

**Vyšší odborná škola, Střední škola,
Centrum odborné přípravy,
Sezimovo Ústí**



ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Servis a údržba vřetene CNC frézky

Sezimovo Ústí, 2012

Pavel Čanda



ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Pavel Čanda**
Obor studia: 26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy
Název práce: **Servis a údržba vřetene CNC frézky**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte obecný návrh pro servis a údržbu vřetene frézky.
2. Navrhněte a vytvořte technickou dokumentaci k servisu a údržbě vřetene CNC frézky.
3. Navrhněte zásady, intervaly a doporučené prohlídky odborným servisem.
4. Vytvořte manuál pro opravy, který by mohl sloužit studentům při výuce.
5. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.


Doporučená literatura:

- [1] KARLÍČEK, J., NĚMEC, J., *Číslicově řízené obráběcí stroje II.*, Praha: SNTL, 1979
[2] ŠTULPA, M., *CNC obráběcí stroje a jejich programování*, Praha: BEN – technická literatura, 2006,
ISBN 80-7300-207-8 / 9788073002077.


Vedoucí práce: Ing. Jan Fuka, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí
Odborný konzultant práce: Miroslav Grunt, Teximp, Praha
Oponent práce: Ing. Václav Šedivý, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí

Datum zadání absolventské práce: **1.9.2011**

Datum odevzdání absolventské práce: **30.4.2012**


.....
Ing. Jan Fuka
(vedoucí práce)




.....
Ing. František Kamlach
(ředitel školy)

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto absolventskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury uvedené v seznamu, který je nedílnou součástí této absolventské práce.

V Sezimově Ústí 29.4.2012

Čanda Pavel
podpis

Poděkování:

Absolventská práce byla zpracována v rámci řádného ukončení 3. ročníku studia vyšší odborné školy, oboru 26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy. Chtěl bych tímto hlavně poděkovat za odborné vedení Ing. Janu Fukovi, cenné rady týkající se struktury práce Mgr. Miloši Blechovi, odborné konzultace při zpracování absolventské práce a jejího obsahu Miroslavovi Gruntovi z firmy Teximp.

Také bych chtěl poděkovat firmě Teximp za uvolnění důležitých informací a za možnost se podílet na servisu CNC strojů a seznámení se s danou problematikou.

Anotace

Tato absolventská práce se zabývá problematikou v oboru servisu a údržby vřetene CNC frézky. K této práci byl vybrán stroj od firmy HASS viz příloha obr. 1. Servis a údržba se bude provádět u konkrétního modelu vertikální frézky. Na tomto stroji bude popisována problematika vřetene, výměna, pravidelná údržba a základní měření vřetene.

Annotation

Die Diplomarbeit befasst sich mit der Problematik im Bereich der Wartung des CNC-Fräsmaschine Spindel. Für diese Arbeit wurde von die Maschine von der Firma HASS (siehe Anhang, Abbildung 1) gewählt. Service und Wartung werden für das bestimmte Modell einer Vertikal-Fräsmaschine durchgeführt werden. Auf dieser Maschine werden Ersatz, regelmäßige Wartung und grundlegende Spindelmessung beschrieben.

OBSAH

1	ÚVOD.....	- 1 -
2	ZÁKLADNÍ POJMY.....	- 2 -
2.1	Zkratka CNC	- 2 -
2.2	Historie CNC.....	- 2 -
2.3	Základní informace o vřetenu	- 3 -
2.4	Požadavky na vřetena.....	- 4 -
2.5	Rozdělení vřeten dle provedení.....	- 5 -
2.5.1	Rozdělení dle náhonu.....	- 5 -
2.5.2	Rozdělení dle vnitřního kuželu	- 5 -
2.5.3	Vřetena s náhonem řemenem.....	- 5 -
2.5.4	Vřetena s náhonem ozubenými koly.....	- 7 -
2.5.5	Vřetena s přímým pohonem.....	- 7 -
2.5.6	Vřetena s integrovaným pohonem – elektrovřetena	- 8 -
2.6	Rozdělení vřeten podle umístění.....	- 8 -
2.6.1	Vertikální a horizontální vřetena	- 8 -
2.6.2	Vřetenové naklápěcí hlavy.....	- 9 -
2.7	Brzdění vřetene	- 10 -
2.8	Aretace vřetene.....	- 11 -
2.9	Snímání otáčení vřetene	- 12 -
2.9.1	Spojení snímače polohy s hřídelí vřetene	- 12 -
2.9.2	Magnetoelektrický encoder.....	- 12 -
2.9.3	Optický encoder	- 13 -
2.10	Uložení vřeten	- 13 -
2.10.1	Nároky na uložení	- 15 -
2.11	Kvalita chodu vřeten obráběcích strojů.....	- 15 -
2.11.1	Chod vřetene	- 16 -
2.11.2	Systém upínání nástrojů.....	- 17 -
2.11.3	Upínací kužely a mechanismy	- 17 -
2.12	Ložiska používaná ve vřetenech	- 18 -
2.12.1	Vřetenová valivá ložiska.....	- 18 -
2.12.2	Hybridní ložiska.....	- 19 -

3	SERVIS A ÚDRŽBA	- 20 -
3.1	Údržba - teorie.....	- 20 -
3.1.1	Cíle údržby.....	- 20 -
3.1.2	Preventivní údržba	- 21 -
3.1.3	Pojmy používané v údržbě.....	- 21 -
3.2	Údržba vřetene	- 22 -
3.3	Mazání vřetene	- 23 -
3.3.1	Ložiska s mazáním olej-vzduch.....	- 23 -
3.4	Servis vřetene	- 24 -
3.5	Vibrace vřetene	- 25 -
3.6	Analyzátor vibrací	- 25 -
3.6.1	Adash 4101	- 25 -
3.6.2	Octavis VB1001	- 27 -
3.7	Měření vibrací	- 28 -
3.8	Montáž a demontáž vřetene	- 29 -
3.8.1	Postup výměny vřetene	- 29 -
3.8.2	Program pro záběh vřetene	- 31 -
	ZÁVĚR	- 32 -
	LITERATURA.....	- 33 -
	OBSAH PŘILOŽENÉHO CD	- 34 -
	PŘÍLOHY	i

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1: První československý NC stroj SKJ 8A ZPS Hulín [4]	- 2 -
Obr. 2: Házivost vřetene	- 4 -
Obr. 3: Redukční pouzdro s kuželem ISO 50	- 5 -
Obr. 4: Náhon vřetene řemenovým převodem [3].....	- 5 -
Obr. 5: Schematické spojení motoru s vřetenem řemenovým převodem	- 6 -
Obr. 6: Typ vřetene s řemenicí určené pro spřažení s náhonem přes řemeny	- 6 -
Obr. 7: Vřeteno stroje s naklápěcí a otočnou hlavou.....	- 9 -
Obr. 8: Jednotka pro řízení servo pohonů a vřetena strojů HAAS	- 10 -
Obr. 9: Odporová plotýnka u strojů HAAS	- 10 -
Obr. 10: Snímač polohy	- 11 -
Obr. 11: Magnetický snímač polohy.....	- 12 -
Obr. 12: Odkrytovaný optický snímač polohy.....	- 13 -
Obr. 13: Konstrukce vřetene v řezu	- 16 -
Obr. 14: Upínací čep nástroje (vlevo), upínací tyč z talířových pružin (vpravo).....	- 17 -
Obr. 15: Upínací kužely zleva doprava: BT50, CAT50, ISO30, HSK 50A.....	- 17 -
Obr. 16: Valivá ložiska	- 18 -
Obr. 17: Hybridní keramické ložisko	- 19 -
Obr. 18: Snímač tlaku	- 22 -
Obr. 19: Systém mazání vřetene	- 23 -
Obr. 20: Analyzátor vibrací Adash 4101	- 26 -
Obr. 21: Pohled na výstupy analyzátoru	- 26 -
Obr. 22: Analyzátor vibrací Octavis VB1001	- 27 -
Obr. 23: Připevnění analyzátoru Octavis	- 28 -
Obr. 24: Sestava OCTAVIS = čidlo, sériové rozhraní RS - 232, napájení čidla.....	- 28 -
Obr. 25: Zakrytované vřeteno	- 29 -
Obr. 26: Znárodnění mazacího kolínka.....	- 30 -
Tab. 1: Morfologie vřetene	- 3 -

SEZNAM PŘÍLOH

Obr. 1: Frézka VF-2.....	i
Obr. 2: Logo firmy Teximp	i
Obr. 3: Výsledný graf měření vibrací	ii
Obr. 4: Možnosti diagnostiky vřetene.....	iii
Obr. 5: Prostředí analyzátoru Octavis	iv
Obr. 6: Popis vřetene	v
Obr. 7: Povolené kmitání stroje	v
Obr. 9: Orientace vřetene.....	vi
Obr. 8: Podložení vřetene hranoly	vi
Obr. 10: Znárodnění plastové spojky pro spřažení ve vřeteníku	vii
Obr. 11: Vyjmuté vřeteno	vii

1 ÚVOD

S CNC technikou se ve strojírenství setkáme naprosto všude. Tato technika dosáhla v posledních letech vysoké kvality. Proto jsem si pro svou absolventskou práci vybral jednu z nejdůležitějších komponent – vřeteno CNC frézky. Vřeteno je podstatě nejdůležitější součástí CNC stroje, zprostředkovává řeznou rychlost a zajišťuje část relativního pohybu mezi nástrojem a obrobkem. Proto jsou na něj kladeny velké nároky z hlediska opotřebení a zahřívání. Na tomto komponentu budu pozorovat různé děje při provozu stroje, jako jsou třeba vibrace a dále na stroji budu dělat servis a údržbu.



Tento obor mě zaujal, když jsem měl možnost být u jedné výměny vřetene. V dnešní době je v CNC technice kladen důraz na přesnost obrábění a zdokonaluje se vše na těchto strojích. Časy obráběcích cyklů se zmenšují, a také ekonomika provozu už není tak závratná. V širším vymezení se práce zabývá nejen danou problematikou, ale i obecnými pokyny v údržbě a servisu vřetena.

Cílem této práce je získání co nejvíce informací o vřetenech. Popsat postupu při údržbě, montáži a demontáži vřetena. Tato práce může sloužit jako srozumitelný technický manuál odborných pracovníků v oboru CNC strojů, aby mohli zajišťovat bezproblémový chod ve firmách. To může pomoci i k mému zdokonalení v oboru servisu těchto strojů.

Struktura této práce je následující. V části 2 jsou popsány základní pojmy o CNC technice a hlavně o vřetenech. V části 3 je popsán servis a údržba vřetene CNC vertikální frézky.

2 ZÁKLADNÍ POJMY

2.1 Zkratka CNC

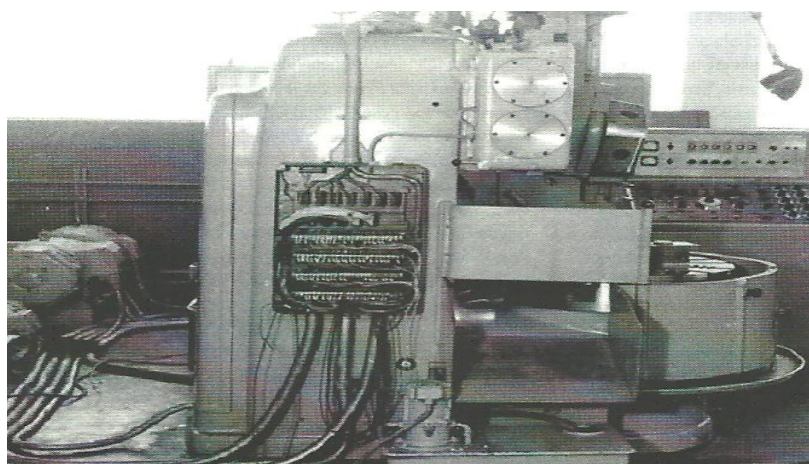
CNC je ve zkratce Computer Numerical Control. V českém překladu CNC znamená číslicové řízení počítačem. Jedná se o strojní zařízení, která jsou ovládána počítačem.

2.2 Historie CNC

Historie CNC strojů sahá do 20. století, kdy bylo zjištěno, že za pomoci počítače jsou dosahovány lepší a přesnější tvary. K tomuto zjištění bylo dospěno při nutnosti vyrobit lopatky rotoru pro vrtulníky, kde je nutno mít přesný tvar, nicméně tyto tvary jsou dosti složité a jejich výroba byla komplikovaná, s příchodem CNC se vše podstatně zjednodušilo.

CNC stroje pro obrábění zažily největší rozmach v 90. letech 20. století, kdy se také CNC stroje dostaly do jiných odvětví. Poté již CNC stroje nebyly využívány pouze při obrábění, ale začaly se využívat také třeba při svařování.

CNC stroje nám umožnily vyrábět větší počet kusů, při nízkých časech a také se snížily náklady na samotnou výrobu součástek. Navíc jsou CNC stroje do značné míry mnohdy univerzálními stroji [1].



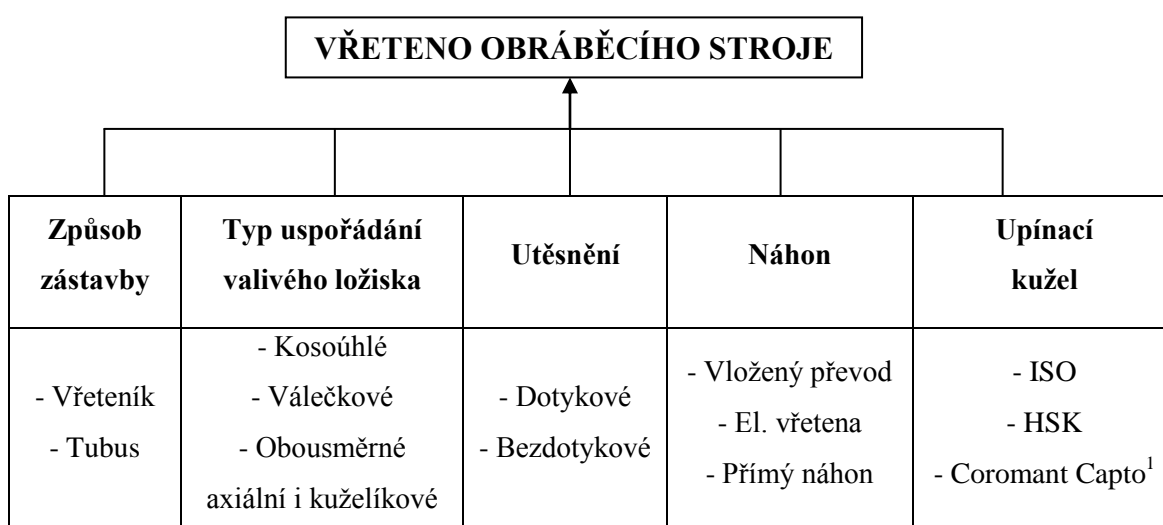
Obr. 1: První československý NC stroj SKJ 8A ZPS Hulín [4]

2.3 Základní informace o vřetenu

Úlohou vřetene u frézky je zajistit přesný otáčivý pohyb nástroje, tj. takový, při němž se dráhy jednotlivých bodů nebo nástroje liší od kružnice jen v přípustných mezích. Funkce vřetene je zde shodná s funkcí kruhového vedení a vřeteno se od něho liší pouze tvarem. Výstupním členem pohybu je vřeteno. Zajišťuje přenos řezných sil do rámu stroje s dostatečnou tuhostí, přesností a klidností chodu.

Vřeteno je u CNC obráběcích strojů ukládáno z 99 % do valivých ložisek. Zbývající 1% vřeten je uloženo v rotačních hydrostatických ložiskách. Vřeteno obráběcího stroje je uloženo např. ve dvou radiálních a jednom nebo dvou axiálních ložiskách. Konec vřetene, který vyčnívá ze skříně vřeteníku, se nazývá přední konec – je vhodně upraven pro nasazení nebo upnutí nástroje. Úprava předního konce vřetene závisí na druhu stroje a je normalizována. Ložiska bližší přednímu konci vřetene se nazývá přední nebo hlavní a má rozhodující vliv na přesnost otáčivého pohybu vřetene.

Vřeteno představuje velmi důležitý prvek ve skladbě obráběcích strojů, a proto jsou na konstrukční provedení kladeny náročné požadavky. Vřetena vyrobená z ocelí vyhovují požadavkům vysoké statické tuhosti. Pro rychloběžná vřetena se začínají používat materiály kompozitní (grafit-epoxy). Tato vřetena jsou lehčí a není třeba tak velký průřez. Tvar vřetena má být co nejjednodušší. Počet odstupňovaných průměrů, jak vnějších tak vnitřních, musí být minimální [2].



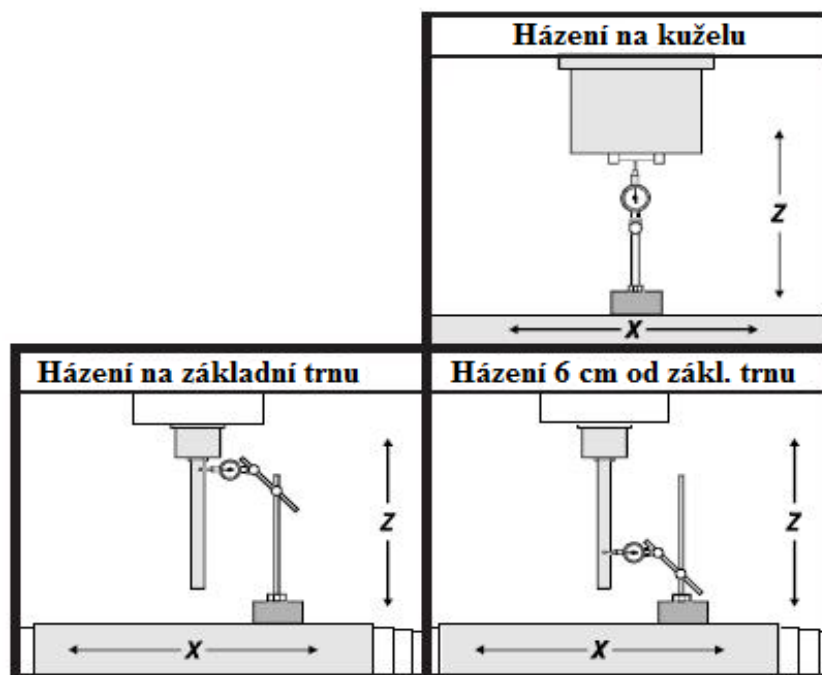
Tab. 1: Morfologie vřetene

¹ Coromant Capto je modulární rychlovýměnný systém nejvyšší možné stability a tuhosti, spojující se s vysokou flexibilitou systému.

2.4 Požadavky na vřetena

- Přesnost chodu – je určena velikost tzv. radiálního a axiálního házení
- Dokonalé vedení – vřeteno mění polohu v prostoru, mění-li jeho zatížení směr a smysl
- V uložení vřetene musí být možno vymezovat vůli vzniklou opotřebením
- Ztráty v uložení vřetene musí být co nejmenší (účinnost, oteplování a tepelné dilatace, změna polohy a funkce)
- Vřeteno musí být tuhé – jeho deformace spolu s přesností chodu má rozhodující vliv na přesnost práce obráběcího stroje a jeho výkon.
- Neustále se zvyšující rychlost otáčení vřetene klade požadavek na dokonalé vyvážení.

Přesnost chodu vřetene se kontroluje na předním konci vřetene na té ploše, která má přímý vliv na přesnost otáčení nástroje.



Obr. 2: Házivost vřetene

Zdroj: Manuál firmy HAAS ke stroji VF – 2

Měří se vnitřní kužel vřetene. Na měřícím trnu se měří ve dvou polohách. První poloha blíže ke vřetenu musí vykazovat házivost max. 0,005 mm. Druhá poloha ve vzdálenosti 150 mm od prvního měřeného bodu má toleranci cca 0,01 mm.

2.5 Rozdělení vřeten dle provedení

Vřetena můžeme dělit podle druhu pohonu, spojení motoru s hřídelí vřetene, a na vřetena s náhonem ozubeným řemenem, ozubenými koly, přímým náhonem a integrovaným motorem ve vřetenu tzv. elektrovřeteno nebo IN – LINE. Každá z těchto konstrukcí má své klady a zápory a také má specifické předpoklady na možnosti nastavení pohybu, otáček, momentu na nástroji, tepelné ztráty, vibrace při obrábění, na cenu a složitost údržby [2].

2.5.1 Rozdělení dle náhonu

Na stavbě stroje dle požadavků na moment, tažnou sílu,....

- IN-LINE (spojení vřetene s motorem přes plastovou lamelovou spojku, bez řemenepřímý náhon) používá se pro vysoké otáčky (12000, 15000 ot. /min.)
- vřetena se zapojením přes převodovku s řemenem
- vřetena se zapojením přes převodovku bez řemene

2.5.2 Rozdělení dle vnitřního kuželu

- vřeteno s kuželem ISO
- vřeteno s kuželem HSK
- vřeteno s kuželem Coromant Capto

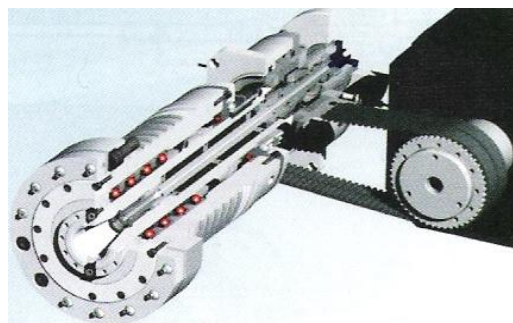


Obr. 3: Redukční pouzdro s kuželem ISO 50

Zdroj: <http://www.i-frezy.cz/i-frezy/eshop>

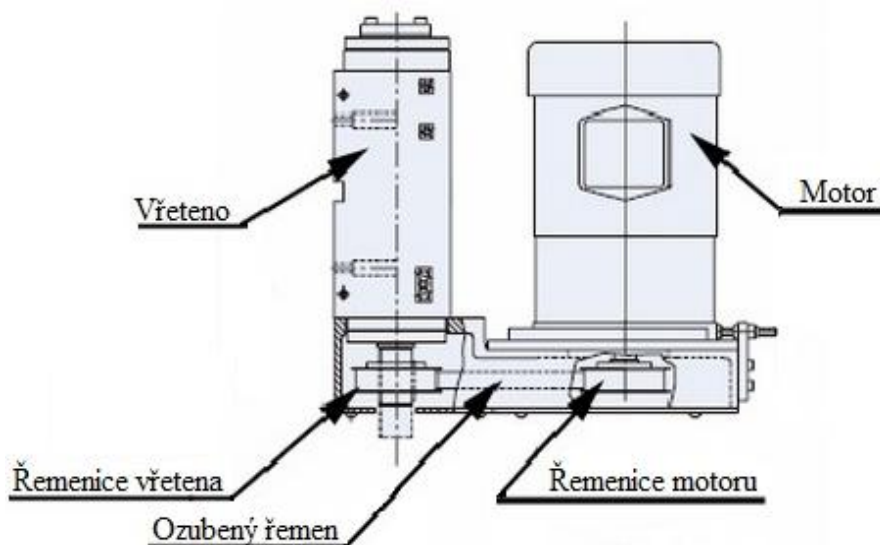
2.5.3 Vřetena s náhonem řemenem

U tohoto typu spojení je motor spojen s vřetenem přes řemen. Používají se buď ozubené řemeny, nebo klínové řemeny. Ozubené řemeny se používají tam, kde je potřeba přesné polohy vřetene vůči motoru. Řemeny mají široké uplatnění.



Obr. 4: Náhon vřetene řemenovým převodem [3]

Používají se jak u strojů s vysokými otáčkami a malými krouticími momenty, tak i u strojů s nízkými otáčkami a vysokými krouticími momenty. Převody řemeny mají vyšší účinnost než převody ozubenými koly, okolo 95%. Do soustavy je tedy přenášeno méně tepla. Další výhodou je, že nepřenášejí vibrace od motoru do vřetene a dobře tlumí vibrace vznikající při frézování. Nevýhodami vřeten poháněných řemenem jsou větší potřebná zastavěná plocha a také snížená trvanlivost ložisek, které je způsobena radiální silou, kterou vyvolává potřebné napětí řemene. Nevýhodou také je, že se řemen po čase opotřebuje a je potřeba ho vyměnit.



Obr. 5: Schematické spojení motoru s vřetenem řemenovým převodem

Zdroj: <http://www.setco.com>



Obr. 6: Typ vřetene s řemenicí určené pro spřažení s náhonem přes řemeny

2.5.4 Vřetena s náhonem ozubenými koly

Náhon ozubenými koly umožňuje jednoduchou změnu převodového poměru a umožňuje pracovat s vysokými momenty při nízkých otáčkách nástroje. Stroj, který je vybavený tímto vřetenem, může pracovat při hrubování velkými nástroji za použití převodu na vysoký moment. Při dokončovacích operacích se přeřadí na vyšší otáčky. Velkou nevýhodou náhonu ozubenými koly je velká ztrátovost vzniklá třením mezi ozubenými koly. Účinnost náhonu ozubenými koly je okolo 90%. Teplo vzniklé třením se přenáší do celého stroje, to vede k teplotní roztažnosti a ta negativně ovlivňuje přesnost. Dalším negativem této konstrukce je, že ozubená kola vytvářejí hluk a vibrace a také špatně tlumí vibrace vzniklé při obrábění. Vibrace opět negativně ovlivňují přesnost obrobené plochy. I přes tato negativa se vřetena s náhonem ozubenými koly používají, protože nevyžadují přílišnou čistotu a častou údržbu.

2.5.5 Vřetena s přímým pohonem

Konstrukce vřetene s přímým pohonem je provedena tak, že vřeteno je s motorem spojeno přes spojku. V podstatě se jedná o jakousi alternativu vřeten s integrovaným motorem, ale motor není umístěn ve vřetenu, ale mimo něj. Takovéto uspořádání nedovoluje použití převodu, otáčky vřetene jsou stejné jako otáčky motoru. Ale u strojů, kde se s touto konstrukcí setkáme, to není potřeba. Vřetena s přímým pohonem se používají u strojů s vysokými otáčkami. To je převážně u strojů, které jsou určeny pro HSC² obrábění, u kterých nepotřebujeme převodování na vysoké momenty. Ve vřetenu jsou umístěny talířové pružiny, které slouží k upnutí nástroje. Odepnutí probíhá pomocí uvolňovací jednotky, která se nachází buď na zadní straně motoru, nebo mezi vřetenem a motorem, což je ale méně častá varianta. Výhod vřeten s koaxiálním umístěním motoru je hned několik. Jednou z nich je jednoduchá výměna motoru za jiný. To umožňuje stavbu strojů s odlišně výkonnými motory. Další výhodou oddělené konstrukce je jednodušší údržba. Pokud dojde k poruše některé z obou částí, nemusí se opravovat celá soustava. Z důvodu, že motor je mimo vřeteno, není potřeba tak intenzivního chlazení jak např. u elektrovřeten.

² HSC obrábění = (High Speed Cutting, tj. vysokorychlostní obrábění.)

2.5.6 Vřetena s integrovaným pohonem – elektrovřetena

Vřetena s integrovaným pohonem mají motor integrovaný ve vřetenu. Rotor je nasazen na vřetenovou hřídel a stator je zasazen v tubusu vřetene, což je vnější plášť. Pro pohon se používají asynchronní pohony nebo vektorově řízené synchronní motory. Otáčky se obvykle pohybují v rozmezí od 15000 až do 60000 ot. /min., někdy i více. Pohon je uložen mezi zadními a předními ložisky, není proto potřeba žádných spojovacích součástí, což snižuje vznik vibrací. To je důvod proč má tato konstrukce vřeten ty správné předpoklady pro použití za vysokých otáček. Stejně jako vřetena s přímým pohonem se elektrovřetena používají pro HSC obrábění. Z důvodu vysokých otáček se používají speciální hybridní keramická ložiska. Jednu z největších nevýhod těchto vřeten způsobuje samotný motor umístěný ve vřetenu. Motor vytváří velké množství tepla, které se samozřejmě přenáší na vřeteno. Je tedy nutno zabránit teplotním dilatacím tak, že teplo vzniklé uvnitř vřetene se musí odvádět. Elektrovřeteno musí být tedy intenzivně chlazeno a musí být monitorována teplota, vibrace, axiální posunutí atd.

Chladicí systém funguje tak, že voda protéká množstvím kanálků uvnitř tubusu vřetene. Elektrovřetena jdou poměrně snadno vyměňovat. Obráběcí stroje některých výrobců disponují systémem automatické výměny vřeten. Tento systém dovoluje použít určitý typ vřetene pro danou aplikaci. Nejčastěji se s tímto systémem setkáme na obráběcích strojích s vřetenovými hlavami, tedy na portálových frézkách.

2.6 Rozdělení vřeten podle umístění

Umístění vřetene záleží především na druhu použití, pro které je stroj určen. Na konzolových a stolových frézkách se nejčastěji setkáme s vertikálními nebo horizontálními vřeteny. Vertikální a horizontální vřetena mohou být použita i u rovinných frézek, ale častěji se u těchto druhů frézek používají vřetenové hlavy.

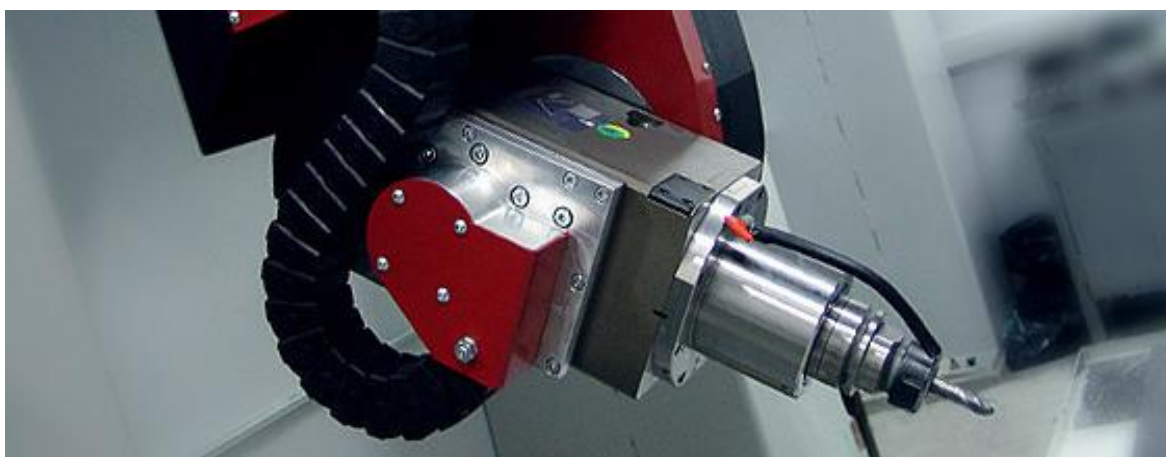
2.6.1 Vertikální a horizontální vřetena

Vertikálními vřeteny jsou osazeny stroje menších výkonů. Používají se k obrábění forem a zárustek. Nevýhodou vertikálních vřeten je, že třísky zůstávají v místě řezu. Horizontální vřetena se naopak používají u frézek s vyšším výkonem.

2.6.2 Vřetenové naklápěcí hlavy

Vřetenové hlavy se používají na takových strojích, kde je potřeba více řízených os, tedy lepší a větší přístupnost nástroje. Příkladem použití může být frézování zápustek, forem nebo turbínových kol.

Většinou se setkáme s kombinací rotačního stolu a naklápěcí hlavy, tím dostaneme 5 řízených os. Vřetenové hlavy však mají největší využití na rovinných a portálových frézkách, u kterých není možnost naklápění stolu. Využití vřetenových hlav dovoluje řízení ve více osách, je jejich konstrukce má bohužel menší tuhost, z toho důvodu jsou používány pro menší úběry materiálu a dokončovací operace. Pohony přídatných os bývají řešeny pomocí převodů ozubenými koly, v současné době se ale začínají používat speciální motory, které jsou integrované v přídatné ose rotace přímo ve vřetenové hlavě, tzv. přímý náhon osy. Zbavením se ozubených kol se dosáhlo vyšší tuhosti a bezvúlového a tedy přesnějšího polohování. Vřetenové hlavy portálových frézek se většinou navrhují jako výměnné a taktéž v mnoha variantách. Výměna se provádí ručně nebo automaticky. Může být volena optimální hlava pro danou operaci. Připojení vřetenové hlavy na vřeteník musí být samozřejmě tuhé a také přesné. Pro tento účel se používá tzv. Hirthovo ozubení, což je spojka s čelními zuby. Pro hlavní pohon jsou nejčastěji použita elektrovřetena. Někteří výrobci nabízejí systém manuální nebo automatické výměny vřeten, což v kombinaci s výměnou vřetenových hlav dovoluje volbu optimálních řezných podmínek přesně pro specifický obrobek.



Obr. 7: Vřeteno stroje s naklápěcí a otočnou hlavou

Zdroj: <http://www.sahos.cz/cs/produkty/power/galerie/>

2.7 Brzdění vřetene

Vzhledem k časům zastavování vřetene při výměně nástroje a na konci pracovního cyklu, je vřeteno zastavováno brzdou. Nejčastěji se používají kotoučové brzdy obdobné konstrukce jako brzdy automobilové. Jejich výhodou je klidný průběh brzdění a minimální točivý moment v odbrzděném stavu. Aby se vřeteno zastavilo i při vypnutí proudu, brzdí se buď tlakem pružiny, nebo hydraulického oleje, dodávaného z akumulátoru.

Předchozí popis způsobu brzdění se již u moderních CNC strojů nevyužívá. Stejně jako u CNC HAAS jsou všechny servo pohony včetně vřetene řízena tzv. modulem VECTOR DRIVE (= vektorové řízení pohonů) neboli frekvenčním měničem. Brzdění vřetena tak probíhá proudově motorem.



Obr. 8: Jednotka pro řízení servo pohonů a vřetena strojů HAAS

Tato jednotka současně obsahuje zdroj napětí 320 V pro napájení servo-zesilovačů jednotlivých os stroje. Nadměrné proudy, které vznikají při brzdění se ztrácejí v odporových plotýnkách. Jejich velikost odporu se rovná 5,6 Ω (ohm).



Obr. 9: Odporová plotýnka u strojů HAAS

2.8 Aretace vřetene

(= Zastavení, orientace v určité poloze vřetene)

U obráběcích center s automatickou výměnou nástrojů je nutno nasunout nástroj do vřetene vždy jen v určité poloze, aby zářezy příruby nástroje zapadly do unášecích kamenů. K tomuto účelu je vřeteno opatřeno kotoučem se zářezem, do kterého zapadá aretační čep nebo kladka. Po rychlém zabrzdění se začne vřeteno pomalu otáčet zvláštním pohonem přes prokluzovou spojku. Současně se na kotouč přiklopí aretační čep, po zapadnutí čepu do zářezu dojde k proklouznutí spojky a vypnutí pohonu. Po výměně nástroje se aretační čep zvedne hydraulickým válcem, jeho odjištěná poloha je snímána koncovými mikropsínači. U moderních CNC strojů se využívá orientace vřetene za pomoci tzv. encoderu = snímač polohy.



Obr. 10: Snímač polohy

Zdroj: <http://www.hledejsoucastky.cz/Hledani.aspx?lastsearch=inkrement>

Tento snímač polohy je spojen s hnací hřídelí vřetene přes řemenice, řemínek. Každé natočení vřetene snímač zaznamenává a jednotlivé napočítané impulzy vyhodnocuje. Pro konkrétní polohu pro výměnu nástroje porovná načtené pulzy s parametrem udávající polohu orientace. Jde o velice přesné polohování. Po zorientování vřetene se motor vřetene proudově zabrzdí. Nevýhoda tohoto zapolohování je v řemínku mezi snímačem polohy a hnací hřídelí vřetene. Řemínek má určitou životnost a při materiální únavě se vytáhne, praskne.

2.9 Snímání otáčení vřetene

Aby se zajistilo řízení velikosti posuvu v závislosti na otáčení vřetene, nezbytné pro řezání závitů a pro programování posuvu v (mm / otáčku), musí být k vřetenu připojen vhodný snímač. Ten převádí otáčivý pohyb na elektrický signál. Existuje několik možných principů, jak lze vyhodnocení provést. Jednou z nich je použití tzv. rotačního optického encodéru polohy hřídele, kdy se využívá principu optické závory. Optická vazba optočlenu je zde vytvářena kotoučkem s průchozími nebo odraznými plochami připevněným na hřídeli řízeného motoru. Nejčastěji se však používá fotoelektrický pulzní snímač s nulovou ryskou, která určuje okamžik opakovaného vyjetí suportu při řezání závitu na frézce. Požadavky na zpětnou vazbu se pohybují od vysoké přesnosti při nízké rychlosti až po velmi dynamické snímání s nižší přesností.

2.9.1 Spojení snímače polohy s hřídelí vřetene

- přímé spojení: magnetoelektrický encoder
- spojení přes řemenice a řemínek s fotoelektrickým (optickým) encoderem



Obr. 11: Magnetický snímač polohy

Zdroj: <http://www.amtek.cz/encodery-magneticke>

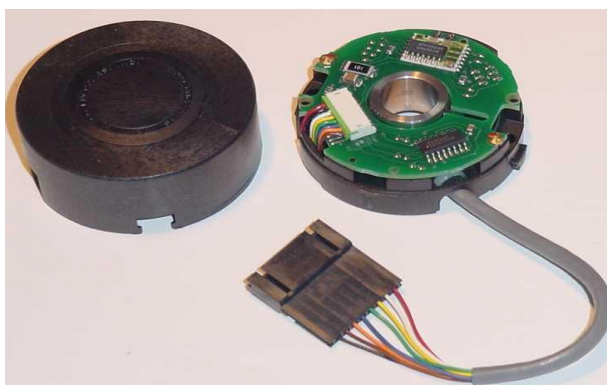
2.9.2 Magnetoelektrický encoder

Je založen na bezkontaktním magnetickém principu, a tak mohou tyto snímače vyhovět i tam, kde optické snímací systémy nejsou vhodné z důvodu náročných pracovních podmínek. Srdcem každého magnetického snímače jsou dva základní díly. Malý dvoupólový magnet a čip s maticí sond. Sondy v čipu snímají změny magnetického toku při rotaci inicializačního magnetu a vytvářejí napětí úměrné této změně.

Snímače reagují pouze na složku kolmou k povrchu čipu. Důmyslným návrhem matice snímacích Hallových sond se podařilo velmi omezit vliv externích magnetických polí a snímač je schopen pracovat i v prostředí s vysokou úrovní magnetického rušení a také se vyrovnat s nedokonalostmi magnetického pole inicializačního magnetu. Napětí z jednotlivých sond snímací matice je zpracováno dalšími obvody čipu do požadovaného formátu výstupu. Způsob výroby čipu umožňuje v jenom typu čipu integrovat analogový, inkrementální i absolutní formát výstupního signálu.

2.9.3 Optický encoder

Je založen na bezkontaktním optickém principu světlo / tma. V případě reflexních (odrazových) encodérů jsou zdroj světla i jeho přijímač společně umístěny na jedné straně kolečka, na kterém jsou reflexní a matné plošky. Jejich střídání před přijímačem při otáčení kolečka na něm způsobuje změny napětí v důsledku změny množství detekovaného světla.



Obr. 12: Odkrytovaný optický snímač polohy

Zdroj: <http://www.amtek.cz/encodery-magneticke>

2.10 Uložení vřeten

Na uložení vřeten číslicově řízených strojů jsou mimořádně velké a často protichůdné nároky. V automatickém cyklu pracuje velký počet různých nástrojů, které vyžadují široký rozsah otáček. Při hrubování s využitím vysokého výkonu a nižších otáček je nutná vysoká statistická a dynamická tuhost stroje. V hlavním ložisku je nutná minimální vůle. Dokončování se provádí při vysokých otáčkách a v ložiskách vzniká více tepla. Aby nedošlo k poškození vlivem tepelné dilatace vnitřního kroužku, je nutná větší vůle.

Všeobecně platí, že výhodnější je co nejmenší vůle, ale musí být taková, aby ani při maximálních otáčkách nedošlo k poškození ložiska.

Pro zachycení radiálních sil jsou vhodná dvouřadá válečková ložiska řady NN 30 K. Vyrábějí se se zvýšenou přesností, mají vysokou tuhost a umožňují při montáži nastavit požadovanou vůli. Nastavení však musí být velmi pečlivé, velikost optimální vůle lze stanovit jen důkladnými zkouškami, a proto musí být při eventuelní opravě dodržena hodnota udávaná výrobcem stroje. Při nastavování vůle se vnitřní kroužek natahuje na kuželový čep vřetene. Kroužky ložiska jsou tenkostěnné, po namontování kopírují tvar otvoru v tělese vřeteníku a tvar kužele vřetene. Proto musí být otvor i kužel vyrobeny velmi přesně, zvláště pokud jde o geometrickou přesnost. Požadované průměrné hodnoty kruhovitosti otvoru jsou 0,005 mm, válcovitosti 0,0025 mm. Vnitřní kroužek se natahuje na kužel pomocí matice tak, až dosedne na dělený lícovací kroužek, jehož délka se obrousí v závislosti na změřené vůli. Na správnou funkci ložiska má vliv kolmost čelních ploch matice k závitu, i malé odchylky způsobují při chodu podstatné zvýšení teploty. Pro zachycení axiálních i radiálních sil se používají kuličková ložiska s kosoúhlým stykem. Tento typ ložisek se vyrábí velmi přesně se zřetelem k uložení vřeten. Výhodou je vyhovující tuhost, vysoké maximální otáčky a menší citlivost na nastavení vůle. Používají se často jako axiální přepnutá dvojice. Při montáži takové dvojice musí být označena místa kroužků největšího axiálního házení montována shodně.

Výrobně jednoduché je uložení vřeten v kuželíkových ložiskách. Zachycují radiální i axiální síly. Výhodou je i určitá schopnost samočinného ustavení vůle, ložiska jsou montována tak, aby se vůle vlivem tepelné dilatace vřetene při vysokých otáčkách zvětšovala. Při malých otáčkách je tedy vůle menší nebo nulová. Kuželíková ložiska s přesností potřebnou pro uložení vřeten vyrábí však jen málo výrobců. Nedostatkem je větší množství tepla, které vzniká v ložisku vlivem tření na čelech kuželíků. Teplo je nutno odvádět zvětšeným množstvím mazacího oleje.

Pro správnou funkci uložení vřeten je kromě přesnosti dílců velmi důležitá i pečlivost a čistota při montáži. I nepatrné poškození nebo znečištění dosedacích nebo třecích ploch znehodnotí kvalitu uložení a projeví se nepřesností chodu a zvýšenou teplotou [5].

2.10.1 Nároky na uložení

- přesnost chodu
- široký rozsah otáček
- přenášení zatížení v axiálním a radiálním směru
- minimální hlučnost
- minimální ohřev i minimální dilatace (roztažnost)
- maximální tuhost
- minimální vůle

2.11 Kvalita chodu vřeten obráběcích strojů

Každá nenulová vnitřní vůle uložení vřetene způsobuje jeho volný posuv všemi směry a nelze tak zabránit jeho možnému vysunutí ze střední polohy, pokud vnější síly převyšují hmotnost vřetene. Proto mají být radiální i axiální vůle všech valivých ložisek v daném uložení v zabudovaném stavu co možná nejmenší. Pro dokonalost tvaru obráběné součásti je rozhodující přesnost obvodového profilu a vlnitosti oběžných drah ložiskových kroužků, chyby úhlového přesazení a chodu v zabudovaném stavu.

Vřetena pro obráběcí stroje jsou uložena většinou na valivých ložiskách s řemenovým pohonem vysokofrekvenčními motory – elektrovřetena nebo na ložiskách kluzných s využitím magnetického pole - aktivních magnetických ložiskách. Očekávanou jakost povrchu obráběné plochy rotačních součástí, mezi něž patří i funkční plochy valivých ložisek, lze výrazně ovlivnit přesností chodu pracovního vřetene obráběcího stroje. Ta je při jeho rotačním pohybu určena zejména velikostí odchylky osy otáčení od ideální polohy. Vlivem vnějších sil a také pružnými deformacemi součástí vřetene a souvisejících dílů vznikající při obráběcím procesu nerovnoměrnosti v zatížení a pohybu a ideální osa rotace je poměrně výrazně ovlivňována. Dosažení vysoké statické tuhosti vřetene je základem pro jeho optimální dynamické vlastnosti, přičemž v provozu mohou působit další vlivy snižující kvalitu opracování obrobku, jako jsou kvalita dynamického vyvážení a schopnost tlumení či vlastní brusivo.

2.11.1 Chod vřetene

Dosažená kvalita obvodového a příčného tvaru a mikrogeometrie povrchu oběžných drah ložiskových kroužků může mít vliv na trvanlivost ložiska. Právě jí je totiž určena skutečná styková plocha valivého kontaktu mezi oběžnou dráhou a valivým tělesem, a to jak u bodového styku (kulička), tak i u styku čárového (váleček, jehlový váleček, kuželík, soudeček). Metoda obrábění ovlivňuje také fyzikální stav povrchové vrstvy.

Kvalita chodu pracovních vřeten obráběcích strojů při běhu naprázdno a pod zatížením je charakteristická pro daný obráběcí stroj a pro požadovanou a očekávanou jakost obráběné součásti u ložiskových výrobců zejména oběžných drah kroužků a připojovacích rozměrů (čel, povrchu a díry), respektive jakosti povrchu valivých těles čárového styku. Chyby, vzniklé při otáčení vřeten se dají snížit na minimum, ale jejich příčiny nejsou vždy snadno zjistitelné. Vlivem působení vnějších sil při obrábění součástí přichází další vlivy, které způsobují přídatné úchyly osy otáčení od osy vřetene, způsobené zejména pružnými deformacemi součástí celé konstrukce. Druh těchto chyb je možno omezit jak vhodným konstrukčním uspořádáním uložení vřetene, tak i dalšími způsoby, zejména druhem valivých ložisek. Vysoká statická tuhost vřetene je základem pro dobré dynamické vlastnosti stroje, ačkoliv při zatížení v procesu obrábění mohou působit ještě další vlivy jako kvalita brusných nástrojů, vyvážení a schopnost tlumení. U vřeten uložených na valivých ložiskách můžeme obecně předpokládat kromě přesnosti chodu ložisek také tvarové přesnosti připojovacích součástí uložení a vůle ve valivých ložiskách.



Obr. 13: Konstrukce vřetene v řezu

Zdoj: <http://www.stranskyapetrzik.cz/stroje/feeler/vmc/vm/vm-30/vm-30-konstrukce/>

2.11.2 Systém upínání nástrojů

Upnutí nástroje musí být rychlé a jednoduché a musí s dostatečnou rezervou přenést krouticí moment z vřetene na nástroj. Výměna nástroje musí být také rychlá a jednoduchá. Systémy upínání nástrojů rozdělujeme na ruční a automatické. Systém upnutí se skládá z držáku nástroje (upínací kužel), ve kterém je připevněn nástroj, kuželové upínací plochy na hřídeli vřetena, upínací tyče a u vřeten s automatickým upínáním nástrojů jsou na upínací tyči umístěny talířové pružiny, které vyvozují stálou upínací sílu. Vřetena s automatickou výměnou mají na konci připevněn uvolňovací hydraulický nebo pneumatický válec, který stlačí pružiny a umožní vysunutí nástroje.



Obr. 14: Upínací čep nástroje (vlevo), upínací tyč z talířových pružin (vpravo)

2.11.3 Upínací kužely a mechanismy

V Evropě se používají upínací kužely ISO s označením ISO30, ISO40 atd. a kužely HSK. V USA byly normalizovány kužely CAT s označením CAT 30, CAT 40 atd. V Asii je rozšířeno použití kuželů BT. Pro stroje s vysokorychlostními vřeteny se používají výhradně kužely HSK v rozměrech HSK 25 až 100 mm.



Obr. 15: Upínací kužely zleva doprava: BT50, CAT50, ISO30, HSK 50A

Zdroj: <http://www.springerlink.com/content/gg6531/?p=59dcaee9f64f4483b07c865b39786e7e&pi=0>

2.12 Ložiska používaná ve vřetenech

Ložiska slouží pro zachycení sil při obrábění. U frézovacích vřeten se převážně používají valivá ložiska v širokém spektru typů a provedení. V malé míře se používají ložiska hydrostatická a elektromagnetická, ale jejich použití je omezeno pro speciální aplikace.

Na ložiska jsou kladeny tyto požadavky:

- Ložisko nesmí házet
- Přesnost co nejvyšší tuhost
- Malé pasivní odpory – ztráty energie se mění na teplo (teplotní dilatace)
- Odolnost proti opotřebení
- Klidný chod
- Možnost vymezení vůle
- Jednoduchá údržba a spolehlivost

2.12.1 Vřetenová valivá ložiska

Přestože se nejedná o vývojově nový komponent, ložiska jsou stále v centru výzkumu a vývoje mnoha světových výrobců. Důvodem je růst kvality řezných materiálů a tím zvyšování řezných rychlostí/otáček vřetena. Výzkum se zaměřuje na zvýšení otáčkového limitu, systému mazání a zvyšování jejich trvanlivosti. Valivá ložiska jsou nejpoužívanější, protože mají vysokou tuhost, nevyžadují zaběhání a jednoduchou vyměnitelnost.



Obr. 16: Valivá ložiska

Zdroj: <http://www.pkservis.com/gallery.html>

Mezi jejich nevýhody můžeme zařadit jejich citlivost na rázy a špatné tlumení vibrací. Ve vřetenech jsou v závislosti na aplikaci používány ložiska kuličková s kosoúhlým stykem, válečková a kuželíková. Ložiska s kosoúhlým stykem umožňují vysoké otáčky a zároveň přenos axiálních sil a jsou používány pro rozměrově menší uložení. Kuželíková ložiska se používají pro větší uložení, mají vyšší tuhost a přenesou větší axiální zatížení. Válečková ložiska mají vysokou únosnost v radiálním směru a vysokou tuhost.

Používají pro uložení zadního konce a nepřenesou axiální zatížení. Důležitým faktorem při volbě ložisek je jejich výrobní přesnost, a otáčkový faktor. Tyto údaje udává výrobce ložisek. Nejlepších výsledků těchto parametrů dosahují ložiska s kosoúhlým stykem. Aby ložiska s kosoúhlým stykem pracovala správně, je třeba na ně působit předpětím (stálou axiální silou). Předpětím se eliminuje radiální a axiální vůle v ložisku a zvyšuje se jejich tuhost. Předpětí ovšem nesmí překročit určitou velikost, což by způsobilo snížení životnosti ložisek a větší vývin tepla v ložisku. Doporučenou velikost předpětí udává výrobce a je možno ho dosáhnout více způsoby. Prvním je vytvoření předpětí pružinou, která působí silou na nerotující vnější kroužek. Výhodou je neměnnost síly předpětí i při teplotní změně rozměrů součástí vřetena, ale musí být zajištěno, aby měl vnější kroužek možnost pohybu. Další variantou je použití distančních kroužků určité tloušťky. Velikost předpětí se ale za provozu může měnit díky teplotní roztažnosti. Ložiska s kosoúhlým stykem se nejčastěji montují v sadách, které vyvozují předpětí samotnou montáží ložisek vedle sebe, protože vnější a vnitřní kroužek ložiska je vzájemně posunut.

2.12.2 Hybridní ložiska

Díky stálému zvyšování otáček vřeten byly vyvinuty tzv. hybridní ložiska, která jsou stejné konstrukce jako ložiska ocelová, ale valivé elementy mají keramické. Keramika má nižší hustotu, valivé elementy jsou lehčí a jsou tedy méně zatížené odstředivou silou. Mají nižší koeficient tření, čímž v ložisku vzniká méně tepla a tělíska mají vyšší tuhost než ocelová. Hybridní ložiska jsou dražší než ocelová a používají se na vysokorychlostních vřetenech. Jejich nevýhodou je, že při kolizi nástroje s obrobkem může dojít k jejich křehkému lomu. Velikost předpětí se na vysokorychlostních vřetenech často vyvozuje hydraulicky, čímž se může měnit předepínací síla v závislosti na otáčkách vřetene.



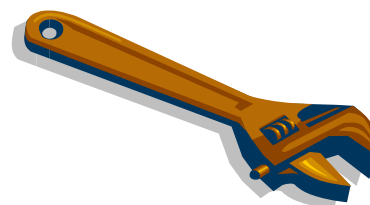
Obr. 17: Hybridní keramické ložisko

Zdroj: <http://www.tobex.cz/eshop>

3 SERVIS A ÚDRŽBA

3.1 Údržba - teorie

Údržba technických systémů, přístrojů a součástí je soubor činností, které mají zajistit, že se zachová jejich provozuschopný stav, nebo při poruše bude tento stav rychle obnoven.



Zjednodušeně můžeme údržbu rozdělit do čtyř oblastí:

- Dohled
- Inspekce
- Údržba
- Vylepšení

Termínem údržba je často zjednodušeně označováno ve firmách také oddělení nebo organizační útvar, který provádění údržby zajišťuje. Pracovník takového oddělení bývá označován jako údržbář [7].

3.1.1 Cíle údržby

Údržba slouží k předcházení systémových výpadků.

Dalšími očekávanými přínosy mohou být:

- Prodloužení a optimální využití doby života přístrojů a zařízení
- Zlepšení provozní bezpečnosti
- Zvýšení připravenosti zařízení plnit požadovanou funkci
- Optimalizace provozních procesů
- Snížení počtu poruch
- Plánování nákladů na provoz zařízení

Údržba je zvláště důležitá tam, kde selhání technický systémů ohrožuje bezprostředně lidské životy. V těchto případech kontrolují provádění údržby státní orgány nebo jimi pověřené organizace. Vedle technického hlediska je nutné se zabývat také náklady. Hlavně v sériové výrobě musíme při výpadku stroje počítat nejen s přímými náklady na opravu, ale také s cenou nevyrobené produkce a s případnými penále uplatňovaným odběrateli.

3.1.2 Preventivní údržba

Při zavedení konceptu preventivní údržby máme na zřeteli následující cíle:

- Méně odstávek v provozu
- Kratší časy vyhrazené pro údržbu na strojích
- Menší vliv odstávkových časů na výrobní proces (možnost časově sladit potřeby výroby i údržby)

Pro dosažení těchto cílů nestačí definovat a prosadit průběžnou kontrolu. Je třeba také zajistit plynulé zásobování náhradními díly. Přitom se firma musí vyhnout velkým zásobám náhradních dílů. Musí skladovat jen ty díly, které jsou pro udržení provozuschopnosti nezbytné. Důležitá je znalost dodavatelů náhradních dílů a jejich dodacích podmínek.

3.1.3 Pojmy používané v údržbě

Údržba může být definována například takto: Údržba je kombinace technických a administrativních opatření včetně zásahů managementu během životního cyklu provozní jednotky k udržení provozuschopného stavu, případně navrácení do takového stavu, aby provozní jednotka plnila požadovanou funkci

Další používané pojmy:

- **Obsluha** – průběžně prováděné činnosti, zajišťující chod zařízení
- **Inspekce** – opatření k určení skutečného stavu provozní jednotky, včetně stanovení opotřebení a vymezení nutných údržbářských prací

- **Znovuzprovoznění** – činnosti pro navrácení provozní jednotky do provozuschopného stavu včetně přípravy na vylepšení
- **Vylepšení** – kombinace technických a administrativních opatření ke zvýšení provozní bezpečnosti a způsobilosti zařízení beze změny funkce
- **Funkční způsobilost** – způsobilost provozní jednotky plnit funkci na základě aktuálního provozního stavu
- **Výpadek** – ukončení způsobilosti provozní jednotky plnit požadovanou funkci
- **Analýza slabých míst** – nalezení míst zvýšeného opotřebení dílů, které by mohlo vést k brzkému výpadku funkce [7]

3.2 Údržba vřetene

Postup údržby vřetene

- 1) Kontrola dobře nastaveného vzduchového regulátoru tlaku
 - vizuálně ověřit vzdušný tlak vřetena na tlakoměru za panelem regulátoru vzduchu, nastavený tlak by měl být v rozsahu: 1,2 – 1,7 bar. Tento tlak vzduchu se směšuje spolu s olejem z centrálního mazání stroje (typ oleje pro mazání např.: MOBIL VACTRA II) a putuje po stěně hadičky do vřetene



Obr. 18: Snímač tlaku

- 2) Zamezit tepelné přilnavosti kuželů za pomoci občasného namazání kužele speciálními pastami (např. ALTEMP). Zamezí se tak rázům při výměně nástroje.
- 3) Ověřit ofuk vřetene zabraňující přístupu nečistot v kuželu (špony, apod.)
- 4) Při správném chodu nesmí vřeteno přesáhnout teplotu kužele 65 C°

3.3 Mazání vřetene

U vřetene CNC se dbá na mazání ložisek. Tento úkon údržby je patří k často opomínaným, proto se často vřeteno poškodí. Z důvodů, které dále zvyšují parametry a efektivitu vysokootáčkových vřeten, jsou zdokonalené systémy mazání vřetenových ložisek olejem i tukem.

3.3.1 Ložiska s mazáním olej-vzduch

Ložiska jsou přímo uzpůsobená pro mazání typu olej-vzduch. Jedná se o vysokootáčková kuličková ložiska s kosoúhlým stykem. Vřetena s těmito ložisky mohou díky své originální konstrukci a špičkovým parametrům dosahovat podobných maximálních otáček jako vřetena se vstřikovacím mazáním. Vstřikovací mazání je velké a poměrně složité zařízení s vysokou spotřebou energie, které komplikuje a prodražuje celkovou konstrukci vřetena. Tento problém při použití těchto ložisek odpadá. Dalším velkým přínosem proti vstřikovacímu mazání je podstatně snížená hlučnost a nízká spotřeba vzduchu pro přenos oleje. Účinnost tohoto mazání je díky efektivnímu systému přívodu oleje do ložisek téměř 100%. Díky optimalizované konstrukci umožňující vhodné směrování vzduchového proudění vytváří vysokootáčkové vřeteno s těmito ložisky hluk nižší než 80 dB.



Obr. 19: Systém mazání vřetene

3.4 Servis vřetene

Možné příčiny závad na vřetenu:

- hlučné vřeteno
- špatný povrch při obrábění materiálu
- neupíná se nástroj
- poškozený vnitřní kužel vřetene

Hlučné vřeteno

- Možná příčina v zadřených ložiskách z důvodu špatného mazání vřetene. Ověřit funkčnost mazání, průchod mazacích trysek, přerušené cesty
- Možná příčina z důvodu kolize nástroje s obráběným materiálem

Špatný povrch

- Možná příčina v nesprávném tahu upínací tyče pro držení nástroje v kuželu vřetene z důvodu popraskaných talířových pružin na upínací tyči
- Možná příčina ve vůli v ložiskách vřetena. Nutná diagnostika za pomoci měřicího přístroje vibrací.

Neupíná nástroj

- Možná příčina v neúplném chodu upínací tyče (pozice nástroj uvolněn / nástroj upnut) z důvodu popraskaných pružin na upínací tyči.
- Možná příčina v nesprávném tlaku vzduchu pro stlačení vzduchového válce a následného stlačení upínací tyče.
- Možná příčina ve vypadlém zajišťovacím členu upínací tyče uvnitř vřetene.

Poškozený vnitřní kužel vřetena

- Možná příčina z důvodu kolize nástroje s obráběným materiálem a následnému vytržení nástroje z vřetene, vlivem prasknutí upínacího čepu na nástroji.
- Při malých deformacích povrchu vnitřního kuželu lze povrch přebrousit.

- U vřetena promazávaného olejovou mlhou zkontrolujte správné množství maziva na ložiskách vřetena
- U vřeten poháněných řemen je nutné kontrolovat napnutí řemenů.
- Dbát na čistotu vřetene (nečistoty jako třísky mohou způsobit zadření ložisek)

3.5 Vibrace vřetene

Vibrace se negativně projevují na celkovém stavu systému. Jejich působením se zvyšuje riziko poškození důležitých částí. Vibrodiagnostické měření provádí pouze pracovník, který je způsobilý a řádně proškolený. Měření se neprovádí trendově, ale spíše nahodile a s delšími časovými rozestupy. Měření je dále provedeno po upozornění obsluhujícího pracovníka stroje, který již není schopen dodržet předepsané tolerance obrábění. Důležité je, aby měření proběhlo co možná nejrychleji, aby nedocházelo ke zbytečným prostojům. Samotné měření se provádí po vyjmutí obrobku z upínacího ústrojí stroje a je důležité, aby všechna provedená měření měla srovnatelné podmínky u všech měřených vřeten, proto se samotné měření provádí ve fázích mimo proces obrábění. Povolné vibrace stroje viz příloha obr. 6.

3.6 Analyzátor vibrací

K porovnání analyzátoru vibrací jsem si vybral dva přístroje. S prvním přístrojem mám zkušenosti z předmětu Měření a diagnostika a s druhým přístrojem měří firma Teximp, která mi poskytla veškerý materiály ke zpracování absolventské práce.

3.6.1 Adash 4101

Aplikace

- Diagnostika ložisek, mazání a mechanických poruch strojů (nevyváženost, souosost,...)
- Diagnostika ventilátorů, čerpadel, převodovek, motorů, turbín, obráběcích strojů...
- Diagnostika pomaloběžných strojů – papírenské stroje, válcovací tratě, transportní mechanismy, ...

- Provozní vyvažování strojů
- Výstupní kontrola výrobků

Vlastnosti

- Umožňuje připojit snímač zrychlení, rychlosti, posunutí optickou fázovou sondu, klešťový měřicí transformátor
- ICP napájení připojeného snímače, AC vstup pro měření vibrací
- TTL spoušť pro synchronizaci měření, měření otáček
- Vstup pro snímač čárového kódu k identifikaci bodu měření
- Průměrování měření statických i dynamických dat 1 až 20
- Měření efektivních a špičkových hodnot, *Crest* a *Kurtosis* faktor
- LF rychlost v mm/s v pásmu 10 až 1000 Hz
- LIN zrychlení v m/s² v pásmu 0,8 Hz až 16 kHz
- HFE zrychlení v g (9,81 m/s²) v pásmu 5 až 16 kHz
- ENV obálka v m/s² v pásmu 5 až 16 kHz
- FFT analýza 101 až 801 čar, řadová analýza 10 harmonických
- Analýza časového signálu
- Provozní vyvažování v jedné nebo dvou rovinách
- Datakolektor – pochůzkový režim měření, paměť dat 512 KB
- Analyzátor – uživatelské nastavení přístroje během měření
- Grafický podsvětlený LCD displej
- Napájení 4 x AA akumulátory nebo alkalické
- Rozhraní RS 232 pro komunikaci s uživatelským SW
- Uživatelský software A4000Download, DDS 2000, PTK5.00



Obr. 20: Analyzátor vibrací Adash 4101



Obr. 21: Pohled na výstupy analyzátoru

3.6.2 Octavis VB1001



Obr. 22: Analyzátor vibrací
Octavis VB1001

Aplikace

- Hlídač stavu valivých ložisek
- Připojení přístroje pomocí M12 x 1 a zástrčkového propojení M8 x 1
- Spektrální analýza
- Obalové křivky-FFT
- Analýza trendu

Vlastnosti

- Hlídaní vibrací až 2 diagnostických veličin a dvou hodnot úrovní
- Provozní napětí [V] : 10 až 32 DC
- Proudový odběr [mA] : 100 (24 V DC)
- Třída krytí: III
- Okolní teplota [°C] : -30 až 60
- Hmotnost [kg] : 0,227
- Displej: LED sloupcový displej
- Komunikace: M8-zásuvka (RS-232 komunikace)
- Paměť: 2580 datových vět jako kruhová vyrovnávací paměť
- Princip senzoru: mikromechanický senzor zrychlení / kapacitní měřicí princip / jedna měřicí osa
- minimální doba měření [s] : 0,8
- frekvenční rozsah [Hz] : 3 až 6000
- spektrální rozlišení [Hz]: 1,25
- rozsah hlídání [1/min] : 500 až 6000 (skutečný počet otáček je závislý od druhu valivého ložiska a může se tudíž odlišovat)

3.7 Měření vibrací

Měření na vřetenu provádíme ve všech frekvenčních pásmech a v různých otáčkách. To zamezí možné chybě a zmenší odchylku ve výsledku. Tam kde je nutné diagnostikovat stroj z důvodu vibrací, které se přenáší na obráběný povrch, se používá vibrační analyzátor. U frézek se citlivé čidlo magneticky upne na pevné čelo vřetena.



Obr. 23: Připevnění analyzátoru Octavis

Přístroj se propojí přes sériové rozhraní RS-232 s PC. V programu OCTAVIS se nastaví ideální poměr zobrazovaných veličin, rozsah frekvenčního pásma, rozsah otáčkového pásma (viz příloha obr. 5). Výsledný graf měření a popis špičkových hodnot (viz příloha obr. 3).



Obr. 24: Sestava OCTAVIS = čidlo, sériové rozhraní RS - 232, napájení čidla

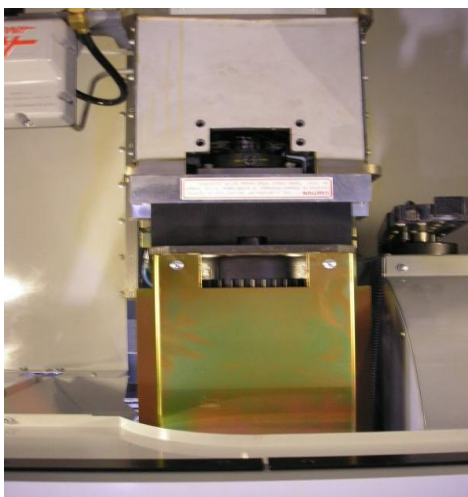
3.8 Montáž a demontáž vřetene

Firma Teximp umožnila jednu spoluúčast na servisu vřetene. Toto vřeteno bylo po střetu s obrobkem, a tedy byla narušena jeho vnitřní struktura. Nejjednodušším a zároveň nejlevnějším řešením byla výměna celého vřetene. V následujícím textu bude popsán postup, který byl proveden při montáži a demontáži.

3.8.1 Postup výměny vřetene

3.8.1.1 Demontáž

- 1) Odkrytují se přední a postraní kryty

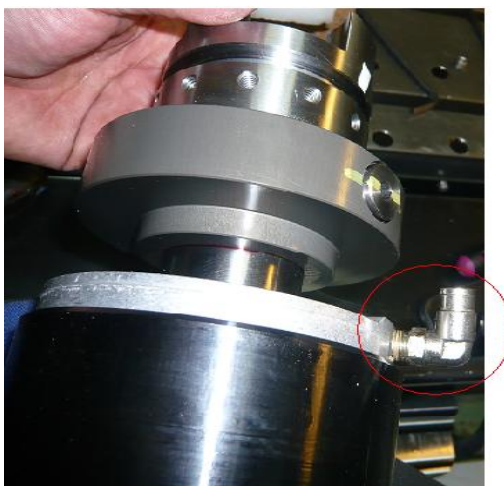


Obr. 25: Zakrytované vřeteno

- 2) Rozpojit ve svorkovnici kabel k tlačítku pro manuální upnutí nástroje do vřetene
- 3) Demontovat závitové kolínko od olejového potrubí
- 4) Povolit 6 šroubů, držící vřeteno
- 5) Na stůl přímo pod vřeteno umístit dřevěný hranol (nejméně 15 cm silný) – viz příloha obr. 6.
- 6) Na panelu přepněte do režimu JOG (posouvat) a vyberte osu Z a pomalu přejděte do záporného směru (-), dokud vřeteno nesjede na hranol. Poté vyšroubujte zbylé šrouby.
- 7) Gumovou paličkou sesadit vřeteno (nesmí dojít ke spadnutí – ponechat alespoň 2 šrouby), sesazovat lehce pokud to nejde použít šroubovák, kterým lehce páčit za hranu
- 8) Posuňte osu Z kladným směrem (+), dokud se vřeteno zcela nevysune z vřeteníku

3.8.1.2 Montáž

- 1) Důkladně očistit všechny líčující plochy zásobníku vřetene i vřeteníku, v případě potřeby lehce obrousit, jeli to nutné, a odstranit otřepy nebo výstupky.
- 2) Zvolit pomalý posuv osy Z záporným směrem (-), dokud se horní část vřetene zcela nezasune do vřeteníku. V tomto okamžiku vyrovnat vřeteno. Zásobník vřetene musí být zcela rovnoběžný s otvorem vřetene.
- 3) Montáž neprovádět násilím – neustále sledovat hodnotu zatížení pro tuto osu, když je hodnota na monitoru velká, zpět vřeteno posuvem nahoru – poklepat, srovnat a pokračovat v nasunování do té doby než bude spojka spřažena ve vřeteníku (viz příloha obr. 8).
- 4) Dotáhnout 6 šroubů, držící vřeteno
- 5) Kontrola geometrie + zpracování geometrických protokolů pro zákazníka
- 6) Namontovat zpět kolínko od mazacího okruhu



Obr. 26: Znárodnění mazacího kolínka

- 7) Při oddělení motoru od vřetene je nutné seříditi orientaci vřetene, vůči výměnné ruce zásobníku nástrojů – pomocí parametru ORIENT SPINDLE a srovnat vřeteno, aby bylo kolmé na lože (parametr 257 = ORIENTACE VŘETENE) viz příloha obr. 7.
- 8) Odzkoušet funkce výměny nástroje
- 9) Zakrytovat zpět přední a postraní kryty
- 10) Prohlubeň mezi skříní a zásobníkem vřetene naplnit olejem. Otvor pro doplňování oleje je vlevo na vřeteníku poblíž otvoru vřetene.
- 11) Spuštění zahřívacího programu pro záběh vřetene (doba trvání cyklu 5,5 hodiny).

3.8.2 Program pro záběh vřetene

N100 S300	M03 G04 P900.	N700 S6000 M03
G04 P900.	M05	G04 P900.
M05	G04 P900.	M05
G04 P900.	G04 P900.	G04 P900.
N200 S1000 M03	N500 S4000 M03	M03 G04 P900.
G04 P900.	G04 P900.	N800 S7500 M03
M05	M05	G04 P900.
G04 P900.	G04 P900.	M05
N300 S2000 M03	G04 P900.	G04 P900.
G04 P900.	N600 S5000 M03	M03 G04 P900.
M05	G04 P900.	M99
G04 P900.	M05	
G04 P900.	G04 P900.	
N400 S3000 M03	G04 P900.	

ZÁVĚR

V této absolventské práci se podařilo splnit všechny požadavky zadání. Byly získány dostačující informace o vřetenech CNC frézky. Z těchto údajů by měli servisní technici pochopit chod a provoz vřetene. Text proto můžou použít při rozšíření svých vědomostí a poslouží jako studijní materiál. Pro budoucí pracovní život byly získány cenné vědomosti při výměně vřetene. Postup výměny vřetene je popsán podle zkušeností ze servisu s firmou Teximp. Tato výměna proběhla z důvodu špatné manipulace s frézku a následné havárii. Stroj byl americké výroby značky HAAS, proto byla pro soukromého majitele výhodnější celková výměna vřetene. Firma poskytuje slevy za poškozené vřeteno a majitel nemusel trtit na prodlevách spojené s posíláním a dodáním vřetene. Další možnou variantou byla repase vřetene u českých servisů, ale již by se na vřeteno nestahovala od výrobce žádná záruka. Další problém je závěrečné odzkoušení a dlouho trvající záběh vřetene, ale za předpokladu zkušené obsluhy nemusí již být přítomen odborný technik. V části 2 jsou teoretické údaje o rozdělení, snímání, uložení vřeten. Ve třetí části je popsán servis a údržba na vřetenech, postup při prevenci údržby, mazání vřeten. V kapitole měření byly využity vědomosti z vyučování.

LITERATURA

- [1] CNC- forum. [online]. 1999. Dostupné z: <http://www.cnc-forum.cz/>.
- [2] Doc. Ing. P. POKORNÝ, CSc.: Výrobní stroje II, Skripta, Liberec, 1998.
- [3] VÍTEK, DAVID. *Deskripce konstrukce vřetene frézovacího stroje*. Brno, 2011. SEMESTRÁLNÍ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. MICHAL HOLUB.
- [4] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2, přeprac., rozš. Praha: MM publishing, 2010, 420 s. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [5] KARLÍČEK, J. a NĚMEC, J. *Číslicově řízené obráběcí stroje II*. Praha: SNTL, 1979.
- [6] WIKIPEDIE. *Údržba* [online]. 10. 3. 2012 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/%C3%9Aadr%C5%BEba>.
- [7] DVOŘÁK, P. *Negativní vlivy vibrací vřetena*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 55 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marie Havlíková, Ph.D.

OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

- Absolventská práce ve formátu PDF
- Originální fotografie ze servisu vřetene

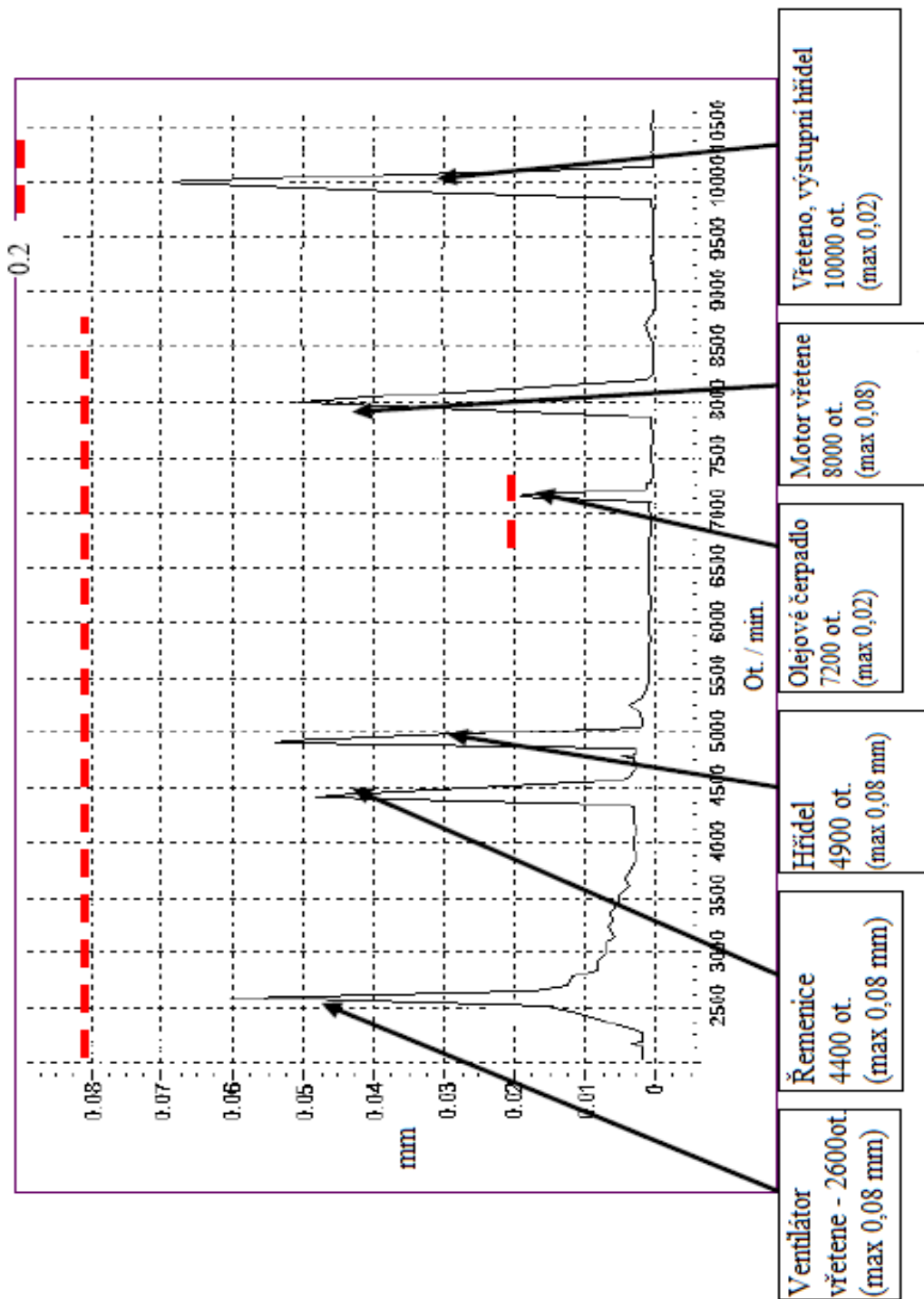
PŘÍLOHY



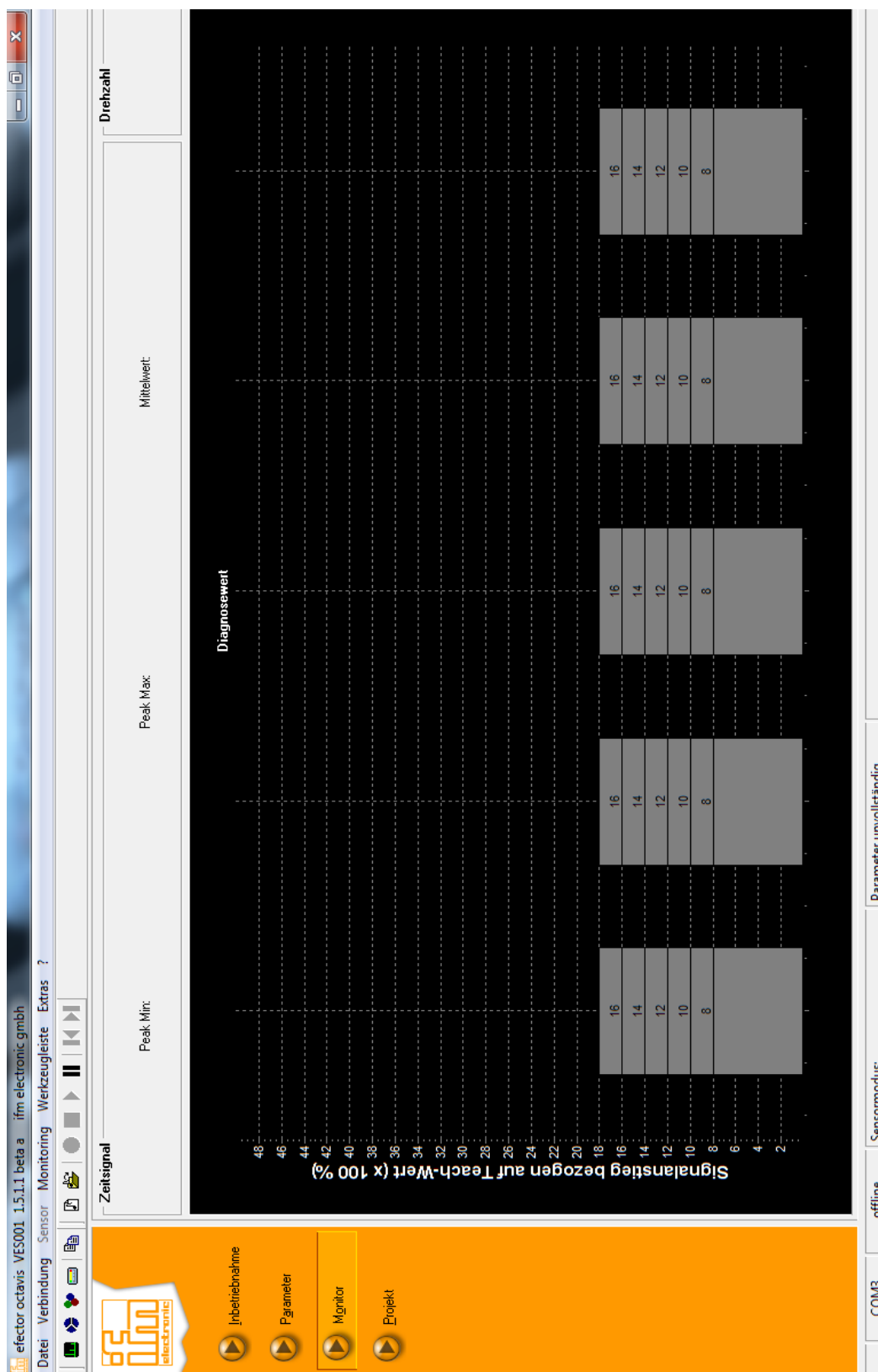
Obr. 1: Frézka VF-2



Obr. 2: Logo firmy Teximp



Obr. 3: Výsledný graf měření vibrací

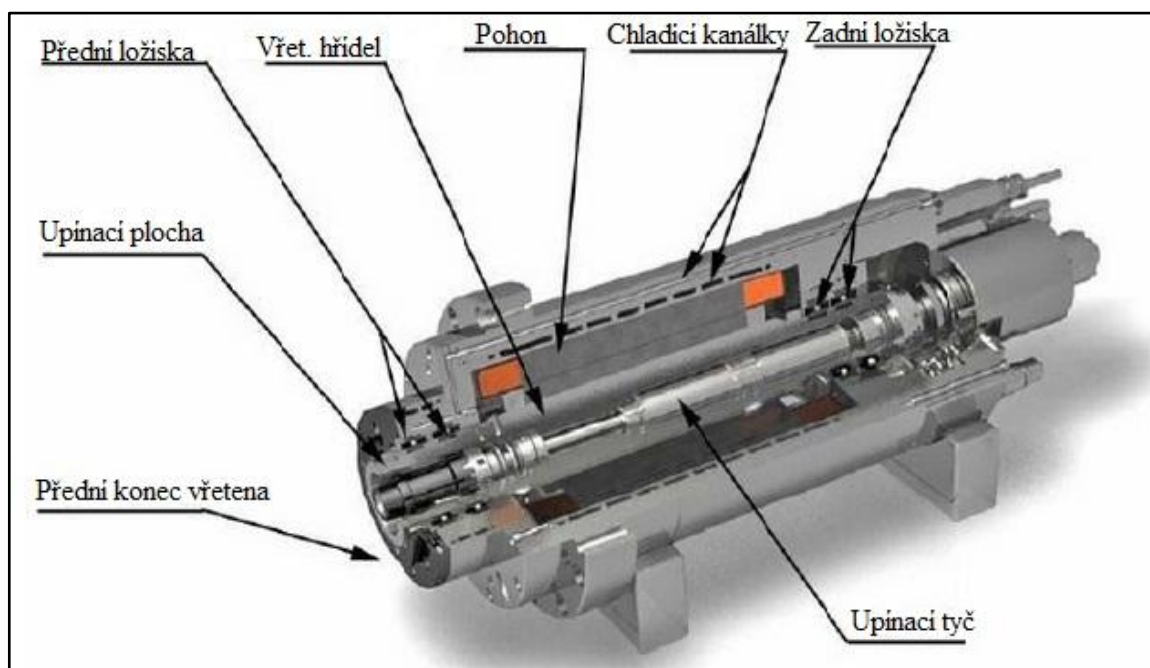


Obr. 5: Prostředí analyzáru Octavis

28				
18				
11		NEPŘÍPUSTNÝ		
7				
4,5				
2,8		NEUSPOKOJIVÝ		
1,8				
1,1		USPOKOJIVÝ		
0,7				
0,45		DOBRÝ		
0,28				
Veff	skupina K	skupina M	skupina G	skupina T
	malé stroje s výkonem do 15kW	17-75kW nebo až 300kW na speciálním základě	více než 75kW velké stroje na pevném a mohutném základu	Turbosoustrojí

Hodnocení stavu stroje podle normy ISO 2372

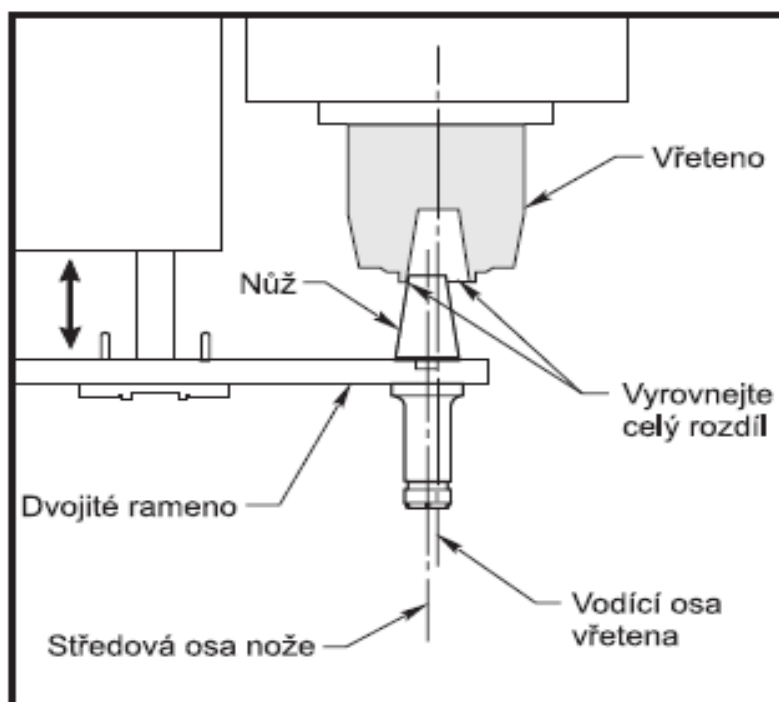
Obr. 7: Povolené kmitání stroje



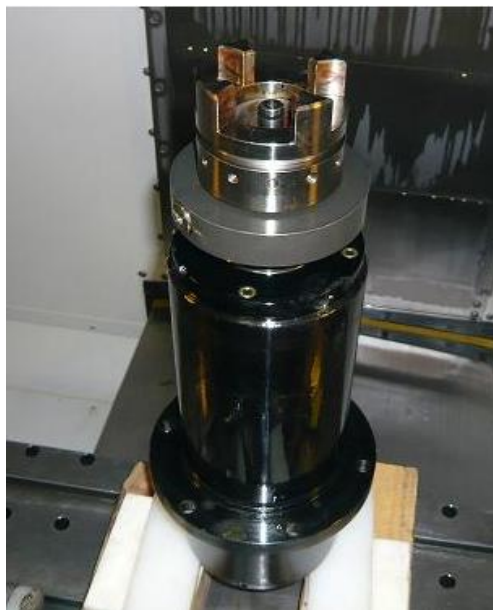
Obr. 6: Popis vřetene



Obr. 8: Podložení vřetene hranoly



Obr. 9: Orientace vřetene



Obr. 11: Vyjmuté vřeteno



Obr. 10: Znázornění plastové spojky pro spřažení ve vřeteníku