



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

TRENDY SOUČASNÉHO VÝVOJE AUTOMATICKÉ VÝMĚNY
NÁSTROJŮ U FRÉZOVACÍCH CENTER

CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATIC TOOL CHANGE AT MILLING
MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ BILKO

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. JAN PAVLÍK

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Bilko

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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:

Trendy současného vývoje automatické výměny nástrojů u frézovacích center

v anglickém jazyce:

Current trends in the development of automatic tool change at milling machines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na vytvoření rešerše a uceleného roztřídění v současnosti používaných zařízení pro automatickou výměny nástrojů u frézovacích center.

Cíle bakalářské práce:

Analýza současného stavu v oblasti automatické výměny nástroj u frézovacích center.

Vytvoření uceleného třídění používaných manipulátorů a zásobníků.

Seznam odborné literatury:

www.atcgifu.com

www.pragati-automation.com

www.aeny.com.tw

www.deta.com.tw

www.miksch.de

webové stránky výrobců obráběcích strojů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Pavlík

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 23.11.2010

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je odborná rešerše zaměřená na ucelené roztrídění základních systémů pro automatickou výměnu nástrojů u frézovacích center, jejich popis a zhodnocení.

Abstract

The aim of this bachelor thesis is creating expert research of whole classification, description and evaluation of tool changing systems for milling centers.

Klíčová slova

Automatická výměna nástroje, frézovací centrum, zásobník, manipulátor

Key words

Automatic tool change, milling center, magazine, manipulator

Bibliografická citace

BILKO, T. *Trendy současného vývoje automatické výměny nástrojů u frézovacích center*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pavlík.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Pavlíkovi za cenné rady a připomínky k mé práci.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma rešerše automatické výměny nástrojů u frézovacích center vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a internetových stránek, uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne 25. 5. 2011

.....
Tomáš Bilko

Obsah

Úvod.....	8
1. Rozdělení AVN podle typu zásobníku.....	9
2. Systémy s nosným zásobníkem	9
2.1 Systémy s výměnou jednotlivých nástrojů	10
2.2 Systémy s výměnou celých vřeten s nástroji	12
2.2.1 Vřetenové revolverové hlavy	12
2.2.2 Vřetenové bubny a lineární zásobníky	14
2.3 Systémy s výměnou celých vícevřetenových operačních hlav.....	15
3. Systémy se skladovacím zásobníkem	16
3.1 Držák nástroje.....	16
3.2 Kódování nástrojů	17
3.3 Typy zásobníků.....	17
3.4 Systémy s výměnou jednotlivých nástrojů	23
3.4.1 Přímá výměna	24
3.4.2 Výměna pohyblivý zásobník – manipulátor – vřeteno	25
3.4.3 Výměna stacionární zásobník – manipulátor – vřeteno.....	29
3.5 Systémy s výměnou celých vřeten s nástroji	30
3.6 Systémy s výměnou celých vícevřetenových operačních hlav s nástroji	31
4. Systémy s kombinovaným zásobníkem	32
5. Nástrojová rozhraní.....	32
5.1 Dlouhý kužel	33
5.2 Krátký kužel	33
5.3 Capto	34
Závěr.....	35
Seznam použitých zdrojů	36

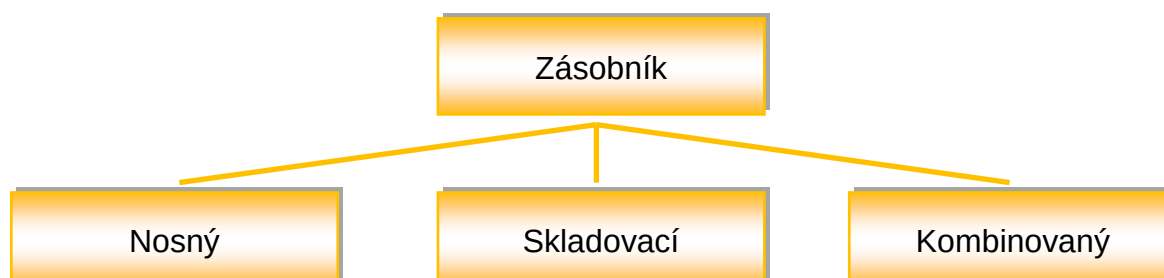
Úvod

S rozvojem strojírenské výroby byly kladeny na obráběcí stroje čím dál větší požadavky, především co se týče přesnosti obrábění a zkracování strojních časů. Čím dál více se proto uplatňovaly číslicově řízené stroje se stále vyššími úrovněmi automatizace. CNC (computer numeric control) obráběcí centra se navíc vyznačují velkou univerzálností, schopností vykonat na jedno upnutí obrobku několik technologických operací, díky čemuž se uplatňují i v malosériové a kusové výrobě. K tomu je samozřejmě potřeba využít v operačním sledu více různých nástrojů. Proto byla zaváděna automatická výměna nástrojů (AVN) jako jeden z prvních a nejdůležitějších systémů při zvyšování úrovně automatizace. AVN je skupina uzlů pro manipulování, polohování a upínání nástrojů do vřetena obráběcího stroje. Její hlavní předností je omezování nutnosti zásahu lidské obsluhy do obráběcího procesu a tím výrazné snižování strojních časů. [1, 2]

Automatická výměna nástrojů musí splňovat tyto požadavky:

- minimální čas pro výměnu nástroje
- dostatečná kapacita zásobníku
- prostorová nenáročnost
- neomezování pracovního prostoru stroje
- odolnost proti znečištění
- vysoká tuhost uzlu, který drží nástroj
- vysoká spolehlivost a životnost

1. Rozdělení AVN podle typu zásobníku



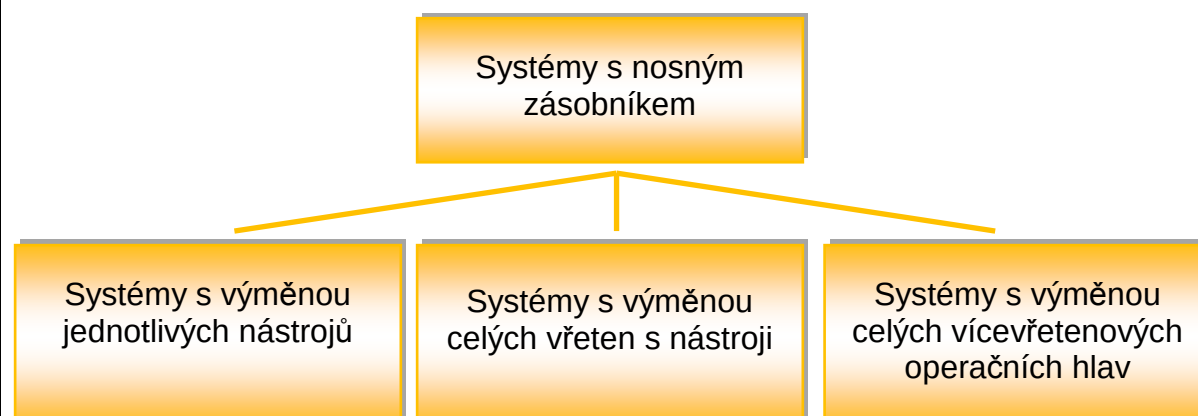
2. Systémy s nosným zásobníkem

Hlavním znakem tohoto typu zásobníku je, že při obrábění přenáší řezné odpory. Je součástí rámu stroje a je umístěný v jeho pracovním prostoru. Kvůli tomu musí mít malé rozměry a tudíž malou nástrojovou kapacitu, nezvětšuje však půdorysnou plochu stroje. Zároveň ale může dojít k tomu, že nečinné nástroje se při obrábění dostanou do kontaktu s obrobkem. Systém je relativně jednoduchý, nejsou potřeba žádné složité manipulátory a výměníky. Výměna nástroje je rychlá, při uspořádání nástrojů v pracovním sledu je možné zkrátit čas výměny až na 1s. [1]

Výhody a nevýhody:

- + krátký čas výměny
- + nepotřebují složité manipulátory a výměníky
- + systém je malý a nezvětšuje půdorysnou plochu stroje
- možnost kolize nečinného nástroje s obrobkem nebo uzly stroje v blízkosti pracovního prostoru
- u vřetenových hlav nízká tuhost vřeten

Systémy s nosným zásobníkem můžeme dále rozdělit:



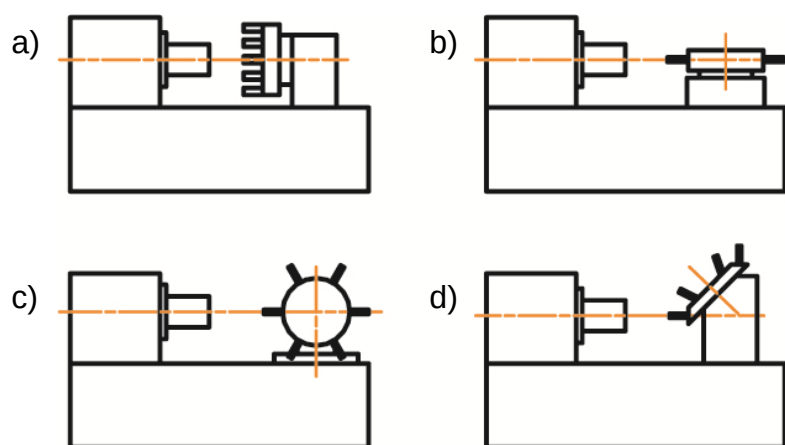
2.1 Systémy s výměnou jednotlivých nástrojů

U tohoto typu koná zásobník při obrábění pouze vedlejší pohyb, proto se používá u soustruhů a soustružnických center, kde hlavní pohyb koná obrobek. Typickými představiteli této skupiny jsou revolverové a nožové hlavy. Mají tvar n-bokého hranolu, s nástroji upnutými do jednotlivých pozic přímo nebo pomocí univerzálních držáků. Rozdíl mezi nožovou a revolverovou hlavou je ten, že nožové hlavy se přednostně osazují nožema, tedy nástroji pro soustružení nebo vyvrtávání vnitřních či venkovních ploch, kdežto revolverové hlavy se osazují především osovými nástroji. Není ovšem vyloučeno i použití nástrojů druhé skupiny, např. pomocí speciálních držáků. [1]

Požadavky na revolverové a nožové hlavy:

- minimální počet osazených nástrojů 8-12
- nástroje pro vnitřní a vnější obrábění si nesmí navzájem překážet
- minimální čas výměny nástroje
- vysoká přesnost polohování nástroje při výměně
- výměna nástrojového osazení musí být jednoduchá, rychlá a přesná

Revolverové hlavy pro soustružnická centra jsou dnes již univerzální zařízení, která dovolují upnutí jak nožů, tak naháněných osových nástrojů v různých osách. Lze je rozdělit podle orientace osy otáčení hlavy vzhledem k ose hlavního vřetena stroje na 4 základní varianty:



Obr. 1 Základní varianty revolverových hlav, a) s vodorovnou osou otáčení, b) se svislou osou, c) s příčnou osou, d) se šikmou osou [1]



Obr. 2 Revolverová hlava, firma Duplomatic [3]

Nástrojová hlava s axiálním nástrojovým diskem pro čelní obrábění od firmy Duplomatic (obr. 2) může být osazena jak soustružnickými noži, tak osovými nástroji. Nástroje i samotná hlava jsou poháněny jedním servomotorem. Vyrábí se ve variantách s 12 nebo 16 nástroji. [3]



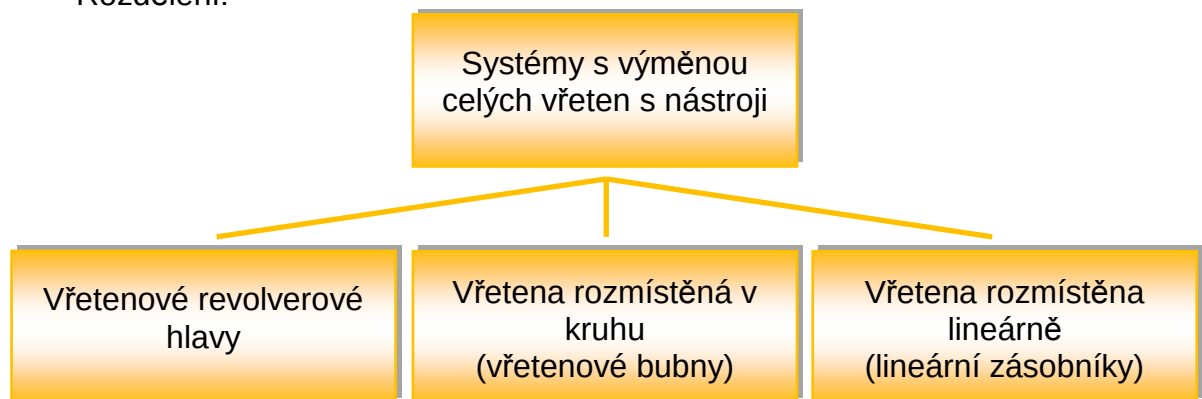
Obr. 3 Revolverová hlava, firma Mori Seiki [4]

Revolverová hlava soustružnického centra firmy Mori Seiki (obr. 3) s 20 nástrojovými místy vyniká technologií pohonu umístěného uvnitř hlavy (BMT – Built-in Motor Turret). Díky absenci složitých převodů zde nedochází k tvorbě přebytečného tepla a vibrací. [4]

2.2 Systémy s výměnou celých vřeten s nástroji

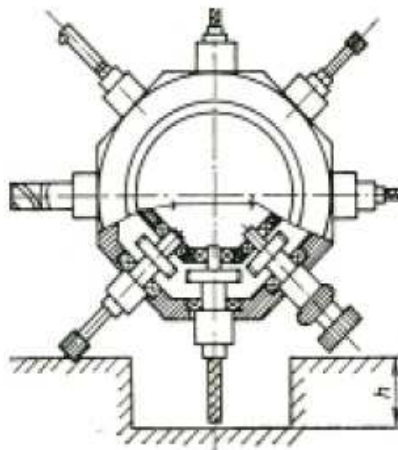
U tohoto typu nese zásobník také vřetena, ve kterých jsou jednotlivé nástroje upnuty.

Rozdělení:

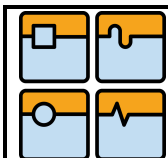


2.2.1 Vřetenové revolverové hlavy

U vřetenových revolverových hlav se výměna provádí natočením vřetena s požadovaným nástrojem do pracovní polohy, kam se přivádí kroutící moment od pohonu. Často se používají u frézovacích strojů a vrtaček pro svou relativně jednoduchou konstrukci, ta s sebou však nese řadu nevýhod. Kvůli malé ložiskové vzdálenosti (obr. 4) mají vřetena nízkou tuhost a používají se tak většinou pouze pro dokončovací operace, hlavu lze však navrhnut tak, aby alespoň u jednoho vřetena byla ložisková vzdálenost větší a bylo možné ho osadit nástrojem pro hrubování. Mezi další nevýhody patří nízký počet nástrojů v zásobníku (6 až 8) a fakt, že nečinné nástroje omezují pracovní prostor stroje a může dojít ke kolizi mezi nimi a obrobkem (obr. 4). [1]

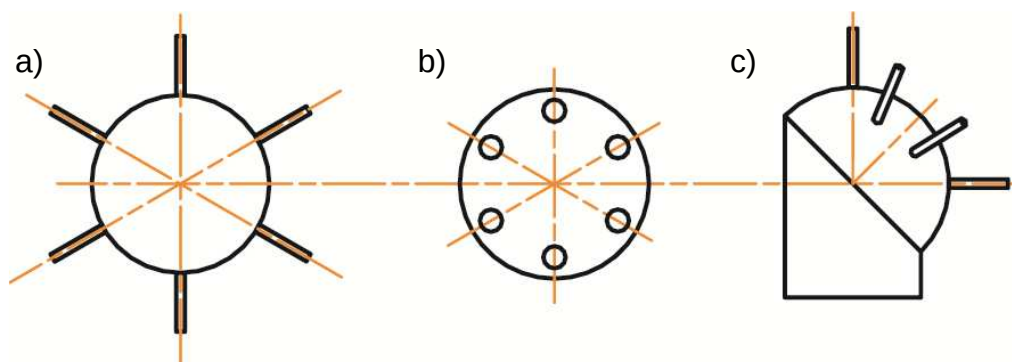


Obr. 4 Osmipolohová vřetenová revolverová hlava [1]



Dělí se podle polohy os vřeten vůči ose otáčení hlavy.

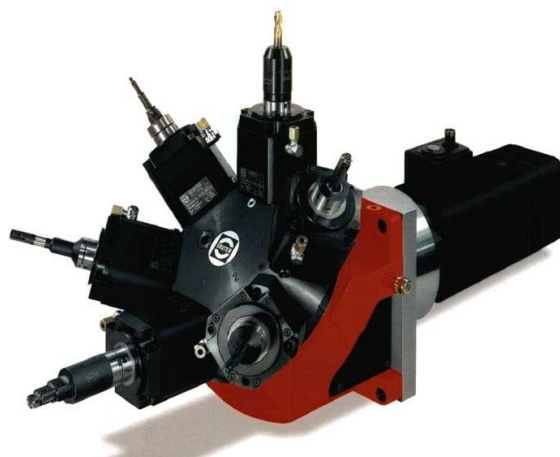
- a) osy vřeten v jedné rovině kolmé na osu otáčení hlavy
- b) osy vřeten rovnoběžné s osou otáčení hlavy
- c) osy vřeten různoběžně s osou otáčení hlavy



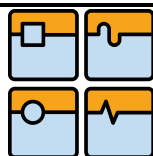
Obr. 5 Varianty uspořádání vřetenových revolverových hlav [1]

Výhody a nevýhody:

- + relativně jednoduchá konstrukce
- nízká tuhost vřeten
- malý počet nástrojů v zásobníku
- možnost kolize nečinných nástrojů s obrobkem



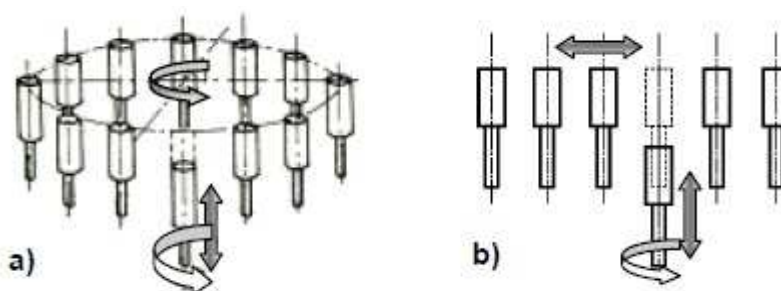
Obr. 6 Vřetenová revolverová hlava, firma Sauter [5]



Obr. 7 Vřetenová revolverová hlava, firma Pibomulti [6]

2.2.2 Vřetenové bubny a lineární zásobníky

U těchto typů se výměna nástroje realizuje pootočením (vřetenové bubny) nebo posunutím (lineární zásobníky) zásobníku tak, aby se požadovaný nástroj dostal do pracovní polohy a jeho následným axiálním vysunutím. Teprve poté je vřeteno s nástrojem zajištěno a je na něj přiveden točivý moment. U těchto konstrukcí může být dosaženo vyšší tuhosti vřeten než u revolverových hlav, protože nástroje mohou být od sebe více vzdáleny. Nečinné nástroje neomezují pracovní prostor stroje a zásobník má větší kapacitu (10 až 20 nástrojů). [1]



Obr. 8 Vřetenové nosné zásobníky, a) bubnový, b) lineární [1]

Výhody a nevýhody:

- + relativně vysoká tuhost vřeten
- + dostatečný počet nástrojových míst
- + nečinné nástroje neomezují pracovní prostor stroje
- složitější výměna nástroje

2.3 Systémy s výměnou celých vícevřetenových operačních hlav

Revolverová hlava ve tvaru n-bokého hranolu, která má na každém boku připevněnou vícevřetenovou operační hlavu nebo vřeteno s jedním nástrojem. Točivý moment se na operační hlavu nebo samostatné vřeteno přivede automaticky po natočení zásobníku do požadované polohy. Celý zásobník musí mít mohutnou konstrukci, a proto se jeho použití vyplatí pouze pro středně- a velkosériovou výrobu jako náhrada za automatické linky. [1]

Výhody a nevýhody:

- + vhodné pro sériovou výrobu
- velké rozměry, vysoká hmotnost



Obr. 9 Vícevřetenové operační hlavy, firma Mori Seiki [7]



Obr. 10 Obráběcí centrum, firma Gruppo Riello Sistemi [8]

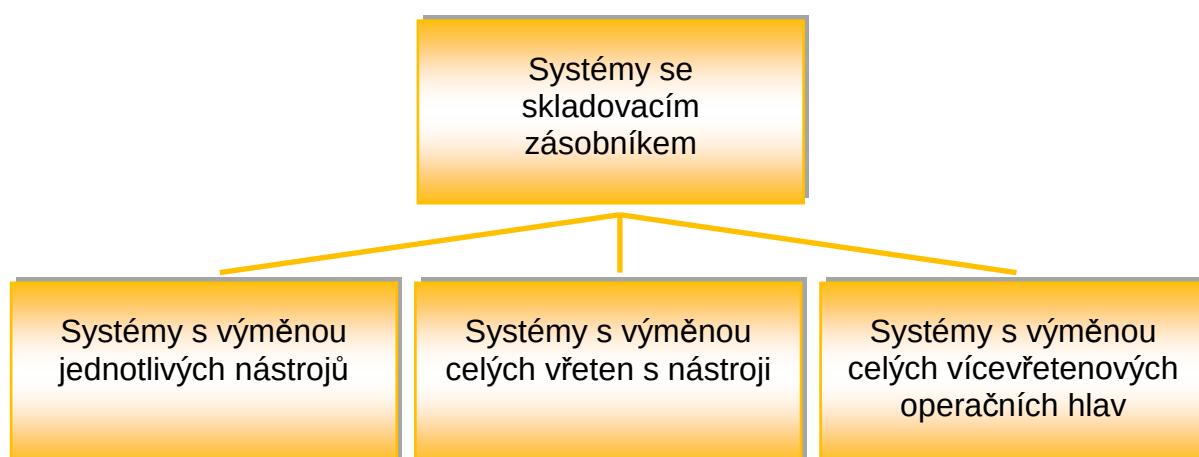
3. Systémy se skladovacím zásobníkem

Zásobník u tohoto typu AVN není součástí nosného rámu stroje, jak tomu bylo u systému s nosným zásobníkem. Je umístěn mimo obráběcí prostor a slouží pouze ke skladování nečinných nástrojů popř. k jejich dopravě k obráběcímu vřetenu. Z toho vyplývá, že při obrábění nepřenáší řezné odpory a nehrozí kolize nečinných nástrojů s obráběcími uzly stroje či s obrobkem. Zásobníky mají velkou nástrojovou kapacitu (až 500 nástrojů), za cenu zvětšení půdorysné plochy stroje a použití více zásobníků je možné mít k dispozici téměř neomezený počet nástrojů. Na druhou stranu s sebou nese tento typ zásobníku i řadu nevýhod. Čím větší je kapacita zásobníku, tím složitější je dopravit požadovaný nástroj do obráběcího vřetena. Vyvinuly se proto složité manipulátory a výměníky, které ovšem zvyšují cenu celého systému i jeho poruchovost. Protože se pro obrábění používá jedno vřeteno, je potřeba, aby všechny nástroje měly stejný typ a rozměr nástrojového držáku. Při tak velkém počtu nástrojů v zásobníku je nutné použít kódovací systém, který se používá pro identifikaci nástroje v obráběcí sekvenci. [1]

Výhody a nevýhody:

- + nehrozí kolize nečinných nástrojů s obrobkem
- + prakticky neomezená nástrojová kapacita
- zvětšuje půdorysnou plochu stroje
- složité manipulátory a výměníky
- jeden rozměr nástrojového držáku

Rozdělení:



3.1 Držák nástroje

Držák zajišťuje uchycení nástroje v zásobníku. Může být řešen jako jednoduché plastové čelisti, které svou pružností drží nástroj, ale neposkytují dostatečnou tuhost pro těžší nástroje nebo vřetena. Další možností jsou mechanické držáky, které jsou sice složitější, zato mají mnohem větší tuhost. [2]

3.2 Kódování nástrojů

U CNC strojů vznikla potřeba kódování nástrojů, aby bylo možné určit jejich sled v obráběcím cyklu. Rozeznáváme dva způsoby, kódování pozice v zásobníku a kódování jednotlivých nástrojů.

Kódování pozice v zásobníku

Na jednotlivých pozicích zásobníku jsou umístěny kódy, popř. jsou jednotlivé pozice určeny polohou vůči referenčnímu bodu. Z toho plyne, že nástroje v něm musí být uloženy vždy na místě určeném programem, nejlépe v operačním sledu, a na stejné místo se musí i vrátit.

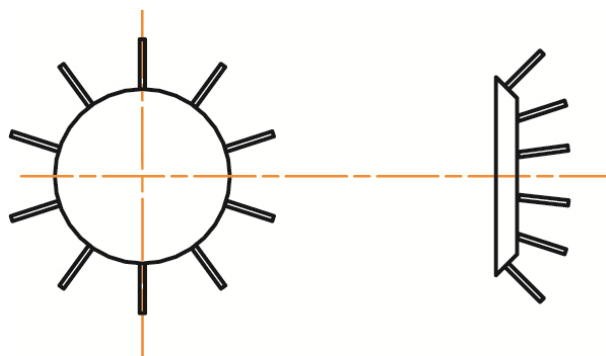
Kódování jednotlivých nástrojů

U tohoto typu jsou kódy umístěny přímo na nástrojovém držáku. Nehrozí tak záměna nástrojů, nemusí být uloženy v operačním sledu ani se vracet na stejné pozice v zásobníku. Nástroje mohou být kódovány např. čárovými kódy, nebo mikročipy. [1]

3.3 Typy zásobníků

Zásobník hvězdicový

Osy nástrojů uložených v zásobníku jsou buď kolmé (diskový zásobník, obr. 11) nebo šikmé (sférický zásobník, obr. 11) k ose otáčení zásobníku. Toto rozložení poskytuje větší prostor pro manipulátor, nevýhodou jsou pak jeho rozměry, zejména vnější průměr. [2]



Obr. 11 Diskový a sférický zásobník [1]



Obr. 12 Diskový zásobník, firma Deta International [9]

Diskový zásobník firmy Deta International (obr. 12) má kapacitu 12 nástrojů, unese nástroj o maximálním průměru 180 mm a hmotnosti 8 kg. Výměna trvá 1,3 s. [9]

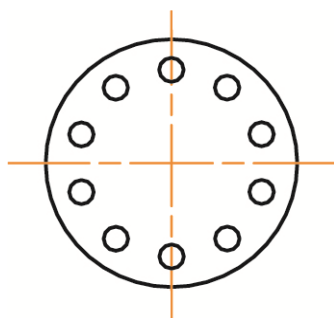
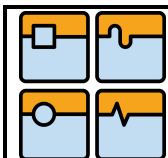


Obr. 13 Diskový zásobník, firma Aeny International [10]

Diskový zásobník Aeny International (obr. 13) unese až 14 nástrojů s maximálním průměrem 150 mm a hmotností 3 kg. Výměna trvá 1,6 s. [10]

Zásobník kruhový

Používá se pro svoji jednoduchou konstrukci a malé rozměry, nástroje v zásobníku však omezují prostor pro manipulátor. Tento problém se řeší v závislosti na tom, jaký typ výměny nástroje je u systému použit. Pro pick-up výměnu se většinou používá řešení s držáky nástrojů výklopnými o 90°, systém s výměníkem je doplněn přídatnou polohou pro výměnu. Kapacita se rovněž liší podle typu výměny, pro pick-up kolem 20, pro výměnu výměníkem 30 až 40 nástrojů. [2]



Obr. 14 Zásobník kruhový [1]



Obr. 15 Kruhový zásobník, firma Deta International [9]

Kruhový zásobník firmy Deta International (obr. 15) s kapacitou 30 nástrojů, maximálním průměrem nástroje 50 mm a hmotností 1 kg. Čas výměny 1 s. [9]



Obr. 16 Rozšíření zásobníku, firma Hermle [11]

Rozšíření zásobníku na obráběcím stroji firmy Hermle (obr. 16) může zvýšit počet dostupných nástrojů až o 124. Maximální průměr nástroje 250 mm, hmotnost 30 kg, výměna trvá průměrně 6 s. [11]

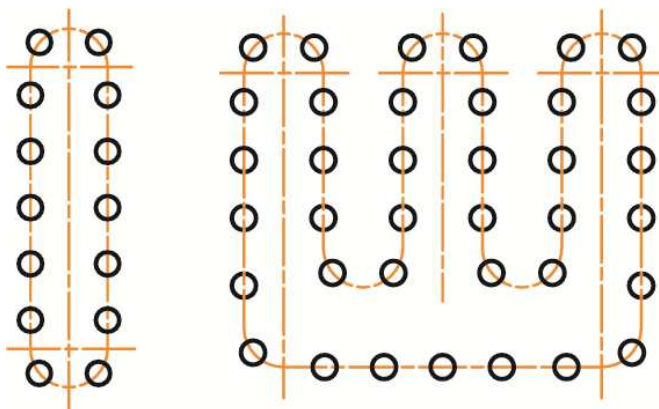


Obr. 17 Rozšíření zásobníku, firma Pullmax [12]

Rozšíření zásobníku na obráběcím stroji firmy Pullmax (obr. 17), zvětšuje kapacitu o 40 nástrojů (celkem 60) a zároveň umožňuje výměnu opotřebovaných nástrojů bez zastavení stroje. [12]

Řetězový zásobník

Patří mezi nejpoužívanější typy zásobníků. Tvoří jej nástrojové držáky spojené do smyčky, díky čemuž je možné jej libovolně tvarovat a dobře tak využít dostupný prostor. Kapacita se většinou pohybuje mezi 40 až 100 nástroji. Nástrojové držáky v řetězu mohou být výklopné nebo pevné, podle způsobu výměny, často jsou navíc vybaveny vyčkávací polohou. [2]

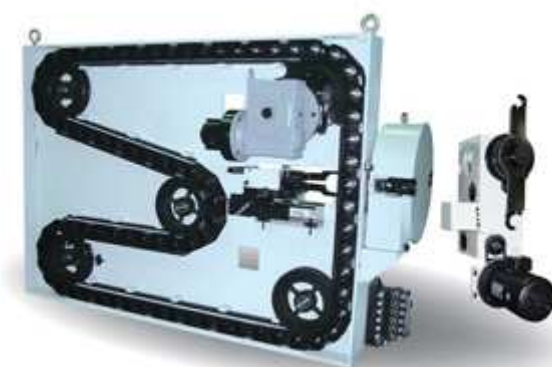


Obr. 18 Zásobník řetězový [1]



Obr. 19 Řetězový zásobník, firma Gifu Enterprise [13]

Řetězový zásobník firmy Gifu Enterprise (obr. 19) s kapacitou 32 nástrojů s maximálním průměrem 76 mm a hmotností 6,5 kg. Čas výměny 1,8 s. [13]

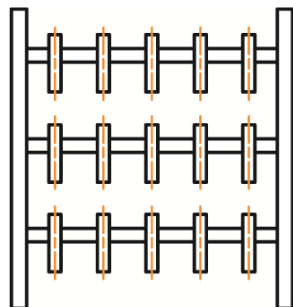
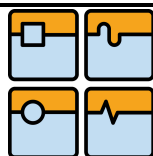


Obr. 20 Řetězový zásobník, firma Deta International [9]

Řetězový zásobník na 80 nástrojů firmy Deta International (obr. 20). Maximální průměr nástroje 250 mm, maximální hmotnost 15 kg, čas výměny 2,5 s. [9]

Regálový zásobník

Nástroje v tomto typu zásobníku jsou umístěny vedle sebe na ploše nebo ve svislé stěně, lineárně nebo v kruhu. Mají proto dobré využití plochy a velkou kapacitu, je ovšem nutné používat manipulátory.



Obr. 21 Regálový zásobník



Obr. 22 Regálový zásobník, firma Gruppo Riello Sistemi [14]

Regálový zásobník na obráběcím centru Spark firmy Gruppo Riello Sistemi (obr. 22). Výhodou takto uspořádaných regálových zásobníků je, na rozdíl od plošných zásobníků (obr. 23), jejich relativně malá půdorysná plocha. Naopak nevýhodou je, že nečistoty z právě použitého nástroje mohou stékat na nástroje uložené pod ním. Zásobník je proto vybaven manipulátorem se systémem pro automatické čištění nástrojů.



Obr. 23 Plošný zásobník, firma Hüller Hille [15]



Obr. 24 Regálkový zásobník, firma Breton [16]

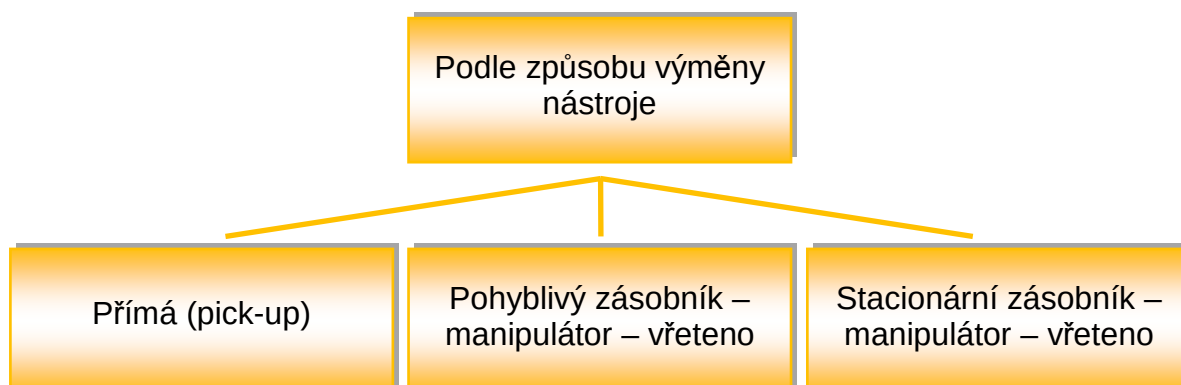
Regálkový zásobník firmy Breton (obr. 24) až pro 150 nástrojů. Je vybaven senzory pro rozpoznávání geometrie nástrojů, manipulátor pak otupené nástroje přesouvá do určeného regálu. Ten je otočný a díky tomu je jednoduše přístupný z vnějšku stroje, čímž obsluze usnadňuje výměnu použitých nástrojů za nové.

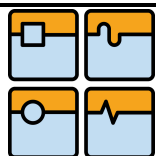
Centrální zásobník

Kvůli zvýšení kapacity zásobníku u větších obráběcích center se používají zásobníky centrální. Jejich výhodou je, že výměna použitých nástrojů za nabroušené a seřízené, může být prováděna bez přerušení pracovního cyklu stroje. [2]

3.4 Systémy s výměnou jednotlivých nástrojů

Systémy s výměnou jednotlivých nástrojů se dále rozdělují podle způsobu, jakým je realizován přesun nástroje z jeho polohy v zásobníku až k obráběcímu vřetenu.

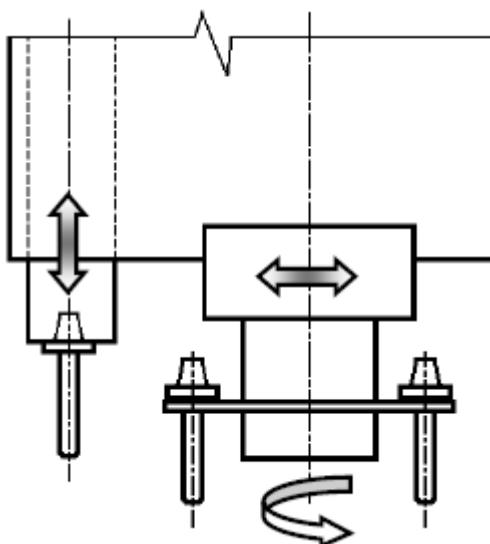




3.4.1 Přímá výměna

Přímá výměna, běžně nazývaná pick-up, představuje nejjednodušší způsob výměny nástroje u skladovacích zásobníků. Pro svou jednoduchost je systém relativně levný a spolehlivý, je ale používán spíše u menších obráběcích strojů, u kterých není kladen důraz na vysoký počet nástrojů a rychlost jejich výměny.

Výměna probíhá bez manipulátoru, je realizována pracovním vřetenem, které odebírá nástroj přímo ze zásobníku. Ten může být posuvný a otočný, nebo také stacionární. Výměna s pohyblivým zásobníkem probíhá v několika krocích, v prvním kroku se zásobník přesune, natočí se prázdným místem k vřetenu a vřeteno do něj uloží nástroj, který byl právě používán. Poté se zásobník otočí tak, aby se na místo pod vřetenem dostal nástroj potřebný k dalšímu obrábění. Ten je zajištěn pomocí upínacího mechanismu a zásobník se opět odsune mimo obráběcí prostor. [1]

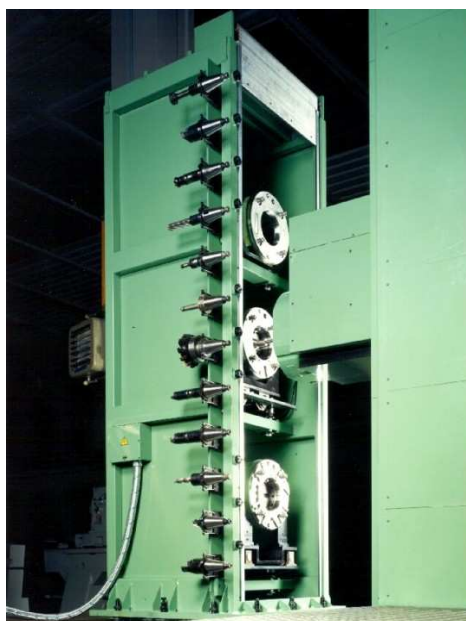


Obr. 25 Princip přímé výměny nástrojů [1]



Obr. 26 Přímá výměna, firma Intermac [17]

Přímá výměna na obráběcím stroji Master 33 od firmy Intermac (obr. 26) probíhá z otočného kruhového zásobníku se 14 nástrojovými pozicemi. Vřeteno musí čekat, než se zásobník natočí a přesune do požadované polohy, a kvůli tomu se může výměna nevhodně prodloužit. Proto se také pro pick-up výměnu používají typy zásobníků s menší kapacitou, u nichž je výměna o něco rychlejší. Také je vhodné nástroje uspořádat v operačním sledu. Na obráběcím stroji ML 11 od firmy Gruppo Parpas (obr. 27) je lineární zásobník umístěn stacionárně na rámu stroje. Čas výměny je tak závislý na rychlosti posuvu vřetena. U obráběcích center je možné použít i velkoobjemové zásobníky s větší rychlostí posuvu.



Obr. 27 Přímá výměna, firma Gruppo Parpas [18]

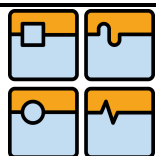
Výhody a nevýhody:

- + relativně jednoduchá konstrukce, není potřeba výměník
- + spolehlivost systému
- delší čas výměny
- malý počet nástrojů v zásobníku

3.4.2 Výměna pohyblivý zásobník – manipulátor – vřeteno

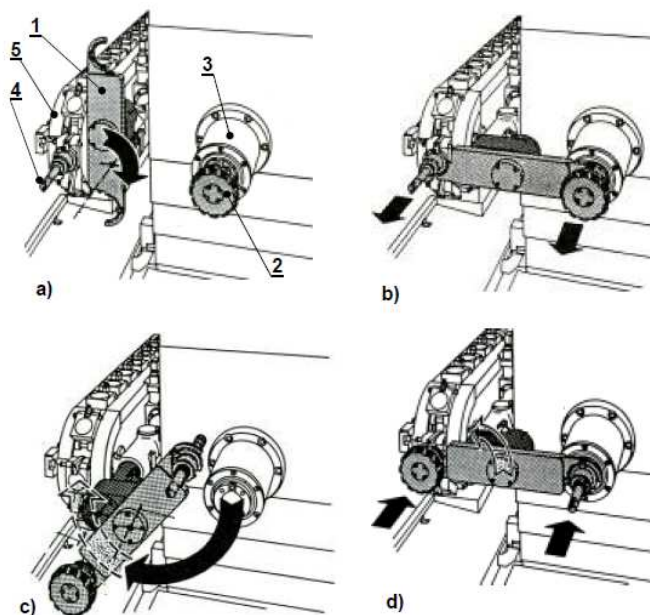
Jedná se o nejčastější způsob výměny nástroje u skladovacích zásobníků. Je realizována pomocí výměníku, zařízení tvořeného nejčastěji dvouramennou pákou, které se stará o přesun nástroje ze zásobníku do vřetena. Využívají se různé typy zásobníků s různou polohou osy rotace k ose vřetena, podle toho však musí být upravena konstrukce výměníku.

Výměna probíhá v několika krocích a je znázorněna na obr. 28. První krok je natočení zásobníku do takové polohy, aby se pozice s požadovaným nástrojem dostala na dosah výměníku. Tato příprava zásobníku může probíhat, zatímco stroj



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

stále obrábí, dochází tím ke snižování strojních časů. Po skončení operace se stávajícím nástrojem se vřeteno rovněž přesune na dosah výměníku. Poté se výměník pootočí, zachytí oba nástroje, jak použitý ve vřetenu, tak i požadovaný v zásobníku, otočí se o 180° a nástroje prohodí. Výměna končí zasunutím nástrojů do svých pozic a natočením výměníku do klidové polohy. [1]



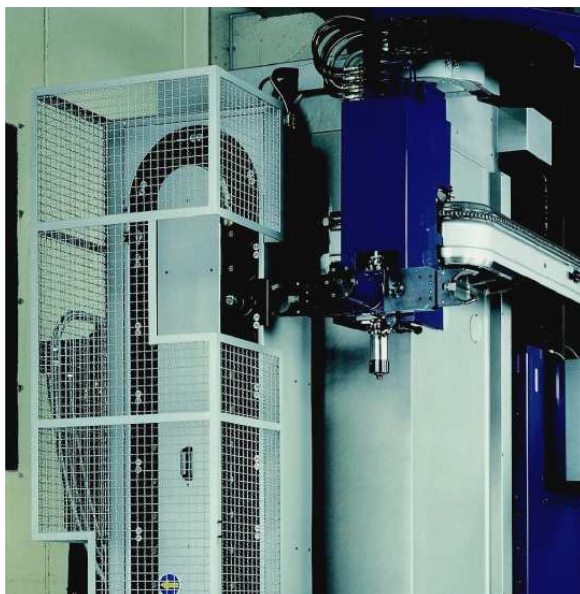
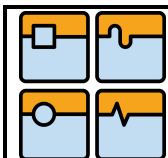
Obr. 28 Princip výměny nástroje pomocí výměníku,
1 – výměník, 2 – použitý nástroj, 3 – vřeteno, 4 – nový nástroj, 5 – zásobník [1]

Tento typ výměny má řadu výhod. Použitý zásobník může mít velkou kapacitu, nejčastěji mezi 20 až 50 nástroji, a nástroje v něm nemusí být uspořádány v operačním sledu. Výměna je rychlá, u moderních systémů do 5 s, přesná a tichá. Mezi nevýhody lze zařadit složitou konstrukci výměníku zvyšující náročnost údržby.



Obr. 29 Výměna pomocí výměníku, firma Kappa [19]

Kruhový zásobník na obráběcím centru firmy Kappa (obr. 29) s kapacitou až 24 nástrojů je umístěn na boku vřeténku. Při výměně se natočí do správné polohy a lůžko s nástrojem se sklopí o 90°, čím se dostane na dosah výměníku, který nástroj uchopí a prohodí ho s nástrojem ve vřetenu.



Obr. 30 Výměna pomocí výměníku, firma Gruppo Parpas [18]

Na obráběcím stroji firmy Gruppo Parpas (obr. 30) je vidět posuvný výměník, který nejdříve odebere nástroj z řetězového zásobníku, poté se přesune k obráběcímu vřetenu a nástroje vymění.

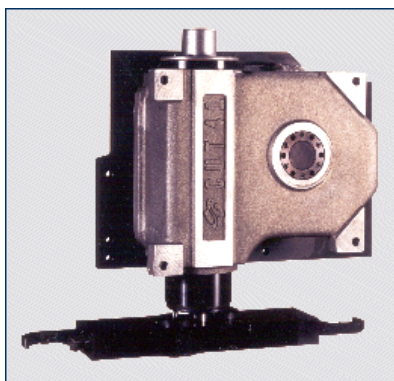


Obr. 31 Pneumatická výměna nástrojů, firma Chiron [20]

Firma Chiron používá na svých obráběcích centrech netradiční systém výměny nástrojů (obr. 31). Nástroje jsou umístěny v kruhovém zásobníku okolo vřetena, přičemž každý z nich má vlastní pneumaticky poháněný výměník. Díky tomu dosahuje extrémně krátkých časů výměny, samotná výměna nástroje trvá 0,5 s, čas z řezu do řezu (chip to chip) 1,2 s. [22]

Výměník

Výměník má nejčastěji tvar dvouramenné páky, jejíž ramena svírají úhel 180°, popř. jiný. Tvar ramena závisí na konstrukci stroje a poloze osy otáčení zásobníku. Na koncích ramen se nacházejí držáky sloužící k uchopení nástroje. Může být zkonstruován dvěma styly. U jednodušší verze je výměník uchycený napevno a uchopení nástrojů probíhá zaseknutím do pružných držáků. U složitější verze je výměník pohyblivý a může mít teleskopická ramena, která uchopují nástroj napíchnutím. Pohon výměníku je nejčastěji elektrický, ale může být použit i pneumatický, hydraulický či kombinovaný. [1, 2]



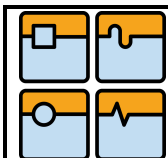
Obr. 32 Výměník, firma Miksch [21]



Obr. 33 Výměník, firma Colombo Filippetti [22]

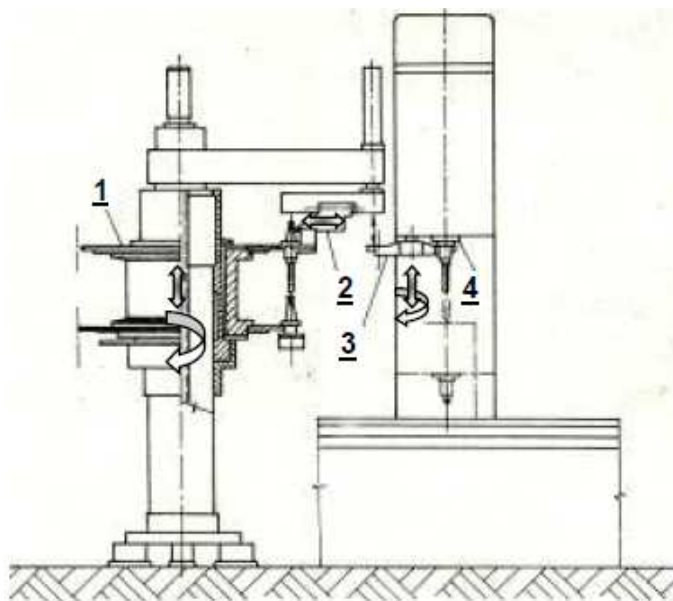
Výhody a nevýhody:

- + rychlá a přesná výměna
- + velká kapacita zásobníku
- + nástroje nemusí být uspořádány v operačním sledu
- složitá konstrukce výměníku



3.4.3 Výměna stacionární zásobník – manipulátor – vřeteno

Jedná se o nejsložitější možnost řešení výměny nástroje u obráběcích center. Používá se v kombinaci s velkoobjemovými stacionárními zásobníky, jako jsou regálový nebo plošný. Manipulátor (portálový manipulátor, průmyslový robot) slouží k překlenutí vzdálenosti mezi zásobníkem a výměníkem (obr. 34). [1]



Obr.34 princip výměny zásobník (1) – manipulátor (2) – výměník (3) – vřeteno (4) [1]



Obr. 35 Výměna nástrojů pomocí průmyslového robota, firma Demmeler [23]



Obr. 36 Výměna pomocí portálového manipulátoru, firma Chiron [20]

Regalový zásobník firmy Chiron (obr. 36) pojme 226 nástrojů, které jsou přemísťovány pomocí portálového manipulátoru do pick-up řetězového zásobníku (kapacita až 195 nástrojů a čas výměny chip to chip 1,9 s), který je dopravuje ke vřetenu. [20]

3.5 Systémy s výměnou celých vřeten s nástroji

U tohoto systému se na stroji během obrábění vyměňují stejnými způsoby jako u předchozího typu celá vřetena, díky tomu má každý nástroj potřebné uložení pro technologickou operaci, pro kterou byl určen. Zároveň vřetena nepotřebují chlazení, protože každé z nich pracuje jen krátkou dobu. V upínacích plochách se neusazují nečistoty a upnutí vřetena s nástrojem je přesné a tuhé. Nevýhodou je pak velikost výměníku a zásobníku, ty musí být stavěné na větší hmotnost nástrojových jednotek než u systému s výměnou jednotlivých nástrojů. Z toho také vyplývá vyšší cena celého systému. [1]



Obr. 37 Úhlová vřetenová hlava, firma Big Kaiser [24]

Mezi vyměnitelné jednotky u obráběcích center patří různé typy úhlových frézovacích a vrtacích hlav (obr. 37) a také zrychlovací hlavy, které mají za úkol zvýšit otáčky vřetena na požadovanou úroveň (obr. 38).



Obr. 38 Zrychlovací hlava, firma Lyndex-Nikken [25]

Výhody a nevýhody:

- + optimální uložení pro každý nástroj
- + v upínacích plochách se neusazují nečistoty
- + tuhost a přesnost upnutí
- velikost
- vyšší cena

3.6 Systémy s výměnou celých vícevřetenových operačních hlav s nástroji

Ve vícevřetenové operační hlavě je upnuto několik nástrojů ve svých vlastních vřetenech, jejich výměna je tak ještě náročnější na nosnosti zásobníku a výměníku. Použití nachází hlavně ve velkosériové výrobě jako náhrada za automatické linky. [1]



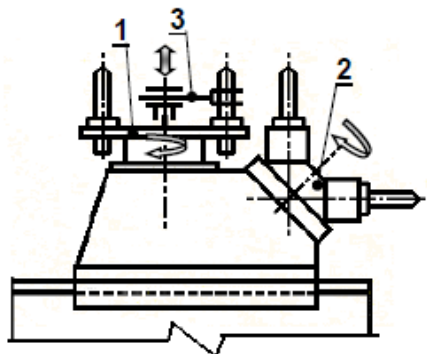
Obr. 39 Vícevrátenová operační hlava, firma MPA [26]

Výhody a nevýhody:

- + vhodné pro sériovou výrobu
- složitost systému

4. Systémy s kombinovaným zásobníkem

Systémy využívající výhod obou předešlých typů zásobníků, tedy nosného a skladovacího. Většinou jsou tvořeny kombinací revolverové hlavy a maloobjemového skladovacího zásobníku. Nejjednodušší verze je schematicky znázorněna na obr. 40. Skladovací zásobník (1) je použit pro zvýšení počtu dostupných nástrojů. Z něj výměník (3) přemísťuje nástroje do dvoupolohové revolverové hlavy (2), která se vyznačuje krátkým časem výměny. Pokud je ovšem potřeba prohodit několik nástrojů v rychlém sledu, čas výměny se může protáhnout v závislosti na rychlosti otáčení skladovacího zásobníku. [1]



Obr. 40 Systém s kombinovaným zásobníkem [1]

5. Nástrojová rozhraní

Nástrojové rozhraní je tvořeno držákem, který slouží k upnutí nástroje do vřetena obráběcího stroje. Nástroj se do držáku upíná šrouby, tepelně nebo hydraulicky. Upnutí do vřetena je náročné na přesnost a tuhost, používá se uchycení kleštinami nebo kuličkovým uzávěrem, navíc by měl být držák samosvorný, aby nástroj při výpadku energie nevypadnul. Přenos krouticího momentu je většinou realizován unášecími kameny.

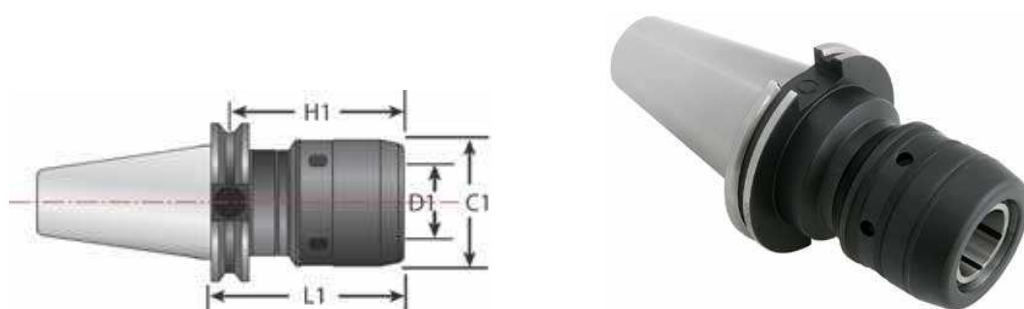
Držák musí splňovat tyto požadavky:

- přesné upnutí nástroje do vřetena nebo zásobníku
- přenos řezných odporů
- musí mít jednotné plochy pro uchycení manipulátorem
- musí na něm být místo pro kód nástroje

Podle tvaru upínací plochy držáku se rozdělují na tři základní typy, s kuželovou, válcovou nebo polygonovou stopkou, přičemž držáky s válcovou stopkou se nepoužívají pro automatickou výměnu nástrojů. Typ držáku se volí především podle požadovaných vlastností, ale záleží také na sortimentu a tradici výrobce. [1]

5.1 Dlouhý kužel

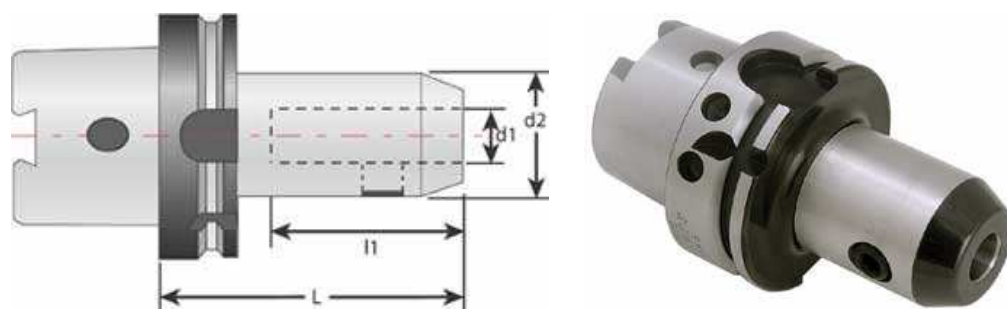
Jedná se o vývojově starší typ s upínací plochou ve tvaru ISO kužele s kuželovitostí 7:24. Tato plocha je dostatečně dlouhá a díky tomu je držák samostředící. Pro automatickou výměnu nástroje však není nejvhodnější. Kvůli délce kužele je delší i čas pro vytažení a zasunutí držáku do vřetena, navíc je potřeba držák polohovat, aby unášecí drážky zapadly do kamenů, kterými se přenáší kroutící moment. ISO kužel je náročný na přesnost výroby a v upínacích drážkách se ukládají nečistoty. [1]



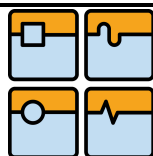
Obr. 41 Držák s dlouhým kuželem (CAT 40) [27]

5.2 Krátký kužel

Držák s krátkým kuželem (např. HSK kužel) poskytuje oproti ISO kuželu kratší čas výměny, vysokou přesnost otáčení nástroje a ohybovou tuhost, díky čemuž je vhodný pro automatickou výměnu. Kvůli krátké stopce není držák schopný se sám dostatečně vystředít, proto je navíc doplněn o čelní plochu příruby opírající se o vřeteno. Držák je schopen přenést velký kroutící moment, a to buď unášecími kameny nebo třením v upínacích plochách. [1]



Obr. 42 Držák s krátkým kuželem (HSK 63A) [27]



5.3 Capto

Nejnovější typ nástrojového rozhraní se stopkou ve tvaru trojhranného polygonu byl představen firmou Sandvik Coromant v roce 1990. Držák dokáže přenášet vysoké kroutící momenty, je samostředící a upnutí ve vřetenu je přesné a tuhé. Díky tomu je vhodný pro automatickou výměnu nástrojů.



Obr. 43 Nástrojové rozhraní Capto [28]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 35
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Závěr

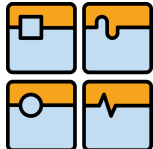
Cílem této práce bylo zhodnotit současné trendy vývoje automatické výměny nástrojů u frézovacích center a ucelené roztrídění systémů, které k tomu slouží.

V dnešní době je na trhu široký výběr systémů pro AVN od různých firem, takže je možné zvolit optimální pro každé obráběcí centrum s ohledem na kapacitu zásobníku, rychlost výměny, použité držáky nástrojů či samozřejmě ekonomickou dostupnost. S největšími inovacemi přicházejí především výrobci obráběcích center, kteří mnohdy přicházejí s vlastními netradičními řešeními výměny nástrojů zkonstruovanými na míru jim vyráběných strojů.

Do budoucnosti se dá samozřejmě předpokládat, že parametry systémů pro AVN se budou stále zlepšovat. Obecně převažuje snaha docílit co největší univerzálnosti, co nejkratšího času pro výměnu, co nejpresnějšího a zároveň nejtužšího upnutí nástroje a především co největší úrovně automatizace systému tak, aby byl z obráběcího procesu kompletně vyřazen zásah lidské obsluhy.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Demeč, Peter. *Systémy automatickej výmeny nástrojov na číslicovo riadených strojích*. Študijný materiál vypracovaný v rámci riešenia grantového projektu KEGA 3/3064/05. TU v Košiciach 2005. 34 s.
- [2] Marek, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Speciální vydání MM Průmyslové centrum. MM publishing, 2006. 284 s. ISSN 1212-2572.
- [3] Ciesstrade [online]. 2010 [cit. 2011-04-26]. Dostupný z WWW: <<http://ciesstrade.cz/DIPLOMATICK/Hlavy-pohony-nastroju>>
- [4] *Cutting Tool Engineering Plus* [online]. 2007 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.ctemag.com/product.search.php?proid=21>>
- [5] Thomasnet [online]. 2002 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW: <http://news.thomasnet.com/company_detail.html?cid=10066579>
- [6] *Pibomulti* [online]. 2010 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.pibomulti.com/catalogues/revolver.pdf>>
- [7] *Machine Tool Supplies* [online]. 2010 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.mtsdriventools.co.uk/>>
- [8] *Gruppo Riello Sistemi* [online]. 2006 [cit. 2011-04-26]. Dostupný z WWW: <http://www.riellosistemi.it/riellosistemi/frontend/front.jsp?type=models&model_id=121&start=0&limit=20>
- [9] *Deta International* [online]. 2010 [cit. 2011-04-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.deta.com.tw/products.html>>
- [10] *Aeny International* [online]. 1999 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW: <http://www.aeny.com.tw/products/products_ATC.htm>
- [11] *Direct Industry* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW: <http://pdf.directindustry.com/pdf/hermle/pallet-changer/16486-86443-_9.html>
- [12] *Pullmax* [online]. 2009 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW: <http://www.pullmax.se/productpage_alt.aspx?pageid=210>
- [13] *Gifu Enterprise* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.atcgifu.com/htm/product-v8.htm>>
- [14] *Gruppo Riello Sistemi* [online]. 2006 [cit. 2011-04-28]. Dostupný z WWW: <http://www.riellosistemi.it/riellosistemi/frontend/front.jsp?type=products&product_id=29&Spark&start=0&limit=20>
- [15] *Hüller Hille* [online]. 2006 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW: <http://www.szimker.hu/images/huller-hille/nbh170-350_prosp.pdf>
- [16] *Breton* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.breton.it/machinetool/en/product/All~29/pn~1186>>
- [17] *Intermac* [online]. 2006 [cit. 2011-04-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.intermac.com/ProductDetails.asp?p=114,Master,33>>
- [18] *Gruppo Parpas* [online]. 2010 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW: <http://www.gruppoparpas.com/dynamicdata/ML_120.asp?id=145>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 37
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [19] TGS [online]. 2006 [cit. 2011-04-28]. Dostupný z WWW:
<http://tgs.cz/cs/stroje/obrabeci-centra-vertikalni/hartford/vertikalni-obrabeci-centra-vmc-1100-vmc-1300.ep/374_501-fotogalerie-hartford-vmc-1100--1300/>
- [20] Chiron [online]. 2011 [cit. 2011-04-29]. Dostupný z WWW:
<<http://www.chiron.de/home/machining-centres/high-speed-technologies/tool-changer/?L=1>>
- [21] Miksch [online]. 2001 [cit. 2011-04-28]. Dostupný z WWW:
<<http://www.eng.miksch.de/prodsheet.php?nodeid=1850>>
- [22] Colombo Filippetti [online]. 2008 [cit. 2011-05-10]. Dostupný z WWW:
<http://www.cofil.com/en/Products/High_Speed_Toolchangers.aspx>
- [23] Demmeler Maschinenbau [online]. 2010 [cit. 2011-04-29]. Dostupný z WWW:
<<http://www.demmeler.com/en/products/tool-exchange-systems.html>>
- [24] Big Kaiser [online]. 2010 [cit. 2011-05-17]. Dostupný z WWW:
<<http://www.bigkaiser.com/angle-head-agu.php>>
- [25] Lyndex-Nikken [online]. 2010 [cit. 2011-05-17]. Dostupný z WWW:
<<http://www.lyndexnikken.com/products-viewprd-1271p6741.htm>>
- [26] Direct Industry [online]. 2011 [cit. 2011-05-17]. Dostupný z WWW:
<<http://www.directindustry.com/prod/mpa/multi-spindle-drilling-heads-61944-473963.html>>
- [27] Techniks USA [online]. 2010 [cit. 2011-04-29]. Dostupný z WWW:
<<http://www.techniksusa.com/>>
- [28] Sandvik Coromant [online]. 2011 [cit. 2011-05-17]. Dostupný z WWW:
<http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/ROT_G.pdf>