešení hlavního pohonu. Každá varianta využívala odlišného způsobu tlumení kmitů. Všechny varianty byly ohodnoceny na základě stanovených kritérií složených z nejdůležitějších užitných vlastností pohonu frézovacího zařízení. Byla vybrána varianta č. 3, která je schopna nepřetržitého tlumení torzních kmitů vzájemným přibrzdováním ozubených kol. Na rozdíl od starších řešení je možno brzdít vysokými momenty s minimální ztrátou výkonu. Poté byly provedeny konstrukční práce, byl vypracován kompletní 3D model celého frézovacího zařízení. Ověřovací výpočty byly provedeny v programu PREV, finální verze byla zkontrolována výpočtovým programem KISSsoft. Návrh zařízení byl proveden komplexně. Jelikož požadavek zadavatele na typ ozubených kol nebyl striktně stanoven, byla z důvodu únosnosti zvolena kola se šikmým ozubením.

V práci bylo vypracováno zcela nové konstrukční řešení brzdy, které lze zabudovat do pohonu se šikmými ozubenými koly. Spolu s brzdou byly navrženy dvě možnosti její zástavby do konstrukce pohonu. Brzdový buben, lamely a některé další součásti jsou pro obě zástavby navzájem zaměnitelné, což šetří výrobní náklady. Dále byla zkonstruována nedělená skříň, opěra s valivým uložením, nástavec se šnekovým převodem umožňujícím naklopení hlavy, a tím nastavení sklonu obráběných zubů. Součástí konstrukce je návrh přívodu řezné kapaliny osou vřetene. V předfinální fázi konstrukce byla provedena pevnostní, tuhostní a modální analýza rámu frézovacího zařízení. Na závěr bylo provedeno hodnocení nákladů na výrobu.

Výsledkem práce je návrh konstrukce, který lze využít jako podklad pro vypracování výrobní dokumentace reálného zařízení. Přínosem konstrukce je nové konstrukční řešení tlumiče torzních kmitů. Práce splnila všechny požadavky zadavatele.

Seznam použitých zdrojů

- [1] HUDEC, Zdeněk. *Hlavní pohon - Příklady* [online]. Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 30.11.2014]. Dostupné z: <http://www.courseware.zcu.cz>
- [2] SKF. *Rolling Bearings* [online]. SKF Group, © 2013. [cit. 7.2.2015].
Dostupné z: <http://www.skf.com/binary/151-121486/SKF-rolling-bearings-catalogue.pdf>
- [3] SKF. *Super-precision bearings* [online]. SKF Group, © 2014.
[cit. 08.02.2015]. Dostupné z: http://www.skf.com/binary/12-129877/Super-precision%20bearings%20-%2013383_1%20EN.pdf
- [4] SKF. *NILOS-Ring* [online]. SKF Group, © 2003. [cit. 11.04.2015].
http://www.skf.com/binary/30-228382/950-710-Nilos_08.pdf
- [5] HENNLICH. *TALÍŘOVÉ PRUŽINY - DIN 2093* [online]. HENNLICH INDUSTRIETECHNIK, s. r. o, © 2015. [cit. 07.02.2015].
Dostupné z: http://www.hennlich.cz/uploads/cz_Tal%C3%AD%C5%99ov%C3%A9_pru%C5%BEiny_-_tabulky_DIN_2093.pdf
- [6] HENNLICH. *TLAČNÉ PRUŽINY - PRUŽINOVÁ OCEL*. [online]. HENNLICH INDUSTRIETECHNIK, s. r. o, © 2015. [cit. 02.05.2015].
Dostupné z: https://www.hennlich.cz/uploads/cz_Tla%C4%8Dn%C3%A9_pru%C5%BEiny_-_tabulky_patent_1_6-2_8.pdf
- [7] HENNLICH. *O-KROUŽKY. SEZNAM FOREM* [online]. HENNLICH INDUSTRIETECHNIK, s. r. o, © 2015. [cit. 07.02.2015].
Dostupné z: http://www.hennlich.cz/uploads/Rozm%C4%9Brov%C3%A9_%C5%99ady_OR.pdf
- [8] PARKER. *Seal-Lok O-Ring Face*. [online]. Parker Hannifin Corporation, © 2012.
[cit. 15.05.2015]. http://www.parker.com/literature/Tube%20Fittings%20Division/Seal-Lok_O-Ring_Face_Seal_Tube_Fittings.pdf
- [9] TOLLOK. *Locking assemblies*. [online]. TOLLOK S.p.A., © 2003. [cit. 12.04.2015].
<http://www.tollok.com/cataloghi/Catalogo%20TOLLOK%20inglese.pdf>
- [10] *Corporate website* [online]. Klüber Lubrication München SE & Co. KG, © 2015.
[cit. 25.04.2015]. Dostupné z: <http://www.klueber.com/>

- [11] *Front page* [online]. SFC KOENIG AG, © 2015. [cit. 28.04.2015].
Dostupné z: <http://www.sfckoenig.com/>
- [12] *ŠKODA MACHINE TOOL* [online]. ŠKODA MACHINE TOOL, a. s., © 2013.
[cit. 30.11.2014]. Dostupné z: <http://www.skodamt.com>
- [13] *HGH-SERIES* [online]. HNK MACHINE TOOL CO. LTD., © 2014. [cit. 17.01.2015].
Dostupné z: http://www.hnkkorea.com/menu/cyber/HGG_HIGH.pdf
- [14] ŠKODA MACHINE TOOL. *Horizontal Milling and boring Machines ŠKODA HCW* [online]. ŠKODA MACHINE TOOL, a. s., © 2008. [cit. 08.04.2015].
Dostupné z: <http://www.prestigeequipment.com/pdfs/skoda-hcw-en.pdf>
- [15] ŠKODA MACHINE TOOL. *Horizontal Milling and boring Machines ŠKODA HCW* [online]. ŠKODA MACHINE TOOL, a. s., © 2014. [cit. 08.04.2015]. Dostupné z:
http://www.romtos.ro/site/attachments/article/295/HCW_en.pdf
- [16] LIEBHERR. *Die CNC-Wälzfräsmaschine LC 2000-16000* [online]. Liebherr-Verzahrtechnik GmbH, © 2009. [cit. 04.04.2015]. Dostupné z:
http://www.liebherr.com/GT/de-DE/products_gt.wfw/id-18983-0/tab-12564_2290?file=%7e%2fcats%2fmedia%2fdocuments%2fLVT-LC+2000-16000_de_15108-0.pdf
- [17] INGERSOLL. *Verzahrungen* [online]. Ingersoll Werkzeuge GmbH, © 2008.
[cit. 18.01.2015]. Dostupné z: http://www.ingersoll-imc.com/en/products/Ingersoll_Gear_Production.pdf
- [18] Šroubovací otočné a sklopné body C800 [online]. TEDOX, s. r. o., © 2015.
[cit. 18.04.2015]. Dostupné z: <http://www.tedox.cz/c-800>
- [19] Gleason. *IFK3 Internal Milling Head* [online]. Gleason Corporation, ©2015.
[cit. 05.04.2015]. Dostupné z: <http://www.gleason.com/products/3478/230/ifk3-internal-milling-head>
- [20] LagerMaschinen.de. *Zahnrad-Abwälzfräsmaschine - vertikal GLEASON-PFAUTER P 3200* [online]. LagerMaschinen.de, 2015. [cit. 05.04.2015]. Dostupné z:
http://www.lagermaschinen.de/Zahnrad-Abw%C3%A4lzfr%C3%A4smaschine—vertikal_GLEASON-PFAUTER_P-3200_1038-20655.html#.VSEF9eT1GIM

- [21] HNK MACHINE TOOL. External Gear Cutting Head. [obrázek]. 2014.
In: *HGH-SERIES* [online]. [cit. 17.01.2015]. Dostupné z: http://www.hnkkorea.com/menu/cyber/HGG_HIGH.pdf
- [22] LagerMaschinen.de [online]. [obrázek]. 2015. [cit. 05.04.2015]. Dostupné z: <http://www.lagermaschinen.de/machinedocs/1038/1038-20655-29092014113334266.jpg>
- [23] T.R. Wigglesworth Machinery [online]. [obrázek]. 2015. [cit. 05.04.2015]. Dostupné z: http://www.wigglesworth.com/images/images/full_src_wrf_axes.jpg
- [24] Ingersoll. Zahnformschlichtfräser mit Kühlkanälen [obrázek]. 2008. In: *Verzahnungen* [online]. [cit. 18.01.2015]. Dostupné z: http://www.ingersoll-imc.com/en/products/Ingersoll_Gear_Production.pdf
- [25] LIEBHERR. Wälzfräskopf FK4.2/FK4.1 [obrázek]. 2009. In: *Die CNC-Wälzfräsmaschine LC 2000-16000* [online]. [cit. 04.04.2015]. Dostupné z: http://www.liebherr.com/GT/de-DE/products_gt.wfw/id-18983-0/tab-12564_2290?file=%7e%2fcats%2fmedia%2fdocuments%2fLVT-LC+2000-16000_de_15108-0.pdf
- [26] LIEBHERR. Innenfräskopf IFK4.21 [obrázek]. 2009. In: *Die CNC-Wälzfräsmaschine LC 2000-16000* [online]. [cit. 04.04.2015]. Dostupné z: http://www.liebherr.com/GT/de-DE/products_gt.wfw/id-18983-0/tab-12564_2290?file=%7e%2fcats%2fmedia%2fdocuments%2fLVT-LC+2000-16000_de_15108-0.pdf

Použitý software

Autodesk Inventor 2014

BSPOJ

KISSsoft 03/2014

PREV

SIEMENS NX9

Seznam obrázků

Obrázek 3-1: Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj [23] 14

Obrázek 4-1: Pracoviště	17
Obrázek 4-2: Horizontka HCW 3 [12]	18
Obrázek 4-3: Otočný stůl TDV [12]	20
Obrázek 4-4: Tvarová fréza BP IV v řezu [24]	21
Obrázek 5-1: Frézovací hlava HGH-40 [21]	22
Obrázek 5-2: Frézovací hlava FK4.2 [25]	23
Obrázek 5-3: Frézovací hlava IFK4.21 [26]	24
Obrázek 5-4: Frézovací hlava IFK3 [22]	25
Obrázek 6-1: Základní rozměry skříně	26
Obrázek 7-1: Kinematické schéma první varianty	31
Obrázek 7-2: Kinematické schéma druhé varianty	32
Obrázek 7-3: Kinematické schéma třetí varianty	34
Obrázek 8-1: Momentová a výkonová charakteristika IFVW 17	37
Obrázek 8-2: Schéma odvození ztrát varianty 3	38
Obrázek 8-3: Kinematické schéma pohonu	40
Obrázek 8-4: Souhmotí 1	44
Obrázek 8-5: Zadání prvního souhmotí do systému KISSsoft	44
Obrázek 8-6: Zadání prvního souhmotí do systému PREV	45
Obrázek 8-7: Souhmotí 2 (lomený řez)	46
Obrázek 8-8: Souhmotí 3 (lomený řez)	47
Obrázek 8-9: Souhmotí 4 (lomený řez)	49
Obrázek 8-10: Konstrukce brzdy	51
Obrázek 8-11: Popis rámu frézovacího zařízení	53
Obrázek 8-12: Konstrukční řešení nástavce a uložení šneku (řez)	54
Obrázek 8-13: Aretace pohonu	57
Obrázek 8-14: Ovládací prvky frézovacího zařízení IFVW 17	58
Obrázek 8-15: Pohled na frézovací zařízení IFVW 17 z boku	59
Obrázek 8-16: Pohled na frézovací zařízení IFVW 17 shora	60
Obrázek 8-17: Pohled na frézovací zařízení IFVW 17	60
Obrázek 9-1: Nasíťovaný model s okrajovými podmínkami	61
Obrázek 9-2: Deformace frézovací hlavy ve směru Y	62
Obrázek 9-3: Deformace frézovací hlavy ve směru X	63
Obrázek 9-4: Koncentrace napětí v rámu frézovacího zařízení	63
Obrázek 9-5: Vlastní tvar kmitu, 1. vlastní frekvence	65
Obrázek 9-6: Vlastní tvar kmitu, 2. vlastní frekvence	66

Obrázek 9-7: Vlastní tvar kmitu, 3. vlastní frekvence	66
---	----

Seznam tabulek

Tabulka 4-1: Parametry stroje HCW 3 [14]	19
Tabulka 4-2: Parametry otočného stolu TDV 70 [15]	20
Tabulka 6-1: Technické požadavky zadavatele	27
Tabulka 6-2: Specifikace reflektivních vlastností IFVW 17	29
Tabulka 7-1: Hodnocení variant	35
Tabulka 8-1: Tabulka zatěžovacích stavů IFVW 17	37
Tabulka 8-2: Zatížení ozubených kol (pro výpočet)	39
Tabulka 8-3: Ozubená kola 1, 2 (hnací)	41
Tabulka 8-4: Ozubená kola 3, 4, 5 (hnací)	42
Tabulka 8-5: Ozubená kola 6, 7 (brzdná)	42
Tabulka 8-6: Kontrola ložisek, hřídel 1	45
Tabulka 8-7: Kontrola spojovacích prvků, hřídel 1	45
Tabulka 8-8: Kontrola ložisek, hřídel 2	46
Tabulka 8-9: Kontrola spojovacích prvků, hřídel 2	47
Tabulka 8-10: Kontrola ložisek, hřídel 3	48
Tabulka 8-11: Kontrola spojovacích prvků, hřídel 3	48
Tabulka 8-12: Kontrola ložisek, souhmotí 4	50
Tabulka 8-13: Kontrola spojovacích prvků, souhmotí 4	50
Tabulka 9-1: Výsledky analýzy tuhosti	63
Tabulka 9-2: Budicí frekvence vybraných nástrojů INGERSOLL GASHER BP IV [17]	64
Tabulka 9-3: Vlastní frekvence rámu frézovacího zařízení	64
Tabulka 9-4: První vlastní frekvence jednotlivých souhmotí	65
Tabulka 10-1: Náklady vyráběných součástí	68
Tabulka 10-2: Náklady nakupovaných součástí	69

Seznam příloh

PŘÍLOHA č. 1	Výpočet ozubených kol 1, 2 (KISSsoft)
PŘÍLOHA č. 2	Výpočet ozubených kol 3, 4, 5 (KISSsoft)
PŘÍLOHA č. 3	Výpočet ozubeného kola 6 (KISSsoft)
PŘÍLOHA č. 4	Výpočet ozubeného kola 7 (KISSsoft)

- PŘÍLOHA č. 5 Výpočet hřídele 1 a jeho uložení (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 6 Výpočet hřídele 2 a jeho uložení (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 7 Výpočet hřídele 3 a jeho uložení (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 8 Výpočet hřídele 4 a jeho uložení (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 9 Kontrola spoje rovnobokým drážkováním - kolo 1 (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 10 Kontrola spoje rovnobokým drážkováním - kolo 2 (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 11 Kontrola spoje rovnobokým drážkováním - kolo 3 (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 12 Kontrola spoje těsním perem - kolo 4 (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 13 Kontrola spoje rovnobokým drážkováním - kolo 5 (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 14 Kontrola radiální jehlové klece (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 15 Kontrola kontrola axiální jehlové klece (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 16 Kontrola svazku talířových pružin (KISSsoft)
- PŘÍLOHA č. 17 Brzdové obložení
- PŘÍLOHA č. 18 Kontrola přírub (BSPOJ)
- PŘÍLOHA č. 19 Výpočet pohonu (PREV)
- PŘÍLOHA č. 20 Výkresová dokumentace

Přílohy

PŘÍLOHA č. 1

Výpočet ozubených kol 1, 2 (KISSsoft)

----- KISSsoft Release 03/2014 E -----
KISSsoft academic license for Uni Pilsen

File -----
Name : soukoli_12
Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 11:45:42

BEVEL-GEAR-CALCULATION (BEVEL-GEAR-PAIR)

Drawing or article number:

Gear 1: 0.000.0
Gear 2: 0.000.0

Calculation method Bevel gear ISO 10300:2001, Method B
Geometry calculation according ISO 23509:2006, method 3
Uniform depth, fig 3 (Klingelnberg)
(ISO 10300-1,-2,-3:2001)

Manufacture process: lapped

Spiral toothing

Face hobbing (continuing indexing method)

Number of cutter blade groups [z0] 1.00
Cutter radius (mm) [rc0] 101.88

----- GEAR 1 ----- GEAR 2 -----

Power (kW)	[P]	77.47	
Speed (1/min)	[n]	247.1	164.7
Rotation direction, wheel 1, viewed on cone tip:		right	
Torque (Nm)	[T]	2994.0	4491.0
Gear driving (+) / driven (-)		+	-
Application factor	[KA]	1.50	
Required service life	[H]	10000.00	

1. TOOTH GEOMETRY AND MATERIAL

----- GEAR 1 ----- GEAR 2 -----

Hypoid offset (mm)	[a]	0.000	
Shaft angle (°)	[Sigma]	90.0000	
Mean normal module (mm)	[mmn]	10.0000	
Pressure angle at normal section (°)	[alfn]	20.0000	
Mean spiral angle (°)	[betm]	30.0000	
Hand of gear		right	left
Number of teeth	[z]	16	24
Facewidth (mm)	[b]	40.00	40.00
Assumed and measured contact pattern width (mm)	[be]	34.00	34.00
be/b = 0.850			
Accuracy grade	[Q-ISO17485]	6	6
Internal diameter gearbody (mm)	[di]	0.000	0.000
Pitch apex to front of gear blank (mm)	[yi]	135.000	110.000
Pitch apex to back of gear blank (mm)	[yo]	175.000	150.000
H misalignment (P misalignment) (m)	[DeltaH]	0.000	
G misalignment (m)	[DeltaG]	0.000	
V misalignment (E misalignment) (m)	[DeltaV]	0.000	

Material

Gear 1: 18CrNiMo7-6, Case-carburized steel, case-hardened
ISO 6336-5 Figure 9/10 (MQ), core strength >=30HRC

Gear 2: 18CrNiMo7-6, Case-carburized steel, case-hardened
ISO 6336-5 Figure 9/10 (MQ), core strength >=30HRC

Surface hardness HRC 61 HRC 61

Material treatment according to ISO 6336:2006 Normal (Life factors ZNT and YNT >=0.85)

Fatigue strength, tooth root stress (N/mm)	[sigFlim]	500.00	500.00
Fatigue strength for Hertzian pressure (N/mm)	[sigHlim]	1500.00	1500.00
Tensile strength (N/mm)	[Rm]	1200.00	1200.00
Yield point (N/mm)	[Rp]	850.00	850.00
Young's modulus (N/mm)	[E]	206000	206000
Poisson's ratio	[ny]	0.300	0.300
Mean roughness, Ra, tooth flank (m)	[RAH]	0.60	0.60
Mean roughness height, Rz, flank (m)	[RZH]	4.80	4.80
Mean roughness height, Rz, root (m)	[RZF]	20.00	20.00

Gear reference profile 1 :

Reference profile 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profil A

Dedendum coefficient	[hfP*]	1.250
Root radius factor	[rhofP*]	0.380
Addendum coefficient	[haP*]	1.000
Tip radius factor	[rhoaP*]	0.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000
Protuberance angle	[alfprP]	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000
Ramp angle	[alfKP]	0.000

not topping

Gear reference profile 2 :

Reference profile 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profil A

Dedendum coefficient	[hfP*]	1.250
Root radius factor	[rhofP*]	0.380
Addendum coefficient	[haP*]	1.000
Tip radius factor	[rhoaP*]	0.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000
Protuberance angle	[alfprP]	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000
Ramp angle	[alfKP]	0.000

not topping

Summary of reference profile gears:

Dedendum reference profile	[hfP*]	1.250	1.250
Tooth root radius Reference profile	[rofP*]	0.380	0.380
Addendum Reference profile	[haP*]	1.000	1.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000	0.000
Protuberance angle (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000	0.000
Ramp angle (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Type of profile modification:
none (only running-in)

Tip relief (m)	[Ca]	2.0	2.0
-----------------	------	-----	-----

No modification at tip circle

Lubrication type	Grease lubrication
Type of grease	Grease: Klübersynth UH1 14-1600
Lubricant base	Synthetic oil based on Polyalphaolefin
Kinem. viscosity base oil at 40 °C (mm /s)	[nu40] 160.00
Kinem. viscosity base oil at 100 °C (mm /s)	[nu100] 21.00
FZG-Test A/8.3/90 step	[FZGtestA] 12
Specific density at 15 °C (kg/dm)	[roOil] 0.850
Grease temperature (°C)	[TS] 70.000

	----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 -----
Overall transmission ratio	[itot]	-1.500
Gear ratio	[u]	1.500
Outer spiral angle (°)	[bete]	39.2372
Mean spiral angle (°)	[betm]	30.0000
Inner spiral angle (°)	[beti]	20.7058
Pinion offset angle in axial plane (°)	[zetm]	0.0000
Pinion offset angle in pitch plane (°)	[zetmp]	0.0000
Offset in pitch plane (mm)	[ap]	0.000
Outer normal module (mm)	[men]	10.0176
Outer transverse module (mm)	[met]	12.9338
Mean normal module (mm)	[mmn]	10.0000
Mean transverse module (mm)	[mmt]	11.5470
Inner normal module (mm)	[min]	9.5040
Inner transverse module (mm)	[mit]	10.1603
Sum of profile shift coefficients	[xhm1+xhm2]	0.0000
Profile shift coefficient	[xhm]	0.2471
Undercut boundary	[xhmmin]	-0.5666
Tooth thickness modification coefficient	[xsmn]	0.0000
Outer pitch diameter (mm)	[de]	206.940
Outer tip diameter (mm)	[dae]	227.694
Outer root diameter (mm)	[dfe]	190.252
Mean pitch diameter (mm)	[dm]	184.752
Mean tip diameter (mm)	[dam]	205.506
Mean root diameter (mm)	[dfm]	168.064

Inner pitch diameter (mm)	[di]	162.564	243.846
Inner tip diameter (mm)	[dai]	183.318	252.198
Inner root diameter (mm)	[dfi]	145.876	227.237
Addendum (mm)	[hae]	12.471	7.529
(mm)	[ham]	12.471	7.529
(mm)	[hai]	12.471	7.529
Dedendum (mm)	[hfe]	10.029	14.971
(mm)	[hfm]	10.029	14.971
(mm)	[hfi]	10.029	14.971
Tooth height (mm)	[he]	22.500	22.500
(mm)	[hm]	22.500	22.500
(mm)	[hi]	22.500	22.500
Working depth (mm)	[whe]	20.000	
(mm)	[whm]	20.000	
(mm)	[whi]	20.000	
Tip clearance (mm)	[ce]	2.500	2.500
(mm)	[cm]	2.500	2.500
(mm)	[ci]	2.500	2.500
Outer cone distance (mm)	[Re]	186.533	186.533
Mean cone distance (mm)	[Rm]	166.533	166.533
Inner cone distance (mm)	[Ri]	146.533	146.533
Pitch angle (°)	[delta]	33.6901	56.3099
Face angle (°)	[dela]	33.6901	56.3099
Addendum angle (°)	[thea=dela-delta]	0.0000	0.0000
Root angle (°)	[delf]	33.6901	56.3099
Dedendum angle (°)	[thef=delta-delf]	0.0000	0.0000
Distance along axis to crossing point (mm)	[txo]	148.287	97.206
(mm)	[txi]	115.005	75.018
Distance apex to crossing point (mm)	[tz]	0.000	0.000
(mm)	[tzF]	22.483	9.048
(mm)	[tzR]	-18.079	-17.993
Distance in axial direction to the cone tip (mm)	[ye]	155.205	103.470
(mm)	[yae]	148.287	97.206
(mm)	[yai]	115.005	75.018
Theoretical tip clearance (mm)	[c]	2.500	2.500
Effective tip clearance (mm)	[c.e/i]	2.500 / 2.510	2.500 / 2.510
Overlap ratio, ISO 23509:2006 (B.8)	[epsb]	0.633	
***** Virtual cylindrical gear toothing *****			
Pressure angle at normal section (°)	[alfvn]	20.0000	
Pressure angle at pitch circle (°)	[alfvt]	22.7959	
Base helix angle (°)	[betvb]	28.0243	
Virtual centre distance (mm)	[av]	360.822	
Working transverse pressure angle (°)	[alfvwt]	22.7959	
Number of teeth	[zv]	19.230	43.267
Gear ratio	[uv]	2.250	
Theoretical tip clearance (mm)	[c]	2.500	2.500
Effective tip clearance (mm)	[c.e/i]	2.500 / 2.510	2.500 / 2.510
Reference diameter (mm)	[dv]	222.044	499.600
Base diameter (mm)	[dvb]	204.701	460.577
Tip diameter (mm)	[dva]	246.987	514.657
Tip form diameter (mm)	[dvFa]	246.987	514.657
Operating pitch diameter (mm)	[dvw]	222.044	499.600
Root diameter (mm)	[dvf]	201.987	469.657
Active root diameter (mm)	[dvNf]	210.706	481.792
Root form diameter (mm)	[dvFf]	210.065	478.353
Virtual gear no. of teeth	[zvn]	28.495	64.113
Maximum sliding speed at tip (m/s)	[vga]	0.811	0.561
Pitch on reference circle (mm)	[pvt]	36.276	
Base pitch (mm)	[pvbt]	33.443	
Transverse pitch on contact-path (mm)	[pvet]	33.443	
Length of path of contact (mm)	[gva]	44.129	
Virtual cylindrical gear (ISO 10300:2001, Annex A):			
Referenced to facewidth	[bveff]	40.000	
Transverse contact ratio	[epsva]	1.320	
Overlap ratio	[epsvb]	0.637	
Total contact ratio	[epsvg]	1.465	
Auxiliary values for the tooth flank:			
Distance from center (mm)	[ft, fm, fr]	21.626	-3.650 -21.626
Length of contact line (mm)	[lbt, lbm, lbr]	0.000	40.226 0.000

Contact area (mm)	[At,Am,Ar]	0.000	29.403	0.000
Fractions of line load (%)	[flct,flcm,flcr]	0.000	100.000	0.000
Auxiliary values for the tooth root:				
Distance from center (mm)	[ft,fm,fr]	33.171	3.650	-25.872
Length of contact line (mm)	[lbt,lbm,lbr]	0.000	40.226	0.000
Angle of contact lines (°)	[betB]	11.1702		
Characteristic values for sizing				
	[Re2/b2]	4.663		
	[b2/mmn]	4.000		

2. FACTORS OF GENERAL INFLUENCE

	----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 -----	
Nominal circum. force at pitch circle (N)	[Fmt]	32411.0	32411.0
		Drive side	
Axial force (N)	[Fa]	23125.6	954.0
Radial force (N)	[Fr]	954.0	23125.6
Normal force (N)	[Fnorm]	39826.9	39826.9
Axial force (%)	[Fa/Ft]	71.351	2.943
Radial force (%)	[Fr/Ft]	2.943	71.351
Remarks:			
Forces if rotation goes in opposite direction (coast side):			
Axial force (N)	[Fa]	-8013.8	21713.7
Radial force (N)	[Fr]	21713.7	-8013.8
Normal force (N)	[Fnorm]	39826.9	39826.9
Axial force (%)	[Fa/Ft]	-24.726	66.995
Radial force (%)	[Fr/Ft]	66.995	-24.726
Tangent.load at p.c.d.per mm (N/mm) (N/mm)	[w]	953.26	
Circumferential speed reference circle (m/s)	[v]	2.39	2.39
Singular tooth stiffness (N/mm* m)	[c']	14.00	
Meshing stiffness (N/mm* m)	[cg]	20.00	
Single pitch deviation (m)	[fp]	17.00	18.00
Running-in value y.a (m)	[ya]	1.35	
Reduced mass (kg/mm)	[mRed]	0.082	
Resonance speed (min-1)	[nE1]	9305	
Under critical range - resonance ratio	[N]	0.027	
Dynamic factor	[KV]	1.01	
Cutter radius (mm)	[rc0]	101.88	
Coefficient	[KFO]	1.12	
Mounting factor	[KHbbe]	1.25	
Face load factor - flank	[KHb]	1.88	
- Tooth root	[KFb]	1.67	
- Scuffing	[KBb]	1.88	
Transverse load factor - flank	[KHa]	1.00	
- Tooth root	[KFa]	1.00	
- Scuffing	[KBa]	1.00	
Helical load factor scuffing	[Kbg]	1.00	
Number of load cycles (in mio.)	[NL]	148.260	98.840

3. TOOTH ROOT STRENGTH

	----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 -----	
Calculation of Tooth form coefficients according method: B1 (ISO 10300:2001, Part 3)			
(Calculate tooth shape coefficient YF with addendum mod. x)			
Manufacture process: hobbing			
Tooth form factor	[YF]	2.31	2.41
Stress correction factor	[YS]	1.73	1.65
Bending lever arm (mm)	[hF]	19.25	18.79
Working angle (grd)	[alfh]	29.01	22.63
Tooth thickness at root (mm)	[sFn]	21.57	21.46
Tooth root radius (mm)	[roF]	4.78	5.60
(hF* =1.925/1.879 sFn* =2.157/2.146 roF* =0.478/0.560)			
Contact ratio factor	[Yeps]	0.63	
Load distribution coefficient	[YLS]	1.00	
Effective facewidth (mm)	[b]	40.00	40.00
Bevel gear factor (root)	[YK]	1.004	

Nominal stress at tooth root (N/mm)	[sigFO]	202.81	201.63
Tooth root stress (N/mm)	[sigF]	513.33	510.35
Permissible bending stress at root of Test-gear			
Support factor	[YdrelT]	0.998	0.994
Surface factor	[YRrelT]	0.957	0.957
size factor (Tooth root)	[YX]	0.950	0.950
Finite life factor	[YNT]	0.925	0.932
	[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]	0.839	0.843
Alternating bending coefficient	[YM]	1.000	1.000
Stress correction factor	[Yst]		2.00
Yst*sigFlim (N/mm)	[sigFE]	1000.00	1000.00
Permissible tooth root stress (N/mm)	[sigFP=sigFG/SFmin]	599.02	601.79
Limit strength tooth root (N/mm)	[sigFG]	838.62	842.51
Required safety	[SFmin]	1.40	1.40
Safety for Tooth root stress	[SF=sigFG/sigF]	1.63	1.65

4. SAFETY AGAINST PITTING (TOOTH FLANK)

		----- GEAR 1 -----	GEAR 2 -----
Zone factor	[ZH]		2.22
Elasticity coefficient (N.5/mm)	[ZE]		189.81
Load distribution coefficient	[ZLS]		1.000
Helix angle factor	[Zbet]		0.931
Bevel gear factor (flank)	[ZK]		0.800
Medium length of contact lines (mm)	[l _{bm}]		40.23
Projected m. length of contact lines (mm)	[l _{bm} ']		35.51
Effective facewidth (mm)	[b=l _{bm}]		40.23
Mid-zone factor	[ZM-B]		1.001
Nominal flank pressure (N/mm)	[sigH0]		719.79
Effective flank pressure (N/mm)	[sigH]		1212.82
Lubrication coefficient at NL	[ZL]	0.997	0.997
Speed coefficient at NL	[ZV]	0.967	0.967
Roughness coefficient at NL	[ZR]	0.995	0.995
Material pairing coefficient at NL	[ZW]	1.000	1.000
Finite life factor	[ZNT]	0.967	0.979
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.928	0.939
Small amount of pitting permissible (0=no, 1=yes)		0	0
Size factor (flank)	[ZX]	1.000	1.000
Permissible surface pressure (N/mm)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1391.34	1408.76
Limit strength pitting (N/mm)	[sigHG]	1391.34	1408.76
Required safety	[SHmin]	1.00	1.00
Safety for surface pressure on flank	[SH=sigHG/sigH]	1.15	1.16

5. STRENGTH AGAINST SCUFFING

Calculation method according to
ISO TR 13989:2000

The calculation of load capacity for scuffing does not cover grease.
The FZG-Test stage for grease.
The calculation can only serve as a rough guide.!

[FZGtestA] is only estimated

Lubrication coefficient (for lubrication type)	[XS]	1.200	
Multiple meshing factor	[Xmp]	1.000	
Relative structure coefficient (Scuffing)	[XWrelT]	1.000	
Thermal contact factor (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780	13.780
Relevant tip relief (m)	[Ca]	2.00	2.00
Optimal tip relief (m)	[Ceff]		60.77
Ca taken as optimal in the calculation (0=no, 1=yes)		0	0
Effective facewidth (mm)	[beff]		34.000
Applicable circumferential force/facewidth (N/mm)	[wBt]		2706.445
(K _{bg} = 1.000, w _{Bt} *K _{bg} =2706.445)			
Pressure angle factor (eps1: 0.780, eps2: 0.540)	[Xalfbet]		0.992
Flash temperature-criteria			
Lubricant factor	[XL]		0.665

Tooth mass temperature (°C)	[theMi]	95.38
theM = theoil + XS*0.47*Xmp*theflm	[theflm]	45.00
Scuffing temperature (°C)	[theS]	295.55
Coordinate gamma (point of highest temp.)	[Gamma]	0.358
[Gamma.A]=-0.419 [Gamma.E]=0.606		
Highest contact temp. (°C)	[theB]	177.28
Flash factor (°K*N ^{-0.75} *s ^{-0.5} *m ^{-0.5} mm)	[XM]	50.058
Approach factor	[XJ]	1.000
Load sharing factor	[XGam]	0.995
Dynamic viscosity (mPa*s)	[etaM]	39.98 (70.0 °C)
Coefficient of friction	[mym]	0.067
Required safety	[SBmin]	2.000
Safety factor for scuffing (flash-temp)	[SB]	2.102
Integral temperature-criteria		
Lubricant factor	[XL]	0.800
Tooth mass temperature (°C)	[theM-C]	85.38
theM-C = theoil + XS*0.70*theflaint	[theflaint]	18.30
Integral scuffing temperature (°C)	[theSint]	305.43
Flash factor (°K*N ^{-0.75} *s ^{-0.5} *m ^{-0.5} mm)	[XM]	50.058
Running-in factor (well run in)	[XE]	1.000
Contact ratio factor	[Xeps]	0.295
Dynamic viscosity (mPa*s)	[etaOil]	39.98 (70.0 °C)
Averaged coefficient of friction	[mym]	0.051
Geometry factor	[XBE]	0.298
Meshing factor	[XQ]	1.000
Tip relief factor	[XCa]	1.619
Integral tooth flank temperature (°C)	[theint]	112.83
Required safety	[SSmin]	1.800
Safety factor for scuffing (intg.-temp.)	[SSint]	2.707
Safety referring to transferred torque	[SSL]	5.497

6. ALLOWANCES FOR TOOTH THICKNESS

	----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 -----
Tooth thickness deviation ISO 23509 Q4-7 (Table CISO 23509 Q4-7 (Table C		
Tooth thickness allowance (normal section) (mm)	[As.e/i]-0.110 /-0.165	-0.110 / -0.165

The following data apply on the middle of the facewidth:

Tooth thickness (chordal) in pitch diameter (mm)	[smnc]	17.496	13.908
(mm)	[smnc.e/i]	17.386 / 17.331	13.798 / 13.743
Reference chordal height from dam (mm)	[hamc]	12.695	7.570
Circumferential backlash (mm)	[jmt]	0.374 / 0.249	
(mm)	[jet]	0.419 / 0.279	
Normal backlash (mm)	[jmn]	0.310 / 0.207	
(mm)	[jen]	0.311 / 0.207	

7. GEAR ACCURACY

	----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 -----
According to ISO 17485:2006:		
Accuracy grade	[Q-ISO17485]	6
(Diameter (mm)	[dT]	189.91
Single pitch deviation (m)	[fpT]	17.00
Total cumulative pitch deviation (m)	[FpT]	53.00
Runout (m)	[FrT]	43.00
Single flank composite, tooth-to-tooth (m)	[fisTmax/fisTmin]	39.00/
(fisTmax, fisTmin: ISO 17485:2006, Table B1, q=2)		4.0039.00/ 4.00
Single flank composite, total (m)	[FisT]	92.00
		97.00

9. DETERMINATION OF TOOTHFORM

Data for the tooth form calculation :
Data not available.

10. ADDITIONAL DATA

Input data for calculating the gear measurements according to ISO 23509:2006
Data of type 1 (according to table 3, ISO 23509:2006):
xhm1= 0.2471 khap= 1.0000 khfp= 1.2500 xsmn= 0.0000
Data of type 2 (according to table 3, ISO 23509:2006):
cham= 0.3764 kd= 2.0000 kc= 0.1250 kt= 0.0000

PŘÍLOHA č. 2

Výpočet ozubených kol 3, 4, 5 (KISSsoft)

----- KISSsoft Release 03/2014 E -----
 KISSsoft academic license for Uni Pilsen
 ----- File -----
 Name : soukoli_345
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 11:46:15

CALCULATION OF HELICAL GEARS

Drawing or article number:
 Gear 1: 0.000.0
 Gear 2: 0.000.0
 Gear 3: 0.000.0

Calculation method ISO 6336:2006 Method B

	----- Gear 1 -----	----- Gear 2 -----	----- Gear 3 -----
Number of planets/intermediate wheels	[No.wheel] (1)	1	(1)
Power (kW)	[P]	92.45	
Speed (UpM)	[n]	164.7	164.7
Torque (Nm)	[T]	5360.0	5360.0
Application factor	[KA]	1.50	
Required service life	[H]	10000.00	
Gear driving (+) / driven (-)		+ -/+	-

1. TOOTH GEOMETRY AND MATERIAL

(geometry calculation according to
 DIN 3960:1987)

	----- Gear 1 -----	----- Gear 2 -----	----- Gear 3 -----
Center distance (mm)	[a] 220.000	213.000	
Centre distance tolerance	ISO 286:2010 Measure js7	ISO 286:2010 Measure js7	
Normal module (mm)	[mn]	6.0000	
Pressure angle at normal section (°)	[alfn]	20.0000	
Helix angle at reference circle (°)	[beta]	25.0000	
Number of teeth	[z]	32	32
Facewidth (mm)	[b]	60.00	80.00
Hand of gear		left	right
Accuracy grade	[Q-ISO1328:1995]	6	6
Inner diameter (mm)	[di]	0.00	0.00
Inner diameter of gear rim (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material
 Gear 1: 18CrNiMo7-6, Case-carburized steel, case-hardened
 ISO 6336-5 Figure 9/10 (MQ), core strength >=30HRC
 Gear 2: 18CrNiMo7-6, Case-carburized steel, case-hardened
 ISO 6336-5 Figure 9/10 (MQ), core strength >=30HRC
 Gear 3: 18CrNiMo7-6, Case-carburized steel, case-hardened
 ISO 6336-5 Figure 9/10 (MQ), core strength >=30HRC

	----- Gear 1 -----	----- Gear 2 -----	----- Gear 3 -----
Surface hardness	HRC 61	HRC 61	HRC 61
Material quality according to ISO 6336:2006 Normal (Life factors ZNT and YNT >=0.85)			
Fatigue strength, tooth root stress (N/mm)	[sigFlim] 500.00	500.00	500.00
Fatigue strength for Hertzian pressure (N/mm)	[sigHlim] 1500.00	1500.00	1500.00
Tensile strength (N/mm)	[Rm] 1200.00	1200.00	1200.00
Yield point (N/mm)	[sigs] 850.00	850.00	850.00
Young's modulus (N/mm)	[E] 206000	206000	206000
Poisson's ratio	[ny] 0.300	0.300	0.300
Mean roughness, Ra, tooth flank (m)	[RAH] 0.60	0.60	0.60
Mean roughness height, Rz, flank (m)	[RZH] 4.80	4.80	4.80
Mean roughness height, Rz, root (m)	[RZF] 20.00	20.00	20.00

Gear reference profile 1 :
 Reference profile 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profil A
 Dedendum coefficient [hfP*] 1.250
 Root radius factor [rhofP*] 0.380
 Addendum coefficient [haP*] 1.000

Tip radius factor	[rhoaP*]	0.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000
Protuberance angle	[alfprP]	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000
Ramp angle	[alfKP]	0.000

not topping

Gear reference profile 2 :

Reference profile	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profil A	
Dedendum coefficient	[hfP*]	1.250
Root radius factor	[rhofP*]	0.380
Addendum coefficient	[haP*]	1.000
Tip radius factor	[rhoaP*]	0.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000
Protuberance angle	[alfprP]	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000
Ramp angle	[alfKP]	0.000

not topping

Gear reference profile 3 :

Reference profile	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profil A	
Dedendum coefficient	[hfP*]	1.250
Root radius factor	[rhofP*]	0.380
Addendum coefficient	[haP*]	1.000
Tip radius factor	[rhoaP*]	0.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000
Protuberance angle	[alfprP]	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000
Ramp angle	[alfKP]	0.000

not topping

Summary of reference profile gears:

Dedendum reference profile	[hfP*]	1.250	1.250	1.250
Tooth root radius Reference profile	[rofp*]	0.380	0.380	0.380
Addendum Reference profile	[haP*]	1.000	1.000	1.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000	0.000	0.000
Protuberance angle (°)	[alfprP]	0.000	0.000	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000	0.000	0.000
Ramp angle (°)	[alfKP]	0.000	0.000	0.000

Type of profile modification:	none (only running-in)			
Tip relief (m)	[Ca]	2.00	2.00	2.00

Lubrication type	Grease lubrication	
Type of grease	Grease: Klübersynth UH1 14-1600	
Lubricant base	Synthetic oil based on Polyalphaolefin	
Kinem. viscosity base oil at 40 °C (mm /s)	[nu40]	160.00
Kinem. viscosity base oil at 100 °C (mm /s)	[nu100]	21.00
FZG-Test A/8.3/90 step	[FZGtestA]	12
Specific density at 15 °C (kg/dm)	[roOil]	0.850
Grease temperature (°C)	[TS]	70.000

		----- Gear 1 -----	Gear 2 -----	Gear 3 ----
Overall transmission ratio	[itot]		-1.000	
Gear ratio	[u]		1.000	1.000
Transverse module (mm)	[mt]		6.620	
Pressure angle at pitch circle (°)	[alft]		21.880	
Working transverse pressure angle (°)	[alfwt]		26.673	22.639
	[alfwt.e/i]		26.685 / 26.661	22.654 / 22.624
Working pressure angle at normal section (°)	[alfwn]		24.329	20.687
Helix angle at operating pitch circle (°)	[betaw]		25.839	25.119
Base helix angle (°)	[betab]		23.399	
Reference centre distance (mm)	[ad]		211.849	211.849
Sum of profile shift coefficients	[Summexi]		1.5044	0.1951
Profile shift coefficient	[x]	0.8094	0.6951	-0.5000
Tooth thickness (Arc) (module) (module)	[sn*]	2.1600	2.0768	1.2068
Tip alteration (mm)	[k*mn]	-0.875	-0.875	-0.019
Reference diameter (mm)	[d]	211.849	211.849	211.849
Base diameter (mm)	[db]	196.588	196.588	196.588
Tip diameter (mm)	[da]	231.811	230.440	217.811
(mm)	[da.e/i]	231.811 / 231.801	230.440 / 230.430	217.811 / 217.801
Tip diameter allowances (mm)	[Ada.e/i]	0.000 / -0.010	0.000 / -0.010	0.000 / -0.010
Tip form diameter (mm)	[dFa]	231.811	230.440	217.811
(mm)	[dFa.e/i]	231.811 / 231.801	230.440 / 230.430	217.811 / 217.801

Active tip diameter (mm)	[dNa.e/i]	231.811 / 231.801	230.440 / 230.430	217.811 / 217.801
Operating pitch diameter (mm)	[dw]	220.000	220.000 / 213.000	213.000
(mm)	[dw.e]	220.023	220.023 / 213.023	213.023
(mm)	[dw.i]	219.977	219.977 / 212.977	212.977
Root diameter (mm)	[df]	206.561	205.190	190.849
Generating Profile shift coefficient	[xE.e/i]	0.7876 / 0.7762	0.6733 / 0.6619	-0.5218 / -0.5332
Manufactured root diameter with xE (mm)	[df.e]	206.300	204.929	190.588
(mm)	[df.i]	206.162	204.791	190.450
Theoretical tip clearance (mm)	[c]	1.500	1.500/2.356	1.500
Tip clearance upper allowance (mm)	[c.e]	1.727	1.727/2.583	1.727
Tip clearance lower allowance (mm)	[c.i]	1.607	1.607/2.463	1.607
Active root diameter (mm)	[dNf]	211.234	210.294/208.745	201.397
(mm)	[dNf.e]	211.278	210.337/208.793	201.427
(mm)	[dNf.i]	211.196	210.258/208.705	201.371
Root form diameter (mm)	[dFf]	209.639	208.389	198.963
(mm)	[dFf.e/i]	209.396 / 209.270	208.158 / 208.037	198.856 / 198.801
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.max/min]	1.004 / 0.900	0.378 / 0.274	1.313 / 1.257
Addendum (mm)	[ha = mn * (haP**x)]	9.981	9.296	2.981
(mm)	[ha.e/i]	9.981 / 9.976	9.296 / 9.291	2.981 /
2.976				
Dedendum (mm)	[hf = mn * (hfP*-x)]	2.644	3.329	10.500
(mm)	[hf.e/i]	2.774 / 2.843	3.460 / 3.529	10.631 /
10.699				
Roll angle at dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	35.802 / 35.796	35.042 / 35.036	27.332 /
27.325				
Roll angle to dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	22.560 / 22.495	21.800 / 21.735	
	[xsi_dNf.e/i]		20.501 / 20.424	12.790 / 12.715
Roll angle at dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	21.017 / 20.909	19.944 / 19.837	8.729 /
8.621				
Tooth height (mm)	[H]	12.625	12.625	13.481
Virtual gear no. of teeth	[zn]	41.919	41.919	41.919
Normal tooth thickness at tip cylinder (mm)	[san]		4.306	4.505 5.008
(mm)	[san.e/i]	4.209 / 4.150	4.409 / 4.350	4.915 / 4.860
Normal spacewidth at root cylinder (mm)	[efn]	4.042	4.119	0.000
(mm)	[efn.e/i]	4.055 / 4.062	4.136 / 4.146	0.000 / 0.000
Max. sliding velocity at tip (m/s)	[vga]	0.415	0.370/0.660	0.203
Specific sliding at the tip	[zetaa]	0.392	0.357/0.636	0.251
Specific sliding at the root	[zetaf]	-0.556	-0.645/-0.336	-1.748
Sliding factor on tip	[Kga]	0.219	0.195/0.359	0.111
Sliding factor on root	[Kgf]	-0.195	-0.219/-0.111	-0.359
Pitch on reference circle (mm)	[pt]		20.798	
Base pitch (mm)	[pbt]		19.300	
Transverse pitch on contact-path (mm)	[pet]		19.300	
Lead height (mm)	[pz]	1427.259	1427.259	1427.259
Axial pitch (mm)	[px]	44.602	44.602	44.602
Length of path of contact (mm)	[ga]		22.777	25.017
(mm)	[ga.e/i]		22.828 / 22.707	25.076 / 24.936
Length T1-A (mm)	[T1A]	38.642	60.116/35.099	46.890
Length T1-B (mm)	[T1B]	42.119	56.639/40.816	41.173
Length T1-C (mm)	[T1C]	49.379	49.379/40.994	40.994
Length T1-D (mm)	[T1D]	57.942	40.816/54.399	27.590
Length T1-E (mm)	[T1E]	61.419	37.339/60.116	21.873
Diameter of single contact point B (mm)	[d-B]	213.876	226.889/ 212.863	213.138
(mm)	[d-B.e]	213.876	226.838/ 212.863	213.092
(mm)	[d-B.i]	213.869	226.949/ 212.855	213.191
Diameter of single contact point D (mm)	[d-D]	228.202	212.863/ 224.686	204.185
(mm)	[d-D.e]	228.150	212.863/ 224.628	204.185
(mm)	[d-D.i]	228.264	212.855/ 224.755	204.179
Transverse contact ratio	[eps_a]		1.180	1.296
Transverse contact ratio with allowances	[eps_a.e/i]	1.183 / 1.177	1.299 / 1.292	
Overlap ratio	[eps_b]		1.345	1.794
Total contact ratio	[eps_g]		2.525	3.090
Total contact ratio with allowances	[eps_g.e/i]	2.528 / 2.522	3.093 / 3.086	

2. FACTORS OF GENERAL INFLUENCE

	----- Gear 1 -----	Gear 2 -----	Gear 3 -----
Nominal circum. force at pitch circle (N)	[Ft]	50602.185	50602.185
Axial force (N)	[Fa]	23596.2	23596.2 23596.2
Axial force (total) (N)	[Fatot=Fa*]	1]	23596.2
23596.2			
Radial force (N)	[Fr]	20321.671	20321.671
Normal force (N)	[Fnorm]	59416.6	59416.6 59416.6

Tangent load at p.c.d.per mm (N/mm) (N/mm)	[w]	843.37	632.53	
Only as information: Forces at operating pitch circle:				
Nominal circumferential force (N)	[Ftw]	48727.273	50328.638	
Axial force (N)	[Fa]	23596.2	23596.2/23596.2	23596.2
Axial force (total) (N)	[Fatot=Fa*]	1]		23596.2
23596.2				
Radial force (N)	[Fr]	24478.650	20989.988	
Circumferential speed reference circle (m/s)	[v]		1.83	
Circumferential speed operating pitch circle (m/s)	[v(dw)]		1.90	
Running-in value (m)	[yp]	0.698	0.698	
Running-in value (m)	[yf]	0.900	0.900	
Gear body coefficient	[CR]	1.000	1.000	
Correction coefficient	[CM]	0.800	0.800	
Reference profile coefficient	[CBS]	0.975	0.975	
Material coefficient	[E/Est]	1.000	1.000	
Singular tooth stiffness (N/mm/ m)	[c']	14.517	12.271	
Meshing stiffness (N/mm/ m)	[cgal]	16.479	14.998	
Meshing stiffness (N/mm/ m)	[cgbet]	14.007	12.748	
Reduced mass (kg/mm)	[mRed]	0.0907	0.0782	
Resonance speed (min-1)	[nE1]	4946	2968	
nE1 :	ISO6336-1:2006 Chapter 6.4.7.5 Idler Gears, nE1,2			
Resonance ratio (-)	[N]	0.033	0.056	
Running-in value (m)	[ya]	0.698	0.698	
Bearing distance l of pinion shaft (mm)	[l]	120.000	160.000	
Distance s of pinion shaft (mm)	[S]	12.000	16.000	
Outside diameter of pinion shaft (mm)	[dsh]	60.000	80.000	
Load in accordance with ISO 6336-1:2006 Diagram 13				
	[-]	4	4	
Factor K' according ISO 6336-1:2006	Diagram 13	[K']	-1.00	-1.00
0:a), 1:b), 2:c), 3:d), 4:e)				
support effect (0: without, 1: with)		0	0	
Tooth trace deviation (active) (m)	[Fby]	5.81	4.25	
from deformation of shaft (m)	[fsh*B1]	10.78	7.54	
Tooth trace		0	0	
(0:without, 1:crowned, 2:Tip relief, 3:full modification)				
Contact pattern		1	1	
(0:inappropriate, 1:favorable, 2:optimal)				
from production tolerances (m)	[fma*B2]	14.14	14.14	
Running-in value y.b (m)	[yb]	1.03	0.75	
Dynamic factor	[KV=max(KV12,KV23)]		1.01	
	[KV12,KV23]	1.01	1.01	
Face load factor - flank	[KHb]	1.03	1.03	
- Tooth root	[KFb]	1.03	1.02	
- Scuffing	[KBb]	1.03	1.03	
Transverse load factor - flank	[KH _a]	1.00	1.00	
- Tooth root	[KF _a]	1.00	1.00	
- Scuffing	[KB _a]	1.00	1.00	
Helical load factor scuffing	[Kbg]	1.23	1.29	
Number of load cycles (in mio.)	[NL]	98.8	98.8	98.8

3. TOOTH ROOT STRENGTH

Calculation of Tooth form coefficients according method: B
(Calculate tooth shape coefficient YF with addendum mod. x)

		----- Gear 1 -----	Gear 2 -----	Gear 3 ---
Tooth form factor	[YF]	1.17	1.21/1.00	1.98
Stress correction factor	[YS]	2.40	2.36/2.56	1.60
Bending lever arm (mm)	[hF]	6.67	6.75/5.55	7.44
Working angle (°)	[alfFn]	25.20	24.63/23.45	17.67
Tooth thickness at root (mm)	[sFn]	14.06	13.94/13.94	11.71
Tooth root radius (mm)	[roF]	2.29	2.33/2.33	4.15
(sFn* = 2.343/2.323/2.323/1.951 roF* =0.381/0.388/0.388/0.692 dsFn =208.670/207.315/207.315/193.851 alfsFn =30.0/30.0/ 30.0/ 30.0)				
Contact ratio factor	[Yeps]	1.00	1.00	
Helix angle factor	[Ybet]	0.79	0.79	
Deep tooth factor	[YDT]	1.00	1.00	

Gear rim factor	[YB]	1.00	1.00	1.00
Effective facewidth (mm)	[beff]	60.00	72.00/80.00	92.00
Nominal stress at tooth root (N/mm)	[sigF0]	312.77	264.13/214.44	229.73
Tooth root stress (N/mm)	[sigF]	484.43	409.09/331.67	355.32
Permissible bending stress at root of Test-gear				
Support factor	[Ydre1T]	1.005	1.005/1.005	0.989
Surface factor	[YRrelT]	0.957	0.957	0.957
size factor (Tooth root)	[YX]	0.990	0.990	0.990
Finite life factor	[YNT]	0.932	0.932	0.932
Alternating bending coefficient	[YM]	1.000	0.700	1.000
Stress correction factor	[Yst]		2.00	
Yst*sigFlim (N/mm)	[sigFE]	1000.00	1000.00	1000.00
Permissible tooth root stress (N/mm)	[sigFP=sigFG/SFmin]	634.07	443.55/443.55	623.58
Limit strength tooth root (N/mm)	[sigFG]	887.70	620.97/620.97	873.01
Required safety	[SFmin]	1.40	1.40/1.40	1.40
Safety for Tooth root stress	[SF=sigFG/sigF]	1.83	1.52/1.87	2.46
Transmittable power (kW)	[kWRating]	121.00	100.23/123.63	162.24

4. SAFETY AGAINST PITTING (TOOTH FLANK)

		----- Gear 1 -----	Gear 2 -----	Gear 3 ---
Zone factor	[ZH]		2.06	2.26
Elasticity coefficient (N ^{0.5} /mm)	[ZE]		189.81	189.81
Contact ratio factor	[Zeps]		0.921	0.878
Helix angle factor	[Zbet]		1.050	1.050
Effective facewidth (mm)	[beff]		60.00	80.00
Nominal flank pressure (N/mm)	[sigH0]		1066.76	967.48
Surface pressure at operating pitch circle (N/mm)	[sigHw]		1331.91	1205.84
Single tooth contact factor	[ZB,ZD]	1.00	1.00/1.00	1.00
Flank pressure (N/mm)	[sigHB, sigHD]	1331.91	1331.91/1205.84	1205.84
Lubrication coefficient at NL	[ZL]	0.997	0.997/0.997	0.997
Speed coefficient at NL	[ZV]	0.963	0.963/0.963	0.963
Roughness coefficient at NL	[ZR]	0.987	0.987/0.982	0.982
Material pairing coefficient at NL	[ZW]	1.000	1.000/1.000	1.000
Finite life factor	[ZNT]	0.979	0.979	0.979
Small no. of pittings permissible:		no		
Size factor (flank)	[ZX]	1.000	1.000	1.000
Permissible surface pressure (N/mm)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1390.65	1390.65/1383.76	1383.76
Limit strength pitting (N/mm)	[sigHG]	1390.65	1390.65/1383.76	1383.76
Required safety	[SHmin]	1.00	1.00/1.00	1.00
Safety for surface pressure at operating pitch circle	[SHw]	1.04	1.04/1.15	1.15
Safety for stress at single tooth contact	[SHBD=sigHG/sigHBD]	1.04	1.04/1.15	1.15
(Safety regarding nominal torque)	[(SHBD) ²]	1.09	1.09/1.32	1.32
Transmittable power (kW)	[kWRating]	100.78	100.78/121.74	121.74

4b. MICROPITTING ACCORDING TO ISO TR 15144-1:2010

Pairing Gear 1-2:
Calculation did not run. (Lubricant: Load stage micropitting test is unknown.)

Pairing Gear 2-3:
Calculation did not run. (Lubricant: Load stage micropitting test is unknown.)

5. STRENGTH AGAINST SCUFFING

Calculation method according to
ISO TR 13989:2000

The calculation of load capacity for scuffing does not cover grease.
The FZG-Test stage [FZGtestA] is only estimated for grease.
The calculation can only serve as a rough guide.!

Lubrication coefficient (for lubrication type)	[XS]	1.200	
Multiple meshing factor	[Xmp]	1.0	1.0

Relative structure coefficient (Scuffing)	[XWrelT]	1.000	1.000	
Thermal contact factor (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780	13.780	13.780
Relevant tip relief (m)	[Ca]	2.00	2.00	2.00
Optimal tip relief (m)	[Ceff]	76.77	63.26	
Ca taken as optimal in the calculation (0=no, 1=yes)		0	0/ 0	0
Effective facewidth (mm)	[beff]	60.000	80.000	
Applicable circumferential force/facewidth (N/mm)	[wBt]	1314.729	982.604	
((1)Kbg = 1.228, wBt*Kbg =1614.550)				
((2)Kbg = 1.289, wBt*Kbg =1266.151)				
Angle factor	[Xalfbet]	1.053	0.998	
Flash temperature-criteria				
Lubricant factor	[XL]	0.665	0.665	
Tooth mass temperature (°C)	[theMi]	81.35	83.34	
theM = theoil + XS*0.47*Xmp*theflm	[theflm]	20.12	23.65	
Scuffing temperature (°C)	[theS]	295.55	295.55	
Coordinate gamma (point of highest temp.)	[Gamma]	-0.217	0.466	
(1) [Gamma.A]=-0.217 [Gamma.E]=0.244				
(2) [Gamma.A]=-0.144 [Gamma.E]=0.466				
Highest contact temp. (°C)	[theB]	126.49	149.77	
Flash factor (°K*N ^{-0.75} *s ^{-0.5} *m ^{-0.5} mm)	[XM]	50.058	50.058	
Approach factor	[XJ]	1.157	1.000	
Load sharing factor	[XGam]	1.000	1.000	
Dynamic viscosity (mPa*s)	[etaM]	39.98	39.98	
Coefficient of friction	[mym]	0.062	0.063	
Required safety	[SBmin]		2.000	
Safety factor for scuffing (flash-temp)	[SB]	3.993	2.828	
Integral temperature-criteria				
Lubricant factor	[XL]	0.800		
Tooth mass temperature (°C)	[theM-C]	82.88	88.36	
theM-C = theoil + XS*0.70*theflaint	[theflaint]	15.33	21.86	
Integral scuffing temperature (°C)	[theSint]	305.43	305.43	
Flash factor (°K*N ^{-0.75} *s ^{-0.5} *m ^{-0.5} mm)	[XM]	50.058	50.058	
Running-in factor (well run in)	[XE]	1.000	1.000	
Contact ratio factor	[Xeps]	0.368	0.314	
Dynamic viscosity (mPa*s)	[etaOil]	39.98	39.98	
Averaged coefficient of friction	[mym]	0.052	0.056	
Geometry factor	[XBE]	0.180	0.368	
Meshing factor	[XQ]	1.000	1.000	
Tip relief factor	[XCa]	1.055	1.106	
Integral tooth flank temperature (°C)	[theint]	105.88	121.15	
Required safety	[SSmin]		1.800	
Safety factor for scuffing (intg.-temp.)	[SSint]	2.88	2.52	
Safety referring to transferred torque	[SSL]	6.56	4.60	

6. MEASUREMENTS FOR TOOTH THICKNESS

		----- Gear 1 -----		----- Gear 2 -----		----- Gear 3 -----	
	DIN 3967	cd25	DIN 3967	cd25	DIN 3967	cd25	cd25
Tooth thickness deviation							
Tooth thickness allowance (normal section) (mm)		[As.e/i]	-0.095/	-0.145	-0.095/	-0.145	-0.095/ -0.145
Number of teeth spanned	[k]	6.000		6.000		4.000	
Base tangent length (no backlash) (mm)	[wk]	104.299		103.830		63.500	
Actual base tangent length ('span') (mm)	[Wk.e/i]	104.210/104.163		103.741/103.694		63.410/63.363	
Diameter of contact point (mm)	[dMWk.m]	218.609		218.421		205.015	
Theoretical diameter of ball/pin (mm)	[DM]	11.478		11.230		9.895	
Eff. Diameter of ball/pin (mm)	[DMeff]	12.000		12.000		10.000	
Theor. dim. centre to ball (mm)	[MrK]	119.852		119.342		109.537	
Actual dimension centre to ball (mm)	[MrK.e/i]	119.756/119.705		119.245/119.193		109.394/	
		109.318					
Diameter of contact point (mm)	[dMmr.m]	222.124		221.179		205.811	
Diametral measurement over two balls without clearance (mm)	[MdK]	239.704		238.685		219.075	
Actual dimension over balls (mm)	[MdK.e/i]	239.511/239.409		238.489/238.386		218.788/	
		218.635					
Actual dimension over rolls (mm)	[MdR.e/i]	239.511/239.409		238.489/238.386		218.788/	
		218.635					
Actual dimensions over 3 rolls (mm)	[Md3R.e/i]	0.000/0.000		0.000/0.000		0.000/0.000	
Tooth thickness (chordal) in pitch diameter (mm)			['sn]	12.954		12.456	
7.240							

	(mm)	['sn.e/i]	12.859/12.809	12.361/12.311	7.145/7.095
Reference chordal height from da.m (mm)		[ha]	10.141	9.444	3.029
Tooth thickness (Arc) (mm)		[sn]	12.960	12.461	7.241
	(mm)	[sn.e/i]	12.865/12.815	12.366/12.316	7.146/7.096
Backlash free center distance (mm)		[aControl.e/i]	219.783/219.668	212.746/212.612	
Backlash free center distance, allowances (mm)		[jta]	-0.217/-0.332	-0.000/-0.000	
dNf.i with aControl (mm)		[dNf0.i]	210.696	208.073	200.966
Reserve (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)		[cF0.i]	0.650	-0.042	1.055
Centre distance allowances (mm)		[Aa.e/i]	0.023/-0.023	0.023/-0.023	
Circumferential backlash from Aa (mm)		[jtw_Aa.e/i]	0.023/-0.023	0.019/-0.019	
Radial clearance (mm)		[jrw]	0.355/0.194	0.411/0.231	
Circumferential backlash (transverse section) (mm)		[jtw]	0.355/0.195	0.341/0.192	
Normal backlash (mm)		[jnw]	0.303/0.166	0.290/0.163	
Entire torsional angle (°)		[j.tSys]		0.3746/0.2078	
(j.tSys: Gear angle of rotation3 bei festgehaltenem Rad1)					

7. GEAR ACCURACY

		----- Gear 1 -----	Gear 2 -----	Gear 3 ---
According to ISO 1328:1995				
Accuracy grade	[Q-ISO1328]	6	6	6
Single pitch deviation (m)	[fptT]	10.00	10.00	10.00
Base circle pitch deviation (m)	[fpbT]	9.30	9.30	9.30
Sector pitch deviation over k/8 pitches (m)	[Fpk/8T]	18.00	18.00	18.00
Profile deviation (m)	[ffaT]	12.00	12.00	12.00
Profile slope deviation (m)	[fHaT]	9.50	9.50	9.50
Total profile deviation (m)	[FaT]	15.00	15.00	15.00
Helix form deviation (m)	[ffbT]	10.00	10.00	12.00
Helix slope deviation (m)	[fHbT]	10.00	10.00	12.00
Total helix deviation (m)	[FbT]	15.00	15.00	17.00
Total cumulative pitch deviation (m)	[FpT]	36.00	36.00	36.00
Runout (m)	[FrT]	29.00	29.00	29.00
Single flank composite, total (m)	[FisT]	52.00	50.00	52.00
Single flank composite, tooth-to-tooth 16.00	(m)	[fisT]	16.00	14.00
Radial composite, total (m)	[FidT]	51.00	51.00	51.00
Radial composite, tooth-to-tooth (m)	[fidT]	22.00	22.00	22.00
Axis alignment tolerances (recommendation acc. ISO TR 10064:1992, Quality 6)				
Maximum value for deviation error of axis (m)	[fSigbet]		15.00	15.00
Maximum value for inclination error of axes (m)	[fSigdel]		30.00	30.00

8. ADDITIONAL DATA

Minimum possible center distance (mm):				
a13 > 226.011				
Mean coeff. of friction (acc. Niemann)	[mum]		0.052	0.053
Wear sliding coef. by Niemann	[zetw]		0.443	0.707
Meshpower (kW)			0.000	0.000
Power loss from gear load (kW)			0.535	0.811
Total power loss (kW)				1.346
Total efficiency				0.985
Weight - calculated with da (kg)	[Mass]	19.828	26.125	29.175
Total weight (kg)	[Mass]		75.127	
Moment of inertia (System referenced to wheel 1):				
calculation without consideration of the exact tooth shape				
single gears ((da+df)/2...di) (kg*m)	[TraeghMom]	0.10613	0.13800	0.13356
System ((da+df)/2...di) (kg*m)	[TraeghMom]		0.37768	

9. DETERMINATION OF TOOTHFORM

Data for the tooth form calculation :
Data not available.

REMARKS:

- Specifications with [.e/i] imply: Maximum [e] and Minimal value [i] with consideration of all tolerances
Specifications with [.m] imply: Mean value within tolerance
- For the backlash tolerance, the center distance tolerances and the tooth thickness deviation are taken into account. Shown is the maximal and the minimal backlash corresponding the largest resp. the smallest allowances
The calculation is done for the Operating pitch circle..
- Calculation of Zbet according Corrigendum 1 % ISO 6336-2:2008 with $Z_{bet} = 1/(\cos(\beta))^{0.5}$
- Details of calculation method:
 - cg according to method B
 - KV according to method B
 - KHb, KFb according method C
 - fma following equation (64), fsh following (57/58), Fbx following (52/53/57)
 - KHa, KFa according to method B

End of Report

lines:

523

PŘÍLOHA č. 3

Výpočet ozubeného kola 6 (KISSsoft)

----- KISSsoft Release 03/2014 E -----
 KISSsoft academic license for Uni Pilsen
 ----- File -----
 Name : soukoli_34B
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 11:46:46

Important hint: At least one warning has occurred during the calculation:

1-> Notice to gear 1:
 NOT POSSIBLE TO MEASURE BASE TANGENT LENGTH!
 The width of the gear is too small, hence the tooth thickness too big,
 so that the required length for the measurement exceed the face width.

2-> Notice concerning gear 1:
 Dimension over balls is not measurable (facewidth is too small)!

3-> Notice to gear 2:
 NOT POSSIBLE TO MEASURE BASE TANGENT LENGTH!
 The width of the gear is too small, hence the tooth thickness too big,
 so that the required length for the measurement exceed the face width.

CALCULATION OF A HELICAL GEAR PAIR

Drawing or article number:

Gear 1: 0.000.0
 Gear 2: 0.000.0

Calculation method ISO 6336:2006 Method B

	----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 -----
Power (kW)	[P]	17.543
Speed (1/min)	[n]	159.7 164.7
Torque (Nm)	[T]	1049.0 1017.2
Application factor	[KA]	1.50
Required service life	[H]	10000.00
Gear driving (+) / driven (-)	-	+

1. TOOTH GEOMETRY AND MATERIAL

(geometry calculation according to
 DIN 3960:1987)

	----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 -----
Center distance (mm)	[a]	220.000
Centre distance tolerance	ISO 286:2010 Measure js7	
Normal module (mm)	[mn]	6.0000
Pressure angle at normal section (°)	[alfn]	20.0000
Helix angle at reference circle (°)	[beta]	25.0000
Number of teeth	[z]	33 32
Facewidth (mm)	[b]	18.00 18.00
Hand of gear		left
right		
Accuracy grade	[Q-ISO 1328:1995]	6 6
Inner diameter (mm)	[di]	0.00 0.00
Inner diameter of gear rim (mm)	[dbi]	0.00 0.00

Material

Gear 1: 15 CrNi 6, Case-carburized steel, case-hardened
 ISO 6336-5 Figure 9/10 (MQ), core strength >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28
 Gear 2: 15 CrNi 6, Case-carburized steel, case-hardened
 ISO 6336-5 Figure 9/10 (MQ), core strength >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28

	----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 -----
Surface hardness	HRC 60	HRC 60
Material quality according to ISO 6336:2006 Normal (Life factors ZNT and YNT >=0.85)		
Fatigue strength. tooth root stress (N/mm)	[sigFlim]	430.00 430.00
Fatigue strength for Hertzian pressure (N/mm)	[sigHlim]	1500.00 1500.00
Tensile strength (N/mm)	[Rm]	1000.00 1000.00
Yield point (N/mm)	[Rp]	685.00 685.00
Young's modulus (N/mm)	[E]	206000 206000
Poisson's ratio	[ny]	0.300 0.300
Mean roughness, Ra, tooth flank (m)	[RAH]	0.60 0.60
Mean roughness height, Rz, flank (m)	[RZH]	4.80 4.80
Mean roughness height, Rz, root (m)	[RZF]	20.00 20.00

Gear reference profile 1 :

Reference profile 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profil A

Dedendum coefficient	[hfP*]	1.250
Root radius factor	[rhofP*]	0.380
Addendum coefficient	[haP*]	1.000
Tip radius factor	[rhoaP*]	0.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000
Protuberance angle	[alfprP]	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000
Ramp angle	[alfKP]	0.000

not topping

Gear reference profile 2 :

Reference profile 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profil A

Dedendum coefficient	[hfP*]	1.250
Root radius factor	[rhofP*]	0.380
Addendum coefficient	[haP*]	1.000
Tip radius factor	[rhoaP*]	0.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000
Protuberance angle	[alfprP]	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000
Ramp angle	[alfKP]	0.000

not topping

Summary of reference profile gears:

Dedendum reference profile	[hfP*]	1.250	1.250
Tooth root radius Reference profile	[rofP*]	0.380	0.380
Addendum Reference profile	[haP*]	1.000	1.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000	0.000
Protuberance angle (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000	0.000
Ramp angle (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Type of profile modification:

none (only running-in)

Tip relief (m)	[Ca]	2.0	2.0
-----------------	------	-----	-----

Lubrication type

Grease lubrication

Type of grease

Grease: Klübersynth UH1 14-1600

Lubricant base

Synthetic oil based on Polyalphaolefin

Kinem. viscosity base oil at 40 °C (mm /s)

[nu40] 160.00

Kinem. viscosity base oil at 100 °C (mm /s)

[nu100] 21.00

FZG-Test A/8.3/90 step

[FZGtestA] 12

Specific density at 15 °C (kg/dm)

[roOil] 0.850

Grease temperature (°C)

[TS] 70.000

----- GEAR 1 ----- GEAR 2 --

Overall transmission ratio	[itot]	-1.031	
Gear ratio	[u]	1.031	
Transverse module (mm)	[mt]	6.620	
Pressure angle at pitch circle (°)	[alft]	21.880	
Working transverse pressure angle (°)	[alfwt]	24.832	
	[alfwt.e/i]	24.845 / 24.819	
Working pressure angle at normal section (°)	[alfwn]	22.670	
Helix angle at operating pitch circle (°)	[betaw]	25.492	
Base helix angle (°)	[betab]	23.399	
Reference centre distance (mm)	[ad]	215.159	
Sum of profile shift coefficients	[Summexi]	0.8597	
Profile shift coefficient	[x]	0.1646	0.6951
Tooth thickness (Arc) (module) (module)	[sn*]	1.6906	2.0768
Tip alteration (mm)	[k*mn]	-0.317	-0.317
Reference diameter (mm)	[d]	218.469	211.849
Base diameter (mm)	[db]	202.731	196.588
Tip diameter (mm)	[da]	231.810	231.556
(mm)	[da.e/i]	231.810 / 231.800	231.556 / 231.546
Tip diameter allowances (mm)	[Ada.e/i]	0.000 / -0.010	0.000 / -0.010
Tip form diameter (mm)	[dFa]	231.810	231.556
(mm)	[dFa.e/i]	231.810 / 231.800	231.556 / 231.546
Active tip diameter (mm)	[dNa]	231.810	231.556
Active tip diameter (mm)	[dNa.e/i]	231.810 / 231.800	231.556 / 231.546
Operating pitch diameter (mm)	[dw]	223.385	216.615
(mm)	[dw.e/i]	223.408 / 223.361	216.638 / 216.593

Root diameter (mm)	[df]	205.444	205.190
Generating Profile shift coefficient	[xE.e/i]	0.1428/ 0.1314	0.6733/ 0.6619
Manufactured root diameter with xE (mm)	[df.e/i]	205.183 / 205.045	204.929 / 204.791
Theoretical tip clearance (mm)	[c]	1.500	1.500
Effective tip clearance (mm)	[c.e/i]	1.728 / 1.608	1.728 / 1.608
Active root diameter (mm)	[dNf]	212.124	209.487
(mm)	[dNf.e/i]	212.162 / 212.092	209.532 / 209.449
Root form diameter (mm)	[dFf]	209.933	208.389
(mm)	[dFf.e/i]	209.753 / 209.658	208.158 / 208.037
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.max/min]	1.252 / 1.170	0.747 / 0.645
Addendum (mm)	[ha=mn*(haP**x)]	6.670	9.854
(mm)	[ha.e/i]	6.670 / 6.665	9.854 / 9.849
Dedendum (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	6.513	3.329
(mm)	[hf.e/i]	6.643 / 6.712	3.460 / 3.529
Roll angle at dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	31.769 / 31.763	35.661 / 35.656
Roll angle to dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	31.769 / 31.763	35.661 / 35.656
Roll angle to dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	17.679 / 17.611	21.131 / 21.061
Roll angle at dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	15.209 / 15.105	19.945 / 19.837
Tooth height (mm)	[H]	13.183	13.183
Virtual gear no. of teeth	[zn]	43.229	41.919
Normal tooth thickness at tip cylinder (mm)	[san]	4.725	3.908
(mm)	[san.e/i]	4.630 / 4.573	3.811 / 3.752
Normal spacewidth at root cylinder (mm)	[efn]	4.836	4.119
(mm)	[efn.e/i]	4.883 / 4.909	4.136 / 4.146
Max. sliding velocity at tip (m/s)	[vga]	0.316	0.533
Specific sliding at the tip	[zetaa]	0.336	0.505
Specific sliding at the root	[zetaf]	-1.021	-0.506
Mean specific sliding	[zetam]	0.442	
Sliding factor on tip	[Kga]	0.169	0.285
Sliding factor on root	[Kgf]	-0.285	-0.169
Pitch on reference circle (mm)	[pt]	20.798	
Base pitch (mm)	[pbt]	19.300	
Transverse pitch on contact-path (mm)	[pet]	19.300	
Lead height (mm)	[pz]	1471.861	1427.259
Axial pitch (mm)	[px]	44.602	
Length of path of contact (mm)	[ga, e/i]	24.992 (25.047 / 24.918)	
Length T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	56.204(56.204/ 56.194)	36.186(36.131/ 36.251)
Length T1-B (mm)	[T1B, T2B]	50.512(50.457/ 50.576)	41.878(41.878/ 41.869)
Length T1-C (mm)	[T1C, T2C]	46.906(46.878/ 46.934)	45.485(45.458/ 45.511)
Length T1-D (mm)	[T1D, T2D]	36.904(36.904/ 36.894)	55.486(55.431/ 55.551)
Length T1-E (mm)	[T1E, T2E]	31.212(31.157/ 31.276)	61.178(61.178/ 61.169)
Length T1-T2 (mm)	[T1T2]	92.390 (92.336 / 92.445)	
Diameter of single contact point B (mm)	[d-B]	226.508(215.749/ 215.742)	213.687(225.693/ 225.811)
Diameter of single contact point D (mm)	[d-D]	215.749(226.459/ 226.565)	225.747(213.687/ 213.679)
Addendum contact ratio	[eps]	0.482(0.483/ 0.480)	0.813(0.815/ 0.811)
Minimal length of contact line (mm)	[Lmin]	19.613	
Transverse contact ratio	[eps_a]	1.295	
Transverse contact ratio with allowances	[eps_a.e/m/i]	1.298 / 1.294 / 1.291	
Overlap ratio	[eps_b]	0.404	
Total contact ratio	[eps_g]	1.699	
Total contact ratio with allowances	[eps_g.e/m/i]	1.701 / 1.698 / 1.695	

2. FACTORS OF GENERAL INFLUENCE

	----- GEAR 1 -----	GEAR 2 --
Nominal circum. force at pitch circle (N)	[Ft]	9603.2
Axial force (N)	[Fa]	4478.0
Radial force (N)	[Fr]	3856.6
Normal force (N)	[Fnorm]	11276.0
Tangent.load at p.c.d.per mm (N/mm) (N/mm)	[w]	533.51
Only as information: Forces at operating pitch circle:		
Nominal circumferential force (N)	[Ftw]	9391.9
Axial force (N)	[Faw]	4478.0
Radial force (N)	[Frw]	4346.0
Circumferential speed reference circle (m/s)	[v]	1.83
Circumferential speed operating pitch circle (m/s)	[v(dw)]	1.87
Running-in value (m)	[yp]	0.7
Running-in value (m)	[yf]	0.9
Correction coefficient	[CM]	0.800
Gear body coefficient	[CR]	1.000
Reference profile coefficient	[CBS]	0.975

Material coefficient	[E/Est]	1.000	
Singular tooth stiffness (N/mm/ m)	[c']	13.614	
Meshing stiffness (N/mm/ m)	[cgalf]	16.625	
Meshing stiffness (N/mm/ m)	[cgbet]	14.132	
Reduced mass (kg/mm)	[mRed]	0.08789	
Resonance speed (min-1)	[nE1]	3980	
Resonance ratio (-)	[N]	0.040	
Subcritical range			
Running-in value (m)	[ya]	0.7	
Bearing distance l of pinion shaft (mm)	[l]	36.000	
Distance s of pinion shaft (mm)	[s]	3.600	
Outside diameter of pinion shaft (mm)	[dsh]	18.000	
Load in accordance with Figure 13,			
ISO 6336-1:2006 [-]	4		
0:a), 1:b), 2:c), 3:d), 4:e)			
Coefficient K' according to Figure 13,			
ISO 6336-1:2006 [K']	-1.00		
Without support effect			
Tooth trace deviation (active) (m)	[Fby]	3.70	
from deformation of shaft (m)	[fsh*B1]	7.41	
(fsh (m) =7.41, fHb5 (m) =5.50)			
Tooth without tooth trace modification			
Position of Contact pattern: favorable			
from production tolerances (m)	[fma*B2]	11.31	
Tooth trace deviation, theoretical (m)	[Fbx]	4.35	
Running-in value (m)	[yb]	0.65	
Dynamic factor	[KV]	1.014	
Face load factor - flank	[KHb]	1.032	
- Tooth root	[KFb]	1.022	
- Scuffing	[KBb]	1.032	
Transverse load factor - flank	[KH _a]	1.000	
- Tooth root	[KF _a]	1.000	
- Scuffing	[KB _a]	1.000	
Helical load factor scuffing	[K _{bg}]	1.000	
Number of load cycles (in mio.)	[NL]	95.820	98.814

3. TOOTH ROOT STRENGTH

Calculation of Tooth form coefficients according method: B
(Calculate tooth shape coefficient YF with addendum mod. x)

		----- GEAR 1 -----	GEAR 2 --
Tooth form factor	[YF]	1.36	1.10
Stress correction factor	[YS]	2.07	2.45
Working angle (°)	[alfFen]	21.25	24.02
Bending lever arm (mm)	[hF]	6.60	6.12
Tooth thickness at root (mm)	[sFn]	13.18	13.94
Tooth root radius (mm)	[roF]	2.88	2.33
(hF* =1.100/1.020 sFn* =2.196/2.323 roF* =0.480/0.388 dsFn =207.818/207.315 alfsFn =30.00/30.00)			
Contact ratio factor	[Yeps]	1.000	
Helix angle factor	[Ybet]	0.916	
Deep tooth factor	[YDT]	1.000	
Gear rim factor	[YB]	1.000	1.000
Effective facewidth (mm)	[beff]	18.00	18.00
Nominal stress at tooth root (N/mm)	[sigF0]	229.02	220.14
Tooth root stress (N/mm)	[sigF]	355.96	342.17
Permissible bending stress at root of Test-gear			
Support factor	[YdrelT]	0.998	1.005
Surface factor	[YRrelT]	0.957	0.957
size factor (Tooth root)	[YX]	0.990	0.990
Finite life factor	[YNT]	0.933	0.932
	[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]	0.882	0.887
Alternating bending coefficient	[YM]	1.000	1.000
Stress correction factor	[Yst]		2.00
Yst*sigFlim (N/mm)	[sigFE]	860.00	860.00
Permissible tooth root stress (N/mm)	[sigFP=sigFG/SFmin]	541.72	544.93
Limit strength tooth root (N/mm)	[sigFG]	758.40	762.91
Required safety	[SFmin]	1.40	1.40

Safety for Tooth root stress	[SF=sigFG/sigF]	2.13	2.23
Transmittable power (kW)	[kWRating]	26.70	27.94

4. SAFETY AGAINST PITTING (TOOTH FLANK)

		----- GEAR 1 -----	GEAR 2 --
Zone factor	[ZH]		2.146
Elasticity coefficient (N ^{0.5} /mm)	[ZE]		189.812
Contact ratio factor	[Zeps]		0.922
Helix angle factor	[Zbet]		1.050
Effective facewidth (mm)	[beff]		18.00
Nominal flank pressure (N/mm)	[sigH0]		878.40
Surface pressure at operating pitch circle (N/mm)	[sigHw]		1100.47
Single tooth contact factor	[ZB,ZD]	1.01	1.00
Flank pressure (N/mm)	[sigHB, sigHD]	1114.08	1103.28
Lubrication coefficient at NL	[ZL]	0.997	0.997
Speed coefficient at NL	[ZV]	0.963	0.963
Roughness coefficient at NL	[ZR]	0.985	0.985
Material pairing coefficient at NL	[ZW]	1.000	1.000
Finite life factor	[ZNT]	0.980	0.979
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.926	0.925
Small amount of pitting permissible (0=no, 1=yes)		0	0
Size factor (flank)	[ZX]	1.000	1.000
Permissible surface pressure (N/mm)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1389.48	1388.17
Limit strength pitting (N/mm)	[sigHG]	1389.48	1388.17
Required safety	[SHmin]	1.00	1.00
Safety for surface pressure at operating pitch circle	[SHw]	1.26	1.26
Safety for stress at single tooth contact	[SHBD=sigHG/sigHBD]	1.25	1.26
(Safety regarding nominal torque)	[(SHBD) ²]	1.56	1.58
Transmittable power (kW)	[kWRating]	27.29	27.77

4b. MICROPITTING ACCORDING TO ISO TR 15144-1:2010

Calculation did not run. (Lubricant: Load stage micropitting test is unknown.)

5. STRENGTH AGAINST SCUFFING

Calculation method according to
ISO TR 13989:2000

The calculation of load capacity for scuffing does not cover grease.
The FZG-Test stage for grease.
The calculation can only serve as a rough guide.!

[FZGtestA] is only estimated

Lubrication coefficient (for lubrication type)	[XS]		1.200
Multiple meshing factor	[Xmp]		1.000
Relative structure coefficient (Scuffing)	[XWrelT]		1.000
Thermal contact factor (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780	13.780
Relevant tip relief (m)	[Ca]	2.00	2.00
Optimal tip relief (m)	[Ceff]		48.14
Ca taken as optimal in the calculation (0=no, 1=yes)		0	0
Effective facewidth (mm)	[beff]		18.000
Applicable circumferential force/facewidth (N/mm)	[wBt]		837.370
(Kbg = 1.000, wBt*Kbg =837.370)			
Pressure angle factor (eps1: 0.482, eps2:0.813)	[Xalfbet]		1.028
Flash temperature-criteria			
Lubricant factor	[XL]		0.665
Tooth mass temperature (°C)	[theMi]		77.01
theM = theoil + XS*0.47*Xmp*theflm	[theflm]		12.43
Scuffing temperature (°C)	[theS]		295.55
Coordinate gamma (point of highest temp.)	[Gamma]		0.217
[Gamma.A]=0.198 [Gamma.E]=-0.335			

Highest contact temp. (°C)	[theB]	102.06
Flash factor (°K·N ^{-0.75} ·s ^{-0.5} ·m ^{-0.5} ·mm)	[XM]	50.058
Approach factor	[XJ]	1.000
Load sharing factor	[XGam]	1.000
Dynamic viscosity (mPa·s)	[etaM]	39.98 (70.0 °C)
Coefficient of friction	[mym]	0.058
Required safety	[SBmin]	2.000
Safety factor for scuffing (flash-temp)	[SB]	7.036
Integral temperature-criteria		
Lubricant factor	[XL]	0.800
Tooth mass temperature (°C)	[theM-C]	77.85
theM-C = theoil + XS*0.70*theflaint	[theflaint]	9.34
Integral scuffing temperature (°C)	[theSint]	305.43
Flash factor (°K·N ^{-0.75} ·s ^{-0.5} ·m ^{-0.5} ·mm)	[XM]	50.058
Running-in factor (well run in)	[XE]	1.000
Contact ratio factor	[Xeps]	0.297
Dynamic viscosity (mPa·s)	[etaOil]	39.98 (70.0 °C)
Averaged coefficient of friction	[mym]	0.048
Geometry factor	[XBE]	0.255
Meshing factor	[XQ]	1.000
Tip relief factor	[XCa]	1.087
Integral tooth flank temperature (°C)	[theint]	91.86
Required safety	[SSmin]	1.800
Safety factor for scuffing (intg.-temp.)	[SSint]	3.325
Safety referring to transferred torque	[SSL]	10.770

6. MEASUREMENTS FOR TOOTH THICKNESS

		----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 --
Tooth thickness deviation		DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25
Tooth thickness allowance (normal section) (mm)	[As.e/i]	-0.095 /	-0.145 -0.095 / -0.145
Number of teeth spanned	[k]	6.000	6.000
Base tangent length (no backlash) (mm)	[Wk]	101.764	103.830
Actual base tangent length ('span') (mm)	[Wk.e/i]	101.675 / 101.628	103.741 / 103.694
Diameter of contact point (mm)	[dMWk.m]	223.167	218.421
> Base tangent length Gear 1 is not measurable (Gear to thin)			
> Base tangent length Gear 2 is not measurable (Gear to thin)			
Theoretical diameter of ball/pin (mm)	[DM]	10.337	11.230
Eff. Diameter of ball/pin (mm)	[DMeff]	10.500	12.000
Theor. dim. centre to ball (mm)	[MrK]	117.618	119.342
Actual dimension centre to ball (mm)	[MrK.e/i]	117.505 / 117.445	119.245 / 119.193
Diameter of contact point (mm)	[dMMr.m]	220.486	221.179
Diametral measurement over two balls without clearance (mm)			
	[MdK]	234.981	238.685
Actual dimension over balls (mm)	[MdK.e/i]	234.755 / 234.636	238.489 / 238.386
Diametral measurement over rolls without clearance (mm)			
	[MdR]	235.235	238.685
Actual dimension over rolls (mm)	[MdR.e/i]	235.009 / 234.890	238.489 / 238.386
Chordal tooth thickness (no backlash) (mm)	['sn]	10.141	12.456
Actual chordal tooth thickness (mm)	['sn.e/i]	10.046 / 9.996	12.361 / 12.311
Reference chordal height from da.m (mm)	[ha]	6.765	10.002
Tooth thickness (Arc) (mm)	[sn]	10.144	12.461
(mm)	[sn.e/i]	10.049 / 9.999	12.366 / 12.316
Backlash free center distance (mm)	[aControl.e/i]	219.768	/219.645
Backlash free center distance, allowances (mm)	[jta]	-0.232 / -0.355	
dNf.i with aControl (mm)	[dNf0.i]	211.631	208.907
Reserve (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	0.939	0.374
Centre distance allowances (mm)	[Aa.e/i]	0.023 / -0.023	
Circumferential backlash from Aa (mm)	[jtw.Aa.e/i]	0.021 / -0.021	
Radial clearance (mm)	[jrw]	0.378 / 0.209	
Circumferential backlash (transverse section) (mm)			
	[jtw]	0.348 / 0.193	
Torsional angle for fixedgear 1 (°)		0.1843 / 0.1021	
Normal backlash (mm)	[jnw]	0.297 / 0.164	

7. GEAR ACCURACY

----- GEAR 1 ----- GEAR 2 --

According to ISO 1328:1995

Accuracy grade	[Q-ISO1328]	6	6	
Single pitch deviation (m)	[fptT]	10.00	10.00	
Base circle pitch deviation (m)	[fpbT]	9.30	9.30	
Sector pitch deviation over k/8 pitches (m)	[Fpk/8T]	18.00	18.00	
Profile deviation (m)	[ffaT]	12.00	12.00	
Profile slope deviation (m)	[fHaT]	9.50	9.50	
Total profile deviation (m)	[FaT]	15.00	15.00	
Helix form deviation (m)	[ffbT]	8.00	8.00	
Helix slope deviation (m)	[fHbT]	8.00	8.00	
Total helix deviation (m)	[FbT]	11.00	11.00	
Total cumulative pitch deviation (m)	[FpT]	36.00	36.00	
Runout (m)	[FrT]	29.00	29.00	
Single flank composite, total (m)	[FisT]	57.00	57.00	
Single flank composite, tooth-to-tooth (m)	[fisT]	21.00	21.00	21.00
Radial composite, total (m)	[FidT]	51.00	51.00	
Radial composite, tooth-to-tooth (m)	[fidT]	22.00	22.00	

Axis alignment tolerances (recommendation acc. ISO TR 10064:1992, Quality

6)

Maximum value for deviation error of axis (m) [fSigbet]	11.00 (Fb=11.00)	
Maximum value for inclination error of axes (m) [fSigdel]	22.00	

8. ADDITIONAL DATA

Torsional stiffness (MNm/rad)	[cr]	3.1	2.9
Mean coeff. of friction (acc. Niemann)	[mum]	0.049	
Wear sliding coef. by Niemann	[zetw]	0.573	
Power loss from gear load (kW)	[PVZ]	0.108	
(Meshing efficiency (%))	[etaz]	99.384	
Weight - calculated with da (kg)	[Mass]	5.948	5.935
Total weight (kg)	[Mass]	11.883	
Moment of inertia (System referenced to wheel 1): calculation without consideration of the exact tooth shape			
single gears ((da+df)/2...di) (kg*m)	[TraeghMom]	0.03151	0.03137
System ((da+df)/2...di) (kg*m)	[TraeghMom]	0.06487	

9. DETERMINATION OF TOOTHFORM

Data for the tooth form calculation :
Data not available.

REMARKS:

- Specifications with [e/i] imply: Maximum [e] and Minimal value [i] with consideration of all tolerances
- Specifications with [m] imply: Mean value within tolerance
- For the backlash tolerance, the center distance tolerances and the tooth thickness deviation are taken into account. Shown is the maximal and the minimal backlash corresponding the largest resp. the smallest allowances
- The calculation is done for the Operating pitch circle..
- Calculation of Zbet according Corrigendum 1 ISO 6336-2:2008 with $Z_{bet} = 1/(\cos(\beta))^0.5$
- Details of calculation method:
 - cg according to method B
 - KV according to method B
 - KHb, KFb according method C
 - fma following equation (64), fsh following (57/58), Fbx following (52/53/57)
 - KHa, KFa according to method B

End of Report

lines: 488

PŘÍLOHA č. 4

Výpočet ozubeného kola 7 (KISSsoft)

----- KISSsoft Release 03/2014 E -----
 KISSsoft academic license for Uni Pilsen
 ----- File -----
 Name : soukoli_45B
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 11:47:14

Important hint: At least one warning has occurred during the calculation:

1-> Notice to gear 1:
 NOT POSSIBLE TO MEASURE BASE TANGENT LENGTH!
 The width of the gear is too small, hence the tooth thickness too big,
 so that the required length for the measurement exceed the face width.

2-> Notice concerning gear 1:
 Dimension over balls is not measurable (facewidth is too small)!

3-> Notice to gear 2:
 NOT POSSIBLE TO MEASURE BASE TANGENT LENGTH!
 The width of the gear is too small, hence the tooth thickness too big,
 so that the required length for the measurement exceed the face width.

CALCULATION OF A HELICAL GEAR PAIR

Drawing or article number:

Gear 1: 0.000.0
 Gear 2: 0.000.0

Calculation method ISO 6336:2006 Method B

		----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 --
Power (kW)	[P]	16.891	
Speed (1/min)	[n]	159.7	164.7
Torque (Nm)	[T]	1010.0	979.4
Application factor	[KA]	1.50	
Required service life	[H]	10000.00	
Gear driving (+) / driven (-)		-	+

1. TOOTH GEOMETRY AND MATERIAL

(geometry calculation according to
 DIN 3960:1987)

		----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 --
Center distance (mm)	[a]	213.000	
Centre distance tolerance	ISO 286:2010 Measure js7		
Normal module (mm)	[mn]	6.0000	
Pressure angle at normal section (°)	[alfn]	20.0000	
Helix angle at reference circle (°)	[beta]	25.0000	
Number of teeth	[z]	33	32
Facewidth (mm)	[b]	18.00	18.00
Hand of gear			right
left			
Accuracy grade	[Q-ISO 1328:1995]	6	6
Inner diameter (mm)	[di]	0.00	0.00
Inner diameter of gear rim (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material

Gear 1: 15 CrNi 6, Case-carburized steel, case-hardened
 ISO 6336-5 Figure 9/10 (MQ), core strength >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28
 Gear 2: 15 CrNi 6, Case-carburized steel, case-hardened
 ISO 6336-5 Figure 9/10 (MQ), core strength >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28

		----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 --
		HRC 60	HRC 60
Surface hardness			
Material quality according to ISO 6336:2006 Normal (Life factors ZNT and YNT >=0.85)			
Fatigue strength. tooth root stress (N/mm)	[sigFlim]	430.00	430.00
Fatigue strength for Hertzian pressure (N/mm)	[sigHlim]	1500.00	1500.00
Tensile strength (N/mm)	[Rm]	1000.00	1000.00
Yield point (N/mm)	[Rp]	685.00	685.00
Young's modulus (N/mm)	[E]	206000	206000
Poisson's ratio	[ny]	0.300	0.300
Mean roughness, Ra, tooth flank (m)	[RAH]	0.60	0.60
Mean roughness height, Rz, flank (m)	[RZH]	4.80	4.80
Mean roughness height, Rz, root (m)	[RZF]	20.00	20.00

Gear reference profile 1 :

Reference profile 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profil A

Dedendum coefficient	[hfP*]	1.250
Root radius factor	[rhofP*]	0.380
Addendum coefficient	[haP*]	1.000
Tip radius factor	[rhoaP*]	0.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000
Protuberance angle	[alfprP]	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000
Ramp angle	[alfKP]	0.000

not topping

Gear reference profile 2 :

Reference profile 1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profil A

Dedendum coefficient	[hfP*]	1.250
Root radius factor	[rhofP*]	0.380
Addendum coefficient	[haP*]	1.000
Tip radius factor	[rhoaP*]	0.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000
Protuberance angle	[alfprP]	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000
Ramp angle	[alfKP]	0.000

not topping

Summary of reference profile gears:

Dedendum reference profile	[hfP*]	1.250	1.250
Tooth root radius Reference profile	[rofP*]	0.380	0.380
Addendum Reference profile	[haP*]	1.000	1.000
Protuberance height factor	[hprP*]	0.000	0.000
Protuberance angle (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Tip form height coefficient	[hFaP*]	0.000	0.000
Ramp angle (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Type of profile modification:

none (only running-in)

Tip relief (m)	[Ca]	2.0	2.0
-----------------	------	-----	-----

Lubrication type

Grease lubrication

Type of grease

Grease: Klübersynth UH1 14-1600

Lubricant base

Synthetic oil based on Polyalphaolefin

Kinem. viscosity base oil at 40 °C (mm /s)

[nu40] 160.00

Kinem. viscosity base oil at 100 °C (mm /s)

[nu100] 21.00

FZG-Test A/8.3/90 step

[FZGtestA] 12

Specific density at 15 °C (kg/dm)

[roOil] 0.850

Grease temperature (°C)

[TS] 70.000

----- GEAR 1 ----- GEAR 2 --

Overall transmission ratio	[itot]	-1.031	
Gear ratio	[u]	1.031	
Transverse module (mm)	[mt]	6.620	
Pressure angle at pitch circle (°)	[alft]	21.880	
Working transverse pressure angle (°)	[alfwt]	20.386	
	[alfwt.e/i]	20.402 / 20.369	
Working pressure angle at normal section (°)	[alfwn]	18.644	
Helix angle at operating pitch circle (°)	[betaw]	24.779	
Base helix angle (°)	[betab]	23.399	
Reference centre distance (mm)	[ad]	215.159	
Sum of profile shift coefficients	[Summexi]	-0.3482	
Profile shift coefficient	[x]	0.1518	-0.5000
Tooth thickness (Arc) (module) (module)	[sn*]	1.6813	1.2068
Tip alteration (mm)	[k*mn]	-0.069	-0.069
Reference diameter (mm)	[d]	218.469	211.849
Base diameter (mm)	[db]	202.731	196.588
Tip diameter (mm)	[da]	232.152	217.711
(mm)	[da.e/i]	232.152 / 232.142	217.711 / 217.701
Tip diameter allowances (mm)	[Ada.e/i]	0.000 / -0.010	0.000 / -0.010
Tip form diameter (mm)	[dFa]	232.152	217.711
(mm)	[dFa.e/i]	232.152 / 232.142	217.711 / 217.701
Active tip diameter (mm)	[dNa]	232.152	217.711
Active tip diameter (mm)	[dNa.e/i]	232.152 / 232.142	217.711 / 217.701
Operating pitch diameter (mm)	[dw]	216.277	209.723
(mm)	[dw.e/i]	216.300 / 216.254	209.746 / 209.700

Root diameter (mm)	[df]	205.290	190.849
Generating Profile shift coefficient	[xE.e/i]	0.1300/ 0.1186	-0.5218/ -0.5332
Manufactured root diameter with xE (mm)	[df.e/i]	205.029 / 204.892	190.588 / 190.450
Theoretical tip clearance (mm)	[c]	1.500	1.500
Effective tip clearance (mm)	[c.e/i]	1.727 / 1.607	1.727 / 1.607
Active root diameter (mm)	[dNf]	210.019	199.728
(mm)	[dNf.e/i]	210.059 / 209.984	199.755 / 199.705
Root form diameter (mm)	[dFf]	209.827	198.963
(mm)	[dFf.e/i]	209.647 / 209.554	198.856 / 198.801
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.max/min]	0.253 / 0.169	0.477 / 0.424
Addendum (mm)	[ha=mn*(haP**x)]	6.842	2.931
(mm)	[ha.e/i]	6.842 / 6.837	2.931 / 2.926
Dedendum (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	6.589	10.500
(mm)	[hf.e/i]	6.720 / 6.789	10.631 / 10.699
Roll angle at dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	31.968 / 31.962	27.264 / 27.258
Roll angle to dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	31.968 / 31.962	27.264 / 27.258
Roll angle to dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	15.544 / 15.463	10.326 / 10.243
Roll angle at dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	15.093 / 14.989	8.729 / 8.621
Tooth height (mm)	[H]	13.431	13.431
Virtual gear no. of teeth	[zn]	43.229	41.919
Normal tooth thickness at tip cylinder (mm)	[san]	4.501	5.049
(mm)	[san.e/i]	4.406 / 4.349	4.956 / 4.901
Normal spacewidth at root cylinder (mm)	[efn]	4.864	0.000
(mm)	[efn.e/i]	4.912 / 4.938	0.000 / 0.000
Max. sliding velocity at tip (m/s)	[vga]	0.642	0.348
Specific sliding at the tip	[zetaa]	0.678	0.431
Specific sliding at the root	[zetaf]	-0.759	-2.109
Mean specific sliding	[zetam]	0.592	
Sliding factor on tip	[Kga]	0.355	0.192
Sliding factor on root	[Kgf]	-0.192	-0.355
Pitch on reference circle (mm)	[pt]	20.798	
Base pitch (mm)	[pbt]	19.300	
Transverse pitch on contact-path (mm)	[pet]	19.300	
Lead height (mm)	[pz]	1471.861	1427.259
Axial pitch (mm)	[px]	44.602	
Length of path of contact (mm)	[ga, e/i]	29.134 (29.200 / 29.046)	
Length T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	56.557(56.557/ 56.546)	17.639(17.573/ 17.715)
Length T1-B (mm)	[T1B, T2B]	46.722(46.656/ 46.800)	27.474(27.474/ 27.462)
Length T1-C (mm)	[T1C, T2C]	37.669(37.635/ 37.702)	36.527(36.495/ 36.560)
Length T1-D (mm)	[T1D, T2D]	37.257(37.257/ 37.246)	36.939(36.873/ 37.015)
Length T1-E (mm)	[T1E, T2E]	27.422(27.356/ 27.500)	46.773(46.773/ 46.762)
Length T1-T2 (mm)	[T1T2]	74.196 (74.130 / 74.262)	
Diameter of single contact point B (mm)	[d-B]	223.231(215.991/ 215.984)	204.123(209.965/ 210.065)
Diameter of single contact point D (mm)	[d-D]	215.991(223.175/ 223.296)	210.012(204.123/ 204.116)
Addendum contact ratio	[eps]	0.979(0.980/ 0.976)	0.531(0.533/ 0.529)
Minimal length of contact line (mm)	[Lmin]	19.613	
Transverse contact ratio	[eps_a]	1.510	
Transverse contact ratio with allowances	[eps_a.e/m/i]	1.513 / 1.509 / 1.505	
Overlap ratio	[eps_b]	0.404	
Total contact ratio	[eps_g]	1.913	
Total contact ratio with allowances	[eps_g.e/m/i]	1.917 / 1.913 / 1.909	

2. FACTORS OF GENERAL INFLUENCE

	----- GEAR 1 -----	GEAR 2 --
Nominal circum. force at pitch circle (N)	[Ft]	9246.2
Axial force (N)	[Fa]	4311.6
Radial force (N)	[Fr]	3713.2
Normal force (N)	[Fnorm]	10856.8
Tangent.load at p.c.d.per mm (N/mm) (N/mm)	[w]	513.68
Only as information: Forces at operating pitch circle:		
Nominal circumferential force (N)	[Ftw]	9339.9
Axial force (N)	[Faw]	4311.6
Radial force (N)	[Frw]	3470.8
Circumferential speed reference circle (m/s)	[v]	1.83
Circumferential speed operating pitch circle (m/s)	[v(dw)]	1.81
Running-in value (m)	[yp]	0.7
Running-in value (m)	[yf]	0.9
Correction coefficient	[CM]	0.800
Gear body coefficient	[CR]	1.000
Reference profile coefficient	[CBS]	0.975

Material coefficient	[E/Est]	1.000	
Singular tooth stiffness (N/mm/ m)	[c']	11.459	
Meshing stiffness (N/mm/ m)	[cgalf]	15.838	
Meshing stiffness (N/mm/ m)	[cgbet]	13.462	
Reduced mass (kg/mm)	[mRed]	0.07658	
Resonance speed (min-1)	[nE1]	4161	
Resonance ratio (-)	[N]	0.038	
Subcritical range			
Running-in value (m)	[ya]	0.7	
Bearing distance l of pinion shaft (mm)	[l]	36.000	
Distance s of pinion shaft (mm)	[s]	3.600	
Outside diameter of pinion shaft (mm)	[dsh]	18.000	
Load in accordance with Figure 13,			
ISO 6336-1:2006 [-]	4		
0:a), 1:b), 2:c), 3:d), 4:e)			
Coefficient K' according to Figure 13,			
ISO 6336-1:2006 [K']	-1.00		
Without support effect			
Tooth trace deviation (active) (m)	[Fby]	3.40	
from deformation of shaft (m)	[fsh*B1]	7.13	
(fsh (m) =7.13, fHb5 (m) =5.50)			
Tooth without tooth trace modification			
Position of Contact pattern: favorable			
from production tolerances (m)	[fma*B2]	11.31	
Tooth trace deviation, theoretical (m)	[Fbx]	4.00	
Running-in value (m)	[yb]	0.60	
Dynamic factor	[KV]	1.013	
Face load factor - flank	[KHb]	1.029	
- Tooth root	[KFb]	1.020	
- Scuffing	[KBb]	1.029	
Transverse load factor - flank	[KH _a]	1.000	
- Tooth root	[KF _a]	1.000	
- Scuffing	[KB _a]	1.000	
Helical load factor scuffing	[K _{bg}]	1.000	
Number of load cycles (in mio.)	[NL]	95.820	98.814

3. TOOTH ROOT STRENGTH

Calculation of Tooth form coefficients according method: B
(Calculate tooth shape coefficient YF with addendum mod. x)

		----- GEAR 1 -----	GEAR 2 --
Tooth form factor	[YF]	1.06	1.62
Stress correction factor	[YS]	2.27	1.68
Working angle (°)	[alfFen]	19.32	15.44
Bending lever arm (mm)	[hF]	5.05	6.01
Tooth thickness at root (mm)	[sFn]	13.15	11.71
Tooth root radius (mm)	[roF]	2.90	4.15
(hF* =0.842/1.002 sFn* =2.192/1.951 roF* =0.483/0.692 dsFn =207.673/193.851 alfsFn =30.00/30.00)			
Contact ratio factor	[Yeps]	1.000	
Helix angle factor	[Ybet]	0.916	
Deep tooth factor	[YDT]	1.000	
Gear rim factor	[YB]	1.000	1.000
Effective facewidth (mm)	[beff]	18.00	18.00
Nominal stress at tooth root (N/mm)	[sigF0]	188.36	213.07
Tooth root stress (N/mm)	[sigF]	291.87	330.16
Permissible bending stress at root of Test-gear			
Support factor	[YdrelT]	0.998	0.989
Surface factor	[YRrelT]	0.957	0.957
size factor (Tooth root)	[YX]	0.990	0.990
Finite life factor	[YNT]	0.933	0.932
	[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]	0.882	0.873
Alternating bending coefficient	[YM]	1.000	1.000
Stress correction factor	[Yst]		2.00
Yst*sigFlim (N/mm)	[sigFE]	860.00	860.00
Permissible tooth root stress (N/mm)	[sigFP=sigFG/SFmin]	541.61	536.28
Limit strength tooth root (N/mm)	[sigFG]	758.26	750.79
Required safety	[SFmin]	1.40	1.40

Safety for Tooth root stress	[SF=sigFG/sigF]	2.60	2.27
Transmittable power (kW)	[kWRating]	31.34	27.44

4. SAFETY AGAINST PITTING (TOOTH FLANK)

		----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 -----
Zone factor	[ZH]		2.395
Elasticity coefficient (N ^{0.5} /mm)	[ZE]		189.812
Contact ratio factor	[Zeps]		0.873
Helix angle factor	[Zbet]		1.050
Effective facewidth (mm)	[beff]		18.00
Nominal flank pressure (N/mm)	[sigH0]		911.24
Surface pressure at operating pitch circle (N/mm)	[sigHw]		1139.37
Single tooth contact factor	[ZB,ZD]	1.00	1.02
Flank pressure (N/mm)	[sigHB, sigHD]	1139.37	1163.38
Lubrication coefficient at NL	[ZL]	0.997	0.997
Speed coefficient at NL	[ZV]	0.963	0.963
Roughness coefficient at NL	[ZR]	0.979	0.979
Material pairing coefficient at NL	[ZW]	1.000	1.000
Finite life factor	[ZNT]	0.980	0.979
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.921	0.920
Small amount of pitting permissible (0=no, 1=yes)		0	0
Size factor (flank)	[ZX]	1.000	1.000
Permissible surface pressure (N/mm)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1381.38	1380.08
Limit strength pitting (N/mm)	[sigHG]	1381.38	1380.08
Required safety	[SHmin]	1.00	1.00
Safety for surface pressure at operating pitch circle	[SHw]	1.21	1.21
Safety for stress at single tooth contact	[SHBD=sigHG/sigHBD]	1.21	1.19
(Safety regarding nominal torque)	[(SHBD) ²]	1.47	1.41
Transmittable power (kW)	[kWRating]	24.83	23.77

4b. MICROPITTING ACCORDING TO ISO TR 15144-1:2010

Calculation did not run. (Lubricant: Load stage micropitting test is unknown.)

5. STRENGTH AGAINST SCUFFING

Calculation method according to
ISO TR 13989:2000

The calculation of load capacity for scuffing does not cover grease.
The FZG-Test stage for grease.
The calculation can only serve as a rough guide.!

[FZGtestA] is only estimated

Lubrication coefficient (for lubrication type)	[XS]		1.200
Multiple meshing factor	[Xmp]		1.000
Relative structure coefficient (Scuffing)	[XWrelT]		1.000
Thermal contact factor (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780	13.780
Relevant tip relief (m)	[Ca]	2.00	2.00
Optimal tip relief (m)	[Ceff]		48.65
Ca taken as optimal in the calculation (0=no, 1=yes)		0	0
Effective facewidth (mm)	[beff]		18.000
Applicable circumferential force/facewidth (N/mm)	[wBt]		803.071
(Kbg = 1.000, wBt*Kbg =803.071)			
Pressure angle factor (eps1: 0.979, eps2:0.531)	[Xalfbet]		0.965
Flash temperature-criteria			
Lubricant factor	[XL]		0.665
Tooth mass temperature (°C)	[theMi]		79.83
theM = theoil + XS*0.47*Xmp*theflm	[theflm]		17.42
Scuffing temperature (°C)	[theS]		295.55
Coordinate gamma (point of highest temp.)	[Gamma]		-0.517
[Gamma.A]=0.501 [Gamma.E]=-0.272			

Highest contact temp. (°C)	[theB]	116.38
Flash factor (°K*N ^{-0.75} *s ^{-0.5} *m ^{-0.5} mm)	[XM]	50.058
Approach factor	[XJ]	1.254
Load sharing factor	[XGam]	0.374
Dynamic viscosity (mPa*s)	[etaM]	39.98 (70.0 °C)
Coefficient of friction	[mym]	0.063
Required safety	[SBmin]	2.000
Safety factor for scuffing (flash-temp)	[SB]	4.863
Integral temperature-criteria		
Lubricant factor	[XL]	0.800
Tooth mass temperature (°C)	[theM-C]	77.19
theM-C = theoil + XS*0.70*theflaint	[theflaint]	8.56
Integral scuffing temperature (°C)	[theSint]	305.43
Flash factor (°K*N ^{-0.75} *s ^{-0.5} *m ^{-0.5} mm)	[XM]	50.058
Running-in factor (well run in)	[XE]	1.000
Contact ratio factor	[Xeps]	0.464
Dynamic viscosity (mPa*s)	[etaOil]	39.98 (70.0 °C)
Averaged coefficient of friction	[mym]	0.055
Geometry factor	[XBE]	0.204
Meshing factor	[XQ]	1.400
Tip relief factor	[XCa]	1.112
Integral tooth flank temperature (°C)	[theint]	90.04
Required safety	[SSmin]	1.800
Safety factor for scuffing (intg.-temp.)	[SSint]	3.392
Safety referring to transferred torque	[SSL]	11.747

6. MEASUREMENTS FOR TOOTH THICKNESS

		----- GEAR 1 -----	----- GEAR 2 --
Tooth thickness deviation	DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25	
Tooth thickness allowance (normal section) (mm)	[As.e/i]	-0.095 / -0.145	-0.095 / -0.145
Number of teeth spanned	[k]	6.000	4.000
Base tangent length (no backlash) (mm)	[Wk]	101.711	63.500
Actual base tangent length ('span') (mm)	[Wk.e/i]	101.622 / 101.575	63.410 / 63.363
Diameter of contact point (mm)	[dMWk.m]	223.146	205.015
> Base tangent length Gear 1 is not measurable (Gear to thin)			
> Base tangent length Gear 2 is not measurable (Gear to thin)			
Theoretical diameter of ball/pin (mm)	[DM]	10.322	9.895
Eff. Diameter of ball/pin (mm)	[DMeff]	10.500	10.000
Theor. dim. centre to ball (mm)	[MrK]	117.551	109.537
Actual dimension centre to ball (mm)	[MrK.e/i]	117.438 / 117.378	109.394 / 109.318
Diameter of contact point (mm)	[dMMr.m]	220.364	205.811
Diametral measurement over two balls without clearance (mm)	[MdK]	234.848	219.075
Actual dimension over balls (mm)	[MdK.e/i]	234.622 / 234.502	218.788 / 218.635
Diametral measurement over rolls without clearance (mm)	[MdR]	235.102	219.075
Actual dimension over rolls (mm)	[MdR.e/i]	234.876 / 234.756	218.788 / 218.635
Chordal tooth thickness (no backlash) (mm)	['sn]	10.085	7.240
Actual chordal tooth thickness (mm)	['sn.e/i]	9.990 / 9.940	7.145 / 7.095
Reference chordal height from da.m (mm)	[ha]	6.935	2.979
Tooth thickness (Arc) (mm)	[sn]	10.088	7.241
(mm)	[sn.e/i]	9.993 / 9.943	7.146 / 7.096
Backlash free center distance (mm)	[aControl.e/i]	212.719	/212.571
Backlash free center distance, allowances (mm)	[jta]	-0.281 / -0.429	
dNf.i with aControl (mm)	[dNfO.i]	209.384	199.305
Reserve (dNfO.i-dFf.e)/2 (mm)	[cFO.i]	-0.132	0.224
Centre distance allowances (mm)	[Aa.e/i]	0.023 / -0.023	
Circumferential backlash from Aa (mm)	[jtw.Aa.e/i]	0.017 / -0.017	
Radial clearance (mm)	[jrw]	0.452 / 0.258	
Circumferential backlash (transverse section) (mm)	[jtw]	0.334 / 0.190	
Torsional angle for fixedgear 1 (°)		0.1824 / 0.1041	
Normal backlash (mm)	[jnw]	0.284 / 0.162	

7. GEAR ACCURACY

----- GEAR 1 ----- GEAR 2 --

According to ISO 1328:1995

Accuracy grade	[Q-ISO1328]	6	6	
Single pitch deviation (m)	[fptT]	10.00	10.00	
Base circle pitch deviation (m)	[fpbT]	9.30	9.30	
Sector pitch deviation over k/8 pitches (m)	[Fpk/8T]	18.00	18.00	
Profile deviation (m)	[ffaT]	12.00	12.00	
Profile slope deviation (m)	[fHaT]	9.50	9.50	
Total profile deviation (m)	[FaT]	15.00	15.00	
Helix form deviation (m)	[ffbT]	8.00	8.00	
Helix slope deviation (m)	[fHbT]	8.00	8.00	
Total helix deviation (m)	[FbT]	11.00	11.00	
Total cumulative pitch deviation (m)	[FpT]	36.00	36.00	
Runout (m)	[FrT]	29.00	29.00	
Single flank composite, total (m)	[FisT]	55.00	55.00	
Single flank composite, tooth-to-tooth (m)	[fisT]	19.00	19.00	19.00
Radial composite, total (m)	[FidT]	51.00	51.00	
Radial composite, tooth-to-tooth (m)	[fidT]	22.00	22.00	

Axis alignment tolerances (recommendation acc. ISO TR 10064:1992, Quality

6)

Maximum value for deviation error of axis (m) [fSigbet]	11.00 (Fb=11.00)
Maximum value for inclination error of axes (m) [fSigdel]	22.00

8. ADDITIONAL DATA

Torsional stiffness (MNm/rad)	[cr]	2.9	2.8
Mean coeff. of friction (acc. Niemann)	[mum]	0.053	
Wear sliding coef. by Niemann	[zetw]	0.893	
Power loss from gear load (kW)	[PVZ]	0.137	
(Meshing efficiency (%))	[etaz]	99.191	
Weight - calculated with da (kg)	[Mass]	5.966	5.247
Total weight (kg)	[Mass]	11.212	
Moment of inertia (System referenced to wheel 1): calculation without consideration of the exact tooth shape			
single gears ((da+df)/2...di) (kg*m)	[TraeghMom]	0.03157	0.02402
System ((da+df)/2...di) (kg*m)	[TraeghMom]	0.05711	

9. DETERMINATION OF TOOTHFORM

Data for the tooth form calculation :
Data not available.

REMARKS:

- Specifications with [e/i] imply: Maximum [e] and Minimal value [i] with consideration of all tolerances
- Specifications with [m] imply: Mean value within tolerance
- For the backlash tolerance, the center distance tolerances and the tooth thickness deviation are taken into account. Shown is the maximal and the minimal backlash corresponding the largest resp. the smallest allowances
- The calculation is done for the Operating pitch circle..
- Calculation of Zbet according Corrigendum 1 ISO 6336-2:2008 with $Z_{bet} = 1/(\cos(\beta))^0.5$
- Details of calculation method:
 - cg according to method B
 - KV according to method B
 - KHb, KFb according method C
 - fma following equation (64), fsh following (57/58), Fbx following (52/53/57)
 - KHa, KFa according to method B

End of Report

lines: 488

PŘÍLOHA č. 5

Výpočet hřídele 1 a jeho uložení (KISSsoft)

KISSsoft Release 03/2014 E

KISSsoft academic license for Uni Pilsen

Name : hridel_1
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 11:48:47

Analysis of shafts, axle and beams

Input data

Coordinate system shaft: see picture W-002

Label	Shaft 1		
Drawing			
Initial position (mm)	0.000		
Length (mm)	275.000		
Speed (1/min)	247.10		
Sense of rotation: clockwise			
Material	E360 (St70.2)		
Young's modulus (N/mm)	206000.000		
Poisson's ratio nu	0.300		
Specific weight (kg/m)	7830.000		
Coefficient of thermal expansion	(10 ⁻⁶ /K)	11.500	
Temperature (°C)	20.000		
Weight of shaft (kg)	15.749		
Mass moment of inertia (kg*m)	0.019		
Momentum of mass GD2 (Nm)	0.748		
Position in space (°)	0.000		
Consider deformations due to shearing			
Shear correction coefficient	1.100		
Contact angle of rolling bearings is considered			

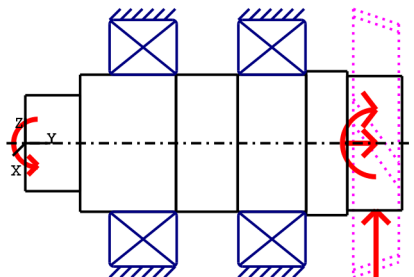
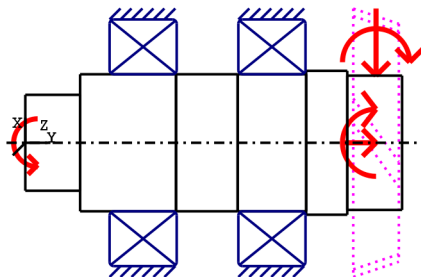


Figure: Load applications

SHAFT DEFINITION (

Length of load application (mm)	0.0000
Power (kW)	77.4735 driven (Input)
Torque (Nm)	2994.0000
Axial force (N)	0.0000
Shearing force C (N)	0.0000
Shearing force H (N)	0.0000
Bending moment C (Nm)	0.0000
Bending moment H (Nm)	0.0000
Mass (kg)	0.0000

Bearing

Taper roller bearing (single row) SKF 32220 J2 (L) 86.000mm

Set fixed bearing right
d =100.000 (mm), D =180.000 (mm), b =49.000 (mm), r =3.000 (mm)
C =319.000 (kN), CO =440.000 (kN), Cu =48.000 (kN)

Taper roller bearing (single row) SKF 32220 J2 (P) 180.000mm

Set fixed bearing left
d =100.000 (mm), D =180.000 (mm), b =49.000 (mm), r =3.000 (mm)
C =319.000 (kN), CO =440.000 (kN), Cu =48.000 (kN)

Maximum deflection 0.023 (Shaft 1 pos= 275.000)

Mass center of gravity

Shaft 1 (mm) 147.124

Total axial load

Shaft 1 (N) 8.014

Torsion under torque

Shaft 1 (°) -0.075

Probability of failure	[n]	10.00	%
Axial clearance	[uA]	10.00	m

Rolling bearings, classical calculation (contact angle considered)

Shaft 'Shaft 1' Rolling bearing 'L'

Position (Y-coordinate)	[y]	86.00	mm
Equivalent load	[P]	50.39	kN
Equivalent load	[PO]	34.79	kN
Service life	[Lnh]	31663.67	h
static safety factor	[SO]	12.65	
Bearing reaction force	[Fx]	-16.002	kN
Bearing reaction force	[Fy]	-29.676	kN
Bearing reaction force	[Fz]	15.245	kN
Bearing reaction force	[Fr]	22.101	kN (136.39°)
Bearing reaction moment	[Mx]	-251.54	Nm
Bearing reaction moment	[My]	0.00	Nm
Bearing reaction moment	[Mz]	-264.03	Nm
Bearing reaction moment	[Mr]	364.67	Nm (-133.61°)
Oil level	[H]	0.000	mm
Torque of friction	[Mloss]	4.736	Nm
Power loss	[Ploss]	122.541	W

Shaft 'Shaft 1' Rolling bearing 'P'

Position (Y-coordinate)	[y]	180.00	mm
Equivalent load	[P]	60.65	kN
Equivalent load	[PO]	60.65	kN
Service life	[Lnh]	17064.49	h
static safety factor	[SO]	7.25	
Bearing reaction force	[Fx]	37.716	kN
Bearing reaction force	[Fy]	21.662	kN
Bearing reaction force	[Fz]	-47.501	kN
Bearing reaction force	[Fr]	60.653	kN (-51.55°)
Bearing reaction moment	[Mx]	-783.77	Nm
Bearing reaction moment	[My]	0.00	Nm
Bearing reaction moment	[Mz]	-622.31	Nm
Bearing reaction moment	[Mr]	1000.78	Nm (-141.55°)
Oil level	[H]	0.000	mm
Torque of friction	[Mloss]	4.498	Nm

Power loss [Ploss] 116.402 W

Displacement [mm]

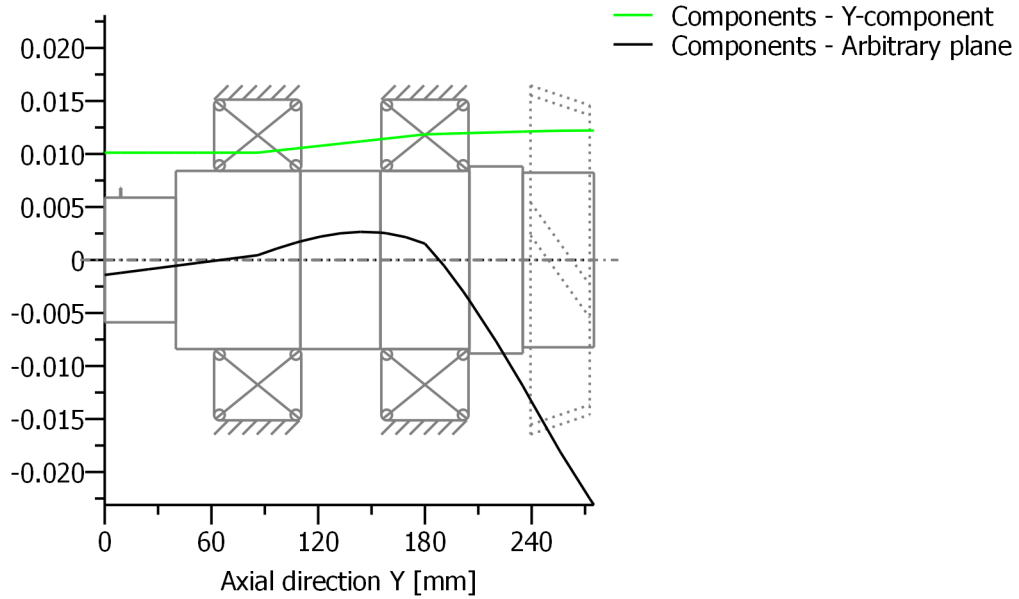
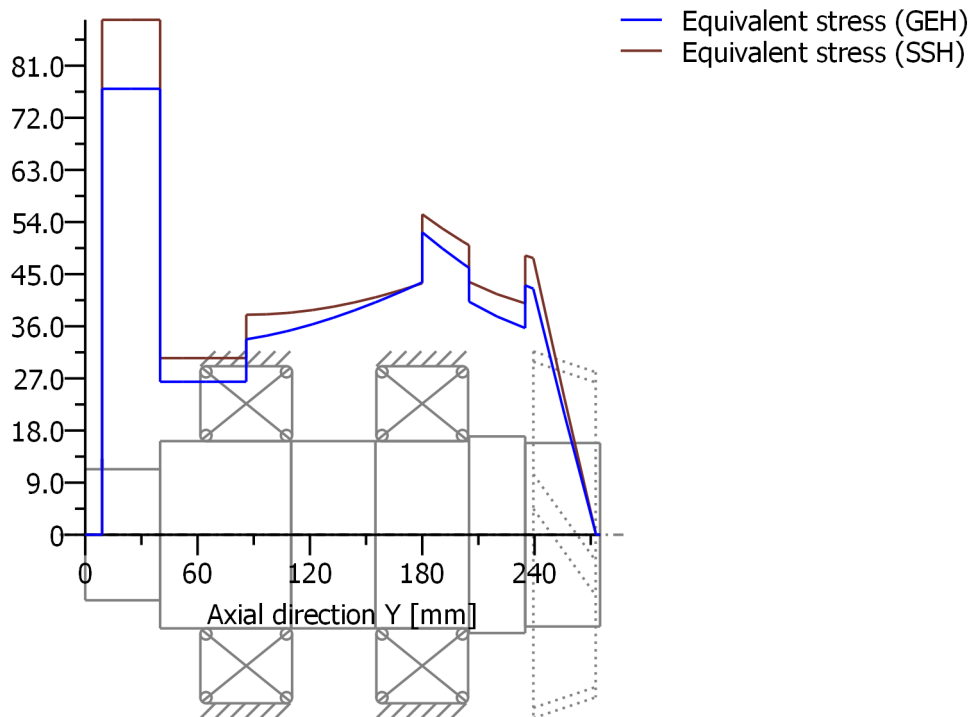


Figure: Displacement (bending etc.) (Arbitrary plane -45.40716237 °)

Stress [N/mm²]



GEH(von Mises): $\text{sigV} = ((\text{sigB} + \text{sigZ}, D)^2 + 3 * (\text{tauT} + \text{tauS})^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\text{sigV} = ((\text{sigB} - \text{sigZ}, D)^2 + 4 * (\text{tauT} + \text{tauS})^2)^{1/2}$

Figure: Equivalent stress

Eigenfrequencies/Critical speeds

1. Eigenfrequency: 0.01 Hz, Critical speed: 0.40 1/min Rigid body rotation Y 'Shaft 1'
 2. Eigenfrequency: 4287.36 Hz, Critical speed: 257241.59 1/min Bending XY 'Shaft 1'

Normalized rotation

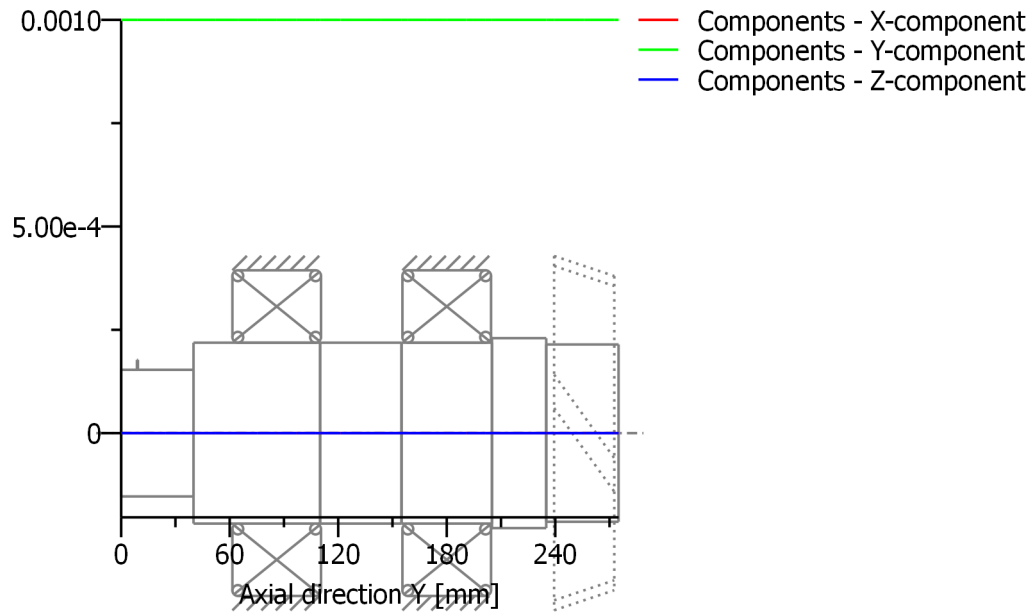


Figure: Eigenfrequencies (Normalized displacement)

Normalized displacement

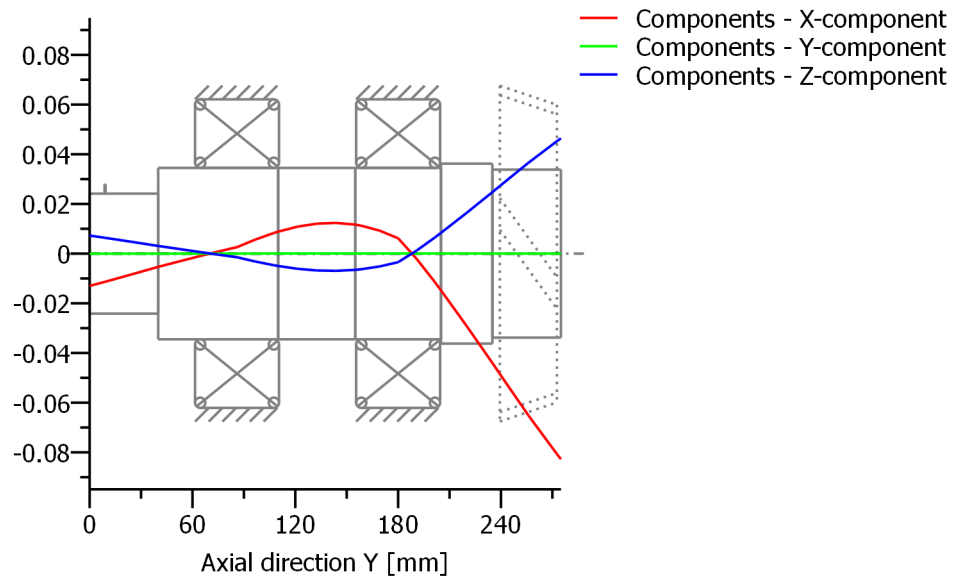


Figure: Eigenfrequencies (Normalized rotation)

Buckling cases

1. Buckling case: S1=1880.65

2. Buckling case: S2=5170.62

Normalized displacement

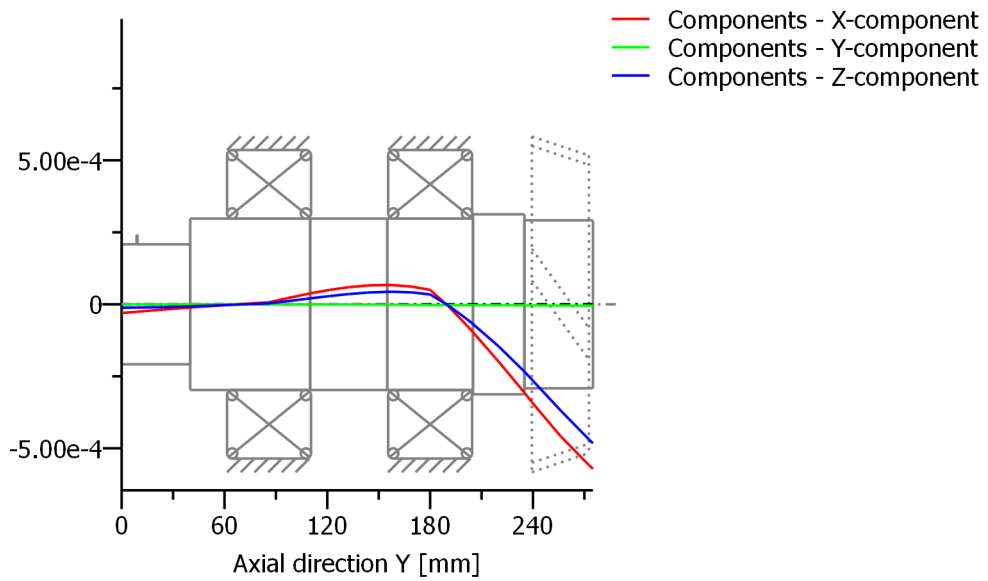


Figure: Buckling cases (Normalized rotation)

Normalized displacement

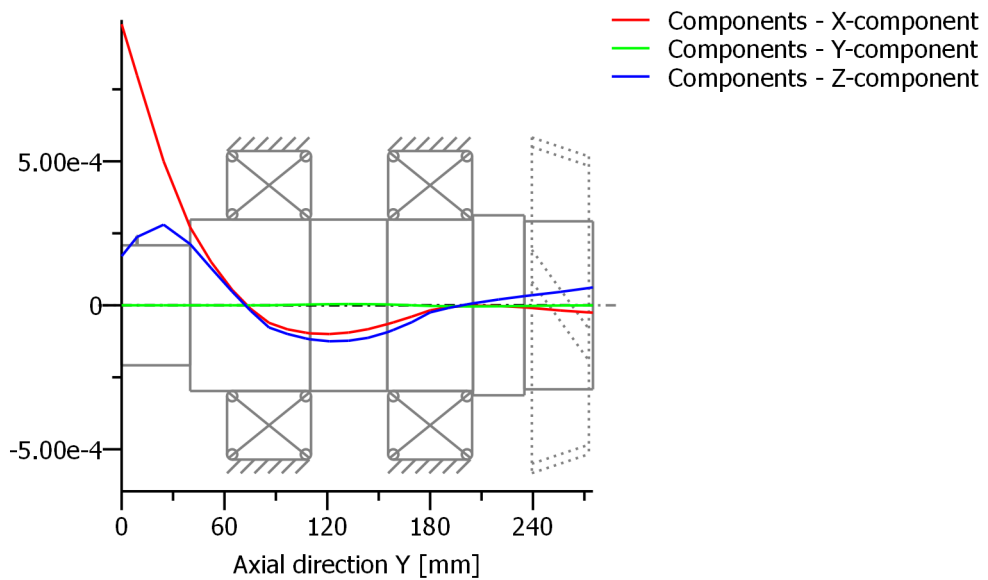


Figure: Buckling cases (Normalized rotation)

PŘÍLOHA č. 6

Výpočet hřídele 2 a jeho uložení (KISSsoft)

Important hint: At least one warning has occurred during the calculation:

1-> Shaft 'Shaft 1':
 the sum of torques is not zero.
 $\Delta T = 149.063 \text{ Nm}$

Analysis of shafts, axle and beams

Input data

Coordinate system shaft: see picture W-002

Label	Shaft 1	
Drawing		
Initial position (mm)	0.000	
Length (mm)	502.500	
Speed (1/min)	164.70	
Sense of rotation: counter clockwise		
Material	E360 (St70.2)	
Young's modulus (N/mm)	206000.000	
Poisson's ratio nu	0.300	
Specific weight (kg/m)	7830.000	
Coefficient of thermal expansion	(10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperature (°C)	20.000	
Weight of shaft (kg)	30.270	
Mass moment of inertia (kg*m)	0.040	
Momentum of mass GD2 (Nm)	1.586	
Position in space (°)	0.000	
Consider deformations due to shearing		
Shear correction coefficient	1.100	
Contact angle of rolling bearings is considered		

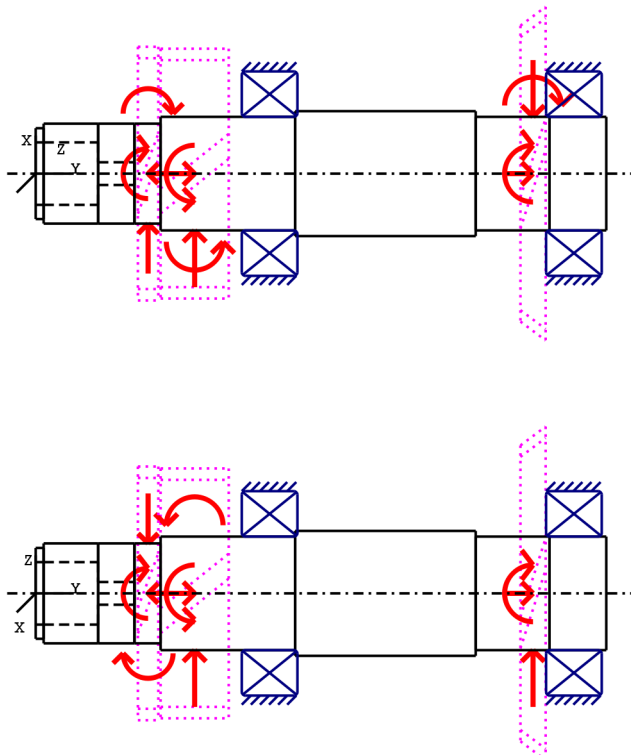


Figure: Load applications

SHAFT DEFINITION (

Shaft 1)

Outer contour

<u>Cylinder (Cylinder)</u>			0.000mm ... 7.000mm
Diameter (mm)	[d]	80.0000	
Length (mm)	[l]	7.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

<u>Cylinder (Cylinder)</u>			7.000mm ... 110.000mm
Diameter (mm)	[d]	88.0000	
Length (mm)	[l]	103.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

Straight-sided spline (Straight-sided spline) -33.000mm ... 47.000mm
da=88.00 (mm), df=82.00 (mm), z=6, Form=A, l=80.00 (mm), Rz=8.0

<u>Cylinder (Cylinder)</u>			110.000mm ... 228.500mm
Diameter (mm)	[d]	100.0000	
Length (mm)	[l]	118.5000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

Straight-sided spline (Straight-sided spline) 73.500mm ... 146.500mm
da=100.00 (mm), df=92.00 (mm), z=6, Form=A, l=73.00 (mm), Rz=8.0

<u>Cylinder (Cylinder)</u>			228.500mm ... 387.500mm
Diameter (mm)	[d]	110.0000	
Length (mm)	[l]	159.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

<u>Cylinder (Cylinder)</u>			387.500mm ... 452.500mm
Diameter (mm)	[d]	100.0000	
Length (mm)	[l]	65.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

<u>Cylinder (Cylinder)</u>			452.500mm ... 502.500mm
Diameter (mm)	[d]	100.0000	
Length (mm)	[l]	50.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

Inner contour

<u>Cylinder inside (Cylindrical bore)</u>			0.000mm ... 55.000mm
Diameter (mm)	[d]	55.0000	
Length (mm)	[l]	55.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

<u>Cylinder inside (Cylindrical bore)</u>			55.000mm ... 87.000mm
Diameter (mm)	[d]	20.0000	
Length (mm)	[l]	32.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

Forces

<u>Cylindrical gear (3-4)</u>		y= 140.000mm
Operating pitch diameter (mm)		220.0000
Helix angle (°)		25.8386 left
Working pressure angle at normal section (°)		24.3295
Position of contact (°)		200.0000
Length of load application (mm)		60.0000
Power (kW)		77.4735 driving (Output)
Torque (Nm)		5360.0000
Axial force (N)		23596.1863
Shearing force C (N)		6336.6983
Shearing force H (N)		54160.8501

Bending moment C (Nm) 887.7408
Bending moment H (Nm) -2439.0478

Cylindrical gear (6-4) y= 99.000mm
Operating pitch diameter (mm) 223.3846
Helix angle (°) 25.4918 left
Working pressure angle at normal section (°) 22.6698
Position of contact (°) 200.0000
Length of load application (mm) 18.0000
Power (kW) 77.4735 driven (Input)
Torque (Nm) -1017.1542
Axial force (N) -4342.1005
Shearing force C (N) 7074.6100
Shearing force H (N) -7116.2563
Bending moment C (Nm) -165.8727
Bending moment H (Nm) 455.7314

Bevel gear/hypoid gear (Bevel gear) y= 438.000mm
Operating pitch diameter (mm) 277.1281
Helix angle (°) 30.0000 left
Pitch angle (°) 56.3099 Tip to the left
Working pressure angle at normal section (°) 20.0000
Position of contact (°) 0.0000
Facewidth (mm) 40.0000
Power (kW) 77.4735 driven (Input)
Torque (Nm) -4491.9089
Axial force (N) 954.2104
Shearing force C (N) -23130.3179
Shearing force H (N) 32417.5603
Bending moment C (Nm) -0.0000
Bending moment H (Nm) 132.2193

Bearing

Taper roller bearing (single row) SKF 32220 J2 (L) 206.000mm
Set fixed bearing left
d =100.000 (mm), D =180.000 (mm), b =49.000 (mm), r =3.000 (mm)
C =319.000 (kN), CO =440.000 (kN), Cu =48.000 (kN)

Taper roller bearing (single row) SKF 32220 J2 (P) 474.000mm
Set fixed bearing right
d =100.000 (mm), D =180.000 (mm), b =49.000 (mm), r =3.000 (mm)
C =319.000 (kN), CO =440.000 (kN), Cu =48.000 (kN)

Maximum deflection 0.062 (Shaft 1 pos= 0.000)

Mass center of gravity

Shaft 1 (mm) 273.499

Total axial load

Shaft 1 (N) 20.208

Torsion under torque

Shaft 1 (°) -0.081

Probability of failure [n] 10.00 %
Axial clearance [u_A] 10.00 m
Rolling bearings, classical calculation (contact angle considered)

Shaft 'Shaft 1' Rolling bearing 'L'

Position (Y-coordinate) [y] 206.00 mm
Equivalent load [P] 62.44 kN
Equivalent load [P₀] 62.44 kN
Service life [L_{nh}] 23240.36 h
static safety factor [S₀] 7.05
Bearing reaction force [F_x] -9.557 kN
Bearing reaction force [F_y] 22.300 kN
Bearing reaction force [F_z] -61.704 kN
Bearing reaction force [F_r] 62.440 kN (-98.8°)
Bearing reaction moment [M_x] -1018.12 Nm
Bearing reaction moment [M_y] 0.00 Nm
Bearing reaction moment [M_z] 157.70 Nm

Bearing reaction moment	[Mr]	1030.26	Nm (171.2°)
Oil level	[H]	0.000	mm
Torque of friction	[M _{loss}]	3.602	Nm
Power loss	[P _{loss}]	62.118	W

Shaft 'Shaft 1' Rolling bearing 'P'

Position (Y-coordinate)	[y]	474.00	mm
Equivalent load	[P]	69.92	kN
Equivalent load	[P ₀]	47.01	kN
Service life	[L _{nh}]	15942.27	h
static safety factor	[S ₀]	9.36	
Bearing reaction force	[Fx]	19.277	kN
Bearing reaction force	[Fy]	-42.508	kN
Bearing reaction force	[Fz]	-17.461	kN
Bearing reaction force	[Fr]	26.009	kN (-42.17°)
Bearing reaction moment	[Mx]	288.10	Nm
Bearing reaction moment	[My]	0.00	Nm
Bearing reaction moment	[Mz]	318.06	Nm
Bearing reaction moment	[Mr]	429.15	Nm (47.83°)
Oil level	[H]	0.000	mm
Torque of friction	[M _{loss}]	4.224	Nm
Power loss	[P _{loss}]	72.857	W

Displacement [mm]

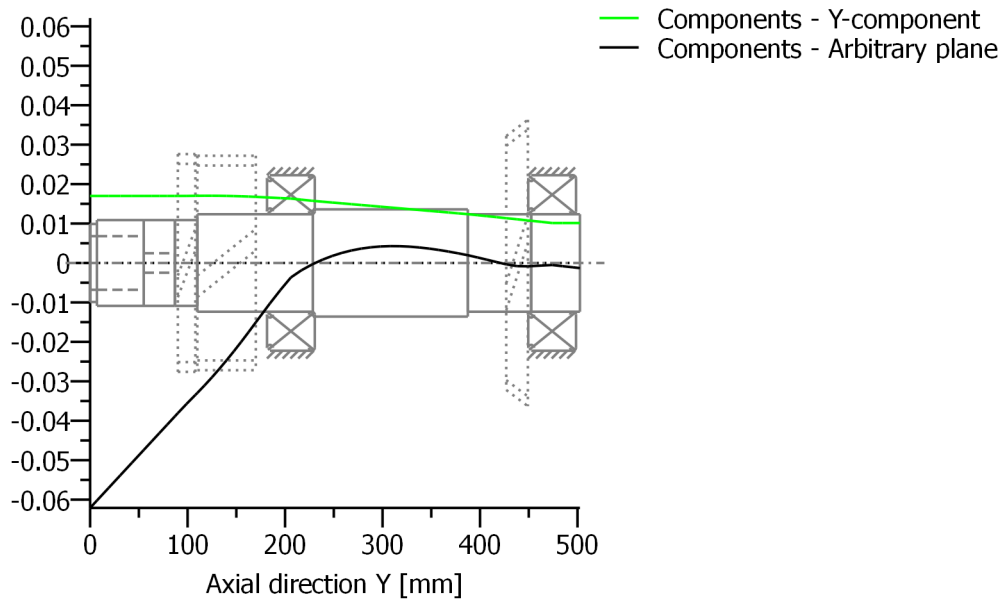
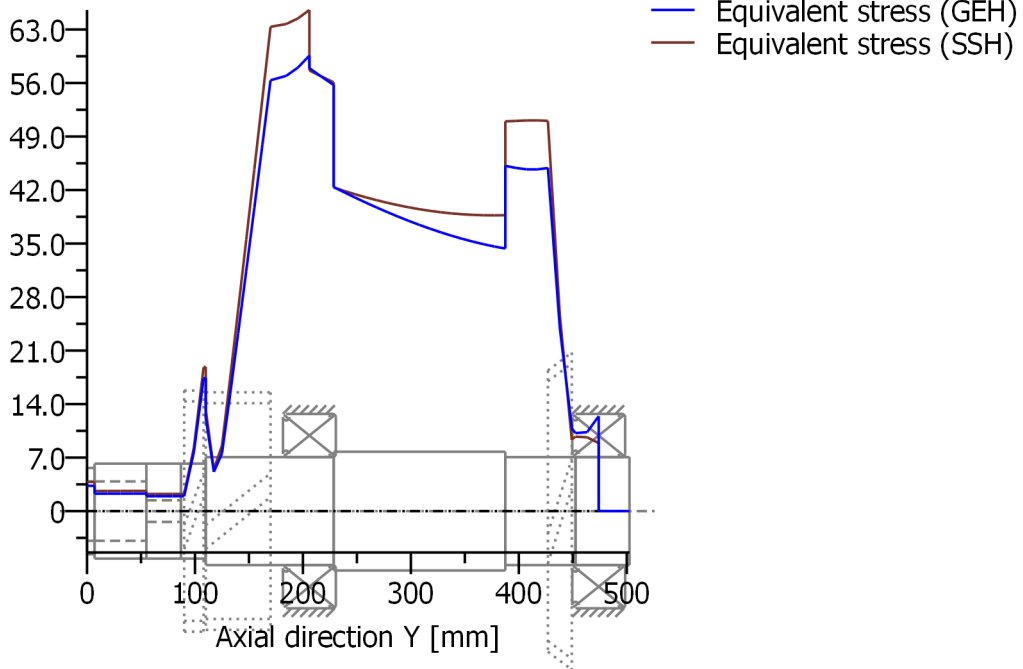


Figure: Displacement (bending etc.) (Arbitrary plane -75.66845248 °)

Stress [N/mm²]



GEH(von Mises): $\text{sigV} = ((\text{sigB} + \text{sigZ}, D)^2 + 3 * (\text{tauT} + \text{tauS})^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\text{sigV} = ((\text{sigB} - \text{sigZ}, D)^2 + 4 * (\text{tauT} + \text{tauS})^2)^{1/2}$

Figure: Equivalent stress

Eigenfrequencies/Critical speeds

- 1. Eigenfrequency: 0.01 Hz, Critical speed: 0.59 1/min Rigid body rotation Y 'Shaft 1'
- 2. Eigenfrequency: 1171.25 Hz, Critical speed: 70274.75 1/min Bending XY 'Shaft 1', Bending YZ 'Shaft 1'

Normalized rotation

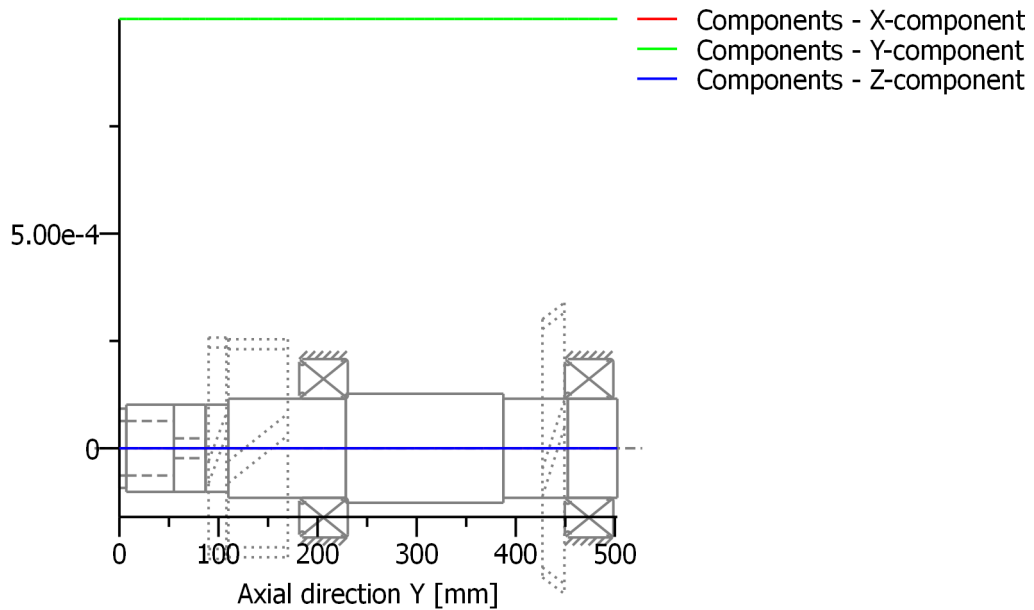


Figure: Eigenfrequenzies (Normalized displacement)
Normalized displacement

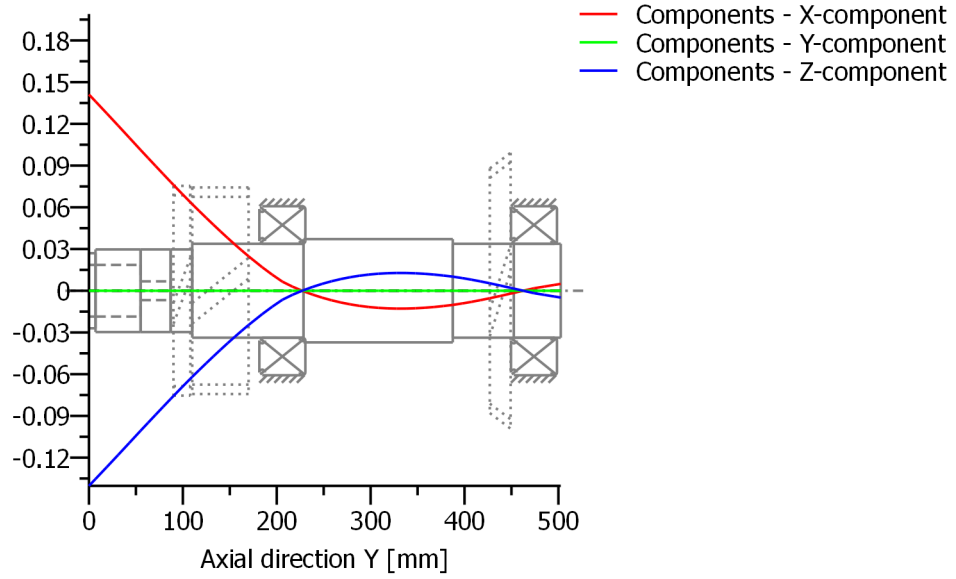


Figure: Eigenfrequenzies (Normalized rotation)

Buckling cases

1. Buckling case: S1=1405.89
2. Buckling case: S2=2209.72

Normalized displacement

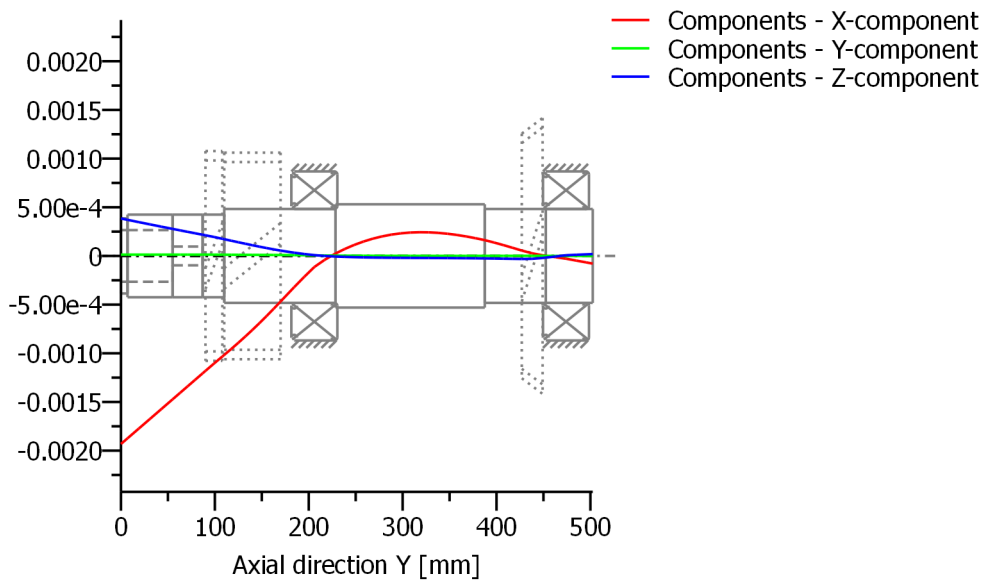


Figure: Buckling cases (Normalized rotation)

Normalized displacement

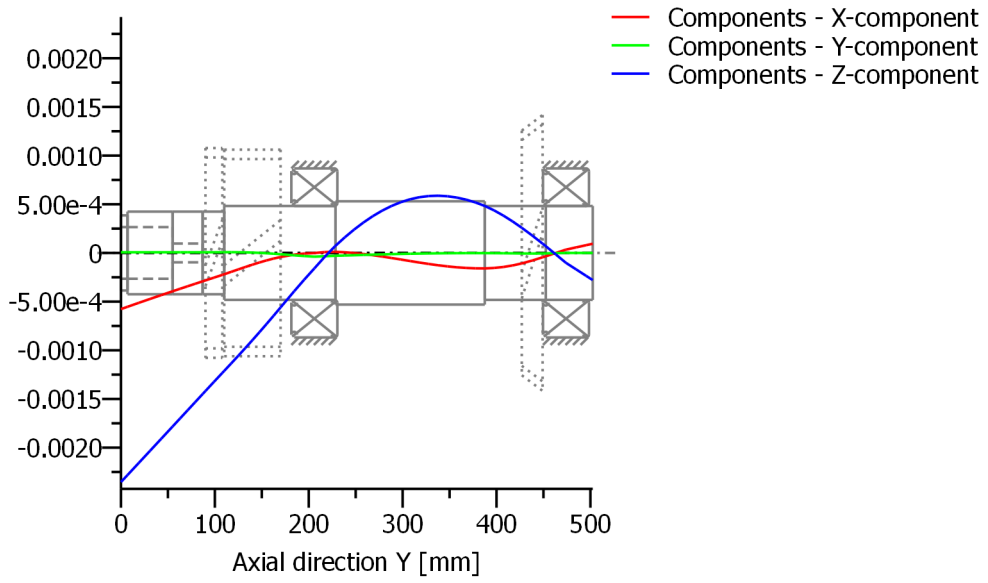


Figure: Buckling cases (Normalized rotation)

PŘÍLOHA č. 7

Výpočet hřídele 3 a jeho uložení (KISSsoft)

KISSsoft Release 03/2014 E

KISSsoft academic license for Uni Pilsen

Name : hridel_3 File
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 11:54:38

Important hint: At least one warning has occurred during the calculation:

1-> Shaft 'Shaft 1':
 the sum of torques is not zero.
 $\Delta T = 37.816 \text{ Nm}$

Analysis of shafts, axle and beams

Input data

Coordinate system shaft: see picture W-002

Label	Shaft 1	
Drawing		
Initial position (mm)	0.000	
Length (mm)	278.000	
Speed (1/min)	164.70	
Sense of rotation: clockwise		
Material	C60	
Young's modulus (N/mm)	206000.000	
Poisson's ratio nu	0.300	
Specific weight (kg/m)	7830.000	
Coefficient of thermal expansion	(10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperature (°C)	20.000	
Weight of shaft (kg)	12.094	
Mass moment of inertia (kg*m)	0.014	
Momentum of mass GD2 (Nm)	0.547	
Position in space (°)	0.000	
Consider deformations due to shearing		
Shear correction coefficient	1.100	
Contact angle of rolling bearings is considered		

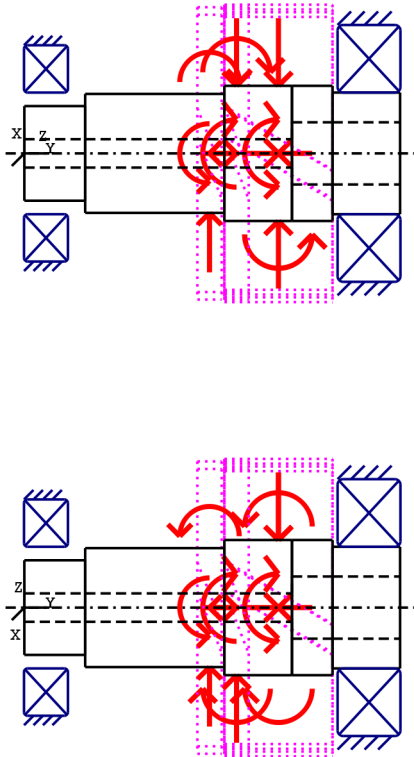


Figure: Load applications

SHAFT DEFINITION (

Shaft 1)

Outer contour

<u>Cylinder (Cylinder)</u>			<u>0.000mm ... 45.000mm</u>
Diameter (mm)	[d]	70.0000	
Length (mm)	[l]	45.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	
Radius right (Radius right)			
r=2.00 (mm), Rz=8.0			
Key way (Key way)			0.000mm ... 45.000mm
l=45.00 (mm), Rz=8.0			
<u>Cylinder (Cylinder)</u>			<u>45.000mm ... 148.000mm</u>
Diameter (mm)	[d]	88.0000	
Length (mm)	[l]	103.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	
Straight-sided spline (Straight-sided spline)			5.000mm ... 85.000mm
da=88.00 (mm), df=82.00 (mm), z=6, Form=A, l=80.00 (mm), Rz=8.0			
Radius right (Radius right)			
r=2.00 (mm), Rz=8.0			
<u>Cylinder (Cylinder)</u>			<u>148.000mm ... 228.000mm</u>
Diameter (mm)	[d]	100.0000	
Length (mm)	[l]	80.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	
<u>Cylinder (Cylinder)</u>			<u>228.000mm ... 278.000mm</u>
Diameter (mm)	[d]	90.0000	
Length (mm)	[l]	50.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

Radius left (Radius left)

r=2.00 (mm), Rz=8.0

Inner contour

<u>Cylinder inside (Cylindrical bore)</u>			0.000mm ... 198.000mm
Diameter (mm)	[d]	21.0000	
Length (mm)	[l]	198.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	
<u>Cylinder inside (Cylindrical bore)</u>			198.000mm ... 278.000mm
Diameter (mm)	[d]	46.0000	
Length (mm)	[l]	80.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

Forces

<u>Cylindrical gear (4-3)</u>		y= 188.000mm
Operating pitch diameter (mm)	220.0000	
Helix angle (°)	25.8386	right
Working pressure angle at normal section (°)	24.3295	
Position of contact (°)	20.0000	
Length of load application (mm)	80.0000	
Power (kW)	77.4735	driven (Input)
Torque (Nm)	5360.0000	
Axial force (N)	-23596.1863	
Shearing force C (N)	-6336.6983	
Shearing force H (N)	-54160.8501	
Bending moment C (Nm)	887.7408	
Bending moment H (Nm)	-2439.0478	

<u>Cylindrical gear (4-5)</u>		y= 188.000mm
Operating pitch diameter (mm)	213.0000	
Helix angle (°)	25.1192	right
Working pressure angle at normal section (°)	20.6873	
Position of contact (°)	160.0000	
Length of load application (mm)	80.0000	
Power (kW)	77.4735	driving (Output)
Torque (Nm)	-5360.0000	
Axial force (N)	23596.1863	
Shearing force C (N)	2510.7283	
Shearing force H (N)	-54472.4488	
Bending moment C (Nm)	-859.4945	
Bending moment H (Nm)	-2361.4418	

<u>Cylindrical gear (4-6)</u>		y= 157.000mm
Operating pitch diameter (mm)	216.6154	
Helix angle (°)	25.4918	right
Working pressure angle at normal section (°)	22.6698	
Position of contact (°)	20.0000	
Length of load application (mm)	18.0000	
Power (kW)	77.4735	driving (Output)
Torque (Nm)	-1017.1542	
Axial force (N)	4477.7911	
Shearing force C (N)	-7295.6916	
Shearing force H (N)	7338.6393	
Bending moment C (Nm)	-165.8727	
Bending moment H (Nm)	455.7314	

<u>Cylindrical gear (7-5)</u>		y= 137.000mm
Operating pitch diameter (mm)	216.2769	
Helix angle (°)	24.7794	right
Working pressure angle at normal section (°)	18.6442	
Position of contact (°)	160.0000	
Length of load application (mm)	18.0000	
Power (kW)	77.4735	driven (Input)
Torque (Nm)	979.3382	
Axial force (N)	-4180.6687	
Shearing force C (N)	6259.9199	
Shearing force H (N)	7359.1264	
Bending moment C (Nm)	154.6243	
Bending moment H (Nm)	424.8267	

Bearing

Taper roller bearing (single row) SKF 30218 J2 (L) 16.000mm

Set fixed bearing left
d =90.000 (mm), D =160.000 (mm), b =32.500 (mm), r =2.500 (mm)
C =194.000 (kN), CO =245.000 (kN), Cu =28.500 (kN)

Taper roller bearing (single row) SKF 30318 J2 (P) 255.000mm

Set fixed bearing right
d =90.000 (mm), D =190.000 (mm), b =46.500 (mm), r =4.000 (mm)
C =330.000 (kN), CO =400.000 (kN), Cu =44.000 (kN)

Maximum deflection 0.027 (Shaft 1 pos= 148.000)

Mass center of gravity

Shaft 1 (mm) 145.365

Total axial load

Shaft 1 (N) 0.297

Torsion under torque

Shaft 1 (°) -0.003

Probability of failure [n] 10.00 %
Axial clearance [u_A] 10.00 m
Rolling bearings, classical calculation (contact angle considered)

Shaft 'Shaft 1' Rolling bearing 'L'

Position (Y-coordinate)	[y]	16.00	mm
Equivalent load	[P]	41.63	kN
Equivalent load	[P ₀]	31.61	kN
Service life	[L _{nh}]	17107.10	h
static safety factor	[S ₀]	7.75	
Bearing reaction force	[F _x]	19.341	kN
Bearing reaction force	[F _y]	21.498	kN
Bearing reaction force	[F _z]	21.379	kN
Bearing reaction force	[F _r]	28.829	kN (47.87°)
Bearing reaction moment	[M _x]	315.34	Nm
Bearing reaction moment	[M _y]	0.00	Nm
Bearing reaction moment	[M _z]	-285.28	Nm
Bearing reaction moment	[M _r]	425.23	Nm (-42.13°)
Oil level	[H]	0.000	mm
Torque of friction	[M _{loss}]	2.058	Nm
Power loss	[P _{loss}]	35.495	W

Shaft 'Shaft 1' Rolling bearing 'P'

Position (Y-coordinate)	[y]	255.00	mm
Equivalent load	[P]	74.10	kN
Equivalent load	[P ₀]	74.10	kN
Service life	[L _{nh}]	14703.09	h
static safety factor	[S ₀]	5.40	
Bearing reaction force	[F _x]	-14.479	kN
Bearing reaction force	[F _y]	-21.795	kN
Bearing reaction force	[F _z]	72.675	kN
Bearing reaction force	[F _r]	74.103	kN (101.27°)
Bearing reaction moment	[M _x]	-926.61	Nm
Bearing reaction moment	[M _y]	0.00	Nm
Bearing reaction moment	[M _z]	-184.61	Nm
Bearing reaction moment	[M _r]	944.82	Nm (-168.73°)
Oil level	[H]	0.000	mm
Torque of friction	[M _{loss}]	2.888	Nm
Power loss	[P _{loss}]	49.816	W

Displacement [mm]

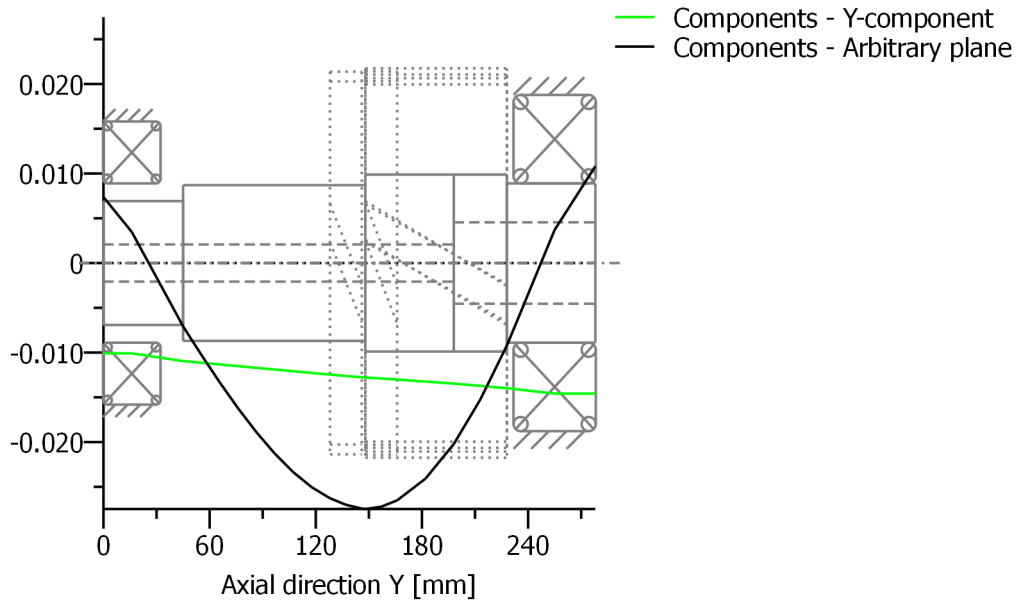
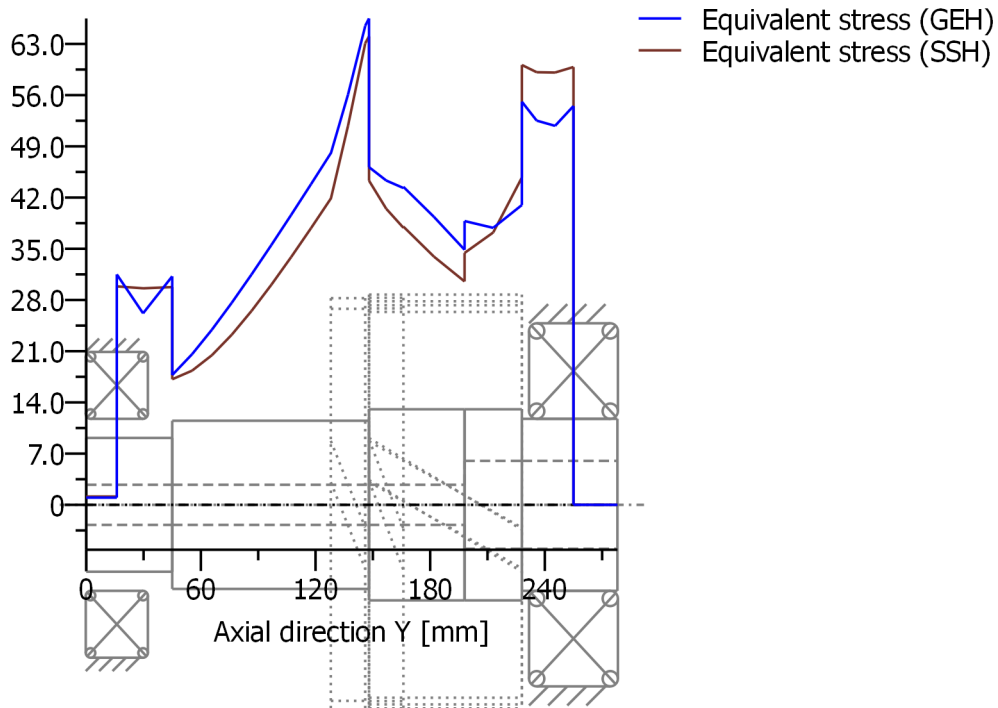


Figure: Displacement (bending etc.) (Arbitrary plane 60.13777866 °)

Stress [N/mm²]



$$\text{GEH(von Mises): } \sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 * (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$$

$$\text{SSH(Tresca): } \sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 * (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$$

Figure: Equivalent stress

Eigenfrequencies/Critical speeds

1. Eigenfrequency: 0.02 Hz, Critical speed: 1.05 1/min Rigid body rotation Y 'Shaft 1'
2. Eigenfrequency: 3235.21 Hz, Critical speed: 194112.56 1/min Bending YZ 'Shaft 1', Bending XY 'Shaft 1'

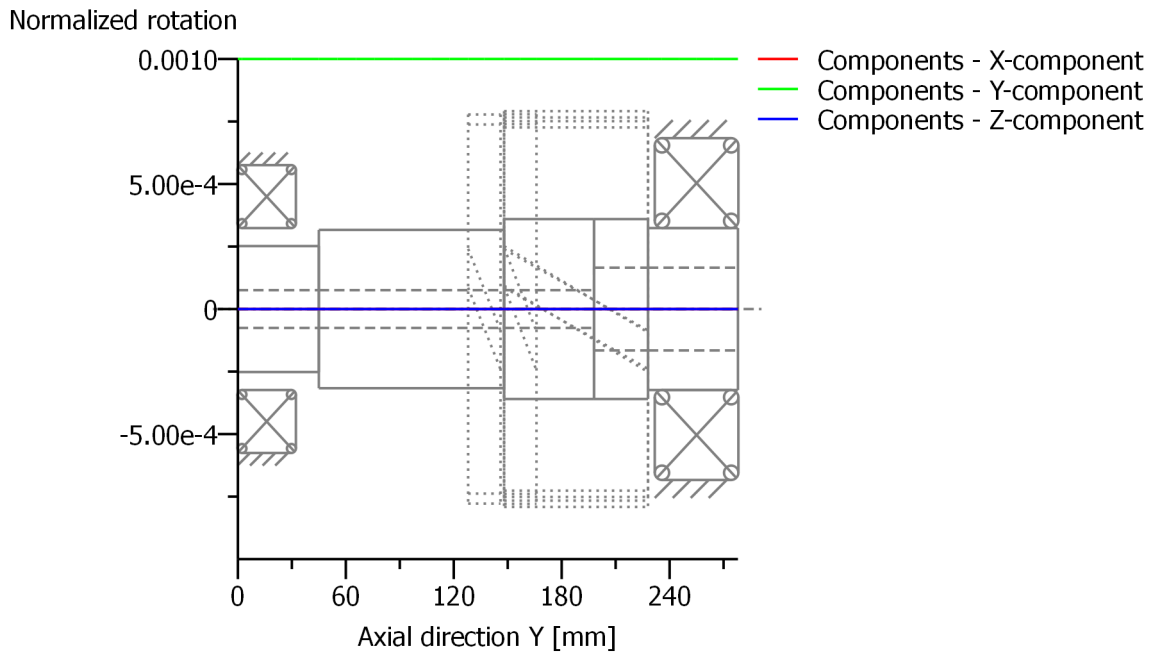


Figure: Eigenfrequencies (Normalized displacement)

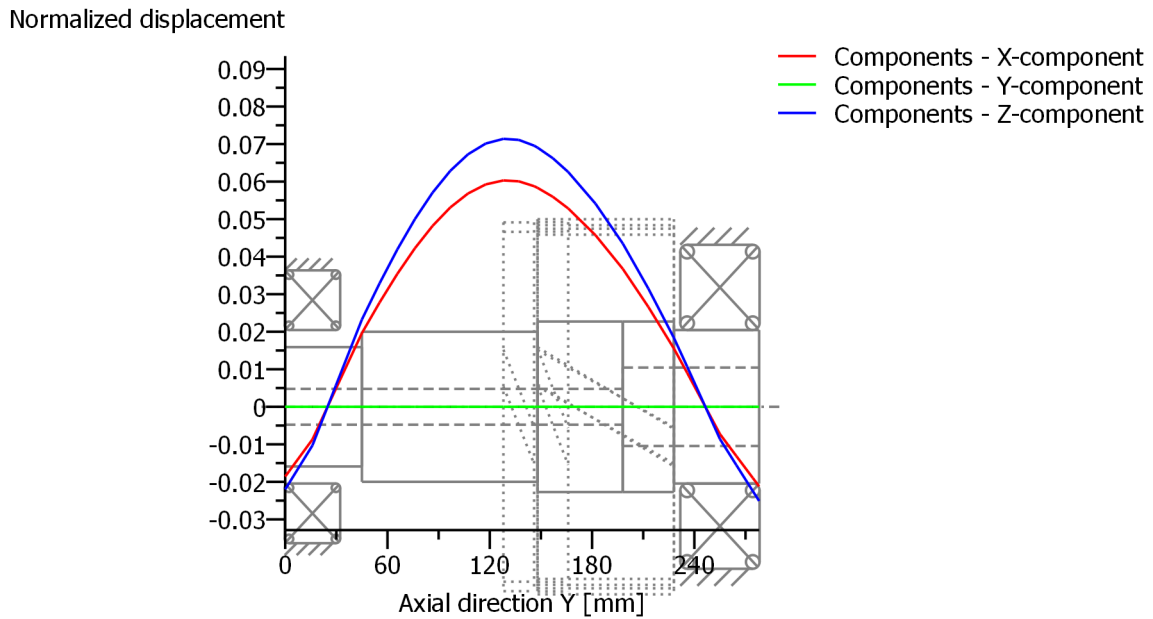


Figure: Eigenfrequencies (Normalized rotation)

Buckling cases

1. Buckling case: S1=908.23
2. Buckling case: S2=2601.86

Normalized displacement

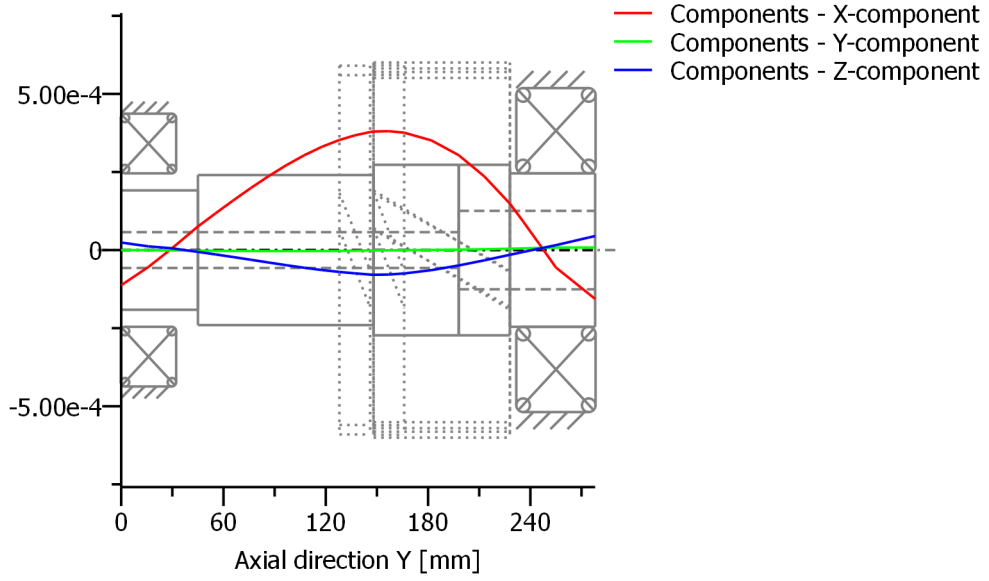


Figure: Buckling cases (Normalized rotation)

Normalized displacement

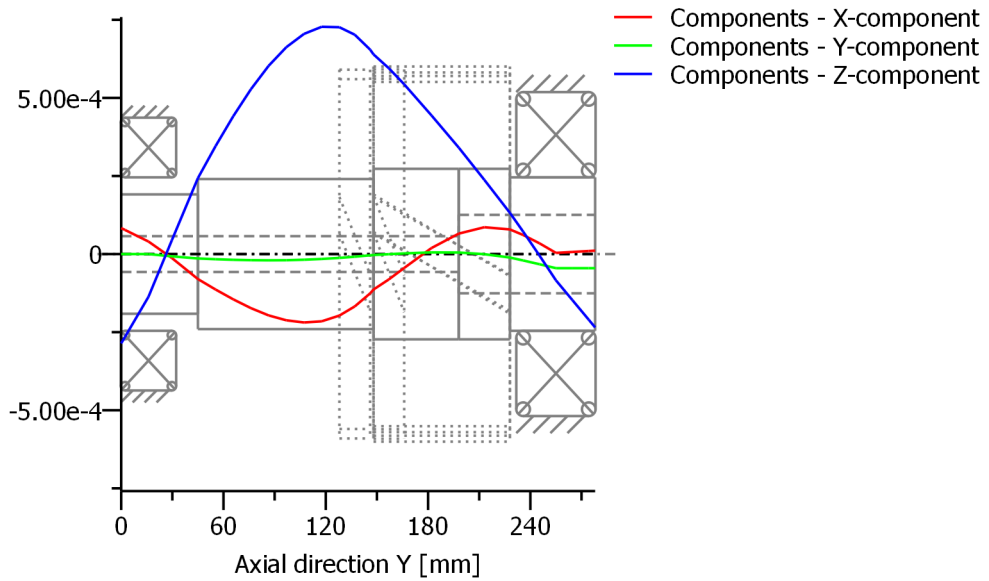


Figure: Buckling cases (Normalized rotation)

PŘÍLOHA č. 8

Výpočet hřídele 4 a jeho uložení (KISSsoft)

KISSsoft Release 03/2014 E

KISSsoft academic license for Uni Pilsen

Name : hridel_4 File

Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 11:55:43

Important hint: At least one warning has occurred during the calculation:

1-> Shaft 'Shaft 1':
the sum of torques is not zero.
 $\Delta T = 151.073 \text{ Nm}$

2-> The required service life of bearing 'Shaft 'Shaft 1', Rolling bearing 'P' is not achieved!

3-> Shaft 'Shaft 1', Rolling bearing 'L':
The minimal load of the bearing is not achieved!
(P = 0.0 kN, Pmind = 1.3 kN, Condition: P/C > 1.000 %)

Analysis of shafts, axle and beams

Input data

Coordinate system shaft: see picture W-002

Label	Shaft 1
Drawing	
Initial position (mm)	0.000
Length (mm)	558.000
Speed (1/min)	164.70
Sense of rotation: counter clockwise	
Material	16 MnCr 5 (1)
Young's modulus (N/mm)	206000.000
Poisson's ratio nu	0.300
Specific weight (kg/m)	7830.000
Coefficient of thermal expansion	(10 ⁻⁶ /K) 11.500
Temperature (°C)	20.000
Weight of shaft (kg)	29.258
Mass moment of inertia (kg*m)	0.072
Momentum of mass GD2 (Nm)	2.821
(Notice: Weight stands for the shaft only without considering the gears)	
Position in space (°)	0.000
Gears mounted with stiffness according to ISO	
Consider deformations due to shearing	
Shear correction coefficient	1.100
Contact angle of rolling bearings is considered	

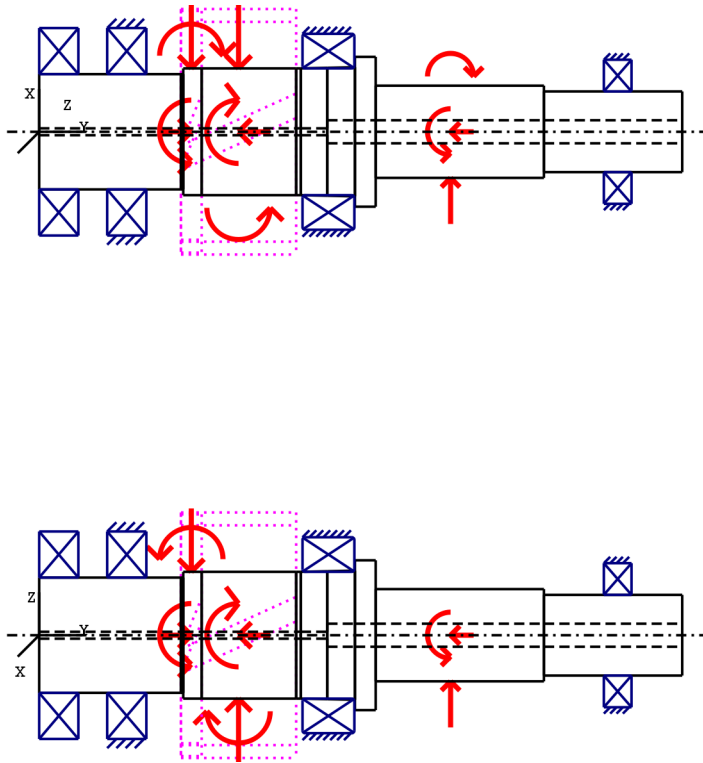


Figure: Load applications

SHAFT DEFINITION (

Shaft 1)

Outer contour

Cylinder (Cylinder)			0.000mm ... 125.000mm
Diameter (mm)	[d]	100.0000	
Length (mm)	[l]	125.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	
Cylinder (Cylinder)			125.000mm ... 227.000mm
Diameter (mm)	[d]	110.0000	
Length (mm)	[l]	102.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	
Straight-sided spline (Straight-sided spline)			75.000mm ... 175.000mm
da=110.00 (mm), df=82.50 (mm), z=6, Form=A, l=100.00 (mm), Rz=8.0			
Taper (Cone)			227.000mm ... 274.000mm
Diameter left (mm)	[d _l]	110.0000	
Diameter right (mm)	[d _r]	112.0000	
Length (mm)	[l]	47.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	
Cylinder (Cylinder)			274.000mm ... 292.000mm
Diameter (mm)	[d]	130.0000	
Length (mm)	[l]	18.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	
Cylinder (Cylinder)			292.000mm ... 438.000mm
Diameter (mm)	[d]	80.0000	
Length (mm)	[l]	146.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	
Radius left (Radius left)			
r=2.00 (mm), Rz=8.0			

<u>Cylinder (Cylinder)</u>			438.000mm ... 558.000mm
Diameter (mm)	[d]	70.0000	
Length (mm)	[l]	120.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

Inner contour

<u>Cylinder inside (Cylindrical bore)</u>			0.000mm ... 250.000mm
Diameter (mm)	[d]	6.0000	
Length (mm)	[l]	250.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

<u>Cylinder inside (Cylindrical bore)</u>			250.000mm ... 558.000mm
Diameter (mm)	[d]	20.0000	
Length (mm)	[l]	308.0000	
Surface roughness (m)	[Rz]	8.0000	

Forces

<u>Cylindrical gear (Cylindrical gear)</u>		y= 173.000mm
Operating pitch diameter (mm)		213.0000
Helix angle (°)		25.1192 left
Working pressure angle at normal section (°)		20.6873
Position of contact (°)		-20.0000
Length of load application (mm)		100.0000
Power (kW)		77.4735 driven (Input)
Torque (Nm)		-5360.0000
Axial force (N)		-23596.1863
Shearing force C (N)		-2510.7283
Shearing force H (N)		54472.4488
Bending moment C (Nm)		-859.4945
Bending moment H (Nm)		-2361.4418

<u>Eccentric force (Eccentric load)</u>		y= 357.000mm
Center point of load application, X-coordinate (mm)		-180.0000
Center point of load application, Z -coordinate (mm)		0.0000
Length of load application (mm)		0.0000
Power (kW)		77.4735 driving (Output)
Torque (Nm)		4230.0000
Axial force (N)		-14000.0000
Shearing force C (N)		18800.0000
Shearing force H (N)		23500.0000
Bending moment C (Nm)		0.0000
Bending moment H (Nm)		2520.0000

<u>Cylindrical gear (Cylindrical gear)</u>		y= 132.000mm
Operating pitch diameter (mm)		209.7231
Helix angle (°)		24.7794 left
Working pressure angle at normal section (°)		18.6442
Position of contact (°)		-20.0000
Length of load application (mm)		18.0000
Power (kW)		77.4735 driving (Output)
Torque (Nm)		979.3382
Axial force (N)		4311.3146
Shearing force C (N)		-6455.5424
Shearing force H (N)		-7589.0991
Bending moment C (Nm)		154.6243
Bending moment H (Nm)		424.8267

Bearing

<u>Cylindrical roller bearing(double row) Koyo NN3022 (S)</u>		251.000mm
Free bearing		
d =110.000 (mm), D =170.000 (mm), b =45.000 (mm), r =2.000 (mm)		
C =221.000 (kN), CO =361.000 (kN), Cu =0.000 (kN)		

<u>Angular contact ball bearing (single row) FAG B7214-E-T-P4S (R)</u>		502.000mm
Free bearing		
d =70.000 (mm), D =125.000 (mm), b =24.000 (mm), r =0.000 (mm)		
C =65.500 (kN), CO =56.000 (kN), Cu =4.050 (kN)		

<u>Angular contact ball bearing (single row) FAG B7220-E-T-P4S (P)</u>		76.000mm
--	--	----------

Set fixed bearing left
d =100.000 (mm), D =180.000 (mm), b =34.000 (mm), r =0.000 (mm)
C =125.000 (kN), CO =116.000 (kN), Cu =7.300 (kN)

Angular contact ball bearing (single row) FAG B7220-E-T-P4S (L) 17.000mm

Set axial bearing right
d =100.000 (mm), D =180.000 (mm), b =34.000 (mm), r =0.000 (mm)
C =125.000 (kN), CO =116.000 (kN), Cu =7.300 (kN)

Maximum deflection 0.052 (Shaft 1 pos= 342.781)

Mass center of gravity

Shaft 1 (mm) 542.574

Total axial load

Shaft 1 (N) -33.285

Torsion under torque

Shaft 1 (°) 0.063

Probability of failure [n] 10.00 %
Axial clearance [u_A] 10.00 m
Rolling bearings, classical calculation (contact angle considered)

Shaft 'Shaft 1' Rolling bearing 'S'

Position (Y-coordinate) [y] 251.00 mm
Equivalent load [P] 37.48 kN
Equivalent load [P₀] 37.48 kN
Service life [L_{nh}] 37474.73 h
static safety factor [S₀] 9.63
Bearing reaction force [Fx] -23.809 kN
Bearing reaction force [Fy] 0.000 kN
Bearing reaction force [Fz] -28.948 kN
Bearing reaction force [Fr] 37.482 kN (-129.44°)
Oil level [H] 0.000 mm
Torque of friction [M_{loss}] 1.127 Nm
Power loss [P_{loss}] 19.444 W
The factors used to calculate the torque loss have been assumed for this bearing.

Shaft 'Shaft 1' Rolling bearing 'R'

Position (Y-coordinate) [y] 502.00 mm
Equivalent load [P] 10.95 kN
Equivalent load [P₀] 10.95 kN
Service life [L_{nh}] 21662.86 h
static safety factor [S₀] 5.11
Bearing reaction force [Fx] -0.993 kN
Bearing reaction force [Fy] 0.000 kN
Bearing reaction force [Fz] -10.904 kN
Bearing reaction force [Fr] 10.949 kN (-95.2°)
Oil level [H] 0.000 mm
Torque of friction [M_{loss}] 0.411 Nm
Power loss [P_{loss}] 7.085 W

Shaft 'Shaft 1' Rolling bearing 'P'

Position (Y-coordinate) [y] 76.00 mm
Equivalent load [P] 42.77 kN
Equivalent load [P₀] 33.68 kN
Service life [L_{nh}] 2526.91 h
static safety factor [S₀] 3.44
Bearing reaction force [Fx] 14.968 kN
Bearing reaction force [Fy] 33.285 kN
Bearing reaction force [Fz] -30.169 kN
Bearing reaction force [Fr] 33.678 kN (-63.61°)
Bearing reaction moment [M_x] -995.59 Nm
Bearing reaction moment [M_y] 0.00 Nm
Bearing reaction moment [M_z] -493.95 Nm
Bearing reaction moment [Mr] 1111.39 Nm (-153.61°)
Oil level [H] 0.000 mm
Torque of friction [M_{loss}] 3.721 Nm
Power loss [P_{loss}] 64.176 W

Shaft 'Shaft 1' Rolling bearing 'L'

Position (Y-coordinate)	[y]	17.00	mm
Equivalent load	[P]	0.00	kN
Equivalent load	[P ₀]	0.00	kN
Service life	[L _{nh}]	> 1000000	h
static safety factor	[S ₀]	> 100	
Bearing reaction force	[F _x]	0.000	kN
Bearing reaction force	[F _y]	0.000	kN
Bearing reaction force	[F _z]	0.000	kN
Bearing reaction force	[F _r]	0.000	kN
Bearing reaction moment	[M _x]	-0.00	Nm
Bearing reaction moment	[M _y]	0.00	Nm
Bearing reaction moment	[M _z]	0.00	Nm
Bearing reaction moment	[M _r]	0.00	Nm (180°)

Displacement [mm]

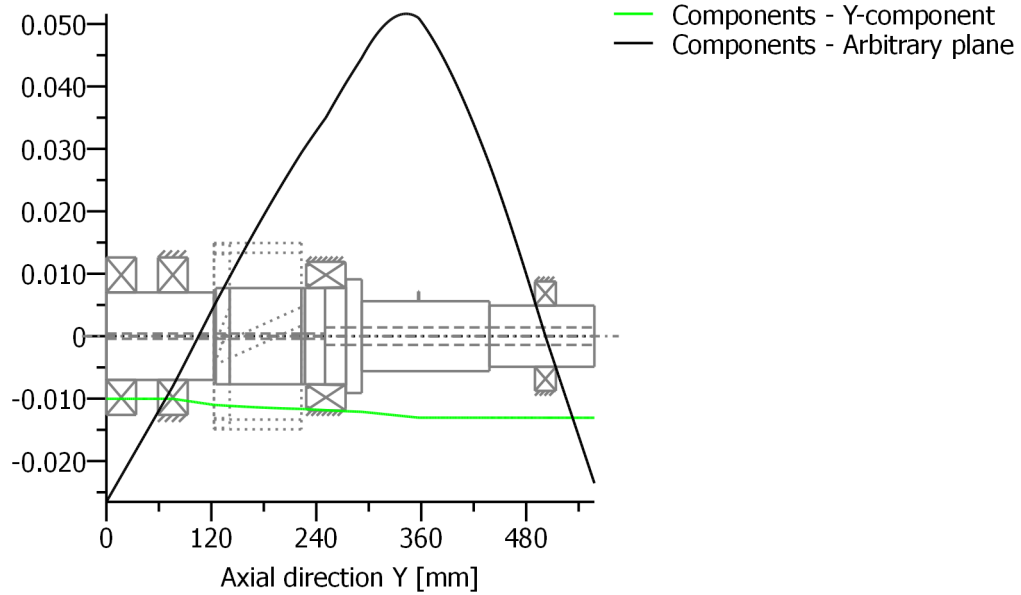
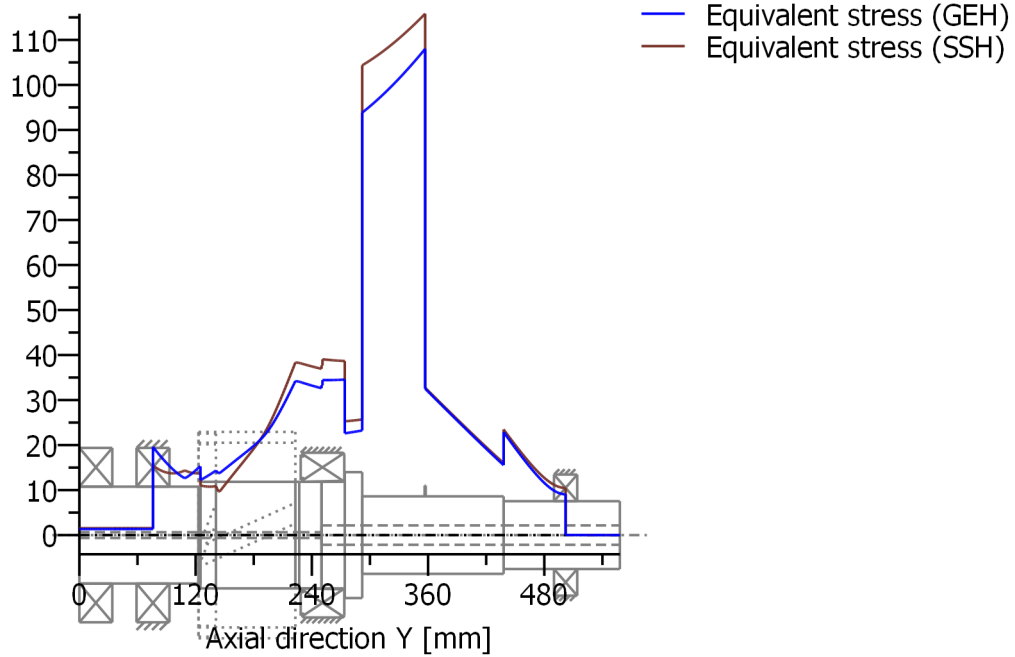


Figure: Displacement (bending etc.) (Arbitrary plane 50.49749765 °)

Stress [N/mm²]



GEH(von Mises): $\text{sigV} = ((\text{sigB} + \text{sigZ}, D)^2 + 3 * (\text{tauT} + \text{tauS})^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\text{sigV} = ((\text{sigB} - \text{sigZ}, D)^2 + 4 * (\text{tauT} + \text{tauS})^2)^{1/2}$

Figure: Equivalent stress

Eigenfrequencies/Critical speeds

1. Eigenfrequency: 0.00 Hz, Critical speed: 0.00 1/min Rigid body rotation Y 'Shaft 1'
2. Eigenfrequency: 2995.15 Hz, Critical speed: 179709.13 1/min Bending XY 'Shaft 1'

Normalized displacement

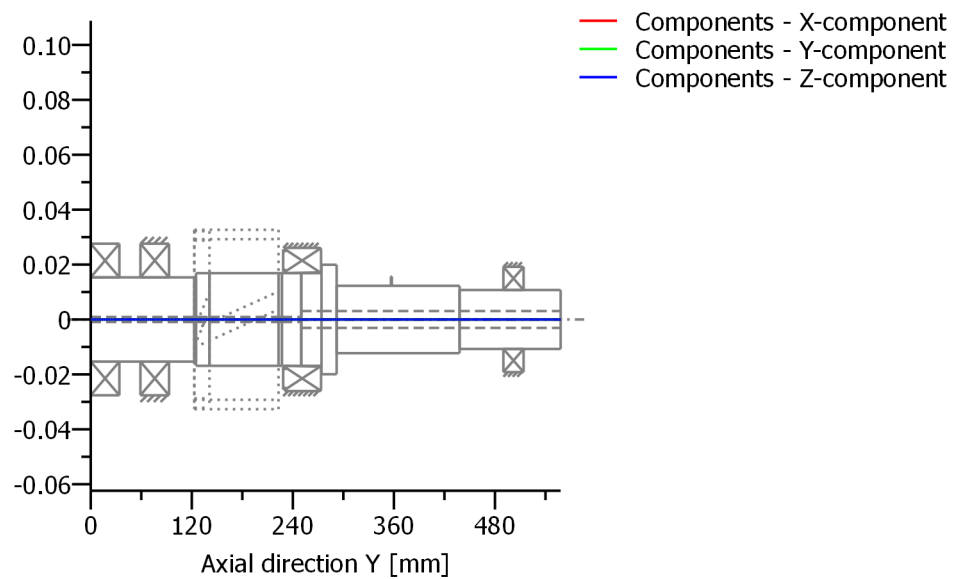


Figure: Eigenfrequencies (Normalized rotation)
Normalized displacement

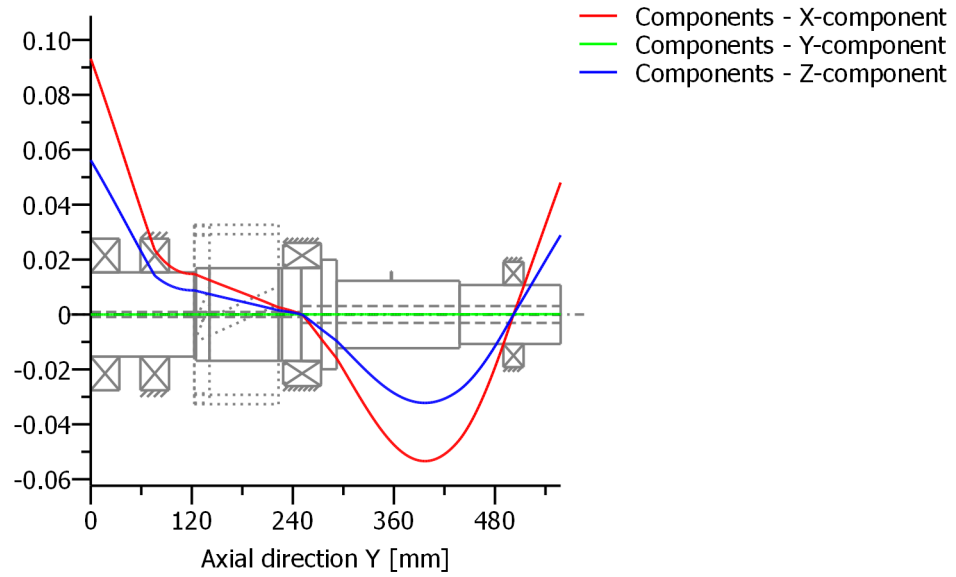


Figure: Eigenfrequencies (Normalized rotation)

Buckling cases

- 1. Buckling case: S1=2627.27
- 2. Buckling case: S2=4029.14

Normalized displacement

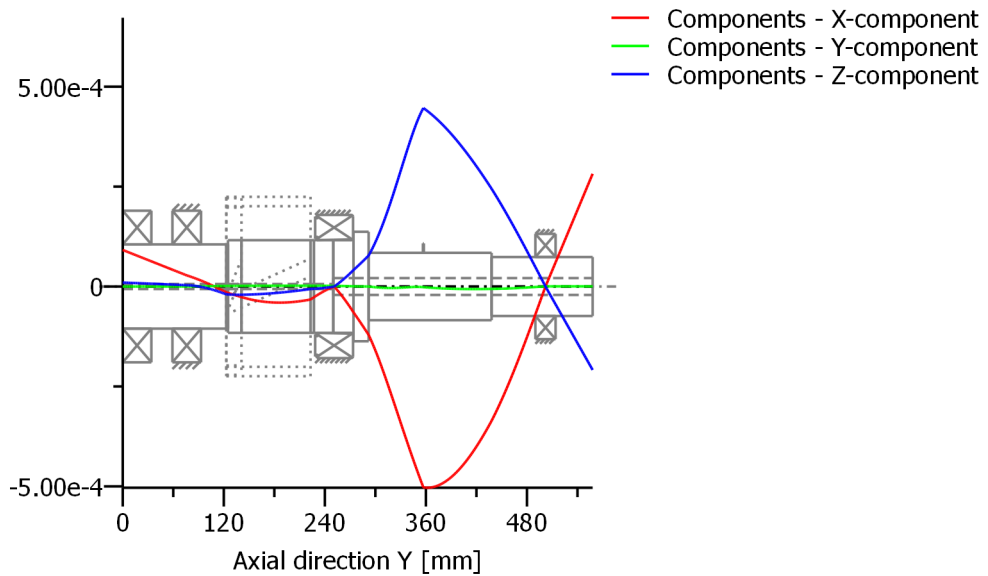


Figure: Buckling cases (Normalized rotation)

Normalized displacement

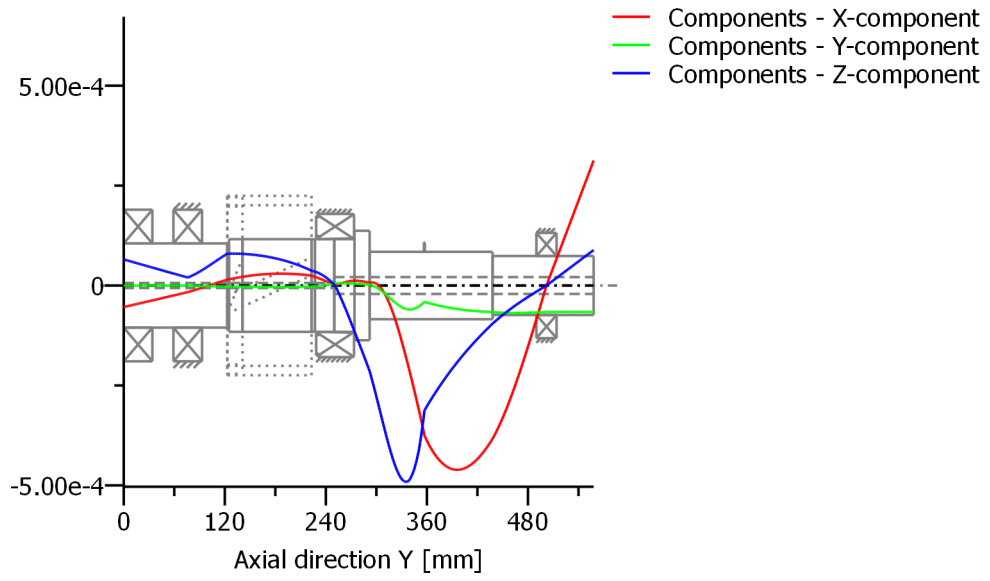


Figure: Buckling cases (Normalized rotation)

End of Report

lines: 275

PŘÍLOHA č. 9

Kontrola spoje rovnobokým drážkováním - kolo 1 (KISSsoft)

Name : spoj_1-1
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 11:57:40

Important hint: At least one warning has occurred during the calculation:

1-> For the raw diameter (190 mm) of the material (18CrNiMo7-6)
 the database has no values
 for tensile stress and yield point !
 Guessed values are assumed.
 For the input of material data:
 Call the KISSsoft database tool in the menu Extras

Straight-sided spline [M02b]

Calculation method: G.Niemann, Maschinenelemente I, 4th Edition, 2005.

Label	DIN ISO 14:1986 (Light series)	
Inner diameter (mm)	[d1]	92.00
External diameter (mm)	[d2]	98.00
Medium diameter (mm)	[dm]	95.00
Number of keys	[nK]	10.00
Width (mm)	[b]	14.00
Height of key (mm)	[h]	3.00
Supporting length (mm)	[ltr]	40.00
Length factor	[k1]	1.03
Participation factor (equivalent)	[kphibeq]	1.30
Participation factor (maximum load)	[kphibmax]	1.10
Nominal torque (Nm)	[Tnenn]	2994.00
Application factor	[KA]	1.50
Service torque (Nm)	[Teq]	4491.00
Maximum torque (Nm)	[Tmax]	4491.00
Number of load peaks	[NL]	1000
Torque curve: No alternating torque		
Load direction changing coefficient	[fw]	1.00
Manufacturing tolerances according to Niemann		H7

Shaft

Material	E360 (St70.2)	
Type	Structural steel	
Treatment	untreated	
Tensile strength (N/mm ²)	[Rm]	670.00 (d=80-100mm)
Yield point (N/mm ²)	[Rp]	325.00 (d=80-100mm)
Pressure stress (equiv. load) (N/mm ²)	[peq]	105.50
Pressure stress (maxim. load) (N/mm ²)	[pmax]	105.50
Support factor	[fs]	1.20
Load peak coefficient	[fL]	1.50
Hardness influence coefficient	[fH]	1.00

Permissible pressure (N/mm ²)	[pzuleq]	390.00
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzulmax]	585.00
fw * pzul / peq		3.70
fL * pzul / pmax		5.55
Required safety		1.00
Minimal safety		3.70

Hub

Material		18CrNiMo7-6
Type		Case-carburized steel
Treatment		case-hardened
Tensile strength (N/mm ²)	[Rm]	600.00 (d= 0- 0mm)
Yield point (N/mm ²)	[Rp]	425.00 (d= 0- 0mm)
Small external diameter (mm)	[D1]	180.00
Big external diameter (mm)	[D2]	180.00
Width of hub-part with D2 (mm)	[c]	40.00
Equivalent diameter hub (mm)	[D]	180.00
Distance a0 (mm)	[a0]	20.00
Pressure stress (equiv. load) (N/mm ²)	[peq]	105.50
Pressure stress (maxim. load) (N/mm ²)	[pmax]	105.50
Support factor	[fs]	1.50
Load peak coefficient	[fL]	1.50
Hardness influence coefficient	[fH]	1.15
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzuleq]	733.13
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzulmax]	1099.69
fw * pzul / peq		6.95
fL * pzul / pmax		10.42
Required safety		1.00
Minimal safety		6.95

Remarks:

Pressure load: $p(eq,max) = k_{phib}(eq,max) \cdot k_1 \cdot T \cdot 2000 / (d_m \cdot l_{tr} \cdot h \cdot z)$

Coefficient for load direction changes according to DIN 6892:1998/ fig. 6

$pzuleq = fs \cdot fH \cdot fw \cdot (Rm, Rp)$

$pzulmax = fs \cdot fH \cdot fL \cdot (Rm, Rp)$

(Rm:for brittle material; Rp:for ductile material)

End of Report

lines: 90

PŘÍLOHA č. 10

Kontrola spoje rovnobokým drážkováním - kolo 2 (KISSsoft)

Name : spoj_2-2
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 11:58:18

Important hint: At least one warning has occurred during the calculation:

1-> For the raw diameter (290 mm) of the material (18CrNiMo7-6)
 the database has no values
 for tensile stress and yield point !
 Guessed values are assumed.
 For the input of material data:
 Call the KISSsoft database tool in the menu Extras

Straight-sided spline [M02b]

Calculation method: G.Niemann, Maschinenelemente I, 4th Edition, 2005.

Label	DIN ISO 14:1986 (Light series)	
Inner diameter (mm)	[d1]	92.00
External diameter (mm)	[d2]	98.00
Medium diameter (mm)	[dm]	95.00
Number of keys	[nK]	10.00
Width (mm)	[b]	14.00
Height of key (mm)	[h]	3.00
Supporting length (mm)	[ltr]	55.00
Length factor	[k1]	1.05
Participation factor (equivalent)	[kphibeq]	1.30
Participation factor (maximum load)	[kphibmax]	1.10
Nominal torque (Nm)	[Tnenn]	4311.00
Application factor	[KA]	1.50
Service torque (Nm)	[Teq]	6466.50
Maximum torque (Nm)	[Tmax]	6466.50
Number of load peaks	[NL]	1000000
Torque curve: No alternating torque		
Load direction changing coefficient	[fw]	1.00
Manufacturing tolerances according to Niemann		H7

Shaft

Material	E335 (St60.2)	
Type	Structural steel	
Treatment	untreated	
Tensile strength (N/mm ²)	[Rm]	570.00 (d=80-100mm)
Yield point (N/mm ²)	[Rp]	295.00 (d=80-100mm)
Pressure stress (equiv. load) (N/mm ²)	[peq]	112.19
Pressure stress (maxim. load) (N/mm ²)	[pmax]	112.19
Support factor	[fs]	1.20
Load peak coefficient	[fL]	1.13
Hardness influence coefficient	[fH]	1.00

Permissible pressure (N/mm ²)	[pzuleq]	354.00
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzulmax]	398.25
fw * pzul / peq		3.16
fL * pzul / pmax		3.55
Required safety		1.00
Minimal safety		3.16

Hub

Material		18CrNiMo7-6
Type		Case-carburized steel
Treatment		case-hardened
Tensile strength (N/mm ²)	[Rm]	600.00 (d= 0- 0mm)
Yield point (N/mm ²)	[Rp]	425.00 (d= 0- 0mm)
Small external diameter (mm)	[D1]	280.00
Big external diameter (mm)	[D2]	280.00
Width of hub-part with D2 (mm)	[c]	55.00
Equivalent diameter hub (mm)	[D]	280.00
Distance a0 (mm)	[a0]	25.00
Pressure stress (equiv. load) (N/mm ²)	[peq]	112.19
Pressure stress (maxim. load) (N/mm ²)	[pmax]	112.19
Support factor	[fs]	1.50
Load peak coefficient	[fL]	1.13
Hardness influence coefficient	[fH]	1.15
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzuleq]	733.13
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzulmax]	824.77
fw * pzul / peq		6.53
fL * pzul / pmax		7.35
Required safety		1.00
Minimal safety		6.53

Remarks:

Pressure load: $p(eq,max) = k_{phib}(eq,max) \cdot k_1 \cdot T \cdot 2000 / (d_m \cdot l_{tr} \cdot h \cdot z)$

Coefficient for load direction changes according to DIN 6892:1998/ fig. 6

$pzuleq = fs \cdot fH \cdot fw \cdot (Rm, Rp)$

$pzulmax = fs \cdot fH \cdot fL \cdot (Rm, Rp)$

(Rm:for brittle material; Rp:for ductile material)

End of Report

lines: 90

PŘÍLOHA č. 11

Kontrola spoje rovnobokým drážkováním - kolo 3 (KISSsoft)

Name : spoj_2-3
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 11:58:41

Straight-sided spline [M02b]

Calculation method: G.Niemann, Maschinenelemente I, 4th Edition, 2005.

Label	DIN ISO 14:1986 (Light series)	
Inner diameter (mm)	[d1]	92.00
External diameter (mm)	[d2]	98.00
Medium diameter (mm)	[dm]	95.00
Number of keys	[nK]	10.00
Width (mm)	[b]	14.00
Height of key (mm)	[h]	3.00
Supporting length (mm)	[ltr]	65.00
Length factor	[k1]	1.06
Participation factor (equivalent)	[kphibeq]	1.30
Participation factor (maximum load)	[kphibmax]	1.10
Nominal torque (Nm)	[Tnenn]	5360.00
Application factor	[KA]	1.50
Service torque (Nm)	[Teq]	8040.00
Maximum torque (Nm)	[Tmax]	8040.00
Number of load peaks	[NL]	1000
Torque curve: No alternating torque		
Load direction changing coefficient	[fw]	1.00
Manufacturing tolerances according to Niemann		H7

Shaft

Material	E335 (St60.2)	
Type	Structural steel	
Treatment	untreated	
Tensile strength (N/mm ²)	[Rm]	570.00 (d=80-100mm)
Yield point (N/mm ²)	[Rp]	295.00 (d=80-100mm)
Pressure stress (equiv. load) (N/mm ²)	[peq]	119.39
Pressure stress (maxim. load) (N/mm ²)	[pmax]	119.39
Support factor	[fs]	1.20
Load peak coefficient	[fL]	1.50
Hardness influence coefficient	[fH]	1.00
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzuleq]	354.00
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzulmax]	531.00
fw * pzul / peq		2.96
fL * pzul / pmax		4.45
Required safety		1.00
Minimal safety		2.96

Hub

Material		C45 (1)
Type		Through hardened steel
Treatment		unalloyed, through hardened
Tensile strength (N/mm ²)	[Rm]	590.00 (d=100-250mm)
Yield point (N/mm ²)	[Rp]	345.00 (d=100-250mm)
Small external diameter (mm)	[D1]	212.00
Big external diameter (mm)	[D2]	212.00
Width of hub-part with D2 (mm)	[c]	65.00
Equivalent diameter hub (mm)	[D]	212.00
Distance a0 (mm)	[a0]	30.00
Pressure stress (equiv. load) (N/mm ²)	[peq]	119.39
Pressure stress (maxim. load) (N/mm ²)	[pmax]	119.39
Support factor	[fs]	1.50
Load peak coefficient	[fL]	1.50
Hardness influence coefficient	[fH]	1.00
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzuleq]	517.50
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzulmax]	776.25
fw * pzul / peq		4.33
fL * pzul / pmax		6.50
Required safety		1.00
Minimal safety		4.33

Remarks:

Pressure load: $p(eq,max) = k_{\text{phib}}(eq,max) \cdot k_1 \cdot T \cdot 2000 / (d_m \cdot l_{tr} \cdot h \cdot z)$

Coefficient for load direction changes according to DIN 6892:1998/ fig. 6

$pzuleq = fs \cdot fH \cdot fw \cdot (Rm, Rp)$

$pzulmax = fs \cdot fH \cdot fL \cdot (Rm, Rp)$

(Rm:for brittle material; Rp:for ductile material)

End of Report

lines: 90

PŘÍLOHA č. 12

Kontrola spoje těsným perem - kolo 4 (KISSsoft)

KISSsoft academic license for Uni Pilsen

File

Name : spoj_3-4
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 11:59:57

Important hint: At least one warning has occurred during the calculation:

1-> DIN6892:

As length for the calculation the shorter length of shaft and hub is taken.

Keys [M02a]

Calculation method: DIN 6892-B:2012

Label	DIN 6885.1:1968 Default	
Key width (mm)	[b]	28.00
Key height (mm)	[h]	16.00
Chamfer (mean value) (mm)	[r]	0.70
Shaft diameter (mm)	[d]	100.00
Nominal torque (Nm)	[T]	1100.00
Application factor	[KA]	1.50
equivalent torque (Nm)	[Teq]	1650.00
Maximum torque (Nm)	[Tmax]	1650.00
Minimal frictional torque for interference fit (Nm)	[TRmin]	0.00
Torque curve: No alternating torque		
Number of load peaks	[NL]	1000000
Number of change of load direction	[NW]	1
Load direction changing coefficient	[fw]	1.00
Number of keys	[i]	1
Load factor	[phi]	1.00
equivalent circumferential stress (N)	[Feq]	33000.00
Maximal circumferential force (N)	[Fmax]	33000.00
Contact coefficient for equivalent surface pressure	[Kneq]	1.00
Contact coefficient for maximal surface pressure	[Knmax]	1.00
Help coefficient	[Kle]	1.050
Load distribution coefficient	[KI]	1.050
Friction factor	[KReq]	1.000
Friction factor	[KR]	1.000

Shaft

Material	C45 (1)	
Type	Through hardened steel	
Treatment	unalloyed, through hardened	
Tensile strength (N/mm ²)	[Rm]	590.00 (d=100-250mm)
Yield point (N/mm ²)	[Re]	345.00 (d=100-250mm)

Groove depth shaft (minimal value) (mm)	[t1]	10.00
Chamfer on shaft (mm)	[s1]	0.01
Supporting key length (mm)	[ltr]	42.00
Supporting key height (mm)	[t1tr]	7.29
Pressure stress (N/mm ²)	[peq]	113.21
Pressure stress (N/mm ²)	[pmax]	113.21
Support factor	[fs]	1.30
Hardness influence coefficient	[fH]	1.00
Permissible surface pressure (N/mm ²)	[pzul]	448.50
Load peak frequency coefficient	[fL]	1.20
Load direction changing coefficient	[fw]	1.00
Required safety against flow (fw * pzul / peq)	[SFeq]	3.96
Required safety against flow (fL * pzul / pmax)	[SFmax]	4.75
Minimal safety	[SF]	3.96

Hub

Material	18CrNiMo7-6	
Type	Case-carburized steel	
Treatment	case-hardened	
Tensile strength (N/mm ²)	[Rm]	900.00 (d=40-100mm)
Yield point (N/mm ²)	[Re]	640.00 (d=40-100mm)
Groove depth hub (minimal value) (mm)	[t2]	6.40
Chamfer on hub (mm)	[s2]	0.01
Supporting key length (mm)	[ltr]	100.00
Supporting key height (mm)	[t2tr]	7.29
Small outside diameter of hub (mm)	[D1]	212.00
Big outside diameter of hub (mm)	[D2]	212.00
Width of hub-part with D2 (mm)	[c]	42.00
Equivalent diameter hub (mm)	[D]	212.00
Distance a0 (Figure 2, DIN 6892) (mm)	[a0]	21.00
Pressure stress (N/mm ²)	[peq]	113.12
Pressure stress (N/mm ²)	[pmax]	113.12
Support factor	[fs]	1.50
Hardness influence coefficient	[fH]	1.15
Permissible surface pressure (N/mm ²)	[pzul]	1104.00
Load peak frequency coefficient	[fL]	1.20
Load direction changing coefficient	[fw]	1.00
Required safety against flow (fw * pzul / peq)	[SFeq]	9.76
Required safety against flow (fw * pzul / pmax)	[SFmax]	11.71
Minimal safety	[SF]	9.76

Key

Material	E335 (St60.2)	
Type	Structural steel	
Treatment	untreated	
Tensile strength (N/mm ²)	[Rm]	570.00 (d=16-40mm)
Yield point (N/mm ²)	[Re]	325.00 (d=16-40mm)
Pressure stress (N/mm ²)	[peq]	113.21 / 113.12
Pressure stress (N/mm ²)	[pmax]	113.21 / 113.12
Support factor	[fs]	1.10
Hardness influence coefficient	[fH]	1.00
Permissible surface pressure (N/mm ²)	[pzul]	357.50

Load peak frequency coefficient	[fL]	1.20
Load direction changing coefficient	[fw]	1.00
Required safety against flow (fw * pzul / peq)	[SFeq]	3.16
Required safety against flow (fL * pzul / pmax)	[SFmax]	3.79
Minimal safety	[SF]	3.16
Cross section area (mm ²)	[b*ltr]	1176.00
Shear stress (N/mm ²)	[tau]	28.06

Remarks:

Safety = Minimum (fw*pzul/peq, fL*pzul/pmax)

Condition according to DIN 6892 Safety >= 1.0

Chamfer on key: Mean value as in examples in DIN 6892

Groove depth: Minimum value as in examples in DIN 6892

End of Report

lines: 127

PŘÍLOHA č. 13

Kontrola spoje rovnobokým drážkováním - kolo 5 (KISSsoft)

KISSsoft academic license for Uni Pilsen

File

Name : spoj_4-5
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 12:02:07

Important hint: At least one warning has occurred during the calculation:

1-> For the raw diameter (220 mm) of the material (18CrNiMo7-6)
 the database has no values
 for tensile stress and yield point !
 Guessed values are assumed.
 For the input of material data:
 Call the KISSsoft database tool in the menu Extras

Straight-sided spline [M02b]

Calculation method: G.Niemann, Maschinenelemente I, 4th Edition, 2005.

Label	DIN ISO 14:1986 (Light series)	
Inner diameter (mm)	[d1]	102.00
External diameter (mm)	[d2]	108.00
Medium diameter (mm)	[dm]	105.00
Number of keys	[nK]	10.00
Width (mm)	[b]	16.00
Height of key (mm)	[h]	3.00
Supporting length (mm)	[ltr]	80.00
Length factor	[k1]	1.07
Participation factor (equivalent)	[kphibeq]	1.30
Participation factor (maximum load)	[kphibmax]	1.10
Nominal torque (Nm)	[Tnenn]	5000.00
Application factor	[KA]	1.50
Service torque (Nm)	[Teq]	7500.00
Maximum torque (Nm)	[Tmax]	7500.00
Number of load peaks	[NL]	1000000
Torque curve: No alternating torque		
Load direction changing coefficient	[fw]	1.00
Manufacturing tolerances according to Niemann		H7

Shaft

Material	E335 (St60.2)	
Type	Structural steel	
Treatment	untreated	
Tensile strength (N/mm ²)	[Rm]	550.00 (d=100-150mm)
Yield point (N/mm ²)	[Rp]	275.00 (d=100-150mm)
Pressure stress (equiv. load) (N/mm ²)	[peq]	82.52
Pressure stress (maxim. load) (N/mm ²)	[pmax]	82.52
Support factor	[fs]	1.20
Load peak coefficient	[fL]	1.13
Hardness influence coefficient	[fH]	1.00

Permissible pressure (N/mm ²)	[pzuleq]	330.00
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzulmax]	371.25
fw * pzul / peq		4.00
fL * pzul / pmax		4.50
Required safety		1.00
Minimal safety		4.00

Hub

Material		18CrNiMo7-6
Type		Case-carburized steel
Treatment		case-hardened
Tensile strength (N/mm ²)	[Rm]	600.00 (d= 0- 0mm)
Yield point (N/mm ²)	[Rp]	425.00 (d= 0- 0mm)
Small external diameter (mm)	[D1]	212.00
Big external diameter (mm)	[D2]	212.00
Width of hub-part with D2 (mm)	[c]	80.00
Equivalent diameter hub (mm)	[D]	212.00
Distance a0 (mm)	[a0]	50.00
Pressure stress (equiv. load) (N/mm ²)	[peq]	82.52
Pressure stress (maxim. load) (N/mm ²)	[pmax]	82.52
Support factor	[fs]	1.50
Load peak coefficient	[fL]	1.13
Hardness influence coefficient	[fH]	1.15
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzuleq]	733.13
Permissible pressure (N/mm ²)	[pzulmax]	824.77
fw * pzul / peq		8.88
fL * pzul / pmax		9.99
Required safety		1.00
Minimal safety		8.88

Remarks:

Pressure load: $p(eq,max) = k_{phib}(eq,max) \cdot k_1 \cdot T \cdot 2000 / (d_m \cdot l_{tr} \cdot h \cdot z)$

Coefficient for load direction changes according to DIN 6892:1998/ fig. 6

$pzuleq = fs \cdot fH \cdot fw \cdot (Rm, Rp)$

$pzulmax = fs \cdot fH \cdot fL \cdot (Rm, Rp)$

(Rm:for brittle material; Rp:for ductile material)

End of Report

lines: 90

PŘÍLOHA č. 14

Kontrola radiální jehlové klece (KISSsoft)

KISSsoft academic license for Uni Pilsen

File

Name : jehly_rad-110
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 12:04:01

ROLLING BEARING ANALYSIS

Calculation method: ISO 281:2007 und Herstellerangaben
 - With constant a23-factor (1.0)

General data:

Speed (1/min)	10.000
Axial force (N)	0.000
Required service life (h)	10000.000

Rolling bearing No. 1:

Bearing type	INA K110X117X24		
Type	Needle cage		
Only radial load			
Radial force (N)	[Fr]	15000.000	
Axial force (N)	[Fa]	0.000	
Inner diameter (mm)	[d]	110.000	
External diameter (mm)	[D]	117.000	
Width (mm)	[B]	24.000	
Basic dynamic load rating (kN)	[C]	56.000	
Basic static load rating (kN)	[C0]	158.000	
Speed limit (oil) (1/min)	[n.max]	4300	
Dynamic equivalent load (N)	[P]	15000.000	
Static equivalent load (N)	[P0]	15000.000	
Torque of friction (Nmm)	[M]	90.677	

The factors used to calculate the torque loss have been assumed for this bearing.

Service life (h)	[Lh]	134535.834
Static safety factor	[S0]	10.533

Torque of friction M is calculated according to the indications in the SKF catalog 2004..

End of Report

lines: 45

PŘÍLOHA č. 15

Kontrola kontrola axiální jehlové klece (KISSsoft)

KISSsoft academic license for Uni Pilsen

File

Name : jehly_ax-100135
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 12:03:08

ROLLING BEARING ANALYSIS

Calculation method: ISO 281:2007 und Herstellerangaben
 - With constant a23-factor (1.0)

General data:

Speed (1/min)	10.000
Axial force (N)	40000.000
Required service life (h)	10000.000

Rolling bearing No. 1:

Bearing type	SKF AXK100135
Type	Thrust needle cage
Radial and axial load	
Radial force (N)	[Fr] 0.000
Axial force (N)	[Fa] 40000.000
Inner diameter (mm)	[d] 100.000
External diameter (mm)	[D] 135.000
Width (mm)	[B] 4.000
Basic dynamic load rating (kN)	[C] 76.500
Basic static load rating (kN)	[C0] 560.000
Speed limit (oil) (1/min)	[n.max] 2800
Dynamic equivalent load (N)	[P] 40000.000
Static equivalent load (N)	[P0] 40000.000
Torque of friction (Nmm)	[M] 312.638

The factors used to calculate the torque loss have been assumed for this bearing.

Service life (h)	[Lh] 14471.723
Static safety factor	[S0] 14.000

Torque of friction M is calculated according to the indications in the SKF catalog 2004..

End of Report

lines: 45

PŘÍLOHA č. 16

Kontrola svazku talířových pružin (KISSsoft)

Name : predepnuti_brzda
 Changed by: kratochv on: 12.05.2015 at: 12:20:41

Disk springs [F040]

Calculation method: DIN 2092:2006

INPUTS:

Spring geometry

DIN 2093:2006 Series A (hard)

Inner diameter (mm)	[Di]	18.300 H12
External diameter (mm)	[De]	35.500 h12
Spring force of singular spring (s=0.75*h0) (N)	[Fn]	5221.906
Spring travel of singular spring (s=0.75*h0) (N)	[sne]	0.600
Length of relaxes spring (mm)	[L0e]	2.800
Thickness of a single disk (mm) (without support area)	[t]	2.000
Number of springs per package	[n]	2.000
Number of packages per column	[i]	12.000

Material

Material	51CrV4 (DIN EN 10089)	
Young's modulus at 20°C (N/mm²)	[E20]	206000.000
Poisson's ratio	[ny]	0.310
Young's modulus depending on temperature (1/°C)	[alphaE]	-0.00028
Young's modulus at service temperature (N/mm²)	[E]	206000.000

Load

Lower spring force (N)	[F1]	4000.000
Higher spring force (N)	[F2]	7569.000
Operating temperature (°C) static or quasistatic loading	[TB]	20.000

RESULTS OF SINGLE SPRING:

Properties:		
Diameter ratio	[delta]	1.940
Coefficient K1	[K1]	0.682
Coefficient K2	[K2]	1.206
Coefficient K3	[K3]	1.354

Coefficient K4	[K4]	1.000
Lower force for a single spring (N)	[F1e]	2000.000
Higher force for a single spring (N)	[F2e]	3784.500
Force when flat (s=h0) (N)	[Fce]	6792.724
Stress in the middle SigmaOM (N/mm ²)	[sigmaom]	-857.444
Stress at point 1 (N/mm ²)	[sigma1]	-1534.852
Stress at point 2 (N/mm ²)	[sigma2]	897.581
Stress at point 3 (N/mm ²)	[sigma3]	831.658
Stress at point 4 (N/mm ²)	[sigma4]	-422.245
Spring rate with s1e (N/mm)	[R1e]	8905.036
Spring rate with s2e (N/mm)	[R2e]	8264.184
Spring work with s1e (N/mm)	[W1e]	217.768
Spring work with s2e (N/mm)	[W2e]	825.406
Spring travel of singular spring (mm)	[s1e]	0.214
Spring travel of singular spring (mm)	[s2e]	0.423
Force on singular spring (N)	[F1e]	2000.000
Force on singular spring (N)	[F2e]	3784.500
Length with force F1 (mm)	[L1e]	2.586
Length with force F2 (mm)	[L2e]	2.377

RESULTS OF WHOLE SPRING SYSTEM:

Total length at unloaded state (mm)	[L0]	57.600
Total length with load F1 (mm)	[L1]	55.032
Total length with load F2 (mm)	[L2]	52.524
Spring rate with s1 (N/mm)	[R1]	1484.173
Spring rate with s2 (N/mm)	[R2]	1377.364
Spring work with s1 (N/mm)	[W1]	5226.427
Spring work with s2 (N/mm)	[W2]	19809.744
Spring travel with force F1 (mm)	[s1]	2.568
Spring travel with force F2 (mm)	[s2]	5.076
Spring travel with force Fn (mm)	[sn]	7.200
Spring travel with force Fc (mm)	[sc]	9.600
Force on the system (N)	[F1]	4000.000
Force on the system (N)	[F2]	7569.000
Usable force (N)	[Fn]	10443.813
Force when flat (s=h0) (N)	[Fc]	13585.447
Utilization of spring travel (%)	[AW]	70.500
Utilization of spring force (%)	[AusF]	72.474

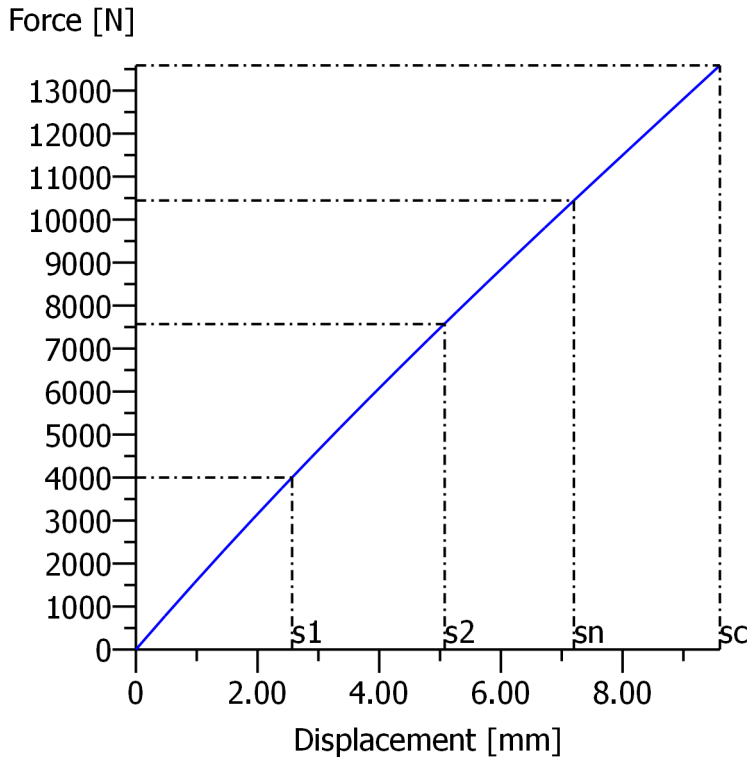


Figure: Force-Travel Diagram

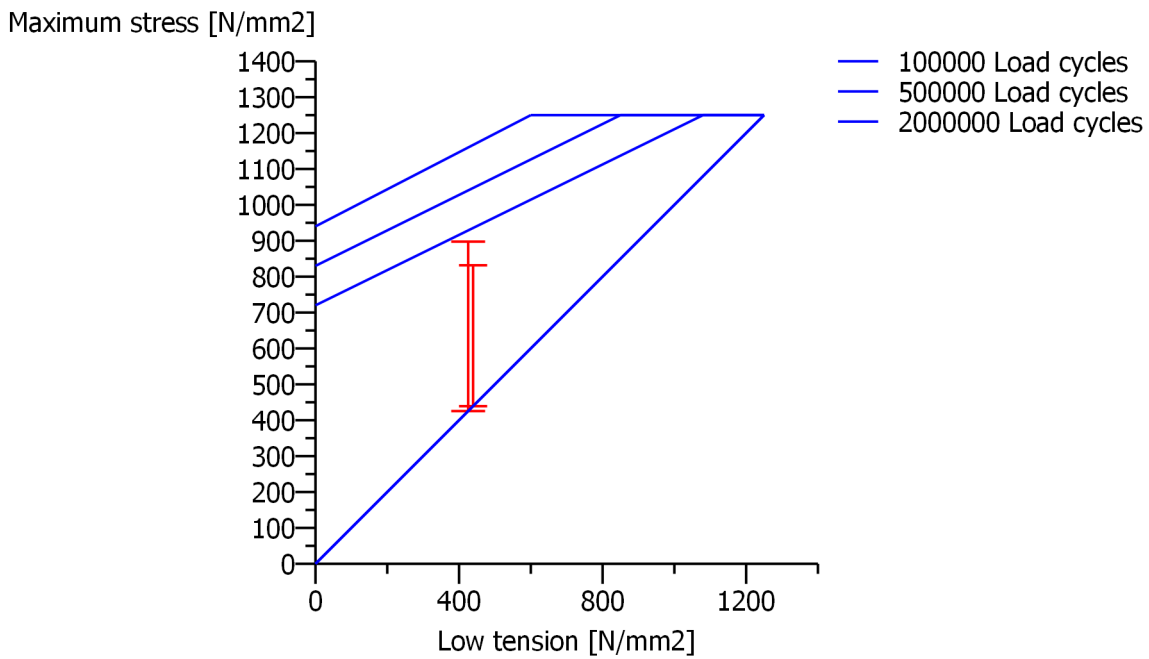


Figure: Goodman Diagram

PŘÍLOHA č. 17

Brzdové obložení

TECHNICKÝ LIST FRENOS SAULEDA FAG-M – třecí materiál pro průmyslové účely

Popis:

FAG-M je bezasbestový třecí materiál vyvinutý pro použití v průmyslu. Velice tuhý materiál vyráběný technologií lisování. Jeho hlavní výhodou je tvrdost a mechanická stabilita, odolnost vůči vysokým teplotám a nízké opotřebení. Materiál obsahuje především mix fenolických rezinů s NBR systémem, krátké vlákna, modifikátory tření, kovové části a pojiva.

Použití:

Převodové kotouče
Bloky pro lisy
Elektromagnetické brzdy
Brzdové desky pro jeřáby

Adhesiva:

Použití jakéhokoliv teplem tvrditelného lepidla je doporučeno

Kompatibilita:

Doporučeno použití protikusů z vysoce kvalitní oceli s tvrdostí Brinell 150-200.

Provozní podmínky:

Kontaktní tlak: $p = 0,3 \text{ ----- } 1,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Kluzná rychlost: $v = \text{do } 15 \text{ m/s}$

Doporučené provozní teploty:

Maximální (krátkodobá): do 350 °C
Maximální (dlouhodobá): do 250 °C

Fyzikální vlastnosti:

Hustota: 1.80-1.90
Tvrdost: 85-90 (SHORE-D)
Extrakty acetonu: <1%

Mechanické vlastnosti:

Stabilita stříhu: 11.26 N/mm²
Tlakový stříh: 111 (N/mm²; 10%; UNE 53205)
Maximální tlakový stříh: 159.5 (UNE 53205; N/mm²)

Třecí vlastnosti:

Koeficient tření: 0.45 +/- 0.05
Koeficient opotřebení: 35-45 mm³/Kwh ; @79N,7 m/s; F.A.S.T.

FAST test (max.teploty):

F=79N; v = 7 m/s; t = 90 min < 250 °C
F=100N; v = 11m/s; t = 55 min < 320 °C

Doporučené provozní teploty (max):

Dlouhodobá teplota 250 °C
Krátkodobá teplota 350 °C



PŘÍLOHA č. 18

Kontrola přírub (BSPOJ)

```

*****
*
*          SPOJENI PLOCH SROUBY,KOLIKY, PERY A DALSI. NOSN. PRVKY
*
*      Opera
*
*      Kratochvil      .      01-01-88
*
*****
*
*
*      ZADANE HODNOTY
*      #####
*
*      SOURADNICE BODU VNEJSIHO OBVODU :
*
*          X ( 1, 1) =      .0 mm      Y ( 1, 1) =      .0 mm
*          X ( 1, 2) =    120.0 mm      Y ( 1, 2) =      .0 mm
*          X ( 1, 3) =    120.0 mm      Y ( 1, 3) =    450.0 mm
*          X ( 1, 4) =      .0 mm      Y ( 1, 4) =    450.0 mm
*
*      SOURADNICE BODU OTVORU :
*
*          X ( 2, 1) =      .0 mm      Y ( 2, 1) =    50.0 mm
*          X ( 2, 2) =    120.0 mm      Y ( 2, 2) =    50.0 mm
*          X ( 2, 3) =    120.0 mm      Y ( 2, 3) =   400.0 mm
*          X ( 2, 4) =      .0 mm      Y ( 2, 4) =   400.0 mm
*
*
*      POCET VRSTEV SPOJ. MATERIALU : 2
*
*      1. VRSTVA :      TLOUSTKA      16.0 mm
*                      MODUL PRUZNOSTI V TAHU 210000. MPa
*                      MODUL PRUZNOSTI VE SMYKU 80500. MPa
*                      POISSONOVO CISLO      .30
*
*      2. VRSTVA :      TLOUSTKA      30.0 mm
*                      MODUL PRUZNOSTI V TAHU 210000. MPa
*                      MODUL PRUZNOSTI VE SMYKU 80500. MPa
*                      POISSONOVO CISLO      .30
*
*
*      SROUB :      PRUMER ZAVITU      24.0 mm
*                  STOUPANI      3.0 mm
*                  DELKA MATICE      45.0 mm
*                  MATERIAL SROUBU      8G
*                  PEVNOST MATERIALU      780. MPa
*
*      PREDEPNUTI SROUBU      78558.6 N
*      UTAHOVACI MOMENT      483.6 Nm
*
*      ZADANE SOURADNICE SROUBU :
*
*          X ( 1, 1) =    15.0 mm      Y ( 1, 1) =    25.0 mm
*          X ( 1, 2) =    60.0 mm      Y ( 1, 2) =    25.0 mm
*          X ( 1, 3) =   105.0 mm      Y ( 1, 3) =    25.0 mm
*          X ( 1, 4) =   105.0 mm      Y ( 1, 4) =   420.0 mm
*          X ( 1, 5) =    60.0 mm      Y ( 1, 5) =   420.0 mm
*          X ( 1, 6) =    15.0 mm      Y ( 1, 6) =   420.0 mm
*
*
*      DALSI ZADANE NOSNE PRVKY      :
*
*****

```



```

*****
*
*          SPOJENI PLOCH SROUBY,KOLIKY, PERY A DALŠ. NOSN. PRVKY
*
*      Opera
*
*      Kratochvil .                01-01-88
*
*****
*
*      ZATIZENI SPOJOVANE PLOCHY :
*      #####
*
*      FX =      .0 N      FY =      12000.0 N      FZ =      9000.0 N
*      MX =      .0 Nm     MY =      .0 Nm     MZ =      .0 Nm
*
*      PUSOBISTE VNEJSICH SIL :
*      x =      60.0 mm     y =      225.0 mm     z =      200.0 mm
*
*
*      SOUCINITEĽ BEZPECNOSTI :
*
*          PROTI ODLEHNUTI      54.39
*          PROTI PROKLOUZNUTI   7.71
*
*
*      SOURADNICE STREDU PRUZNOSTI V NORMALNEM SMERU :
*          X =      60.0 mm     Y =      225.2 mm
*
*      SOURADNICE STREDU PRUZNOSTI V TECNEM SMERU :
*          X =      60.0 mm     Y =      227.2 mm
*
*
*      VYSLEDNE POSUNUTI V MISTE PUSOBISTE VNEJSIHO ZATIZENI
*      Dx =  -.3639E-11 mm
*      Dy =  .2717E-03 mm
*      Dz =  .7326E-04 mm
*
*
*      MAXIMALNI ZATIZENI A NAMAĽANI SPOJOVACICH PRVKU
*      #####
*
*
*      SROUBY :
*
*      _____
*
*      SOURAD. MAX. ZATIZENEHO SROUBU :  XS =      15.0 mm
*                                          YS =      25.0 mm
*
*
*      ZATIZENI SROUBU :  NORMALNE      78682. N
*                       TECNE          12. N
*
*
*      NAMAĽANI          TAHOVE          223.2 MPa
*                       OHYBOVE          .7 MPa
*                       NORMALNE        223.9 MPa
*                       SMYKOVE          .0 MPa
*                       TLAK V ZAVITU    62.2 MPa
*
*
*
*      ZATIZENI DALŠICH PRVKU
*      _____
*
*****

```



```

*****
*
*          SPOJENI PLOCH SROUBY,KOLIKY, PERY A DALSI. NOSN. PRVKY
*
*          Uchyceni snekoveho kola
*
*          Kratochvil      .      01-01-88
*
*****
*
*
*          ZADANE HODNOTY
*          #####
*
*          PRUMER SPOJOVANE PLOCHY      :      280. mm
*
*          POCET VRSTEV SPOJ. MATERIALU :      2
*
*          1. VRSTVA :          TLOUSTKA          45.0 mm
*                               MODUL PRUZNOSTI V TAHU      108000. MPa
*                               MODUL PRUZNOSTI VE SMYKU      42200. MPa
*                               POISSONOVO CISLO              .35
*
*          2. VRSTVA :          TLOUSTKA          15.0 mm
*                               MODUL PRUZNOSTI V TAHU      210000. MPa
*                               MODUL PRUZNOSTI VE SMYKU      80500. MPa
*                               POISSONOVO CISLO              .30
*
*
*          SROUB      :          PRUMER ZAVITU          10.0 mm
*                               STOUPANI                1.5 mm
*                               DELKA MATICE            60.0 mm
*                               MATERIAL SROUBU        8G
*                               PEVNOST MATERIALU      780. MPa
*
*          PREDEPNUTI SROUBU      12923.5 N
*          UTAHOVACI MOMENT        33.1 Nm
*
*          ZADANE SOURADNICE SROUBU :
*          X ( 1, 1) =      .0 mm          Y ( 1, 1) = 140.0 mm
*          X ( 1, 2) = -70.0 mm          Y ( 1, 2) = 121.0 mm
*          X ( 1, 3) = -121.0 mm         Y ( 1, 3) =  70.0 mm
*          X ( 1, 4) = -140.0 mm         Y ( 1, 4) =   .0 mm
*          X ( 1, 5) = -121.0 mm         Y ( 1, 5) = -70.0 mm
*          X ( 1, 6) = -70.0 mm          Y ( 1, 6) = -121.0 mm
*          X ( 1, 7) =   .0 mm           Y ( 1, 7) = -140.0 mm
*          X ( 1, 8) =  70.0 mm           Y ( 1, 8) = -121.0 mm
*          X ( 1, 9) = 121.0 mm           Y ( 1, 9) = -70.0 mm
*          X ( 1,10) = 140.0 mm           Y ( 1,10) =   .0 mm
*          X ( 1,11) = 121.0 mm           Y ( 1,11) =  70.0 mm
*          X ( 1,12) =  70.0 mm           Y ( 1,12) = 121.0 mm
*
*
*          DALSI ZADANE NOSNE PRVKY      :
*
*
*
*
*
*
*
*
*
*
*
*****

```



```

*****
*
*          SPOJENI PLOCH SROUBY,KOLIKY, PERY A DALŠ. NOSN. PRVKY
*
*          Uchycení snekoveho kola
*
*          Kratochvil .                01-01-88
*
*****
*
*          ZATIZENI SPOJOVANE PLOCHY :
*          #####
*
*          1. ZATIZENI SPOJOVANE PLOCHY :
*
*          FX =          .0 N      FY =          .0 N      FZ =      8000.0 N
*          MX =          .0 Nm     MY =          .0 Nm     MZ =      1600.0 Nm
*
*          PUSOBISTE VNEJSICH SIL :
*          x =          .0 mm      y =          .0 mm      z =          .0 mm
*
*
*          SOUCINITEĽ BEZPECNOSTI :
*          PROTI PROTOCENI          2.71
*
*
*          SOURADNICE STREDU PRUZNOSTI V NORMALNEM SMERU :
*          X =          .0 mm      Y =          .0 mm
*
*          SOURADNICE STREDU PRUZNOSTI V TECNEM SMERU :
*          X =          .0 mm      Y =          .0 mm
*
*
*          VYSLEDNE POSUNUTI V MISTE PUSOBISTE VNEJSIHO ZATIZENI
*          Dx =  -.1440E-09 mm
*          Dy =  .0000E+00 mm
*          Dz =  .3947E-04 mm
*
*
*          MAXIMALNI ZATIZENI A NAMAĽANI SPOJOVACICH PRVKU
*          #####
*
*
*          SROUBY :
*
*          _____
*
*          SOURAD. MAX. ZATIZENEHO SROUBU :  XS =          .0 mm
*                                           YS =      140.0 mm
*
*          ZATIZENI SROUBU : NORMALNE      12929. N
*                           TECNE          0. N
*
*          NAMAĽANI          TAHOVE          223.0 MPa
*                           OHYBOVE          .2 MPa
*                           NORMALNE        223.1 MPa
*                           SMYKOVE          .0 MPa
*                           TLAK V ZAVITU    18.7 MPa
*
*
*          ZATIZENI DALŠICH PRVKU
*          _____
*
*****

```



```

*****
*
*          SPOJENI PLOCH SROUBY,KOLIKY, PERY A DALŠ. NOSN. PRVKY
*
*      Pripevneni frez.
*
*      Kratochvil      .          01-01-88
*
*****
*
*
*      ZADANE HODNOTY
*      #####
*
*          VNEJSI PRUMER SPOJOVANE PLOCHY      :      440. mm
*          VNITRNI PRUMER SPOJOVANE PLOCHY      :      395. mm
*
*      POCET VRSTEV SPOJ. MATERIALU :      2
*
*      1. VRSTVA :          TLOUSTKA          20.0 mm
*                          MODUL PRUZNOSTI V TAHU      210000. MPa
*                          MODUL PRUZNOSTI VE SMYKU      80500. MPa
*                          POISSONOVO CISLO          .30
*
*      2. VRSTVA :          TLOUSTKA          25.0 mm
*                          MODUL PRUZNOSTI V TAHU      210000. MPa
*                          MODUL PRUZNOSTI VE SMYKU      80500. MPa
*                          POISSONOVO CISLO          .30
*
*
*          SROUB      :      PRUMER ZAVITU          16.0 mm
*                          STOUPANI          2.0 mm
*                          DELKA MATICE          45.0 mm
*                          MATERIAL SROUBU          8G
*                          PEVNOST MATERIALU          780. MPa
*
*          PREDEPNUTI SROUBU      34914.9 N
*          UTAHOVACI MOMENT          143.3 Nm
*
*      ZADANE SOURADNICE SROUBU :
*      X ( 1, 1) =      .0 mm          Y ( 1, 1) = 210.0 mm
*      X ( 1, 2) = -80.0 mm          Y ( 1, 2) = 194.0 mm
*      X ( 1, 3) = -148.0 mm          Y ( 1, 3) = 148.0 mm
*      X ( 1, 4) = -194.0 mm          Y ( 1, 4) = 80.0 mm
*      X ( 1, 5) = -210.0 mm          Y ( 1, 5) =      .0 mm
*      X ( 1, 6) = -194.0 mm          Y ( 1, 6) = -80.0 mm
*      X ( 1, 7) = -148.0 mm          Y ( 1, 7) = -148.0 mm
*      X ( 1, 8) = -80.0 mm          Y ( 1, 8) = -194.0 mm
*      X ( 1, 9) =      .0 mm          Y ( 1, 9) = -210.0 mm
*      X ( 1, 10) = 80.0 mm          Y ( 1, 10) = -194.0 mm
*      X ( 1, 11) = 148.0 mm          Y ( 1, 11) = -148.0 mm
*      X ( 1, 12) = 194.0 mm          Y ( 1, 12) = -80.0 mm
*      X ( 1, 13) = 210.0 mm          Y ( 1, 13) =      .0 mm
*      X ( 1, 14) = 194.0 mm          Y ( 1, 14) = 80.0 mm
*      X ( 1, 15) = 148.0 mm          Y ( 1, 15) = 148.0 mm
*      X ( 1, 16) = 80.0 mm          Y ( 1, 16) = 194.0 mm
*
*
*      DALSI ZADANE NOSNE PRVKY      :
*
*
*
*****

```



```

*****
*
*          SPOJENI PLOCH SROUBY,KOLIKY, PERY A DALŠ. NOSN. PRVKY
*
*      Pripevneni frez.
*
*      Kratochvil      .          01-01-88
*
*****
*
*      ZATIZENI SPOJOVANE PLOCHY :
*      #####
*
*      FX =    14000.0 N      FY =    32000.0 N      FZ =   -18000.0 N
*      MX =         .0 Nm    MY =         .0 Nm    MZ =         .0 Nm
*
*      PUSOBISTE VNEJSICH SIL :
*      x =         .0 mm    y =         .0 mm    z =    880.0 mm
*
*
*      SOUCINITEĽ BEZPECNOSTI :
*
*          PROTI ODLEHNUTI      1.43
*          PROTI PROKLOUZNUTI   3.30
*
*
*      SOURADNICE STREDU PRUZNOSTI V NORMALNEM SMERU :
*          X =         .0 mm    Y =         .0 mm
*
*      SOURADNICE STREDU PRUZNOSTI V TECNEM SMERU :
*          X =    20.0 mm    Y =    45.8 mm
*
*
*      VYSLEDNE POSUNUTI V MISTE PUSOBISTE VNEJSIHO ZATIZENI
*      Dx =   .1618E-02 mm
*      Dy =   .3699E-02 mm
*      Dz =  -.5551E-04 mm
*
*
*      MAXIMALNI ZATIZENI A NAMAĽANI SPOJOVACICH PRVKU
*      #####
*
*
*      SROUBY :
*
*      _____
*
*      SOURAD. MAX. ZATIZENEHO SROUBU :   XS =   -80.0 mm
*                                          YS =  -194.0 mm
*
*      ZATIZENI SROUBU   :  NORMALNE   35314. N
*                        TECNE         2. N
*
*      NAMAĽANI          TAHOVE       225.4 MPa
*                        OHYBOVE       .5 MPa
*                        NORMALNE     225.9 MPa
*                        SMYKOVE       .0 MPa
*                        TLAK V ZAVITU  41.9 MPa
*
*
*      ZATIZENI DALŠICH PRVKU
*      _____
*
*****

```


PŘÍLOHA č. 19

Výpočet pohonu (PREV)

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 2

Loziska - zadani polohy

Souhmoti : 1.0 pocet lozisek : 2

c. oznaceni	I	sour.Z[mm]	podpera	maz.	uloz.
1	32220	I .00	.0	olej	ra)
2	32220	I 100.00	.0	olej	ra(

Obecna zatezna mista -zadani polohy

Souhmoti : 1.0 pocet OZM : 0

- VYPOCTOVE CLENENI NOSNEHO PROFILU SOUHMOTI

Souhmoti : 1.00

rez	h r i d e l Z[mm]	Dmax[mm]	Dmin[mm]	I zatezna mista I ozn. ZZM/OZM	I l o z i s k a I oznaceni typ loziska uloz.
1	-90.0	70.0	.0	I	I
2	-70.0	70.0	.0	I 8.09 spojka	I
3	-45.0	100.0	.0	I	I
4	.0	100.0	.0	I	I 32220 r.kuz.jr. ra)
5	27.0	98.0	.0	I	I
6	75.0	100.0	.0	I	I
7	100.0	100.0	.0	I	I 32220 r.kuz.jr. ra(
8	124.0	120.0	.0	I	I
9	132.0	110.0	.0	I	I
10	154.0	110.0	.0	I	I
11	174.0	110.0	.0	I 1.02 kuzel.k.	I
12	194.0	.0	.0	I	I

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 3

Prevodove prvky - popis

souhmoti : 1.00			pocet ZMZ :	2
Zakl. zatezne m.:	1	I Zakl. zatezne m.:		2
		I		
oznaceni :	8.	I oznaceni :		1.
spojka		I kuzelove kolo		
		I		
druh spojky :	obecna spojka	I pocet zubu :		17. [-]
		I norm. modul :		10.00 [mm]
		I uhel zaberu zubu:		20.00 [deg]
		I uhel sklonu zubu:		30.00 [deg]
		I sklon zubu :		pravy
		I sirka kola :		40.00 [mm]
		I material :		16420.40
		I drsnost :		1.60
		I uhel os :		90.00 [deg]
		I protikolo :		vpravo
		I ucinnost :		.96 [-]
		I		
		I		

LOZISKA - popis

souhmoti : 1.00			pocet lozisek :	2
lozisko :	1	I lozisko :		2
		I		
oznaceni :	32220	I oznaceni :		32220
vyrobce :	ZVL	I vyrobce :		ZVL
kuzelikove jednorade		I kuzelikove jednorade		
		I		
vnitrni prumer :	100. [mm]	I vnitrni prumer :		100. [mm]
vnejsi prumer :	180. [mm]	I vnejsi prumer :		180. [mm]
sirka :	49. [mm]	I sirka :		49. [mm]
unosnost dyn. :	355000. [N]	I unosnost dyn. :		355000. [N]
unosnost stat. :	464000. [N]	I unosnost stat. :		464000. [N]
mezni otacky :	3300. [1/min]	I mezni otacky :		3300. [1/min]
koef. X1 :	1.00 [-]	I koef. X1 :		1.00 [-]
koef. Y1 :	.00 [-]	I koef. Y1 :		.00 [-]
koef. X2 :	.40 [-]	I koef. X2 :		.40 [-]
koef. Y2 :	1.40 [-]	I koef. Y2 :		1.40 [-]
koef. X0 :	1.00 [-]	I koef. X0 :		1.00 [-]
koef. Y0 :	.80 [-]	I koef. Y0 :		.80 [-]
koef. e :	.42 [-]	I koef. e :		.42 [-]
		I		

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 5

1.02 kuzel.k. 1.01 -3376.0 I -34396.5 317.7 -24561.1

OBVODOVE RYCHLOSTI

zatez. misto I 8. I 1. I
 -----I-----I-----I
 obv.rych.[m/s] I .00 I 3.08 I

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 1.00 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]
32220	r. kuz.jr.	1.01	I -25453.4	-23871.5	34895.9	-12462.8
32220	r. kuz.jr.	1.01	I 59849.9	23553.8	64317.9	37023.9

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 1.00 pocet ZMZ : 2

p r e v o d. p r v k y			v y p o c t e n e h o d n o t y				
ozn.	typ	ms.zs	I pruhyb ux[mm]	uy[mm]	pruhyb uo[mm]	natoceni fio[rad]	natoceni fik[rad]
8.09	spojka	1.01	I -.304E-02	-.285E-02	.417E-02	.596E-04	.000E+00
1.02	kuzel.k.	1.01	I -.102E-01	-.112E-01	.152E-01	.266E-03	.131E-02

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 6

DEFORMACE v loziskach

Souhmoti : 1.00 pocet lozisek : 2
 l o z i s k o I vypoctene hodnoty
 oznaceni typ mst.zs I natoceni
 I fio [rad]

32220	r. kuz.jr.	1.01I	.5958E-04
.....			
32220	r. kuz.jr.	1.01I	.1167E-03

maximalni NAPETI

Souhmoti : 1.00
 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	2	-70.0	86.8
---	-----	---	-------	------

Maximalni DEFORMACE a NAPETI

Souhmoti : 1.00

 * velikina : m.st. stav poradi hodnota *
 * * * * * *
 * pruhyb uo v ZZM [mm] : 1 1 2 .152E-01 *
 * natoceni fio v ZZM [rad] : 1 1 2 .266E-03 *
 * natoceni fio v lozisku [rad] : 1 1 2 .117E-03 *
 * napeti [MPa] : 1 1 2 86.8 *

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 7

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 1.00

pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 32220A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 16.32 [-]
Trvanlivost loziska : 163182. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 153613. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 11.00 [-]

Staticka kontrola loziska 32220A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 10.34 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....
Dynamicka kontrola loziska 32220A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 1.14 [-]
Trvanlivost loziska : 11388. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 341424. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 11.00 [-]

Staticka kontrola loziska 32220A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 4.94 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 8

Souhmoti: 1.0 Spoj. prvek c.: 1
Prenos zatizeni od prev. prvku c.: 1

Rovnoboke drazkovani

Drazkovani z x d x D [mm] : 10 x 92 x 98
Sirka ozubeni b [mm] : 14
Delka drazkovani l [mm] : 40
Kroutici moment Mk[Nm] : 3376.000
Tlak p [MPa]: 118.456
Dovoleny tlak pd[MPa]: 120.000
p : vyhovuje

Skut. namahani Tau [MPa]: 12.692

Mez pevnosti Sigmapt[MPa]: 590.000
Mez kluzu Sigmakt[MPa]: 285.000

Souhmoti: 1.0 Prev. prvek c.: 1
Oznaceni prevod. prvku: 8

obecna spojka : neni pocitana

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 9

Blok + souhmoti :zadani

Blok : 1 pocet souhmoti : 4
Souhmoti : 2.0 souradny system :kartezky
ish I material souradnice pocatku (1.loz.)
I x[mm] y[mm] z[mm]
I
2 I 11700.00 .00 .00 .00
I

Rozmery nosneho profilu hridele - zadane

Souhmoti : 2.0 pocet rezu : 5
rez I Z[mm] Dmax[mm] Dmin[mm]
I
1 I -209.00 80.00 .00
2 I -99.00 100.00 .00
3 I 27.00 110.00 .00
4 I 185.00 90.00 .00
5 I 243.00 90.00 .00
I

z-tova sour. praveho konce hrid. : 270.00[mm]

Prevodove prvky - zadani polohy

Souhmoti : 2.0 pocet zaberu : 3
c. oznaceni I sour. Z[mm] uhel zaberu fi[deg]
I
1 10.04 I -110.00 180.00
2 3.04 I -70.00 180.00
3 2.01 I 185.00 .00
I

Loziska - zadani polohy

Souhmoti : 2.0 pocet lozisek : 2
c. oznaceni I sour.Z[mm] podpera maz. uloz.
I
1 32220 I .00 .0 olej ra(
2 32220 I 269.00 .0 olej ra)
I

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 10

Obecna zatezna mesta -zadani polohy

Souhmoti : 2.00 pocet OZM : 0

- VYPOCTOVE CLENENI NOSNEHO PROFILU SOUHMOTI

Souhmoti : 2.00

rez	h r i d e l Z[mm]	Dmax[mm]	Dmin[mm]	I zatezna mesta I ozn. ZYM/OZM	I l o z i s k a I oznaceni typ loziska uloz.
1	-209.0	80.0	.0	I	I
2	-110.0	80.0	.0	I 10.04 valc.vne.	I
3	-99.0	100.0	.0	I	I
4	-70.0	100.0	.0	I 3.04 valc.vne.	I
5	.0	100.0	.0	I	I 32220 r.kuz.jr. ra(
6	27.0	110.0	.0	I	I
7	185.0	90.0	.0	I 2.01 kuzel.k.	I
8	243.0	90.0	.0	I	I
9	269.0	90.0	.0	I	I 32220 r.kuz.jr. ra)
10	270.0	.0	.0	I	I

Prevodove prvky - popis

souhmoti : 2.00		pocet ZYM : 3	
Zakl. zatezne m.:	1	I Zakl. zatezne m.:	2
oznaceni :	10.	I oznaceni :	3.
celni kolo s vnejsim ozubenim		I celni kolo s vnejsim ozubenim	
pocet zubu :	33. [-]	I pocet zubu :	32. [-]
norm. modul :	6.00 [mm]	I norm. modul :	6.00 [mm]
uhel zaberu zubu:	20.00 [deg]	I uhel zaberu zubu:	20.00 [deg]
uhel sklonu zubu:	25.00 [deg]	I uhel sklonu zubu:	25.00 [deg]
sklon zubu :	levy	I sklon zubu :	levy
sirka kola :	18.00 [mm]	I sirka kola :	60.00 [mm]
material :	16420.40	I material :	16420.40
drsnost :	1.60	I drsnost :	1.60
druh korekce :	merny skluz	I druh korekce :	merny skluz
os.vzdal./j. kor:	220.00 [mm]/[-]	I os.vzdal./j. kor:	220.00 [mm]/[-]
presnost :	7 - 7 - 5 Dh/III	I presnost :	7 - 7 - 5 Dh/III
ucinnost :	.98 [-]	I ucinnost :	.98 [-]

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 11

Zakl. zatezne m.:	3	I
-----	-----	-----
oznaceni :	2.	I
kuzelove kolo		I
		I
pocet zubu :	24. [-]	I
norm. modul :	10.00 [mm]	I
uhel zaberu zubu:	20.00 [deg]	I
uhel sklonu zubu:	30.00 [deg]	I
sklon zubu :	levy	I
sirka kola :	40.00 [mm]	I
material :	16420.40	I
drsnost :	1.60	I
uhel os :	90.00 [deg]	I
protikolo :	vlevo	I
ucinost :	.98 [-]	I
		I
		I

LOZISKA - popis

souhmoti : 2.00			pocet lozisek : 2
lozisko :	1	I lozisko	: 2
-----	-----	-----	-----
oznaceni :	32220	I oznaceni :	32220
vyrobce :	ZVL	I vyrobce :	ZVL
kuzelikove jednorade		I kuzelikove jednorade	
		I	
vnitrni prumer :	100. [mm]	I vnitrni prumer :	100. [mm]
vnejsi prumer :	180. [mm]	I vnejsi prumer :	180. [mm]
sirka :	49. [mm]	I sirka :	49. [mm]
unosnost dyn. :	355000. [N]	I unosnost dyn. :	355000. [N]
unosnost stat. :	464000. [N]	I unosnost stat. :	464000. [N]
mezni otacky :	3300. [1/min]	I mezni otacky :	3300. [1/min]
koef. X1 :	1.00 [-]	I koef. X1 :	1.00 [-]
koef. Y1 :	.00 [-]	I koef. Y1 :	.00 [-]
koef. X2 :	.40 [-]	I koef. X2 :	.40 [-]
koef. Y2 :	1.40 [-]	I koef. Y2 :	1.40 [-]
koef. X0 :	1.00 [-]	I koef. X0 :	1.00 [-]
koef. Y0 :	.80 [-]	I koef. Y0 :	.80 [-]
koef. e :	.42 [-]	I koef. e :	.42 [-]
		I	

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 13

2.01 kuzel.k. 1.01 4576.0 I 33024.4 23581.4 305.0

OBVODOVE RYCHLOSTI

zatez. misto	I	10.	I	3.	I	2.	I
-----I-----I-----I-----I							
obv.rych.[m/s]	I	2.29	I	2.22	I	2.90	I

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	Fy	Fr	Fa
			I	[N]	[N]	[N]	[N]
32220	r. kuz.jr.	1.01	I	-17274.2	-63670.3	65972.0	23561.4
.....							
32220	r. kuz.jr.	1.01	I	15598.0	-12839.1	20202.5	-44143.9

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 2.00 pocet ZMZ : 3

p r e v o d. p r v k y		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]
10.04	valc.vne.	1.01	I	.959E-03	.172E-01	.172E-01	.163E-03	.000E+00
.....								
3.04	valc.vne.	1.01	I	.149E-02	.105E-01	.106E-01	.173E-03	.745E-04
.....								
2.01	kuzel.k.	1.01	I	-.588E-02	.191E-02	.618E-02	.270E-04	-.110E-02

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 15

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 2.00

pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 32220A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 2.76 [-]
Trvanlivost loziska : 27580. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 261849. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 16.50 [-]

Staticka kontrola loziska 32220A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 5.47 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....
Dynamicka kontrola loziska 32220A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 2.28 [-]
Trvanlivost loziska : 22763. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 277369. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 16.50 [-]

Staticka kontrola loziska 32220A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 8.36 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 16

o z u b e n a k o l a c e l n i

razitko pro kolo 10

=====

* ozubeni (CELNI,KUZELOVE)	i			celni	
* zuby (PRIME,SIKME,SIPOVE)	i			sikme	
* pocet zubu	i	z	i	33	
* i modul	i	m	i	6.00	
* 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 = 7.50	
* uhel sklonu bocni krivky zubu	i	beta	i	25 0 0	
* smysl stoupani bocni krivky zubu	i	-	i	levy	
* jednotkove posunuti	i	x	i	.4302	
* jednotkova zmena tloustky zubu	i	xt	i		
* stupen presnosti st sev 641-77	i			7 - 7 - 5 Dh/III	
* i tloustka zubu na tetive	i			9.98 -.059	
* i	i			-.122	
* i vyska hlavy zubu nad tetivou	i			6.45	
* kontr. i pres zub	i	W	i		
* rozmer i	i				
* i pres kulicky 0 7.00	i	M	i	224.96 -.202	
* i	i			-.299	
* modul celni	i	mt	i	6.62027	
* prumer zakladni kruznice	i	db	i	202.73	
* uhel sklonu bocni krivky zubu na zakl.valcii	i	betab	i	23 23 56	
* i	i				
* i	i				
* betaw15 = 24 16 35 dw15 = 211.31	i				

spoluzabirajici kolo

* cislo vykresu i	pocet zubu	i	vzdalenost os aw	i	uhel os
* i	32	i	220.00 + .035	i	0
* i		i	- .035	i	

prumery ozubeneho kola10 [mm]

=====

* roztecnny	218.47	mezni obvodove hazeni	.056
* patni	208.63		
* hlavovy	235.00		

zadana sirka 18.00 mm

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 17

o z u b e n a k o l a c e l n i

razitko pro kolo 4
=====

* ozubeni (CELNI,KUZELOVE) i celni *
* zuby (PRIME,SIKME,SIPOVE) i sikme *
* pocet zubu i z i 32 *
* i modul i m i 6.00 *
* 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 = 7.50 *
* uhel sklonu bocni krivky zubu i beta i 25 0 0 *
* smysl stoupani bocni krivky zubu i - i pravy *
* jednotkove posunuti i x i .4294 *
* jednotkova zmena tloustky zubu i xt i *
* stupen presnosti st sev 641-77 i 7 - 7 - 5 Dh/III *
* i tloustka zubu na tetive i i 9.98 -.059 *
* i i -.122 *
* i vyska hlavy zubu nad tetivou i i 6.44 *
* kontr. i pres 5 zubu i W i 85.03 -.055 *
* rozmer i i -.115 *
* i pres kulicky 0 7.00 i M i 218.57 -.202 *
* i i -.299 *
* modul celni i mt i 6.62027 *
* prumer zakladni kruznice i db i 196.59 *
* uhel sklonu bocni krivky zubu na zakl.valcii i betab i 23 23 56 *
* i i *
* i i *
* betaw15 = 24 16 35 dw15 = 204.90 i i *

spoluzabirajici kolo

* cislo vykresu i pocet zubu i vzdalenost os aw i uhel os *
* i 33 i 220.00 + .035 i 0 *
* i i - .035 i *

prumery ozubeneho kola 4 [mm]

=====

roztecný	211.85	mezni obvodove hazeni	.056
patni	202.00		
hlavovy	228.37		

zadana sirka 80.00 mm

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	
List : 18	

```

*****
*          pevnostni vypocet celnich ozubenych kol s vnejsim ozubenim          *
*                                                                                   *
*                                                                                   *
*          kolo 10          kolo 4          *
*          =====          =====          *
*
*  zadane parametry
*  =====
*
*  pocet zubu          33          32          *
*  normalny modul          [mm]          6.00          *
*  normalny uhel zaberu          [deg]          20.00          *
*  uhel sklonu zubu          [deg]          25.00          *
*  jednotkove posunuti          .430          .429          *
*  sirka          [mm]          18.00          80.00          *
*  souc.vysky hlavy hrebenov.nastroje          1.25          *
*  souc.polomeru zaobljeni hreb.nastr.          .38          *
*  material :          16420.4          16420.4          *
*  tepelne zpracovani          CEMENT.KAL.          CEMENT.KAL.          *
*  jakostni trida          MQ          MQ          *
*  pevnost v jadre          [Mpa]          932.          932.          *
*  mez kluzu          [Mpa]          735.          735.          *
*  mez unavy v ohybu          [Mpa]          700.          700.          *
*  mez unavy v dotyku          [Mpa]          1270.          1270.          *
*  tvrdost v jadre          [Hv]          300.          300.          *
*  tvrdost boku          [Hv]          650.          650.          *
*  min. tloustka tvrz. vrstvy          [mm]          .75          .75          *
*  presnost soukoli          7 - 7 - 5 Dh/III          *
*  str.aritm.uchyl.profilu(drsnost)[mkm]          1.60          1.60          *
*
*
*  soubor zatezovacich stavu na kole 10
*  .....
*  mk [Nm]          n [1/min]          tau[hod]          *
*  zakladni smysl toceni          *
*  1060.00          165.00          10000.00          *
*  opacny smysl toceni          *
*
*
*  vysledne hodnoty
*  =====
*
*          kolo 10          kolo 4          *
*          =====          =====          *
*
*  smerodatne zatizeni
*  moment [Nm]
*  ohyb          1060.0          1027.9          *
*  dotyk          1060.0          1027.9          *
*  obvodova rychlost [m/s]
*  ohyb          1.887          1.887          *
*  dotyk          1.887          1.887          *
*
*
*  soucinitele bezpecnosti :
*  .....
*          ohyb          *          3.34          5.57          *
*          dotyk          *          1.39          1.39          *
*
*****

```


Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 20

o z u b e n a k o l a c e l n i

razitko pro kolo 4
=====

* ozubeni (CELNI,KUZELOVE) i celni *
* zuby (PRIME,SIKME,SIPOVE) i sikme *
* pocet zubu i z i 32 *
* i modul i m i 6.00 *
* 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 = 7.50 *
* uhel sklonu bocni krivky zubu i beta i 25 0 0 *
* smysl stoupani bocni krivky zubu i - i pravy *
* jednotkove posunuti i x i .7522 *
* jednotkova zmena tloustky zubu i xt i *
* stupen presnosti st sev 641-77 i 7 - 7 - 5 Dh/III *
* i tloustka zubu na tetive i i 11.22 -.059 *
* i i -.122 *
* i vyska hlavy zubu nad tetivou i i 7.60 *
* kontr. i pres 5 zubu i W i 86.35 -.055 *
* rozmer i i -.115 *
* i pres kulicky 0 6.00 i M i 218.52 -.196 *
* i i -.291 *
* modul celni i mt i 6.62027 *
* prumer zakladni kruznice i db i 196.59 *
* uhel sklonu bocni krivky zubu na zakl.valcii i betab i 23 23 56 *
* i i *
* i i *
* betaw15 = 24 16 35 dw15 = 204.90 i i *

spoluzabirajici kolo

* cislo vykresu i pocet zubu i vzdalenost os aw i uhel os *
* i 32 i 220.00 + .035 i 0 *
* i i - .035 i *

prumery ozubeneho kola 4 [mm]

=====

roztecnny	211.85	mezni obvodove hazeni	.056
patni	205.88		
hlavovy	231.12		

zadana sirka 80.00 mm

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	
List : 21	

```

*****
*          pevnostni vypocet celnich ozubenych kol s vnejsim ozubenim          *
*                                                                                   *
*                                                                                   *
*          kolo 3          kolo 4          *
*          =====          =====          *
*
*  zadane parametry
*  =====
*
*  pocet zubu          32          32          *
*  normalny modul          [mm]          6.00          *
*  normalny uhel zaberu          [deg]          20.00          *
*  uhel sklonu zubu          [deg]          25.00          *
*  jednotkove posunuti          .752          .752          *
*  sirka          [mm]          60.00          80.00          *
*  souc.vysky hlavy hrebenov.nastroje          1.25          *
*  souc.polomeru zaobljeni hreb.nastr.          .38          *
*  material :          16420.4          16420.4          *
*  tepelne zpracovani          CEMENT.KAL.          CEMENT.KAL.          *
*  jakostni trida          MQ          MQ          *
*  pevnost v jadre          [Mpa]          932.          932.          *
*  mez kluzu          [Mpa]          735.          735.          *
*  mez unavy v ohybu          [Mpa]          700.          700.          *
*  mez unavy v dotyku          [Mpa]          1270.          1270.          *
*  tvrdost v jadre          [Hv]          300.          300.          *
*  tvrdost boku          [Hv]          650.          650.          *
*  min. tloustka tvrz. vrstvy          [mm]          .73          .73          *
*  presnost soukoli          7 - 7 - 5 Dh/III          *
*  str.aritm.uchyl.profilu(drsnost)[mkm]          1.60          1.60          *
*
*
*  soubor zatezovacich stavu na kole 3 (kolo 4 je mezikolo)
*  .....
*  mk [Nm]          n [1/min]          tau[hod]
*  zakladni smysl toceni
*  -5634.00          165.00          10000.00
*  opacny smysl toceni
*
*
*  vysledne hodnoty
*  =====
*
*          kolo 3          kolo 4          *
*          =====          =====          *
*
*  smerodatne zatizeni
*  moment [Nm]
*  ohyb          5634.0          5634.0          *
*  dotyk          5634.0          5634.0          *
*  obvodova rychlost [m/s]
*  ohyb          1.830          1.830          *
*  dotyk          1.830          1.830          *
*
*  soucinitele bezpecnosti :
*  .....
*          ohyb          *          2.46          2.07          *
*          dotyk          *          1.10          1.10          *
*          .....
*****

```


Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 23

Souhmoti: 2.0 Spoj. prvek c.: 1
Prenos zatizeni od prev. prvku c.: 3

Rovnoboke drazkovani

Drazkovani z x d x D [mm] : 10 x 92 x 98
Sirka ozubeni b [mm] : 14
Delka drazkovani l [mm] : 60
Kroutici moment Mk[Nm] : 5634.000
Tlak p [MPa]: 131.789
Dovoleny tlak pd[MPa]: 120.000
p : nevyhovuje

Skut. namahani Tau [MPa]: 14.120

Mez pevnosti Sigmapt[MPa]: 690.000
Mez kluzu Sigmakt[MPa]: 360.000

Souhmoti: 2.0 Spoj. prvek c.: 2
Prenos zatizeni od prev. prvku c.: 2

Rovnoboke drazkovani

Drazkovani z x d x D [mm] : 10 x 92 x 98
Sirka ozubeni b [mm] : 14
Delka drazkovani l [mm] : 40
Kroutici moment Mk[Nm] : 4576.000
Tlak p [MPa]: 160.561
Dovoleny tlak pd[MPa]: 120.000
p : nevyhovuje

Skut. namahani Tau [MPa]: 17.203

Mez pevnosti Sigmapt[MPa]: 690.000
Mez kluzu Sigmakt[MPa]: 360.000

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 24

Blok + souhmoti :zadani

Blok : 1 pocet souhmoti : 4
Souhmoti : 3.0 souradny system :kartezky
ish I material souradnice pocatku (1.loz.)
I x[mm] y[mm] z[mm]
I
3 I 12050.50 .00 .00 .00
I

Rozmery nosneho profilu hridele - zadane

Souhmoti : 3.0 pocet rezu : 4
rez I Z[mm] Dmax[mm] Dmin[mm]
I
1 I -16.00 65.00 .00
2 I 29.00 80.00 .00
3 I 132.00 100.00 .00
4 I 212.00 90.00 .00
I
z-tova sour. praveho konce hrid. : 262.00[mm]

Prevodove prvky - zadani polohy

Souhmoti : 3.0 pocet zaberu : 4
c. oznaceni I sour. Z[mm] uhel zaberu fi[deg]
I
1 11.05 I 121.00 180.00
2 4.10 I 144.00 .00
3 4.05 I 172.00 180.00
4 4.03 I 184.00 .00
I

Loziska - zadani polohy

Souhmoti : 3.0 pocet lozisek : 2
c. oznaceni I sour.Z[mm] podpera maz. uloz.
I
1 30218 I .00 .0 olej ra(
2 30318 I 236.00 .0 olej ra)
I

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 25

Obecna zatezna mesta -zadani polohy

Souhmoti : 3.0 pocet OZM : 0

- VYPOCTOVE CLENENI NOSNEHO PROFILU SOUHMOTI

Souhmoti : 3.00

rez	h r i d e l Z[mm]	Dmax[mm]	Dmin[mm]	I zatezna mesta I ozn. ZYM/OZM	I l o z i s k a I oznaceni typ loziska uloz.
1	-16.0	65.0	.0	I	I
2	.0	65.0	.0	I	I
3	29.0	80.0	.0	I	I 30218 r.kuz.jr. ra(
4	121.0	80.0	.0	I 11.05 valc.vne. I	I
5	132.0	100.0	.0	I	I
6	144.0	100.0	.0	I 4.10 valc.vne. I	I
7	172.0	100.0	.0	I 4.05 valc.vne. I	I
8	184.0	100.0	.0	I 4.03 valc.vne. I	I
9	212.0	90.0	.0	I	I
10	236.0	90.0	.0	I	I 30318 r.kuz.jr. ra)
11	262.0	.0	.0	I	I

Prevodove prvky - popis

souhmoti : 3.00		pocet ZZM : 2	
Zakl. zatezne m.:	1	I Zakl. zatezne m.:	2
oznaceni :	11.	I oznaceni :	4.
celni kolo s vnejsim ozubenim		I celni kolo s vnejsim ozubenim	
pocet zubu :	33. [-]	I pocet zubu :	32. [-]
norm. modul :	6.00 [mm]	I norm. modul :	6.00 [mm]
uhel zaberu zubu:	20.00 [deg]	I uhel zaberu zubu:	20.00 [deg]
uhel sklonu zubu:	25.00 [deg]	I uhel sklonu zubu:	25.00 [deg]
sklon zubu :	pravy	I sklon zubu :	pravy
sirka kola :	18.00 [mm]	I sirka kola :	80.00 [mm]
material :	16420.40	I material :	16420.40
drsnost :	1.60	I drsnost :	1.60
druh korekce :	merny skluz	I druh korekce :	merny skluz
os.vzdal./j. kor:	213.00 [mm]/[-]	I os.vzdal./j. kor:	220.00 [mm]/[-]
presnost :	7 - 7 - 5 Dh/III	I presnost :	7 - 7 - 5 Dh/III
ucinost :	.98 [-]	I ucinost :	.98 [-]

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 26

LOZISKA - popis

souhmoti : 3.00		pocet lozisek : 2
lozisko : 1	I lozisko	: 2
-----	-----	-----
oznaceni : 30218	I oznaceni	: 30318
vyrobce : ZVL	I vyrobce	: ZVL
kuzelikove jednorade	I kuzelikove jednorade	
-----	-----	-----
vnitrni prumer : 90. [mm]	I vnitrni prumer	: 90. [mm]
vnejsi prumer : 160. [mm]	I vnejsi prumer	: 190. [mm]
sirka : 33. [mm]	I sirka	: 47. [mm]
unosnost dyn. : 203000. [N]	I unosnost dyn.	: 355000. [N]
unosnost stat. : 242000. [N]	I unosnost stat.	: 391000. [N]
mezni otacky : 3800. [1/min]	I mezni otacky	: 3200. [1/min]
koef. X1 : 1.00 [-]	I koef. X1	: 1.00 [-]
koef. Y1 : .00 [-]	I koef. Y1	: .00 [-]
koef. X2 : .40 [-]	I koef. X2	: .40 [-]
koef. Y2 : 1.40 [-]	I koef. Y2	: 1.70 [-]
koef. X0 : 1.00 [-]	I koef. X0	: 1.00 [-]
koef. Y0 : .80 [-]	I koef. Y0	: 1.00 [-]
koef. e : .42 [-]	I koef. e	: .35 [-]
-----	-----	-----

ZATIZENI V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 3.00		pocet ZM : 4
Z a d a n e	h o d n o t y	I
oznaceni	typ mst.zs	Mk I otacky doba behu
		[Nm] I [1/min] [hod]
-----	-----	-----
11.05	valc.vne. 1.01	-- I
.....I
4.10	valc.vne. 1.01	-1060.0 I
.....I
4.05	valc.vne. 1.01	5000.0 I
.....I
4.03	valc.vne. 1.01	-5300.0 I
-----	-----	-----

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 27

ZATIZENI V OBECNYCH ZATEZNYCH PRVCICH

Souhmoti : 3.00 pocet OZM : 0

SILY V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 3.00 pocet ZM : 4

zadane oznaceni	hodnoty typ	mst.zs	I		vypoctene hodnoty		
			Mk [Nm]	I	Fo [N]	Fr [N]	Fa [N]
11.05	kuzel.k.	1.01	--	I	--	--	--
4.10	valc.vne.	1.01	-1060.0	I	-10007.2	4018.8	-4666.4
4.05	valc.vne.	1.01	5000.0	I	47203.5	18956.8	22011.4
4.03	valc.vne.	1.01	-5300.0	I	-50035.8	20094.2	-23332.0

OBVODOVE RYCHLOSTI

zatez. misto	I	11.	I	4.	I
-----I-----I-----I					
obv. rych. [m/s]	I	2.29	I	2.22	I

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 3.00 pocet lozisek : 2

lozisko oznaceni	typ	mst.zs	I		vypoctene hodnoty		
			I	Fx [N]	Fy [N]	Fr [N]	Fa [N]
30218	r. kuz.jr.	1.01	I	23299.4	27726.9	36216.6	25750.1

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 28

30318 r. kuz.jr. 1.01I -18143.0 79519.6 81563.1 -23989.1

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 3.00 pocet ZMZ : 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 pruhyb pruhyb natoceni natoceni
 I ux[mm] uy[mm] uo[mm] fio[rad] fik[rad]

11.05	kuzel.k.	1.01I	--	--	--	--	--
4.10	valc.vne.	1.01I	-.228E-01	-.319E-01	.392E-01	.249E-03	.000E+00
4.05	valc.vne.	1.01I	-.167E-01	-.253E-01	.303E-01	.391E-03	-.373E-04
4.03	valc.vne.	1.01I	-.135E-01	-.215E-01	.254E-01	.439E-03	.221E-04

DEFORMACE v loziskach

Souhmoti : 3.00 pocet lozisek : 2
 l o z i s k o I vypoctene hodnoty
 oznaceni typ mst.zs I natoceni
 I fio [rad]

30218	r. kuz.jr.	1.01I	.6048E-03
30318	r. kuz.jr.	1.01I	.5208E-03

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	
List : 29	

maximalni NAPETI

Souhmoti : 3.00
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	132.0
				101.6

Maximalni DEFORMACE a NAPETI

Souhmoti : 3.00

* velicina	: m.st. stav poradi			hodnota	*
* pruhyb uo v ZZM [mm]	1	1	2	.392E-01	*
* natoceni fio v ZZM [rad]	1	1	4	.439E-03	*
* natoceni fio v lozisku [rad]	1	1	1	.605E-03	*
* napeti [MPa]	1	1	5	101.6	*

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 30

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 3.00

pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 30218A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 1.04 [-]
Trvanlivost loziska : 10407. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 200585. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 19.00 [-]

Staticka kontrola loziska 30218A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 4.26 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....

Dynamicka kontrola loziska 30318A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 1.36 [-]
Trvanlivost loziska : 13598. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 323731. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 16.00 [-]

Staticka kontrola loziska 30318A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 3.70 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pouze pro urcity druh provozu !
Lozisko staticky vyhovuje za klidu i pri vyraznem razovem zatizeni !

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 32

o z u b e n a k o l a c e l n i

razitko pro kolo 10

=====

* ozubeni (CELNI,KUZELOVE)	i			celni				
* zuby (PRIME,SIKME,SIPOVE)	i			sikme				
* pocet zubu	i	z	i			33		
* i modul	i	m	i			6.00		
* 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	=	7.50		
* uhel sklonu bocni krivky zubu	i	beta	i	25	0	0		
* smysl stoupani bocni krivky zubu	i	-	i			levy		
* jednotkove posunuti	i	x	i			.4302		
* jednotkova zmena tloustky zubu	i	xt	i					
* stupen presnosti st sev 641-77	i			7 - 7 - 5	Dh/III			
* i tloustka zubu na tetive	i					9.98	-.059	
* i	i						-.122	
* i vyska hlavy zubu nad tetivou	i					6.45		
* kontr. i pres zub	i	W	i					
* rozmer i	i							
* i pres kulicky 0 7.00	i	M	i			224.96	-.202	
* i	i						-.299	
* modul celni	i	mt	i			6.62027		
* prumer zakladni kruznice	i	db	i			202.73		
* uhel sklonu bocni krivky zubu na zakl.valcii	i	betab	i			23	23	56
* i	i							
* i	i							
* betaw15 = 24 16 35 dw15 = 211.31	i							

spoluzabirajici kolo

* cislo vykresu i	pocet zubu	i	vzdalenost os	aw	i	uhel os		
* i	32	i	220.00 +	.035	i	0		
* i		i	-	.035	i			

prumery ozubeneho kola10 [mm]

=====

* roztecnny	218.47	mezni obvodove hazeni	.056
* patni	208.63		
* hlavovy	235.00		

zadana sirka 18.00 mm

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	
List : 33	

```

*****
*          pevnostni vypocet celnich ozubenych kol s vnejsim ozubenim          *
*                                                                                   *
*                                                                                   *
*          kolo 4          kolo 10          *
*          =====          =====          *
*
*  zadane parametry
*  =====
*
*  pocet zubu          32          33          *
*  normalny modul          [mm]          6.00          *
*  normalny uhel zaberu          [deg]          20.00          *
*  uhel sklonu zubu          [deg]          25.00          *
*  jednotkove posunuti          .429          .430          *
*  sirka          [mm]          80.00          18.00          *
*  souc.vysky hlavy hrebenov.nastroje          1.25          *
*  souc.polomeru zaobljeni hreb.nastr.          .38          *
*  material :          16420.4          16420.4          *
*  tepelne zpracovani          CEMENT.KAL.          CEMENT.KAL.          *
*  jakostni trida          MQ          MQ          *
*  pevnost v jadre          [Mpa]          932.          932.          *
*  mez kluzu          [Mpa]          735.          735.          *
*  mez unavy v ohybu          [Mpa]          700.          700.          *
*  mez unavy v dotyku          [Mpa]          1270.          1270.          *
*  tvrdost v jadre          [Hv]          300.          300.          *
*  tvrdost boku          [Hv]          650.          650.          *
*  min. tloustka tvrz. vrstvy          [mm]          .75          .75          *
*  presnost soukoli          7 - 7 - 5 Dh/III          *
*  str.aritm.uchyl.profilu(drsnost)[mkm]          1.60          1.60          *
*
*
*  soubor zatezovacich stavu na kole 4 (kolo 4 je mezikolo)
*  .....
*  mk [Nm]          n [1/min]          tau[hod]
*  zakladni smysl tocení
*  -1060.00          -165.00          10000.00
*  opacny smysl tocení
*
*
*  vysledne hodnoty
*  =====
*
*          kolo 4          kolo 10          *
*          =====          =====          *
*
*  smerodatne zatizeni
*  moment [Nm]
*  ohyb          1060.0          1093.1          *
*  dotyk          1060.0          1093.1          *
*  obvodova rychlost [m/s]
*  ohyb          1.830          1.830          *
*  dotyk          1.830          1.830          *
*
*  soucinitele bezpecnosti :
*  .....
*          ohyb          *          3.80          3.25          *
*          dotyk          *          1.37          1.38          *
*          .....
*****

```


Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	
List : 36	

```

*****
*          pevnostni vypocet celnich ozubenych kol s vnejsim ozubenim          *
*                                                                                   *
*                                                                                   *
*          kolo 4          kolo 10          *
*          =====          =====          *
*
*  zadane parametry
*  =====
*
*  pocet zubu          32          33          *
*  normalny modul          [mm]          6.00          *
*  normalny uhel zaberu          [deg]          20.00          *
*  uhel sklonu zubu          [deg]          25.00          *
*  jednotkove posunuti          .429          .430          *
*  sirka          [mm]          80.00          18.00          *
*  souc.vysky hlavy hrebenov.nastroje          1.25          *
*  souc.polomeru zaobljeni hreb.nastr.          .38          *
*  material :          16420.4          16420.4          *
*  tepelne zpracovani          CEMENT.KAL.          CEMENT.KAL.          *
*  jakostni trida          MQ          MQ          *
*  pevnost v jadre          [Mpa]          932.          932.          *
*  mez kluzu          [Mpa]          735.          735.          *
*  mez unavy v ohybu          [Mpa]          700.          700.          *
*  mez unavy v dotyku          [Mpa]          1270.          1270.          *
*  tvrdost v jadre          [Hv]          300.          300.          *
*  tvrdost boku          [Hv]          650.          650.          *
*  min. tloustka tvrz. vrstvy          [mm]          .75          .75          *
*  presnost soukoli          7 - 7 - 5 Dh/III          *
*  str.aritm.uchyl.profilu(drsnost)[mkm]          1.60          1.60          *
*
*
*  soubor zatezovacich stavu na kole 4 (kolo 4 je mezikolo)
*  .....
*  mk [Nm]          n [1/min]          tau[hod]
*  zakladni smysl tocení
*  -1060.00          -165.00          10000.00
*  opacny smysl tocení
*
*
*  vysledne hodnoty
*  =====
*
*          kolo 4          kolo 10          *
*          =====          =====          *
*
*  smerodatne zatizeni
*  moment [Nm]
*  ohyb          1060.0          1093.1          *
*  dotyk          1060.0          1093.1          *
*  obvodova rychlost [m/s]
*  ohyb          1.830          1.830          *
*  dotyk          1.830          1.830          *
*
*  soucinitele bezpecnosti :
*  .....
*          ohyb          *          3.80          3.25          *
*          dotyk          *          1.37          1.38          *
*          .....
*****

```


Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 39

Obecna zatezna mista -zadani polohy

```

-----
Souhmoti : 4.0          pocet OZM : 1
-----
obecne zatizeni          I
sour. pusobiste :      290.00 [mm] I
polom.pusobiste :       .00 [mm] I
uhel pusobiste :      180.00 [deg] I
-----

```

- VYPOCTOVE CLENENI NOSNEHO PROFILU SOUHMOTI

Souhmoti : 4.00

rez	h r i d e l Z[mm]	Dmax[mm]	Dmin[mm]	I zatezna mista I ozn. ZZM/OZM	I	l o z i s k a oznaceni typ loziska uloz.
1	-64.0	100.0	.0	I	I	
2	.0	100.0	.0	I	I	2X7220 r.kul.dr.n. ra()
3	70.0	100.0	.0	I 5.11 valc.vne.	I	
4	110.0	100.0	.0	I 5.04 valc.vne.	I	
5	200.0	100.0	.0	I	I	NN3020 r.val.dr. r
6	225.0	80.0	.0	I	I	
7	290.0	80.0	.0	I obec.zat.	I	
8	320.0	80.0	.0	I 6.07 spojka	I	
9	375.0	70.0	.0	I	I	
10	500.0	.0	.0	I	I	2X7220 r.kul.dr.n. r

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 40

Prevodove prvky - popis

souhmoti : 4.00			pocet ZMZ : 2
Zakl. zatezne m.:	1	I Zakl. zatezne m.:	2
		I	
oznaceni :	5.	I oznaceni :	6.
celni kolo s vnejsim ozubenim		I spojka	
		I	
pocet zubu :	32. [-]	I druh spojky :	obecna spojka
norm. modul :	6.00 [mm]	I	
uhel zaberu zubu:	20.00 [deg]	I	
uhel sklonu zubu:	25.00 [deg]	I	
sklon zubu :	levy	I	
sirka kola :	18.00 [mm]	I	
material :	16420.40	I	
drsnost :	1.60	I	
druh korekce :	merny skluz	I	
os.vzdal./j. kor:	213.00 [mm]/[-]	I	
presnost :	7 - 7 - 5 Dh/III	I	
ucinnost :	.98 [-]	I	
		I	

LOZISKA - popis

souhmoti : 4.00			pocet lozisek : 3
lozisko :	1	I lozisko :	2
		I	
oznaceni :	2X7220	I oznaceni :	NN3020
vyrobce :	SKF	I vyrobce :	ZVL
kulickove jednor. s kosouh. stykem		I valeckove dvojrade	
		I	
vnitрни prumer :	100. [mm]	I vnitрни prumer :	100. [mm]
vnejsi prumer :	180. [mm]	I vnejsi prumer :	150. [mm]
sirka :	34. [mm]	I sirka :	37. [mm]
unosnost dyn. :	252720. [N]	I unosnost dyn. :	144000. [N]
unosnost stat. :	274000. [N]	I unosnost stat. :	224000. [N]
mezni otacky :	4500. [1/min]	I mezni otacky :	4700. [1/min]
koef. X1 :	1.00 [-]	I	
koef. Y1 :	.00 [-]	I	
koef. X2 :	.41 [-]	I	
koef. Y2 :	.87 [-]	I	
koef. X0 :	1.00 [-]	I	
koef. Y0 :	.38 [-]	I	
koef. e :	.68 [-]	I	
		I	

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 41

lozisko	:	3	I
-----			I
oznaceni	:	2X7220	I
vyrobce	:	SKF	I
kulickove jednor. s kosouh. stykem			I
			I
vnitrni prumer	:	100. [mm]	I
vnejsi prumer	:	180. [mm]	I
sirka	:	34. [mm]	I
unosnost dyn.	:	252720. [N]	I
unosnost stat.	:	274000. [N]	I
mezni otacky	:	4700. [1/min]	I
koef. X1	:	1.00 [-]	I
koef. Y1	:	.00 [-]	I
koef. X2	:	.41 [-]	I
koef. Y2	:	.87 [-]	I
koef. X0	:	1.00 [-]	I
koef. Y0	:	.38 [-]	I
koef. e	:	.69 [-]	I
-----			I

ZATIZENI V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 4.00 pocet ZZM : 3

Z a d a n e		h o d n o t y				
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	I	otacky	doba behu
			[Nm]	I	[1/min]	[hod]
5.11	valc.vne.	1.01	-1000.0	I	165.0	10000.0
.....				I		
5.04	valc.vne.	1.01	5000.0	I		
.....				I		
6.07	spojka	1.01	-4000.0	I		

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 42

ZATIZENI V OBECNYCH ZATEZNYCH PRVCICH

Souhmoti : 4.00 pocet OZM : 1

oznaceni	typ	mst.zs	I	Fo	Fr	Fa
			I	[N]	[N]	[N]
1.00	obec.zat.	1.01	I	26000.0	18000.0	10000.0

SILY V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 4.00 pocet ZZM : 3

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]	
5.11	valc.vne.	1.01	-1000.0	I	-9440.7	3791.4	4402.3	
5.04	valc.vne.	1.01	5000.0	I	47203.5	18956.8	-22011.4	
6.07	spojka	1.01	-4000.0	I	.0	.0	.0	

OBVODOVE RYCHLOSTI

zatez. misto	I	5.	I	6.	I
-----I-----I-----I					
obv.rych.[m/s]	I	2.22	I	.00	I

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 43

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 4.00

pocet lozisek : 3

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	Fy	Fr	Fa
			I	[N]	[N]	[N]	[N]
2X7220	r. kul.jr.ks	1.01	I	23617.1	-19584.7	30681.1	7609.1
.....
NN3020	r. val.dr.	1.01	I	-15666.3	3008.2	15952.5	.0
.....
2X7220	r. kul.jr.ks	1.01	I	-3202.6	4813.7	5781.7	.0

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 4.00

pocet ZM : 3

p r e v o d. p r v k y		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]
5.11	valc.vne.	1.01	I	-.626E-02	.701E-02	.940E-02	.865E-04	.000E+00
.....
5.04	valc.vne.	1.01	I	-.649E-02	.840E-02	.106E-01	.461E-04	-.503E-04
.....
6.07	spojka	1.01	I	.115E-01	-.174E-01	.209E-01	.667E-04	.169E-02

DEFORMACE v obecnych zateznych mistech

Souhmoti : 4.00

pocet OZM : 1

O Z M		v y p o c t e n e h o d n o t y					
poradi	ms.zs	I	pruhyb	pruhyb	pruhyb	natoceni	natoceni
		I	ux[mm]	uy[mm]	uo[mm]	fio[rad]	fik[rad]
1.	1.01	I	.973E-02	-.148E-01	.177E-01	.147E-03	.133E-02

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	List : 45

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 4.00 pocet lozisek : 3

Dynamicka kontrola loziska 2X7220
(vyrobce SKF)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 5.65 [-]
Trvanlivost loziska : 56451. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 141933. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 22.50 [-]

Staticka kontrola loziska 2X7220
(vyrobce SKF)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 8.16 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....

Dynamicka kontrola loziska NN3020K
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 15.47 [-]
Trvanlivost loziska : 154694. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 63317. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 23.50 [-]

Staticka kontrola loziska NN3020K
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 14.04 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 46

Dynamicka kontrola loziska 2X7220
(vyrobce SKF)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 843.56 [-]
Trvanlivost loziska : 8435644. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 26746. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 23.50 [-]

Staticka kontrola loziska 2X7220
(vyrobce SKF)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 47.39 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 47

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	32	
* i modul	i	m	i	6.00	
* 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 = 7.50	
* uhel sklonu bocni krivky zubu	i	beta	i	25 0 0	
* smysl stoupani bocni krivky zubu	i	-	i	levy	
* jednotkove posunuti	i	x	i	-.1624	
* jednotkova zmena tloustky zubu	i	xt	i		
* stupen presnosti st sev 641-77	i			7 - 7 - 5 Dh/III	
* i tloustka zubu na tetive	i			7.70 -.059	
* i	i			-.122	
* i vyska hlavy zubu nad tetivou	i			3.56	
* kontr. i pres zub	i	W	i		
* rozmer i	i				
* i pres kulicky 0 10.00	i	M	i	223.22 -.193	
* i	i			-.286	
* modul celni	i	mt	i	6.62027	
* prumer zakladni kruznice	i	db	i	196.59	
* uhel sklonu bocni krivky zubu na zakl.valcii	i	betab	i	23 23 56	
* i	i				
* i	i				
* betaw15 = 24 16 35 dw15 = 204.90	i				

spoluzabirajici kolo

* cislo vykresu i	pocet zubu	i	vzdalenost os aw	i	uhel os
* i	33	i	213.00 + .035	i	0
* i		i	- .035	i	

prumery ozubeneho kola 5 [mm]

=====

* roztecný	211.85	mezni obvodove hazeni	.056
* patni	194.90		
* hlavovy	221.76		

zadana sirka 18.00 mm

Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 48

o z u b e n a k o l a c e l n i

razitko pro kolo 11

=====

* ozubeni (CELNI,KUZELOVE)	i			celni	
* zuby (PRIME,SIKME,SIPOVE)	i			sikme	
* pocet zubu	i	z	i	33	
* i modul	i	m	i	6.00	
* 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 = 7.50	
* uhel sklonu bocni krivky zubu	i	beta	i	25 0 0	
* smysl stoupani bocni krivky zubu	i	-	i	pravy	
* jednotkove posunuti	i	x	i	-.1858	
* jednotkova zmena tloustky zubu	i	xt	i		
* stupen presnosti st sev 641-77	i			7 - 7 - 5 Dh/III	
* i tloustka zubu na tetive	i			7.61 -.059	
* i	i			-.122	
* i vyska hlavy zubu nad tetivou	i			3.43	
* kontr. i pres zub	i	W	i		
* rozmer i	i				
* i pres kulicky 0 10.00	i	M	i	229.32 -.194	
* i	i			-.288	
* modul celni	i	mt	i	6.62027	
* prumer zakladni kruznice	i	db	i	202.73	
* uhel sklonu bocni krivky zubu na zakl.valcii	i	betab	i	23 23 56	
* i	i				
* i	i				
* betaw15 = 24 16 35 dw15 = 211.31	i				

spoluzabirajici kolo

* cislo vykresu i	pocet zubu	i	vzdalenost os aw	i	uhel os
* i	32	i	213.00 + .035	i	0
* i		i	- .035	i	

prumery ozubeneho kola11 [mm]

=====

* roztecnny	218.47	mezni obvodove hazeni	.056
* patni	201.24		
* hlavovy	228.10		

zadana sirka 18.00 mm

Nazev : IFW 17	Stroj : HCW 3
Autor : Martin Kratochvil	04/14/15
KRATOCHV.dhl	
List : 49	

```

*****
*          pevnostni vypocet celnich ozubenych kol s vnejsim ozubenim          *
*                                                                                   *
*                                                                                   *
*          kolo 5          kolo 11          *
*          =====          =====          *
*
*  zadane parametry
*  =====
*
*  pocet zubu          32          33          *
*  normalny modul          [mm]          6.00          *
*  normalny uhel zaberu          [deg]          20.00          *
*  uhel sklonu zubu          [deg]          25.00          *
*  jednotkove posunuti          -.162          -.186          *
*  sirka          [mm]          18.00          18.00          *
*  souc.vysky hlavy hrebenov.nastroje          1.25          *
*  souc.polomeru zaobljeni hreb.nastr.          .38          *
*  material :          16420.4          16420.4          *
*  tepelne zpracovani          CEMENT.KAL.          CEMENT.KAL.          *
*  jakostni trida          MQ          MQ          *
*  pevnost v jadre          [Mpa]          932.          932.          *
*  mez kluzu          [Mpa]          735.          735.          *
*  mez unavy v ohybu          [Mpa]          700.          700.          *
*  mez unavy v dotyku          [Mpa]          1270.          1270.          *
*  tvrdost v jadre          [Hv]          300.          300.          *
*  tvrdost boku          [Hv]          650.          650.          *
*  min. tloustka tvrz. vrstvy          [mm]          .75          .75          *
*  presnost soukoli          7 - 7 - 5 Dh/III          *
*  str.aritm.uchyl.profilu(drsnost)[mkm]          1.60          1.60          *
*
*
*  soubor zatezovacich stavu na kole 5
*  .....
*  mk [Nm]          n [1/min]          tau[hod]          *
*  zakladni smysl toceni          *
*  -1000.00          165.00          10000.00          *
*  opacny smysl toceni          *
*
*
*  vysledne hodnoty
*  =====
*
*          kolo 5          kolo 11          *
*          =====          =====          *
*
*  smerodatne zatizeni
*  moment [Nm]
*  ohyb          1000.0          1031.3          *
*  dotyk          1000.0          1031.3          *
*  obvodova rychlost [m/s]
*  ohyb          1.830          1.830          *
*  dotyk          1.830          1.830          *
*
*  soucinitele bezpecnosti :
*  .....
*  ohyb          *          3.15          3.15          *
*  dotyk          *          1.31          1.32          *
*
*****

```


Nazev : IFW 17

Stroj : HCW 3

Autor : Martin Kratochvil

04/14/15

KRATOCHV.dhl

List : 51

Souhmoti: 4.0 Spoj. prvek c.: 1
Prenos zatizeni od prev. prvku c.: 5

Pero

Rozmer pera b x h [mm] : 28 x 16
Delka pera l [mm] : 100
Pocet per n [-] : 1
Kroutici moment Mk[Nm] : 5000.000
Prumer hridele d [mm] : 100.000
Tlak p [MPa]: 173.611
Dovoleny tlak pd[MPa]: 120.000
p : nevyhovuje

Navrhovana delka l [mm] : 132.167

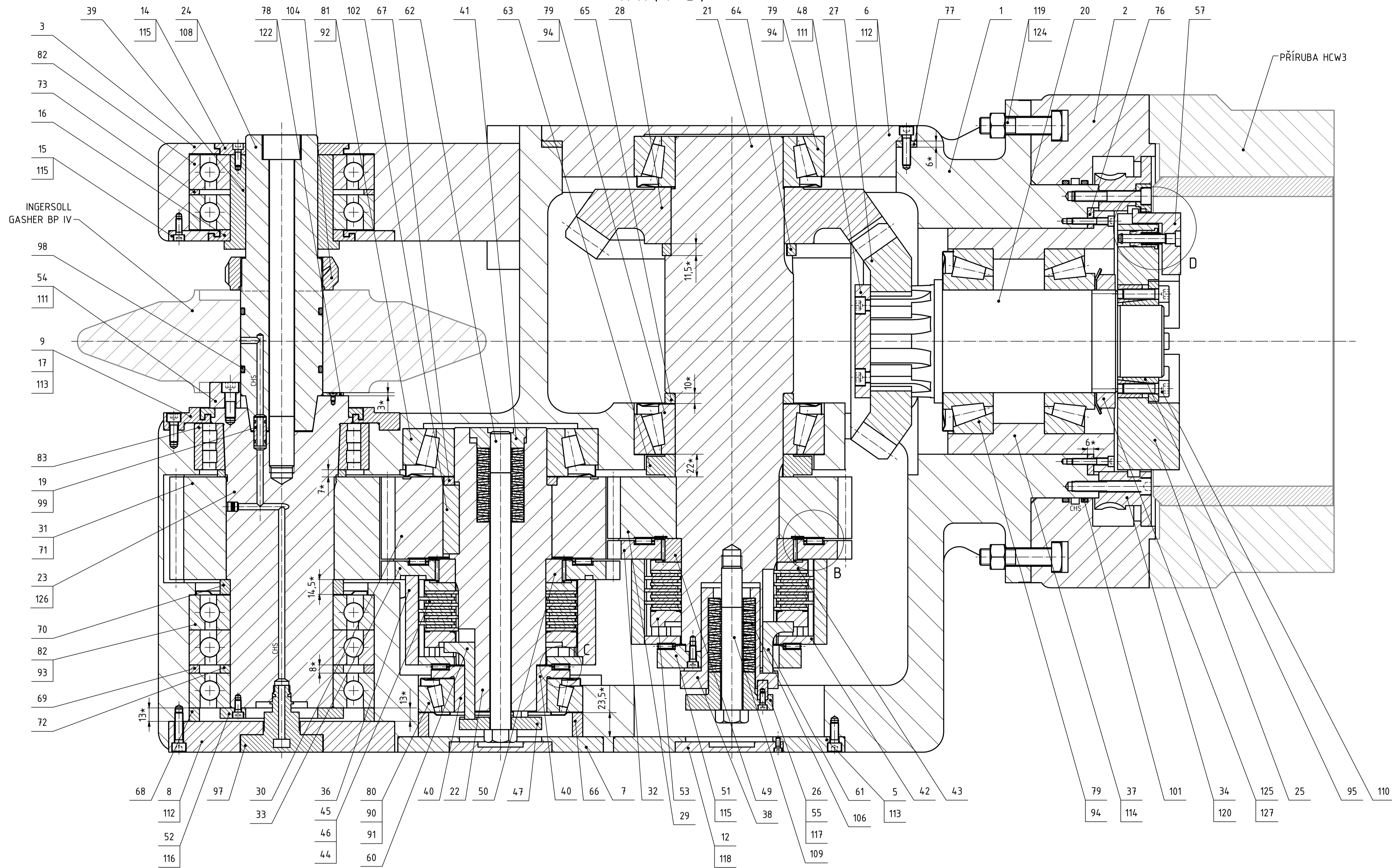
Souhmoti: 4.0 Prev. prvek c.: 2
Oznaceni prevod. prvku: 6

obecna spojka : neni pocitana

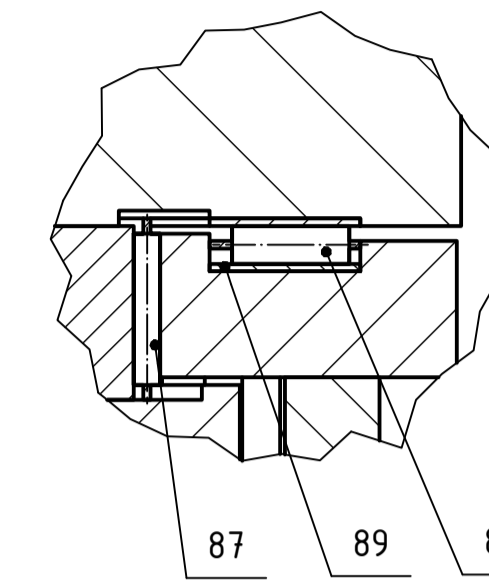
PŘÍLOHA č. 20

Výkresová dokumentace

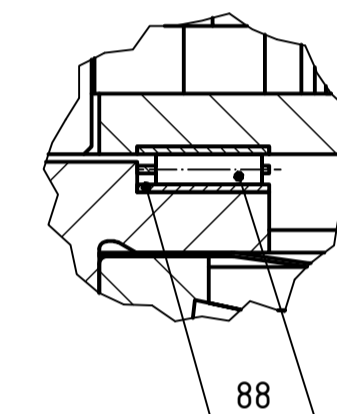
A-A (1:2)



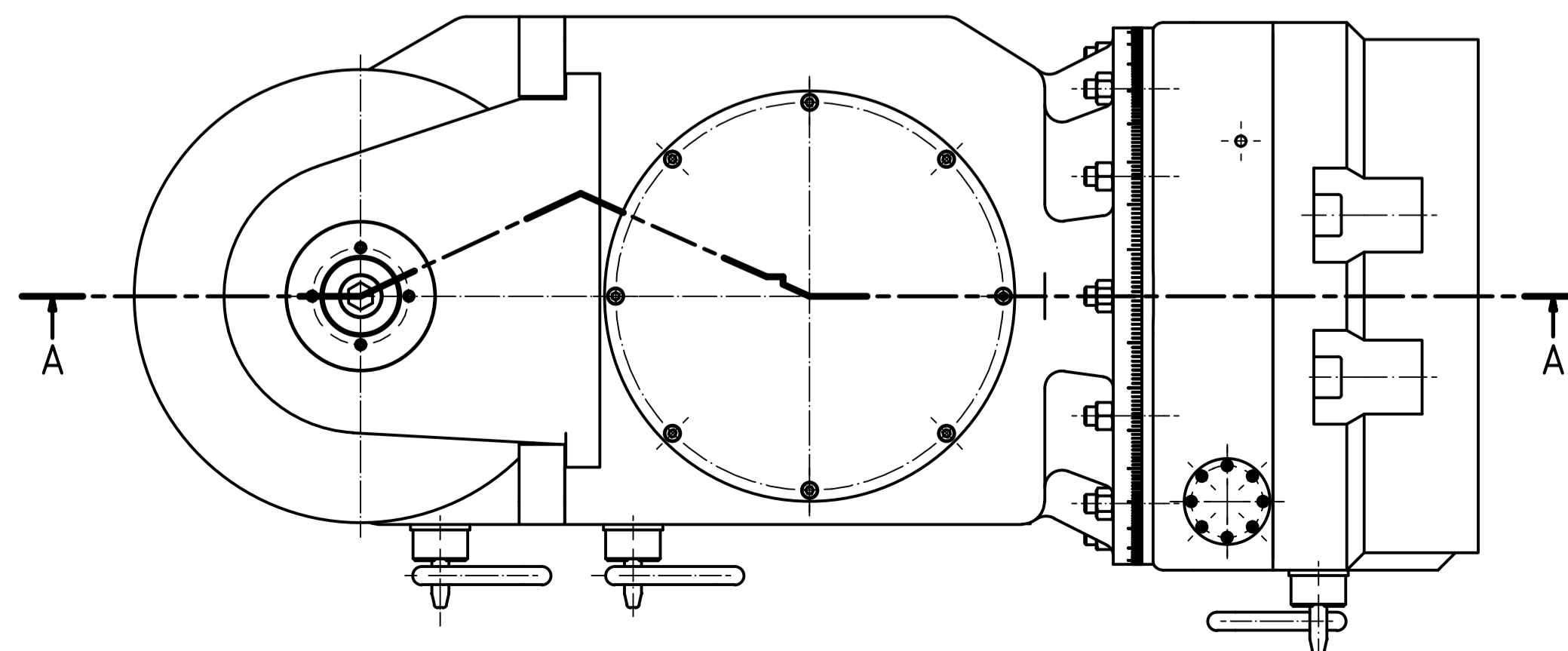
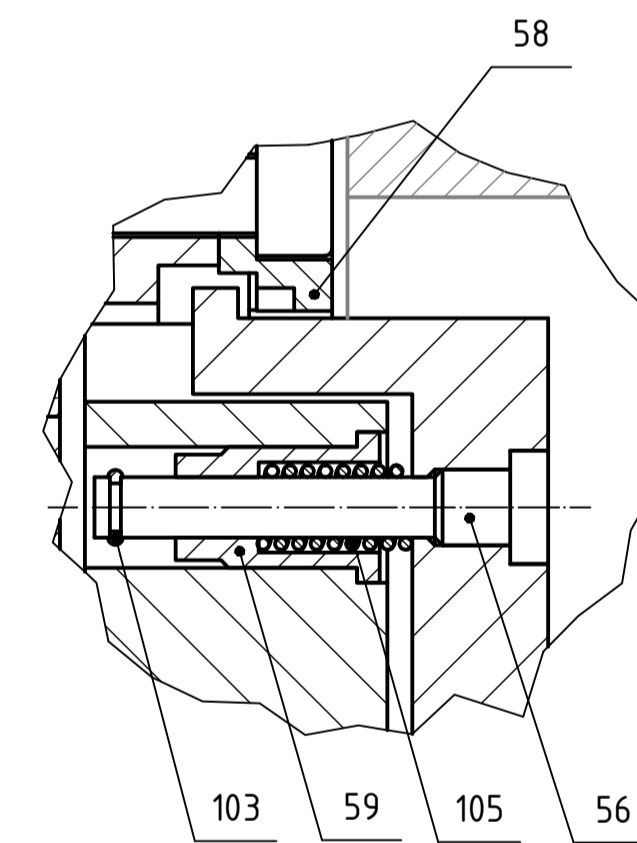
B (1:1)



C (1:1)

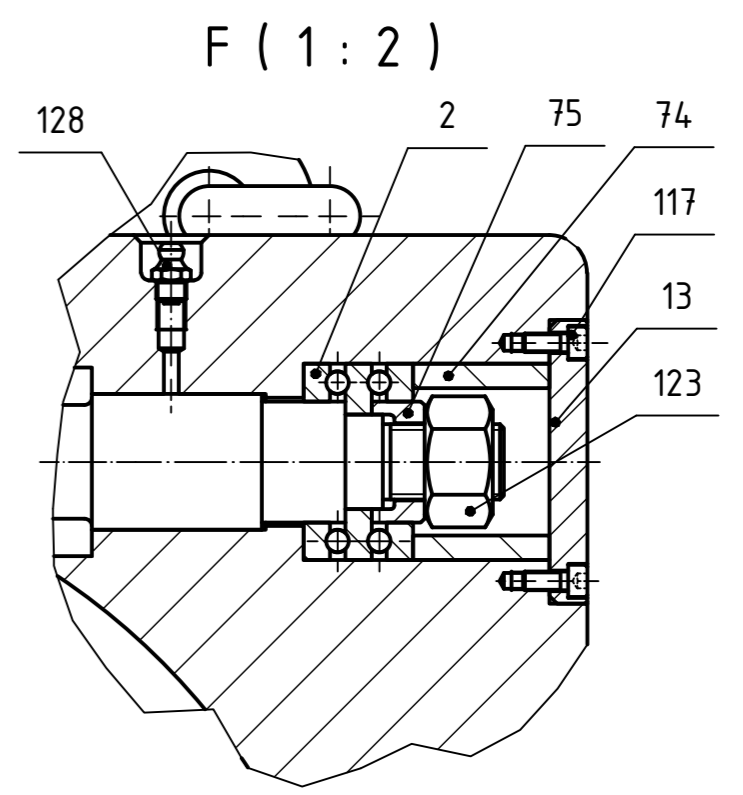
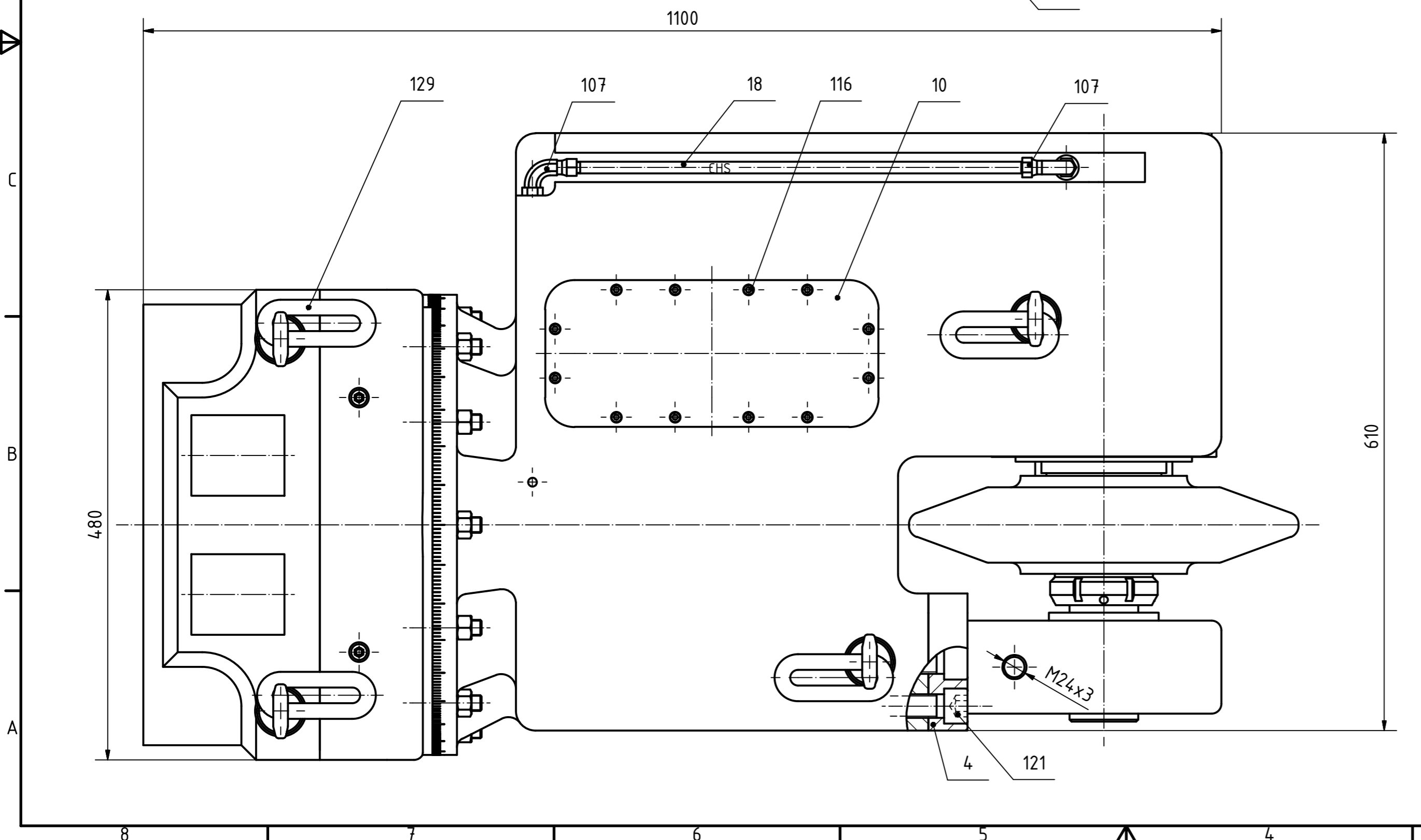
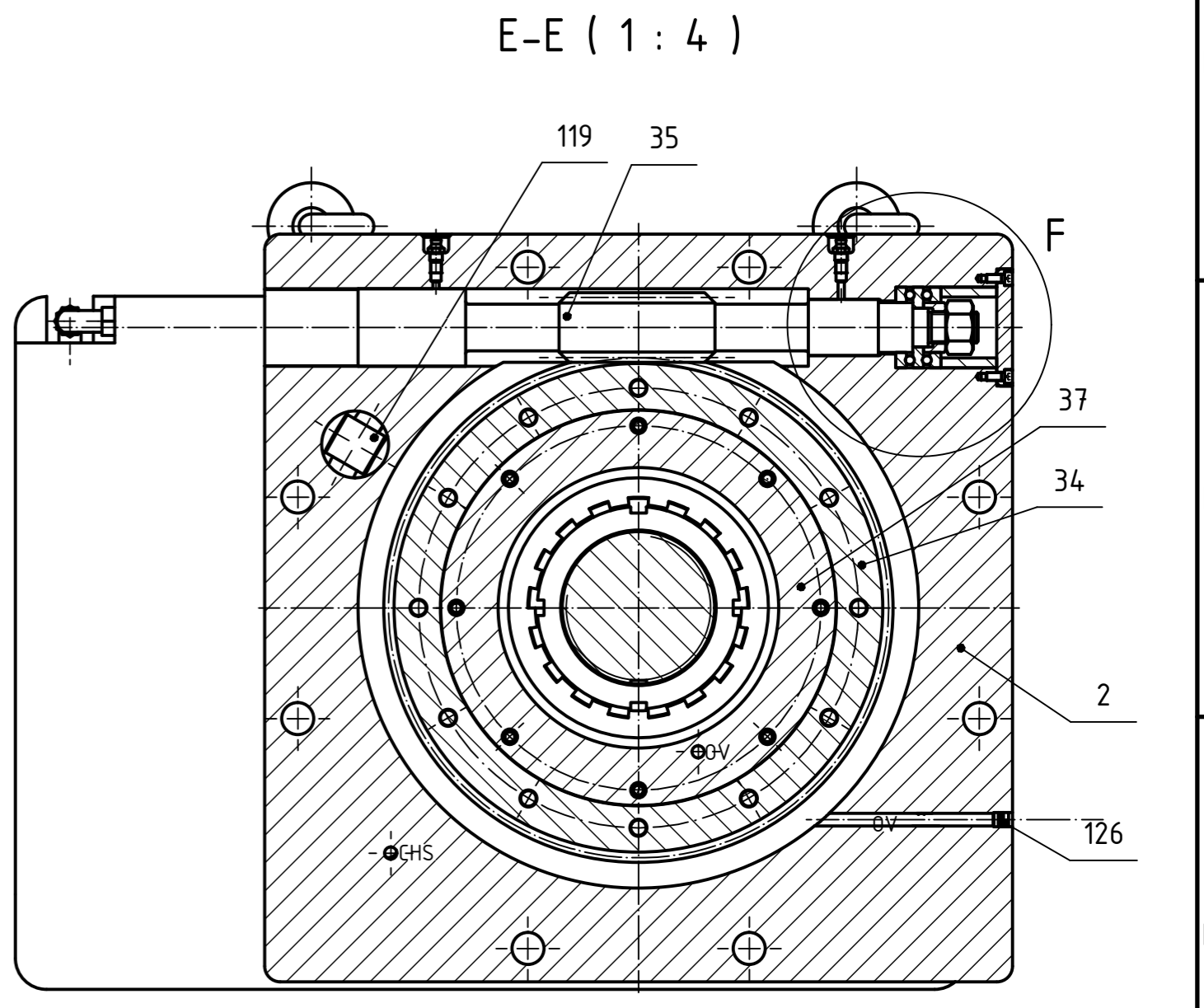
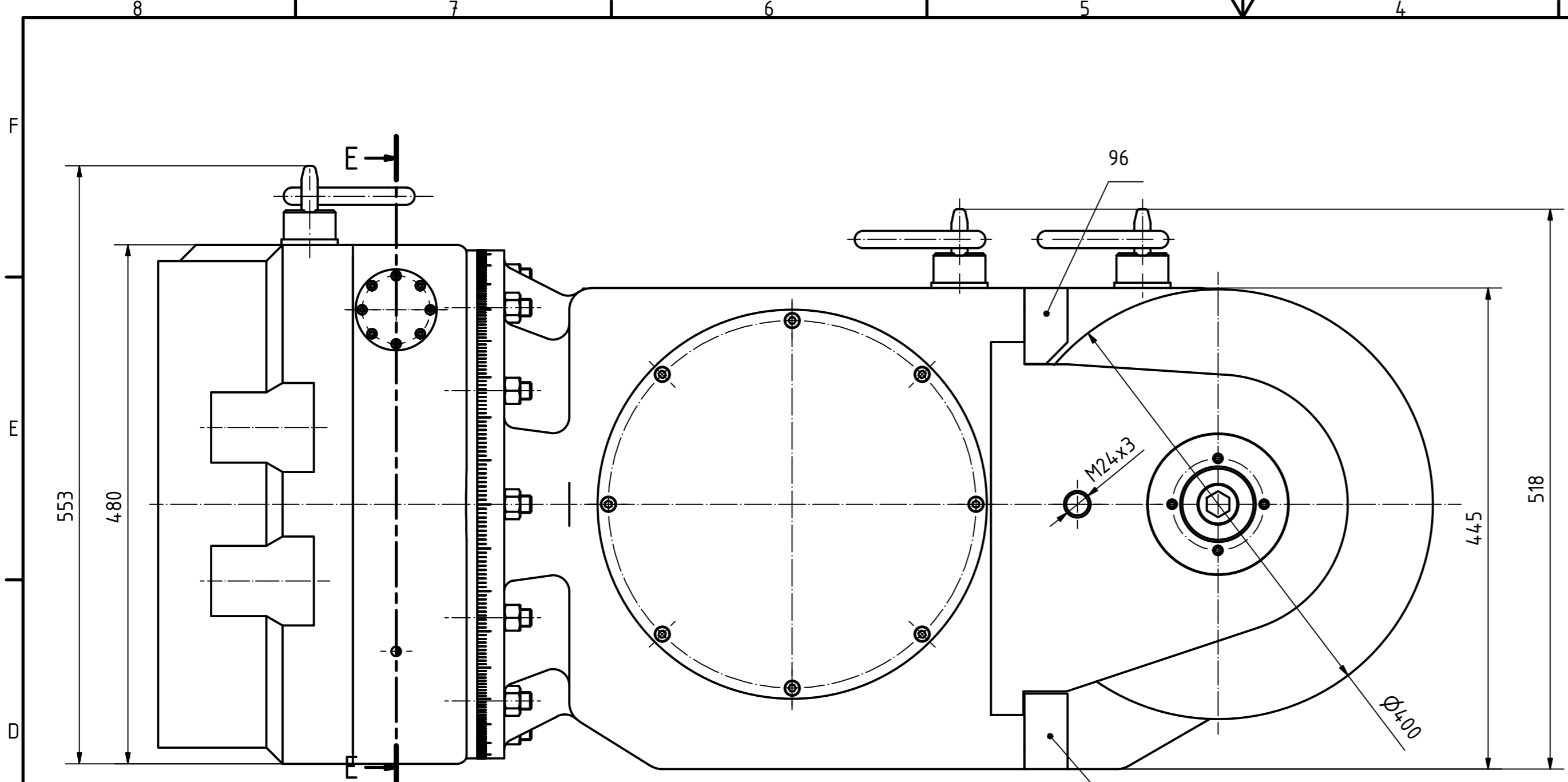


D (1:1)



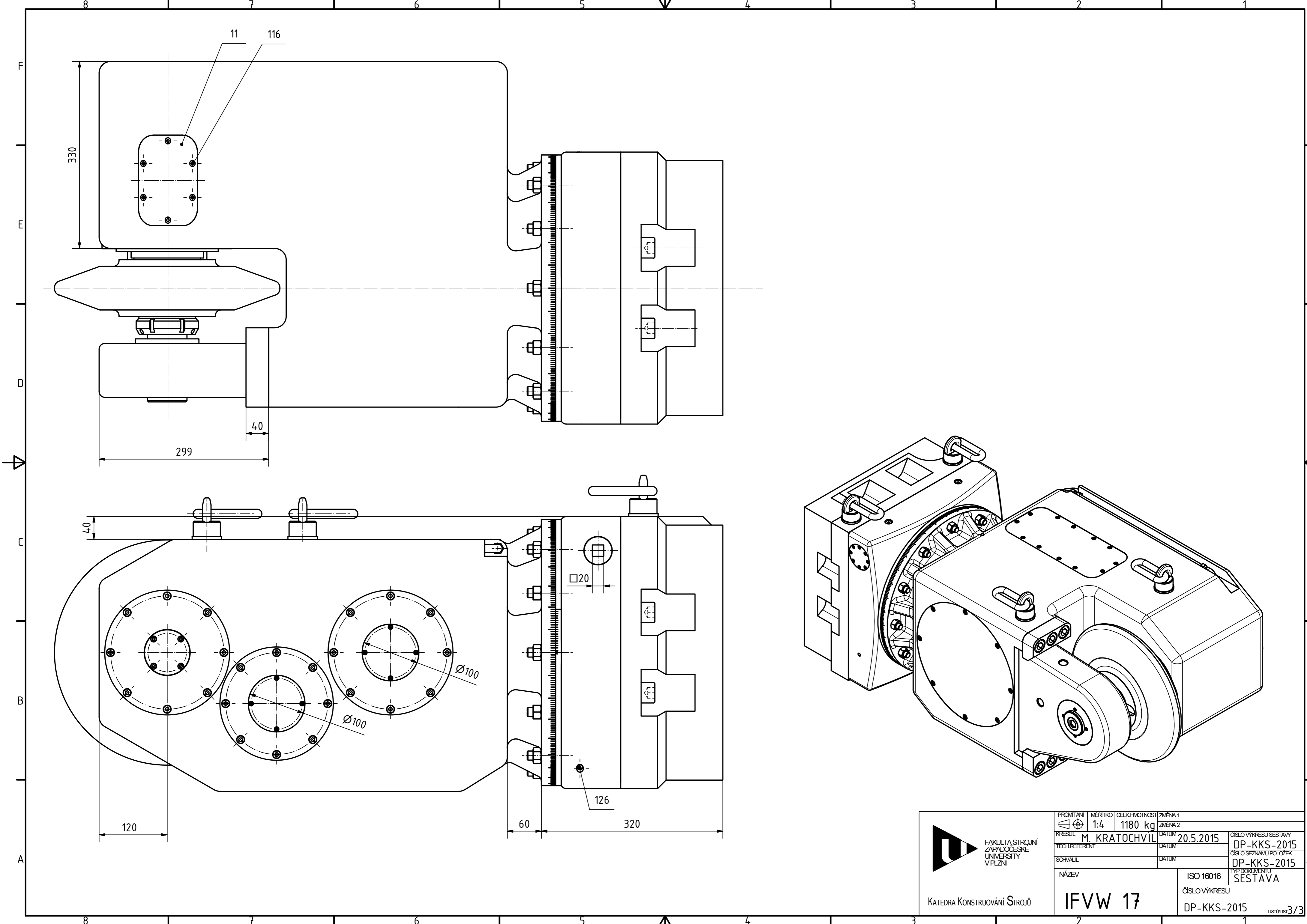
* Lícováno při montáži
CHS - Vnitřní chlazení

 FAKULTA STROJINÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	PROMĚN 1:2	MĚNITEL 1180 kg	CELKOVÁ Hmotnost ZÁVĚNA 1 ZÁVĚNA 2	DATUM 20.5.2015	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY DP-KKS-2015
	RESIL M. KRATOCHVÍL	DATUM 20.5.2015	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK DP-KKS-2015	ČÍSLO VÝKRESU DP-KKS-2015	TYP POKROKŮ SESTAVA
NÁZEV IFVW 17			LISTUJÍCÍ 3/11		



CHS - VNIŘNÍ CHLAZENÍ
OV - VNIŘNÍ OCHRANA VZDUCEM

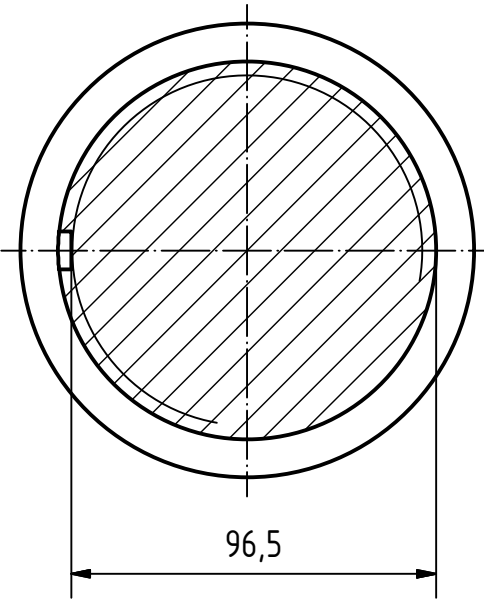
<p>FAKULTA STROJINÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERSITY V PLZNI</p> <p>KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</p>	PROMĚTÁNÍ 1:4	CELKOVÁ HMOTNOST 1180 kg	ZMĚNA 1 ZMĚNA 2
	KRESLIL M. KRATOCHVIL	DATUM 20.5.2015	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY DP-KKS-2015
	TECH. REFERENT	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK DP-KKS-2015
	SCHVÁLIL	DATUM	TYP DOKUMENTU SESTAVA
NÁZEV IFVW 17		ISO 16016 ČÍSLO VÝKRESU DP-KKS-2015	ÚSTUJÍ 3/2



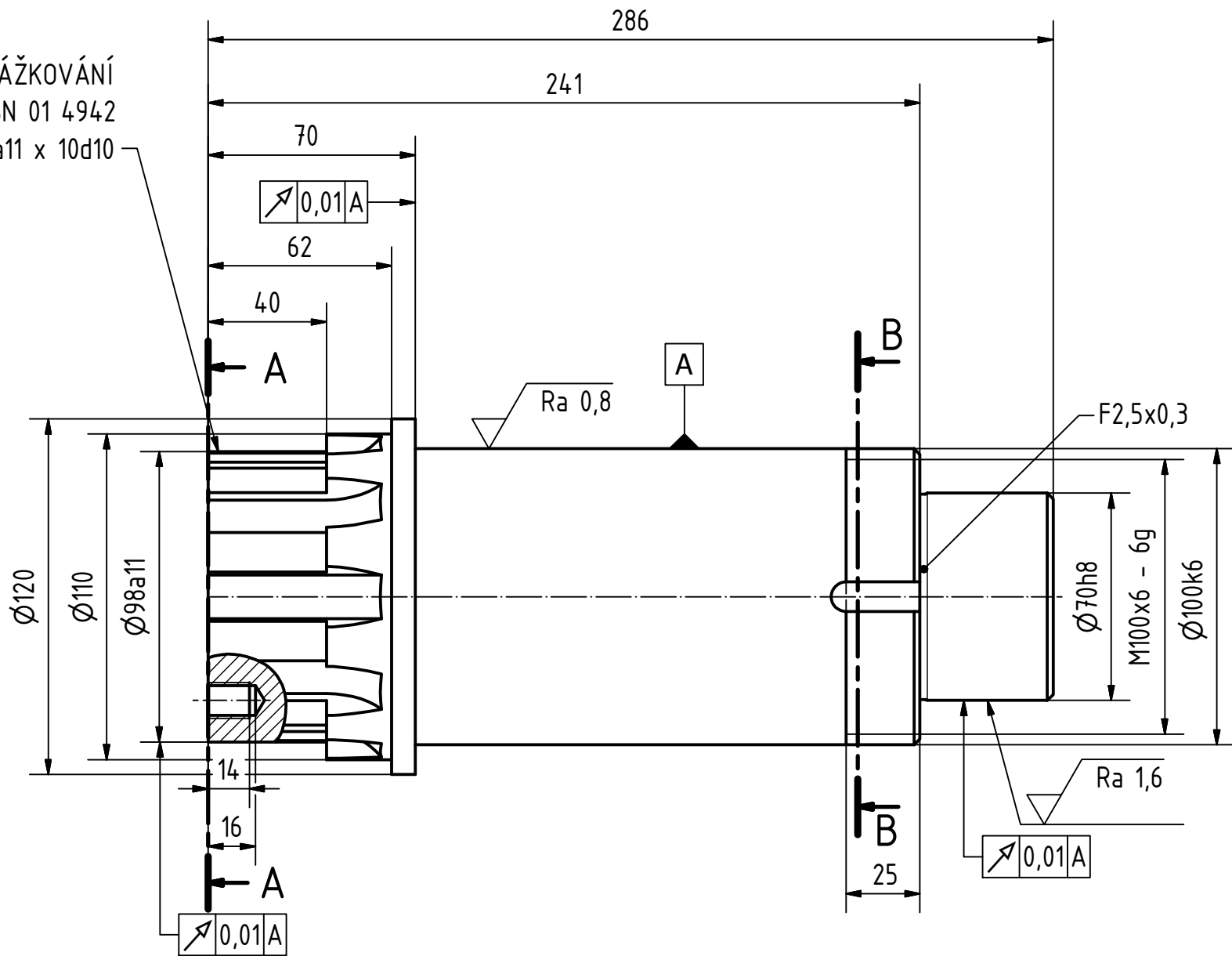
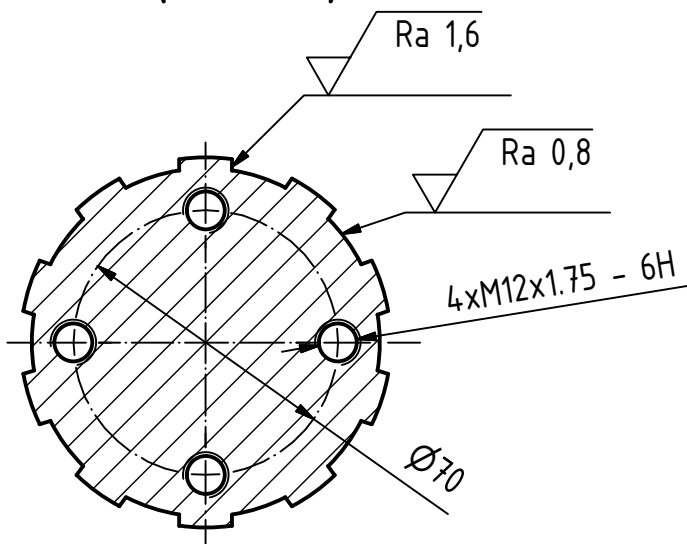
 <p>FAKULTA STROJINÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERSITY V PLZNI</p> <p>KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</p>	PROMĚTÁNÍ  1:4	CELKOVÁ HMOTNOST 1180 kg	ZMĚNA 1 ZMĚNA 2
	KRESLIL M. KRATOCHVIL	DATUM 20.5.2015	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY DP-KKS-2015
	TECH. REFERENT	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK DP-KKS-2015
	SCHVÁLIL	DATUM	TYP DOKUMENTU SESTAVA
NÁZEV IFVW 17		ISO 16016 ČÍSLO VÝKRESU DP-KKS-2015	ÚSTUJÍ 3/3

ROVNOBOKÉ DRÁŽKOVÁNÍ
 ČSN 01 4942
 10 x 92f7 x 98a11 x 10d10

B-B (1 : 2)



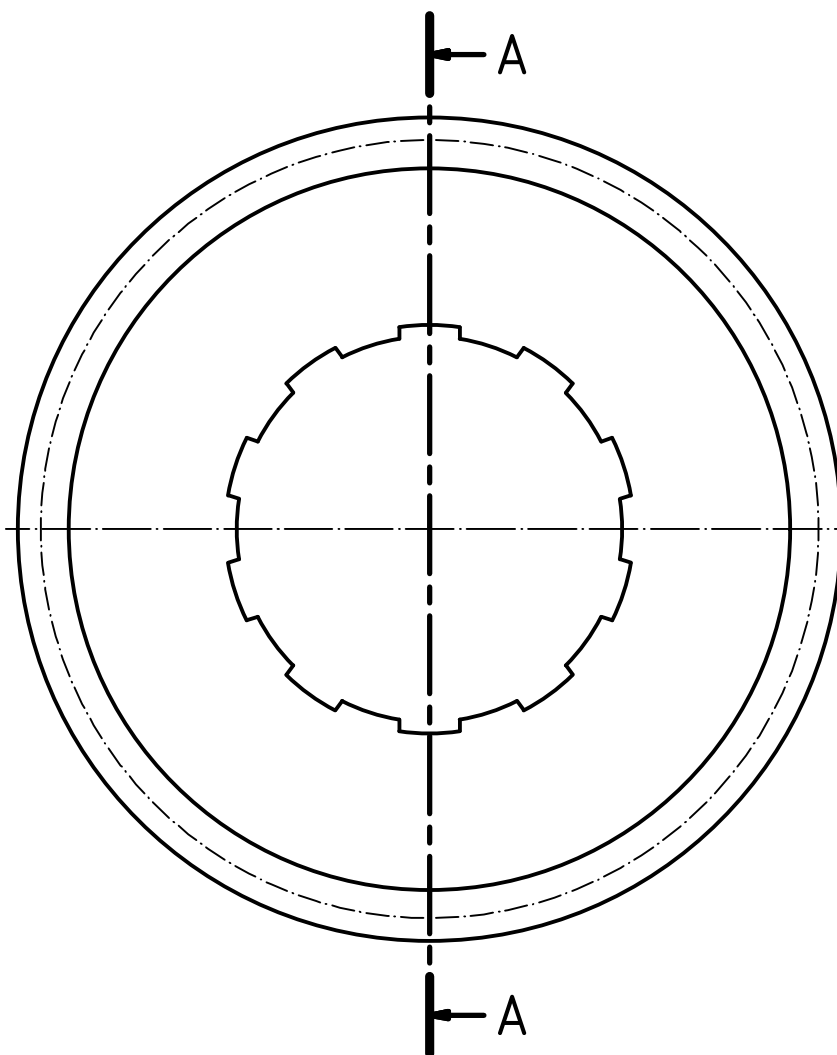
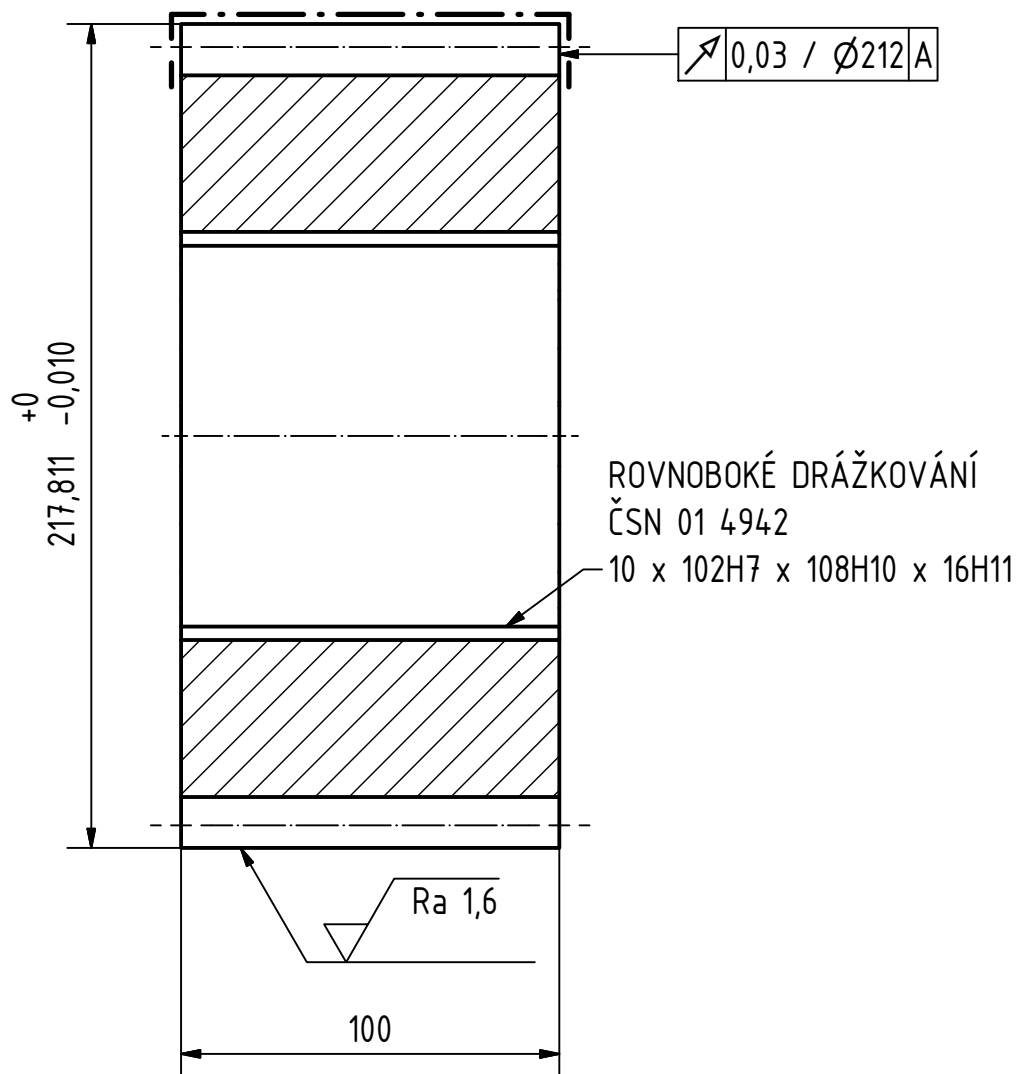
A-A (1 : 2)



Ra 3,2 (Ra 0,8 , Ra 1,6)

PROMITÁNÍ	MĚŘÍTKO	PŘESNOST ISO 2768 - mK	HMOTNOST	INDEX	ZNĚMA
	1:2	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	16,23 kg		
			ROZMĚR - POLOTOVAR		
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ			14220.4		
KRESLIL		DATUM	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY		
M. KRATOCHVÍL		20.5.2015	DP-KKS-2015		
TECH.REFERENT		DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK		
			DP-KKS-2015		
SCHVÁLIL		DATUM	TYP DOKUMENTU		
			VYROBNÍ (A3)		
NÁZEV		ISO 16016		ČÍSLO VÝKRESU	
HŘÍDEL 1				DP-KKS-2015-20	
				LSTŮLST 1/1	

A-A (1:2)



Ozubení (ČELNÍ, KUŽELOVÉ)			ČELNÍ
Zuby (-----)			Šikmé
Počet zubů		z	32
Nástroj	Modul - NORMÁLNÝ	m	6
	Úhel profilu	α	20° 0' 0"
	Profil		ČSN 01 4607
	Výška hlavy nástroje	h_{xf}	1.25m = 7.5
Úhel sklonu boční křivky zubu		β	25° 0' 0"
Smysl stoupání boční křivky zubu		-	Levý
Jednotkové posunutí		x	-0,500
Jednotková změna tloušťky zubu		x_t	
Stupeň přesnosti ST SEV 641-77			7 - 7 - 5 Dh/III 54
Kontrolní rozměr	Toušťka zubu na těživě	s_c	7,241 -0,095 -0,145
	Výška hl. zubu nad těživou	h_c	2,981
	Přes 4 zubů	W	63,500 -0,090 -0,137
	Přes kuličky $\varnothing 10$	M	219,075 -0,287 -0,440
Modul čelní		m_t	6,620
Průměr základní kružnice		d_b	196,588
Úhel sklonu boční křivky zubu na základním válci		β_b	23,399
Spoluzabírající kolo			
Číslo výkresu	Počet zubů	Vzdálenost os a_w	Úhel os
	32	213,000 +0,023 -0,023	0

Ra 6,3 (Ra 1,6) - - - CEMENTOVAT NA TVRDOST 61 HRC

PROMĚTÁNÍ	MĚŘÍTKO	PŘESNOST ISO 2768 - mK	HMOTNOST	INDEX	ZMĚNA
	1:2	TOLEROVÁNÍ ISO 8015	15,664 kg		
		MATERIAL ROZMĚR - POLOTOVAR 18CrNiMo7-6			
KRESLIL	M. KRATOCHVÍL	DATUM	20.5.2015	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY	
TECH.REFERENT		DATUM		DP-KKS-2015	
SCHVÁLIL		DATUM		ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK	
				DP-KKS-2015	
NÁZEV			ISO 16016	TYP DOKUMENTU	
				VÝROBNÍ (A3)	
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ			ČÍSLO VÝKRESU		
			DP-KKS-2015-31		
				LISTŮ LIST 1/1	

30	KOLO 4	DP-KKS-2015-30	18CrNiMo7-6	15,36 kg	1
29	KOLO 3	DP-KKS-2015-29	18CrNiMo7-6	12,3 kg	1
28	KOLO 2	DP-KKS-2015-28	18CrNiMo7-6	17,47 kg	1
27	KOLO 1	DP-KKS-2015-27	18CrNiMo7-6	6,36 kg	1
26	TLAČNÝ KROUŽEK	DP-KKS-2015-26	11700	0,74 kg	1
25	UNÁŠECÍ KOTOUČ	DP-KKS-2015-25	14220.4	17,26 kg	1
24	TRN	DP-KKS-2015-24	14220.4	8,38 kg	1
23	VŘETENO	DP-KKS-2015-23	14220.4	19,95 kg	1
22	HŘÍDEL 4	DP-KKS-2015-22	11700	11,2 kg	1
21	HŘÍDEL 3	DP-KKS-2015-21	11700	31,05 kg	1
20	HŘÍDEL 1	DP-KKS-2015-20	14220.4	16,23 kg	1
19	PRŮCHODKA	DP-KKS-2015-19	11500	0,02 kg	2
18	TRUBKA	DP-KKS-2015-18	11500	0,23 kg	1
17	LABYRINT	DP-KKS-2015-17	11500	0,41 kg	1
16	OPĚRA - LABYRINT	DP-KKS-2015-16	11500	0,49 kg	1
15	OPĚRA VÍKO	DP-KKS-2015-15	11500	1,81 kg	1
14	OPĚRA VÍKO MALÉ	DP-KKS-2015-14	11500	0,7 kg	1
13	VÍKO ŠNEK	DP-KKS-2015-13	11500	0,32 kg	1
12	VÍKO SEŘIZOVACÍ	DP-KKS-2015-12	11500	0,55 kg	2
11	VÍKO ŠACHTA MALÉ	DP-KKS-2015-11	11500	2,16 kg	1
10	VÍKO ŠACHTA	DP-KKS-2015-10	11500	7,75 kg	1
9	VÍKO VŘETENO	DP-KKS-2015-09	11500	2,72 kg	1
8	VÍKO 5	DP-KKS-2015-08	11500	7,95 kg	1
7	VÍKO 4	DP-KKS-2015-07	11500	2,76 kg	1
6	VÍKO LOŽISKO	DP-KKS-2015-06	11500	25,75 kg	1
5	VÍKO 3	DP-KKS-2015-05	11500	3,54 kg	1
4	LIŠTA	DP-KKS-2015-04	11700	2,2 kg	2
3	OPĚRA	DP-KKS-2015-03	422304	39,05 kg	1
2	TĚLESO	DP-KKS-2015-02	422660	103,69 kg	1
1	SKŘÍŇ	DP-KKS-2015-01	422304	428,68 kg	1
POZ.	NÁZEV - ROZMĚR	VÝKRES - NORMA	MATERIÁL	HMOTNOS	MN.

PROMĚTÁNÍ 	MĚŘITKO 	PŘESNOST ISO 2768 - mK TOLEROVÁNÍ ISO 8015	HMOTNOST 1180 kg	INDEX	ZVĚNA
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERSITY V PLZNI		MATERIÁL ROZMĚR - POLOTOVAR			
		KRESLIL M. KRATOCHVÍL	DATUM 20.5.2015	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY KKS-DP-2015	
		TECH.REFERENT	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK KKS-DP-2015	
		SCHVÁLIL	DATUM	TYP DOKUMENTU KUSOVNÍK (A4)	
NÁZEV IFVW 17			ISO 16016	ČÍSLO VÝKRESU KKS-DP-2015	
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ			LISTŮLIST 5/1		

60	TLAČNÝ ELEMENT 4	DP-KKS-2015-60	12060	0,08 kg	2
59	POUZDRO ARETACE	DP-KKS-2015-59	11500	0,02 kg	1
58	PROTIKUS	DP-KKS-2015-58	11500	0,06 kg	1
57	ARETACE	DP-KKS-2015-57	11500	0,26 kg	1
56	ČEP ARETACE	DP-KKS-2015-56	11500	0,03 kg	1
55	ČEP	DP-KKS-2015-55	11500	0,01 kg	2
54	KÁMEN	DP-KKS-2015-54	12060	0,12 kg	2
53	OPĚRNÝ KROUŽEK	DP-KKS-2015-53	11500	1,16 kg	2
52	OPĚRNÉ VÍKO	DP-KKS-2015-52	11500	0,55 kg	1
51	KROUŽEK - ČELO	DP-KKS-2015-51	11500	1,61 kg	1
50	KROUŽEK - JEHLY 4	DP-KKS-2015-50	14220.4	0,92 kg	1
49	KROUŽEK - JEHLY 3	DP-KKS-2015-49	14220.4	0,94 kg	1
48	VÍKO 1	DP-KKS-2015-48	11500	1,03 kg	1
47	TLAČNÁ DESKA	DP-KKS-2015-47	11700	0,44 kg	1
46	LAMELA MALÁ	DP-KKS-2015-46	11523	0,27 kg	8
45	LAMELA VELKÁ	DP-KKS-2015-45	11523	0,29 kg	6
44	OBLOŽENÍ	DP-KKS-2015-44	FAG-M	0,22 kg	12
43	PODLOŽKA - BRZDA	DP-KKS-2015-43	11500	0,73 kg	2
42	VÍKO BUBNU	DP-KKS-2015-42	11700	0,81 kg	2
41	MATICE TVAROVÁ	DP-KKS-2015-41	12060	0,24 kg	1
40	KROUŽEK - LOŽISKO	DP-KKS-2015-40	11500	1,42 kg	1
39	KROUŽEK - OPĚRA	DP-KKS-2015-39	14220.4	3,01 kg	1
38	POUZDRO - PRUŽINY	DP-KKS-2015-38	11500	1,12 kg	1
37	POUZDRO	DP-KKS-2015-37	11500	19,92 kg	1
36	BUBEN	DP-KKS-2015-36	11700	5,19 kg	2
35	ŠNEK	DP-KKS-2015-35	18CrNiMo7-6	3,74 kg	1
34	ŠNEKOVÉ KOLO	DP-KKS-2015-34	CuSn12	13,6 kg	1
33	KOLO 7	DP-KKS-2015-33	18CrNiMo7-6	2,48 kg	1
32	KOLO 6	DP-KKS-2015-32	18CrNiMo7-6	2,49 kg	1
31	KOLO 5	DP-KKS-2015-31	18CrNiMo7-6	15,66 kg	1
POZ.	NÁZEV - ROZMĚR	VÝKRES - NORMA	MATERIÁL	HMOTNOS	MN.



PŘESNOST ISO 2768 - mK
TOLEROVÁNÍ ISO 8015

HMOTNOST
1180 kg

INDEX
ZVĚŘENÁ



FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERSITY
V PLZNI

KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

MATERIÁL ROZMĚR - POLOTOVAR

KRESLIL M. KRATOCHVÍL DATUM 20.5.2015

TECH.REFERENT DATUM

SCHVÁLIL DATUM

NÁZEV
IFVW 17

ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY
KKS-DP-2015

ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK
KKS-DP-2015

TYP DOKUMENTU
KUSOVNÍK (A4)

ISO 16016
ČÍSLO VÝKRESU
KKS-DP-2015
LISTŮ/LIST 5/2

90	NILOS 30218 AV	SKF		0,06 kg	1
89	AS 140180	SKF		0,08 kg	4
88	AS100135	SKF		0,05 kg	4
87	K 110x117x24	SKF		0,17 kg	2
86	AXK 100135	SKF		0,01 kg	2
85	AXK 140180	SKF		0,02 kg	2
84	LOŽISKO 52206	SKF		0,22 kg	1
83	LOŽISKO NN 3020 TN9/SP	SKF		2,52 kg	1
82	LOŽISKO 7220 ACD/P4A	SKF		3,25 kg	5
81	LOŽISKO 30318 J2	SKF		3,9 kg	1
80	LOŽISKO 30218 J2	SKF		2,5 kg	1
79	LOŽISKO 32220 J2	SKF		3,9 kg	4
78	PODLOŽKA NÁSTROJ	DP-KKS-2015-78	11500	0,06 kg	2
77	PODLOŽKA DĚLENÁ 2	DP-KKS-2015-77	11500	1,01 kg	1
76	PODLOŽKA DĚLENÁ 1	DP-KKS-2015-76	11500	0,71 kg	1
75	KROUŽEK ŠNEK B	DP-KKS-2015-75	11500	0,04 kg	1
74	KROUŽEK ŠNEK A	DP-KKS-2015-74	11500	0,26 kg	1
73	KROUŽEK 4 F	DP-KKS-2015-73	11500	0,21 kg	1
72	KROUŽEK 4 E	DP-KKS-2015-72	11500	0,22 kg	1
71	KROUŽEK 4 D	DP-KKS-2015-71	11500	0,15 kg	1
70	KROUŽEK 4 C	DP-KKS-2015-70	11500	0,39 kg	1
69	KROUŽEK 4 B	DP-KKS-2015-69	11500	0,34 kg	1
68	KROUŽEK 4 A	DP-KKS-2015-68	11500	0,55 kg	1
67	KROUŽEK 3 B	DP-KKS-2015-67	11500	0,2 kg	1
66	KROUŽEK 3 A	DP-KKS-2015-66	11500	0,87 kg	1
65	KROUŽEK 2 C	DP-KKS-2015-65	11500	0,27 kg	1
64	KROUŽEK 2 B	DP-KKS-2015-64	11500	0,28 kg	1
63	KROUŽEK 2 A	DP-KKS-2015-63	11500	1,7 kg	1
62	ŠROUB 4	DP-KKS-2015-62	11700	0,79 kg	1
61	TLAČNÝ ELEMENT 3	DP-KKS-2015-61	12060	0,06 kg	2
POZ.	NÁZEV - ROZMĚR	VÝKRES - NORMA	MATERIÁL	HMOTNOS	MN.

PROMĚTÁNÍ 	MĚŘÍTKO	PŘESNOST ISO 2768 - mK TOLEROVÁNÍ ISO 8015	HMOTNOST 1180 kg	INDEX	ZVĚNA
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERSITY V PLZNI KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ		MATERIÁL		ROZMĚR - POLOTOVAR	
		KRESLIL M. KRATOCHVÍL	DATUM 20.5.2015	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY KKS-DP-2015	
		TECH.REFERENT	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK KKS-DP-2015	
		SCHVÁLIL	DATUM	TYP DOKUMENTU KUSOVNÍK (A4)	
		NÁZEV IFVW 17		ISO 16016	ČÍSLO VÝKRESU KKS-DP-2015
			LISTŮ/LIST 5/3		

120	ŠROUB M10 x 65	ISO 4762		0,052 kg	12
119	ŠROUB M16	GOST 13152		0,172 kg	12
118	ŠROUB M4 x 10	ISO 4762		0,002 kg	8
117	ŠROUB M5 x 12	ISO 4762		0,004 kg	10
116	ŠROUB M6 x 12	ISO 4762		0,006 kg	24
115	ŠROUB M6 x 16	ISO 4762		0,007 kg	26
114	ŠROUB M6 x 35	ISO 4762		0,011 kg	8
113	ŠROUB M8 x 20	ISO 4762		0,015 kg	25
112	ŠROUB M8 x 30	ISO 4762		0,019 kg	16
111	ŠROUB M10 x 20	ISO 4762		0,028 kg	6
110	ŠROUB M10 x 35	ISO 4762	12.9	0,034 kg	8
109	ŠROUB M24 x 140	ČSN EN 24014		0,421 kg	1
108	ŠROUB M24 x 300	ISO 4762		1,238 kg	1
107	ŠROUBENÍ 8A0EL6	PARKER		0,086 kg	2
106	PRUŽINA A 0450	HENNLICH	50 CrV 4	0,023 kg	48
105	PRUŽINA 1,6x11,6x40,5x8,5	HENNLICH	1.1200	0,004 kg	1
104	MATICE KMT 16	SKF		0,9 kg	1
103	POJISTNÝ KROUŽEK 8	ČSN 02 2930	11500	0,001 kg	1
102	PERO 28e7 x 16 x 70	ČSN 02 2562	11600	0,221 kg	1
101	O-KROUŽEK 300 x 5	HENNLICH	NBR 70	0,018 kg	2
100	O-KROUŽEK 12 x 2	HENNLICH	NBR 70	0 kg	1
99	O-KROUŽEK 8,7 x 2	HENNLICH	NBR 70	0 kg	4
98	O-KROUŽEK 69 x 5	HENNLICH	NBR 70	0,005 kg	2
97	ROTAČNÍ PŘÍVOD ŠMT	DEUBLIN		0,818 kg	1
96	LIŠTA ZKOSENÁ	DP-KKS-2015-79		0,843 kg	1
95	TLK 133 70 x 110	TOLLOK		0,706 kg	1
94	NILOS 32220 AV	SKF		0,087 kg	3
93	NILOS 7220 AVG	SKF		0,065 kg	1
92	NILOS 31318 AV	SKF		0,107 kg	1
91	NILOS 30218 JV	SKF		0,054 kg	1
POZ.	NÁZEV - ROZMĚR	VÝKRES - NORMA	MATERIÁL	HMOTNOS	MN.

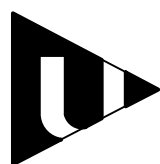


PŘESNOST ISO 2768 - mK
TOLEROVÁNÍ ISO 8015

HMOTNOST
1180 kg

INDEX

ZVĚNA



FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERSITY
V PLZNI

KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

MATERIÁL ROZMĚR - POLOTOVAR

KRESLIL M. KRATOCHVÍL

DATUM 20.5.2015

ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY
KKS-DP-2015

TECH.REFERENT

DATUM

ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK
KKS-DP-2015

SCHVÁLIL

DATUM

NÁZEV

ISO 16016

TYP DOKUMENTU
KUSOVNÍK (A4)

IFVW 17

ČÍSLO VÝKRESU

KKS-DP-2015

LISTŮ/LIST 5/4

129	C800 3,15†	STAMPERIA		1,098 kg	4
128	MAZACÍ HLAVICE M8	DIN 71412		0,006 kg	2
127	PODLOŽKA MB 20	SKF		0,083 kg	1
126	MB 700-080	KVT-KOENIG		0,005 kg	8
125	MATICE KM 20	SKF		0,769 kg	1
124	MATICE M16	ISO 4032		0,039 kg	12
123	MATICE M20	ISO 4032		0,074 kg	1
122	ŠROUB M4 x 8	ISO 2009		0,001 kg	6
121	ŠROUB M24 x 55	ISO 4762		0,345 kg	6
POZ.	NÁZEV - ROZMĚR	VÝKRES - NORMA	MATERIÁL	HMOTNOS	MN.

PROMĚTÁNÍ 	MĚŘÍTKO	PŘESNOST ISO 2768 - mK TOLEROVÁNÍ ISO 8015	HMOTNOST 1180 kg	INDEX	ZMĚNA
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERSITY V PLZNI KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ		MATERIAL ROZMĚR - POLOTOVAR			
		KRESLIL M. KRATOCHVÍL	DATUM 20.5.2015	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY KKS-DP-2015	
		TECH. REFERENT	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK KKS-DP-2015	
		SCHVÁLIL	DATUM	TYP DOKUMENTU KUSOVNÍK (A4)	
		NÁZEV IFVW 17		ISO 16016	ČÍSLO VÝKRESU KKS-DP-2015
LISTŮ/LIST 5/5					