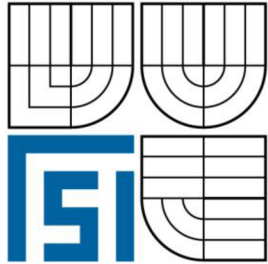


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ZÁSOBNÍKY NÁSTROJŮ A VŘETENA CNC STROJŮ S AUTOMATICKOU VÝMĚNOU NÁSTROJŮ.

CNC MACHINE: CHANGE OF TOOLS, MAGAZINE, SPINDLE.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jan Stoupenec

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Stoupenec

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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 bakalářské práce:

Zásobníky nástrojů a vřetena CNC strojů s automatickou výměnou nástrojů

v anglickém jazyce:

Problems CNC machines: Magazine, spindle, change of tools

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Technologické charakteristiky konstrukčních provedení zásobníků a vřeten, principy přiřazení ke strojům (včetně extrémního počtu nástrojů), softwarové ovládání z pozice technologa-programátora. Uvedení konkrétních systémů, doložení vhodnosti jednotlivých sestav pro obrábění vzorových typů součástí.

Cíle bakalářské práce:

Zhodnocení technologických vlastností jednotlivých konstrukčních řešení z hlediska uživatele-technologa. Navržení vhodné sestavy stroj-nástroj (základní a náhradní varianta) pro vzorový typ obrábění.

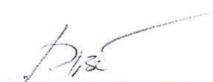
Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOČMAN, K. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 24.11.2010



prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu

L.S.



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá automatickou výměnou nástroje v CNC stroji. V první části práce jsou popsány typy zásobníků na nástroje a základní principy výměny nástroje. Další část se zabývá jednotlivými typy vřeten. Poslední část pojednává o výběru vhodného stroje pro výrobu čtyř různých vzorových součástek.

Klíčová slova

CNC stroj, nástroj, automatická výměna nástroje, zásobník nástrojů, vřeteno.

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with automatic tool change in a CNC machine. In the introductory part, types of tool storages and basic principles of tool change are described. Next part deals with description of spindle types. In the last part, suitable machines for the manufacture of four different model parts are chosen.

Key words

CNC machine, tool, automatic tool change, tool magazines, spindle.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STOUPENEC, Jan. *Zásobníky nástrojů a vřetena CNC strojů s automatickou výměnou nástrojů: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 48 s., 7 příloh. Vedoucí práce: Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Zásobníky nástrojů a vřetena CNC strojů s automatickou výměnou nástrojů vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 25. 5. 2011

.....
Jan Stoupenec

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
Úvod	9
1 CNC STROJE	10
1.1 Charakteristické znaky CNC obráběcích strojů	10
1.2 Rozdělení CNC strojů:	11
2 AUTOMATICKÁ VÝMĚNA NÁSTROJŮ	11
2.1 Rozdělení zásobníků	12
2.1.1 Systémy s nosnými zásobníky	12
2.1.2 Systémy se skladovacími zásobníky	14
2.1.3 Kombinované systémy	16
2.2 Upnutí nástroje	16
2.2.1 Upnutí nástroje pro obrábění nerotačních součástí.....	17
2.2.2 Upnutí nástroje pro obrábění rotačních součástí	17
2.2.3 Kombinované upnutí nástroje	17
2.3 Výměna nástrojů	18
2.3.1 Výměna nástrojů u revolverových hlav	19
2.3.2 Výměna nástrojů skladovacích zásobníku	19
2.4 Softwarové ovládání výměny nástroje	20
3 RUČNÍ VÝMĚNA NÁSTROJE	21
3.1 Ruční výměna nástrojů u CNC soustruhů.....	21
3.2 Ruční výměna nástrojů u CNC fréz	21
4 VŘETENA CNC STROJŮ	22
4.1 Přesnost chodu vřetena	22
4.1.1 Radiální házení.....	23
4.1.2 Axiální házení	24
4.1.3 Tuhost vřetena.....	24
4.2 Rozdělení vřeten	25
4.2.1 Rozdělení vřeten podle polohy	26
4.2.2 Rozdělení vřeten podle náhonu	28
4.3 Komponenty vřetene	29
4.3.1 Způsob zástavby vřetene.....	29
4.3.2 Typ ložisek.....	30
4.3.3 Utěsnění vřetena	32
4.4 Typ upínacího kužele	33
4.4.1 ISO.....	35
4.4.2 HSK	35
4.4.3 Coromant Capto	35
4.4.4 BIG Plus.....	36
5 PŘÍKLADY STROJŮ	37
5.1 Soustružnická součástka hřídel.....	38
5.2 Soustružnická součást diskového tvaru	39
5.3 Frézovaná součástka deska formy na plasty	40
5.4 Frézovaná součást turbína.....	41

6 Závěr.....	43
Seznam použitých zdrojů	45
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	47
Seznam příloh.....	48

ÚVOD

CNC stroje jsou v současnosti nedílnou součástí strojírenské výroby. Jejich význam v tomto odvětví je nepopíratelný. S technickým rozvojem jde ruku v ruce i rozvoj těchto strojů. Rostoucí efektivita práce představuje žádoucí jev, proto i CNC stroje prochází neustálou modernizací, která má jako cíl zlepšovat efektivitu práce. CNC stroje představují velmi složitý mechanismus, který se skládá z mnoha různých komponent. Tato práce bude (z části) věnována právě několika z těchto komponent.

Tato bakalářská práce je zaměřena na automatickou výměnu nástrojů, zásobníky nástrojů a vřetena CNC strojů. Díky těmto komponentám jsme schopni vytvářet různé druhy finálních produktů. Tyto prvky CNC obráběcích strojů jsou propojeny nástrojovou soustavou. Zásobník musí být schopen daný typ držáku nástroje uskladnit. Mechanický systém automatické výměny musí co nejrychleji a nejpresněji vyměnit nástroj ze zásobníku do vřetena stroje

Cílem této práce je přehledně rozdělit a popsat automatickou výměnu nástroje, rozdělení zásobníků, vřetena a jejich upínací kužele a na závěr práce určit vhodné typy strojů pro vzorové součástky.

Tuto práci bude rozdělena do několika částí. V prvním oddílu práce budou popsány základní charakteristické znaky CNC strojů. Dále budou v práci popsány principy automatické (a ruční) výměny nástrojů. Technika výměny nástrojů není ve všech případech stejná, proto v této části práci tyto techniky výměny budou popsány. Dále v rámci této kapitoly budou uvedeny druhy zásobníků a další systémy potřebné k výměně nástroje. Další část bude věnována popisu vřeten CNC strojů. V poslední kapitole budou určeny nejvhodnější stroje pro výrobu vzorových součástek. Celá práce bude doprovázena množstvím ilustračních obrázků.

1 CNC STROJE

Číslicově řízené výrobní stroje – CNC (Computer Numerical Control). CNC stroje na rozdíl od klasických soustružnických strojů nejsou přímo řízené obsluhou stroje, ale stroj je řízen programem, který vytvořila obsluha stroje. Systém je řízen pomocí programu, který se skládá s alfanumerických znaků. Vlastní program je dán posloupností oddělených skupin znaků, které se nazývají bloky nebo věty. Program řídí silové prvky stroje tak, aby proběhla požadovaná výroba. [4]

CNC stroje jsou pružné výrobní stroje. To znamená, že je lze velmi rychle přenastavit jinou podobnou výrobu. Pracují v automatických cyklech, které jsou zajištěny číslicovým řízením. CNC stroje se uplatňují ve všech oblastech strojírenské výroby (obrábění, tváření, montáž a měření). Jejich typickými představiteli jsou soustruhy a frézy. [4]

1.1 Charakteristické znaky CNC obráběcích strojů

CNC stroje nahrazují lidskou obsluhu řídicím systémem. Dochází k výraznému zvyšování požadavků na přesnost a funkci jednotlivých uzlů i celého stroje. Konstrukce CNC strojů se výrazně liší od konvenčních strojů, které se obsluhují ručně. [2]

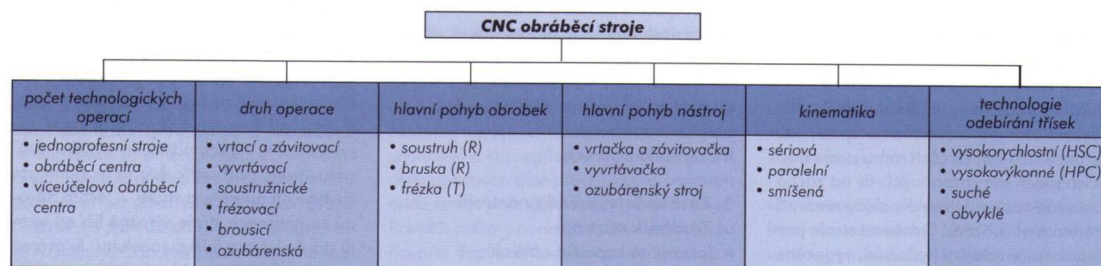
Konstrukce CNC strojů se vyznačuje vysokou tuhostí a přesností provedení. Stroje jsou navrženy tak aby jejich jednotlivé uzly byli minimálně teplotně ovlivňováni (tzv. stabilizace teploty). Z důvodů hospodárných rezného režimu se používají servopohony s velkým regulačním rozsahem. Nejčastěji jsou používány střídavé servopohony (jak pro pohony vřeten tak i pohon posuvů). [2] „K dalšímu z hospodárnění a urychlení výroby se používá tzv. aplikované řízení obráběcího procesu. Jde o řídicí systém, který zabezpečuje v každém okamžiku automatickou volbu rezných podmínek.“ [2]

Použití valivých prvků ve vedení nebo obložení kluzného vedení umělou hmotou (tzv. Turcit) nebo hydrostatické vedení se u strojů dosáhne vyšší odolnosti vůči opotřebení. [2]

Charakteristickým znakem CNC strojů je zásobník s automatickou výměnou nástrojů. Je umístěn na stroji nebo mimo stroj. K zajištění možnosti obrábět součást z více stran na jedno upnutí bývá součástí strojů i otočný a naklápěcí stůl nebo vřetenová hlava s nástrojem. [2]

1.2 Rozdělení CNC strojů:

Je mnoho možností jak rozdělit CNC obráběcí stroje. Jedna z nich je uvedena v knize Konstrukce CNC obráběcích strojů (Obr.1.1).



Obr. 1.1 Rozdělení CNC obráběcích strojů [2]

2 AUTOMATICKÁ VÝMĚNA NÁSTROJŮ

„Skupina uzlů pro manipulaci, polohování a upnutí nástrojových jednotek v pracovním vřetenu obráběcího centra plní v podstatě úkol automatické výměny nástrojů, které patří k nezbytné vlastnosti CNC strojů. Je tvořena širokým sortimentem konstrukčních řešení pro možnosti volby optimální sklady při daných podmínkách využití.“ [2]

Výměna nástroje je vedlejší čas práce stroje. Tento čas je potřeba maximálně zkrátit. Čím je čas výměny kratší, tím je zvyšována produktivita obráběcího stroje. U automatické výměny nástroje je důležité správné upnutí a nastavení nástroje do pracovní polohy.

Na konstrukční provedení jednotlivých uzlů a prvků pro automatickou výměnu nástrojů jsou kladeny specifické požadavky: [2]

- minimální čas cyklu změny nástroje, který spadá do skupiny vedlejších časů,
- vysoká funkční spolehlivost s ohledem na četnost výměny a vysokou cenu stroje,
- optimální kapacita zásobníků pro danou oblast využití,
- prostorové uspořádání,
- eliminace nepříznivého vlivu na pracovní prostor stroje,
- odolnost proti znečištění (třísky, prach),
- zvýšená přesnost ustavení polohy nástroje v místě výměny (platí zejména pro modernější nástrojové soustavy).

Mechanismy náhonu výměníků se používají elektrické, hydraulické, kombinované a mechanické zejména pružinové.

V zásobnících jsou nástroje kódovány. Aby bylo možné v programu vyvolávat nástroje (sled nástrojů v obráběcím procesu) je zapotřebí aby nástroje nebo místo v zásobníku mělo svůj kód. Kódování je rozděleno do dvou skupin.

Pevné kódování: (kódování místa v zásobníku):

Tento typ kódování je levnější a zároveň méně vhodný typ nositele kódu. Nositel kódu je nástrojové místo v zásobníku nástrojů. Při vrácení nástroje do zásobníku musí být nástroj vložen do toho samého nástrojového místa. [13]

Variabilní kódování: (kódování nástroje):

Variabilní kódování je kódování nástroje, nositelem kódu je nástroj. Na nástroji je umístěn kód (mechanicky nebo tzv. bezkontaktně). Nástroj může být vložen na jakékoliv volné místo v zásobníku a při jeho vyvolání nedojde k záměně, protože program hledá nástroj a ne místo v zásobníku. [13]

Systemy variabilního kódování nástrojů mohou být bezkontaktní (pomocí čipů nebo čárové kódy) nebo mechanické – dotykové (pomocí kroužků to je binární kódování nebo pětistopá děrovaná páska)

Historie: [24]

- V 80. letech začaly být stroje vybavovány zásobníky nástrojů.
- V 90. letech minulého století byly aplikovány velkokapacitní zásobníky s mezioperační dopravou nástrojů.

2.1 Rozdělení zásobníků

Systemy automatické výměny rozdělujeme na:

- systémy s nosnými zásobníky,
- systémy se skladovacími zásobníky,
- kombinované systémy.

2.1.1 Systémy s nosnými zásobníky

Tento systém má menší počet nástrojových míst. Zásobník (revolverová hlava) je umístěn přímo na stroji. Nástroj je pevně umístěn na zásobníku, který musí přenášet řezné síly při obrábění. Zásobník s nástrojem koná vedlejší pohyb. Na revolverových hlavách mohou být umístěny i poháněné nástroje (jsou schopny vrtat otvor mimo osu vřetene i dělat jednoduší frézovací operace).

Používají se hlavně u soustruhů. Osu otáčení mohou mít vodorovnou i svislou. Revolverová hlava je tvořena „n-bokým“ hranolem. Na boku hranolu je umístěn nástroj. Revolverová hlava, může mít například 24 nástrojů z toho může být 18 rotačních. Natočením hlavy do požadované polohy je zapojen do řezného procesu potřebný nástroj. [4]

Hlavními přednostmi systémů automatické výměny nástrojů s nosnými zásobníky je to, že odpadají složité manipulátory a dopravníky nástrojů. Také čas výměny je vzhledem k jednoduchosti konstrukce velmi krátký. Nástroje bývají na hlavě seskupeny podle toho, jak jdou jednotlivé operace po sobě. Celý systém této výměny nástrojů je celkem malý a nezvětšuje tedy půdorysnou plochu stroje. [4]

V dnešní době se čím dále častěji vyskytují CNC soustruhy s dvěma revolverovými hlavami, které jsou schopny nezávisle na sobě obrábět.

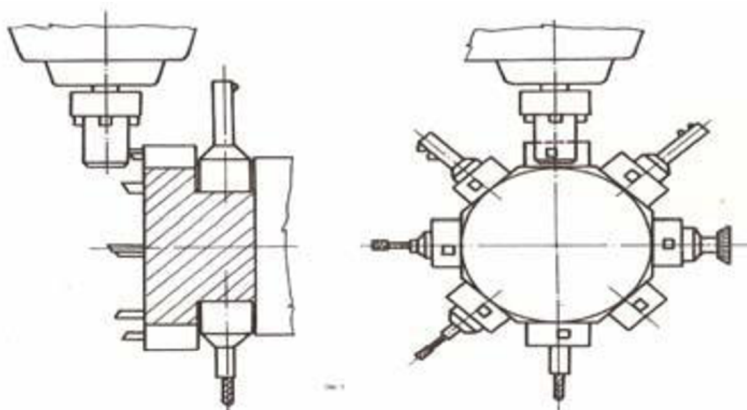
System s nosnými zásobníky je rozdělen do základních tří skupin:

System s otočnou hlavou

Nástroj je pevně upnut k hlavě a vykonává vedlejší pohyb. Hlavní pohyb vykonává obrobek. Typickým představiteli jsou nožové a revolverové hlavy (Obr. 2.1).

Rozdělení podle polohy osy hlavy: [26]

- S osu rovnoběžnou s příčnými saněmi suportu pohybujícím se podélně;
- S osu rovnoběžnou s příčnými saněmi suportu pohybujícím se příčně;
- S osou kolmou k příčným saním suportu;
- Osou k příčným saním šikmou

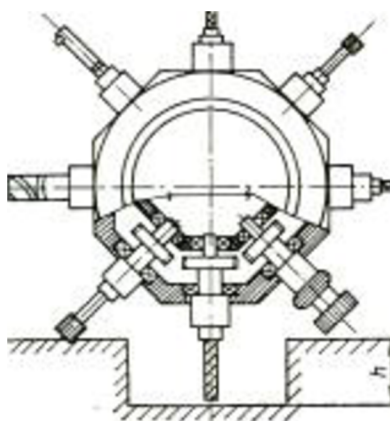


Obr. 2.1 Nožová revolverová hlava [26]

Systemy s výměnou vřeteně nebo vřeteníků s nástroji

V podstatě se používají tři výměny vřeten: [26]

- Pomocí vřetenové revolverové hlavy;
- Výměnou pomocí vřeten rozmístěných v kruhu (vřetenové bubny);
- Výměnou pomocí vřeten rozmístěných lineárně;



Obr. 2.2 Vřetenová revolverová hlava [26]

2.1.2 Systémy se skladovacími zásobníky

Skladovací zásobníky slouží k uskladnění nástrojů. Nepřenášejí řezné síly. Zásobníky nástrojů slouží pro bezpečné uložení nástrojů. Přímo zásobník nebo mechanické rameno zajišťuje dopravu nástroje do polohy pro výměnu.

Rozeznáváme následující typy výměn u skladovacích zásobníků: [2]

- přímá (Pick-Up),
- zásobník – výměník – vřeteno,
- pásobník – manipulátor – výměník – vřeteno,
- výměna vřetenové hlavy.

Podrobněji popsáno v kapitole 2.3.2

Malokapacitní zásobníky:

Zásobník hvězdicový (diskový)

„Je charakterizován tím, že osa nástroje je kolmá nebo šikmá k ose otáčení zásobníku.“ [2] Výměna nástroje u tohoto systému je rychlá, podle posuvové rychlosti stroje, ale jen za předpokladu, že se zásobník nástrojů pootáčí jen o několik roztečí, jinak dochází k časové prodlevě při výměně nástroje. [2]

Nevýhodou je malá nástrojová kapacita (20 až 50 nástrojů). Další nevýhodou je, že při zvyšování počtu míst pro nástroje se zvětšuje zabraná plocha zásobníku (čím více nástrojů tím větší průměr zásobníku). [2]



Obr. 2.3 Hvězdicový zásobník s výměnou nástroje Pick-Up [2]

Zásobník kruhový (bubnový)

U tohoto typu zásobníku je osa nástroje v zásobníku rovnoběžná nebo kolmá s osou vřetene. „Pro usnadnění výměny nástroje jsou někdy úložné drážky (kapsy) pro nástrojové jednotky řešeny jako vyklápěcí o úhel $\alpha = 90^\circ$, jestli zásobník nemá „vyklápěcí drážku, musí být doplněn přípravnou polohou pro výměnu.“ [2] Pro zkrácení výrobního času mohou být tyto zásobníky konstruovány jako palety, která se při změně programu automaticky vymění.

Dochází k výměně nástrojových jednotek pro výrobu jiné součástky nebo pro pokračování v obrábění součástky (nedostatečná velikost zásobníku). Zásobník s tzv. Pick-up výměnou mají kapacitu kolem 20 nástrojů. Výměna nástroje v zásobníku pomocí ramenového výměníku 30 až 40 nástrojů. [2]



Obr. 2.3 Bubnový zásobník s ramenovým výměníkem [20]

Středně kapacitní zásobníky

Zásobník řetězové

Tyto zásobníky jsou velmi často používané. Zásobníky obsahují více jak 40, někdy až 100 ks nástrojových jednotek. Výhodou řetězových zásobníků je velmi dobré využití prostoru stroje. Zásobník lze přizpůsobit prostorovým podmínkám stroje. Nástroje jsou uloženy v kapsách, které jsou pevné nebo naklápěcí. Záleží na poloze zásobníku.[2]

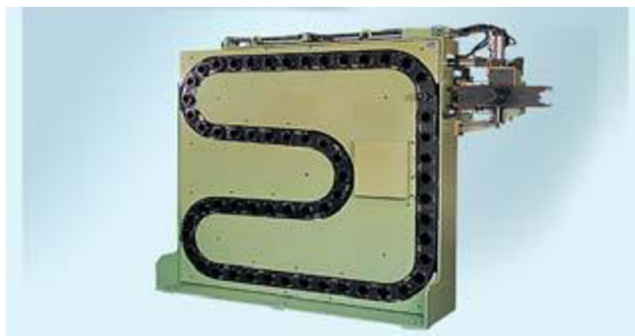


Obr. 2.4 Řetězový zásobník [20]

Velkokapacitní zásobníky

Jsou řešeny jako plošné zásobníky s plným využitím plochy zásobníku. Tím se docílí vysoká kapacita při relativně malých rozměrech zásobníků. Důsledkem je poměrně složitější manipulační cyklus mezi polohou pro výměnu a úložným místem v zásobníku.

U těchto zásobníků je možnost připojit odbočovací segment, který umožní prodloužení zásobníku nebo propojení více zásobníků.



Obr. 2.5 Velkokapacitní zásobník [4]

Centrální zásobníky

Mají zvýšenou kapacitu míst nástrojových jednotek. Stejně jako u velkokapacitních zásobníků využívají celou kapacitu zásobníku. Kontrolu a výměnu nástroje lze provádět v čase, když stroj pracuje, bez přerušení chodu stroje. [2]

Výměna otupeného nástroje a kontrola nástroje patří do vedlejších časů chodu stroje. Tato činnost zpomaluje výrobu. Výrobci se snaží výměnu nástroje (naostření nebo výměna břitových destiček) co nejvíce zrychlit. Proto přicházejí s možností výměny nebo kontroly nástroje při pracovním chodu stroje. „Kontrola a výměny nástrojů v zásobníku musí co nejméně narušovat pracovní provoz centra.“ [1], [2]

2.1.3 Kombinované systémy

Jsou to kombinace nosných a skladovacích zásobníků. Mají jednu a více vřetenových nebo nástrojových hlav. Například v revolverové hlavě jsou upnuty nástroje, které se používají nejčastěji při výrobě obrobku. Ve skladovacím zásobníku jsou nástroje méně používané nebo mají příliš velký rozměr pro upnutí do revolverové hlavy.

2.2 Upnutí nástroje

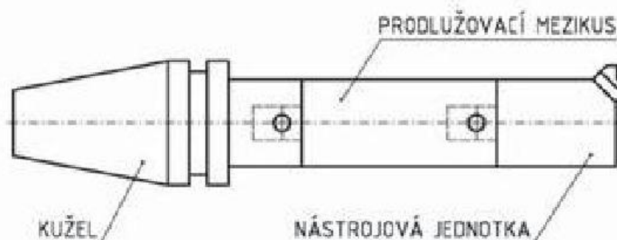
Různé druhy výrobních technologií a široký sortiment obráběných součástí kladou na nástrojové systémy velmi náročné požadavky. [2]

Mezi základní požadavky na nástrojových systémech patří: [2]

- pružnost (stacionární i rotační nástroje, centrální přívod chlazení, změna typorozměrů při zachování základního držáku),
- spolehlivý systém upnutí,
- přesnost polohy nástroje,
- rychlá vyměnitelnost,
- snadná obsluha,
- vhodný systém kódování.

2.2.1 Upnutí nástroje pro obrábění nerotačních součástí

Nástrojová soustava je tvořena stavebnicovou nástrojovou jednotkou (Obr. 2.6). Nástroj je tvořen kuželem (ISO, SK, HSK a Capto), který se upíná do dutiny vřetena. [2]



Obr. 2.6 Stavebnicová nástrojová soustava [2]

2.2.2 Upnutí nástroje pro obrábění rotačních součástí

Nástroj se upíná do revolverové hlavy. Nástrojová soustava je tvořena „válcovým držákem s ozubením na seříznuté válcové ploše.“ [2]. Tato nástrojová soustava se nazývá VDI držák (Obr. 2.7). Nástroj se upíná v ose nebo kolmo na osu držáku. [2]

„Na držák navazuje soustava prodlužovacích a redukčních mezikusů a upínacích nástrojových jednotek a po sléze sortiment řezných nástrojů.“ [2]



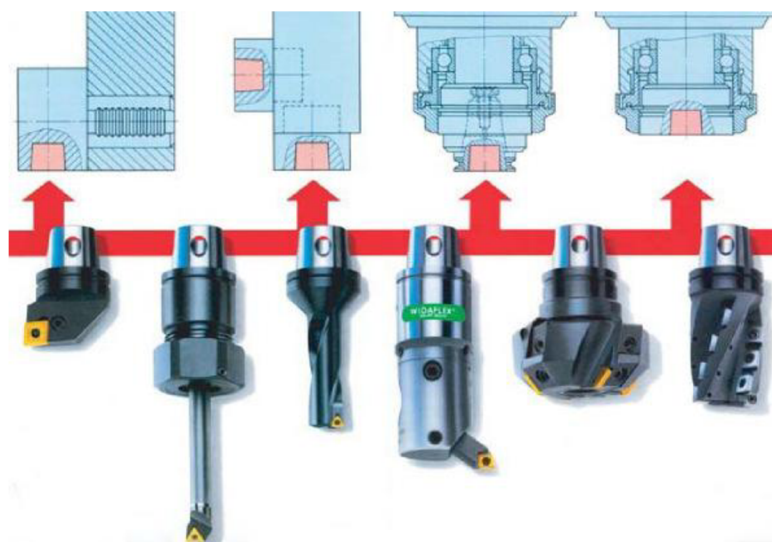
Obr. 2.7 Přestavitelný poháněný držák VDI [8]

2.2.3 Kombinované upnutí nástroje

„S rozvojem kategorie obráběcích center pro obrábění rotačních a nerotačních součástí vystupuje dále do popředí potřeba univerzálního, jednoduchého upínacího systému nástrojových jednotek s jednotnými připojovacími rozměry, vhodných pro upínání rotačních i nerotačních nástrojů do jednotných upínacích dutin pracovních vřeten, revolverových hlav, suportů různých koncepcí obráběcích center.“ [1]

Firmy Krupp Widia a Kennmetal (USA) v roce 1985 společně vyvinuly univerzální systém upínání nástrojů pro obráběcí centra s rotujícím vřetenem i soustružnické centra jak s pevnými i rotačními nástroji. Tento systém pojmenovali Widaflex (Obr. 2.8). [2]

Zakončení nástroje je kuželovou a čelní plochou. Kužel je samosvorný (stoupání 1 : 10). Styčné plochy nezvůle dosednou do kuželové dutiny. Tento systém má velmi dobrou tuhost a přesnost upnutí. [2]



Obr. 2.8 Stavebnicová soustava Widaflex (Krupp Widia) [2]

2.3 Výměna nástrojů

Při automatické výměně nástrojů samotnou výměnu provádí stroj. Podnět k výměně dá CNC program, kde je v bloku programu napsán příkaz k jeho výměně.

Pro otočení zásobníku se používají elektropohony s převodovkou. Pro vlastní manipulaci se používají hydraulické nebo pneumatické mechanismy. [2]

Nástroj na nosníkovém zásobníku je upnut přímo na revolverové hlavě např: VDI držákem, jak se popsáno v kapitole 2.2.2.

Uchycení nástrojové jednotky v zásobníku je většinou mechanické nebo se jako držák nástroje používají plastové čelisti. [2]



Obr. 2.12 Držák nástrojů v zásobníku od firmy KBH CZ [14]

2.3.1 Výměna nástrojů u revolverových hlav

Výměna nástroje u soustružnických center je velmi krátká. Revolverová hlava se pootočí na požadovaný nástroj.

2.3.2 Výměna nástrojů skladovacích zásobníků

U skladovacích zásobníků je nástroj umístěn v odděleném zásobníku. Výměna nástroje probíhá tak, že nástroj v zásobníku je buď přímo vřetenem odebrán ze zásobníku, nebo je nástroj ze zásobníku vyjmut pomocí mechanického ramene a stejným ramenem je umístěn do vřetená.

Systemy výměny nástroje ze skladových zásobníků:

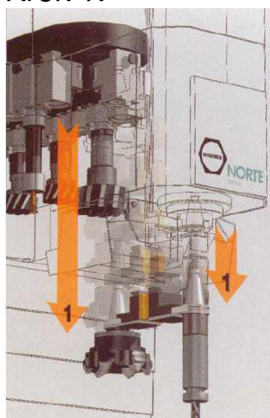
Přímá (Pick-Up):

Přímá výměna nástroje je jednoduchá a krátká. Pracovní vřeteno uloží do zásobníku starý nástroj. Zásobník se otočí do polohy nového nástroje (do osy vřetená). Nový nástroj se odepne a pomocí posuvu a upínacího mechanismu se upne do pracovního vřetená. U této systému odpadá manipulátor s nástroji a to urychlí výměnu nástroje i zjednoduší konstrukci obráběcího stroje. Obr. 2.3

Zásobník – výměník – vřeteno:

Pro tento typ výměny nástroje se převážně používají řetězové zásobníky. Výměnu nástrojů z vřetená do zásobníku (starý nástroj) a ze zásobníku do vřetená (nový nástroj) provádí rameno. Výměna nástrojů nový za starý se provádí na jedno otočení ramene (mechanická ruka). Rameno je umístěno mezi zásobníkem a pracovním vřetenem. Jeho konstrukce je většinou dvojramenná páka s úhlem 180° nebo i jiným. Pokud je nástroj pootočen o 90°, je nutné, aby se lůžko vyklápělo. Popis činnosti Obr. 2.10

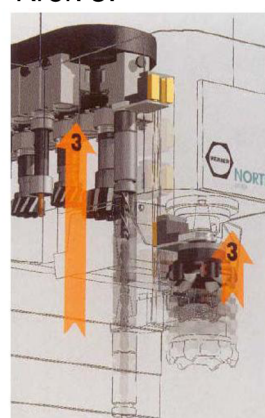
Krok 1.



Krok 2.



Krok 3.



Obr. 2.10 Automatická výměna nástrojů pomocí ramenového výměníku [13]

Popsání kroků při výměně nástroje pomocí mechanické ruky: [13]

Krok 1: Uvolnění a vyjmutí nástroje z pracovního vřetene stroje a zásobníku.

Krok 2: Záměna pozic nástrojů mezi vřetenem a zásobníkem.

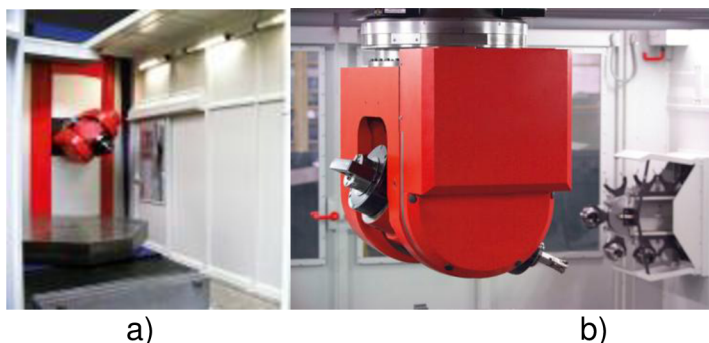
Krok 3: Upnutí nového nástroje do vřetene a uložení původního nástroje do zásobníku.

Zásobník – manipulátor – výměník – vřeteno:

Tento typ je podobný předchozímu systému výměny nástrojů. Liší se v tom že mezi zásobníkem nástrojů a výměníkem je dopravní manipulátor, který dopravuje nástroj ze zásobníku do výměníku. Manipulátorem může být i průmyslový robot, který vyjme nástroj ze zásobníku a umístí ho do výměníku, nebo přímo do vřetene stroje.

Výměna vřetenové hlavy:

Kromě výměny nástrojů může být vyměněna i vřetenová hlava. Hlavy se mění podle toho jaká technologie obrábění se používá na nástroji (Obr. 2.11)



Obr. 2.11 Výměnné vřeteno a) u horizontálního b) vertikálního obráběcího centra od firmy TRIMILL [25]

2.4 Softwarové ovládání výměny nástroje

U velké části používaných softwarů na CNC strojích se funkcí M06 realizuje výměna nástroje. Otočí se nástrojová hlava nebo ze zásobníku bude vybrán nástroj.

Nástroje jsou v programu označeny písmenem T a číslem nástroje. Za číslem nástroje je udána korekce nástroje, která je značena písmenem D a číslem. Číslo určuje řádek pro načítání korekcí z tabulky korekcí.

Příklad: M06 T07D07, program vybere nástroj potočením revolverové hlavy na polohu 7 nebo vybere nástroj ze zásobníku s kódovacím číslem 7. Přiřadí korekci odpovídajícímu řádku 7 v tabulce korekcí.

3 RUČNÍ VÝMĚNA NÁSTROJE

Tato výměna nástrojů se používá, v případech kdy je dlouhý časový interval práce nástroje. Ruční výměna nástroje může být i u strojů s automatickou výměnou nástrojů, kde nástroj je příliš velký na to aby byl umístěn v zásobníku nástrojů. V zásobníku nástrojů může být jen část nástroje. Ten bude vyvolán programem a pracovník na tu část upne nástroj.

3.1 Ruční výměna nástrojů u CNC soustruhů

Ruční výměna nástroje na soustruhu provádí pracovník tak že nůž je upnut do nožové hlavy. Nožová hlava se upne na posuvný suport soustruhu. Každý nástroj má nastavené korekce. Samotnou výměnu nástroje určuje CNC program. Když v programu bude příkaz výměny nástroje, tak program se zastaví a na pracovníkovi je vyměnit starý nůž za nový. Po výměně nástroje pracovník opět zapne CNC program.



Obr. 3.1 Rychloupínač Mulifix od firmy Kovosvit MAS [16]

3.2 Ruční výměna nástrojů u CNC fréz

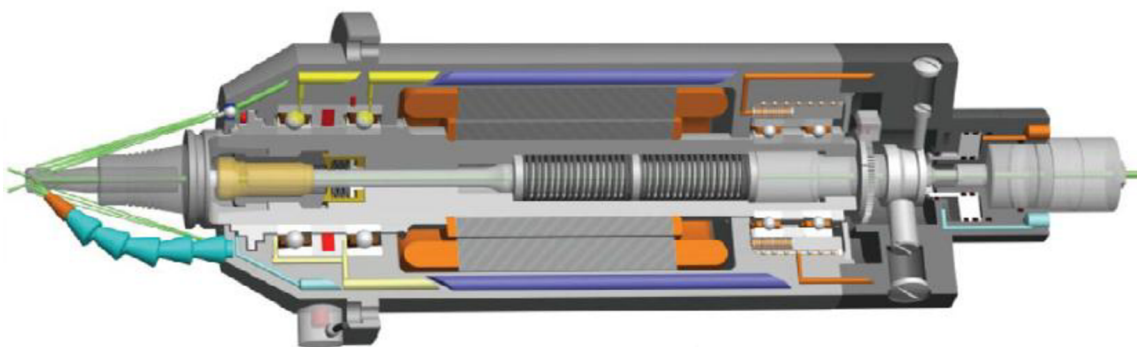
Tento typ výměny se používá i u CNC vrtaček a vyvrtávaček. Výměna nástroje pracovníkem u frézovacích strojů je v principu stejná. Rozdíl je že u fréz pracovník nástroj vkládá do pracovního vřetene stroje.

4 VŘETENA CNC STROJŮ

Vřetena zaručují obrobku (u soustruhu) nebo nástroje (u frézek, vrtaček, vyvrtávaček a brusek) přesný otáčivý pohyb. [23]

Vřeteno leží ve vřeteníku a nese uložení. Vřeteno obráběcího stroje je uloženo ve dvou radiálních a jednom nebo dvou axiálních ložiskách. Konec vřetena, který vyčnívá z vřeteníku, je upraven pro nasazení a upnutí nástroje nebo obrobku. Tato část vřetene se nazývá předení konec. Jeho ukončení závisí na typu stroje a je normalizován (bývá ukončen kuželovým otvorem 1:20 nebo 1:10 podle velikosti stroje). Ložisko bližší přednímu konci vřetena má rozhodující vliv na přesnost otáčení vřetena. Nazývá se přední nebo hlavní ložisko. [23]

Vřeteno se skládá z několika konstrukčních prvků.



Obr. 4.1 Řez elektrovřetenem [19]

4.1 Přesnost chodu vřetena

„Vřeteno představuje velmi důležitý prvek ve skladbě obráběcích strojů, a proto jsou na konstrukční provedení kladeny náročné požadavky.“ [2]

Náročné požadavky jsou tyto: [2]

Přesnost chodu - je určena velikostí tzv. radiálního a axiálního házení,

Dokonalé vedení – vřeteno nesmí měnit polohu v prostoru, mění-li jeho zatížení směr a smysl,

V uložení vřetena musí být možno vymezovat vůli vzniklou opotřebením,

Ztráty v uložení vřetena musí být co nejmenší (učenosti, 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,

Přesnost chodu vřetena se kontroluje na předním konci vřetena na té ploše, která má přímý vliv na přesnost otáčení obrobku (upínací kužel pro soustružnický hrot, plocha pro upínací desky či sklíčidla apod.) nebo nástroj.

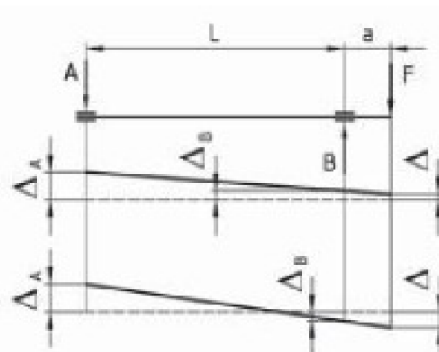
4.1.1 Radiální házení

Radikální házení je dáno: [2]

- Nepřesností otáčení vřetena, kdy osa vřetene mění během jedné otáčky svou polohu mezi dvěma krajními body; příčina je, že jedno nebo obě ložiska házejí;
- Nesouosostí plochy na vřetenu, na níž měřené, s osou otáčení;
- Neokrouhlým tvarem příslušné měřené (funkční) plochy;

Vřeteno se rozděluje na dvě části na část L (mezi ložisky) a část a (převíslý konec). [2]

„Je závislý na poměru délky vyložení a ke vzdálenosti ložisek. Je-li házení předního ložiska Δ_B a zadního Δ_A stejného směru a smyslu platí podle.“ (Obr. 4.2) [2]



Obr. 4.2 Vliv házení ložisek na přesnost chodu [1]

$$\frac{\Delta_A - \Delta}{\Delta_B - \Delta} = \frac{L + a}{a} \quad (4.1)$$

Kde: Δ_A ... házení zadního ložiska [mm],
 Δ_B ... házení předního ložiska [mm],
 L ... vzdálenost mezi ložisky [mm],
 Δ ... celkové házení [mm],
 a ... převíslý konec vřetene [mm],

Ze vztahu 4.1 vyplývá: [2]

$$\Delta = \frac{\Delta_B \cdot (a + L) - \Delta_A \cdot a}{L} = \Delta_B + \frac{a}{L} \cdot (\Delta_B - \Delta_A) \quad (4.2)$$

Bude-li $\Delta = 0$, tak vřeteno na volném konci nebude házet. Tento stav praxi není možný. Pro volbu a montáž uložení vřeten obráběcích strojů je třeba, aby bylo přední (hlavní) ložisko přesnější než zadní ložisko. To znamená, že přední ložisko má menší házení než zadní. Montáž ložisek musí být taková, aby jejich házení mělo stejný smysl v jedné rovině. Na přední

ložiska se používají valivá ložiska se zvýšenou přesností chodu. Na zadní se používá ložisko běžné přesnosti. Jestliže v jedné rovině bude mít házení ložisek opačný směr, tak na předním konci bude házení větší, podle vztahu 4.3 [2]

$$\Delta = \Delta_B + \frac{a}{L} \cdot (\Delta_B + \Delta_A) \quad (4.3)$$

4.1.2 Axiální házení

Je měřeno na čelní ploše vřetene. Způsobuje ho axiální házení ložisek nebo nedokonalost kolmosti čelní plochy k ose otáčení. Axiálně házet může příruba nebo upínací deska. Tohle házení můžeme částečně odstranit. Jestliže se obrobí příslušná plocha na smontovaném stroji. [2]

4.1.3 Tuhost vřetena

„Tuhost vřetena má značný vliv na přesnost práce i na dynamickou stabilitu obráběcího stroje.“ [2] Nejčastěji se jeho tuhost uvádí na předním konci vřetene. Na předním konci se upíná nástroj nebo obrobek. Deformace má v tomto místě přímý vliv na jakost práce. [2]

Celková deformace vřetena je daná součtem dílčích deformací vřetene, ložisek a skříně. Jednotlivé složky deformace lze matematikou vyjádřit: (Obr. 4.3) [2]



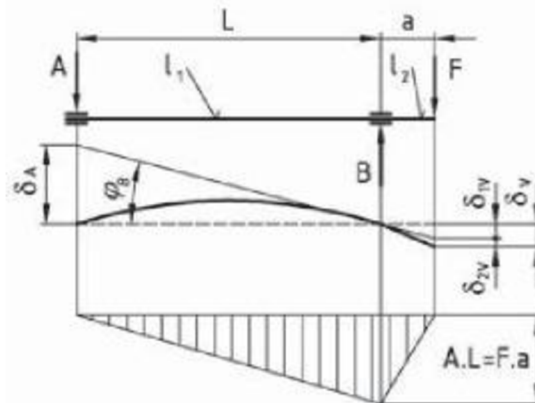
Obr. 4.3 Deformace vřetena – vliv tuhosti, ložisek, skříně [1]

Vztah celkové deformace vřetene: [2]

$$\delta = \delta_v + \delta_L + \delta_s \quad (4.4)$$

Kde: δ ... celková deformace vřetene [mm],
 δ_v ... deformace vřetena [mm],
 δ_L ... deformace ložisek [mm],
 δ_s ... deformace skříně [mm],

„Velikost dílčí deformace vřetena δ_v můžeme definovat (za předpokladů dokonalého tuhosti ložisek)“ [3] dle (Obr. 4.3).



Obr. 4.4 Vliv podjatosti vřetena [1]

Vztah deformace vřetene: [2]

$$\delta_v = \delta_{1v} + \delta_{2v} \quad (4.5)$$

Kde: δ_v ... deformace vřetene [mm],

δ_{1v} ... deformace vřetena [mm],

δ_{2v} ... deformace ložisek [mm],

Z deformace vřetene vyplývá, že se zmenšuje se zmenšující se vzdáleností ložisek L. Na rozdíl od deformace ložisek kde zmenšující se vzdálenost ložisek L deformaci zvětšuje. Určení vzdálenosti L je individuální dle typu a způsobu uložení. [2]

4.2 Rozdělení vřeten

Vřetena lze podle konstrukce rozdělit podle polohy vřetene ve stroji a podle náhonu vřetene. Parametry vřeten se liší podle technologie procesu, kterým bude vřeteno vystaveno. Velký rozdíl je, jestli bude použito v CNC soustruhu nebo fréze.

Rozdělení vřeten podle technologií, pro která jsou určena:

- soustružení,
- frézování,
- broušení,
- vrtání,
- vyvrtávání,
- univerzální.



Obr. 4.5 Modifikace vřetene [2]

4.2.1 Rozdělení vřeten podle polohy

Podle polohy vřetene se dělí na vertikální a horizontální vřetena a vřetenové naklápěcí hlavy.

Vertikální vřeteno

Tento typ vřetene se nejčastěji používá u CNC frézek. Stroj se pak nazývá podle uložení vřetene Vertikální obráběcí centrum.

U vertikálních obráběcích center se používá výsuvná konstrukce vřeten. Vřeteno sjíždí kolmo ke stolu stroje. (Obr. 4.6)

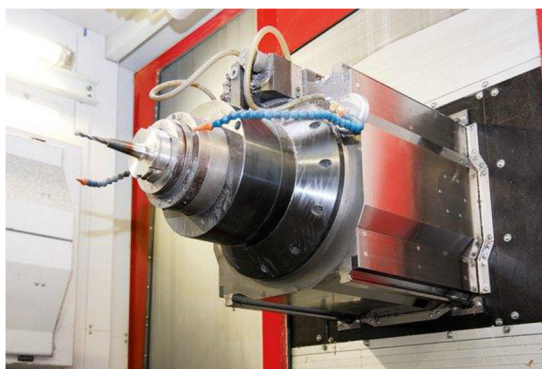


Obr. 4.6 Vertikální vřeteno stroje FASTER od firmy Sahos [9]

Horizontální vřeteno

Tento typ vřetene se používá jak u CNC soustruhů a frézek, tak i u CNC brusek. Frézovací stroj pak nazýváme Horizontální obráběcí centrum.

Servomotor a převodovka u soustruhů jsou umístěny mimo vřeteník. Na předním konci vřetene je umístěno sklíčidlo, upínací deska, hrot na středění obrobku nebo upínací kleštiny, které lze odejmout. „Úkolem vřetena je dát obrobku přesný otáčivý pohyb. Vřeteno je uloženo v přední a zadní části tak, aby přenášelo radiální a axiální síly. Uložení vřetena v předním ložisku má rozhodující vliv na přesnost jeho otáčivého pohybu.“ [2] Soustruh nemusí mít jen jedno vřeteno. Jsou vyráběny i stroje se dvěma vřeteny, příklad je toho firma Kovosvit MAS stroj SP 180/ 280 SY. [2]



Obr. 4.7 Horizontální vřeteno stroje Trimill HC 1212 [25]

Vřetenové naklápěcí hlavy

Naklápěcí hlavy jsou používány u frézek, kde není možnost naklápět stůl. Jejich použití umožňuje pohyb ve více osách. Vřetenová hlava může být automaticky vyměněna podle potřebné technologie obrábění. Konstrukce vřeten má menší tuhost, proto se používá při dokončovacích operacích a odběru malého průřezu třísky. K pohonu vřetene se používají ozubené převody, ale v současné době se převážně používají integrované motory.



Obr. 4.8 Vřetenová hlava od firmy Trimill [25]

4.2.2 Rozdělení vřeten podle náhonu

Vřeteno je spojeno s náhonovým servomotorem. Náhon vřetene můžeme rozdělit na přímý náhon, vložený převod nebo elektrovřeteno.

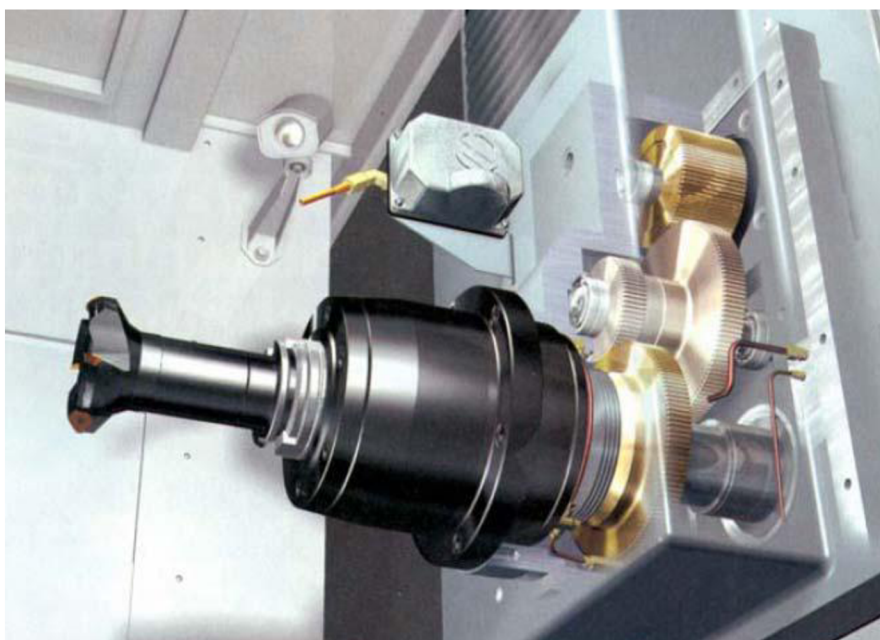
Přímý náhon

Používá se především u vysokorychlostního obrábění. Vřeteno je spojeno spojkou, a nebo se spojením elektrovřetena nebo servopohonu s vřetenem. Motor je umístěn mimo vřeteno. U přímého náhonu se nepoužívá spojka, otáčky jsou stejné jak u motoru taky i u vřetene. Vzhledem k tomu že je motor umístěn mimo vřeteno tak se vřeteno nemusí intenzivně chladit. [2]

Vložený převod

Vložené převody bývají řemenové nebo s ozubenými koly (Obr. 4.9) a převodovkou. Pro vložený náhon se používá ozubený řemen. Bývá využíván k přenosu velkých výkonů. Pro brusky se používá plochý řemen, protože není zdrojem vibrace. [2], [3]

Náhon ozubených kol má výhodu v snadno změnitelném převodovém poměru a snadné změně otáček. Nevýhoda je, že mezi ozubenými koly dochází ke tření a tím vzniká teplo, které ovlivňuje přesnost. [2]



Obr. 4.9 Náhon vřetena ozubenými koly od firmy Haas [19]

Elektrovřeteno

„Elektrovřeteno (Obr. 4.10) je tvořeno rotorem, který se lisuje na vřeteno.“ [3] Pohon je asynchronní či synchronní motor. Přímé spojení pohonu a vřetene umožňuje velmi přesné obrábění při vysokých otáčkách. Elektrovřetena se používají jak u frézek tak i soustruhu. [2]



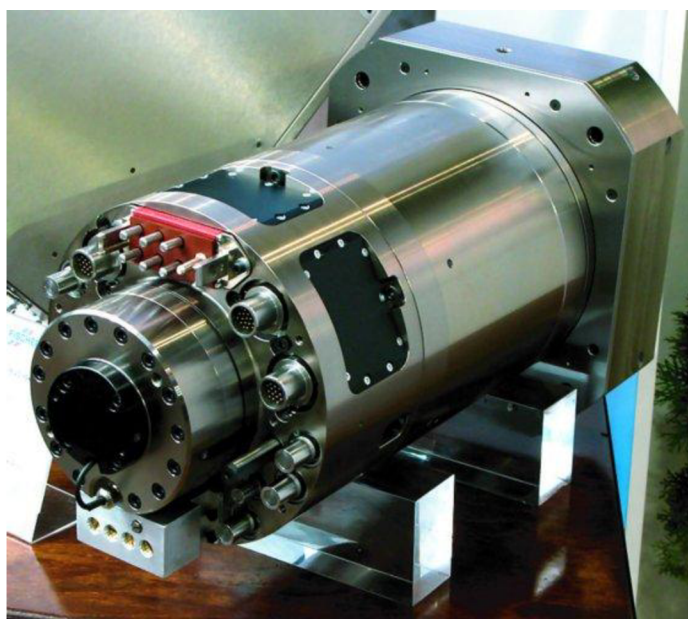
Obr. 4.10 Elektrovřeteno od firmy Franz Kessler [10]

4.3 Komponenty vřetene

Vřeteno je uloženo ve vřeteníku. Aby vřeteno bylo správně uloženo musí se zvolit správný způsob zástavby vřetene, typ ložiska, způsob mazání ložisek a utěsnění vřetene. Velmi důležitou funkci z technologického hlediska je způsob upnutí nástroje ve vřetenu.

4.3.1 Způsob zástavby vřetene

I přes rozličné konstrukční varianty existují dva základní způsoby zástavby vřetene do nosné struktury (vřeteníku) stroje. První z nich je zástavba do tělesa skříňového tvaru. Pokud bude vřeteno zastavěno do tělesa rotačního tvaru, hovoříme o tzv. tubusu (Obr. 4.11). [2]



Obr. 4.11 Uložené vřeteno v tubusu [15]

4.3.2 Typ ložisek

„Úkolem ložisek je radiální a axiální uložení vřetena a zachycení sil na vřeteno působících.“ [1] Vřeteno je ukládáno převážně ve valivých ložiscích. Jen malé procento je ukládáno do rotačních hydrostatických ložisek. Vřeteno je ukládáno do dvou radiálních a v jednom nebo dvou axiálních ložiscích. [2]

Na vlastnosti ložisek vřeten obráběcích strojů klademe tyto požadavky: [12]

- přesnost: ložisko nesmí házet,
- co největší tuhost,
- malé opotřebení,
- klidný chod,
- možnost vymezení vůle,
- jednoduchá údržba a spolehlivost.

Pro valivé uložení vřeten je kritickým faktorem jeho tuhost a s tím související průměr hřídele. Pokud stanovíme potřebné průměry hřídele vřetene, pak nám automaticky vychází i průměr otvoru vzhledem k různým typům valivých ložisek. [2]


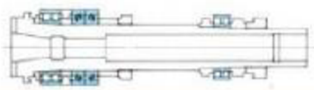
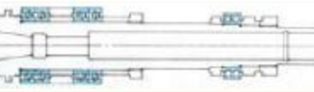

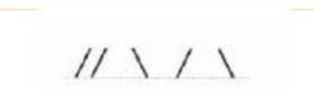




U ložisek platí, že pro malá uložení se používají kosouhlá ložiska, střední válečková a největší uložení kuželová ložiska.

Velmi důležitý je faktor otáčkový $n \cdot d_n$ kde n jsou otáčky a d_n střední průměr. [2]

Další důležitý faktor je požadavek přesnosti na uložení vřetena (výrobní přesnost ložiska). Tyto údaje udává výrobce. Na přesnost chodu ložiska má vliv způsob mazání (např. oleje nebo tukem). Při výběru uspořádání dle tabulky 4.1 je nutné zvážit: [2]

- provozní otáčky,
- požadovanou přesnost chodu,
- zatížení vřetene,
- způsob mazání,
- požadovanou tuhost.

Tab. 4.1 Uspořádání ložisek (obrázky uložení Koyo) [2]

Typ	Uspořádání ložisek	Charakteristika [%]					UŽITÍ	
		Axiální tuhost	Radiální tuhost	Otáčky	Přesnost	Radiální zatížení		
I.		100	100	100	100	100	<ul style="list-style-type: none"> • soustruhy • frézky • vrtačky • obráběcí centra 	
		66	100	118	100	100		
II.		57	85	155	160	100	<ul style="list-style-type: none"> • soustruhy • frézky • obráběcí centra 	
		81	58	155	160	110		
		81	66	180	160	100		
		60	61	230	160	85		<ul style="list-style-type: none"> • vrtačky • obráběcí centra
		21	55	360	160	50		• brusky
III.		120	120	100	90	100	<ul style="list-style-type: none"> • velké soustruhy • obráběcí centra 	
IV.		50	60	300	160	80	• obráběcí centra	

Tabulka 4.1 znázorňuje malé množství kombinací uložení ložisek. Zde jsou uspořádány do čtyř skupin: [2]

- I. uložení s dvouřadým válečkovým ložiskem,
- II. uložení v ložiskách s kosoúhlým stykem,
- III. uložení v ložiskách kuželovitých,
- IV. uložení vřeten v ložiskách s kosoúhlým stykem s průvlastkovým, motorem (elektrovřetenem).

Ložiska jsou vyráběna celocelová nebo hybridní.

Hybridní ložiska

Hybridní ložiska mají keramické elementy, které jsou z Si_3N_4 . Výhodou těchto ložisek je že, dosáhnou vyšších otáček mají menší hmotnost a díky ní i menší odstředivou sílu. Keramický materiál na rozdíl od ocelového nemá tak velkou tepelnou vodivost čímž nedochází k přenosu tepla. Keramika má menší elektrickou vodivost, není magnetická a ani nekoroduje. Nevýhodou hybridních

ložisek je jejich cena, která je vyšší než u celocelových. Používají se především u vysokorychlostních vřeten. [2]

Hybridní ložiska se neustále vyvíjí, může za to neustálé zvyšování otáček vřetene. [2]

4.3.3 Utěsnění vřetena

Těsnění vřetena musí chránit vnější část vřetena před vniknutím nečistot do vřetene, ale i do unikátních provozních maziva z vřetene. V obou případech dochází k zmenšení efektivity práce vřetene. Utěsnění vřetene bývá dotykové nebo bezdotykové. [2]

Dotykové těsnění

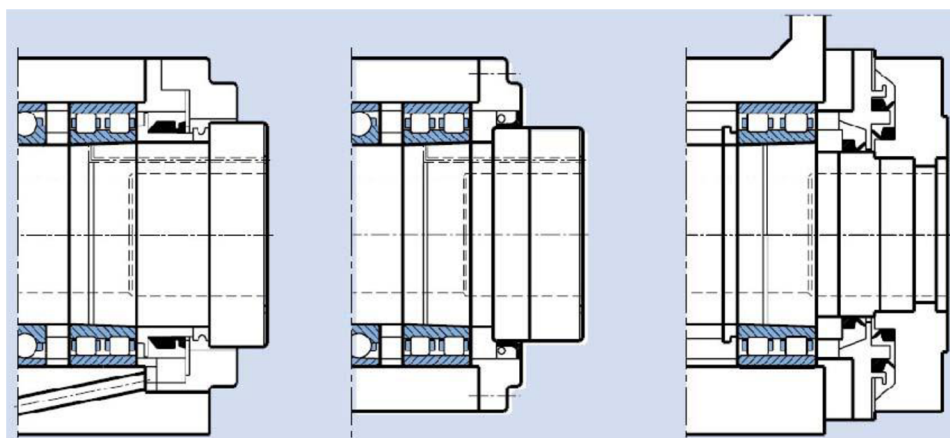
Těsnění je v přímém kontaktu s vřetenem. Při kontaktu těsnění a hřídele vřetene dochází ke tření, při němž vzniká teplo. Teplo snižuje přesnost vřetene. Dotykové těsnění používáme při malých otáčkách vřetene.

Tento druh těsnění je vhodné používat pokud součinitel je: [2]

$$n \cdot d_n \leq 200000 \quad (4.6)$$

Kde: n ... otáčky ložiska [min^{-1}],
 d_n ... střední průměr ložiska [mm],

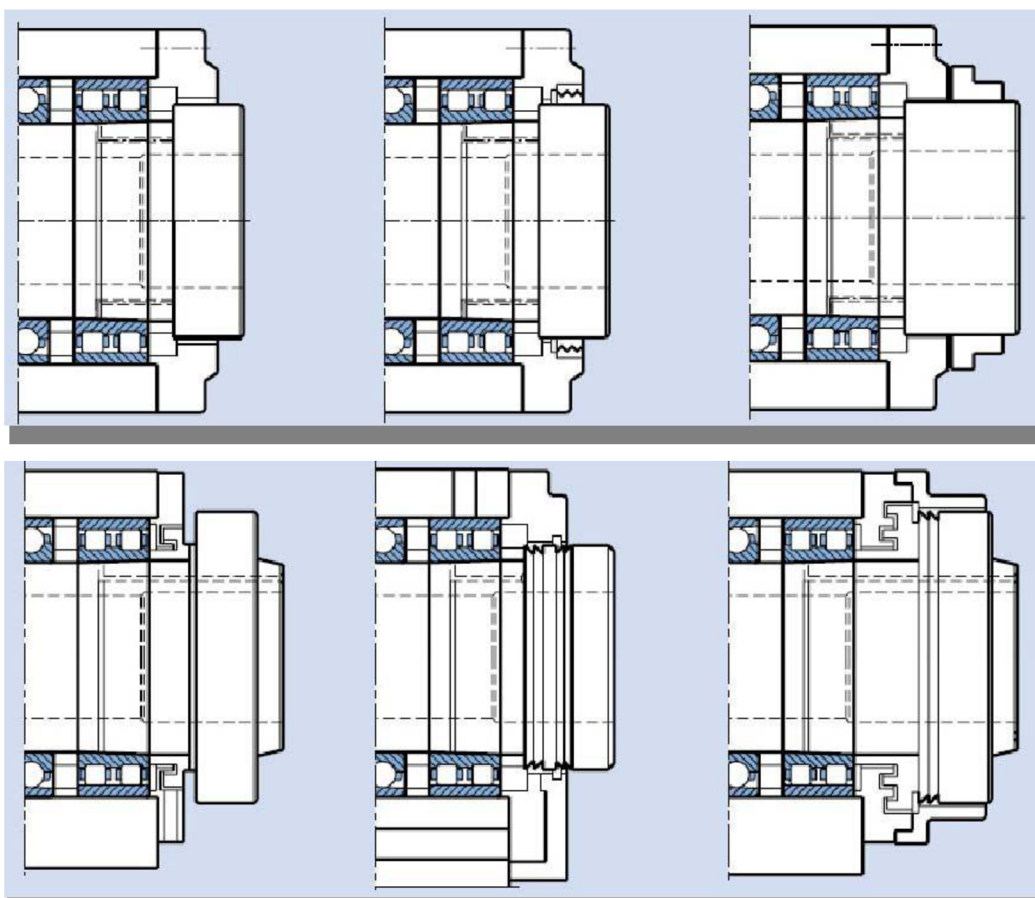
Těsní se V-kroužky, guferem nebo speciálním těsněním.



Obr. 4.12 Příklady dotykového těsnění [2]

Bezdotykové těsnění

Výhodou je, že při bezdotykovém těsnění nevzniká teplo. „Pokud použijeme jako těsnění přetlakový vzduch, je zajištěno, že nedojde ke vniknutí rezné kapaliny do některého ložiska. Nevýhodou je pracnější a dražší výroba.



Obr. 4.13 Příklady bezdotykového těsnění [3]

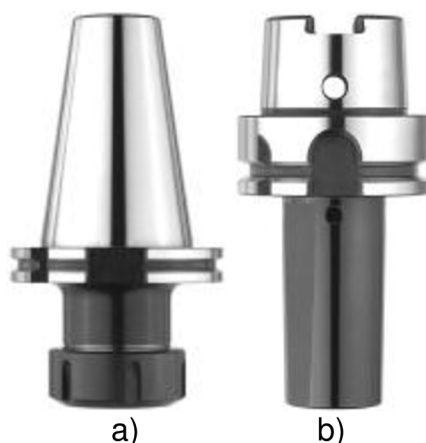
4.4 Typ upínacího kužele

Ukončení vřetene je normalizováno. Na konci vřetene je normalizovaný kuželovitý otvor, do kterého upínáme nástroje nebo zařízení pro upnutí obrobku, nejčastěji sklíčidlo u soustruhů. Kuželový otvor je totožný s osou otáčení vřetene v rozhraní tolerance.

Výměna nástroje musí být co nejrychlejší a nejpresnější. Vřeteno přenáší kroutící moment na nástroj. Nástroj je upnut v nástrojovém držáku. Držák je pak upnut do kuželového otvoru ve vřetenu.

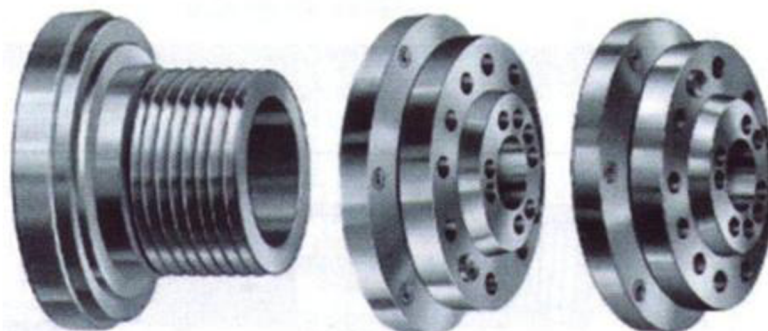
Podle dutiny vřetena, která je umístěna na pracovní straně, užíváme následující nástrojové držáky: [2]

- kuželovou stopku ISO,
- kuželovou stopku HSK,
- válcovou stopku,
- Sandvik Coromant Capto,
- BIG Plus.



Obr. 4.14 Držáky nástrojů a) ISO b) HSK [11]

Označení čela vřetene u soustruhů a hrotových brusek ISO 702/I a DIN 5026 (kužely A) dle (obr. 4.14). [2]



Obr. 4.15 Příklad normalizovaných vnějších zakončení vřeten firmy Röhmi [2]

Nejpoužívanější typy kužele jsou popsány v následujících podkapitolách. Ke každému typu kužele patří i správný typ držáku nástroje. Každé zakončení vřetene (kuželovitý otvor) má různé vlastnosti např. přesnost uložení, otáčky vřetene Tab. 4.2.

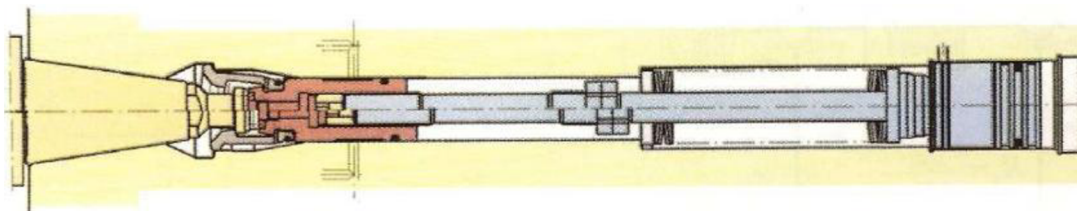
Tab. 4.2 Otáčky vřetena v závislosti na typu kužele [2]

Typ kužele	Otáčky vřetena [min^{-1}]	Poznámka
ISO (SK)	10 000	ISO 40
	8000	ISO 50
HSK	18 000	HSK 63
	15 000	HSK 100
Coromant Capto	11 000	C6
	8000	C8
BIG Plus	11 000	BIG Plus 50

4.4.1 ISO

Systém upnutí ISO kužele má kuželovitost 7:24. Bývá označováno taky jako SK. ISO stopka nedoléhá na čelo vřetene. „Upnutí je provedeno svazkem talířových pružin přes kuličky, které vtahují nástrojový držák do dutiny vřetena přes upínací šroub, našroubovaný do zadní části nástrojového držáku.“ [3] (Obr. 4.16) [2]

Upnutí ISO se používá u běžných parametrů obrábění.

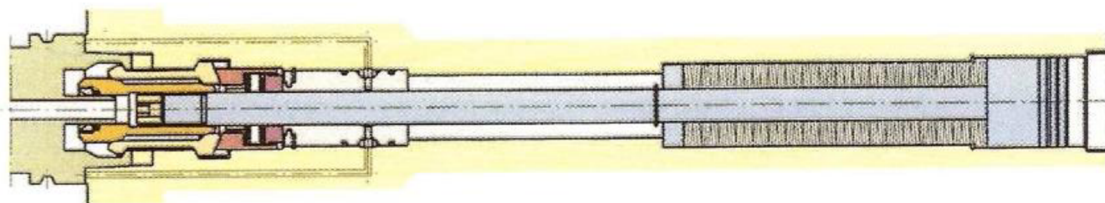


Obr. 4.16 Upínání kužele ISO [2]

4.4.2 HSK

Systém upnutí HSK kužele má kuželovitost 1:10. HSK stopka dosedá na čelo vřetene. V kleštině je upnut nástroj v držáku nástroje, jsou méně namáhané díky lepšímu umístění kleštin. Nástrojový držák je v dutině vřetene upnut „táhly a předepjatými talířovými pružinami“. [2] (Obr.4.17)

Větší tuhost a lepší vyváženost u HSK spojení umožňuje vyšší otáčky vřetene než u systému ISO.



Obr. 4.17 Upínání kužele HSK [2]

Uvolnění nástroje je u ISO a HSK stejné. K uvolnění držáku nástrojů je použito hydraulického válce za jeho pomoci jsou stlačeny talířové pružiny. Tím se uvolní držák nástroje a posléze je automaticky vyměněn. [2]

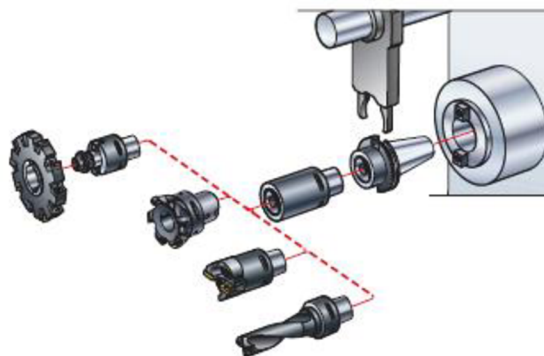
4.4.3 Coromant Capto

Systém upínání nástrojů Coromant Capto od firmy Sandvick je modulární systém pro všechny kovoobráběcí operace (soustružení, frézování, vrtání, a vyvrtávání). Profil upínacího nástrojového držáku má trojúhelníkový tvar (Obr.4.18). [5]



Obr. 4.18 Profil držáku Coromant Capto od firmy Sandvick [5]

„Coromant Capro je jediný opravdu univerzální nástrojovým systémem, který pokrývá všechny kovoobráběcí operace“ [21]. „Obráběcí centra, která pro upínání nástrojů využívají jiná rozhraní než Coromant Capro lze na tento systém snadno adaptovat použitím příslušných základních držáků“ [5].



Obr. 4.19 Systém upnutí nástroje Coromant Capro od firmy Sandvick [5].

Výhody systému Coromant Capro: [5]

- jediný sjednocený systém na stroji,
- díky tuhosti spojky Coromant Capro může být plně využit maximální výkon stroje,
- nástroje Coromant Capro mají relativně malé rozměry a hmotnost, proto je manipulace s nimi jednodušší,
- široký sortiment nástrojů optimalizovaných pro víceúčelové obrábění.

4.4.4 BIG Plus

Upínací systém BIG Plus je velmi podobný systému s ISO kuželem. Rozdíl je v tom že mezi stopkou a čelem vřetene není vůle (stopka sedí na čele). [3]

5 PŘÍKLADY STROJŮ

V této kapitole se zabývá určením vhodného stroje pro výrobu vzorové součástky. Musí se vzít na vědomí, jakou technologii obrábění se bude součástka vyrábět (soustružení, frézování, ...). Podle toho zvolíme typ stroje (soustruh, frézka ...). Dále velikost a složitost součástky. Podle ní se zvolí potřebná velikost stroje a možnosti stroje (např: 3 nebo 5 osé obrábění). V úvahu se musí brát materiál, ze kterého se bude vyrábět součástka a velikost série (počet vyrobených kusů).

Jen malá skupina součástek se dá vyrábět jen na jednom stroji. Ve většině případu je zapotřebí více strojů s různou technologií obrábění.

Výrobci strojů často nabízejí několik variant vřeten, například Kovosvit MAS je má rozdělena podle rozsahu otáček na POWER, SPEED, SPRINT a RAPID (od nejmenšího až po největší rozsah). U vřeten jsou často na výběr typy kuželu vřetene, nejčastěji ISO a HSK. V nabídce bývá i upínací systém Capto. ISO se používá při menším rozsahu otáček, HSK při většího rozsahu.

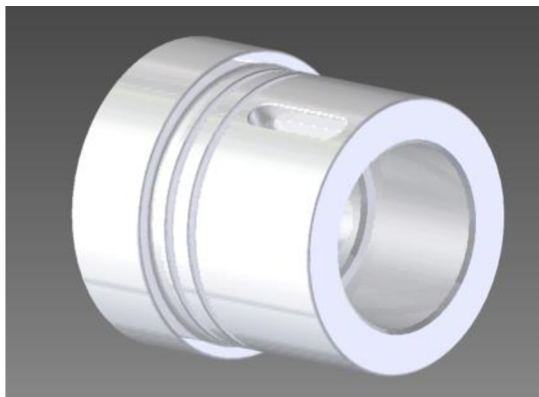
Počet nástrojů je závislý na druhu zásobníku. Většina výrobců nabízí několik možností počtu míst v zásobníku. Větší počet míst na nástroje většinou znamená zvýšení zabrané plochy stroje. Velikost zabírané plochy strojem závisí na tom, jestli je zásobník vertikální nebo horizontální. Pro menší počet nástrojů je vertikální zásobník. Zásobník bývá umístěn vedle vřetene, nebo může být umístěn tak, že vřeteno je umístěno uprostřed kruhového zásobníku. Vertikální zásobníky nemusí vždy být ve formě kruhového, ale mohou být i ve formě pásového zásobníku. Ten může být umístěn i na kraji stroje ve speciálním boxu na úrovni upínacího stolu. Tento způsob má výhodu v tom, že je velmi dobrý přístup k nástroji (z boku stroje).

U některých typů stroje je možné zvýšení počtu míst na nástroje. Tyto typy mají možnost k dosavadnímu zásobníku připojit další externí zásobník. Který ovšem zabere další místo v pracovní hale.

V dalších podkapitolách budou čtyři vzorové součástky. K nim bude vybrán stroj. Dvě součástky budou na technologii soustružení a dvě na frézování.

5.1 Soustružnická součástka hřídel

Tato vzorová součást hřídel (Obr. 5.1) je tvořena dvěma zápichy, drážkou pro peru a osazeným otvorem. Základní rozměry: \varnothing 100 x 100 mm (Příloha 1)



Obr. 5.1 Model vzorové součástky hřídel

Pro tuto součást byl zvolen stroj Gildemeister CTX beta 500 (Obr 5.2). Na tomto stroji se součástka vyrobí na jeden pracovní cyklus. CTX beta 500 má dvě pracovní vřetena a poháněný nástroj (může provádět i frézovací operace). V tomto případě vyfrézovat drážku pro pero. DMG k soustruhu nabízí podavač tyčí. Podavač tyčí má výhodu v tom, že stroj se nemusí kvůli výrobě nové součástky zastavit. Po ukončení výroby jedné součástky začne vyrábět hned další bez zásahu obsluhy. Obsluha jen kontroluje dodržení předepsaných rozměrů.



Obr. 5.2 Gildemeister CTX beta 500 [6]

Tab.5.1 Technická data stroje Gildemeister CTX beta 500 [6]

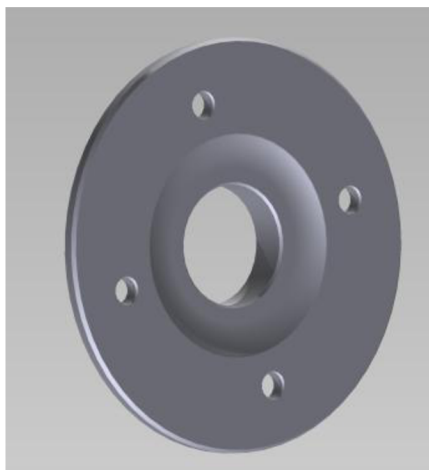
Max. otáčky hlavního vřetena	5000 min ⁻¹
Počet nástrojů	12 (16)

Ostatní technická data (Příloha 2)

Alternativa k tomuto stroji je stroj od firmy Mazak QUICK TURN NEXUS - 100MS II.

5.2 Soustružnická součást diskového tvaru

Součást diskového tvaru (Obr. 5.3) o $\varnothing 240$ mm a otvorem v ose. V disku jsou čtyři menší otvory se sraženými a rádiusem k otvoru v ose. Na zadní straně disku je deska rozšířená do $\varnothing 120$ mm. (Příloha 3)



Obr. 5.3 Model vzorové součástky disk

Pro tuto součást byl zvolen stroj Kovošvit MAS SP 280 Y (Obr. 5.3). Na tomto stroji se součástka nevyrobí na jedno upnutí. Musí se přehodit program nebo druhou část disku vyrobít na jiném stroji vybraného typu. Čtyři otvory jsou vyvrtané taky na soustruhu poháněním nástrojem.



Obr. 5.3 Kovošvit MAS SP 280 Y [17]

Tab. 5.2 Technická data stroje Kovošvit MAS SP 280 Y [17]

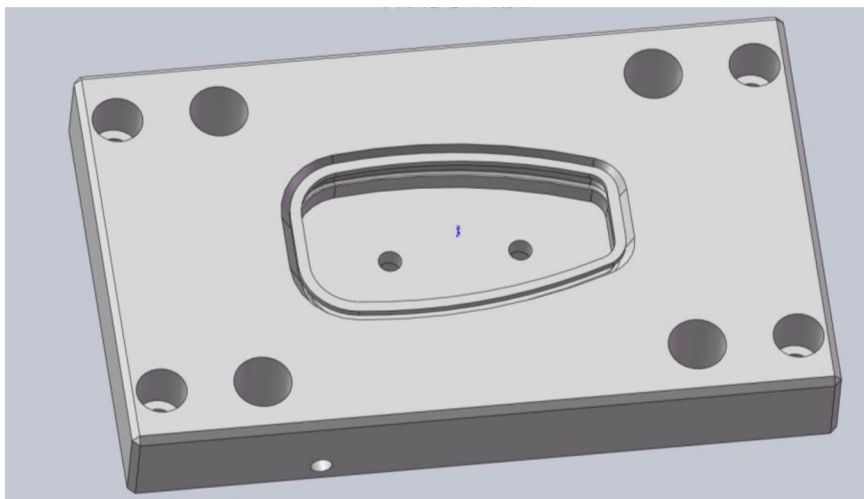
Max. otáčky hlavního vřetena	4700 min ⁻¹
Počet nástrojů	12

Ostatní technická data: (Příloha 4)

Alternativa k tomuto stroji je stroj od firmy Okuma ECO ES-L10II .

5.3 Frézovaná součástka deska formy na plasty

Tato deska je s formy na plastovou podložku zadní světla motocyklu Jawa (Obr. 5.3). V desce je 8 otvorů a tvarová plocha zadní části podložky. Základní rozměry 196 x 120 x 28 mm. (Příloha 5)



Obr. 5.3 Model vzorové součástky deska

Pro tuto součást byl zvolen stroj Kovosvit MAS MCV 754 QUICK. MCV 754 (Obr. 5.4) je vertikální 3 osé obráběcí centrum s automatickou výměnou nástroje pomocí mechanické ruky. Zásobník je bubnového typu.



Obr. 5.4 Kovosvit MAS MCV 754 QUICK [18]

Tab. 5.3 Technická data stroje Kovosvit MAS MCV 754 QUICK [18]

Max. otáčky hlavního vřetena	10000 min ⁻¹
Kuželová dutina vřetene	ISO 40
Počet míst v zásobníku	24
Upínací plocha stolu	1000 x 500 mm

Ostatní technická data (Příloha 6)

Alternativa k tomuto stroji je stroj od firmy: Mazak Vertikální centrum Smart 430A.

5.4 Frézovaná součást turbína

Vzorová součástka turbína (Obr. 5.5) má základní rozměry Ø 220 x 180 mm .



Obr. 5.5 Vzorová součást turbína [7]

Pro tuto součást byl zvolen stroj Gildemeister DMU 40 monoBLOCK (Obr. 5.6) je univerzální 5 osý frézovací stroj vhodný na výrobu složitější tvarových součástí. Má vřetenovou naklápěcí hlavu a deskový zásobník nástrojů.



Obr. 5.6 Gildemeister DMU 40 monoBLOCK [7]

Tab. 5.4 Technická data stroje Gildemeister DMU 40 monoBLOCK [7]

Max. otáčky hlavního vřetena	30 000 rpm
Kuželová dutina vřetene	SK 40
Počet míst v zásobníku	16
Upínací plocha stolu	Ø500 x 670 mm

Ostatní technická data: (Příloha 7)

Alternativa k tomuto stroji je stroj od firmy: Kovosvit MAS MCU 630V – 5X.

6 ZÁVĚR

Na CNC obráběcí stroje jsou dnes kladeny velké nároky na přesnost a rychlost výroby. Požadavky jsou co nekratší výměna nástroje a co možná nejrychlejší řezné rychlosti. Proto byla tato práce zaměřena na automatickou výměnu nástrojů, zásobníky nástrojů a vřetena CNC strojů.

Zásobníky nástrojů a vřetena jsou podstatnou součástí CNC strojů. V zásobnících jsou umístěny nástroje. Velikost zásobníku závisí na jeho typu a na typu stroje. Menší zásobníky jako jsou diskové nebo bubnové se používají u menších a středních frézovacích strojů. Jejich výhodou je menší zabraná plocha stroje, ale zároveň menší počet míst na nástroj (kolem 20 míst). U větších CNC frézek se používají řetězové zásobníky, které mají různé tvary a jsou v různých polohách (vertikální a horizontální). Výměna nástroje je v principu prováděná dvěma způsoby. Jeden je tzv. Pick-Up nástroj je přímo ze zásobníku vložen do pracovního vřetene. Druhý způsobem že nástroj je do vřetene vložen mechanickým ramenem. Doba výměny nástroje je různá podle druhu zásobníku a typu výměny nástroje.

U CNC soustruhů jsou nástroje umístěny na revolverových hlavách, kde bývá 12 až 24 míst pro nástroje. V poslední době jsou často u výrobců CNC strojů v nabídce soustruha s dvěma revolverovými hlavami což zvyšuje počet nástrojů u soustruhu. Obě hlavy jsou schopny obrábět současně. Tím se zvýší produktivita stroje. Výměny nástroje závisí na rychlosti pootočení revolverové hlavy a taky na umístění nástroje na hlavě. Nejvýhodnější je umístit nástroje na revolverovou hlavu postupně jak jdou po sobě v CNC programu.

V současné době se výrobci kvůli zefektivnění výroby snaží co nejvíce zkrátit čas výměny nástroje. Výrobci systémů výměny nástrojů stále vyvíjí rychlejší způsoby výměny nástroje, protože o každou desetinu sekundy kratší výměna nástroje přináší zrychlení a to znamená i efektivnější a levnější výrobu.

Vřetena u CNC frézek slouží k přenosu rotačního momentu na nástroj, který je umístěn v ose vřetene. U CNC soustruhů vřeteno slouží k otáčení obrobku. Konstrukce vřetene záleží na typ stroje (soustruh, frézka, bruska ...) a umístění vřetene vertikálně nebo horizontálně. Výrobci nabízejí různé druhy vřeten, většinou se liší v maximálních otáčkách, kroutícím momentu, typu upínacího kužele a dalších technických parametrech vřetene. Někteří výrobci nabízejí u jednoho typu stroje více druhů vřeten na výběr. Výběr vřetene také záleží na tom, na jaký typ obrábění bude stroj použit např. dokončování nebo hrubování. Velmi důležitou součástí vřetene pro technologa je typ kuželové dutiny vřetene. Pro menší otáčky se používá ISO kužel nebo Coromant Capto a pro vyšší otáčky HSK kužel. Volba vřetene není jen čím větší otáčky, tím rychlejší obrábění. Je to i správné nastavení řezné síly. Ohled také musíme brát na materiál součástky, posuv, nástroj a otáčky nástroje (obrobku). Na základě těchto informací pak musí vzniknout kompromis, který bude nejefektivnější pro výrobu součástky, ale zároveň bude dostatečně ohleduplný ke stroji a výdrži používaného nástroje.

Výrobci se snaží, aby pracovní čas stroje byl co nejkratší. Toho dosahují snížením času výměny nástroje v průběhu pracovního cyklu stroje, a také zlepšováním manipulace s nástrojem během seřizování. Existují i způsoby kontroly nástroje (výměny břitových destiček na nástroji) při chodu stroje a to přístupem k nástroji i jinak než přes pracovní prostor stroje.

V poslední kapitole byl k vzorové součástce vybrán vhodný stroj. V praxi, ale neurčujeme stroj k součástce, ale máme možnost vybrat vhodný stroj z nabídky strojů ve firmě, kde bude součástka vyráběna. Pokud tato firma není schopná danou součástku celou vyrobit, tak určitou operaci vyrobí jiná firma nebo součást zadáme jiné firmě, která bude schopná vyrobit součástku celou.

Stroje, které jsou v poslední kapitole vybrány pro vzorové součástky, nejsou nejlepší stroje pro tyto součástky (existují i vhodnější stroje pro výrobu vzorových součástek). Vybrané stroje dokážou součástky vyrobit. Výběr strojů podléhal možnosti uchycení součástky (rozměry vzorové součástky) a schopnosti technologicky vyrobit součástky.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BORSKÝ, Václav. *Základní stavby obráběcích strojů*. 2. vyd. Brno: VUT Brno. 1991. 214 s. ISBN 80-217-0361-6.
2. MAREK, Jiří. a kol. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. 2. vyd. MM publishing, s. r. o. 2010. 420 s. ISBN 978-80-254-7980-3.
3. NOHÁL, Libor. *Deskripce vřeten obráběcích strojů: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 48 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Blecha.
4. Štulpa, Miroslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura. 2008. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7
5. *Coromant Capto*. SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. [online]. [cit. 2011-04-20], Dostupné na Word Wide Web: <http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/Capto_2008.pdf>
6. DMG CZECH s. r. o., Brno: Kaštánková 8. *The 5th Generation: CTX series – alpha / beta / gamma*. 37 s.
7. *DMU 40 monoBLOCK*. DMG. [online]. [cit. 2011-05-06], Dostupné na Word Wide Web: <[http://cz.dmg.com/query/internet/v3/pdl.nsf/d5cce9a400a4a88bc125734c0033261d/\\$file/pm0uk09_dmumonoblock_series.pdf](http://cz.dmg.com/query/internet/v3/pdl.nsf/d5cce9a400a4a88bc125734c0033261d/$file/pm0uk09_dmumonoblock_series.pdf)>
8. DVOŘÁKA, Luděk. *Nový program poháněných nástrojů*. [online]. Červenec 2008. [cit. 2011-04-01], Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/novy-program-pohanenych-nastroju>>
9. *FASTER*. SAHOS s.r.o. [online]. [cit. 2011-04-12], Dostupné na Word Wide Web: <[http://www.sahos.cz/prezentace/faster cs.pdf](http://www.sahos.cz/prezentace/faster_cs.pdf)>
10. FRANZ KESSLER. Bad Buchau: StraÙe 2. *The products*. 25 s.
11. *Frézovací nástroje pro obrábění forem a zápusťek*. FRANKEN. [online]. [cit. 2011-04-20], Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.emugefranken.cz/soubory/13cz.pdf>>
12. HANÁČEK, Luděk a Miroslav ONDRÁČEK. *Automatická výměna nástrojů a obrobků*. [online]. Srpen 2008. [cit. 2011-03-14], Dostupné na Word Wide Web: <http://technik.ihned.cz/c4-10004030-11353200-800000_d-automaticka-vymena-nastroju-a-obrobku>
13. HAVLÍK, Radek. *Programování a řízení CNC strojů: Prezentace přednášky – 1 část*. [online]. Listopad 2005 [cit. 2010-04-20], Dostupné na Word Wide Web: <http://www.kvs.tul.cz/download/obor/pnc_1.pdf>
14. KBH.CZ. *Zásobníky nástrojů*. [online]. [cit. 2010-04-20], Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.kbhcz.cz/zasobnik-nastroju-horizontalni.html>>

15. KOLÁŘ, Petr a Jan MORAVEC. *Vřetena a jejich komponenty*. [online]. Duben 2010 [cit. 2011-04-04], Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/vretena-a-jejich-komponenty>>
16. KOVOSVIT MAS. *MASTURN 550 CNC*. [online]. [cit. 2011-03-25], Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.kovosvit.cz/cz/masturn-550-cnc/>>
17. KOVOSVIT MAS. Sezimovo Ústí: náměstí Tomáše Bati 419. *Číslicově řízené soustruhy SP 180 / SP 280*. 9 s.
18. KOVOSVIT MAS. Sezimovo Ústí: náměstí Tomáše Bati 419. *Vertikální obráběcí centrum MCV 754 / 1016 QUIC*. 9 s.
19. LÓPEZ de LACALLE a Luis NOBERTO. *Machine Tools for Hifh Performance Machining*. [online]. [cit. 2011-03-25], Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.springerlink.com/content/gg6531/?p=59dcaee9f64f4483b07c865b39786e7e&pi=0#section=133357&page=5&locus=30>>
20. MACH TRADE, s.r.o. *Horizontální obráběcí centrum QUASER – HX 504*. [online]. Listopad 2008. [cit. 2011-04-12], Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.machtrade.cz/obrabeci-stroje/horizontalni-obrabeci-centra-quaser/hx-504-50.html>>
21. MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM. *Nový katalog Cormant Capto*. [online]. [cit. 2011-04-02], Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.mmspektrum.com/novinka/novy-souhrnny-katalog-coromant-capto>>
22. *Motorsprinde für ihre HSC – Anwendungen*. IBAG. [online]. [cit. 2011-04-20], Dostupné na Word Wide Web: <http://www.ibag-hsc.de/pdf_de/Prospekte/Uebersicht_de.pdf>
23. *Obrábění*. TECHNICKÁ UMIVERZITA LIBEREC. 161s. [online]. [cit. 2011-04-23], Dostupné na Word Wide Web: <http://stare.kvs.tul.cz/download/obor/skripta_stroje/obrabeci.pdf>
24. POLZER, Aleš. *Akademie CNC obrábění (1)*. [online]. [cit. 2011-04-20], Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.techtydenik.cz/akademie.php?part=1>>.
25. TRIMILL. *Produkty*. [online]. [cit. 2011-04-20], Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.trimill.cz/cz/produkty/9-vertikalni-5-osa-centra.html>>
26. TYC, Ondřej. *Automatická výměna nástrojů na obráběcích strojích*. [online]. Srpen 2008. [cit. 2010-04-11]. Dostupné na Word Wide Web: <http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST%28SVOC%29/_2007/_sbornik/PapersPdf/Bc/Tyc_Ondrej.pdf>

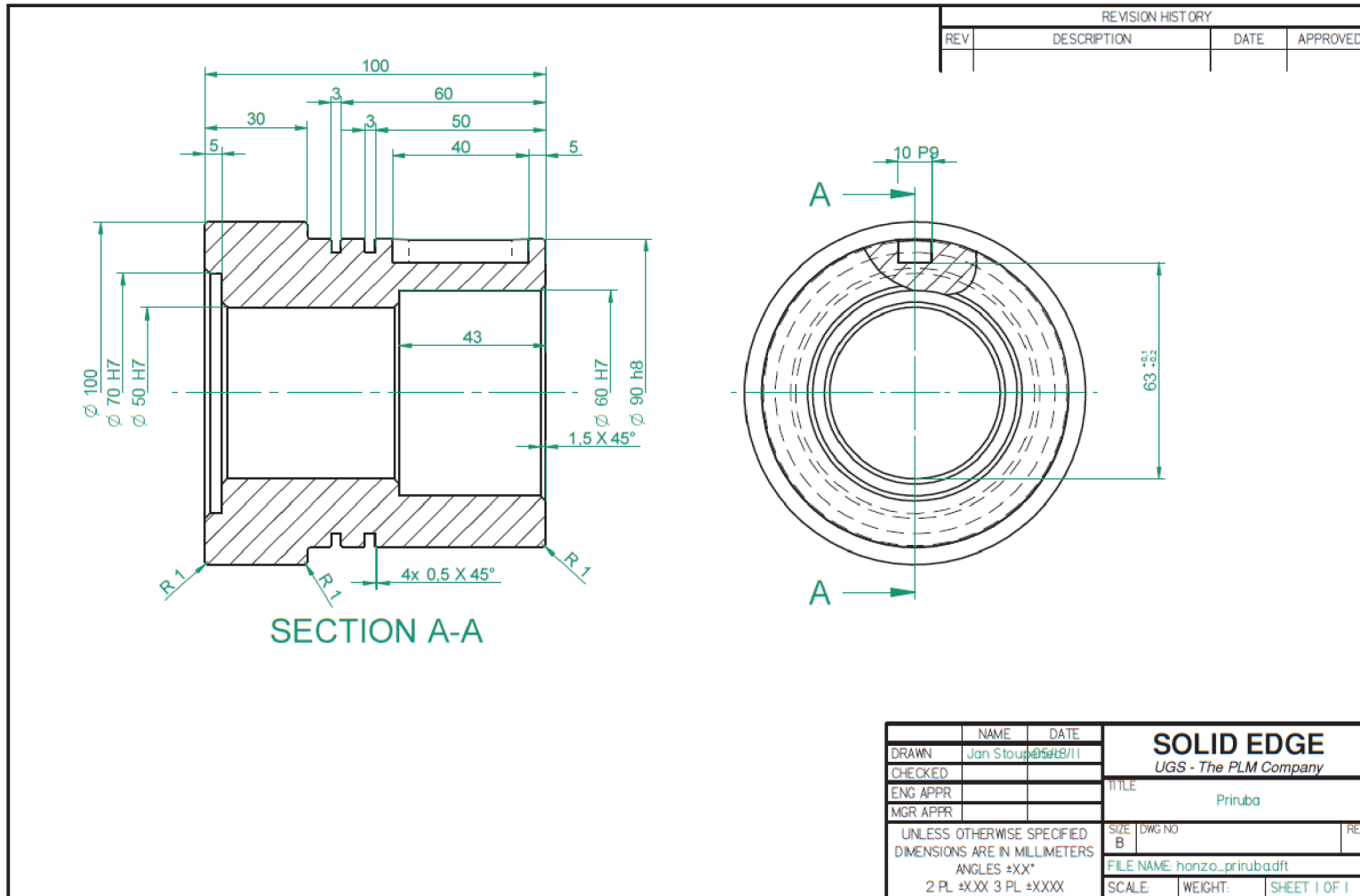
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
a	[mm]	převislý konec vřetene
d_n	[mm]	střední průměr ložiska
L	[mm]	vzdálenost mezi ložisky
n	[min ⁻¹]	otáčky vřetene
δ	[mm]	celková deformace vřetene
δ_L	[mm]	deformace ložisek
δ_S	[mm]	deformace skříně
δ_V	[mm]	deformace vřetena
δ_{IV}	[mm]	deformace vřetena
δ_{2V}	[mm]	deformace ložisek
Δ	[mm]	celkové házení
Δ_A	[mm]	házení zadního ložiska
Δ_B	[mm]	házení předního ložiska
\emptyset	[mm]	průměr

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres vzorové součástky hřídel.
Příloha 2 CNC stroj: Gildemeister CTX beta 500.
Příloha 3 Výkres vzorové součástky disk.
Příloha 4 CNC stroj: Kovosvit MAS SP 280 Y.
Příloha 5 Výkres vzorové součástky deska formy.
Příloha 6 CNC stroj: Kovosvit MAS MCV 754 QUICK.
Příloha 7 CNC stroj: Gildemeister DMU 40 monoBLOCK.

Příloha 1
Výkres součástky hřídel



Příloha 2

CNC stroj: Gildemeister CTX beta 500. [6]

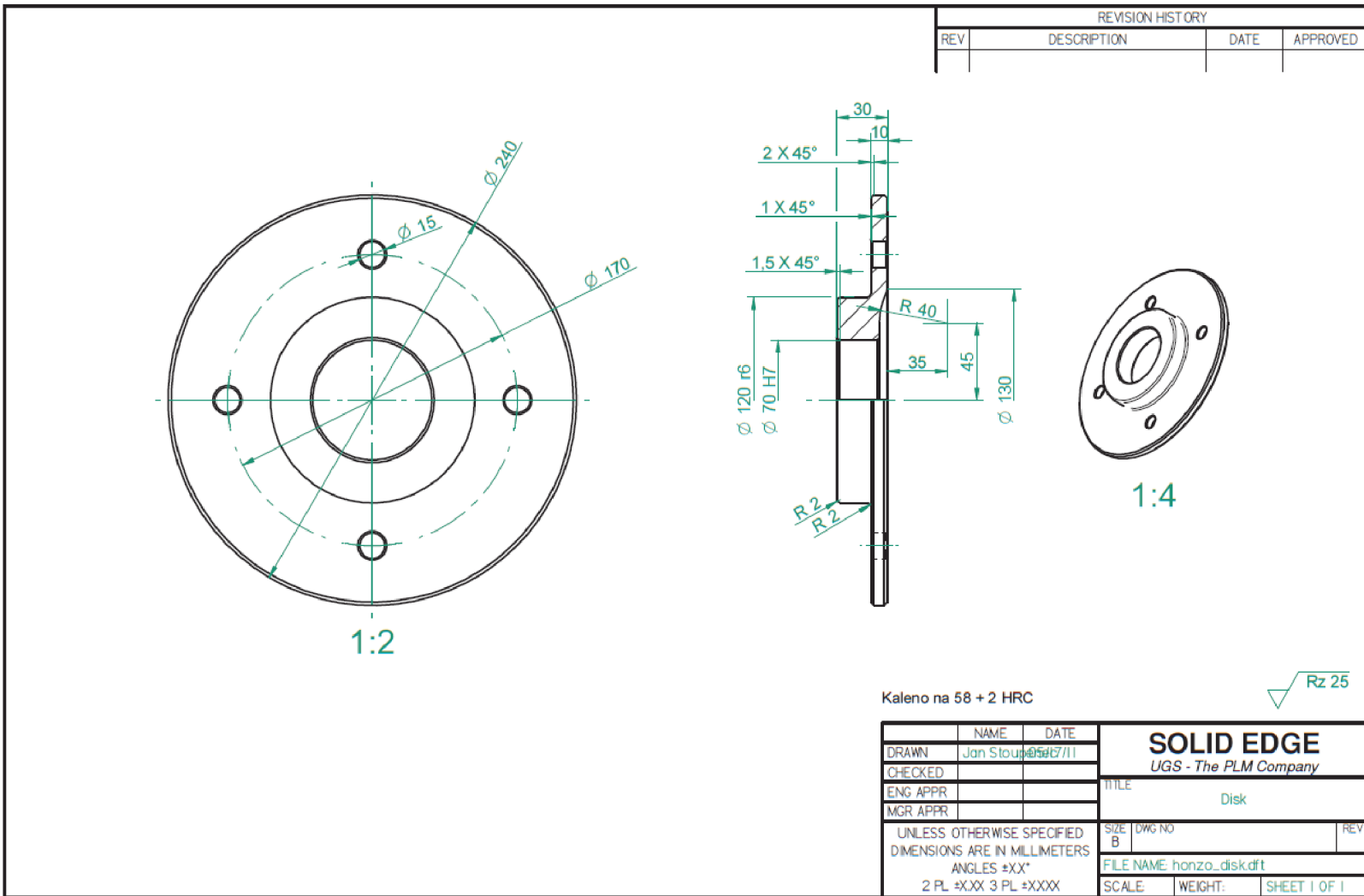


Technické data k soustruhu Gildemeister CTX beta 500

Pracovní prostor	
Max. průměr soustružení	200 mm
Max. délka soustružení	335 mm
Max průměr nad nožem	500 mm
Vřeteno	
Max. otáčky vřetena	5000 min ⁻¹
Výkon vřetena	25 kW
Zásobník nástrojů	
Počet nástrojů	12(16)
Průměr nástroje	40 (30) mm
Osy	
Rychloposuv X / Y* / Z	30 (60) / 22,5 / 30

Příloha 3

Výkres vzorové součástky disk.



Příloha 4

CNC stroj: Kovosvit MAS SP 280 Y. [17]

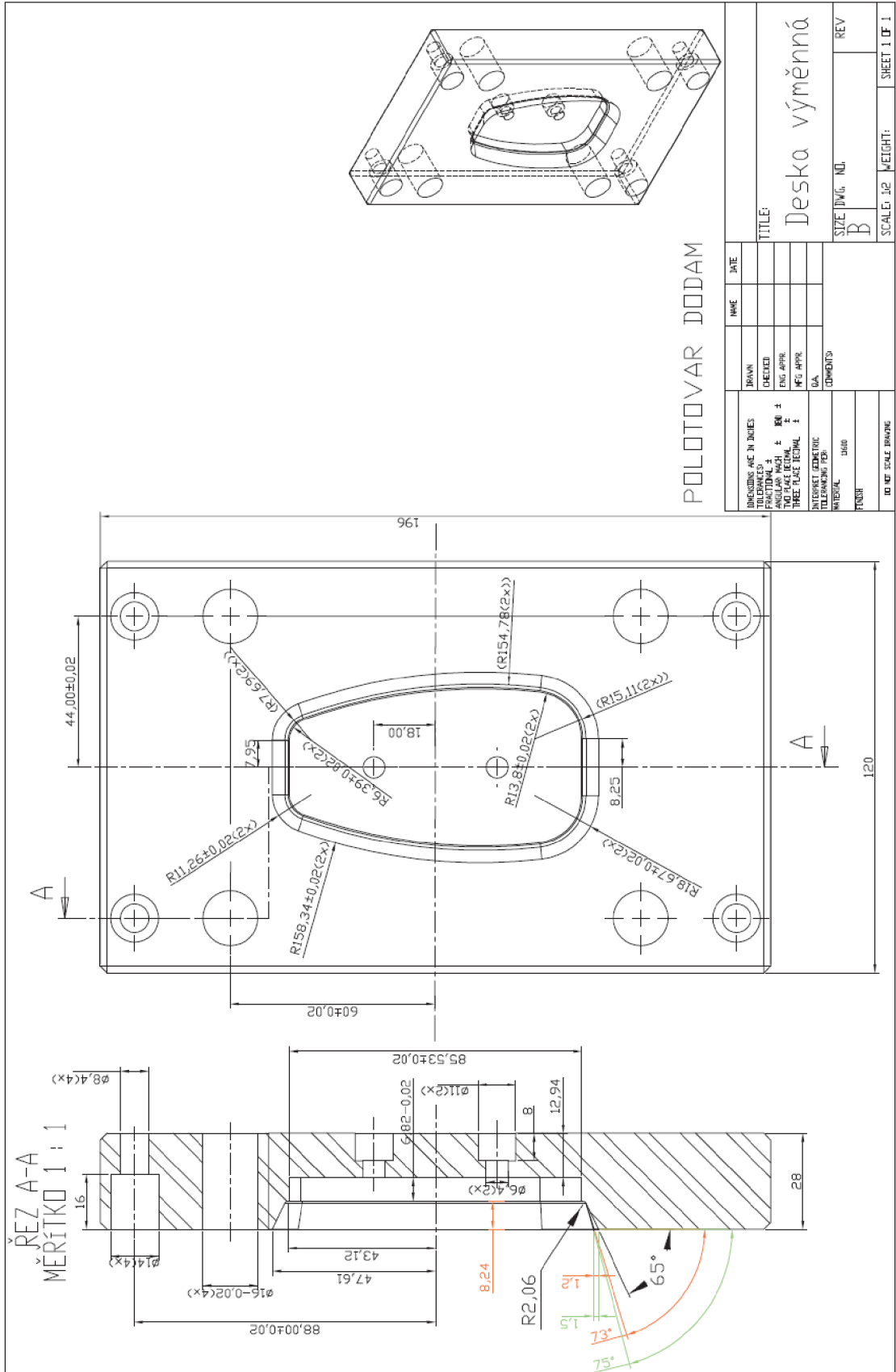


Technické data k soustruhu Kovosvit MAS SP 280 Y

Pracovní prostor	
Max. průměr soustružení	280 mm
Max. délka soustružení	535 mm
Max průměr nad nožem	570 mm
Vřeteno	
Max. otáčky vřetena	6000 min ⁻¹
Výkon vřetena	16,8 / 22 kW
Zásobník nástrojů	
Počet nástrojů	12
Průměr otvoru VID	40 mm
Osy	
Rychloposuv X / Z	30 / 30

Příloha 5

Výkres vzorové součástky deska formy.



Příloha 6

CNC stroj: Kovosvit MAS MCV 754 QUICK. [18]



Technické data k frézce Kovosvit MAS MCV 754 QUICK

Stůl	
Upínací plocha stolu	1000 x 500
Pracovní rozsah os X / Y / Z	754/500/550
Vřeteno	
Kuželová dutina vřetene	ISO 40
Max. otáčky vřetena	10 000 min ⁻¹
Výkon motoru vřetena	9 /13 kW
Posuv	
Posuv pracovní	2 – 15 000 mm · min ⁻¹
Rychloposuv	30 m · min ⁻¹
Zásobník nástrojů	
Počet míst v zásobníku	24 – s mechanickou rukou
Čas výměny nástroje	3 s

Příloha 7

CNC stroj: Gildemeister DMU 40 monoBLOCK. [7]



Technické data k frézce Gildemeister DMU 40 monoBLOCK

Stůl	
Pracovní rozsah os X / Y / Z	450/400/480
Vřeteno	
Kuželová dutina vřetene	ISK 40
Max. otáčky vřetena	12 000 min ⁻¹
Výkon motoru vřetena	10 kW
Posuv	
Posuv pracovní	30 000 mm · min ⁻¹
Rychloposuv	30 m · min ⁻¹
Zásobník nástrojů	
Počet míst v zásobníku	13 – deskový zásobník
Čas výměny nástroje	10 s