



**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

## **REŠERŠE AUTOMATICKÉ VÝMĚNY NÁSTROJŮ U FRÉZOVACÍCH CENTER**

DESCRIPTION OF AUTOMATIC TOOL CHANGE AT MILLING MACHINES

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**MILAN PODLOUCKÝ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. JAN PAVLÍK**



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2009/10

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Podloucký Milan

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:

### **Rešerše automatické výměny nástrojů u frézovacích center**

v anglickém jazyce:

### **Description of automatic tool change at milling machines**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na vytvoření rešerše a uceleného rozřídění 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](http://www.atcgifu.com)

[www.pragati-automation.com](http://www.pragati-automation.com)

[www.aeny.com.tw](http://www.aeny.com.tw)

[www.deta.com.tw](http://www.deta.com.tw)

[www.miksch.de](http://www.miksch.de)

webové stránky výrobců obráběcích strojů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Pavlík

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 18.11.2009

L.S.

---

Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce je vytvoření rešerše a uceleného rozřídění v současnosti používaných zařízení pro automatickou výměnu nástrojů u frézovacích center.

## **Abstract**

The aim of this bachelor thesis is to create a literature research and comprehensive classification of currently used equipment for automatic tool change at milling centers.

## **Klíčová slova**

Automatická výměna nástroje, frézovací centrum, manipulátor, zásobník

## **Key words**

Automatic tool change, milling centre, manipulator, magazine

## **Bibliografická citace**

PODLOUCKÝ, M. Rešerše automatické výměny nástrojů u frézovacích center. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 32 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 25.5.2010

.....  
Milan Podloucký



## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	9
1.1. Co je to automatická výměna nástrojů? .....	9
1.2. Proč je potřeba automatická výměna nástrojů? .....	9
1.3. Vývoj automatické výměny nástrojů.....	10
1.4. Požadavky na systémy automatické výměny nástrojů .....	10
1.5. Základní rozdělení systému automatické výměny nástrojů.....	10
<b>2. Systémy s nosným zásobníkem</b> .....	11
2.1. Jedno vřetenové (Turret-Type Heads) .....	12
2.2. Více vřetenové (Multi-Spindle Heads).....	13
<b>3. Systémy se skladovacím zásobníkem</b> .....	14
3.1. Přímá výměna (Pick-Up).....	15
3.1.1. Lineární zásobníky (Linear Type) .....	16
3.1.2. Bubnové a deštníkové zásobníky (Drum and Umbrella Type).....	16
3.1.3. Řetězové zásobníky (Chain Type) .....	17
3.2. Pohyblivý zásobník + manipulátor .....	18
3.2.1. Hvězdicové zásobníky (Special Disk Type).....	21
3.2.2. Diskové zásobníky (Disc/Disk Type) .....	22
3.2.3. Regálové diskové zásobníky (Tool Tower).....	23
3.2.4. Řetězové zásobníky (Chain Type) .....	24
3.3. Stacionární zásobník + manipulátor.....	25
3.3.1. Vodorovné zásobníky (Horizontal Rack Type / Cassette Type) .....	26
3.3.2. Svislé zásobníky (Vertical Rack Type) .....	27
3.3.3. Kombinované zásobníky (Rack Type).....	28
<b>4. Systémy kombinované</b> .....	29
<b>5. Závěr</b> .....	30
<b>Seznam použitých zdrojů</b> .....	31

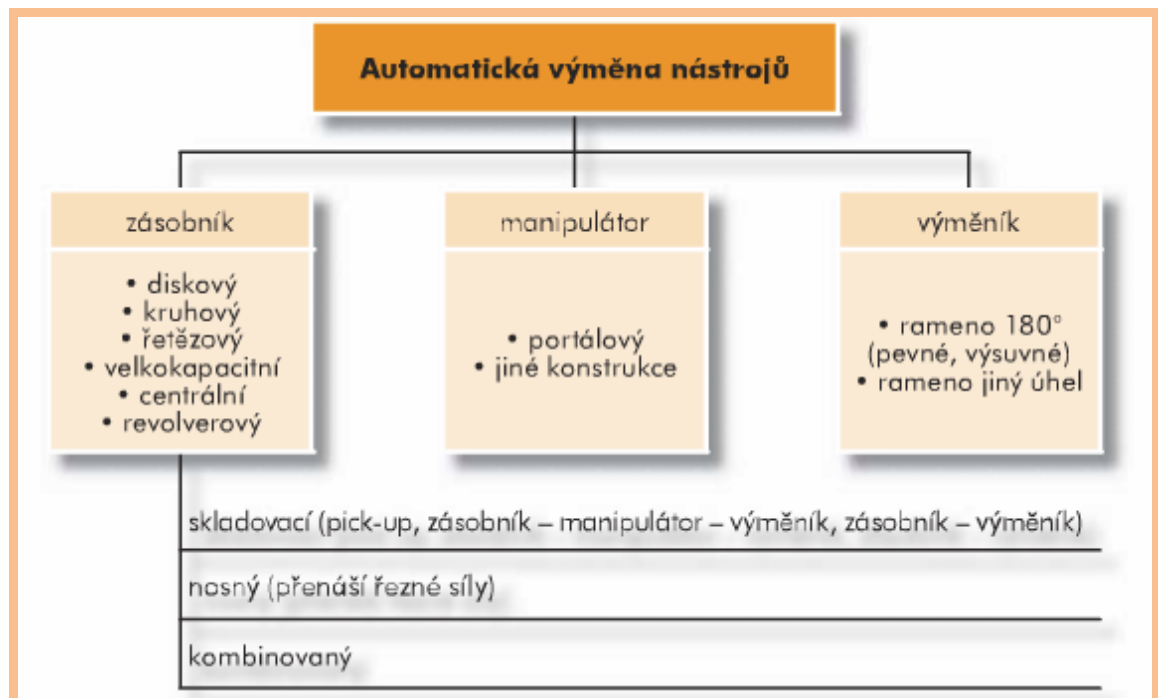




# 1. Úvod

## 1.1. Co je to automatická výměna nástrojů?


Automatická výměna nástroje (dále AVN) je zařízení, jehož úkolem je odebrat stávající nástroj a nahradit jej novým nástrojem, neboli nastavit nový nástroj do potřebné polohy. AVN nám tedy zajišťuje polohování, manipulaci a upnutí nástroje v obráběcím centru. Výměna je řízena programem. Zařízení dle systému (způsobu výměny) obsahuje zásobník, případně dále dopravní manipulátor a výměník nástroje. Zásobník nástroje slouží k bezpečnému uložení a zajištění nástrojových jednotek v blízkosti pracovního prostoru a dopravu požadované nástrojové jednotky do polohy pro výměnu. Výměník nástroje nám zajišťuje rychlou, spolehlivou a bezpečnou výměnu nástroje mezi vřetenem a dopravním manipulátorem nebo rovnou zásobníkem dle způsobu realizace automatické výměny nástrojů. [1]



Obr. 1 Morfologie AVN a její typy [1]

## 1.2. Proč je potřeba automatická výměna nástrojů?

Systémy AVN slouží ke zkrácení vedlejších časů a tím zvýšení produktivity práce, jelikož při obrábění součásti si ve většině případů nevystačíme s jedním nástrojem. Hlavním přínosem je však možnost plně automaticky řídit komplexní obrábění celého obrobku. S tím je také spjata vyloučení zásahů lidské obsluhy a tím pádem zvýšení bezpečnosti práce. [4]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

### **1.3. Vývoj automatické výměny nástrojů**

AVN se začala nejprve uplatňovat ve velkosériové výrobě u tzv. tvrdé automatizace používající narážky, vačky, dorazy či šablony. Díky pozdějšímu vývoji číslicového řízení dochází k rozvoji tzv. pružné automatizace. Začali vznikat první obráběcí centra a tím se AVN uplatňovat v malosériové výrobě. Z důvodů potřeby co nejflexibilnějších a nejuniverzálnějších strojů tzn. potřeby velké kapacity nástrojů a co nejkratších časů výměny došlo k velkému vývoji AVN a vzniku různých typů systémů. Proto konstrukční provedení můžeme dnes volit tak, abychom dosáhli optimálních podmínek využití. [2]

### **1.4. Požadavky na systémy automatické výměny nástrojů**

Aby systémy kvalitně plnili svoji funkci:

- čas výměny nástroje musí být co nejkratší
- zásobník nástrojů musí mít optimální kapacitu pro danou oblast využití
- musí být navrženy tak, aby neomezovaly pracovní prostor stroje a byly nenáročné na prostor a půdorysnou plochu
- mechanismy musí být zakryty nebo uspořádány tak, aby neohrožovaly obsluhu stroje
- musí být co nejjednodušší konstrukce a tím vysoké funkční spolehlivosti a životnosti
- u systémů s nosným zásobníkem musí mít zásobník dostatečně vysokou tuhost (přesnost obrábění)
- musí být odolné proti znečištění (třísky, prach)
- musí být ekologicky šetrné
- musí mít co nejnižší provozní náklady

[1, 4]

### **1.5. Základní rozdělení systému automatické výměny nástrojů**

Systémy AVN rozdělujeme podle použitého zásobníku nástrojů do tří základních skupin:

- systémy s nosným zásobníkem
  - zásobník nástrojů při práci stroje přenáší řezné odpory
- systémy se skladovacím zásobníkem
  - zásobník nástrojů nepřichází při práci stroje do kontaktu s obrobkem a nepřenáší řezné síly
- systémy kombinované
  - mají část přenášejí řezné odpory při práci stroje a skladovací část

[1, 2]



## 2. Systémy s nosným zásobníkem

Hlavním charakteristickým rysem je, že nosný zásobník je součástí nosného systému stroje a při práci neboli při odebírání třísky přenáší řezné síly. Je tedy zřejmé, že zásobník je umístěn přímo v pracovním prostoru stroje a proto musí mít relativně malé rozměry. Z tohoto důvodu tedy nemůže mít velkou kapacitu nástrojových míst. Systémy s nosným zásobníkem nám ale nezvětšují půdorysnou plochu stroje, což je velká výhoda. Další výhodou je velmi rychlá výměna nástrojů a relativně jednodušší konstrukce než u systémů se skladovacím zásobníkem, jelikož systémy s nosným zásobníkem nepotřebují pro svoji funkci žádné složité manipulátory a dopravníky nástrojů. Z toho plyne menší poruchovost a snadnější obsluha. Velkou nevýhodou je, že nástroje si překázejí a proto je zde velká pravděpodobnost kolize nepracujících nástrojů s obrobkem. Dále konstrukce zásobníku musí být přizpůsobena pro přenos velkých sil. [2]

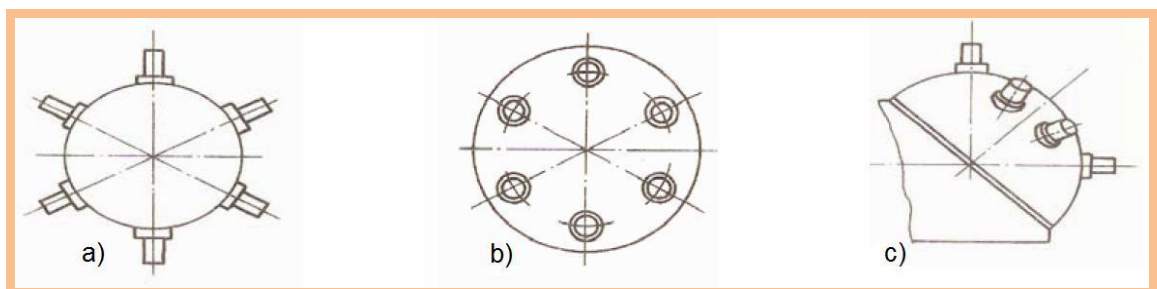
### Rozdělení:

U frézovacích obráběcích center s nosným zásobníkem se dnes používají zásadně systémy s výměnou vřeten s nástroji, které dělíme na:

- Jedno vřetenové - systémy s výměnou celých vřeten s nástroji uchycenými v nosném zásobníku
- Více vřetenové - systémy s výměnou celých více vřetenových operačních hlav s nástroji upevněnými na nosném zásobníku

Dále můžeme tyto systémy dělit dle konstrukčního řešení neboli dle poloh os vřeten vzhledem k ose otáčení vřetenové revolverové hlavy na:

- a) Osy vřeten leží v jedné rovině a jsou kolmé na osu otáčení hlavy
- b) Osy vřeten jsou rovnoběžné s osou otáčení hlavy
- c) Osy vřeten jsou površkami kuželu, jehož osa je osou otáčení hlavy [2]



**Obr. 2** Rozdělení dle poloh os vzhledem k ose otáčení vřetenové revolverové hlavy [2]



## 2.1. Jedno vřetenové (Turret-Type Heads)

Označujeme je také jako systémy s výměnou celých vřeten s nástroji uchycenými v nosném zásobníku. Pomocí natočení vřetenové revolverové hlavy (viz obr. 3) se dostane požadované vřeteno s nástrojem do pracovní polohy a automaticky se na něj začne přenášet točivý moment od pohonu. Počet vřeten bývá většinou relativně nízký a to 6 až 8. Motor a převodovka jsou umístěny mimo pracovní prostor stroje v suché zóně nekontaminované třískami a chladicí kapalinou. Celá koncepce je vhodná hlavně pro stroje určené na dokončovací operace z důvodu nízké tuhosti vřeten. Pokud má stroj sloužit i pro hrubovací operace, navrhne se minimálně jedno vřeteno mohutnější s větší tuhostí. V jednom frézovacím centru (viz obr. 5) může být i několik jedno vřetenových revolverových hlav (viz obr. 4). [2, 16]



**Obr. 3** Vřetenová revolverová hlava od firmy Gruppo Riello Sistemi [16]



**Obr. 4** Frézovací centrum VFX 450 od firmy Gruppo Riello Sistemi [16]

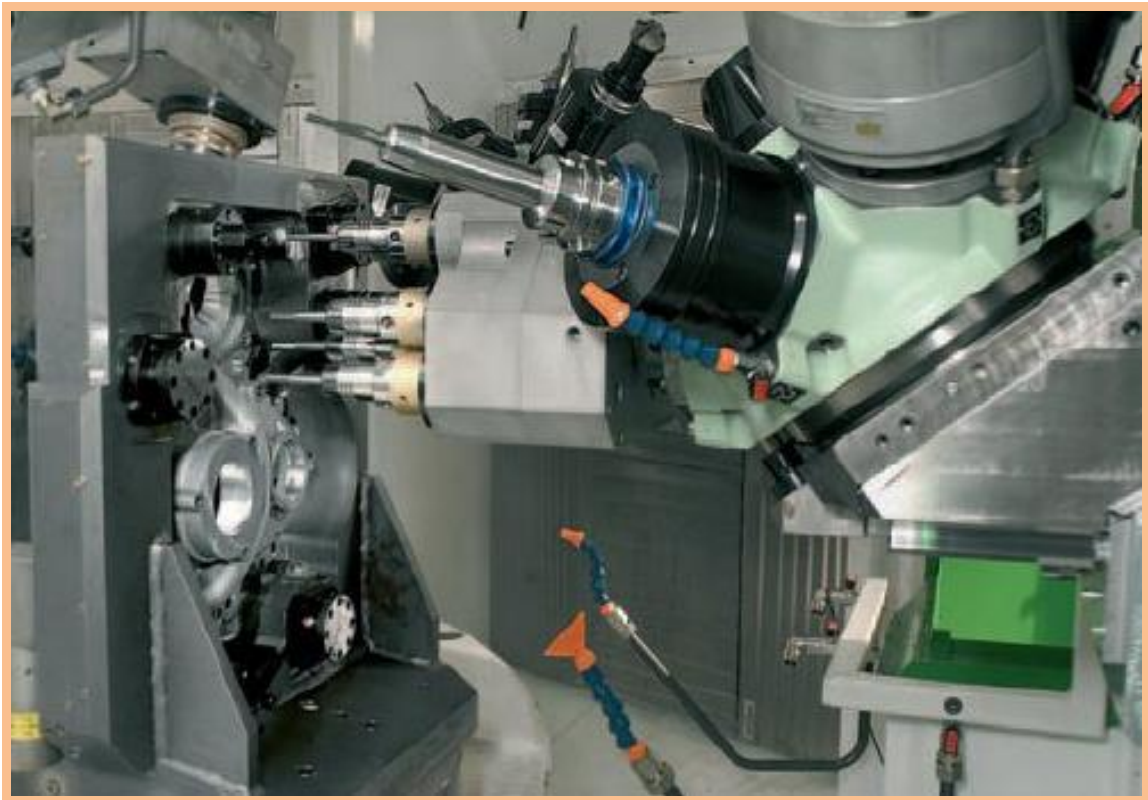


**Obr. 5** Frézovací centrum Vertiflex od firmy Gruppo Riello Sistemi [16]

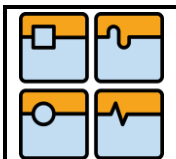


## 2.2. Více vřetenové (Multi-Spindle Heads)

Označujeme je také jako systémy s výměnou celých více vřetenových operačních hlav s nástroji upevněnými na nosném zásobníku. Proti jedno vřetenovým systémům se liší tím, že na některých nebo na všech pozicích vřetenové revolverové hlavy je připevněna jedna více vřetenová operační hlava (viz obr. 6). Použití takovýchto systémů je vhodné jen pro obrábění obrobků v opakované středně nebo velkosériové výrobě. Opět v jednom frézovacím centru může být i několik více vřetenových revolverových hlav. [2, 16]



**Obr. 6** Vícehlavá vřetenová revolverová hlava od firmy Gruppo Riello Sistemi [16]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 14
	<b>BAKALÁŘSKÁ PRÁCE</b>	

### 3. Systémy se skladovacím zásobníkem

Hlavním charakteristickým rysem je, že skladovací zásobník není součástí nosného systému stroje a při práci neboli při odebírání třísky nepřenáší řezné síly. Zásobník tedy nemusí být umístěn přímo v pracovním prostoru stroje, protože plní pouze skladovací funkci a proto jeho rozměry nejsou teoreticky omezené. Z tohoto důvodu tedy může mít několikanásobně větší kapacitu nástrojových míst než nosný zásobník. S rostoucí kapacitou se nám však zvětšuje půdorysná plocha stroje. Další výhodou, která plyne z jejich konstrukce, je že nástroje si nemohou překážet a proto nemůže dojít ke kolizi nepracujících nástrojů s obrobkem. Velkou nevýhodou je nutnost používat pro všechny nástroje jeden typ a rozměr nástrojového držáku. Dále čím je kapacita zásobníku nástrojů větší, tím je i jeho poloha ve větší vzdálenosti od místa, kde nástroje pracují (vřeteno stroje). Na překlenutí větších vzdáleností se vyvinuli složité manipulační systémy, čímž pochopitelně narůstají náklady na konstrukci a výrobu těchto systémů a zvyšuje se pravděpodobnost vzniku poruch. Samozřejmě také vzrůstají časy potřebné na výměnu nástroje. [1, 2]

#### Rozdělení:

Systémy se skladovacím zásobníkem dělíme dle způsobu realizace manipulačního cyklu neboli cesty nástroje, která začíná v nástrojovém držáku v zásobníku a končí uložením do pracovní polohy ve vřetenu na:

- Přímou výměnu (Pick-Up)
- Pohyblivý zásobník + manipulátor
- Stacionární zásobník + manipulátor

Dále můžeme tyto systémy dělit podle jejich kapacity na maloobjemové, velkoobjemové a s centrálním zásobníkem.

Systémy automatické výměny nástrojů s maloobjemovým zásobníkem jsou většinou jednodušší konstrukce a menších rozměrů než systémy s velkoobjemovým zásobníkem. Z tohoto důvodu tedy bývají umístěny i přímo v pracovním prostoru stroje a nezvětšují tak téměř půdorysnou plochu stroje. Mají obvykle kapacitu od dvaceti do čtyřiceti nástrojových míst. Nástroje jsou zde uspořádány jako v revolverových hlavách, případně jsou řešené jako zásobníky regálové nebo malé řetězové. [2]

Systémy automatické výměny nástrojů s velkoobjemovým zásobníkem mají obvykle složitější konstrukci než systémy s maloobjemovým zásobníkem. Jejich kapacita se v současné době nejčastěji pohybuje mezi šedesáti a pěti sty nástroji. Zásobníky mohou být řešené jako regálové, řetězové či stavebnicové (modulární skládání několika zásobníků stejného typu). Jelikož mají velké rozměry a také vysokou hmotnost, musí se často umísťovat mimo stroj. Z tohoto důvodu velmi zvětšují půdorysnou plochu stroje. Používají se hlavně u větších obráběcích center. [2]



Systémy automatické výměny nástrojů s centrálním zásobníkem představují další formu systémů se skladovacím zásobníkem, kdy lze zvýšit celkovou kapacitu zásobníku. Další výhodou tohoto principu je, že kontrolu a výměnu otupených nástrojů lze provádět v překrytém čase, bez rušivých vlivů na pracovní provoz obráběcího centra. [1]

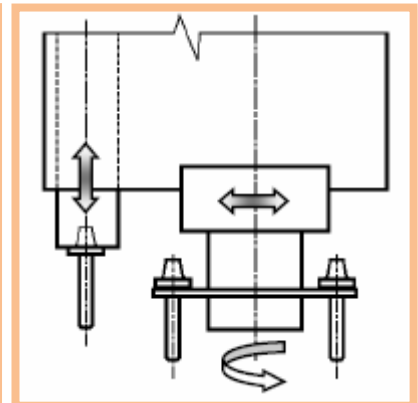
### 3.1. Přímá výměna (Pick-Up)

Přímá výměna (systém zásobník - vřeteno) bývá označována také zkratkou Pick-Up. Nevyžaduje žádný speciální manipulační prvek a proto je tato varianta systému výměny nástrojů se skladovacím zásobníkem konstrukčně nejjednodušší, nejspolehlivější a také nejlevnější. Počet nástrojových míst je malý, jelikož jsou zde využívány převážně maloobjemové zásobníky. Doba výměny je relativně dlouhá tzn. 5s i více. Přímá výměna je využívána zejména u menších a jednodušších obráběcích center, kde nejsou kladeny příliš vysoké nároky na počet nástrojů a rychlost jejich výměny. [2]

Systém funguje tak, že po dokončení operace pracovní vřeteno nejprve odloží stávající nástroj do přistaveného zásobníku a poté posunutím nebo natočením zásobníku se do osy vřetena dostane nástroj pro následující operaci. Nový nástroj si vřeteno vlastními posuvovými a upínacími mechanismy odebere a upne. Použití tohoto systému je tedy možné u frézovacích center s lineárním vedením (viz obr. 7) nebo s koncepcí s vřetenem ve výsuvné pinole (viz obr. 8). Z principu je zřejmé, že systém je schopen dosahovat rychlých časů výměny pouze v případě posouvání nebo pootáčení zásobníku jen o několik roztečí. [1]



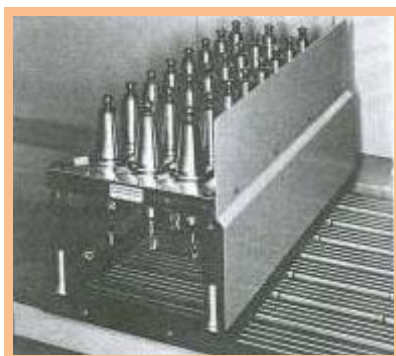
**Obr. 7** Přímá výměna s lineárním vedením a 21-ti místným zásobníkem od firmy Fadal [12]



**Obr. 8** Přímá výměna s vřetenem ve výsuvné pinole [2]

### 3.1.1. Lineární zásobníky (Linear Type)

Lineární zásobníky přišly na trh se vzrůstající rychlostí posuvů výkonných členů strojů. Mají tvar desky a jsou připevněny ke stolu. Dnes se již moc nepoužívají a ani největší mezinárodní firmy zabývající se výrobou a prodejem systémů AVN jako např. AENY INTERNATIONAL INC., Deta International, Gifu Enterprise CO. Ltd. a Colombo Filippetti je již nemají v nabídce. Na obr. 9 je zobrazen lineární zásobník pro frézovací centrum firmy Ferrari. [2]



Obr. 9 Lineární zásobník pro frézovací centrum Ferrari [2]

### 3.1.2. Bubnové a deštníkové zásobníky (Drum and Umbrella Type)

Přestože dle největších mezinárodních výrobců (seznam uveden u lineárních zásobníků) nese tento typ název bubnový a deštníkový zásobník lze jeho tvar popsat spíše jako kotouč či talíř. Nástroje v nástrojových držácích jsou zde umístěny po obvodu a mají osu rovnoběžnou s osou otáčení zásobníku. Výhodou jsou malé rozměry a velmi jednoduchá konstrukce. Nevýhodou je malý počet nástrojových míst, který se pohybuje kolem 20 až 30 a proto tento typ zařazujeme do maloobjemových zásobníků.

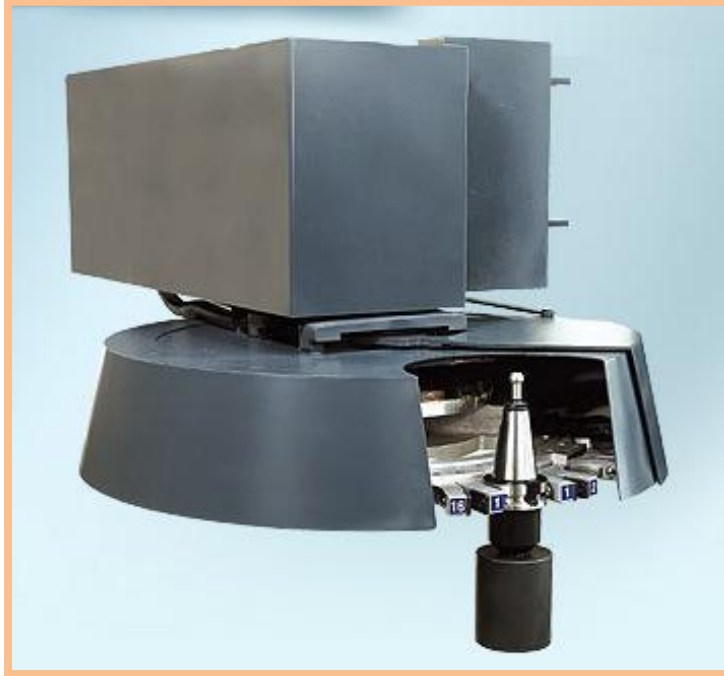


Obr. 10 Deštníkový zásobník od firmy AENY INTERNATIONAL INC. [6]



Obr. 11 Deštníkový zásobník od firmy AENY INTERNATIONAL INC. [6]





**Obr. 12** Bubnový a deštníkový zásobník od firmy Gifu ENTERPRISE CO., LTD. [10]



**Obr. 13** Bubnový zásobník od firmy AENY INTERNATIONAL INC. [6]

### 3.1.3. Řetězové zásobníky (Chain Type)

Stále častěji jsou bubnové a deštníkové zásobníky u Pick-Up systému nahrazovány vodorovnými řetězovými zásobníky (viz obr. 14), kde jsou nástroje umístěny ve smyčce. Tento typ zásobníku neumožňuje rychlejší výměnu, ale zvyšuje kapacitu nástrojových míst stroje, která se obvykle pohybuje v rozmezí 40 až 100 nástrojů. U Pick-Up systému jsou používány pevné držáky. [2]



**Obr. 14** Řetězový zásobník pro Pick-Up od firmy AENY INTERNATIONAL INC. [6]

### 3.2. Pohyblivý zásobník + manipulátor

Jedná se o nepřímou výměnu, která se na frézovacích centrech používá mnohem častěji než přímá. Důvodem je rychlejší a přesnější výměna, tišší operace a také menší vibrace. Doba výměny se u moderních výkonných strojů pohybuje od 2 do 4s. Hlavní výhodou je však možnost použít velkoobjemové zásobníky s dostatečným počtem nástrojových míst. Proto je také nepřímá výměna využívána zejména u větších a složitějších obráběcích center. [14]

Systém využívá pro manipulaci s nástroji mezi zásobníkem a vřetenem účelový manipulátor neboli výměník (viz obr. 15 a 16). Je to strojově nezávislé zařízení, které obsahuje pohonnou jednotku a prostředek k uchopení nástroje. Pohon výměníku je nejčastěji elektrický, ale může být i hydraulický nebo pneumatický případně kombinovaný. Prostředek k uchopení nástroje je zkonstruován většinou jako dvouramenná páka s úhlem 180° (viz obr. 17) nebo jiným podle potřeby konstrukce stroje. Na konci ramen se nachází držáky nástrojů. [1]



**Obr. 15** Vertikální výměník CUT41 od firmy Colombo Fillipetti [7]



**Obr. 16** Vertikální výměník VTC od firmy Colombo Fillipetti [7]

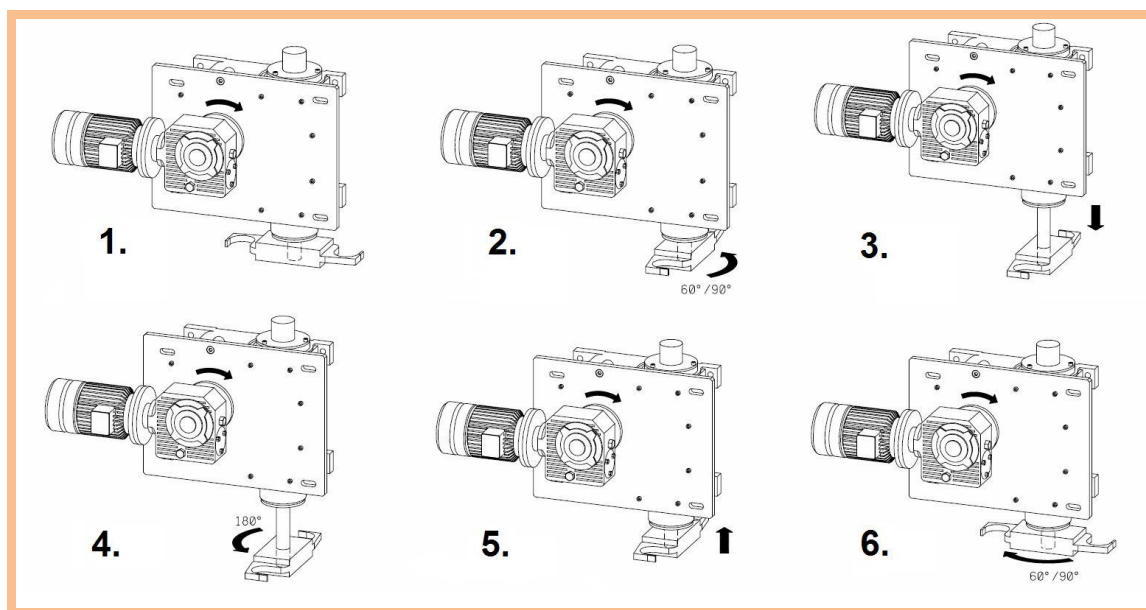


**Obr. 17** Dvouramenná páka výměníku od firmy Pragati Automation Pvt. Ltd. [15]



Jednodušší systém označovaný jako „zásobník – výměník – vřeteno“ se vyskytuje ve dvou verzích. První verze využívá pevně uchycený výměník, který nástroje uchopuje zaseknutím. Druhá verze obsahuje pohyblivě uchycený výměník, který nástroje uchopuje napíchnutím.

Výměna s použitím pevně uchyceného výměníku funguje tak, že v průběhu práce jedním nástrojem se zásobník automaticky natočí tak, aby nástroj pro následující operaci byl v dosahu výměníku. Po dokončení obráběcí operace dvouramenná páka otočením o  $90^\circ$  uchopí současně jedním ramenem použitý nástroj ve vřetenu a druhým nový nástroj v zásobníku. Poté se páka vysune, čímž se vyjmou nástroje z pozic. Následně se otočí o  $180^\circ$  a tím se dostane použitý nástroj do osy držáku v zásobníku a nový do osy vřetena. Pak dojde k zasunutí páky s nástroji. Nakonec páka otočením o  $90^\circ$  zpět uvolní nástroje a dostane se do počáteční pozice. Sekvence pohybů je zobrazena na obr. 18 a příklad výměny na obr. 19. [1, 2]

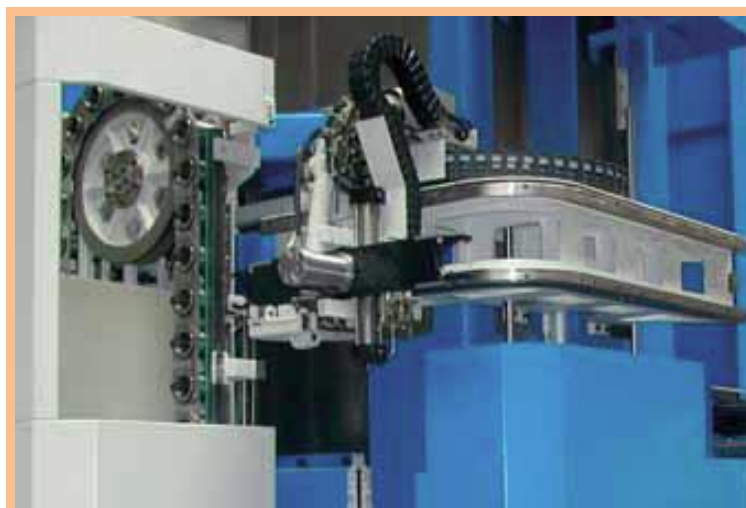


Obr. 18 Sekvence pohybů výměníku CUT41 od firmy Miksch GmbH [14]



Obr. 19 Nepřímá výměna od firmy Fadal [12]

Výměna s použitím pohyblivě uchyceného výměníku (viz obr. 20) se využívá hlavně u větších horizontálních frézovacích center. V průběhu práce jedním nástrojem se zásobník automaticky natočí tak, aby nástroj pro následující operaci byl v dosahu výměníku. Výměník následně přijede blíž k zásobníku. První rameno tak napíchnutím uchopí nový nástroj. Poté vysunutím celé páky dojde k vyjmutí nástroje ze zásobníku. Výměník pak odjede a páka se zasune. Po dokončení obráběcí operace výměník opět popojede, čímž druhým ramenem napíchne použitý nástroj ve vřetenu. Ihned na to se páka vysune a otočí o 180°. Tím se dostane nový nástroj do osy vřetena. Páka se zasune a výměník odjede. Stejným principem se vrátí použitý nástroj do zásobníku. Nakonec výměník najede do výchozí pozice. [2]



**Obr. 20** Pohyblivě uchycený výměník u frézovacího centra od firmy TOS Kuřim [17]

Dále se na trhu vyskytuje složitější systém s dopravním manipulátorem mezi zásobníkem a výměníkem označovaný jako systém „zásobník – manipulátor – výměník – vřeteno“. Princip výměny spočívá v tom, že v průběhu práce jedním nástrojem se automaticky zásobník natočí tak, aby nástroj pro následující operaci byl v dosahu dopravního manipulátoru. Dopravní manipulátor potom tento nástroj přenesení na místo, kde může být uchopen výměníkem. Dále následuje stejný postup jak u jednoduššího systému. Složitější systém se používá hlavně ve spojení s velkoobjemovými zásobníky nástrojů, které jsou umístěny mimo stroj v relativně velké vzdálenosti. [2]

Zásobník může být buď otočný s vodorovnou nebo svislou osou otáčení nebo řetězový vodorovný, svislý i šikmý. Rovina zásobníku tedy může být vůči rovině otáčení manipulátoru různě natočená. V tom případě se nástroje, přicházející do přípravné pozice na výměnu, ze zásobníku vyklápí, případně má manipulátor tomu přizpůsobenou konstrukci. Umístění zásobníku bývá různé - na stojanu stroje, na vřeteníku, vedle stroje a podobně. [2]



### 3.2.1. Hvězdicové zásobníky (*Special Disk Type*)

V hvězdicovém zásobníku (viz obr. 21 a 22) jsou nástroje v nástrojových držácích umístěny pouze po obvodu s velkou roztečí mezi sebou. Osa nástrojů je kolmá nebo téměř kolmá k ose otáčení zásobníku. Výhodou je relativně jednoduchá konstrukce a větší prostor pro výměnný mechanismus (pro páku výměníku). Nevýhodou je příliš velký vnější rozměr na velmi malý počet nástrojových míst. Kapacita se pohybuje do 20 nástrojů a proto tento typ zařazujeme do maloobjemových zásobníků. Hvězdicové zásobníky se vyrábí jak pro vertikální (viz obr. 21) tak pro horizontální (viz obr. 22) frézovací centra.



**Obr. 21** Hvězdicový zásobník R4EKB od firmy Deta International [9]



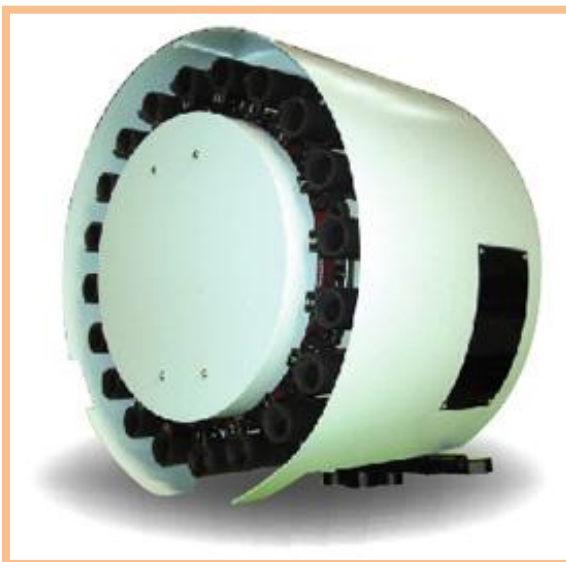
**Obr. 22** Hvězdicový zásobník HR4EK od firmy Deta International [9]

### 3.2.2. Diskové zásobníky (Disc/Disk Type)

Přestože je tento typ dle největších mezinárodních výrobců nazýván diskový, polovina prodávaných výrobků tvarem připomíná buben (viz obr. 24). Nástroje jsou zde umístěny pouze po obvodu ve výklopných držácích, které umožňují výměnu účelovým manipulátorem neboli výměníkem. Výhodou proti hvězdicovému zásobníku je větší počet nástrojových míst. Kapacita se obvykle pohybuje mezi 20 až 50 nástroji a proto diskový typ zařazujeme mezi zásobníky se střední kapacitou. Na obr. 23 až 25 je zobrazen vertikální typ pro vertikální frézovací centrum a na obr. 26 je zobrazen horizontální typ pro horizontální frézovací centrum.



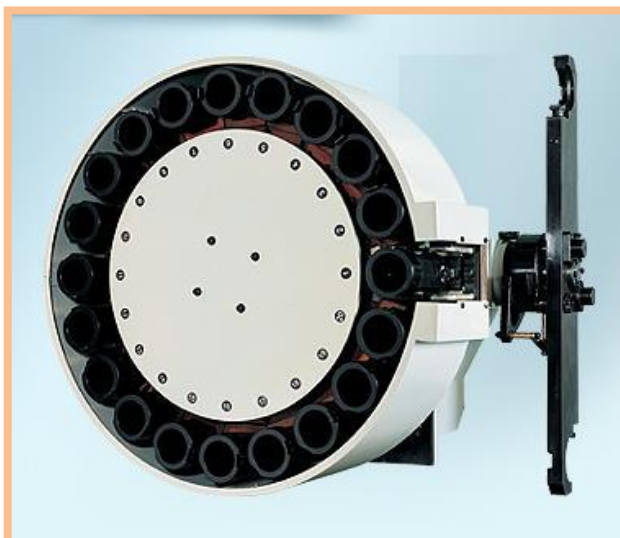
**Obr. 23** Diskový zásobník CTM 50 od firmy Colombo Fillippetti [7]



**Obr. 24** Diskový zásobník R4DKH od firmy Deta International [9]



**Obr. 25** Diskový zásobník od firmy Gifu ENTERPRISE CO., LTD. [10]



**Obr. 26** Diskový zásobník od firmy Gifu ENTERPRISE CO., LTD. [10]



### 3.2.3. Regálové diskové zásobníky (Tool Tower)

Regálové diskové zásobníky byly vyvinuty za účelem zvýšení kapacity klasických diskových zásobníků. Jsou vyrobeny tak, že jednotlivé disky jsou poskládány nad sebou na otočném sloupu (viz obr. 27). Rozteč disků je různá z důvodu potřeby rozmanité velikosti nástrojů při obrábění. Na výměnu je již potřeba použít složitější systém s dopravním manipulátorem (viz obr. 28). Dalšího zvýšení kapacity se dosáhne umístěním nástrojů nejen po obvodu, ale i v menších soustředných kružnicích (viz obr. 29). Největším výrobcem regálových diskových zásobníků je německá firma Demmeler Maschinenbau GmbH Co. KG, která uvádí kapacitu od 60 do 250 nástrojových míst a proto tento typ zařazujeme do velkoobjemových zásobníků.

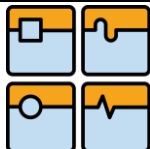


**Obr. 27** Regálový diskový zásobník od firmy Demmeler Maschinenbau GmbH Co. KG [4]



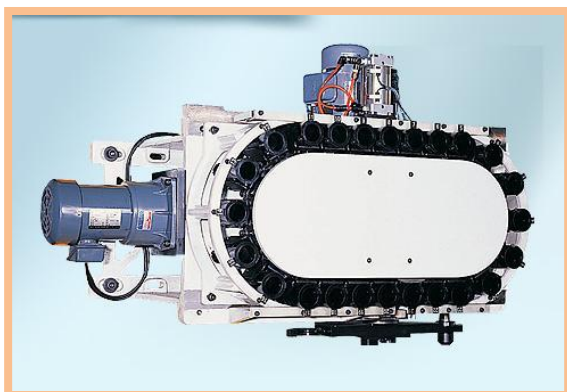
**Obr. 28** Regálový diskový zásobník od firmy Demmeler Maschinenbau GmbH Co. KG [8]

**Obr. 29** Soustředné kružnice reg. disk. zásobníku od firmy Demmeler Maschinenbau [8]



### 3.2.4. Řetězové zásobníky (Chain Type)

Řetězové zásobníky se používají nejen u výměny přímé, ale hlavně u výměny nepřímé. Zde však mohou být nejen vodorovné, ale i svislé a šikmé. Držáky nástrojů už nejsou pevné, ale jsou výklopné. Stejně jako u diskových zásobníků, výklopné držáky umožňují jednoduchou výměnu výměníkem. Kapacita nástrojových míst se pohybuje ve stejném rozmezí jako u Pick-Up systému tzn. 40 až 100 nástrojů. U vertikálních frézovacích center jsou využívány převážně oválné zásobníky (viz obr. 30 a 31). U horizontálních frézovacích center (viz obr. 32) mohou mít zásobníky různý tvar (viz obr. 33). [2]



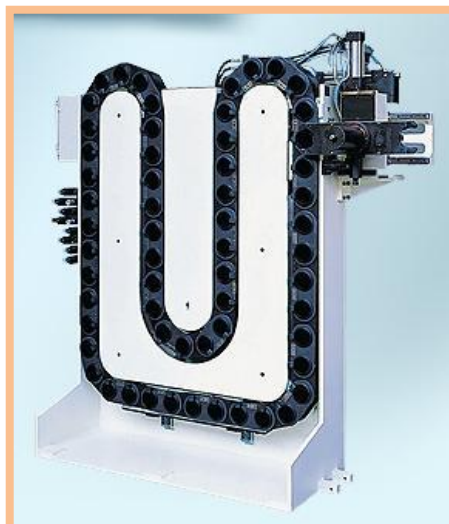
**Obr. 30** Řetězový zásobník od firmy Gifu ENTERPRISE CO., LTD. [10]



**Obr. 31** Řetězový zásobník od firmy Gifu ENTERPRISE CO., LTD. [10]



**Obr. 32** Horizontální frézovací centrum JY-MH800R od firmy JIUH-YEN [11]



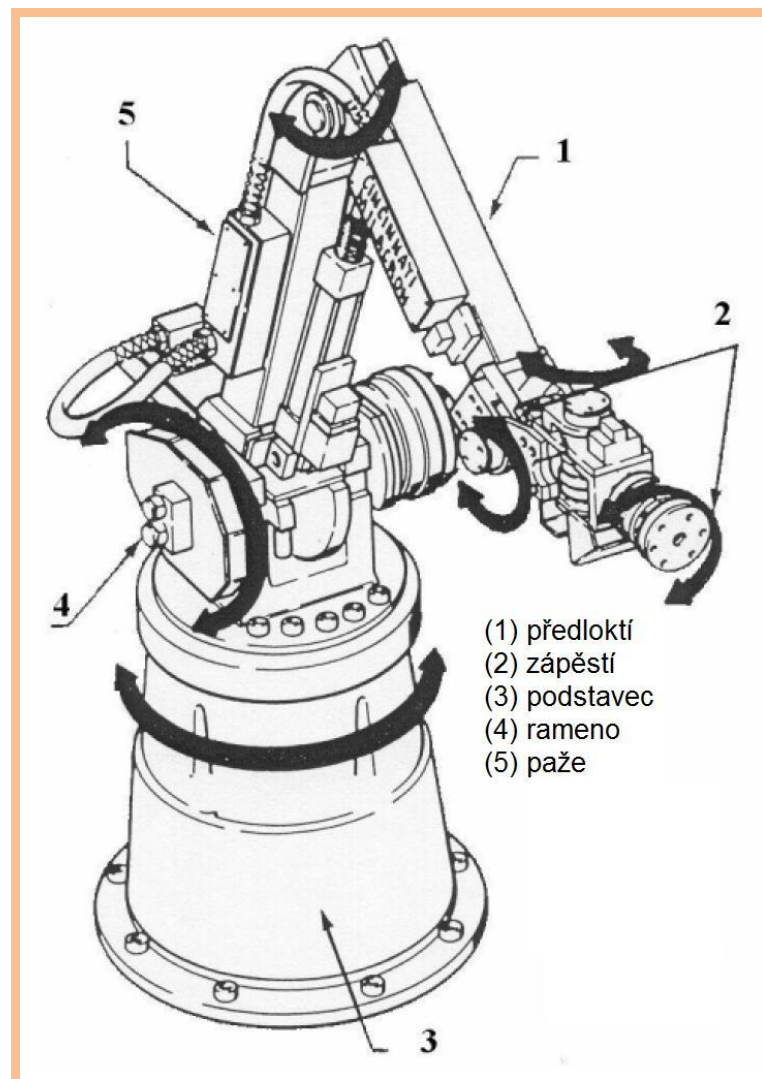
**Obr. 33** Řetězový zásobník od firmy Gifu ENTERPRISE CO., LTD. [10]





### 3.3. Stacionární zásobník + manipulátor

Jedná se o nepřímou výměnu, která využívá velkoobjemový stacionární regálový zásobník s dopravním manipulátorem umístěný mimo obráběcí centrum. Stacionární regálový zásobník může být vodorovný, svislý nebo kombinovaný. Jeho největší výhodou je kapacita, která může dosahovat až 500 nástrojových míst. Další výhodou je možnost umístění nástrojů velkých rozměrů a hmotností. Nástroje mohou mít průměr až 500 mm a délku až 1200 mm a hmotnost až 350 kg. Jako dopravní manipulátor se používá portálový manipulátor připomínající portálový jeřáb nebo více či méně složitý průmyslový robot (viz obr. 34). Koncový člen dopravního manipulátoru obsahuje efektor zprostředkávající styk s okolím. U AVN efektor slouží k manipulaci s uchopenou součástí (nástrojem) a hovoříme tedy o úchopové hlavici. S tímto řešením AVN se v praxi neseťkáváme tak často z důvodu velkých rozměrových a cenových nároků. Cena robota je i několik milionů korun. Mezi největší výrobce průmyslových robotů patří firmy ABB, FANUC Robotics, KUKA, Mitsubishi a Motoman. [3, 4]



Obr. 34 Průmyslový robot [3]



### 3.3.1. Vodorovné zásobníky (Horizontal Rack Type / Cassette Type)

Nástroje jsou zde umístěny ve stojanech a každý vodorovný zásobník má dva (viz obr. 35) nebo tři (viz obr. 36) stojany. Zásobníky se mohou poskládat vedle sebe. Tak vznikne jeden obrovský zásobník. Toto řešení je zobrazeno na obr. 37, kde je celek složen z 6 vodorovných zásobníků a dohromady má kapacitu 300 nástrojů. Je zřejmé, že použití je vhodné zejména u velkých horizontálních frézovacích center (viz obr. 38) na výrobu velkých složitých obrobků. Nevýhodou jsou velmi velké půdorysné rozměry. Vodorovné zásobníky využívají většinou portálový dopravní manipulátor (viz obr 37).



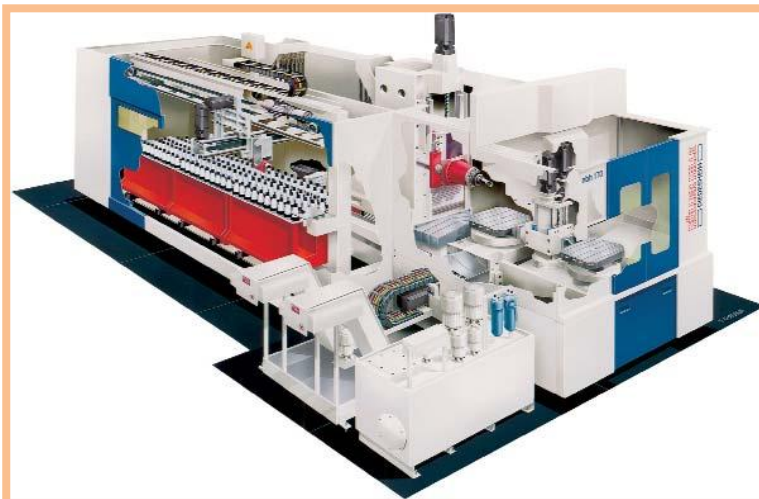
**Obr. 35** Vodorovný zásobník od firmy Hüller Hille [13]



**Obr. 37** Zásobník u frézovacího centra nbh 350 od firmy Hüller Hille [13]



**Obr. 36** Vodorovný zásobník od firmy Hüller Hille [13]



**Obr. 38** Horizontální frézovací centrum nbh 170 od firmy Hüller Hille [13]



### 3.3.2. Svislé zásobníky (Vertical Rack Type)

Svislé zásobníky (viz obr. 39) jsou jakoby na výšku postavené vodorovné zásobníky. Jedná se však ve většině případů o celistvou konstrukci s rámem využívající portálový dopravní manipulátor. Proto nelze zásobníky skládat vedle sebe jak u vodorovných zásobníků. Toto řešení nám však minimalizuje půdorysné rozměry. Svislé zásobníky jsou vyráběny v různých rozměrech tak, aby jejich výška odpovídala výšce samotného stroje. Velké množství rozměrových variant lze najít u mezinárodní firmy Toyoda.



Obr. 39 Matrix Tool Magazine od firmy Toyoda [5]

### 3.3.3. Kombinované zásobníky (Rack Type)


Kombinované zásobníky vznikly kombinací předešlých dvou typů a to vodorovného a svislého zásobníku. Na obr. 40 je zobrazen kombinovaný regálový zásobník s portálovým dopravním manipulátorem od firmy Riello Sistemi, používaný u jejich frézovacích center Spark. Na obr. 41 je zobrazen kombinovaný regálový zásobník s průmyslovým robotem vyrobený firmou DEMMELER, který byl použit na stroji MULTI-TEC firmy Waldrich Coburg. [4]



**Obr. 40** Kombinovaný regálový zásobník od firmy Gruppo Riello Sistemi [16]




**Obr. 41** Kombinovaný regálový zásobník od firmy Demmeler Maschinenbau GmbH Co. KG [4]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 29
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

## 4. Systémy kombinované

Kombinované systémy automatické výměny nástrojů vznikly kombinací dvou předchozích typů a to se skladovacím zásobníkem a s nosným zásobníkem. Většinou mají jeden nebo více skladovacích zásobníků různých druhů a jednu nebo více nástrojových hlav. Všechny části jsou spojeny v jednotně pracující celek. Používají se hlavně u složitějších obráběcích center. Největší výhodou tohoto systému je dosahování nejkratších časů výměny nástroje přímo v pracovním prostoru stroje. Při obrábění jedním nástrojem je z druhého, nyní nepracujícího, nástrojového místa v hlavě dříve použitý nástroj uložen zpět do skladovacího zásobníku a na jeho místo v hlavě je manipulátorem vložen nástroj pro následující operaci. Poté otočením nástrojové hlavy je výměna nástroje dokončena. Nevýhodou však je, že při operaci s krátkým výrobním časem se nestačí nástroj na druhé pozici hlavy vyměnit. Pak se musí čekat na dokončení výměny. Toto lze však eliminovat použitím kombinovaných systémů s vícemístnými vřetenovými revolverovými hlavami. [2]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 30
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	


## 5. Závěr

Systémy automatické výměny nástrojů jsou neodmyslitelnou součástí každého frézovacího centra. Přispívají ke zkrácení vedlejších časů a mají tak velkou zásluhu na zvyšování produktivity frézovacích center. Můžeme tedy konstatovat, že nesou podíl na snižování výrobních nákladů obrobků. Hlavním cílem při vývoji systémů AVN je jejich provozní spolehlivost, životnost, efektivnost a samozřejmě výměna nástroje v co nejkratším možném čase. V neposlední řadě je důležitá i finanční stránka.

Volba systému AVN jak u vertikálních tak i horizontálních frézovacích center je závislá především na obrocích, které budou na centru vyráběny, jelikož spojování více operací vyžaduje přístup k velkému množství nástrojů. Proto u mnoha mezinárodních výrobců je více vidět snaha o zvyšování kapacity zásobníků, při relativně malé náročnosti na půdorysnou plochu, než zkrácování času výměny. Výjimkou nejsou zásobníky schopné pojmout až 500 nástrojů. Přesto je na trhu mnoho systémů, jejichž největší výhodou je právě čas výměny. Vyskytují se i takové, které dokážou provést výměnu nástroje za jednu sekundu.

Na automatickou výměnu nástrojů u frézovacích center jsou jistě využívány i jiné způsoby výměny než tato bakalářská práce obsahuje. Jedná se však o velmi speciální konstrukční řešení v závislosti na koncepci stroje a podmínkách využití. Možnost setkání se s nimi v praxi je tedy velmi malá.

Je tedy zřejmé, že už v současné době je automatická výměna nástrojů na velmi vysoké úrovni a pokrok jde ruku v ruce s vývojem nových technologií. Ať už jde o stoupající množství nástrojových míst nebo zkrácování časů výměny na minimum. Právě u času výměny není dle mého názoru mnoho prostoru na vylepšení, jelikož vysoké pohybové rychlosti manipulátoru jsou limitované velkým nárůstem zatížení pohonných jednotek motorů a nebezpečím rázů v mechanismech. [1]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 31
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

## Seznam použitých zdrojů

- [1] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Odborná monografie vydaná formou speciálního vydání časopisu MM Průmyslové spektrum. Praha: MM publishing s.r.o., 2006. 284 s. ISSN 1212- 2572.
- [2] 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.
- [3] Kolektiv autorů: *Úvod do strojírenství (učební texty)* [HTML dokument]. Katedra vozidel a motorů, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2001 [cit. 2010-04-24], ISBN 80-7083-538-9. Dostupný z WWW: <<http://www.ksd.tul.cz>>.
- [4] *Automatická výměna nástrojů a obrobků* [online]. 2002 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW: <[http://technik.ihned.cz/c4-10004030-11353200-800000\\_d-automaticka-vymena-nastroju-a-obrobku](http://technik.ihned.cz/c4-10004030-11353200-800000_d-automaticka-vymena-nastroju-a-obrobku)>.
- [5] *Stationary Tool Storage Rack stores up to 500 HMC tools* [online]. 2006, září [cit. 2010-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://news.thomasnet.com/fullstory/493221>>.
- [6] *AENY INTERNATIONAL INC.* [online]. [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW: <[http://www.aeny.com.tw/products/products\\_ATC.htm](http://www.aeny.com.tw/products/products_ATC.htm)>.
- [7] *Colombo Fillipetti* [online]. [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.cofil.it/en/Products/Products.aspx>>.
- [8] *Demmeler Maschinenbau GmbH Co. KG* [online]. [cit. 2010-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.demmeler.com>>.
- [9] *Deta International* [online]. [cit. 2010-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.deta.com.tw/products.html>>.
- [10] *Gifu ENTERPRISE CO., LTD.* [online]. [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.atcgifu.com/index-1.html>>.
- [11] *JIUH-YEH PRECISION MACHINERY CO., LTD.* [online]. [cit. 2010-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.jiuhyeh.com/e/2-mh800r.html>>.
- [12] *MAG Fadal* [online]. [cit. 2010-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.fadal.com/technology/tool-changers.html>>.
- [13] *MAG Hüller Hille* [online]. 2005 [cit. 2010-04-24]. Dostupný z WWW: <[http://szimker.hu/images/huller-hille/nbh170-350\\_prosp.pdf](http://szimker.hu/images/huller-hille/nbh170-350_prosp.pdf)>.

- [14] *Miksch GmbH* [online]. [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.eng.miksch.de/prodsheet.php?nodeid=1850>>.
- [15] *Pragati Automation Pvt. Ltd.* [online]. [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.pragati-automation.com/en/product/atc/atc.shtml>>.
- [16] *Gruppo Riello Sistemi* [online]. [cit. 2010-04-24]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.riellosistemi.it/riellosistemi/frontend/front.jsp?type=products&page\\_id=42&menu\\_id=28&start=0&limit=20](http://www.riellosistemi.it/riellosistemi/frontend/front.jsp?type=products&page_id=42&menu_id=28&start=0&limit=20)>.
- [17] *TOS Kuřim* [online]. 2009 [cit. 2010-04-24]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.tos-kurim.cz/download/TOS\\_Gantry-type-machining-centres.pdf](http://www.tos-kurim.cz/download/TOS_Gantry-type-machining-centres.pdf)>.