



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

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

PŘIPOJENÍ VYVRTÁVACÍCH HLAV S CNC ŘÍZENOU U-OSOOU NA HORIZONTÁLNÍCH CENTRECH TAJMAC-ZPS

BORING AND FACING HEAD WITH CNC U-AXIS INTERFACING ON HORIZONTAL MACHINING
CENTRES TAJMAC-ZPS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. LIBOR NOHÁL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. ROBERT VALERIÁN

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Libor Nohál

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Připojení vyvrtávacích hlav s CNC řízenou U-osou na horizontálních centrech Tajmac-ZPS

v anglickém jazyce:

Boring and facing head with CNC U-axis interfacing on Horizontal machining centres Tajmac-ZPS

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vyřešit upevnění U-hlavy na paletě vhodně zafixované pro automatické připojení / odložení.

Zkonstruovat rozhraní na vřeteníku/vřetenu HC

- a) hydraulické zpevnění
- b) umístění elektronických prvků pro kontrolu spojení, konektorů a jejich zatěsnění v odpojeném/připojeném stavu
- c) pneumatiku pro ofukování a čištění rozhraní při spojování
- d) hydraulické, pneumatické schema
- e) modální analýza vybraných prvků
- f) diagram sekvence připojení/odpojení

Cíle diplomové práce:

Automatické připojení U-hlavy na vřeteno odložené na paletě frézovacího horizontálního CNC stroje stojícího samostatně nebo integrovaného do FMS

Seznam odborné literatury:

Technická dokumentace D'Andrea Italy

Technická dokumentace Tajmac - ZPS

BOM a Normy Tajmac-ZPS

Vedoucí diplomové práce: Ing. Robert Valerián

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 1.12.2009

L.S.

Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je návrh zařízení pro automatické připojení vyvrtávacích CNC řízených hlav s U-osou na horizontálních obráběcích centrech firmy Tajmac-ZPS. A v závěru práce je provedena modální analýza pro zhodnocení dynamického chování zkonstruované vyvrtávací hlavy.

ABSTRACT

The subject of this thesis is a suggestion on mechanism for automatic interfacing of boring and facing heads with CNC U-axis on horizontal machining centres made in Tajmac-ZPS company. The thesis is terminated in modal analysis which is done in the point of view of the constructed boring head's behaviour.

KLÍČOVÁ SLOVA

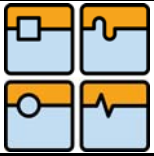
Horizontální obráběcí centrum, CNC vyvrtávací hlava, H 80, PVS, modální analýza.

KEYWORDS

Horizontal machining center, CNC boring and facing head, H 80, FMS, modal analysis.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NOHÁL, L. *Připojení vyvrtávacích hlav s CNC řízenou U-osou na horizontálních centrech Tajmac-ZPS*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 59 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Robert Valerián.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci *Připojení vyvrtávacích hlav s CNC řízenou U-osou na horizontálních centrech Tajmac-ZPS* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Roberta Valeriána a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 28. května 2010

vlastnoruční podpis autora



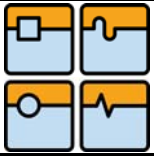
PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Robertu Valeriánovi za cenné připomínky a rady, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce.

OBSAH

ÚVOD	10
1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY TAJMAC-ZPS, A.S.	11
1.1 STRUČNÁ HISTORIE FIRMY	11
1.2 PRODUKTY FIRMY	11
2 PŘEDSTAVENÍ STROJE H 80	12
3 PRUŽNÝ VÝROBNÍ SYSTÉM	15
4 VYVRTÁVACÍ HLAVY S CNC OSOU	17
4.1 VYVRTÁVACÍ HLAVY FIRMY KOMET	18
4.2 VYVRTÁVACÍ HLAVY FIRMY COGSDRILL TOOL	20
4.2.1 ZX Systems	20
4.3 VYVRTÁVACÍ HLAVY FIRMY D' ANDREA	21
4.3.1 TA-CENTER	21
4.3.2 TA-TRONIC	21
4.3.3 U-COMAX	22
4.3.4 AUTORADIAL	22
4.3.5 Hlavy U-TRONIC	23
5 NÁVRH VYVRTÁVACÍ U-HLAVY	25
5.1 STANOVENÍ CÍLŮ PRÁCE	25
5.2 TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA	25
5.2.1 Technická data zvolených hlav U-TRONIC	27
5.2.2 Blokové schéma projektovaného zařízení	28
5.3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	29
5.3.1 Skupina Vyvrtávací U-hlava	29
5.3.1.1 Příruba D' Andrea	29
5.3.1.2 Upínací kužel	33
5.3.1.3 Elektrické konektory	34
5.3.1.4 Hydraulické zpevnění	35
5.3.2 Skupina stroje Rozhraní D' Andrea	39
5.3.2.1 Upínací deska	39
5.3.2.2 Pneumatika	40
5.3.2.3 Utěsnění konektorů	41

5.3.3 Skupina stroje Upínací systém.....	44
5.3.3.1 Upínací konzole.....	44
5.3.3.2 Upínač U-HLAVY	45
5.4 MODÁLNÍ ANALÝZA U-HLAVY	47
5.5 DIAGRAM SEKVENCE PŘIPOJENÍ/ODPOJENÍ	51
6 ZÁVĚR.....	52
7 POUŽITÉ ZDROJE	53
8 POUŽITÉ ZKRATKY, SYMBOLY A VELIČINY	55
9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ.....	56
10 SEZNAM TABULEK.....	58
11 SEZNAM PŘÍLOH	59
PŘÍLOHY	60



ÚVOD


Horizontální obráběcí centra (vodorovně uložené vřeteno) jsou určena převážně pro obrábění skříňových, popřípadě plochých dílů pro letecký, automobilní, energetický aj. průmysl. V současné době tyto stroje umožňují až čtyř, pěti nebo dokonce i šestiosé obrábění složitých těžko obrobitelných materiálů, jako je např. titan, při využití moderních technologií vysokorychlostního (HSC) obrábění, případně vysokoproduktivního (HSP) obrábění. Mezi výhody koncepce obráběcích center s vodorovnou polohou vřetene patří zejména jeho vyšší tuhost, daná uložením vřetene ve stroji a jeho menším vyložením při obrábění než je tomu u varianty s vertikálním umístěním vřetene, lepší odvod třísek z místa řezu; jednodušší automatizace výměny obrobků – technologických palet nebo možnost začlenění do pružného výrobního systému.

Hospodářská recese, která zasáhla svět v roce 2008 a jejíž důsledky budeme pociťovat ještě dlouho, důrazně upozornila na nutnost neustálé inovace a zvyšování přidané hodnoty výrobků – strojů. Díky těmto instrumentům může evropská respektive česká ekonomika, konkurovat asijským společnostem, které využívají levné pracovní síly.

Kromě inovačních postupů, jako je optimalizace nosné struktury stroje, zlepšování a vývoj moderních technologií obrábění, kompenzace teplotních deformací, užití kompozitních materiálů apod., je trendem doplňovat stroje o další technologické možnosti, tedy vytvářet multifunkční stroje. Příkladem může být aplikace vyvrtávacích a soustružicích hlav na obráběcí centra, jejichž primární pracovní funkce vychází z technologie frézování. Pro tuto aplikaci existuje celá řada typů vyráběných hlav různých výrobců, od hlav s mechanicky řízeným posuvem až po hlavy s CNC řízenou U osou. Právě aplikací vyvrtávací hlavy s CNC řízenou osou pracující v automatickém režimu se bude zabývat tato diplomová práce. Někdo by mohl namítnout, že stejné technologické možnosti jako mají vyvrtávací hlavy, mohou dosáhnout obráběcí centra kontinuálním řízením – kruhovou interpolací. To je sice pravda, ovšem hlavní výhodou při použití těchto hlav je snížení nákladů – nízká cena nástrojů (vyvrtávacích, respektive soustružnických nožů).

Taková hlava může najít uplatnění u strojů pracujících samostatně, nebo integrovaných do vyšších výrobních celků, jako je třeba pružný výrobní systém. Menší vyvrtávací hlavy se upínají pomocí standardních nástrojových držáků (ISO, HSK), větší jsou upínány na rozhraní vřeteníku, či vřetena stroje. Upínány jsou pick-up výměnou ze zásobníku přímo ve stroji, např. u vyvrtávacích CNC strojů, nebo jsou tyto hlavy upevněny na technologických paletách.

Pro spolupráci na této diplomové práci byla zvolena zlínská firma s dlouholetou tradicí Tajmac-ZPS, a.s., která se výrobou a vývojem obráběcích strojů zabývá více jak sto let.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY TAJMAC-ZPS, A.S.



Obr. 1 Logo firmy [9]

1.1 STRUČNÁ HISTORIE FIRMY

Počátky strojírenství ve Zlíně jsou spojeny s firmou Baťa. V roce 1903 byla rozhodnutím Tomáše Bati vytvořena první strojírenská dílna a první obráběcí stroje se v koncernu Baťa začaly vyrábět po vzniku dceřiné akciové společnosti MAS v roce 1936. V roce 1945 byly Baťovi závody dekrety prezidenta republiky znárodněny a posléze přejmenovány na Svit, n.p. V roce 1950 dochází k vyčlenění samostatného podniku s názvem Závody přesného strojírenství (ZPS), n.p. [4][9]

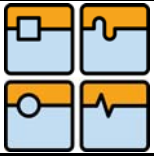
S firmou je spojeno i několik významných prvenství; byl zde vyroben první obráběcí CNC stroj (1964) a první CNC obráběcí centrum (1972) v Československu. V roce 1994 byla firma největším evropským exportérem obráběcích center do USA. Dalším historickým milníkem je rok 2000, kdy firmu získává nový majitel firma TAJMAC - MTM s.p.A., následně dochází ke změně názvu společnosti na TAJMAC-ZPS, a.s. [4][9]

1.2 PRODUKTY FIRMY

Firma se zabývá výzkumem, vývojem a výrobou obráběcích strojů, její výrobní možnosti zahrnují všechny etapy vývoje a výroby. Mezi základní komodity patří:

- ❖ **horizontální obráběcí centra** (H 40A, H 50, H 63, H 80);
- ❖ **vertikální obráběcí centra** (MCFV 1060, MCFV 2080, MCV 1220, MCV 2316);
- ❖ **víceřetenové automaty** (MORI-SAY 642AC, MORI-SAY TMZ 867 CNC);
- ❖ **dlouhotočivé CNC automaty** (K'MX 413, K'MX 532, K'MX 632, K'MX SWING);
- ❖ **multiprofesní obráběcí centra** (TURNMILL 1250);
- ❖ **CNC soustruhy** (TCH 500/2500). [9]

Pozn.: Pro realizaci automatického připojení U-hlavy bylo vybráno horizontální obráběcí centrum **H 80** (největší z vyráběné řady).



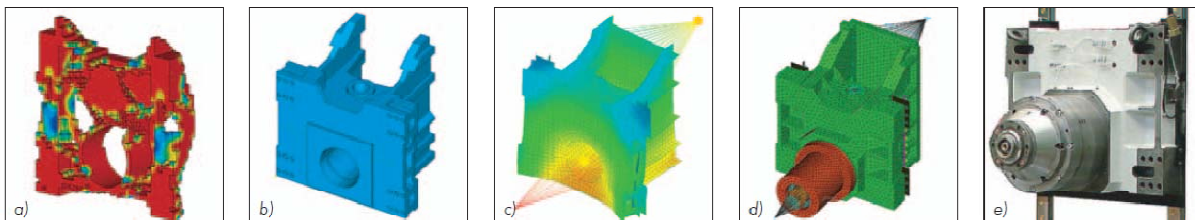
2 PŘEDSTAVENÍ STROJE H 80

Horizontální obráběcí centrum **H 80** bylo uvedeno na trh v roce 2009, doplňuje již vyráběnou řadu horizontálních center H 40A, H 50, H 63A v Tajmac – ZPS. Tento stroj je určen pro obrábění součástí plochého a skříňového tvaru z různých materiálů (šedé litiny, ocele, lehkých slitin atd.). Je schopný obrábět obrobek ve třech na sebe kolmých osách X, Y, Z. A díky otočnému stolu, rotuje v ose B, může stroj obrábět i z více stran (4D obrábění) a využít technologii soustružení frézováním. Centrum H 80 se může uplatnit např. v leteckém, automobilovém, plastikářském, energetickém průmyslu a pro výrobu forem a zápustek. [9]



Obr. 2 H 80 [16]

Koncepce stroje je v provedení lože to „T“ s příčně posuvným stojanem (osa X), po kterém se ve svislém směru pohybuje vřeteník (osa Y). Přisuv (pohyb v ose Z) vykonává obrobek spolu s otočným stolem (osa B). Základní stavební prvky stroje, tedy lože, stojan a vřeteník jsou vyrobeny z šedé litiny a jejich geometrie byla navržena metodou topologické optimalizace. Pro získání nejlepších vlastností byl skelet stroje optimalizován metodou konečných prvků z hlediska maximální tuhosti a minimální hmotnosti stroje. Dále byly simulovány dynamické vlastnosti stroje, tedy zjištění vlastních tvarů kmitů, odezvy soustavy na budící síly od obráběcího procesu a rázových účinků způsobených pojezdy suportů. [9]



Obr. 3 Příklad užití metody topologické optimalizace na vřeteník [16]

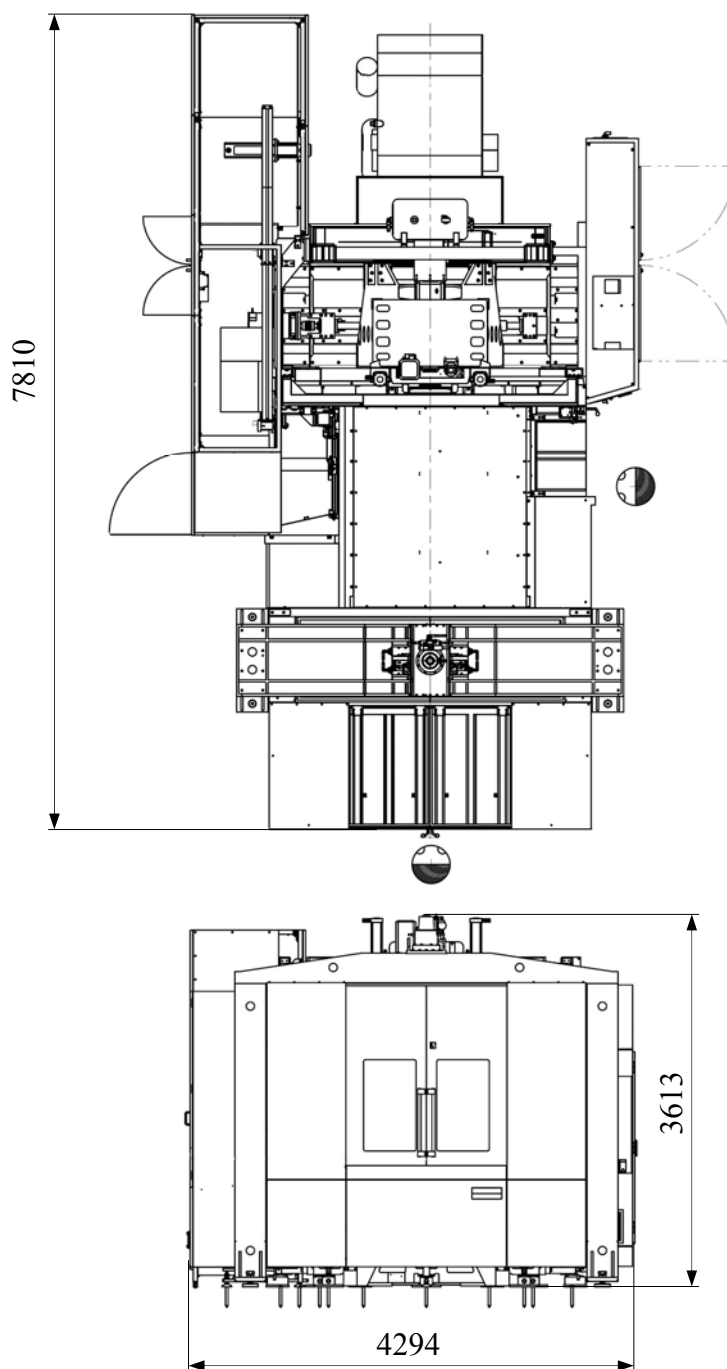
a) výsledek topologické optimalizace; b) konstrukční model; c) skořepinový model pro parametrickou optimalizaci (MKP); d) kontrolní MKP model finální konstrukce; e) reálné vřetení.

Přímé odměřování a profilové valivé vedení je instalováno ve všech osách, tento typ vedení minimalizuje ztráty třením a zvyšuje přesnost a produktivitu stroje. Pohon os Z a Y je



DIPLOMOVÁ PRÁCE

zajištěn zdvojenými servomotory, které pohání kuličkové šrouby. Pohon příčného pojezdu je realizován pouze jedním kuličkovým šroubem. Součástí stroje je i automatický výměník palet. Cílem konstrukce bylo dosáhnout dobrých charakteristik tlumení a absorpce mechanických vibrací, maximální tuhosti a maximální hodnoty vlastních frekvencí pohyblivých částí, dynamické a tepelné stability (termosymetrický rám) stroje nutné pro progresivní obrábění a HSC technologie. Stroj je plně krytován a využívá centrální mazací systém, což mu zajišťuje ekologický provoz. Horizontální centrum může být dodáváno s různými typy vřeten a zásobníků nástrojů dle přání zákazníka a aplikace stroje (malosériová výroba – hromadná výroba). [9]



Obr. 4 Náčres stroje – základní rozměry (Tajmac-ZPS)

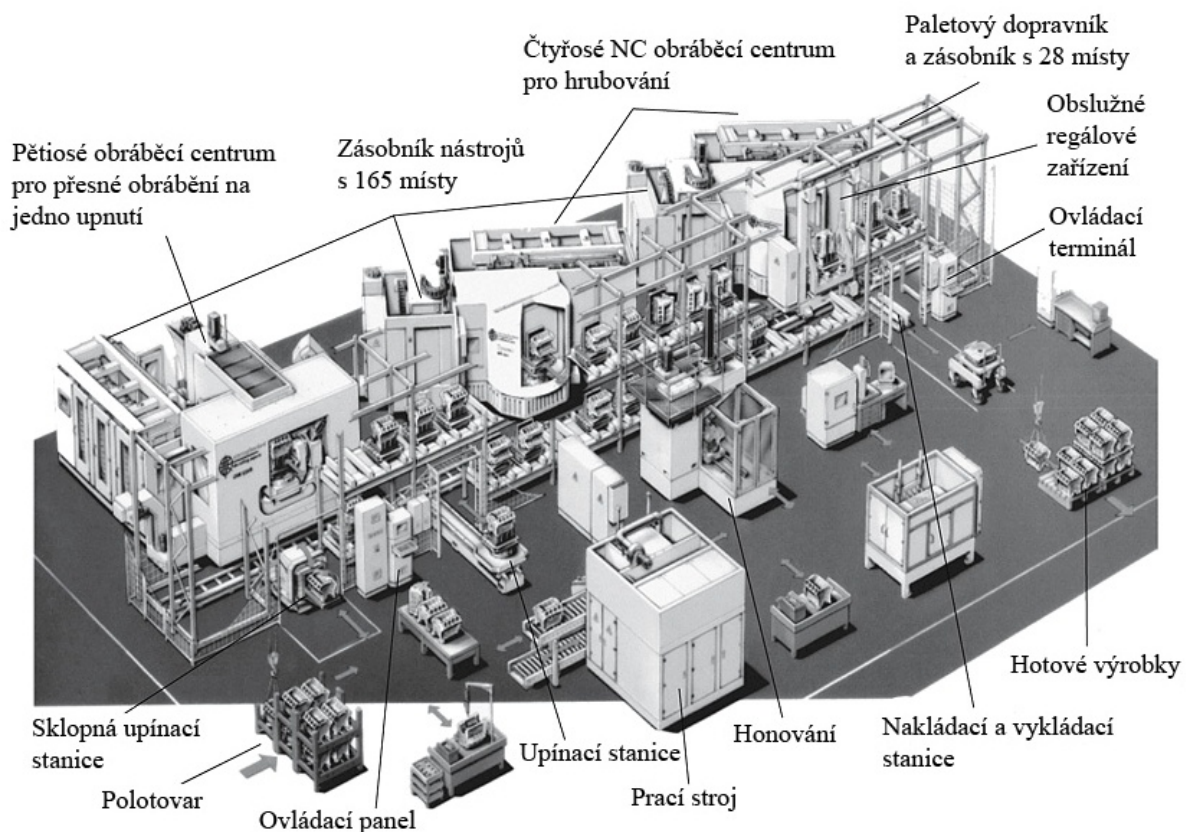
Tab. 1 Informace o stroji H 80 [9]

Technická data						
Pojezdy						
Osa X (stožan)	1 400					mm
Osa Y (vřeteník)	1 050					mm
Osa Z (stůl)	1 200					mm
Maximální pracovní posuv	50					m/min
Rychloposuv	50					m/min
Zrychlení	5					m/s ²
Otočný stůl s paletou						
Rozměry palety	800 x 1 000					mm
Rozsah otáčení	360°					
Maximální zatížení palety	2 500					kg
Maximální rozměr obrobku	Ø 1 400 x 1 300					mm
Čas výměny palety	20					s
Vřeteno						
Upínací kužel	SK 50	SK 50	SK 40	HSK - A63	HSK - A100	
Maximální otáčky vřetena	8 000	4 500	15 000	18 000	14 000	min ⁻¹
Maximální výkon	43	25	31	31	37	kW
Maximální krouticí moment	526	1 313	197	197	236	Nm
Typ převodu	řemenový		elektrovřeteno			
Přesnost (VDI/DGQ 3441) odměřování přímé						
Přesnost polohování P	0,008					mm
Opakovaná přesnost Ps max.	0,005					mm
Přesnost výměny palety	0,01					mm
Přesnost polohování NC stolu P	6					arcsec
Zásobník nástrojů						
Počet míst v zásobníku	56 ÷ 244					
Čas výměny nástroje	3,5					s
Maximální průměr nástroje:						
- plně obsazený zásobník	125					mm
- bez sousedních nástrojů	250					mm
Maximální délka nástroje	500					mm
Maximální hmotnost nástroje	30					kg
Přívody energie						
Jmenovité napětí sítě	3 x 400 V/50 Hz					
Provozní příkon	64					kVA
stlačený vzduch	0,6 ÷ 0,8					MPa
Doplňkové údaje						
Půdorys stroje	8 000 x 4 300					mm
Maximální výška stroje	3 600					mm
Hmotnost stroje	33 500					kg
Řídicí systém						
HEIDENHAIN iTNC 530, SINUMERIK 840 D SL						



3 PRUŽNÝ VÝROBNÍ SYSTÉM

Cílem každého výrobce je dosažení vysoké kvality výrobků, a maximalizování zisků. S ohledem na tento fakt je nutné vyloučit v co možná největší míře faktor lidské chyby a minimalizovat ztrátové časy, proto dochází také k zavádění pružných výrobních systémů (PVS, FMS). Jsou vhodné pro výrobu s velkým tokem dílců a menší rozmanitostí druhů výrobků. Tyto výrobní systémy se sestávají z několika částí, mezi ně patří zejména technologická pracoviště většinou s obráběcími centry nebo vícevětenovými obráběcími centry, které jsou vzájemně propojené mezioperační dopravou obrobků a výrobních pomůcek. Takto integrované stroje do pružných výrobních systémů umožňují velmi progresivní výrobu, zejména pokud se jedná o sériovou nebo hromadnou výrobu. Zkrácení vedlejších časů na minimum je zajišťováno také paletizací obrobků, tedy upínáním obrobků na technologické palety, které jsou skladovány v zásobnících palet. Horní připojovací upínací plocha může být upravena podle tří způsobů, systémem T drážek, systémem závitových otvorů nebo systémem lícovaných otvorů. [1]



Obr. 5 PVS pro výrobu bloků motorů FFS 630 fy StarragHeckert [2]

Důležitou součástí PVS jsou také zásobníky technologických palet, jejich konstrukce může být různá, např. rotační nebo častěji regálová. Systém dopravy výrobků, tedy i palet je složen několika částí, kromě rotačních výměníků palet, které bývají součástí obráběcích center, jsou to dále různé manipulátory, ty vyjmou paletu spolu s obrobkem ze zásobníku a dopraví ho na stanoviště, kde mohou být hotové výrobky sejmuty z palety a připraven další materiál k obrábění, nebo jsou přesunuty k výměníku obrobků na stroji.



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Na paletách mohou být kromě obrobků připojeny také přídavná zařízení pro obráběcí stroje, např. vyvrtávací jednotka, která je předmětem této diplomové práce.

Výhody systémů s paletovými zásobníky[19]:

- ❖ zvýšení využití výrobní kapacity blížící se 8700 za rok,
- ❖ zkrácení dodacích lhůt – spokojenost zákazníků,
- ❖ úspora plochy ve výrobním závodě,
- ❖ úspora lidských zdrojů – optimalizace práce.

Příklad zásobníku technologických palet firmy FASTEMS integrovaného do PVS je na obr. 6. Firma konstruuje zásobníky ze standardizovaných dílů, což umožňuje jejich rychlou stavbu u zákazníka a rychlé zapojení do provozu. Typ FPM 750 dovoluje skladovat až 24 palet o rozměrech 500x400 mm a maximálních rozměrech obrobku 660x660x1100 mm o maximální hmotnosti 750 kg.

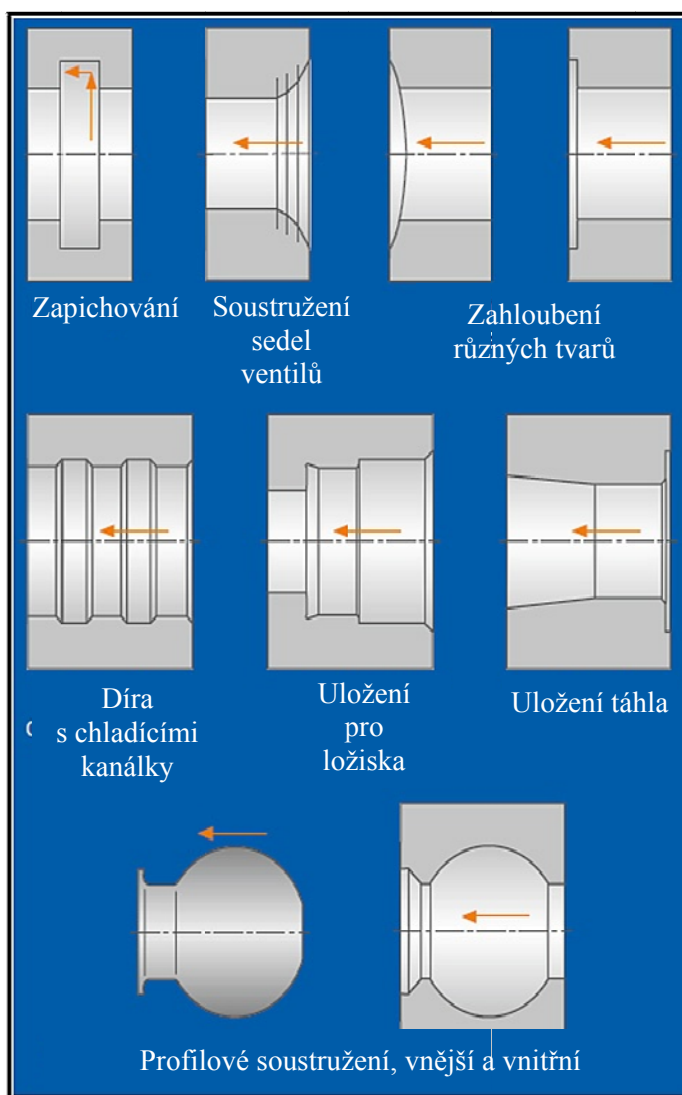


Obr. 6 PVS MLS fy Fastems [12]



4 VYVRTÁVACÍ HLAVY S CNC OSOU

Vyvrtačací hlavy s CNC osou jsou přídatná technologická zařízení, která mohou být aplikována na horizontální obráběcí centra, vyvrtačací stroje a některé typy na vertikální obráběcí centra. Slouží k obrábění převážně nerotačních obrobků a rozšiřují technologické možnosti běžných strojů, příklady využití vyvrtačacích hlav jsou zobrazeny na obr. 7. Patří mezi ně zejména rozšiřování otvorů, řezání závitů, zapichování (vnější i vnitřní), vyvrtačací kónických otvorů, čelní soustružení, tvarové soustružení atd. [20]



Obr. 7 Technologické možnosti vyvrtačacích hlav [20]

Mezi výhody těchto technologických zařízení patří zejména snížení nákladů, jak provozních, tak pořizovacích.

Výhody[20]:

- ❖ použití standardního stroje místo speciálního;
- ❖ snížení počtu potřebných nástrojů;
- ❖ komplexní obrobek na jednom stroji – snížení vedlejších časů;
- ❖ zkrácení času pro výměnu nástrojů;



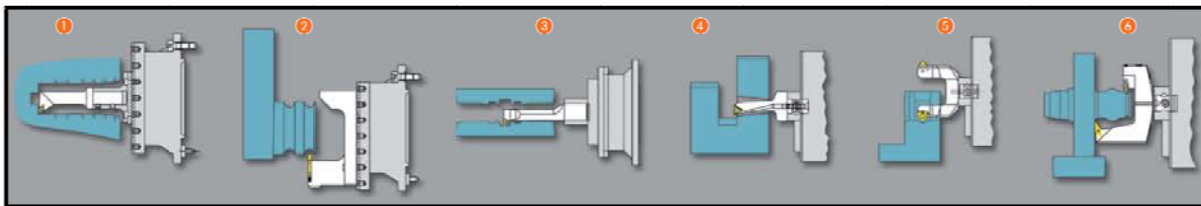
- ❖ zvýšení produktivity;
- ❖ snížení spotřeby energie díky U-ose.

4.1 VYVRTÁVACÍ HLAVY FIRMY KOMET

Firma KOMET je německá společnost zabývající se konstrukcí a výrobou nástrojů a nástrojových držáků pro vrtání, vyvrtávání, řezání závitů, frézování, čelní soustružení atd.

4.1.1 KOMET KOMTRONIC®

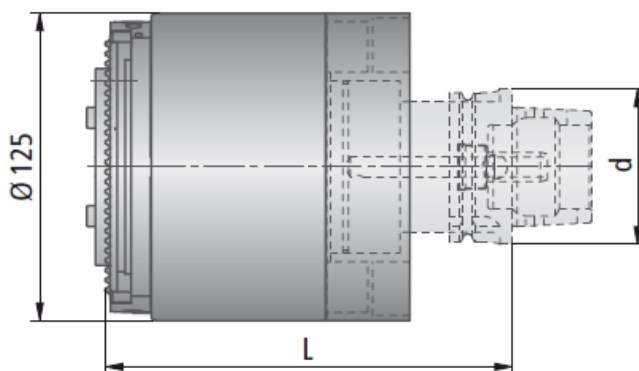
KOMTRONIC® je systém U-osy rozšiřující technologické možnosti stroje sestávající se z pohonné jednotky a kompaktní soustružicí hlavy použitelný pro automatickou výměnu. Může být použit na obráběcích centrech, speciálních strojích a soustruzích. Všechny mechanické prvky nutné pro nastavování a všechna elektronika jsou integrované do vyměnitelné jednotky. Datové a energetické přenosy jsou řešeny jako bezkontaktní, dovolují nastavování ostří radiálně k ose rotace. K připojení do vřetena slouží standardní upínací kužely HSK/SK/CAT/BT. [20]



Obr. 8 Varianty systému KOMTRONIC [20]

4.1.2 KONTRONIC® UAS

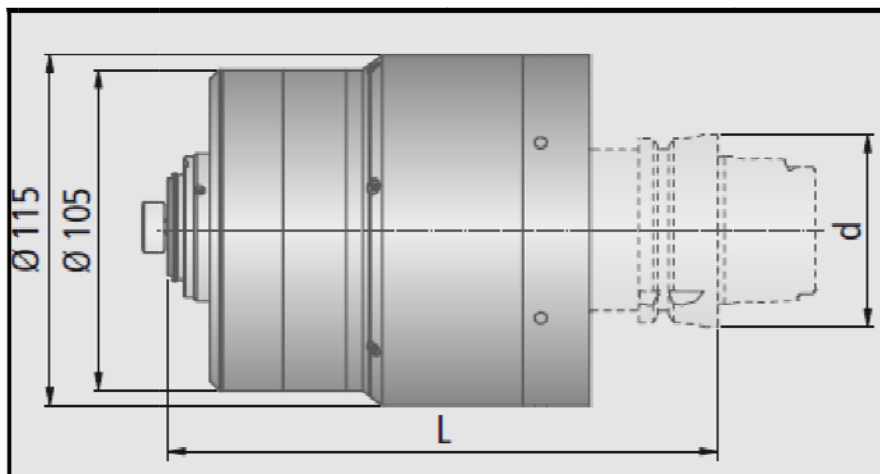
Jednotky UAS jsou určeny pro tvarové a klasické soustružicí operace možných i na symetrických nerotačních součástech. Hlavy jsou vyráběny v rozměrových řadách od $\varnothing 125$ mm do $\varnothing 248$ mm. Rozsah povolených otáček se pohybuje v rozmezí podle jednotlivých modelů od 560 do 4000 min^{-1} . Nástroje se upínají pomocí držáků na čelo nožových saní. Chlazení nástroje je realizováno středem hlavy pomocí přívodních kanálků, tlak chladicí kapaliny může být do 40 barů. Hlavy UAS lze doplnit přídatnými protizávažími, které konají protipohyb nožového suportu a vyvažují jednotku. [20]



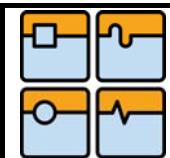
Obr. 9 Jednotka UAS-125-Z-12 [20]

4.1.3 KOMTRONIC® HPS

Jednotky HPS jsou svou konstrukcí podobné předcházejícím jednotkám UAS. Hlavní rozdíl je v upínání nástroje, kdy u hlav HPS jsou nástroje upínány do upínacího otvoru (např. HSK 32) místo na čelo nožových saní. Tlak chladicí kapaliny může dosahovat hodnot 30 barů, kapalina je opět vedena středem hlavy k jeho čelu. Maximální otáčky dosahují až 8000 min⁻¹. [20]



Obr. 10 Jednotka HPS-115 [20]

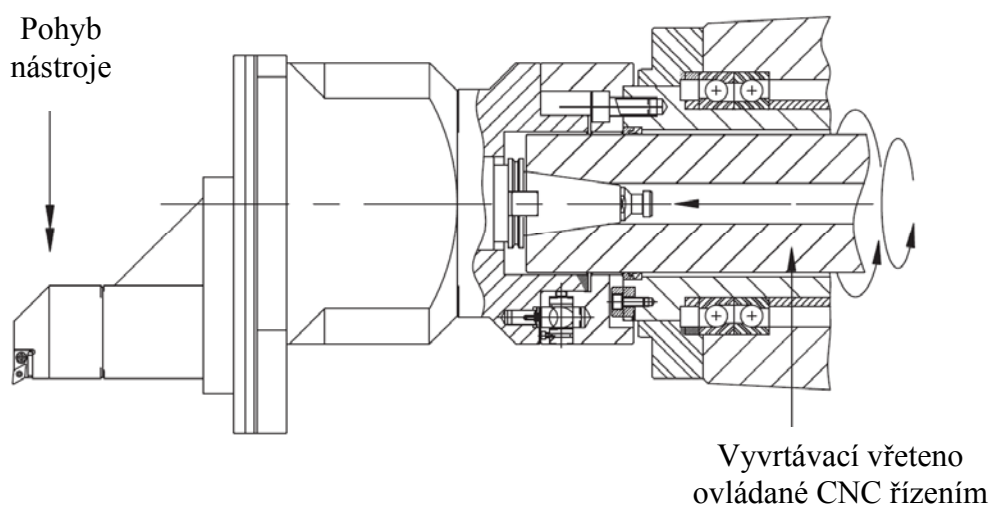


4.2 VYVRTÁVACÍ HLAVY FIRMY COGSDRILL TOOL

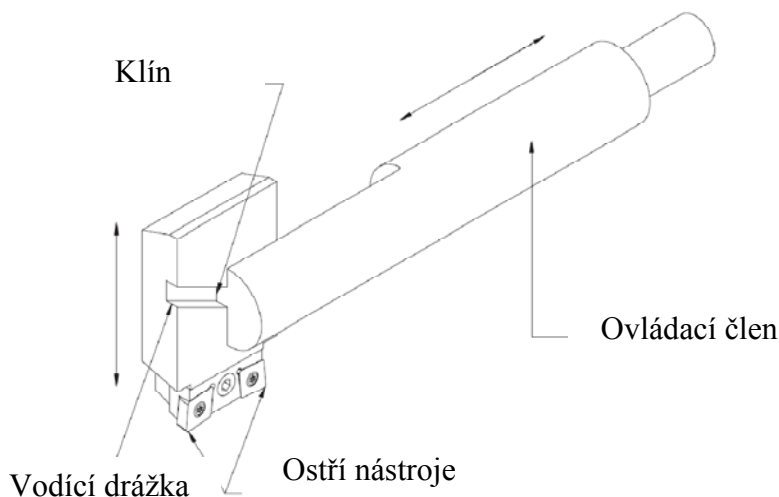
COGSDRILL TOOL je americká firma zabývající se vývojem a výrobou speciálních nástrojů pro obrábění kovů. Jmenovitě potom nástroje pro válečkování povrchu, zahlubování děr, zpětné zahlubování, přesné vyvrtávací nástroje a ZX systém pro vyvrtávací a tvarové soustružení. [21]

4.2.1 ZX SYSTEMS

Jedná se o vyvrtávací systém určený pro obrábění s více operacemi různých tvarových prvků na horizontálních CNC vyvrtávacích strojích. Princip spočívá v souběžném řízení dvou os (W a Z), čímž lze obrobít různé tvarové prvky - např. rádius, různá osazení, závity, uložení ložisek atd. Princip činnosti je na obr. 11 a na obr. 12 je systém stavění nástroje. Frézovací vřeteno otáčí s hlavou a vyvrtávací vřeteno svým pohybem nastavuje příčný suport. [21]



Obr. 11 ZX vyvrtávací hlava [21]



Obr. 12 Princip posuvu saní [21]

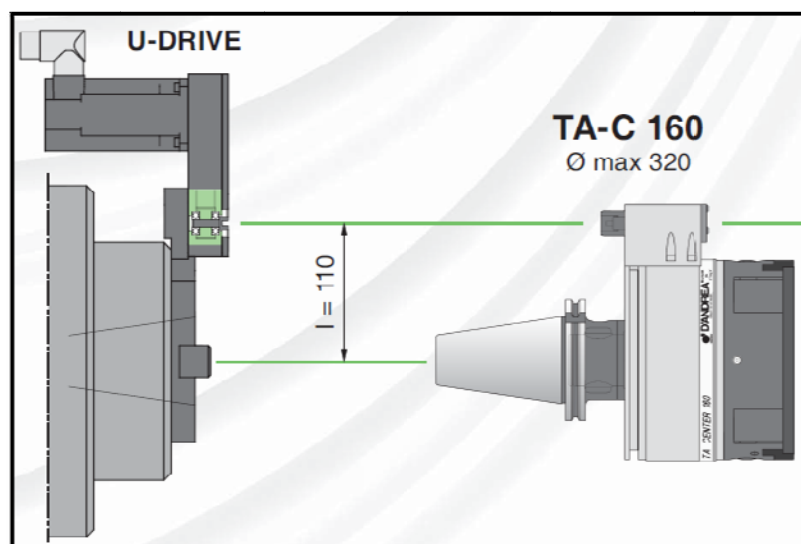


4.3 VYVRTÁVACÍ HLAVY FIRMY D'ANDREA

Společnost D'Andrea je italská firma zabývající se vývojem a výrobou vybavení pro přesné obráběcí stroje. Mezi její výrobky patří zejména modulární nástrojové držáky a různé typy vyvrtávacích hlav.

4.3.1 TA-CENTER

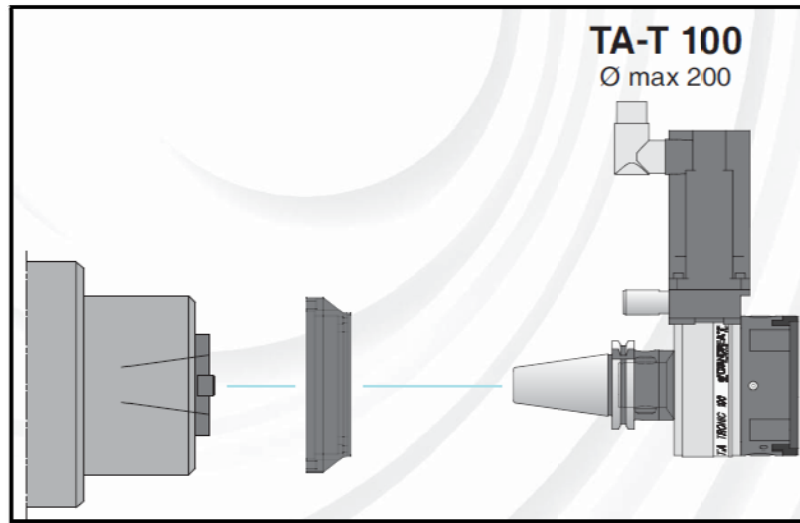
TA-CENTER jsou vyvrtávací hlavy navržené pro uložení a výměnu pomocí automatických výměníků nástrojů v podstatě na všech obráběcích centrech. Krouticí moment potřebný pro řezný proces je přenášen z vřetene přes upínací kužel (ISO/HSK/BT) na nástroj. Pohon posuvu nástroje v ose U je realizován motorem připevněným na čelo vřetene viz obr. 13. Chladicí kapalina je vedena z vřetene tělesem hlavy k tryskám na jeho čele. Vyvažování probíhá pomocí dvou protizávaží uložených na stranách, které konají protipohyb nožových saní. [13]



Obr. 13 Upnutí hlavy TA-CENTER [13]

4.3.2 TA-TRONIC

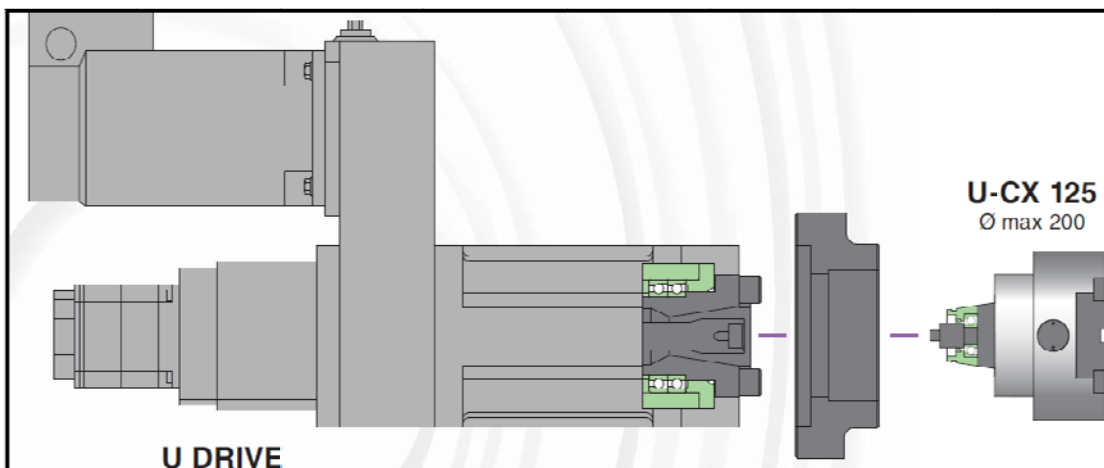
Hlavy TA-TRONIC jsou navrženy pro vyvrtávací a čelně soustružicí operace na vyvrtávacích strojích, obráběcích centrech a speciálních strojích, které mohou být upínány buď manuálně, nebo automaticky pomocí paletového systému. Hlavy TA-TRONIC jsou podobné svou konstrukcí hlavám TA-CENTER, hlavní rozdíl je v umístění motoru pohonu U osy, který je v tomto případě upevněn přímo na těleso hlavy. Také je opatřena kolíkem zabraňujícím rotaci tělesa hlavy. Pokud dochází k velkým úběrům materiálu (vysoké silové působení), je nutné připevnit jednotku k vřetenu pomocí příruby, což zvýší jeho tuhost a zpřesní práci nástroje. [13]



Obr. 14 Upnutí hlavy TA-TRONIC [13]

4.3.3 U-COMAX

U-COMAX jsou osově ovládané hlavy navržené pro výrobní linky, obráběcí jednotky a speciální stroje. Posuv nástroje je během rotace řízen jednotkou U DRIVE, která je namontována zezadu na vřetenu a je ovládána přímo z CNC systému stroje. [13]



Obr. 15 Upnutí hlavy U-COMAX [13]

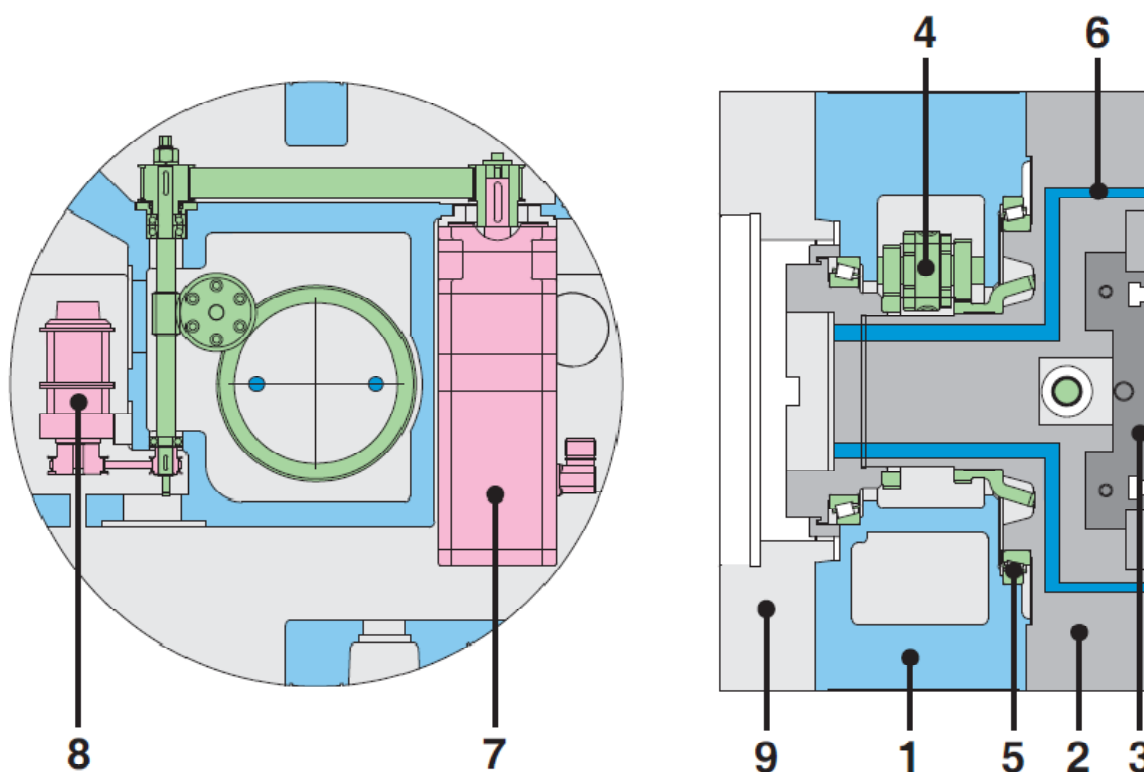
4.3.4 AUTORADIAL

AUTORADIAL jsou hlavy pro čelní soustružení na obráběcích centrech a speciálních strojích a automatickou výměnou nástroje, které nevyžadují elektronické rozhraní. Hlavy mají automatický posuv nástroje a rychlý návrat nožových saní bez nutnosti zastavit nebo reverzovat vřeteno. [13]



4.3.5 HLAVY U-TRONIC

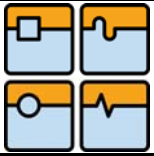
U-TRONIC jsou střední až velké vyvrtávací hlavy s řízenou U-osou pro vyvrtávání, čelní soustružení, řezání závitů, obrábění konvexních a konkávních tvarových ploch a obrábění interpolací za pomoci ostatních os stroje. Existuje 6 velikostních variant od \varnothing 360 mm do \varnothing 1000 mm. Chladicí kapalina je vedena z vřetena kanálky v těle hlavy na čelo rotujícího tělesa k tryskám (tlak 40 barů), případně až dovnitř nástroje. Krouticí moment je přenášen na nástroj z motoru vřetena přes standardní upnutí pomocí upínacího kužele (SK, BT, HSK) připevněného k hlavě. Posuv v ose U je realizován vestavěným servomotorem uvnitř hlavy viz pozice 7 na obr. 14 přes řemen a ozubený převod. Hlava může být vyvážena pomocí protizávaží, které koná protipohyb k nástroji. Hlava má přístupové otvory pro centrální mazání a přívod tlakového vzduchu (0,5 až 1 bar), který zabraňuje vniknutí kapaliny nebo nečistot dovnitř hlavy a chrání tak vnitřní součásti před poškozením. [13]



- 1 – Nehybný rám
- 2 – Rotující těleso
- 3 – Nožové saně
- 4 – Převod
- 5 – Ložisko

- 6 – Kanálky chladicí kapaliny
- 7 – Servomotor
- 8 – Polohový snímač
- 9 – Příklad

Obr. 16 Schéma hlavy U-TRONIC [13]



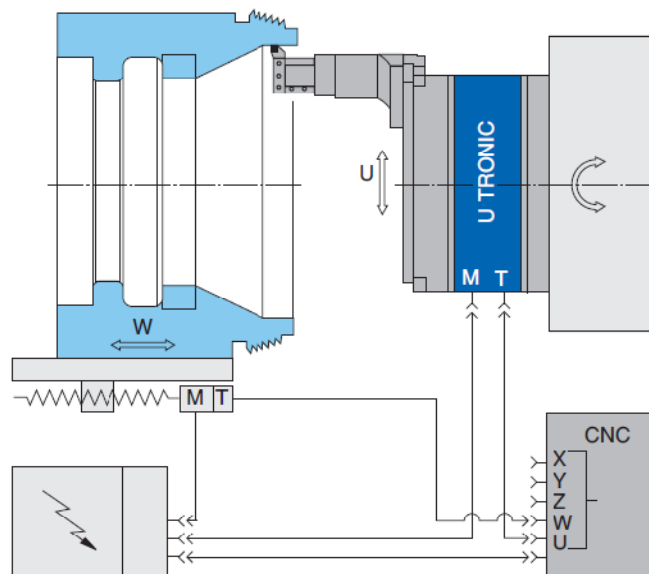
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vyvrtávací hlavy U-TRONIC mohou být řízeny dvěma způsoby:

- 1) připojení hlavy přímo k řídicímu CNC systému stroje – toto řízení umožňuje práci v automatickém cyklu,
- 2) použití U-CONTROL – bezdrátové rádiové řízení pomocí dálkového ovladače, který se napojí na řídicí systém stroje (M – funkce).

Jako volitelné vybavení lze k hlavám U-TRONIC dokoupit bezpečnostní polohový snímač, který kontroluje maximální otáčky a enkodér pro snímání polohy hlavy.

Hlavy U-TRONIC jsou standardně vybaveny servomotory SIEMENS 1FT6, jiné motory jsou k dispozici na vyžádání. [13]



Obr. 17 Schéma řízení hlavy U-TRONIC [13]

Dráha nástroje je tvořena kombinací pohybů dvou os, W a osy U. Na obr. 17 jsou tyto osy znázorněny, W je osa přísuvu obrobku k vřeteníku a U je osa kolmá na osu rotace vřetená (Z), je to vlastně osa pohybu nožového suportu na čele hlavy.



5 NÁVRH VYVRTÁVACÍ U-HLAVY

5.1 STANOVENÍ CÍLŮ PRÁCE

Cílem této diplomové práce je realizovat automatické připojení U-hlavy na vřeteno odložené na paletě frézovacího horizontálního CNC stroje stojícího samostatně nebo integrovaného do FMS (pružného výrobního systému).

Řešené problémy:

- 1) Vyřešit upevnění U-hlavy na paletě vhodně zafixované pro automatické připojení / odložení;
- 2) Zkonstruovat rozhraní na vřeteníku/vřetenu horizontálního centra.

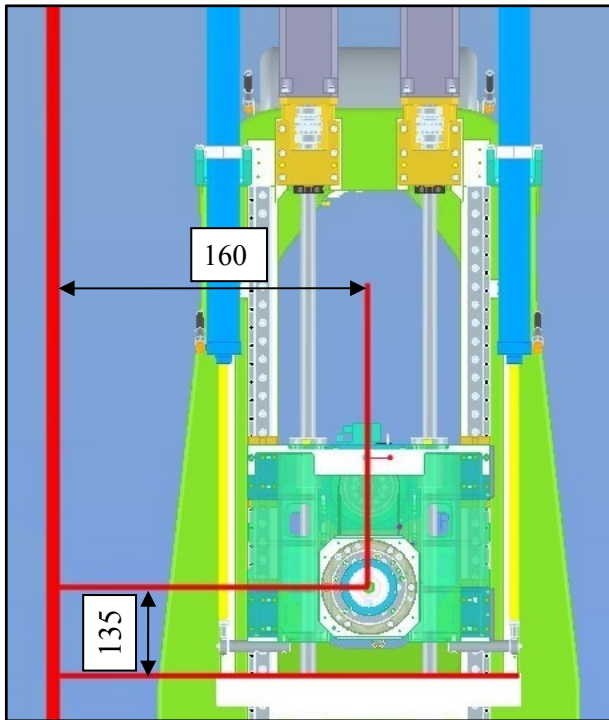
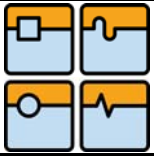
Pro realizaci aplikace vyvrtávací hlavy s CNC U-osou byl vybrán stroj H 80, vzhledem ke svým parametrům, a vyvrtávací hlava firmy D'Andrea U-TRONIC. Z těchto předpokladů budeme vycházet v následujícím návrhu zařízení.

5.2 TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

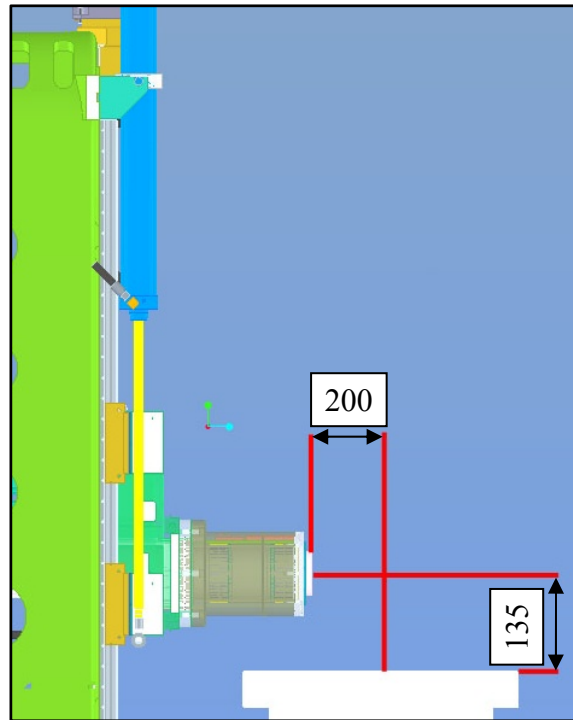
Pro aplikaci na horizontálním centru H 80 je vhodné v závislosti na jeho rozměrech viz Tab. 1 použít vyvrtávací hlavu **U-TRONIC 5 – 500 S** nebo **U-TRONIC 6 – 630 S**. Vývoj konstrukce budeme přizpůsobovat pro tyto dva konkrétní typy vyvrtávacích hlav.

Při hledání technického řešení pro předložený problém jsme limitováni různými faktory. Tyto omezení jsou určena především tím, že stroj pro aplikaci vyvrtávací hlavy je již ve výrobě a při dimenzování součástí musíme vycházet z daných rozměrů, např. jeho pracovního prostoru, a technologických možností. Dále je třeba z ekonomického hlediska zachovat co nejvíce původních dílů standardní konstrukce stroje bez aplikace hlavy D'Andrea. Nejdůležitější limitní rozměry, vzdálenost osy vřetena od technologické palety, respektive desky stolu, vzdálenost osy vřetena od stěny krytování pracovního prostoru a vzdálenost čela vřetena od středu pracovního stolu, jsou zobrazeny na obr. 18 a 19.

Vzhledem k velikosti obou vyvrtávacích hlav U-TRONIC (průměr hlavy 500 mm), není na obráběcím centru H80 možná výměna hlav pomocí výměníku nástrojů integrovaném ve stroji (maximální průměr nástroje je 200 mm, viz Tab. 1), ale musí být realizována systémem výměny PICK-UP. K výměně nástroje (U-HLAVY) dochází tímto způsobem tak, že vyvrtávací hlava, která je upevněna v přípravku na technologické paletě, se nasune (H80 je koncept s posuvem obrobku v ose Z) na vřeteno připravené ve spojovací poloze a poté dojde k upevnění na rozhraní stroje. Po odepnutí hlavy z přípravku může stroj libovolně polohovat s nástrojem.



Obr. 18 Limitní rozměry - nárys



Obr. 19 Limitní rozměry - bokorys

Celý problém můžeme rozdělit do tří řešených skupin:

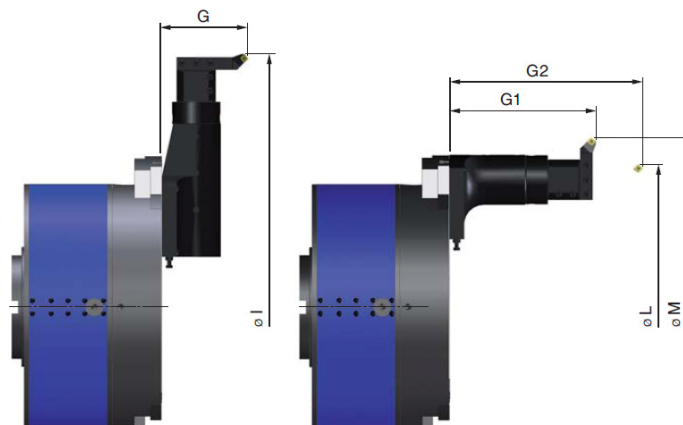
- ❖ Vyvtávací U-Hlava ■;
- ❖ Rozhraní D'Andrea na stroji ■;
- ❖ Upínací systém na paletě ■.

Pozn.: Barevné obdélníčky jsou označení pro bloková schémata atd. (■ ■ ■).

Vzhledem k tomu, že se obě zamýšlené hlavy liší pouze v hmotnosti a technologických možnostech (průměr obrábění) budeme se nadále zmiňovat v popisu konstrukce pouze o aplikaci s hlavou UT 5-500 S.



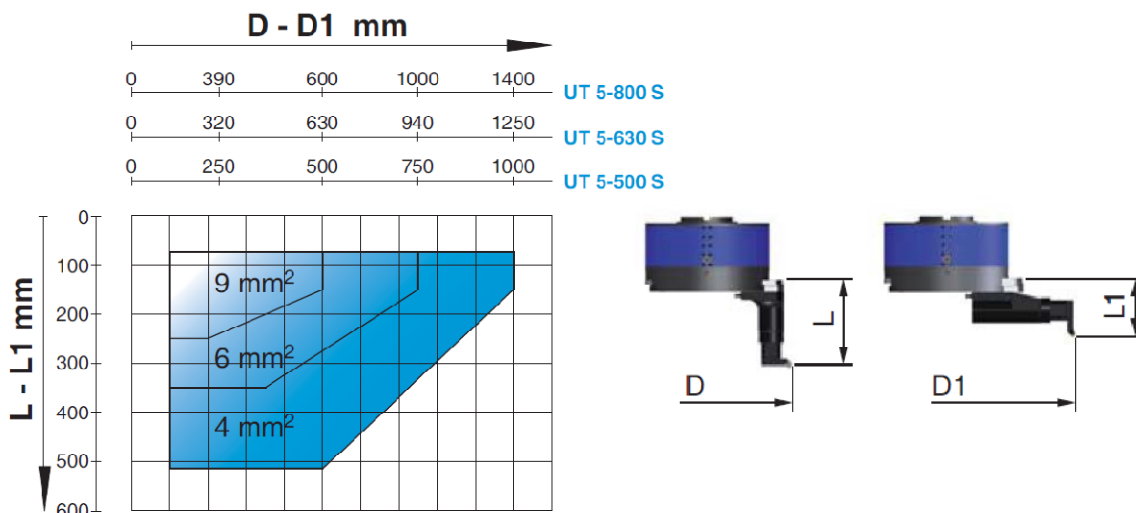
5.2.1 TECHNICKÁ DATA ZVOLENÝCH HLAV U-TRONIC



Obr. 20 Vyložení nástroje [13]

Tab. 2 Parametry zvolených hlav [13]

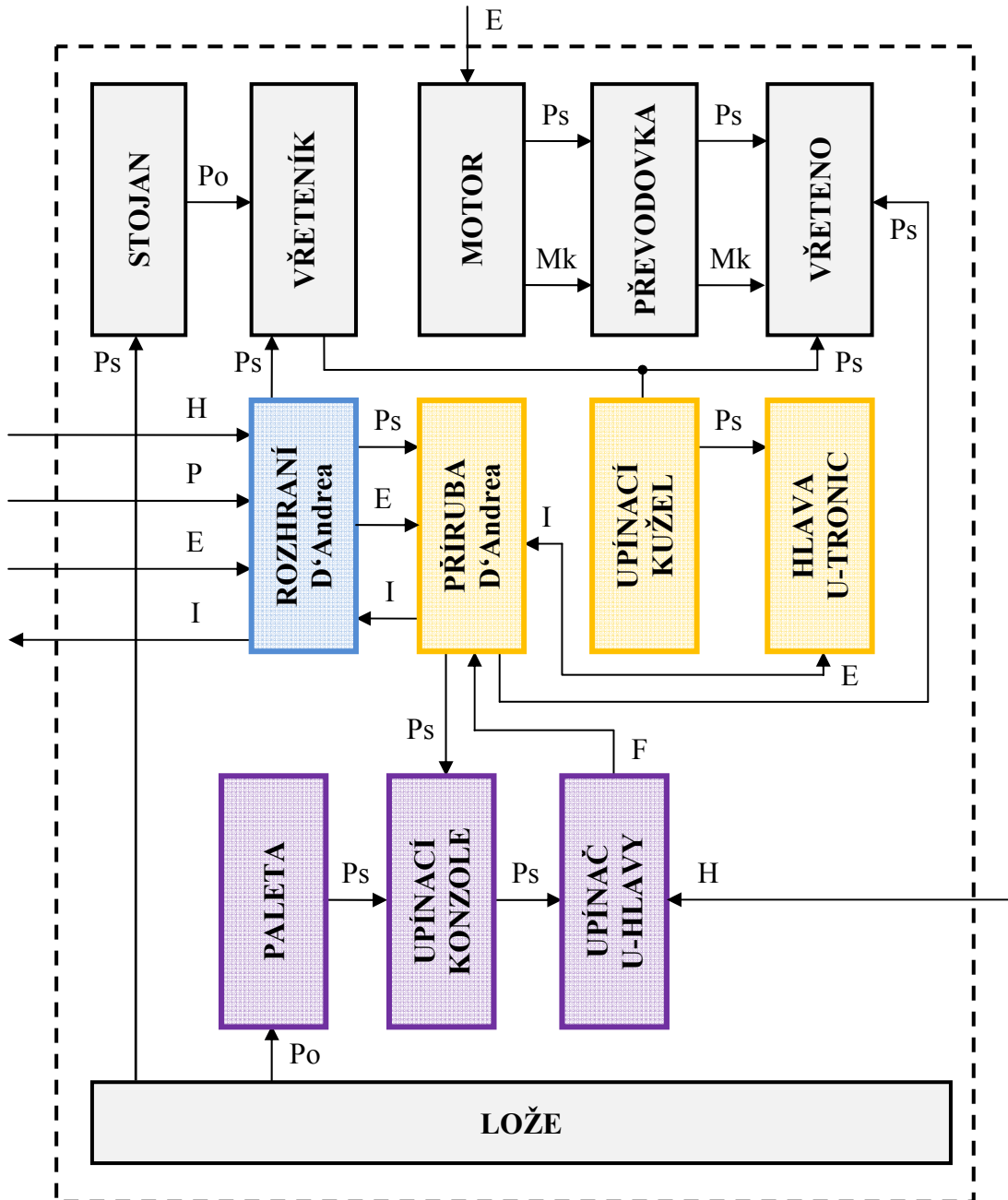
Typ hlavy		UT 5-500 S	UT 5-630 S
Radiální posuv	mm	160	200
Radiální síla	N	5000	5000
Maximální otáčky	min ⁻¹	315	250
Krouticí moment	Nm	8000	8000
Posuv (osa U)	mm/min	1÷400	1÷400
Rychloposuv (osa U)	mm/min	400	400
Hmotnost	kg	230	350
Max. radiální vyložení (ø l x G)	mm	1000 x 150	1250 x 150
Max. podélné vyložení (ø M x G1)	mm	850 x 295	1050 x 295
Max. podélné vyložení (ø L x G2)	mm	560 x 540	700 x 540
Dosažitelná jakost povrchu	Ra	1,6	1,6
Tolerance vyvrtávané díry		H7	H7
Přesnost polohování	mm	0,003	0,003



Obr. 21 Graf průřezu třísky v závislosti na vysunutí nože ($k = 2000 \text{ N/mm}^2$) [13]



5.2.2 BLOKOVÉ SCHÉMA PROJEKTOVANÉHO ZAŘÍZENÍ



P_o Pohyblivá vazba

P_s Pevná vazba

M_k Přenos kroutičího momentu

F Přenos síly

E Tok elektrické energie

H Tok hydraulické energie

P Tok pneumatické energie

I Přenos informací

Obr. 22 Blokové schéma

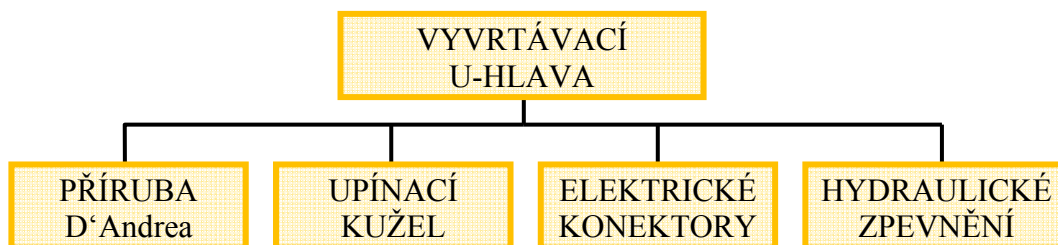


5.3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Vlastní konstrukční řešení je členěno do tří strojních skupin viz kapitola 5.2, jejich vzájemné interakce a propojení můžeme vidět v blokovém schématu na obr. 18 (kap. 5.2.2).

5.3.1 SKUPINA VYVRTÁVACÍ U-HLAVA

Tato strojní skupina společně s rozhranním na vřetenu stroje tvoří stěžejní část této diplomové práce a konstruovaného zařízení. Jedná se vlastně o kompletní vyvrtávací jednotku (přídavné zařízení) pro horizontální obráběcí centrum.



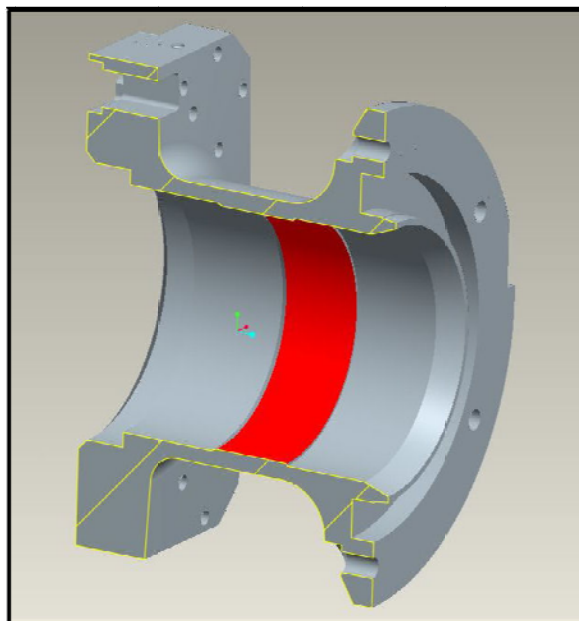
Obr. 23 Hlavní konstrukční prvky vyvrtávací U-Hlavy

5.3.1.1 PŘÍRUBA D'ANDREA

Příruba D'Andrea je hlavní část vyvrtávací U-Hlavy, jejíž funkcí je připojení hlavy ke stroji a zajištění dostatečné tuhosti při obrábění. Při její konstrukci jsem vycházel z rozměrů součástí, které spojuje, tedy vřetene a vlastní hlavy U-TRONIC. Rozměry kruhové části příruby, viz obr. 24, jsou de facto stanoveny konstrukcí rozhraní na vyvrtávací hlavě (nákras hlav Přílohy č. 2 a 3.). Hlava je vystředěná uložena na kužel na čele příruby a dosedá na rovinnou plochu, ke které je přitažena několika šrouby. Protilehlá část je určena rozmístěním upínacích prvků a konektorů, vzhledem k malé vzdálenosti osy vřetene od stěny pracovního prostoru jsem byl nucen tyto prvky rozmístit nerovnoměrně, což má za následek menší stabilitu ve směru osy X oproti směru v ose Y. Oba tyto konce spojuje tubus kruhového průřezu s odlehčením pro vřeteno. Konec vřetena je broušen na přesný průměr s tolerancí h7 a v tomto místě dochází ke kontaktu vřetena s přírubou. Tuto upínací plochu můžete vidět červeně zvýrazněnou v řezu přírubou na obr. 25. Příruba bude vyrobena z oceli, vzhledem k jejím materiálovým vlastnostem (vyšší modul pružnosti než litina).



Obr. 24 *Příruba D'Andrea*



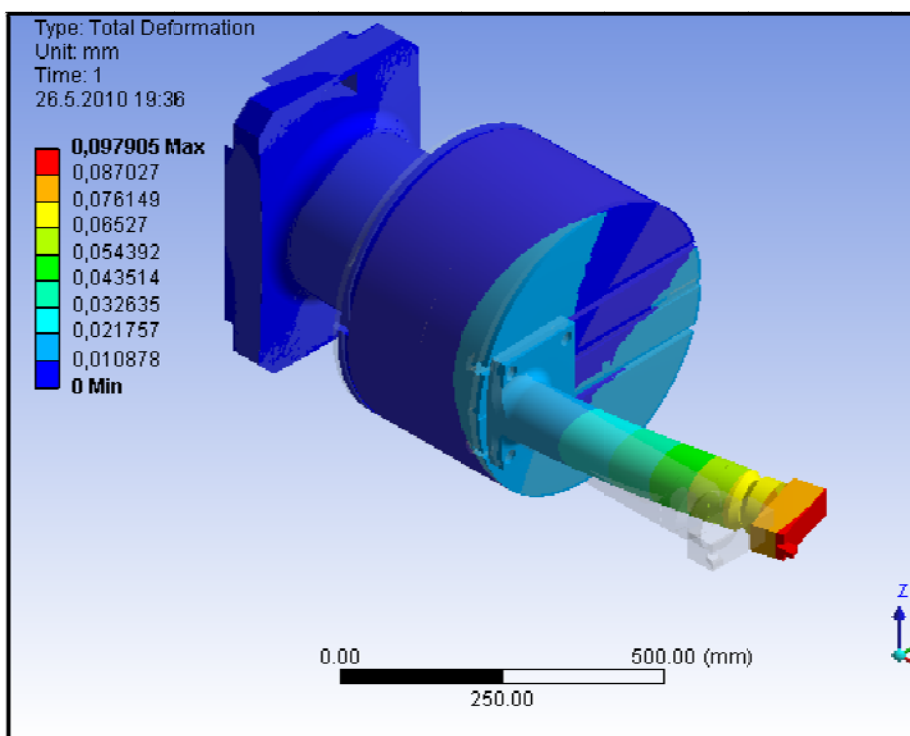
Obr. 25 *Řez přírubou – upínací plocha*



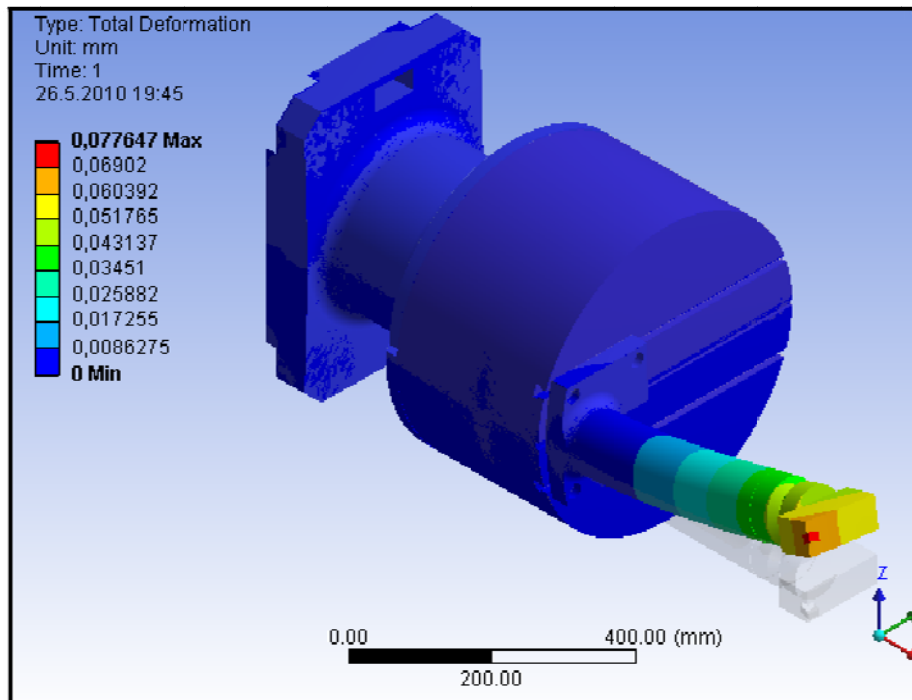
VÝPOČET DEFORMACÍ SESTAVY U-HLAVY METODOU KONEČNÝCH PRVKŮ (MKP)

Bližší informace o nastavení parametrů při výpočtu pomocí MKP jsou v kapitole 5.4. Diskretizovaný model hlavy byl zatížen v místě nože v třech na sebe kolmých osách silami o hodnotě 1000 N. Výsledné celkové deformace jsou zobrazeny na obr. 26, 27 a 28.

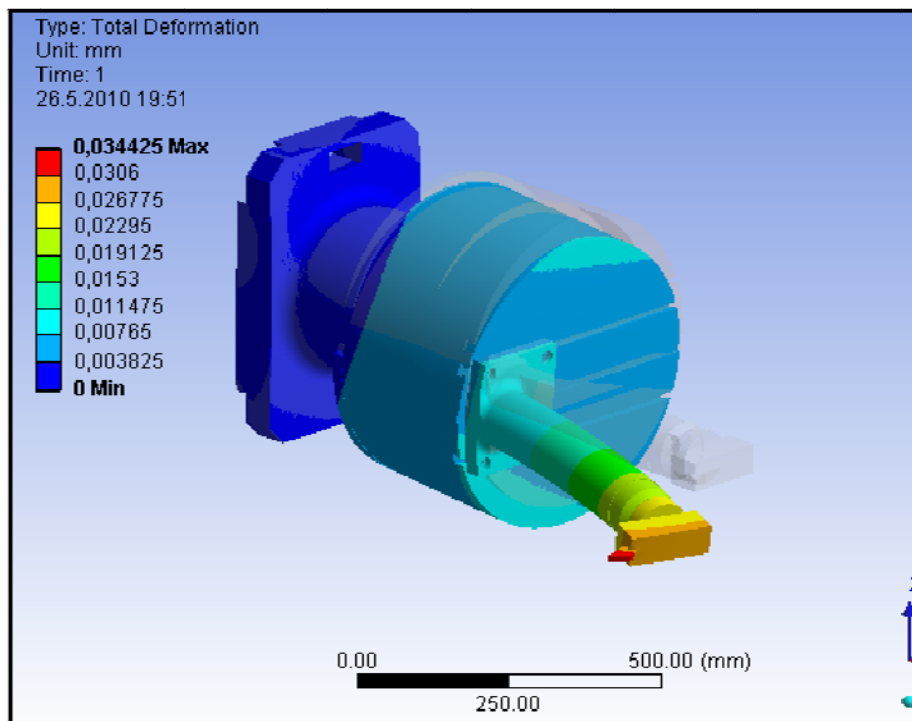
Z výsledků vyplývá, že navržená hlava je dostatečně tuhá pro nasazení na horizontálním centru. Tyto hodnoty jsou ovšem značně zkreslené, jelikož pro výpočet byl použit zjednodušený model a relativně hrubá síť s prvky velikosti 8 mm.



Obr. 26 Deformace U-HLAVY při zatížení silou $F_x = 1000N$



Obr. 27 Deformace U-HLAVY při zatížení silou $F_y = 1000N$



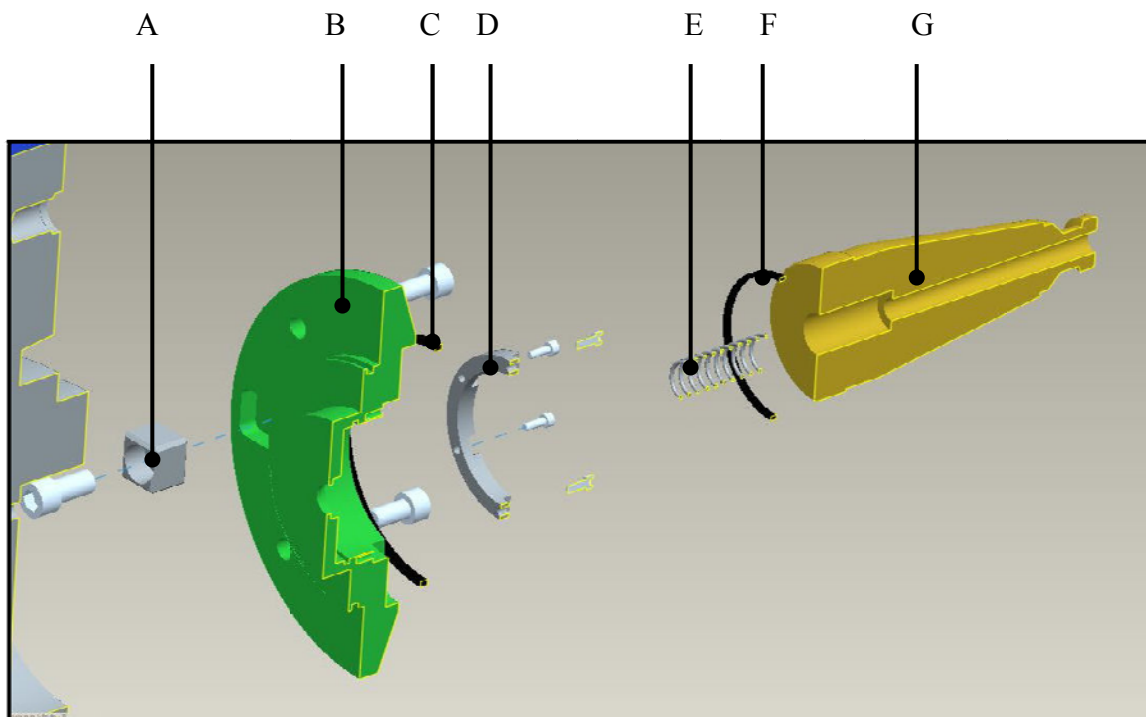
Obr. 28 Deformace U-HLAVY při zatížení silou $F_z = 1000N$



5.3.1.2 UPÍNACÍ KUŽEL

Sestava upínacího kužele slouží pro přenos krouticího momentu z vřetene obráběcího stroje na hlavu U-TRONIC. Při konstrukci je vycházeno z parametrů daných konstrukčním provedením stroje (druh upínacího kužele) a vyvrtávací hlavy firmy D'Andrea (rozhraní hlavy pro upnutí).

Aplikace vyvrtávací hlavy je určena pro stroje s řemenovým převodem, které používají pro upnutí nástrojů upínací kužel ISO 50, viz Tab. 1. Upnutí hlavy do vřetene je realizováno standardním nástrojovým ISO držákem příslušné velikosti. Přívod řezné kapaliny k místu obrábění je realizován středem upínacího kužele, z toho vyplývá, že upínací kužel je utěsněn ve spojce D'Andrea a ta je také utěsněna v rozhraní U-hlavy. Samotný držák je uložen v tělese spojky posuvně, kvůli vymezení při upínání hlavy k rozhraní na vřeteníku, a do neutrální pozice je stavem pomocí tlačné pružiny. Doraz držáku v koncové poloze tvoří ocelový přítlačný kroužek, který je připevněn k spojce několika šrouby. Ke spojce D'Andrea jsou přišroubovány dva kameny, které zapadají do otvorů v rozhraní U-hlavy a zabraňují rotaci celé sestavy.



Obr. 29 Sestava upínací kužele – řez

A – kámen; B- spojka D'Andrea; C – těsnění spojky; D – přítlačný kroužek; E – tlačná pružina; F – těsnění držáku; G – ISO držák.



5.3.1.3 ELEKTRICKÉ KONEKTORY

Pohyb nástroje v ose U je realizován pomocí saní, které jsou poháněné přes převod synchronním servomotorem firmy siemens s označením **1FT6044-4AK71-3EA1** (u hlav UT 5-500 S a UT 5-630 S).

Tab. 3 Parametry servomotoru [24]

Technické data servomotoru	
Označení	1FT6044-4AK71-3EA1
Typ motoru	Synchronní
Počet pólů	4
Typ chlazení	Vlastní
Enkodér	Absolutní - 2048 pulsů
Konektor pro el. energii	6 pólový – velikost 1
Konektor pro enkodér	17 pólový
Jmenovité otáčky	6 000 min ⁻¹
Napětí	600 V

Vzhledem k tomu, že tato vyvrtávací hlava je navrhována tak, aby mohla být upínána v automatickém režimu, musí elektrické konektory splňovat tyto požadavky:

- ❖ vysoká životnost;
- ❖ přesná instalace;
- ❖ odolnost vůči prostředí v pracovním prostoru;
- ❖ robustnost.

Tyto požadavky splňují konektory ODU DOCK firmy ODU Steckverbindungs-systeme GmbH & Co. KG. Tento typ konektorů je určen pro zařízení pracující v automatickém cyklu, tedy zejména pro roboty, automatické měřicí a testovací stroje, automatické montážní linky a zařízení pro výměnu nástrojů obráběcích strojů apod.

Samotné konektory mají výměnné kontakty a jsou uloženy v rozměrově typizovaných pouzdrech z eloxovaného hliníku. Kabel je od konektorů vyveden standardní šroubovací průchodkou s Pg závitem z ABS.

Konektory firmy ODU, které splňují výše jmenované kritéria pro použití v navrhovaném zařízení, byly zvoleny po konzultaci s odborníky společnosti Tajmac-ZPS, zvláště proto, že je ve firmě již používají na jiném typu stroje.

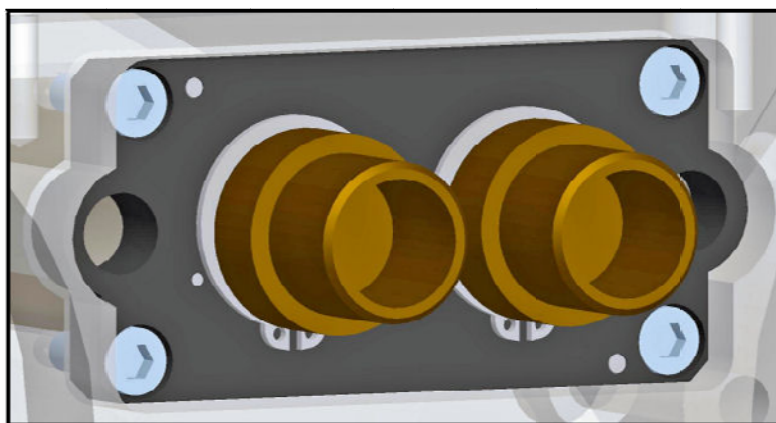


Obr. 30 Konektory ODU DOCK [22]



UPEVNĚNÍ KONEKTORŮ V U-HLAVĚ A ROZHRANÍ:

Upevnění konektorů na přírubě hlavy a desce rozhraní je téměř totožné, liší se pouze rozdílným způsobem fixace. Těleso konektoru je v obou případech provlečeno lícovaným otvorem a zajištěno proti posuvu pojistným kroužkem, dle specifikace výrobce. Proti rotaci je těleso zabezpečeno dvěma kolíky, které lícují konektor s upínací plochou. Vzhledem k omezenému prostoru na přírubě jsou vzhledem k technologičnosti konstrukce konektory upevněny na desku, která je k ní přišroubována a vystředěna kolíky. Na desce rozhraní je vyfrézována kapsa a konektory jsou v ní připevněny stejným způsobem.



Obr. 31 Upevnění konektoru v přírubě U-HLAVY

5.3.1.4 HYDRAULICKÉ ZPEVNĚNÍ

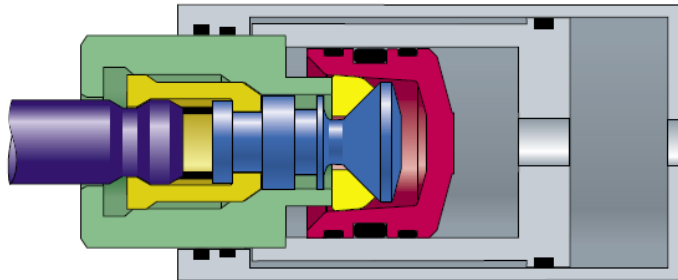
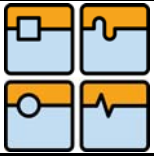
Jedná se o prvek konstrukce, který umožní automatické upínání a uvolňování vyvrtávací U-HLAVY. Je možné použít dvě konstrukční varianty:

- 1) standardní upínač a vystředění pomocí čepů,
- 2) upínač palet s tzv. nulovým bodem.

POROVNÁNÍ TŘÍ MOŽNÝCH UPÍNAČŮ A VOLBA:

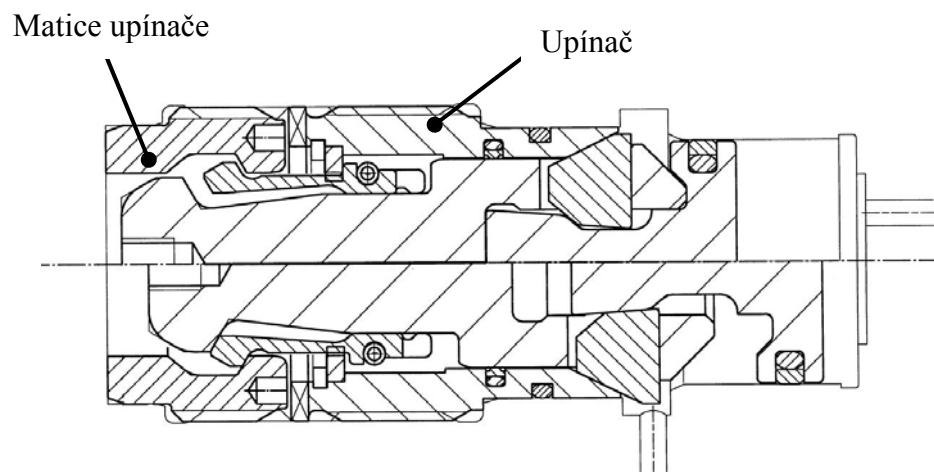
UPÍNAČ CYTRAC FIRMY CYTEC ZYLINDERTECHNIK GmbH:

Upínače CyTrac upínají pomocí kleštin za tažný čep. Jejich výhodou je, že mají poměrně malý průměr, což by umožňovalo snížit šířku zastavěného prostoru na minimum. Nevýhodou je ovšem jejich délka, která po přidání dvou snímačů pro kontrolu připojení ještě naroste. Při použití těchto upínačů by bylo třeba umístit na rozhraní čepy pro vymezení polohy při připojování. Z ekonomického hlediska nejsou tyto upínače vhodné – vysoká cena.

Obr. 32 *Upínač CyTrac* [23]

UPÍNAČ HYDRODOCK FIRMY BERG & CO. GMBH SPANNTECHNIK:

Upínač Hydrodock je hydromechanický upínač, který upíná protikus za matici – za vnitřní plochu, viz obr. 33. Z konstrukčního hlediska je pro naši aplikaci výhodnější, protože má menší zástavbové rozměry, ovšem i zde je nutné použít na vymezení čepy a také by bylo nutné vyřešit pneumatické očištění rozhraní. Mezi jeho nevýhody patří zejména cena, která vzhledem k vysoké konkurenci je důležitým faktorem.

Obr. 33 *Hydrodock firmy BERG* [14]

UPÍNAČ FIRMY TAJMAC-ZPS, A. S.

Jedná se o upínač využívaný ve firmě pro upínání palet. Jeho nevýhodou je velký průměr, naproti tomu má však relativně malou výšku. Velkou výhodou je to, že ve své konstrukci integruje několik požadavků na rozhraní pro U-HLAVU:

- ❖ vymezení polohy na kužel,
- ❖ hydraulické zpevnění,
- ❖ pneumatické očištění rozhraní,

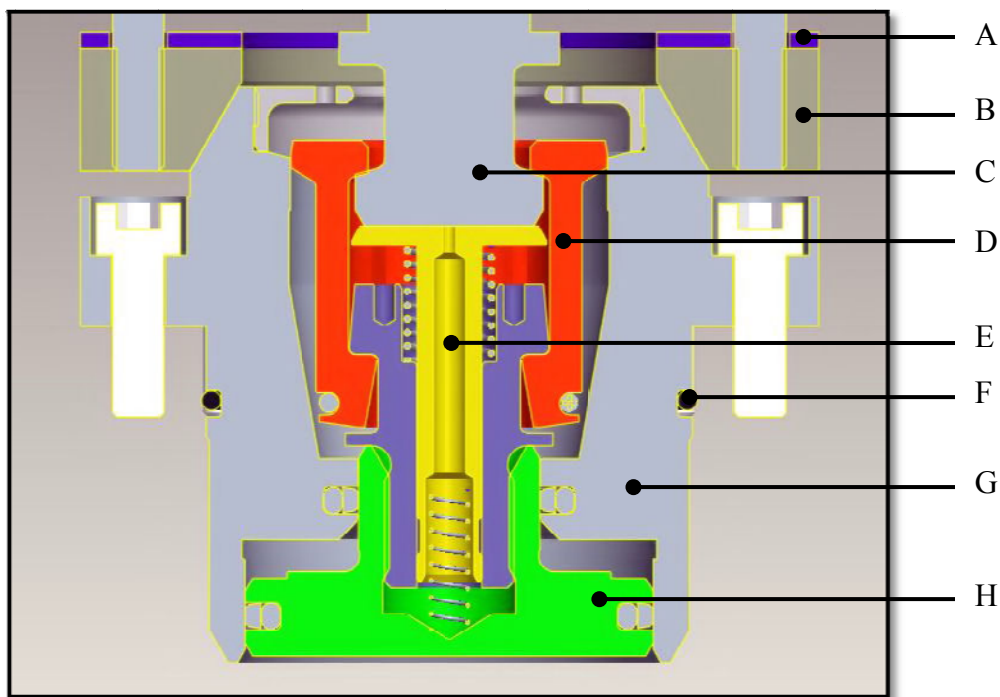


- ❖ pneumatická kontrola upnutí (není potřeba elektronika),
- ❖ nízká cena (vlastní výroba).

Princip upínače je patrný z obr. 34. Vyvrtávací hlava je upnuta pomocí misky na kužel upínače. Jako mechanismus k vyvolání tažné síly je použit hydraulický válec, který táhne běžnou upínací kleštinu vtahující čep připevněný na přírubě.

Nevýhodou pro naši aplikaci byl větší průměr oproti předchozím upínačům. Kvůli tomu jsme byli nuceni rozmístit upínače na desku nerovnoměrně, což má za následek menší tuhost upnutí v ose X stroje.

Zvolený typ upínače má upínací sílu 25 kN, což je postačující pro upnutí vyvrtávací hlavy o hmotnosti 360 kg.



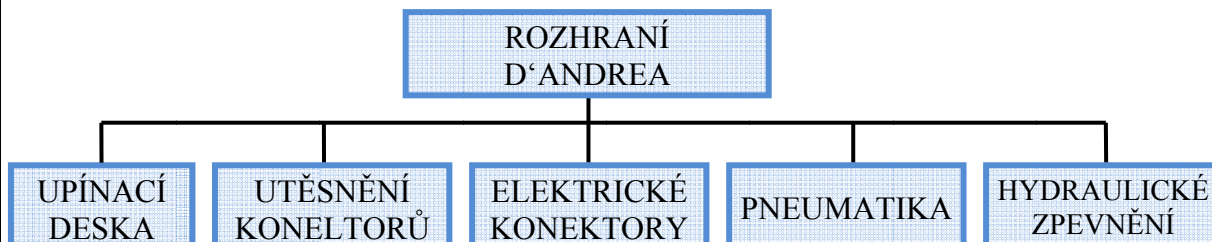
Obr. 34 Řez hydraulickým upínačem firmy Tajmac-ZPS

A – podložka misky upínače; B – miska upínače; C – čep upínače; D – upínací kleština; E – krytka; F – těsnění; G – těleso upínače; H – píst.

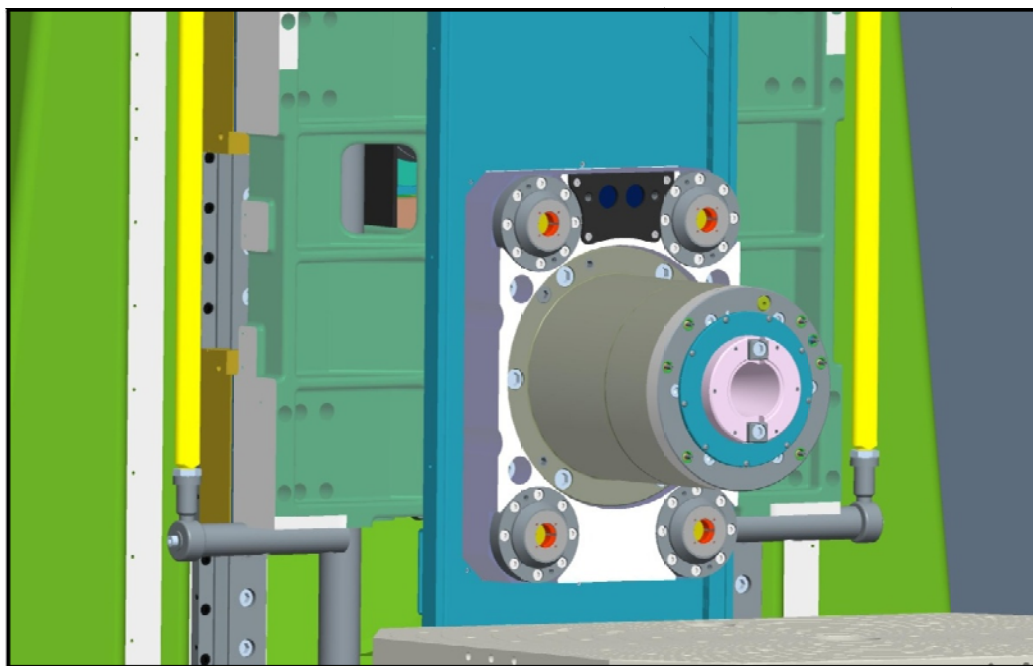


5.3.2 SKUPINA STROJE ROZHRANÍ D'ANDREA

Tato část navrhovaného zařízení tvoří přídatný modul ke stávajícímu horizontálnímu obráběcímu centru - umožňuje připojení vyvrtávací hlavy.



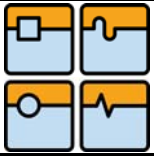
Obr. 36 Hlavní konstrukční prvky rozhraní D'Andrea



Obr. 37 Rozhraní D'Andrea upevněné na vřeteně

5.3.2.1 UPÍNACÍ DESKA

Upínací deska tvoří základ (nosná část aktivních prvků) rozhraní na stroji, je upnuta pomocí čtyř předepnutých šroubů do vřeteníku. Její pozice na vřeteníku je vymezena uložením s malou vůlí na válcovou část vřeteníku. Osovému natočení je zamezeno kolíkem umístěným na spodní části desky. Je na ní také připevněn kryt osy Y pracovního prostoru stroje, který je nasazován po upevnění desky na vřeteník. Do zadní části jsou připojeny všechny energetické prvky (elektrické, hydraulické a pneumatické).



5.3.2.2 PNEUMATIKA

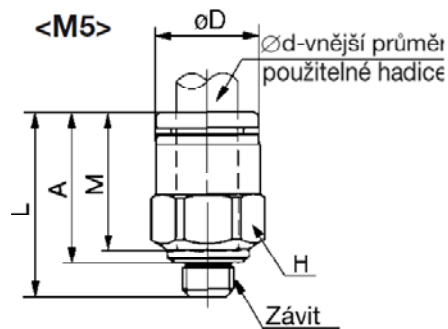
Aby byl zajištěn bezporuchový provoz v automatickém cyklu je zapotřebí udržovat rozhraní v čistém stavu. V navrhovaném rozhraní D'Andrea je tlakový vzduch použit k těmto účelům:

- ❖ očištění upínačů;
- ❖ pročištění trubice krytování;
- ❖ kontrola správného upnutí U-HLAVY.

Zvolené hydraulické upínače firmy Tajmac-ZPS mají vstup pro stlačený vzduch, který prochází kanálkem uvnitř tělesa upínače až do prostoru s kleštinou. Průchodem do pracovního prostoru stroje zbavuje upínač nečistot a zabraňuje tak havarijnímu stavu. Také čistí rozhraní upínače a protikusů namontovaného na přírubě tzv. misky. Při upínání dojde k aktivaci proudu vzduchu, ten po průchodu z upínače narazí na přírubu hlavy a změní směr proudu do štěrbin mezi miskou a upínačem, čímž sebou strhne nečistoty na povrchu. Stlačeným vzduchem se také u tohoto upínače kontroluje správnost upnutí, při správném upnutí upínač těsní na kuželové ploše a únik vzduchu je nulový nebo zanedbatelný – kontrola upnutí pomocí průtokoměru.

Také je nutné profouknout trubici řídicí tyče krytování, viz další kapitola, sloužící k otevírání utěsnění konektorů na rozhraní stroje.

Pro připojení hadice stlačeného vzduchu zvolena v sestavě konektoru přímá spojka s vnějším šestihranem.



KO2H06-M5

Závit M5x0,8
 $\phi D = 10 \text{ mm}$
 $H = 10 \text{ mm}$
 $L = 17,8 \text{ mm}$
 $A = 14,7 \text{ mm}$
 $M = 13,5 \text{ mm}$
poměrný průřez = $5,6 \text{ mm}^2$ (nylon)
 $\phi d = 6 \text{ mm}$

Obr. 38 Rozměry zvolené spojky [18]

Pro připojení hadice k upínači jsem zvolil úhlovou otočnou přípojku KQ2L08-02S. ($\phi d = 8 \text{ mm}$, závit R1/4).



Obr. 39 Úhlová přípojka [18]



5.3.2.3 UTĚSNĚNÍ KONEKTORŮ

Konektory je nutné těsnit v odpojeném stavu pouze v rozhraní na stroji, protože část v přírubě hlavy nezůstává v pracovním prostoru. Ochrana v připojeném stavu proti ostřiku rozhraní vykonává krytka z ocelového plechu, která je přišroubovaná na přírubu. Utěsnění musí splňovat tyto požadavky:

- ❖ automatická činnost;
- ❖ umožnit dokonalé spojení konektorů;
- ❖ zamezit vstupu třísek a řezné kapaliny.

Prostor pro automatický kryt konektorů je limitován umístěním hydraulických upínačů, jejichž poloha je determinována limitujícími rozměry (poloha vřetene při výměně nástrojů). Při konstrukci tohoto uzlu bylo uvažováno o několika variantách, viz Tab. 4.

Tab. 4 Porovnání konstrukčních variant krytů

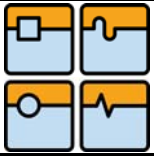
Typ konstrukce		
PRINCIP	VÝHODA	NEVÝHODA
Roletový mechanismus	zatěsnění roletou	velký zástavbový prostor
Skládaný měch (kryt)	levný	nutný vedení měchu; velký zástavbový prostor
Výklopný kryt	jednoduchá konstrukce	velký operační prostor
Posuvný kryt	jednoduchá konstrukce	velký zástavbový prostor v ose Y
Clonový kryt	malý zástavbový prostor;	složitý

ROLETOVÝ MECHANIZMUS:

Jedná se o jednoduchý princip, kdy je roleta navijena mezi dvěma válci. V určité vzdálenosti na roletě jsou vyříznuty otvory pro průchod konektorů. Tato varianta byla zamítnuta kvůli velkému zástavbovému prostoru a složitosti konstrukce. Pohon byl možný pouze mechanicky ozubenou tyčí nebo pomocí pneomotoru a mechanismus by zasahoval do okolních upínačů.

SKLÁDANÝ MĚCH:

Skládané měchy jsou typizovaný výrobek, který dodává mnoho výrobců. K aplikaci by bylo nutné použít zařízení pro posuv, mechanické, pneumatické nebo jiné. Dále by bylo nutné vedení měchu. Tato varianta byla zamítnuta vzhledem k nutnosti zkonstruovat vedení, posuv. A také proto, že pro naši aplikaci jsme byli limitováni vymezeným prostorem, který neumožňoval tuto konstrukci.

**VÝKLOPNÝ KRYT:**

Tento typ konstrukce využívá krytky ve formě dvířek, které se na pantech vyklápějí ven nebo v druhé variantě dovnitř. Tato varianta byla zamítnuta vzhledem k velkému operačnímu prostoru nutnému pro otevření krytek.

POSUVNÝ KRYT:

Jedná se o jednoduchý způsob krytování, kdy je krytka přesouvána svisle po vodící ploše z místa připojení, pomocí pneumatiky nebo mechanicky. Tato varianta byla zamítnuta, jelikož je nutné přesunout krytku minimálně o vzdálenost její výšky, ož v našem případě nebylo možné.

CLONOVÝ KRYT:

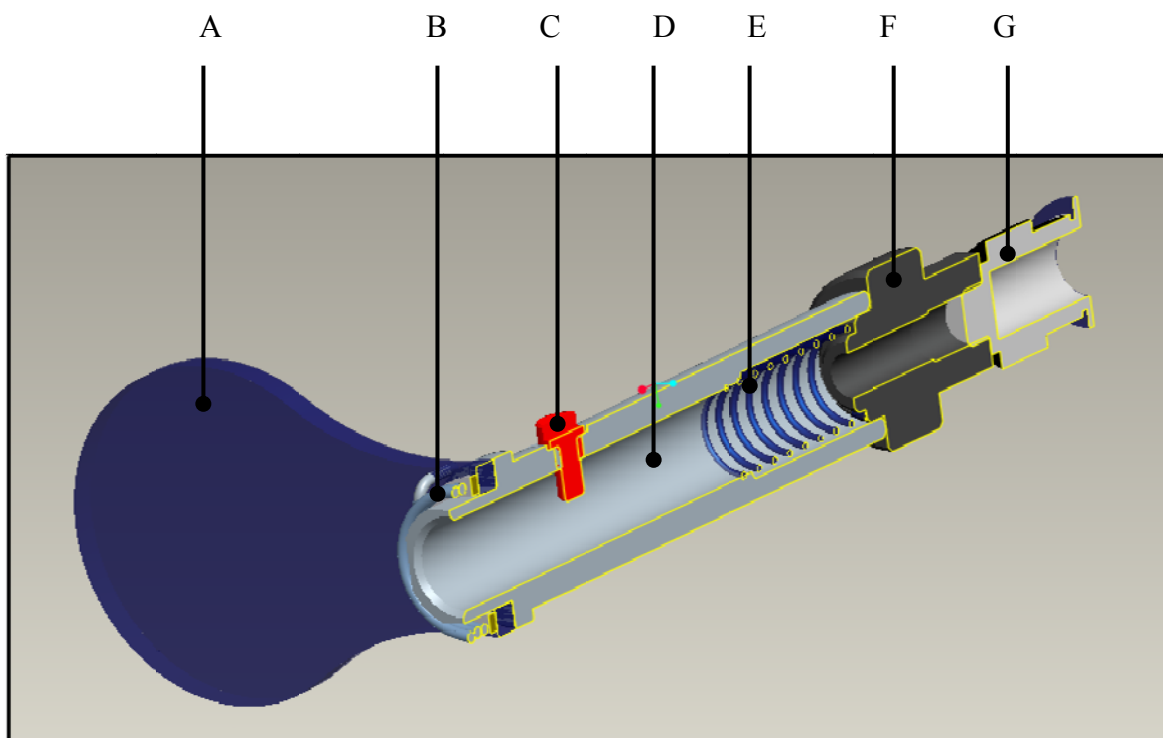
Jako nejvhodnější byl zvolen clonový kryt, protože splňuje většinu kritérií. Je schopen pracovat v omezeném prostoru a je automatiky otevírán pomocí mechanické vazby (není nutná doprava tlakového vzduchu atd.).

Princip funkce:

Mechanismus se skládá ze dvou částí, sestavy clony uložené v desce rozhraní (obr. 40) a řídicích tyčí (obr. 41), které jsou uloženy v přírubě U-HLAVY. Sestava clony je vychylována pružinou, která je uložena uvnitř trubice a dotlačí ji na krytování konektorů, respektive dotlačí clonu na těsnění. Síla pružiny se nastavuje předepínací maticí. Celou soustavu udržuje úhlově ve své pozici zkrutná pružina, která je nasazena na přední části trubice.

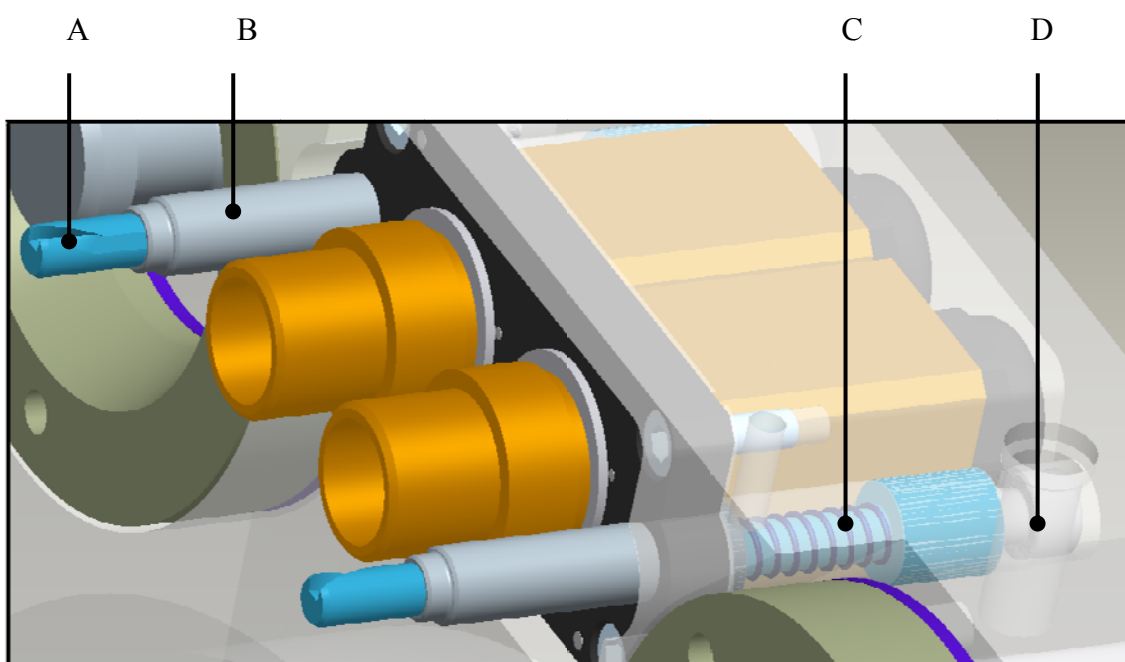
Při upínání hlavy do rozhraní vnikne do otvoru trubice řídicí tyč, ve které je vyfrézována spirálová drážka, a než dosáhne indexačního čepu, narazí přítlačný kolík na trubici a zatlačí ji o 1 mm dovnitř. Poté tyč pohybem vřed pootočí clonou o požadovaný úhel. Řídicí tyče jsou v přírubě přišroubovány a přesná poloha je vymezena ze zadní části kolíkem. Přítlačný kolík dotlačí tlačnou pružinu, která vyvolá větší sílu než pružina v sestavě clony. V konstrukci jsou použity standardizované pružiny, např. v sestavě clony je pružina firmy Hennlich:

PRUŽINA: $d = 0,63 \text{ mm}$, $D_e = 8,63 \text{ mm}$, $L_0 = 16 \text{ mm}$.



Obr. 40 Sestava clony těsnění konektoru

A – clona, B – zkrutná pružina, C – indexační čep, D – trubice, E – tlačná pružina, F – předepínací matice, G – nástrčná spojka.



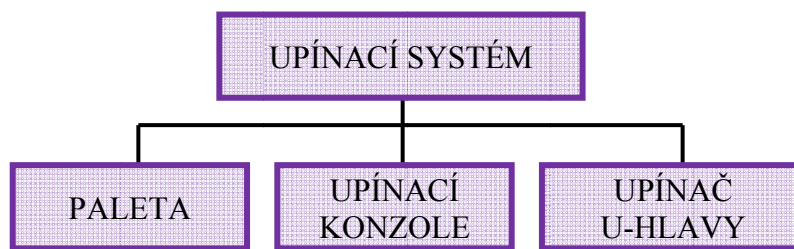
Obr. 41 Upevnění řídicích tyčí v přírubě

A – řídicí tyč, B – přitlačný kolík, C – tlačná pružina, D – šroub.



5.3.3 SKUPINA STROJE UPÍNACÍ SYSTÉM

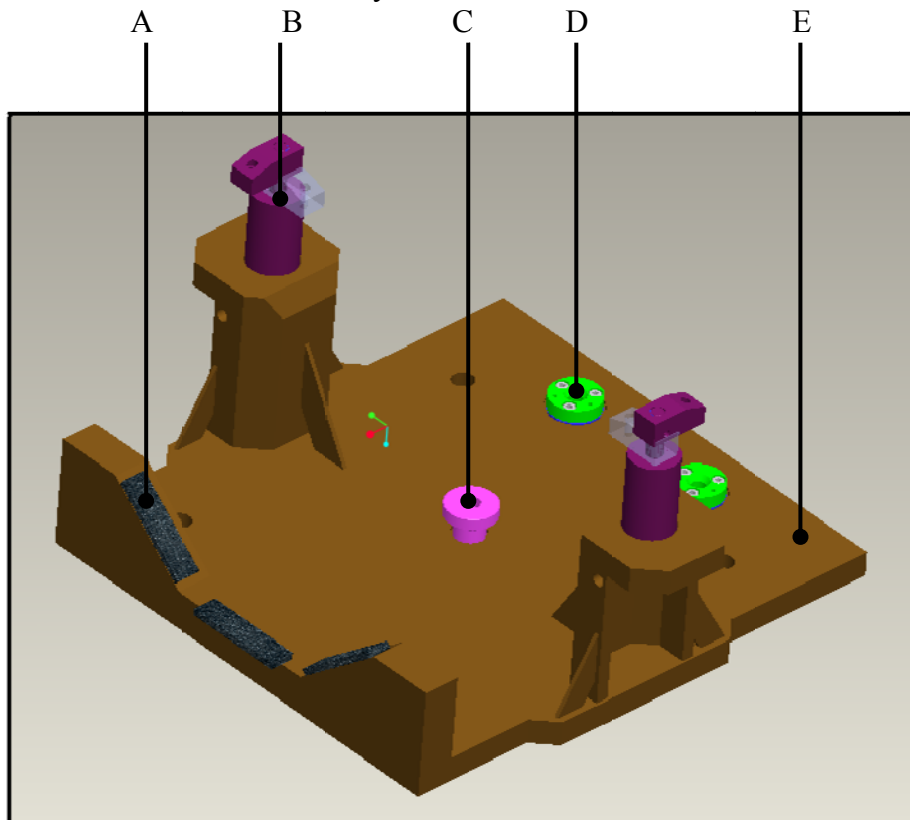
Upínací systém je přípravek připevněný na technologické paletě, který slouží pro upevnění a zafixování vyvrtávací jednotky pro přepravu a upínání hlavy ve stroji. Je navržen tak, aby mohl být využit v pružných výrobních systémech, tedy tak, aby paleta mohla být skladována v regálovém zásobníku palet. Hlava je upínána hydraulickým upínačem za límeč příruby a dosedá do dvou misek kužely, které jsou přišroubované k zadní části příruby.



Obr. 42 Hlavní konstrukční prvky upínacího systému

5.3.3.1 UPÍNACÍ KONZOLE

Upínací konzole tvoří nosnou část upínacího systému. Při jejím návrhu bylo vycházeno z geometrie a hmotnostního rozložení vyvrtávací U-HLAVY.



Obr. 43 Sestava upínací konzole

A – pryžové odložení, B – hydraulický upínač, C - doraz, D – miska pro středící čep, E – konzola



Upínací konzolu tvoří svařovaná konstrukce z ocelového plechu, jejíž základnou je plát plechu, na který jsou navařeny držáky pro hydraulické upínače vyztužené žebry. V přední části jsou plochy obložené pryží pro dosednutí vlastní hlavy U-TRONIC.

5.3.3.2 UPÍNAČ U-HLAVY

Funkce upínače U-HLAVY je zajistit bezpečné upnutí vyvrtávací hlavy na paletě, jak ve stroji před upnutím do vřetene, tak během přepravy ze zásobníku palet, nebo při manipulaci ve výměníku.

Požadované vlastnosti:

- ❖ dostatečná upínací síla;
- ❖ zachovat upnutí i při odpojení palety ze stroje;
- ❖ umožnit upnutí U-HLAVY ve stroji;
- ❖ relativní jednoduchost;
- ❖ kompaktnost.

Z konstrukčního řešení upínací konzole a procesu upnutí vyplývá, že po upnutí hlavy do vřetene musí stroj vyjmout vyvrtávací jednotku z konzole pohybem v ose Y směrem nahoru. Proto rameno upínače nemůže zůstat v původní (upínací) poloze, ale musí rotovat do polohy rovnoběžné s hlavou.

Tab. 5 Porovnání konstrukčních variant upínačů

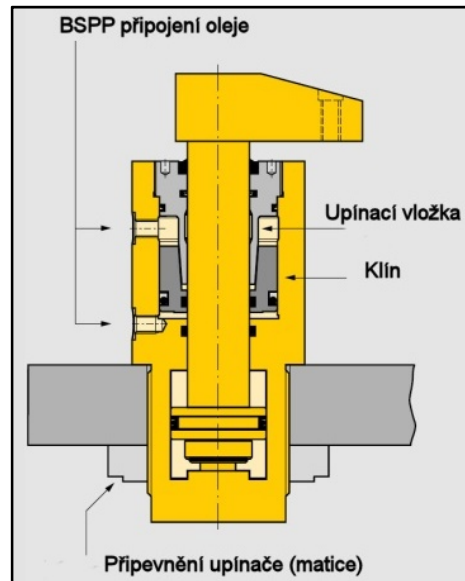
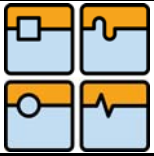
Typ konstrukce		
Způsob vyvození síly	MECHANICKY	HYDRAULICKY
Rotace ramena	nutný přídavný mechanismus	integrováno
Aretace upínače	trvalá upínací síla	nutnost uzamknout
Ovládání upínače	hydraulicky	hydraulicky
Kompaktnost	menší	vyšší

Po porovnání těchto dvou možných variant byl zvolen hydraulický upínač s aretací, hlavně proto, že je kompaktní a není třeba konstruovat mechanické zařízení pro změnu přímočarého pohybu ramena na šroubovité.

Pro vyhovující parametry byl zvolen upínač **MPFL – 50 a MPFR – 50**. (levý/pravý), zvláště proto, že obsahuje zámek a možnost odpojení od hydraulického zdroje.

Tab. 6 Technická data upínače

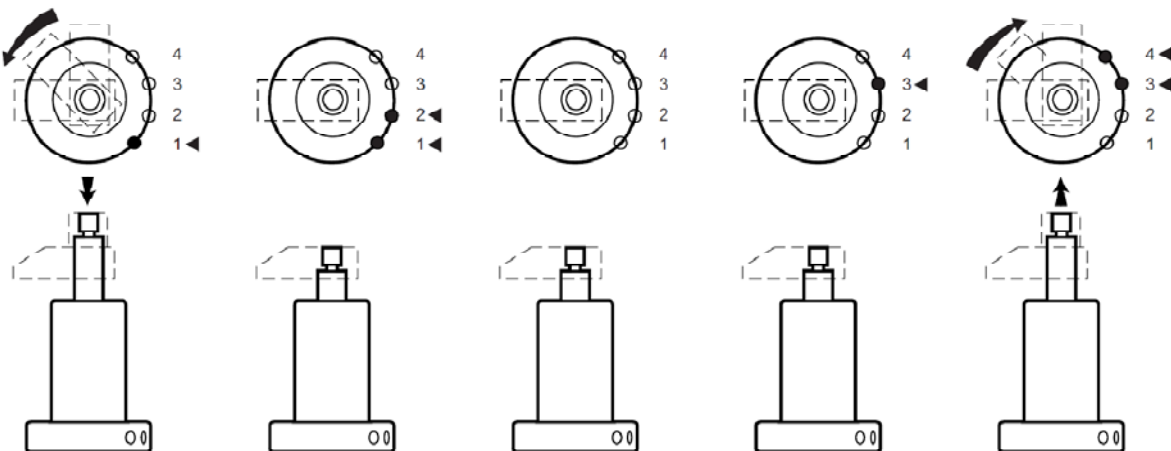
Technické data upínače MPFL/R - 50	
Upínací síla	4,4 kN
Zdvih (upínací/celkový)	8/24 mm
Tlak	100 bar
Směr otáčení	levý i pravý
Hmotnost	2,3 kg



Obr. 44 Řez upínačem firmy Enerpac [25]

Popis funkce vybraného upínače typu MP firmy Enerpac se systémem aretace Collet-Lok[®], schéma viz obr. 23 :

Postup při upínání a opětovném uvolňování hydraulického upínače můžete vidět na obr. 40. Při upínání je nejprve natlakován první port, tím se rameno upínače otočí o 90° a upne hlavu. Následuje natlakování druhého portu, síla vyvozená hydraulickým olejem z tohoto portu tlačí upínací vložku do klínu, čímž uzamkne píst válce v upnuté poloze. Poté mohou být oba porty odtlakovány a paleta odpojena od tlakového zdroje. Uvolnění probíhá analogicky, nejprve je natlakován port tři, čímž se uvolní zámek a na hlavu dále nepůsobí upínací síla. Natlakováním portu čtyři dochází k návratu ramena upínače do původní polohy.



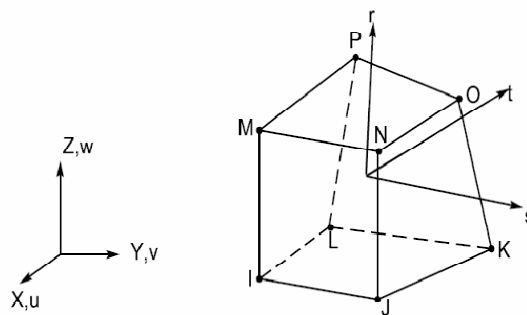
Obr. 45 Sekvence upínání/odepínání válce MPFL/R [15]



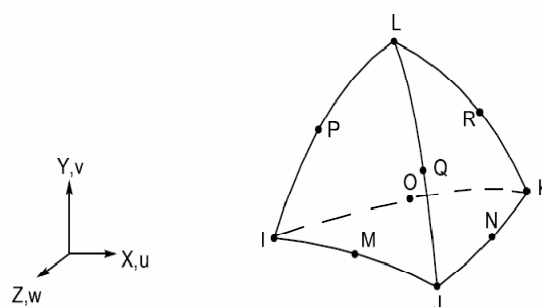
5.4 MODÁLNÍ ANALÝZA U-HLAVY

Modální (frekvenční) analýza slouží k určení vlastních kmitů (tvaru a frekvence) tělesa. K realizaci výpočtu bylo použito programu ANSYS 12[®] využívající k výpočtům metodu konečných prvků (MKP). Tato metoda je založena na tzv. variačním počtu, tedy hledá minimum nějakého funkcionálu (např. energie napjatosti). Model analyzovaného tělesa je spojitě rozdělen na prvky konečných rozměrů. Volba těchto prvků (elementů) má zásadní význam pro výsledek výpočtu. Řadu praktických úloh lze řešit zjednodušeně, bez plného trojrozměrného modelu. Týká se to například úloh prutových, rovinných nebo rotačně symetrických. Dále je třeba všem prvkům zadat konstitutivní vztahy materiálu – pro lineární elastický izotropní materiál jsou to modul pružnosti (E) a Poissonovo číslo (μ). Aplikujeme okrajové podmínky: zatížení, uložení tělesa – vazby. Použijeme řešič a po vyřešení rovnic můžeme zobrazit požadované výsledky.

Pro výpočet vlastních frekvencí byl zvolen prvek SOLID 185 a velikost elementu vzhledem k náročnosti na výpočet 10 mm.

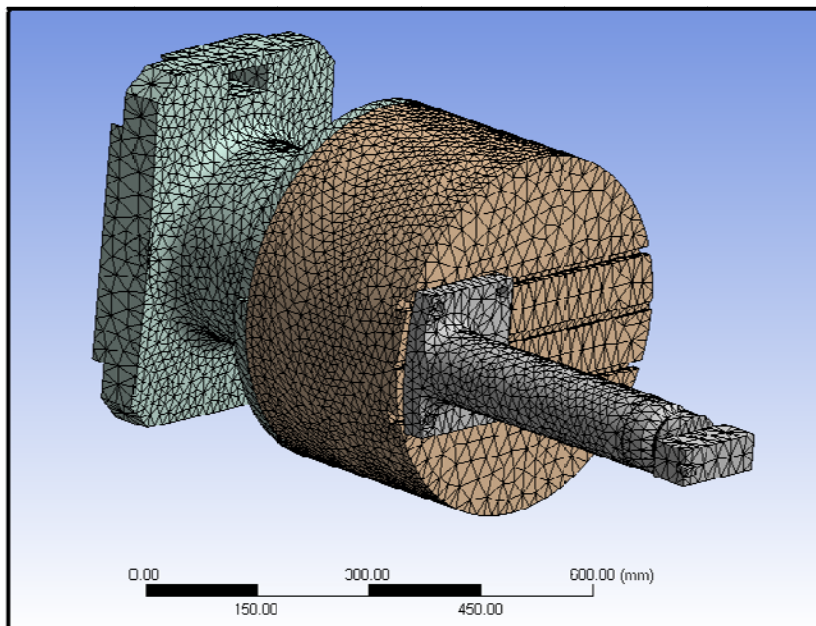


Obr. 46 Prvek SOLID185 [3]



Obr. 47 Prostorový čtyřstěn (terahedr) degenerovaný tvar prvku SOLID185 [3]

Nejprve byl do programu ANSYS importován zjednodušený model sestavy U-HLAVY vytvořený v prostředí Pro/Engineer. Z modelu byly odebrány konektory, misky upínače, upínací čep a ochranný kryt. Zjednodušena byla také geometrie - odebrány velké detaily kvůli zrychlení výpočtu. Následovalo zavazbení jednotlivých komponent mezi sebou, byl použit typ vazby BONDED contact. Po stanovení kontaktů a vazeb byl model meshován, diskretizovaný model je vidět na obr. 48.

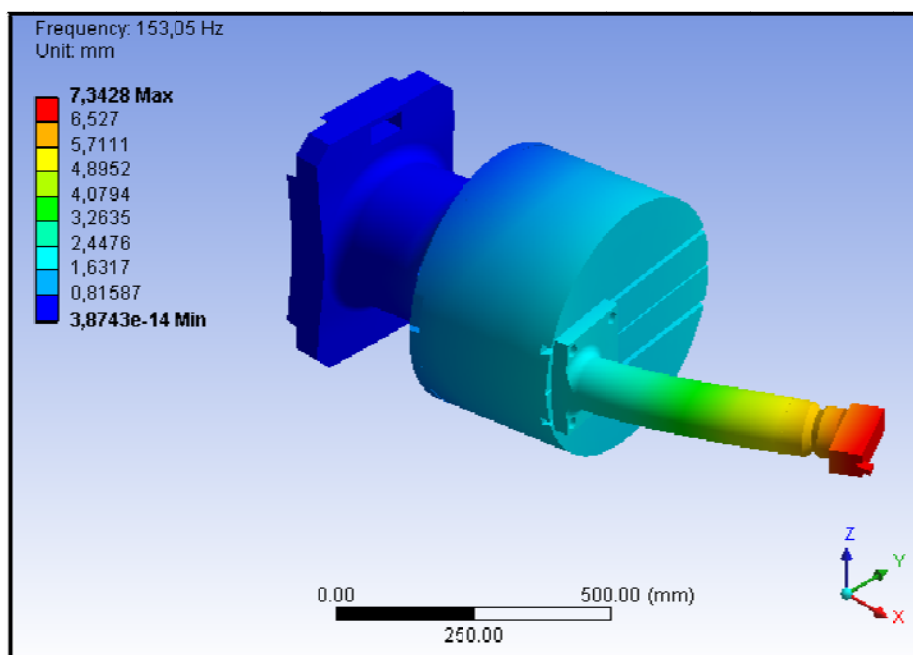
**Obr. 48** Diskretizovaný model U-HLAVY**Tab. 7** Porovnání hmotností U-Hlav

Porovnání hmotností U-Hlav		
TYP	U 630	U 500
Hmotnost hlavy [kg]	350	230
Hmotnost příruby [kg]	173	129
Celková hmotnost [kg]	523	359
Rozdíl	164	

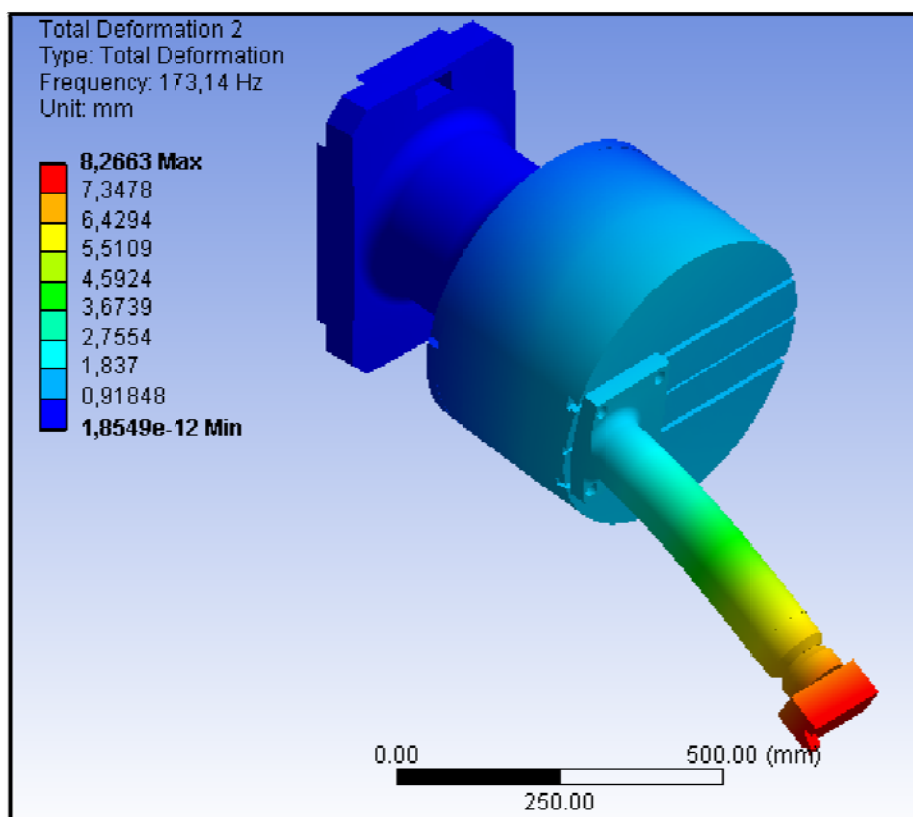
Po proběhnutí výpočtu jsme získaly frekvence a tvary prvních šesti vlastních kmitů, které jsou zobrazeny v tab. 7.

Tab. 8 Vlastní frekvence

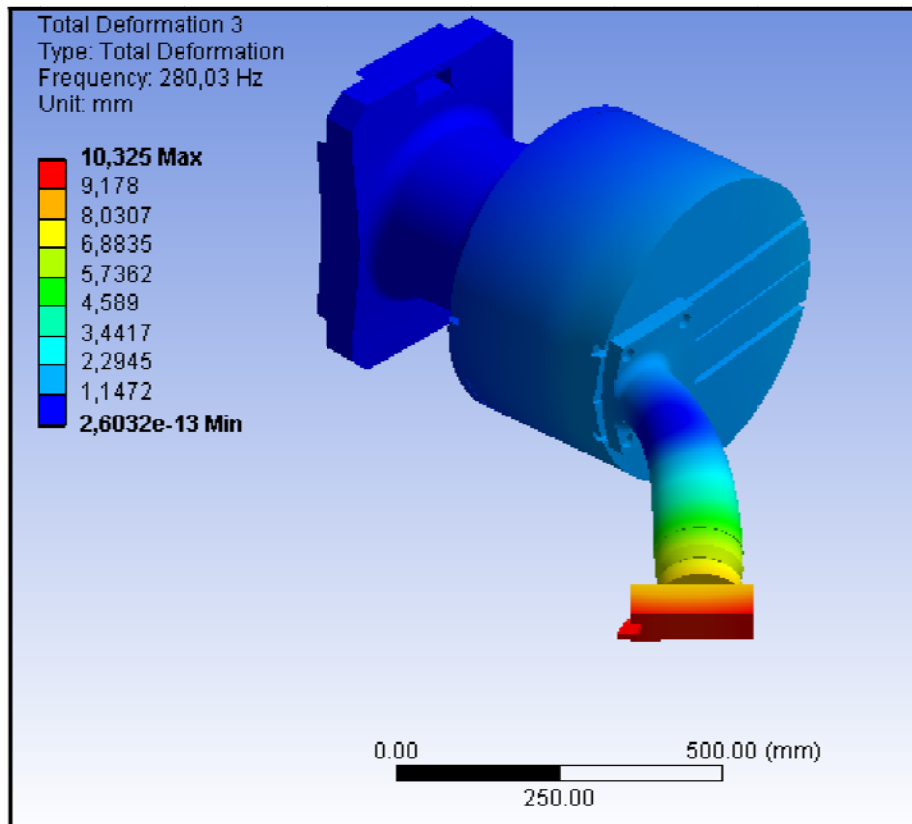
Vlastní frekvence	
MOD	Frekvence [Hz]
1	153,05
2	173,14
3	280,03
4	299,66
5	454,12
6	715



Obr. 49 Tvar kmitů – 1. mod



Obr. 50 Tvar kmitů – 2. mod



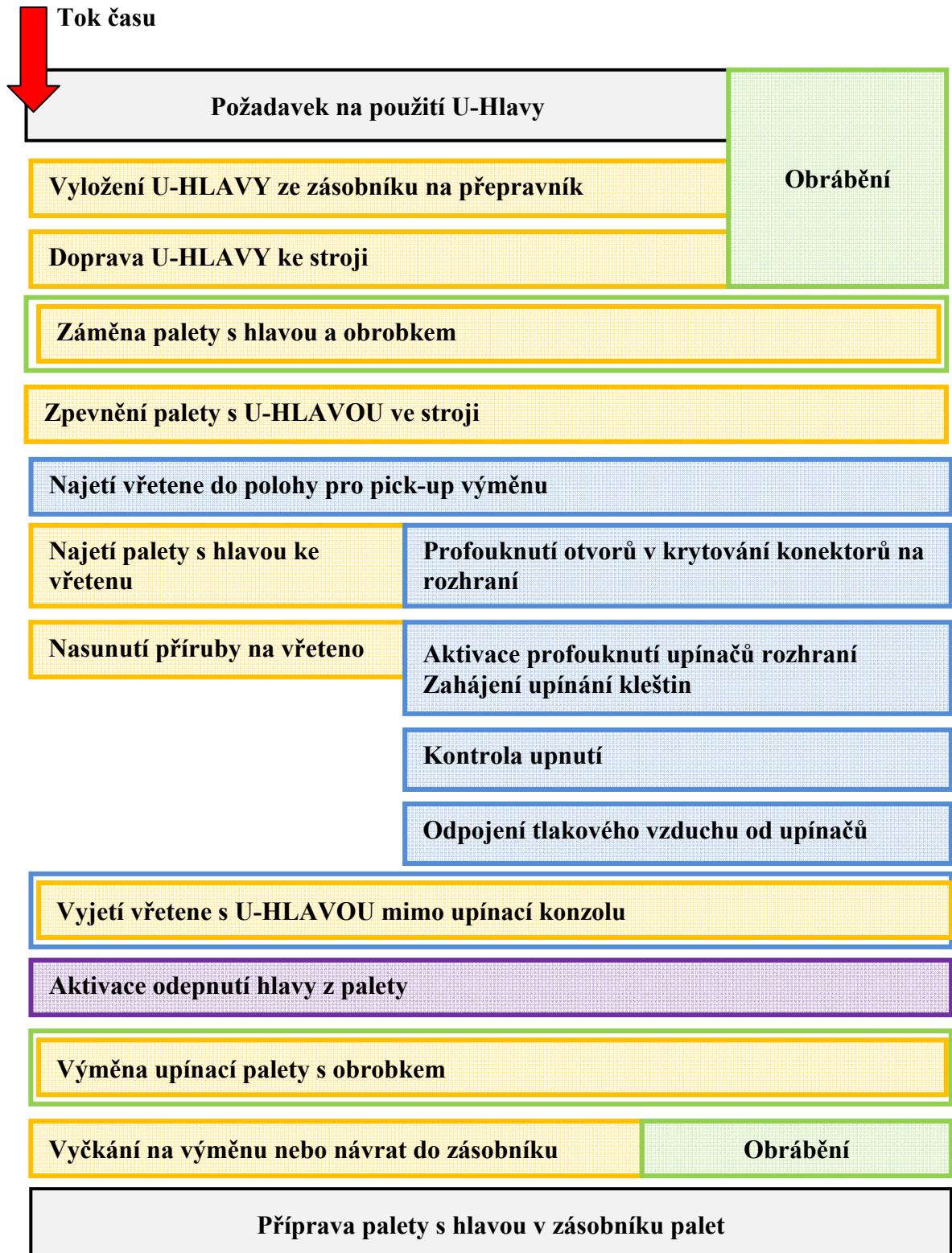
Obr. 51 Tvar kmitů – 3. mod

ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY

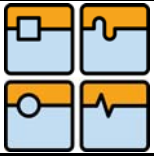
Z výsledků modální analýzy plyne, že první frekvence je poměrně vysoká (153,05 Hz), což naznačuje, že by vyvrtávací hlava U-500 mohla mít dobré dynamické vlastnosti. Protože dle výpočtové zprávy Tajmac-ZPS č. 08-44 vyplývá, že je frekvenčně posunuta nad frekvenci stojanu a stolu. Ovšem model byl značně zjednodušen a proto lze usuzovat, že v reálu hlava bude mít daleko menší tuhost, což bude negativně ovlivňovat její statické a dynamické chování. Vzhledem k tomu, že hmotnost hlavy U-630 je o 130 kg vyšší lze očekávat horší dynamické vlastnosti a menší stabilitu.



5.5 DIAGRAM SEKVENCE PŘIPOJENÍ/ODPOJENÍ



Pozn.: Jednotlivé barvy označují, které skupiny se daná operace týká. (modrá – rozhraní; oranžová – hlava; zelená – stroj jako celek; fialová – upínač palety)



6 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout automatické připojení vyvrtávací hlavy firmy D'Andrea na horizontální obráběcí centrum pracující samostatně, nebo integrovaném do pružného výrobního systému.

Konstrukční úloha se členila na tři problémy: samotnou vyvrtávací hlavu, rozhraní na stroji a přípravek pro upnutí hlavy na paletě. Největšími problémy při realizaci návrhu byly omezující faktory v podobě daných rozměrů pracovního prostoru atd. Při konstrukci příruby jsme byli omezeni tím, že se jednalo o spojení dvou stávajících celků, což nedávalo velké možnosti pro různé konstrukční varianty. Výsledné konstrukční řešení rozhraní na stroji může být odnímatelné, a tudíž plní kritérium modulárního stroje. Největší výhodou přináší v tomto řešení použití upínačů konstruované samotnou firmou Tajmac-ZPS. Tyto upínače v sobě integrují několik požadavků na rozhraní pro automatické upínání, zejména, vymezení polohy pomocí kuželového tělesa upínače, kontrola upnutí pomocí měření průtoku stlačeného vzduchu a čištění rozhraní před upnutím. I když jsou tyto upínače chráněné krytkou, proti vniknutí nečistot dovnitř, bude se muset v budoucnu vyřešit ochrana upínačů před agresivním prostředím v pracovním prostoru stroje. Nejlépe nějakým krytováním upnutým na konzole pro upínání hlavy. Protože zásobník nástrojů v současné kompozici nedokáže pojmout tak velký nástroj (přípravek). Návrh systému těsnění konektorů na rozhraní byl komplikovaný, jelikož mezi upínači nezbývalo moc místa. Konečné řešení s použitím clony se ukázalo jako realizovatelné. Jeho výhodou je plně automatická, mechanicky poháněná činnost, která není primárně závislá na žádném dalším systému stroje. Pro řešení upnutí vyvrtávací hlavy na paletu byl použit hydraulický válec se zámkem, který umožňuje odpojit jednotku od zdroje hydraulické energie, aniž by ztratila dokonalé upnutí. Z výsledků modální analýzy vyplývá, že hlava je dynamicky stabilní pro použití na horizontálním centru H80, protože její první vlastní frekvence leží vysoko nad frekvencí stojanu nebo stolu, případně mimo frekvenci vřeten. Ovšem hodnota této analýzy je malá, protože byla provedena na zjednodušeném modelu, z toho důvodu se mohou vypočtené hodnoty jen blížit skutečnosti. Pro získání lepších výsledků by bylo nutné udělat rozsáhlejší model zahrnující i vřeteník a stojan s pohybovými šrouby.




7 POUŽITÉ ZDROJE

Literatura:

- [1] Marek, J. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. MM průmyslové spektrum – speciální vydání září, 2006. ISSN 1212-2572
- [2] Weck, M.; Brecher Ch. *Werkzeugmaschinen Konstruktion und Berechnung* 8. přepracované vydání, Springer Verlag 2006, XXXIV, 702 S. 585 Abb., Geb. ISBN: 978-3-540-22502-7
- [3] PŘIKRYL, F., *Frekvenčně modální analýza lopatkového svazku parní turbíny*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 71 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Eduard Malenovský, DrSc.
- [4] Hrdlička, J. a kol. *100 let strojírenství ve Zlíně*. 1. vyd. Zlín: Tajmac-ZPS, a.s., 2003. 100 s. ISBN: (brož.).
- [5] Mádl, J. a kol. *Technologie obrábění. Díl 1*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2000. 79 s. ISBN: 80-01-02091-6.
- [6] Janíček, P. a kol. *Mechanika těles: pružnost a pevnost. I. 3. přepracované vydání*. Brno: CERM, 2004. 287 s. ISBN 80-214-2592-X
- [7] Kříž, R. a kol. *Strojní součásti I*, 3. opravené vydání Praha: SNTL, 1990. 192 s. ISBN 80-03-00217-6

World Wide Web:

- [8] Bumbálek, B.; *Fyzikální podstata řezání* [online]. [cit. 2010-2-15]. URL: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/fyz_pods_rez/Opora05_Fyzikalni_podstata_rezani.pdf
- [9] *Horizontální obráběcí centrum H 80* [online]. [cit. 2009-11-29]. URL: http://www.tajmac-zps.cz/pdf/H_80_CZ.pdf
- [10] *Tajmac-ZPS, a.s.* [online]. [cit. 2009-10-26]. URL: <http://www.tajmac-zps.cz/index.php>
- [11] Humár, A.; *Technologie I* [online]. [cit. 2005-2-7]. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003, 138 s. URL: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- [12] *MLS FASTEMS* [online]. [cit. 2010-4-21]. URL: <http://www.youtube.com/user/8760fastems#p/u/0/rKeXAYC2eI0>
- [13] *D'Andrea heads 2010* [online]. [cit. 2009-11-13]. URL: http://www.dandrea.com/contents/catalogo/heads/16_us.pdf

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 54
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- [14] *Hydrodock - BERG* [online]. [cit. 2010-2-20].
 URL: http://www.tmmilano.com/pfd_files/Catalogo_Berg_Pezzi_per_serraggio.pdf
- [15] *Collet-Lok® Swing Cylinders - Instruction Sheet* [online]. [cit. 2010-3-5].
 URL: <http://www.enerpac.com/files/im/workholding/swingcylinders/EIS57105-2.pdf>
- [16] Šoustek, P.; Smolík, J., *Seizmicky vyvážený stroj*. MM průmyslové spektrum března 2009 v rubrice SST představuje / Věda a výzkum, s. 68. [online]. [cit. 2010-1-2].
 URL: <http://www.mmspektrum.com/clanek/statni-podpora-vedy-a-vyzkumu-2-2>
- [17] *HENNLICH - Zkrutné pružiny* [online]. [cit. 2010-5-5].
 URL: <http://www.hennlich.cz/index.php?f=1524>
- [18] *Nástrčné spojky - SMC* [online]. [cit. 2010-5-15].
 URL: http://2009.oc.smc-cee.com/cz/pdf/KQ2_TEC.pdf
- [19] *FASTEMS* [online]. [cit. 2010-5-20].
 URL: <http://www.fastems.com/>
- [20] *KOMET-KOMTRONIC* [online]. [cit. 2009-10-23].
 URL: <http://www.kometgroup.com/>
- [21] *ZX SZSTEMS* [online]. [cit. 2010-3-12].
 URL: <http://www.cogsdill.com/PDF/USCatalogs/CompleteCatalogs/USZXCatalog.pdf>
- [22] *ODU DOCK* [online]. [cit. 2010-4-12].
 URL: http://www.odu.de/fileadmin/template/pdf/odu_dock/odu_dock_e.pdf
- [23] *CyTec systems* [online]. [cit. 2010-3-20].
 URL: www.cytecsystems.de/cytecsystems/english/.../spanntechnik_e.pdf
- [24] *Siemens - servomotory* [online]. [cit. 2010-2-10].
 URL: <http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=20b2919053&ctxp=home>
- [25] *Enerpac* [online]. [cit. 2010-4-10].
 URL: http://www.enerpac.com/files/WP_swing_E214US.pdf



8 POUŽITÉ ZKRATKY, SYMBOLY A VELIČINY

PVS		pružný výrobní systém
FMS		flexible manufacturing systems
d	mm	průměr drátu pružiny
De	mm	vnější průměr pružiny
l_0	mm	délka pružiny v klidu
E	MPa	modul pružnosti v tahu
μ		poissonova konstanta
F_c	N	řezná síla
F_f	N	posuvová síla
F_p	N	pasivní síla
A_D	mm ²	jmenovitý průřez třísky
k_c	N/ mm ²	měrný řezný odpor

9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1 Logo firmy	11
Obr. 2 H 80	12
Obr. 3 Příklad užití metody topologické optimalizace na vřeteník	12
Obr. 4 Náskres stroje – základní rozměry (Tajmac-ZPS)	13
Obr. 5 PVS pro výrobu bloků motorů FFS 630 fy StarragHeckert	15
Obr. 6 PVS MLS fy Fastems	16
Obr. 7 Technologické možnosti vyvrtávacích hlav	17
Obr. 8 Varianty systému KOMTRONIC	18
Obr. 9 Jednotka UAS-125-Z-12	19
Obr. 10 Jednotka HPS-115	19
Obr. 11 ZX vyvrtávací hlava	20
Obr. 12 Princip posuvu saní	20
Obr. 13 Upnutí hlavy TA-CENTER	21
Obr. 14 Upnutí hlavy TA-TRONIC	22
Obr. 15 Upnutí hlavy U-COMAX	22
Obr. 16 Schéma hlavy U-TRONIC	23
Obr. 17 Schéma řízení hlavy U-TRONIC	24
Obr. 18 Limitní rozměry - nárys	26
Obr. 19 Limitní rozměry - bokorys	26
Obr. 20 Vyložení nástroje	27
Obr. 21 Graf průřezu třísky v závislosti na vysunutí nože ($k = 2000 \text{ N/mm}^2$)	27
Obr. 22 Blokové schéma	28
Obr. 23 Hlavní konstrukční prvky vyvrtávací U-Hlavy	29
Obr. 24 Příruba D'Andrea	30
Obr. 25 Řez přírubou – upínací plocha	30
Obr. 26 Deformace U-HLAVY při zatížení silou $F_x = 1000\text{N}$	31
Obr. 27 Deformace U-HLAVY při zatížení silou $F_y = 1000\text{N}$	32
Obr. 28 Deformace U-HLAVY při zatížení silou $F_z = 1000\text{N}$	32
Obr. 29 Sestava upínací kužele – řez	33
Obr. 30 Konektory ODU DOCK	34
Obr. 31 Upevnění konektoru v přírubě U-HLAVY	35
Obr. 32 Upínač CyTrac	36
Obr. 33 Hydrodock firmy BERG	36
Obr. 34 Řez hydraulickým upínačem firmy Tajmac-ZPS	37
Obr. 35 Řezné síly a odpory	38
Obr. 37 Rozhraní D'Andrea upevněné na vřetenu	39
Obr. 36 Hlavní konstrukční prvky rozhraní D'Andrea	39
Obr. 38 Rozměry zvolené spojky	40
Obr. 39 Úhlová přípojka	40
Obr. 40 Sestava clony těsnění konektoru	43
Obr. 41 Upevnění řídicích tyčí v přírubě	43
Obr. 43 Sestava upínací konzole	44
Obr. 42 Hlavní konstrukční prvky upínacího systému	44
Obr. 44 Řez upínačem firmy Enerpac	46
Obr. 45 Sekvence upínání/odepínání válce MPFL/R	46
Obr. 46 Prvek SOLID185	47

Obr. 47 <i>Prostorový čtyřstěn (terahedr) degenerovaný tvar prvku SOLID185</i>	47
Obr. 48 <i>Diskretizovaný model U-HLAVY</i>	48
Obr. 49 <i>Tvar kmitů – 1. mod</i>	49
Obr. 50 <i>Tvar kmitů – 2. mod</i>	49
Obr. 51 <i>Tvar kmitů – 3. mod</i>	50



10 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 <i>Informace o stroji H 80</i>	14
Tab. 2 <i>Parametry zvolených hlav</i>	27
Tab. 3 <i>Parametry servomotoru</i>	34
Tab. 4 <i>Porovnání konstrukčních variant krytů</i>	41
Tab. 5 <i>Porovnání konstrukčních variant upínačů</i>	45
Tab. 6 <i>Technická data upínače</i>	45
Tab. 6 <i>Porovnání hmotností U-Hlav</i>	48
Tab. 7 <i>Vlastní frekvence</i>	48

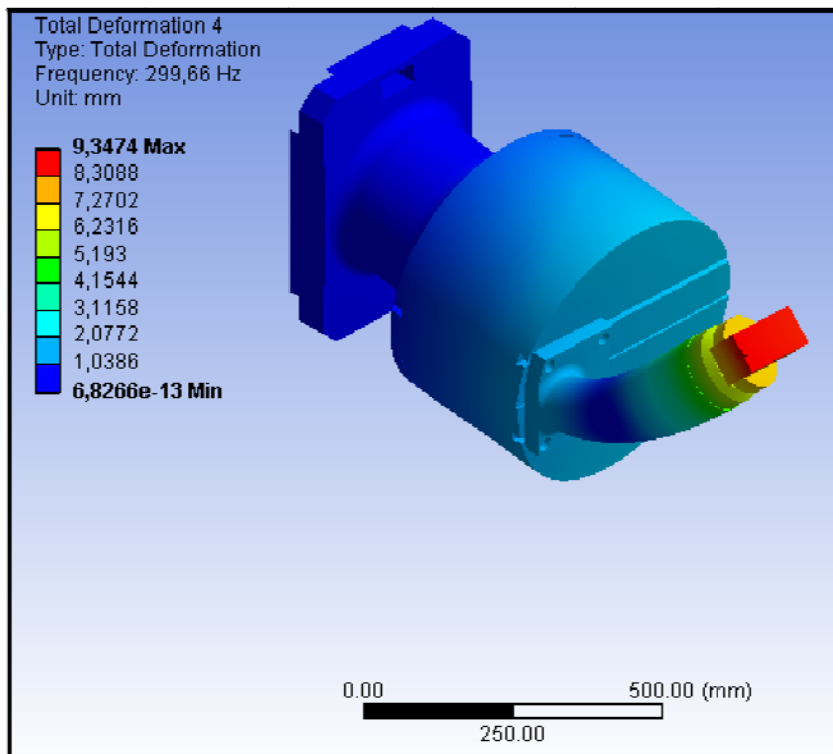


11 SEZNAM PŘÍLOH

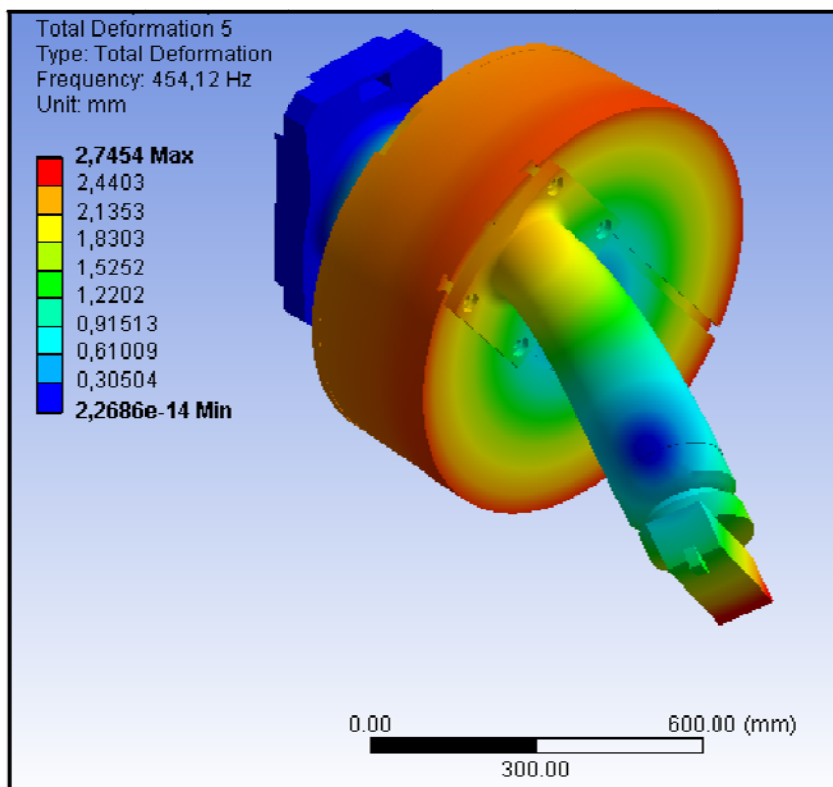
- 1) Tvary kmitu U-HLAVY (4. 5. a 6. mod)
- 2) Nákres hlavy U-TRONIC 5 – 500 S
- 3) Nákres hlavy U-TRONIC 5 – 500 S
- 4) Hydraulické schéma
- 5) Pneumatické schéma
- 6) Nákres U-HLAVY s hlavními rozměry
- 7) CD-ROM s digitální verzí diplomové práce a příloh



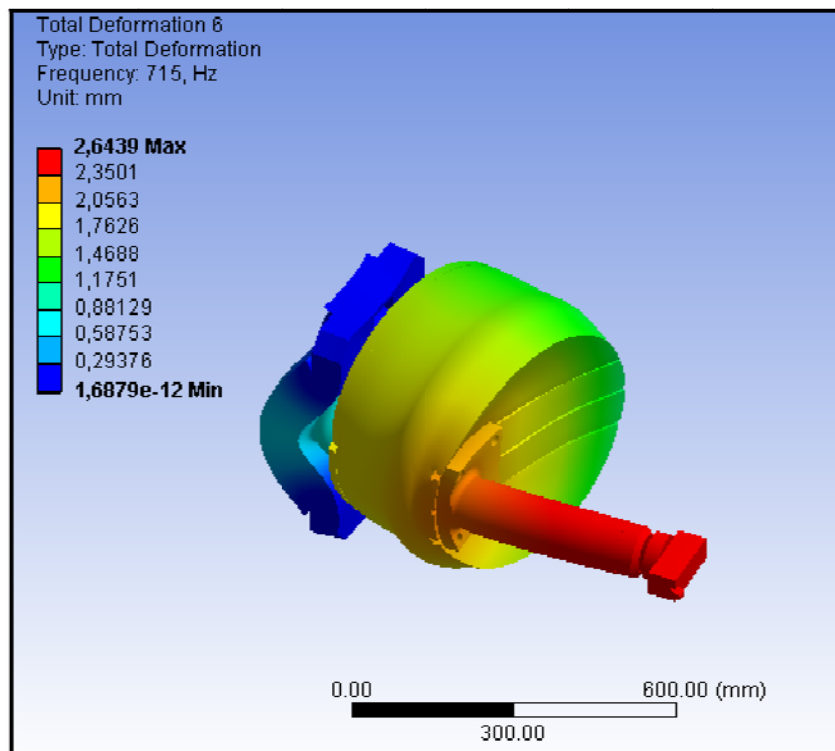
PŘÍLOHY



Tvar kmitu U-HLAVY – 4. mod

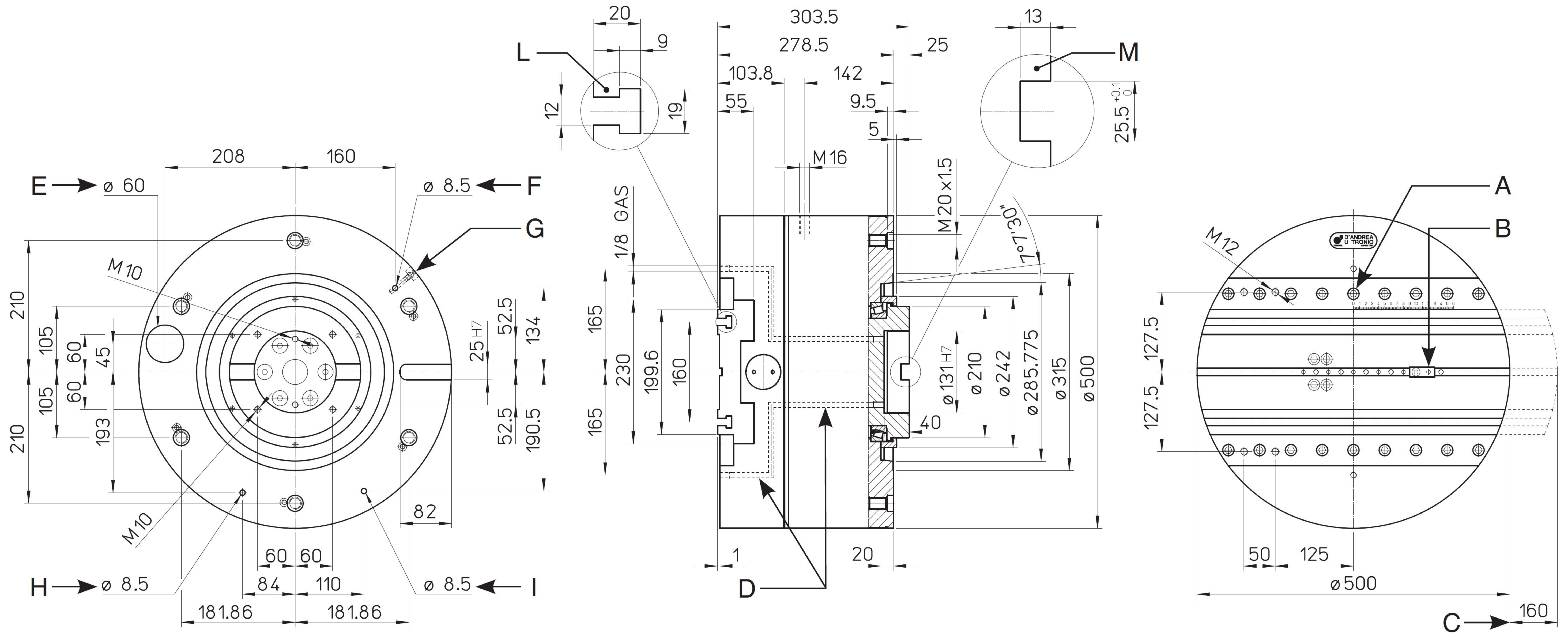


Tvar kmitu U-HLAVY – 5. mod



Tvar kmitu U-HLAVY – 6. mod

U-TRONIC 5-500 S



U-TRONIC 5-630 S

