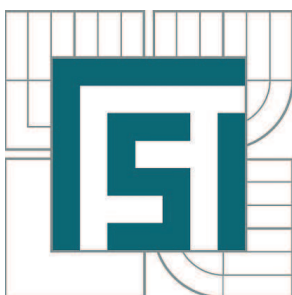


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

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

ALEŠ OPLUŠTIL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PAVLÍK, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Aleš Opluštil

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, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 25.10.2011

L.S.

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

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá současným stavem v oblasti automatické výměny nástrojů u frézovacích center. V práci je vytvořena rešerše a ucelené základní rozřídění v současnosti používaných manipulátorů a zásobníků. Jsou zde uvedené i konkrétní produkty výrobců zařízení pro automatickou výměnu nástrojů, které mají pomoci čtenáři přiblížit daný způsob výměny nástroje i s jeho orientačními parametry.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automatická výměna nástrojů, manipulátor, zásobník nástrojů, revolverová hlava, frézovací centrum

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with present status in the area of automatic tool change at milling centers. Research, as well as basic integrated classification of currently used manipulators and magazines can be found in this work. Specific equipment manufacturer's products for automatic tool change are introduced to draw the reader near the understanding of given tool change and its orientational parameters.

KEYWORDS

Automatic tool change, manipulator, tool magazine, turret head, milling center

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

OPLUŠTIL, A. *Trendy současného vývoje automatické výměny nástrojů u frézovacích center*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 47 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením pana Ing. Jana Pavlíka, PhD a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2012

.....

Aleš Opluštil

PODĚKOVÁNÍ

Předně bych chtěl poděkovat panu Ing. Janu Pavlíkovi, PhD za odborné vedení a cenné rady při vypracování této bakalářské práce, dále rodině a blízkým za podporu při studiu.

OBSAH

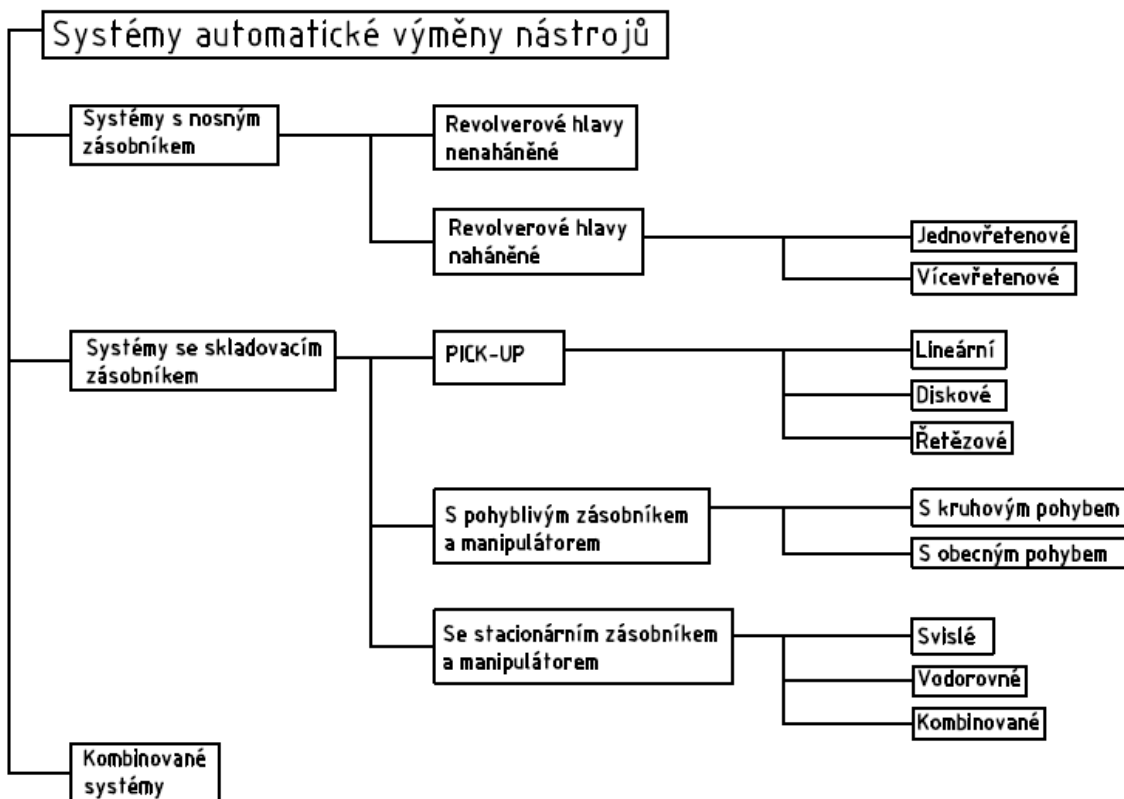
Úvod	10
1 Systémy s nosným zásobníkem.....	11
1.1 Revolverové hlavy nenaháněné	11
1.2 Revolverové hlavy naháněné.....	12
1.2.1 Jednovřetenové revolverové hlavy.....	12
1.2.2 Vícevřetenové revolverové hlavy.....	15
2 Systémy se skladovacím zásobníkem.....	17
2.1 PICK-UP	17
2.1.1 PICK-UP s lineárním zásobníkem.....	18
2.1.2 PICK-UP s diskovým zásobníkem.....	20
2.1.3 PICK-UP s řetězovým zásobníkem.....	21
2.2 Systémy s pohyblivým zásobníkem a manipulátorem	24
2.2.1 Zásobník s kruhovým pohybem nástrojů.....	25
2.2.2 Zásobník s obecným pohybem nástrojů.....	27
2.3 Systémy se stacionárním zásobníkem a manipulátorem	29
2.3.1 Se svislým zásobníkem.....	30
2.3.2 S vodorovným zásobníkem	32
2.3.3 S kombinovaným zásobníkem	34
2.4 Kódování nástrojů	39
3 Kombinované systémy.....	40
4 Design.....	41
Závěr.....	44
Seznam použité literatury.....	45

ÚVOD

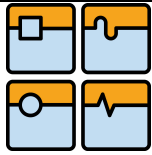
Jedním z hlavních cílů výrobců obráběcích center je docílit maximální produktivity stroje, které lze dosáhnout minimalizací obráběcího času. Kromě časů pracovních mají vliv na produktivitu i časy vedlejší, mezi které se řadí časy na výměnu nástrojů a obrobků. Tyto časy je potřeba zkrátit na minimum, protože se při výměně nástroje a obrobku neodebírá materiál a vznikají prostoje. Jednou ze současných tendencí při obrábění je vykonání co největšího počtu operací na jedno upnutí, při kterém se zpravidla vystřídá několik nástrojů. Proto výměna nástroje více ovlivňuje produktivnost obráběcího centra než výměna obrobků.

Automatická výměna nástroje (AVN) umožňuje automaticky odebrat nástroj z upínače a nahradit jej jiným nástrojem ze zásobníku nebo jakkoliv jinak nahradit původní nástroj za nový bez přímého zásahu lidské obsluhy. Zavedením systémů AVN se výrazně zkrátí čas výměny nástroje, zvýšila se spolehlivost výměn a bezpečnost obsluhy. Dnes je již neodmyslitelnou součástí obráběcích center.

Existuje celá řada výrobců, kteří nabízí široké spektrum systémů AVN. Následující schéma (obr. 1) zobrazuje základní rozdělení v současnosti používaných systémů. Jednotlivé systémy jsou více rozebrány v následujících kapitolách této práce. [2, 6]



Obr. 1 Rozdělení AVN.

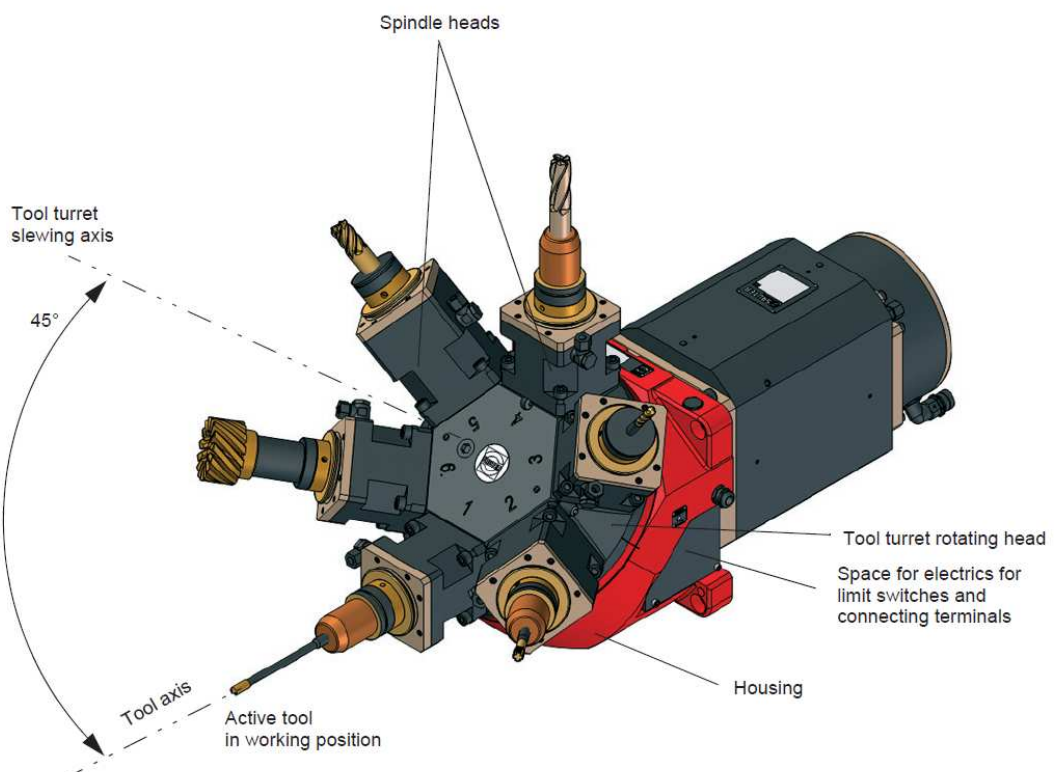


1 SYSTÉMY S NOSNÝM ZÁSOBNÍKEM

Nástroj je v zásobníku pevně uchycen a společně přenášejí řezné síly při obrábění. Zásobníkem je obvykle revolverová nebo vícevřetenová hlava. Nejčastěji bývají systémy s nosným zásobníkem umísťovány přímo v pracovním prostoru stroje, protože v porovnání se skladovacími zásobníky mají menší rozměry, a tak nezvětšují půdorysnou plochu stroje. Na druhou stranu je potřeba větší robustnosti konstrukce obráběcího centra, revolverové hlavy zabírají část pracovního prostoru stroje a nástroje, které jsou v přímé blízkosti obrábění, jsou znečišťované.

Počet nástrojových míst je u tohoto systému velmi malý (většinou do deseti). Nástroje bývají v zásobníku obvykle poskládány do kružnice a požadovaný nástroj se do pozice pro obrábění dostane pouhým natočením zásobníku. Od toho se také odvíjí čas výměny nástrojů, který dosahuje skvělých hodnot. Aby nedošlo ke kolizi některého z nepracujících nástrojů se strojem nebo obrobkem, musí se při sestavování programu brát ohled na nástroje, které nepracují.





Systémy s nosnými zásobníky ve své konstrukci neobsahují manipulátor na výměnu nástrojů, ale jsou kladeny vysoké nároky na tuhost a přesnost konstrukce. [2, 4, 6]



Obr. 2 Vřetenová revolverová hlava od firmy Sauter. [8]

1.1 Revolverové hlavy nenaháněné

Tento systém je doménou především soustružnických center a nástroje, nazývané se soustružnické nože, bývají seřazené v nožové nebo revolverové hlavě. Tato hlava obvykle obsahuje 4 až 12 nástrojů, které jsou upnuté buď přímo nebo často prostřednictvím univerzálních držáků, ve kterých jsou již seřizené. Nástrojem

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

může být jak soustružnický nůž, tak i vrták či závitník. V případě vrtáku musí být osa nástroje shodná s osou rotace obrobku.

V praxi se můžeme setkat s případy užití dvou a více hlav s nástroji, což přináší dvě hlavní výhody. První je, že můžeme zvýšit kapacitu zásobníku až několikanásobně, a druhá přináší možnost obrábět více nástroji současně, což vede k úspoře času obrábění. K nevýhodám patří zmenšení pracovního prostoru stroje a také je třeba brát větší ohled na kolizi nástrojů. Na obr. 3 můžeme vidět použití dvou revolverových hlav na soustružnickém centru od firmy Mori Seiki.

Hlavní řezný pohyb při obrábění je rotační a koná jej obrobek. Z toho plyne, že systém je vhodný pro obrábění rotačních ploch, ale obrábění jiných ploch než rotačních je komplikovanější a méně vhodné. [2]



Obr. 3 Použití dvou revolverových hlav. [13]

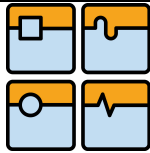
1.2 Revolverové hlavy naháněné

Výhodou revolverových naháněných hlav je, že se neomezují jen na rotační obrobky, ale umožňují obrábět například rovinné plochy nebo hloubit otvory nejen v ose obrobku. To přináší širší rozsah využití co se týče tvaru obrobku. Nástroje jsou vybaveny pohonem, který uvádí nástroje do pohybu. Zde již hlavní pohyb nekoná obrobek, ale nástroj.

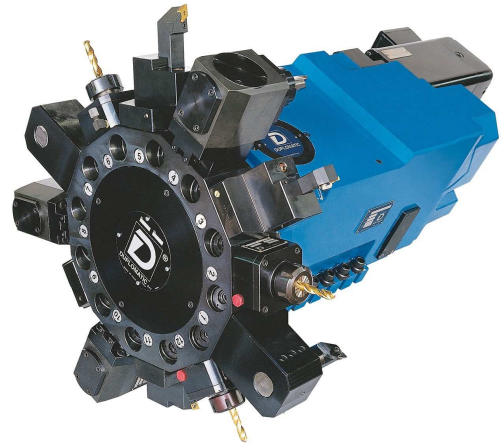
1.2.1 Jednovřetenové revolverové hlavy

V praxi se vyskytují ve třech provedeních:

- osa nástroje je rovnoběžná s osou otáčení revolverové hlavy (obr. 4)
- osa nástroje je kolmá k ose otáčení revolverové hlavy (obr. 5)
- osa nástroje je různoběžná s osou otáčení revolverové hlavy (obr. 6). [2]



Obr. 4 Revolverová hlava s rovnoběžnými osami. [10]



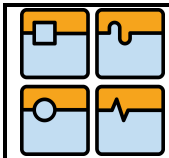
Obr. 5 Revolverová hlava s kolnými osami. [10]



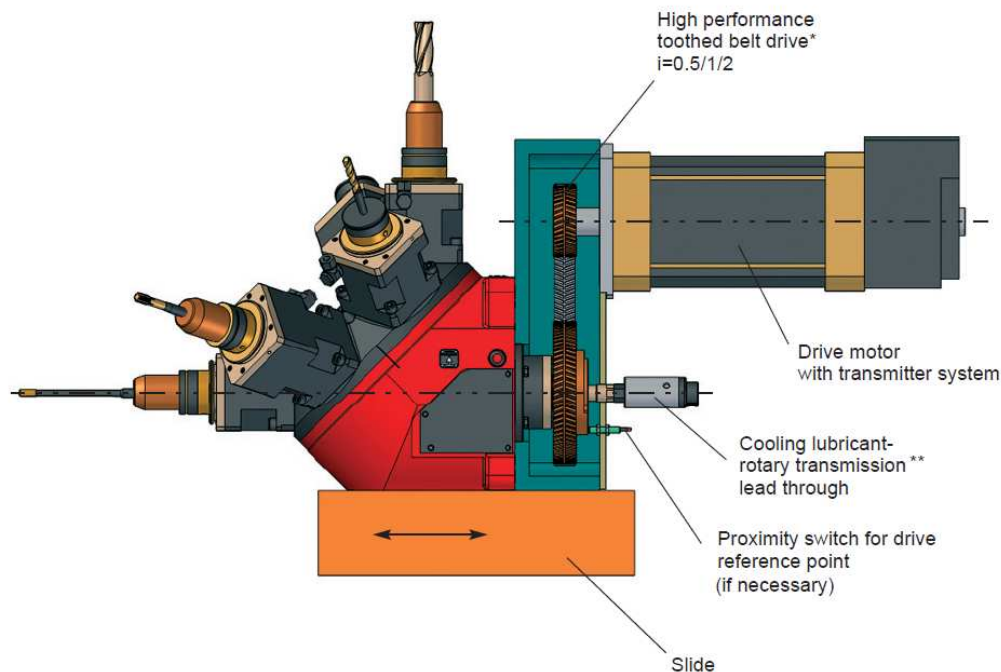
TRH 500

Obr. 6 Revolverová hlava s mimoběžnými osami. [9]

Revolverové naháněné hlavy jsou konstrukčně složitější oproti nenaháněným, jak je patrné z obr. 7. Důvodem je, že v tomto případě koná řezný pohyb nástroj, který musí pohánět motor. Otáčení hlavy i nástroje pohání jeden jediný motor vybavený spojkou a převodovkou. Z konstrukční složitosti vyplývá také vyšší cena. Čas výměny nástroje je u revolverových hlav excelentní, pohybuje se v řádech i desetin sekund. Jedno obráběcí centrum může obsahovat i několik revolverových hlav, což opět vede ke značnému zvýšení produktivity. [2]



Drive with toothed-belt gearing

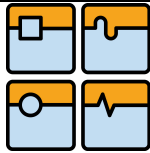


Obr. 7 Revolverová naháněná hlava. [8]

Často se můžeme setkat s hlavou, ve které jsou některé nástroje poháněné a některé nepoháněné. Toho využívá například i nový stroj DMG CTX 310 Ecoline. Revolverová hlava zásobníku obsahuje 12 nástrojů (viz. obr. 8), z toho 6 je poháněných, což umožňuje obrobek soustružit, frézovat, vrtat atd. [11]



Obr. 8 Revolverová hlava s poháněnými i nepoháněnými nástroji. [11]



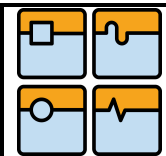
1.2.2 Vícevřetenové revolverové hlavy

Své uplatnění nacházejí v hromadné a velkosériové výrobě. Typická je pro ně vysoká produktivita při malých nárocích na zastavěnou plochu. Jejich použití je možno vysvětlit na následujícím příkladu vrtání velkého množství otvorů. To je z časového hlediska velmi náročné. Proto se pro zvýšení produktivity používají nástrojové hlavice (viz. obr. 9) s násobnými vřeteny poháněné jedním pohonem nebo stroje mají více vrtacích vřeten. V produkční výrobě se používají pevné nebo vyměnitelné vícevřetenové revolverové hlavy (obr. 10).

Pomocí vícevřetenových revolverových hlav lze podstatně snížit a optimalizovat výrobní časy a náklady, avšak je nezbytné počítat s nemalou investicí. S vícevřetenovými revolverovými hlavami se můžeme setkat ve speciálních výrobních linkách a své uplatnění nacházejí například v automobilovém průmyslu. Na obr. 11 můžeme pohlédnout do frézovacího centra s více vřetenovými i vícevřetenovými hlavami. [1, 2, 15, 16]



Obr. 9 Nástrojová hlavice. [14]



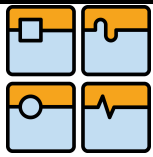
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Obr. 10 Vřetenová hlava od firmy Pibomulti. [9]



Obr. 11 Frézovací centrum s více vřetenovými i vícevřetenovými hlavami. [12]



2 SYSTÉMY SE SKLADOVACÍM ZÁSObNÍKEM

Základním rysem těchto systémů je zásobník s nástroji, na který nepůsobí řezné síly a má jen skladovací funkci. Skladovací zásobníky mají v porovnání s nosnými zásobníky obvykle větší rozměry a tak bývají umístěny, kromě systému PICK-UP, mimo pracovní prostor. Umístěním mimo pracovní prostor stroje, zvětšují půdorysnou plochu stroje, ale nehrozí tudíž havárie nepracujícího nástroje s obrobkem nebo částí obráběcího stroje. Zásadní výhodou ve srovnání s nosnými zásobníky je počet nástrojových míst v zásobníku.

Výměna nástroje je, s výjimkou systému PICK-UP, prováděná manipulátorem, který se stará o dopravu a výměnu nástroje ze zásobníku do vřeteně. V případě systému PICK-UP si nástroj ze zásobníku odebírá přímo vřetenem. Jelikož se nástroje mohou při obrábění v zásobníku různě posunovat nebo mohou být přemístěny manipulátorem, nemusí být poskládané v operačním sledu. Nicméně programátor při sestavování programu již nemusí brát zřetel na nepracující nástroje.

Navíc systémy se skladovacím zásobníkem nezatěžují suport stroje, umožňují seřadit nepracující nástroj za provozu centra a lze dosáhnout velice příznivých časů výměn nástroje. [1, 2, 3, 6]

Podle způsobu výměny nástroje se systémy se skladovacím zásobníkem dělí na:

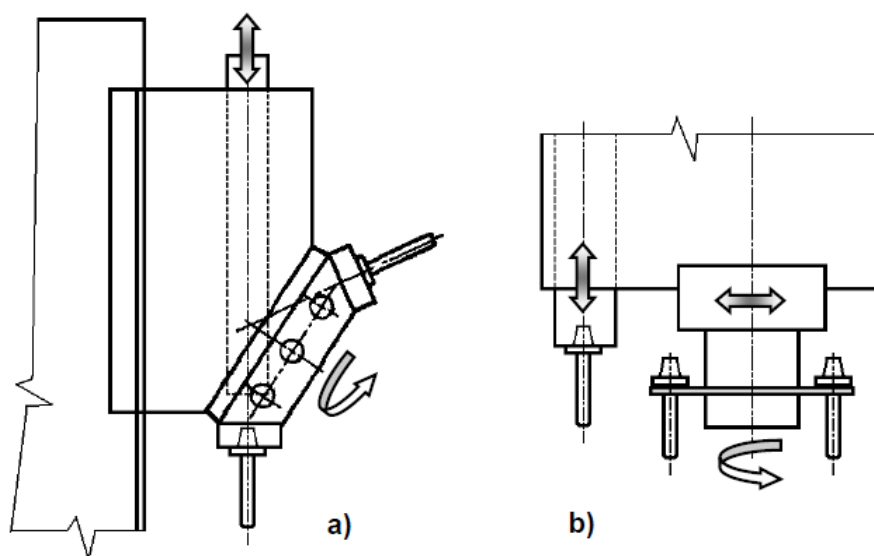
- PICK-UP
 - Lineární
 - Diskové
 - Řetězové
- Pohyblivý zásobník s manipulátorem
 - S kruhovým pohybem
 - S obecným pohybem
- Stacionární zásobník s manipulátorem
 - Vodorovné
 - Svislé
 - Kombinované

2.1 PICK-UP

Tento způsob výměny bývá také označován jako zásobník-upínač. Jedná se o konstrukčně nejjednodušší variantu se skladovacími zásobníky a také zpravidla o nejlevnější. Jednoduchost vyplývá z toho, že systém nepotřebuje žádný speciální manipulační prvek. Jedná se vlastně o zásobník, který je obvykle umístěn na vřeteníku a je buď ve tvaru revolverové hlavy se šikmou osou otáčení (viz. obr. 12a) nebo jako buben se svislou osou (obr. 12b).

Princip vychází z toho, že původní nástroj je odložen vřetenem do zásobníku, kde se otočením zásobníku do osy vřeteně dopraví nový nástroj, který si vřetenem odebere a upne svými vlastními posunovými a upínacími mechanismy.

Klasické systémy PICK-UP bývají používané spíše u strojů, kde není požadována vysoká rychlost výměny nástrojů. Aby byla výměna nástroje co nejrychlejší, bývají nástroje uspořádány v operačním sledu. Systémy PICK-UP obvykle nepojmou velké množství nástrojů, proto bývají na centrech určených k obrábění jednoduchých obrobků, kde nároky na počet nástrojů nejsou tak velké. [1, 2]



Obr. 12 Princip systému AVN PICK-UP. [2]



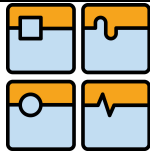
Obr. 13 PICK-UP zásobník s možností posuvu. [17]



Obr. 14 PICK-UP zásobník v poloze pro výměnu nástroje. [17]

2.1.1 PICK-UP s lineárním zásobníkem

Jedná se o nejjednodušší typ zásobníku pro PICK-UP výměnu, kdy nástroje jsou uspořádány do řady. Nejčastěji jsou bez pohonu a tak musí stroj najet vřetenem s původním nástrojem do prázdné pozice v zásobníku, vložit jej tam a najet vřetenem pro nový nástroj. Uskladnění těchto zásobníků na stroji bývá různé. Nejčastěji bývají na kraji pracovní plochy, kde jsou nástroje na obvodu a zvětšují tak půdorysnou plochu jen minimálně. Nevýhodou tohoto umístění je to, že aby mohla proběhnout výměna nástroje, musí stroj najet vřetenem až k zásobníku, kde proběhne výměna, po které se vřetenem s nástrojem vrací opět do místa řezu. Doba výměny z řezu do řezu (chip-to-chip) se tak značně prodlouží. Nástrojová kapacita bývá velmi malá, a proto je tento typ zásobníku užíván u strojů, kde se nepředpokládá frézování obrobků náročných na počet nástrojů ani velkosériová výroba.



Obr. 15 Velkoplošná frézka. [18]





Obr. 16 Lineární zásobník Intermac na stroji Master 30. [19]

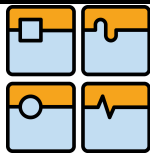
Představují to nejjednodušší a nejlevnější co se dá na trhu sehnat. Díky svým malým rozměrům mohou být kdekoli na stroji. Vyskytují se na modelářských nebo dřevoobráběcích frézách (viz. obr. 15), ale jinak se v praxi téměř nevyskytují.

2.1.2 PICK-UP s diskovým zásobníkem

Nástroje tohoto typu zásobníku jsou poskládány do kružnice. Zásobník je vybaven pohonem, který otáčí zásobník s nástroji do požadované polohy. Výměna frézovacího nástroje je poměrně jednoduchá. Pracovní vřeteno nejprve odloží původní nástroj do zásobníku, otočením zásobníku se do osy vřetena dopraví nový nástroj, který si odebere a upne pracovní vřeteno vlastními posunovými a upínacími mechanismy. Výměna nástroje je relativně krátká, ovšem nevýhodou je, že zásobník je maloobjemový (kolem 12 – 30 nástrojů). [1]

Tab. 1 Vybrané diskové zásobníky s výměnou PICK-UP. [20, 21]

Výrobce: DETA		
Model: MD4F		
Kapacita nástrojů:	20	
Max. průměr nástroje:	100 mm	
Max. hmotnost nástroje:	8 kg	
Max. délka nástroje:	-	
Čas výměny nástroje:	1,7 s	
Pohon zásobníku:	-	
Celková hmotnost zásobníku:	130 kg	
Výrobce: GIFU		
Model: HSK40E-24LH		
Kapacita nástrojů:	24	
Max. průměr nástroje:	65 mm	
Max. hmotnost nástroje:	5 kg	
Max. délka nástroje:	200 mm	
Čas výměny nástroje:	2,9 s	
Pohon zásobníku:	Servomotor	
Celková hmotnost zásobníku:	-	

**Výrobce: GIFU****Model: BT40-16LV Linear type**

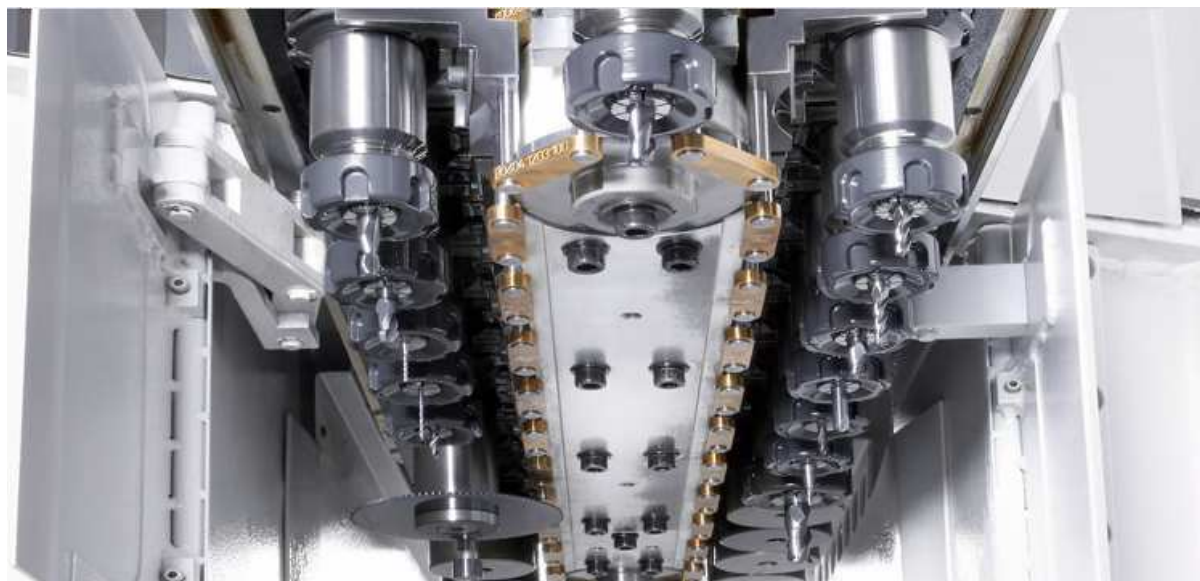
Kapacita nástrojů:	16
Max. průměr nástroje:	100 mm
Max. hmotnost nástroje:	6,5 kg
Max. délka nástroje:	350 mm
Čas výměny nástroje:	3 s
Pohon zásobníku:	Elektrický
Celková hmotnost zásobníku:	-



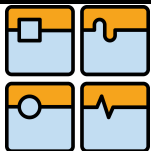
Nástroje jsou v přímé blízkosti pracovního prostoru, proto dochází k jejich znečišťování při provozu stroje. Někteří výrobci ve snaze znečištění zabránit zásobník částečně zakrytávají (viz. tab. 1), ovšem nejlepší možnost, jak nástroje ochránit před nečistotami, je zásobník úplně oddělit od stroje, což je nejčastěji řešeno pomocí automaticky otevíraných dveří. Systém PICK-UP s diskovým zásobníkem nachází uplatnění u menších a levnějších frézovacích center.

2.1.3 PICK-UP s řetězovým zásobníkem

Pracuje na stejném principu jako systém s diskovým zásobníkem, jen nástroje se neotáčí, ale posouvají. Výhodou je, že má větší počet nástrojových míst. Řetězový zásobník má lepší využití prostoru a spadá do kategorie malé a střední kapacity nástrojů.



Obr. 17 Řetězový zásobník od firmy Chiron. [22]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Německá firma Chiron, která se mimo jiné zabývá i vysokorychlostní výměnou nástrojů, využívá na svých frézovacích centrech řetězového zásobníku se systémem PICK-UP a dosahuje vynikajících časů výměny nástrojů. V okamžiku, kdy má dojít k výměně nástroje se otevřou dvířka, která oddělují zásobník od pracovního prostoru a chrání jej proti třískám, zásobník se vysune do části pracovního prostoru, čímž zkrátí dráhu vřetene, a tím také čas z řezu do řezu. Tento čas je podle katalogu firmy 1,7s. Z toho čas výměny nástroje (tool to tool) je 0,8 sekundy. [22]

Tab. 2 Vybrané řetězové zásobníky s výměnou PICK-UP. [7, 21]



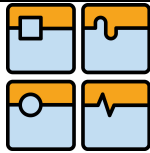
Výrobce: AENY	
Model: -	
Kapacita nástrojů:	48
Max. průměr nástroje:	-
Max. hmotnost nástroje:	15 kg
Max. délka nástroje:	250 mm
Čas výměny nástroje:	1,64 s
Pohon zásobníku:	Elektrický
Celková hmotnost zásobníku:	-

Výrobce: GIFU

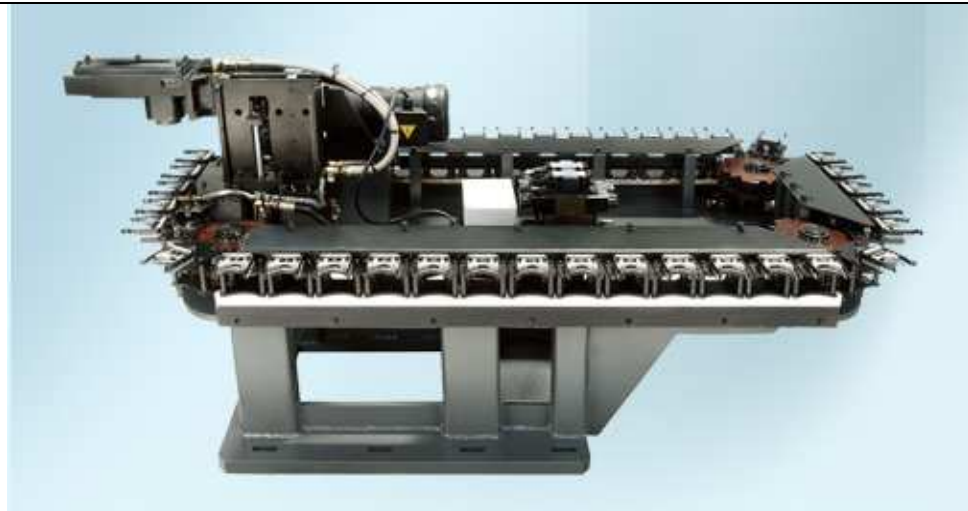
Model: HK63E-20LC

Kapacita nástrojů:	20
Max. průměr nástroje:	75 mm
Max. hmotnost nástroje:	6 kg
Max. délka nástroje:	280 mm
Čas výměny nástroje:	0,72 s
Pohon zásobníku:	Elektrický
Celková hmotnost zásobníku:	-





BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Výrobce: GIFU****Model: CT40-40LV**

<i>Kapacita nástrojů:</i>	40
<i>Max. průměr nástroje:</i>	90 mm
<i>Max. hmotnost nástroje:</i>	8 kg
<i>Max. délka nástroje:</i>	300 mm
<i>Čas výměny nástroje:</i>	1,41 s
<i>Pohon zásobníku:</i>	Elektrický
<i>Celková hmotnost zásobníku:</i>	-

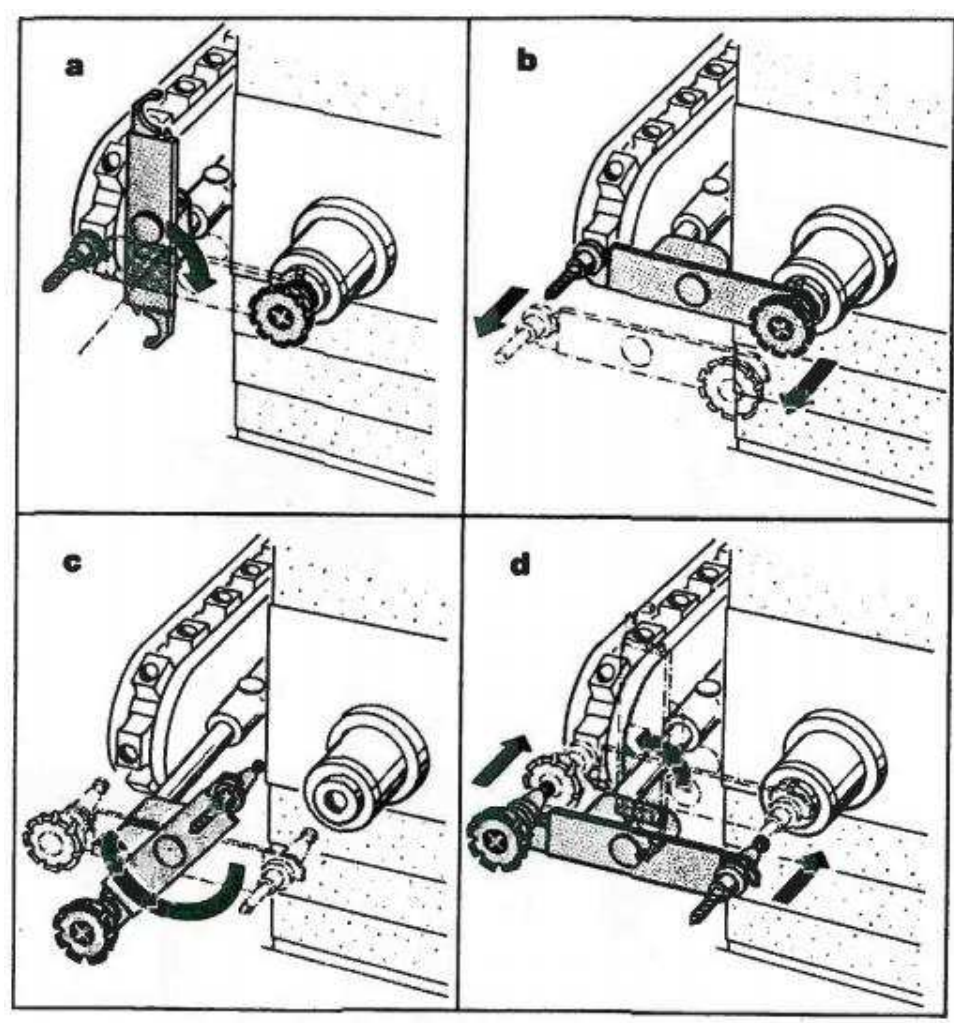
U prvního modelu v tab. 2 lze spatřit řetězový zásobník s pojezdovým vedením. Druhý model v tabulce je také vybaven pojezdem a navíc je vybaven dvířky sloužícími k oddělení zásobníku od pracovní plochy. Poslední zásobník v tabulce se pohybuje po obvodu stojanu a minimálně tak zvětšuje zastavěnou plochu. Obecně dosahují řetězové PICK-UP zásobníky vyšší kapacity nástrojů než diskové, ale použití v praxi je obdobné, tedy u menších a levnějších frézovacích center.

2.2 Systémy s pohyblivým zásobníkem a manipulátorem

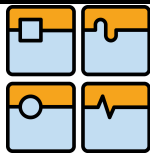
Oproti systému PICK-UP má tento systém zařízení, které zprostředkovává výměnu mezi zásobníkem a vřetenem. Tomuto zařízení se říká manipulátor, neboli podavač. Manipulátor je nejčastěji vybaven rovným ramenem a vlastní pohonnou jednotkou.

Během obrábění frézovacího centra se do pozice pro výměnu v zásobníku nachystá nový nástroj určený na následující operaci. Po skončení obrábění najede vřeteno s použitým nástrojem rychloposuvem k zásobníku (obr. 18a). Následně manipulátor tyto nástroje uchopí oběma konci ramene, povytáhne (obr. 18b) a otočí je o 180° kolem své osy (obr. 18c) tak, že se oba nástroje nachází v přesně opačné pozici než byly před výměnou. Následně manipulátor oba nástroje zasune (obr. 18d), použitý nástroj do zásobníku a nový nástroj do vřetena frézovacího centra.

Nástroje v zásobníku nemusí být uloženy v operačním sledu, protože zásobník může požadovaný nástroj posunout (popřípadě natočit) do polohy pro výměnu nástroje, a to v mezičase při obrábění stroje činným nástrojem. Skladovací zásobník často bývá vybaven sklopnými lůžky tak, aby manipulátor měl dostatek prostoru pro uchopení nástroje a nepřekážely mu ostatní nástroje v zásobníku, a taktéž k případnému sjednocení osy vyměňovaného nástroje s osou vřetena. [1, 2]

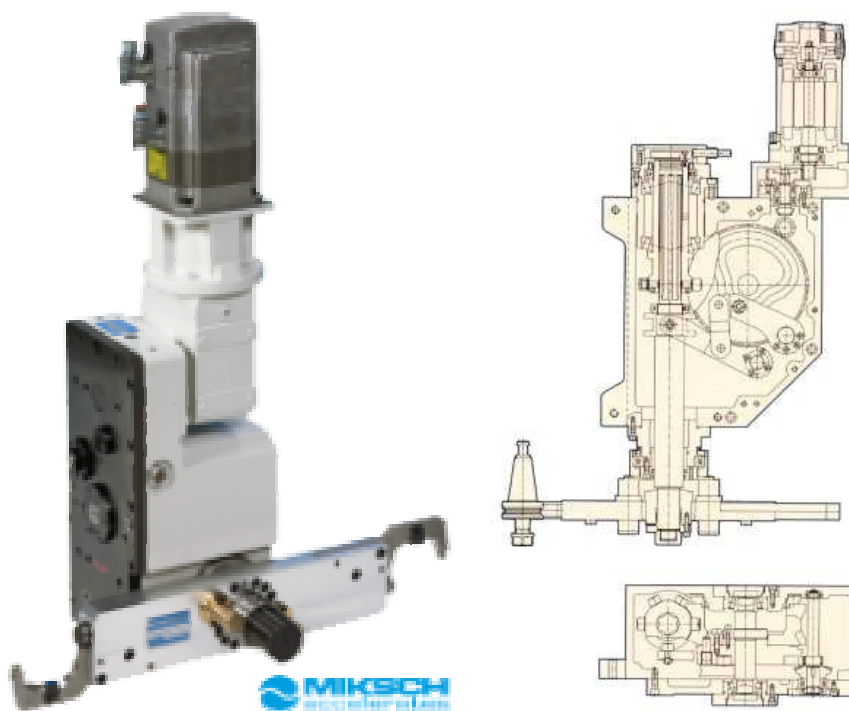


Obr. 18 Princip AVN pohyblivého zásobníku s manipulátorem. [22]



Manipulátor

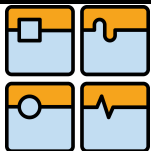
Základním stavebním kamenem systémů tohoto typu AVN je manipulátor. Jak již bylo zmíněno výše, manipulátor je na výstupu vybaven ramenem, které má na obou koncích uchopovací prvek. Takto zkonstruované rameno provádí výměnu nástrojů mezi příslušným zásobníkem (s kruhovým nebo obecným pohybem) a vřetenem. Osa otáčení vřetena se pro výměnu nástrojů manipulátorem nejčastěji nachází ve vertikální nebo horizontální poloze. Manipulátor je vybírán k zásobníku také s ohledem na to, s jak těžkými nástroji bude pracovat. Proto firmy vyrábí manipulátory v různých provedeních. Obecně manipulátor pro výměnu těžších nástrojů nebude dosahovat tak rychlých časů výměn jako manipulátor pro výměnu lehčích nástrojů. Je to dáno tím, že těžké nástroje mají při stejné působící síle menší zrychlení, což vychází z druhého Newtonova zákona. Na obr. 18 vpravo je řez typickým dvouvačkovým manipulátorem. [24, 26]



Obr. 19 Manipulátory pro výměnu nástrojů. [26, 24]

2.2.1 Zásobník s kruhovým pohybem nástrojů

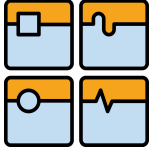
Nástroje v tomto zásobníku při pohybu opisují kružnici a požadovaný nástroj se do polohy pro výměnu dostane pootočením o určitý úhel. Zásobník se obvykle řadí mezi malokapacitní. Typický počet nástrojů bývá od 12 do 30. Nevýhodou je, že když požadujeme zvýšení kapacity nástrojových míst, musíme zvětšovat kružnici, kterou opisují nástroje při indexovacím pohybu. Zvětšují se tím rozměry zásobníku a využití prostoru klesá, protože střed zásobníku je nevyužitý. Proto se pro vyšší požadovanou kapacitu nástrojových míst volí zásobník s obecným pohybem nástrojů. Nástroje jsou v zásobníku uloženy v lůžcích, a proto nejsou držáky nástrojů znečišťovány.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Tab. 3 Vybrané zásobníky s kruhovým pohybem nástrojů. [20, 21]

Výrobce: DETA		
Model: MR4CK		
Kapacita nástrojů:	30	
Max. průměr nástroje:	76/150mm	
Max. hmotnost nástroje:	8 kg	
Max. délka nástroje:	-	
Čas výměny nástroje:	1,5 s	
Pohon zásobníku:	-	
Celková hmotnost zásobníku:	320 kg	
Výrobce: GIFU		
Model: BT40-60DH		
Kapacita nástrojů:	60	
Max. průměr nástroje:	80 mm	
Max. hmotnost nástroje:	-	
Max. délka nástroje:	350 mm	
Čas výměny nástroje:	1,98 s	
Pohon zásobníku:	Elektrický	
Celková hmotnost zásobníku:	-	
Výrobce: DETA		
Model: R4EKB		
Kapacita nástrojů:	12	
Max. průměr nástroje:	180 mm	
Max. hmotnost nástroje:	8 kg	
Max. délka nástroje:	-	
Čas výměny nástroje:	1,3 s	
Pohon zásobníku:	Servomotor	
Celková hmotnost zásobníku:	130 kg	

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 27
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Jak si můžeme všimnout v tab. 3, maximální hmotnosti nástrojů jsou obvykle poměrně nízké. To stejné platí i u délek a průměrů nástrojů, z čehož vyplývá, že zásobníky s kruhovým pohybem se používají spíše pro obrábění malých a středních obrobků. A používají se hojně, i když kapacita zásobníků není zrovna oslnivá (kolem 24, ve výjimečných případech i přes 60 nástrojů), nicméně pro většinu obrobků je dostačující. Zato se nestacionární zásobníky s kruhovým pohybem mohou pochlubit výbornými časy výměn nástrojů, což je nejvýznamnějším faktorem používanosti u frézovacích center. U některých strojů se tato hodnota může pohybovat i v několika desetínách sekund. Při snaze dosáhnout co největšího počtu nástrojových míst se zvětšuje kružnice opisovaná nástroji a rostou rozměry zásobníku.

2.2.2 Zásobník s obecným pohybem nástrojů

Jedná se o hojně využívaný typ zásobníku s velmi dobrým využitím prostoru. Princip výměny nástrojů je podobný jako v případě zásobníku s kruhovým pojezdem, jen nástroje zde neopisují kružnici, ale jezdí ve vedení opisující určitou křivku. Pomocí vhodné křivky lze dosáhnout velké kapacity nástrojů na relativně malém prostoru. Nejjednodušší křivkou je ovál (viz. obr. 20), ale ten by musel být značně dlouhý, aby pojal větší množství nástrojů. Proto se při větším počtu nástrojů orientuje vertikálně (viz. druhý model v tab. 4) nebo se využívá meandrovitého zásobníku (viz. třetí model v tab. 4), kde je dráha různě zakřivená a lze tak docílit výborného využití prostoru. Řetěz u tohoto zásobníku je napínán napínacími kladkami.



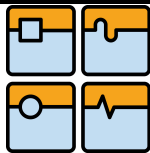
Obr. 20 Řetězový zásobník nástrojů. [27]

Popis řetězového zásobníku lze detailněji rozebrat na zařízení MCS 040 od firmy Miksch (obr. 20). Tato firma se specializuje na AVN a patří, stejně jako toto zařízení, ke špičce. Zařízení disponuje velmi rychlou výměnou nástrojů, nástroj dokáže vyměnit za pouhé půl sekundy. Není však důležité pouze nástroj rychle vyměnit, ale také jej rychle připravit do pozice pro výměnu. K tomu zařízení využívá rychlého pojezdu dosahujícího 100 metrů za minutu a to bez ohledu na to, jestli je zásobník instalován svisle nebo vodorovně. Dalším výborným parametrem je maximální možná hmotnost nástroje, která může dosahovat až 45 kilogramů. Zajímavým parametrem pro zákazníka je také počet nástrojových míst. U tohoto zařízení jich může být až 100. MCS 040 je navržen tak, aby vyhovoval co největšímu

spektru frézovacích strojů. Mimo jiné je zařízení nenáročné na údržbu a poskytuje vysokou životnost. Firmou je garantováno dva a půl milionu výměn. [27, 28, 29]

Tab. 4 Vybrané zásobníky s obecným pohybem nástrojů. [20, 30, 21]

Výrobce: DETA		
Model: H4DFP		
Kapacita nástrojů:	40	
Max. průměr nástroje:	150 mm	
Max. hmotnost nástroje:	8 kg	
Max. délka nástroje:	-	
Čas výměny nástroje:	1,3 s	
Pohon zásobníku (zdroj):	Servomotor	
Celková hmotnost zásobníku:	800 kg	
Výrobce: BEI JYU		
Model: -		
Kapacita nástrojů:	40	
Max. průměr nástroje:	160 mm	
Max. hmotnost nástroje:	8 kg	
Max. délka nástroje:	300 mm	
Čas výměny nástroje:	1,3 s	
Pohon zásobníku (zdroj):	Servomotor	
Celková hmotnost zásobníku:	-	

**Výrobce: GIFU****Model: HSK100A-100CH**

<i>Kapacita nástrojů:</i>	100
<i>Max. průměr nástroje:</i>	125 mm
<i>Max. hmotnost nástroje:</i>	20 kg
<i>Max. délka nástroje:</i>	400 mm
<i>Čas výměny nástroje:</i>	3,5 s
<i>Pohon zásobníku (zdroj):</i>	Servomotor
<i>Celková hmotnost zásobníku:</i>	-



Zásobníky s obecným pohybem nástrojů mohou mít jakýkoliv tvar a mohou tedy být přizpůsobeny do prostoru téměř ke každému frézovacímu centru. Navíc jejich cena je velmi příznivá v poměru k počtu nástrojů v zásobníku, protože nepotřebují žádnou speciální buňku ani žádný regál, a hlavně nepotřebují dopravní manipulátor, který cenu výrazně zvyšuje. Výborně se tedy hodí i pro náročnější centra z hlediska počtu pojatých nástrojů. Navíc čas výměny nástroje, kterého tyto zásobníky dosahují, je vynikající. Velkou výhodou je, že tento zásobník lze přizpůsobit snad na všechny typy center a má tak široký rozsah použití. To znamená, že se dá výborně použít u malých, středních, ale i velkých frézovacích center. Nevýhodou je, že při posuvu nástrojů v zásobníku se pohybují všechny a při vyšším počtu nástrojů to znamená zvýšení spotřeby energie.

2.3 Systémy se stacionárním zásobníkem a manipulátorem

Tohoto systému se využívá především u velkoobjemových zásobníků, které bývají umístěné mimo stroj. K transportu mezi zásobníkem a pracovním prostorem stroje se používá dopravní manipulátor, protože vzdálenost mezi nástrojem v zásobníku a vřetenem může být i několik metrů. Výhodou stacionárních zásobníků je, že umožňují skladovat i ty největší nástroje a nabízí téměř neomezený počet nástrojových míst. Další výhodou je značné snížení hmotnosti pohyblivé skupiny stroje a tím i možnost zvýšení dynamiky pohonů.

V případě kombinovaného systému se kromě stacionárního zásobníku využívá ještě jeden malokapacitní zásobník určený k uskladnění nástrojů, které budou v co nejbližší době volány programem. K zásobníku může být přidána bezdotyková nástrojová identifikace, kde je každý držák nástrojů vybaven malým vestavěným čipem, který má v sobě uložené konkrétní informace o nástroji. Dále je k dispozici sledování délky nástroje. Každý nástroj je analyzován pomocí laseru mimo obráběcí prostor, takže chod frézovacího centra není narušen.

Dopravní manipulátor může kromě výměny nástrojů provádět i vedlejší operace jako je čištění držáků nástrojů, kontrolu otupení atd. [2, 38]

2.3.1 Se svislým zásobníkem

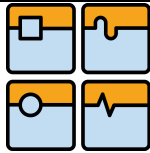
Svislé zásobníky mohou vynikat dobrým využitím prostoru, ale zastavěnou plochu často výrazně zvětšuje dopravní manipulátor, který se používá k vyjmutí nástroje ze zásobníku a k podání tohoto nástroje do vřetene nebo dalšímu manipulátoru. Dopravním manipulátorem může být například průmyslový robot. Průmyslové roboty umožňují elegantně řešit například změnu koncepce výměny nástroje po výměně vřetenové vertikální hlavy za hlavu horizontální. Roboty jsou používány přímo pro výměnu nástroje nebo pro zakládání nástrojů do zásobníku ve stroji z odkládací stanice. Kromě samotné výměny nástrojů jsou dopravní manipulátory schopny konat i další operace jako je například kontrola nástroje a čištění upínacího kuželu. [31]



Obr. 21 Výměna frézovacích nástrojů robotem KUKA. [31]

V případě potřeby jiného nástroje vydá obráběcí centrum příslušný povel pro řídicí systém robotu. Pomocí dvouramenných uchopovacích kleští, jimiž je robot vybaven, vyzvedne nástroj z regálu a najede do čekací polohy. Až řídicí program vydá příkaz k výměně frézovacího nástroje, otevřou se ochranná dvířka oddělující robot od stroje. Průmyslový robot vyjme svou volnou uchopovací kleští původní nástroj z vřetena a druhou vloží nachystaný nový nástroj do frézovacího vřetena. Původní nástroj je následně vrácen zpět do zásobníku. Díky tomu průmyslový robot nemusí nástroj vyjmout z vřetena, vrátit jej na původní místo, vzít nový nástroj a zasunout jej do vřetena, a výrazně se tak zkrátí čas výměny nástroje. Průmyslový robot může provádět výměnu nástrojů v jakékoliv pozici.

Na obr. 21 můžeme vidět průmyslový robot KUKA stojící na nehybném podstavci se svislým stacionárním zásobníkem. Robot KUKA KR 125 L 100 má dosah 3 metry, zásobník může pojmout až 200 nástrojů. Nástroje mohou být až 700 milimetrů dlouhé, v průměru dosahovat až 400 milimetrů a vážit mohou 25 kilogramů. Čas výměny nástroje výrobce neuvádí. [31]



Firma Demmeler využívá taktéž k AVN průmyslový robot KUKA a princip výměny nástroje je tedy totožný. Ve svém katalogu nabízí několik variant průmyslových robotů v závislosti na požadované nosnosti. Pro názornost je zde uvedena tabulka s parametry konkrétního zásobníku firmy Demmeler (tab. 5). Robot může být také vybaven pojezdem, jak můžeme vidět na obr. 22, což zvyšuje jeho dosah a zásobník tak může obsahovat více nástrojů. [32]

Tab. 5 Parametry zásobníku firmy Demmeler. [32]

Výrobce: Demmeler	
Model: Tool arena	
Kapacita nástrojů:	750
Max. průměr nástroje:	400 mm
Max. Hmotnost nástroje:	150 kg
Max. délka nástroje:	až 1500mm
Čas výměny nástroje:	5 s



Obr. 22 Průmyslový robot s pojezdem v zásobníku firmy Demmeler. [32]

Výměna opotřebovaných nástrojů ze stacionárního zásobníku za nové probíhá tak, že nejprve obsluha přeměří nové nástroje. Parametry nástroje se pak ukládají na datový čip, který je umístěn na držáku nástroje. Kód nástroje je následně načten do databáze. Poté obsluha frézovacího centra vloží nástroj do otočného výměnného stolu, který je zobrazen na obr. 23, do kterého se vejde až osm nástrojů. Robot pozná určené místo v zásobníku pro daný nástroj pomocí kódu a zařadí jej tam. [31]



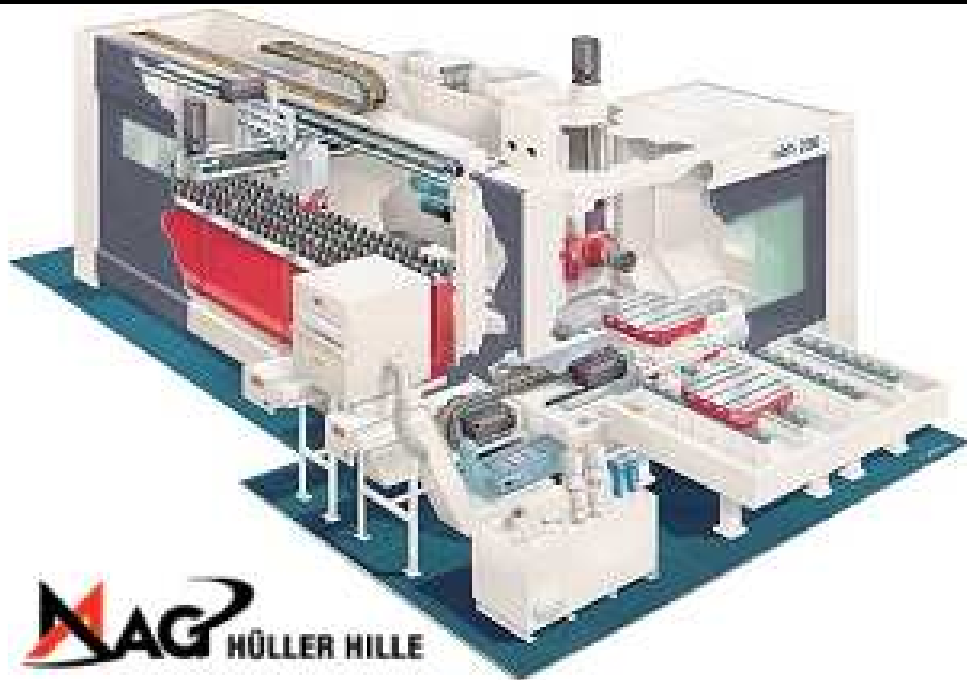
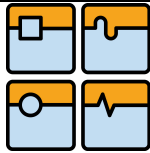
Obr. 23 Výměnný otočný stůl stacionárního zásobníku. [32]

Průmyslový robot je oproti běžným strojům velmi flexibilní. To znamená, že v případě změny výrobních podmínek nebo na pozdější přání provozovatele je možno robot přizpůsobit novým úkolům. Dále průmyslový robot disponuje vysokou spolehlivostí a přesností opakování a umožňuje dopravu těžkých nástrojů. Nevýhodou však je, že čas výměny nástroje nedosahuje dobrých výsledků zvláště při rychlém sledu výměn. Celkově jsou systémy se stacionárními svislými zásobníky určené pro bezobslužná obráběcí centra a pro centra náročná na velký počet, hmotnost a velikost nástrojů. [31]

2.3.2 S vodorovným zásobníkem

Nevýhodou vodorovných zásobníků je, že pokud nejsou umístěny přímo na stroji, zvětšují půdorysnou plochu frézovacího centra. V případě velké kapacity nástrojů je tak potřeba velkého prostoru, proto se vodorovné zásobníky vyskytují spíše vzácně. Vodorovné zásobníky nacházejí uplatnění při skladování dlouhých a velkých nástrojů, kde délka u tohoto typu zásobníku může dosahovat více než jeden metr. Z toho plyne, že vodorovné zásobníky se používají spíše u center, která obrábí velké obrobky.

Vodorovný zásobník například využívá na svém stroji NBH 290 firma MAG Hüller Hille (obr. 24). Toto frézovací centrum slouží k obrábění velkých a těžkých obrobků. Zásobník je tvořen kazetami, kde jedna kazeta pojme až 50 nástrojů. Těchto kazet může obsahovat až osm. Chapadlo manipulačního zařízení je vybaveno systémem na čištění držáku nástroje. Manipulační zařízení programovatelně mění rychlost pohybu v závislosti na hmotnosti nástroje. Spolehlivá výměna nástrojů je dosažena díky hydraulickému upínání. [33, 34]

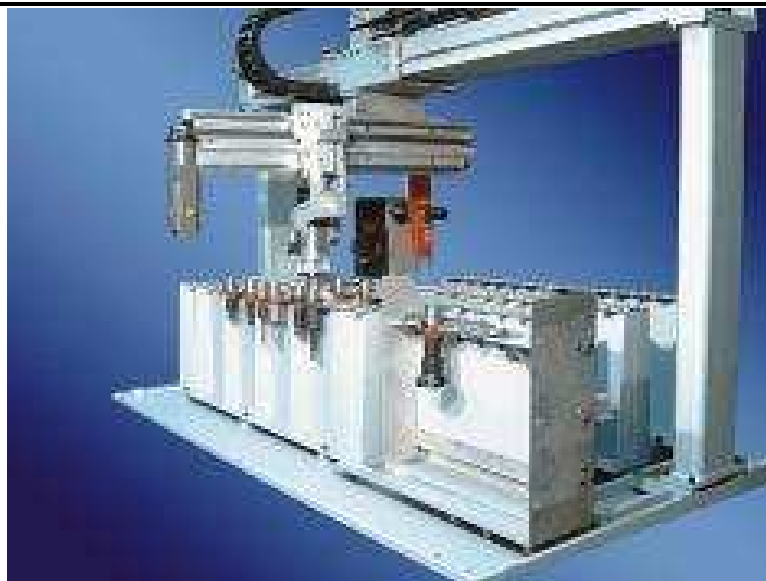
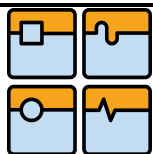


Obr. 24 Frézovací centrum s vodorovným zásobníkem nástrojů. [33]

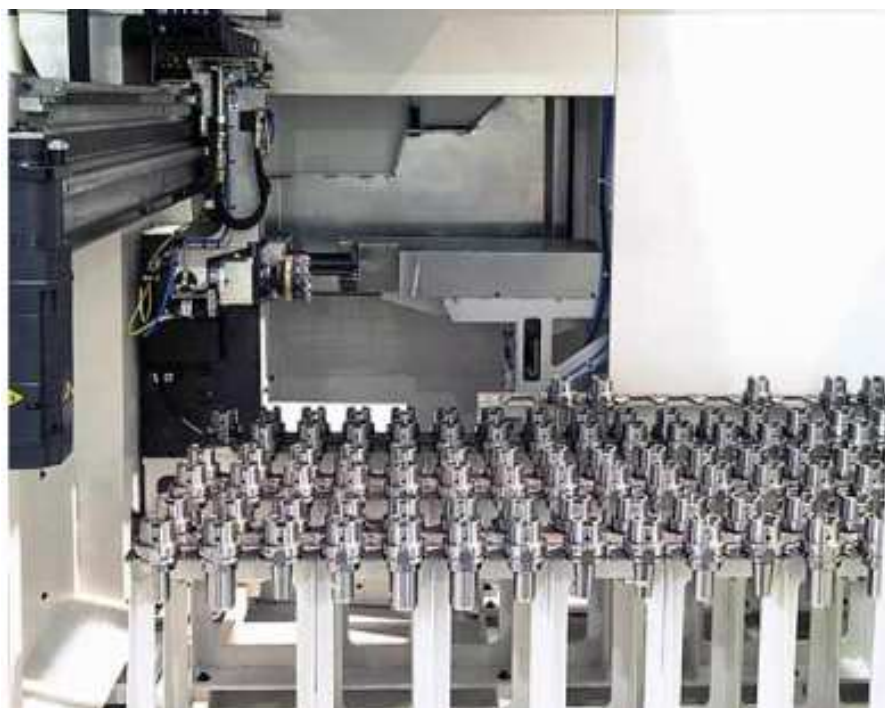
Tab. 6 Parametry AVN na stroji MAG Hüller Hille NBH 290. [33]

Výrobce: MAG Hüller Hille	
Model: NBH 290	
<i>Kapacita nástrojů:</i>	400
<i>Max. průměr nástroje:</i>	125/325 mm
<i>Max. hmotnost nástroje:</i>	40 kg
<i>Max. délka nástroje:</i>	650 mm
<i>Čas výměny nástroje:</i>	7,5 s

Na obr. 25 je vodorovný zásobník s dopravním manipulátorem na stroji MAG Bluestar 5. Manipulátor je s pojezdem ve vedení na konstrukci stroje. Za povšimnutí rovněž stojí stacionární zásobník pro 150 nástrojů, jenž je tvořen kazetami.



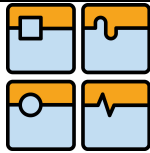
Obr. 25 Vodorovný zásobník s manipulátorem. [35]



Obr. 26 Vodorovný zásobník pro 134 nástrojů, na stroji MAG NBH 5. [36]

2.3.3 S kombinovaným zásobníkem

Hlavním impulsem k zavedení kombinovaných zásobníků je docílit vysoké kapacity nástrojů s vynikajícím časem výměny. Těchto parametrů je docíleno využitím velkokapacitního stacionárního zásobníku a jednoho ze systému PICK-UP nebo pohyblivého zásobníku s manipulátorem. Mimo to je systém tvořen dopravním manipulátorem, který zprostředkovává výměnu nástrojů mezi stacionárním zásobníkem a použitým podsystémem. Dopravní manipulátor také může provádět mimo jiné i kontrolu otupení nástrojů, čištění nástrojů nebo naskládání otupených nástrojů do výměnného boxu.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

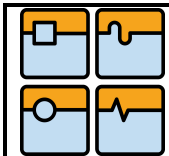
Zásobník Matrix od americké firmy Toyoda (na obr. 27) využívá k výměně nástrojů kombinaci čtyř-pozicového zásobníku s výměnným ramenem, který skladuje jen ty nástroje, které budou v nejbližší době volány programem, a velkokapacitního svislého zásobníku s vysokorychlostním servořízeným robotem, který má za úkol doplňovat nástroje do čtyř-pozicového zásobníku.

V případě výměny nástroje najede vřeteno do místa určeného pro výměnu, kde výměnné rameno na straně vřetena odebere původní nástroj a na straně čtyř-pozicového zásobníku odebere nový nástroj a tyto nástroje vymění. Pracovní prostor je od prostoru zásobníku oddělen dvířky, která chrání před vnikáním třísek do zásobníku. Původní nástroj, který je nyní v čtyř-pozicovém zásobníku, je natočen tak, aby jej robot mohl nahradit novým nástrojem z velkokapacitního zásobníku.

Obsluha stroje může přidávat nebo odebírat nástroje pomocí otočného stojanu. Ten má dvě strany, na každé straně má svisle nad sebou 5 držáků. V případě přidání nových nástrojů obsluha centra naskládá nové nástroje z vnější strany do stojanu a otočí jej tak, že nepotřebné nástroje, které byly uvnitř, se ocitnou vně zásobníku a nově přidané nástroje se ocitnou uvnitř zásobníku a to bez přerušení provozu. Systém je vybaven moderním softwarem umožňující obsluze centra přiblížit na displeji jakýkoliv nástroj a zobrazit jeho podrobné informace. [37, 38, 39]



Obr. 27 Zásobník nástrojů Matrix. [38]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

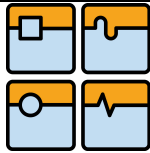
Tab. 7 Parametry kombinovaného zásobníku Matrix. [37]

Výrobce: Toyota	
Model: Matrix	
Kapacita nástrojů:	504
Max. průměr nástroje:	250 mm
Max. hmotnost nástroje:	27 kg
Max. délka nástroje:	550 mm
Čas výměny nástroje:	-

Německá firma Chiron nabízí kombinovaný systém výměny nástrojů, u kterého využívá výměny PICK-UP s kruhovým nebo řetězovým zásobníkem a robotickou výměnu s velkokapacitním zásobníkem. Tato kombinace umožňuje skladovat programem nejbližší volané nástroje ve výsuvném PICK-UP zásobníku a zároveň je dosaženo velké kapacity nástrojů celého systému. Svislý velkokapacitní zásobník obsahuje několik vodorovných řad s nástroji a může obsahovat až 273 nástrojů. [22]



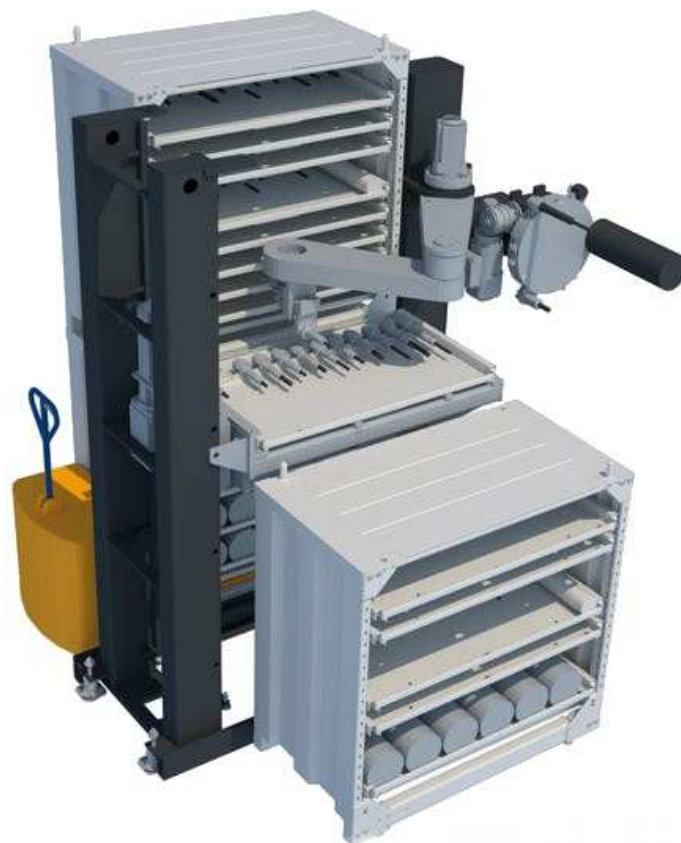
Obr. 28 Kombinovaný zásobník firmy Chiron. [22]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

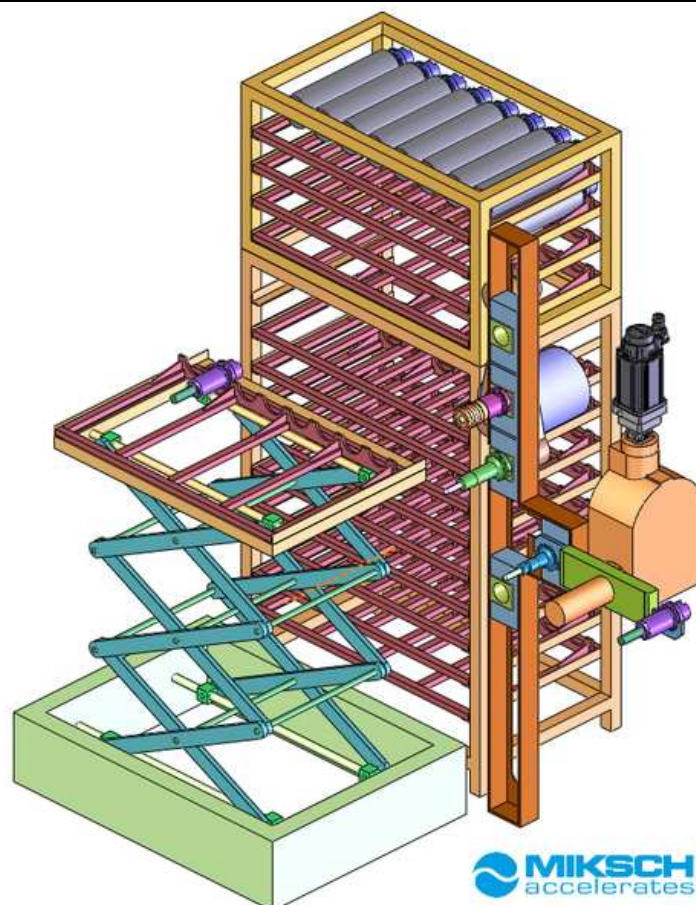
Firma Miksch nedávno představila zajímavou novinku. Vyvinula systém AVN s policovým zásobníkem nástrojů, který vyniká svou efektivitou a flexibilitou. Díky své kompaktní konstrukci může být zásobník použit u různých frézovacích center. Zásobník pracuje s různými druhy držáků nástrojů jako například HSK, SK nebo CAPTO. Nástroje jsou uloženy ve vysouvatelech policích ve vodorovné poloze. Tyto police obsahující několik nástrojů lze snadno vyměňovat za nové s novými nástroji.

Zásobník REMA se vyrábí ve dvou provedeních. V obou případech se systém skládá z velkokapacitního zásobníku, manipulátoru a dále z kruhového nebo lineárního svislého malokapacitního zásobníku. V případě systému využívající kruhový zásobník probíhá výměna nástroje tak, že police s požadovaným nástrojem se vysune a vyjede do výšky určené pro výměnu. Manipulátor se následně přemístí nad vybraný nástroj, police se mírně pozvedne, manipulátor uchopí nástroj a předá jej do volné pozice kruhového zásobníku. Přetočením kruhového zásobníku o 180° se dostane nástroj do pozice pro výměnu s vřetenem, kde se o výměnu stará další manipulátor. Toto provedení si můžeme prohlédnout na obr. 29. [26]



Obr. 29 Policový zásobník s kruhovým zásobníkem. [26]

V případě druhého provedení, obsahujícího místo kruhového zásobníku svislý lineární zásobník, je princip výměny do jisté míry totožný, jen manipulátor pro doplňování malokapacitního zásobníku vkládá nástroj do volné pozice lineárního zásobníku. Zde se nástroj pohybuje ve vedení a do požadované pozice se dostane posunutím do výšky určené pro výměnu (obr. 30). O přímou výměnu s vřetenem frézovacího stroje se stará manipulátor s výměnným ramenem.



Obr. 30 Policový zásobník se svislým lineárním zásobníkem. [41]

Zásobník vyniká vysokou hustotou nástrojů na malé zastavěné ploše. Výměna polic je možná bez přerušení obrábění a nebrzdí tak provoz centra. Uchopovací mechanismus přenáší jednotlivé nástroje z policového zásobníku do volitelného vyrovnávacího zásobníku před odevzdáním do měniče nástrojů.

Zásobník REMA může obsahovat libovolný počet nástrojových míst, standardně až 252. Navíc lze zásobník, dle informací od výrobce, kdykoliv rozšířit. Je vybaven inteligentní zásobníkovou organizací, například policí na opotřebované nástroje. Na zásobníku je použitý jednoduchý a úsporný design. [26, 40, 41]



Tab. 8 Parametry AVN u zásobníku REMA. [26]

Výrobce: Miksch	
Model: REMA	
Kapacita nástrojů:	252
Max. průměr nástroje:	160 mm
Max. hmotnost nástroje:	15 kg
Max. délka nástroje:	500 mm
Čas výměny nástroje:	< 1 s
Čas z řezu do řezu:	< 2 s
Rozměry zásobníku: [mm]	1200x800x2400

Kombinovaný systém může dosahovat vynikajícího času výměny díky využití systému PICK–UP nebo systému s pohyblivým zásobníkem a manipulátorem. Díky stacionárnímu zásobníku může mít kapacitu nástrojů až několik set. Tento zásobník dosahuje vynikajícího využití prostoru. Systém s kombinovanou výměnou se používá u center náročných na počet nástrojů a také u bezobslužných center. Hlavní nevýhodou a důvodem proč nejsou tolik používané je jejich vysoká pořizovací cena, která plyne, v porovnání se systémy PICK–UP a systémy s pohyblivým zásobníkem a manipulátorem, z použití dopravního manipulátoru a stacionárního zásobníku.

2.4 Kódování nástrojů

K přesné identifikaci nástrojů existuje možnost každý nástroj nebo místo v zásobníku okódotovat. Na nástroj, který má být použit se odvolává řídicí program pomocí kódu. Podle toho, kde se kód nachází, rozdělujeme kódování nástrojů následovně:

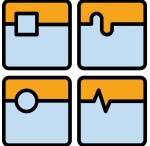
➤ Kódování místa v zásobníku

V tomto případě nenese kód přímo samotný nástroj, ale je kódováno jeho místo v zásobníku. Nástroje se musí vkládat do zásobníku do místa určeného programem a po obrábění se tam zase vrátit. Při použití nástroje se řídicí program odkazuje na určité místo v zásobníku, ve kterém je očekáván. Vložením nástroje do špatného místa v zásobníku může dojít až k havárii stroje, tudíž se jedná o méně spolehlivý způsob kódování a dnes se využívá spíše výjimečně.

➤ Kódování nástroje

V případě kódování nástroje je kód umístěn přímo na nástroji nebo na držáku nástroje. Zásobník s nástroji obsahuje čtecí zařízení, které tento kód přečte a vybere požadovaný nástroj. Díky tomu, že kód je umístěn přímo na nástroji nebo na jeho držáku, nehrozí jeho záměna za jiný a nástroje se mohou vkládat na kteroukoliv pozici. Nástroje tedy nemusí být ani uspořádány v operačním sledu. Podle typu kódu a jeho čtecího zařízení rozeznáváme kódování:

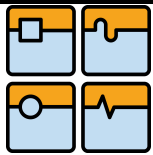
- mechanické
- elektrické
- optické. [2]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 40
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

3 KOMBINOVANÉ SYSTÉMY

Tyto systémy vznikly kombinací předchozích dvou systémů, tedy AVN s nosnými zásobníky a se skladovacími zásobníky, anebo se mohou vzájemně kombinovat dva stejné systémy. Kombinací existuje celá řada. Pro představu lze uvést příklad kombinace zásobníku s výměnným ramenem, který má pouze skladovací funkci, a jednou několikapozicovou vřetenovou revolverovou hlavou, která přenáší řezné síly. Mezitím, co se jedním nástrojem obrábí, je z opačného konce revolverové hlavy vyjmut nástroj, který již byl použitý, a vyměněn za nový nástroj ze skladovacího zásobníku. Nový nástroj se do pracovní polohy dostane pootočením revolverové hlavy.

Tyto systémy jsou poměrně složité a dále je také potřeba více systémů. Z těchto dvou faktů vyplývá vysoká cena zařízení. Hlavní myšlenkou vzniku kombinovaných systémů bylo eliminovat malý počet nástrojových míst u systému s nosnými zásobníky, což na druhou stranu přineslo i několik nevýhod a dnes se v praxi vyskytují jen velmi výjimečně a to například na jednoúčelových strojích či speciálních linkách. [2]



4 DESIGN

Dobry design je dnes již běžnou součástí konstrukce frézovacích strojů a jejich částí a představuje nepřehlédnutelný prvek, protože nejen parametry výměny nástroje, jako jsou například čas výměny nástroje a počet pozic zásobníku, udávají prodejnost stroje. Stejně jako u jiných výrobků, tak i u frézovacích center a jejich součástí, hraje v současnosti důležitou roli design. Proto se firmy snaží zaujmout neobyčejným vzhledem, originalitou a snaží se na výrobku nechat nějakou svou vlastní poznávací značku. Touto značkou může být myšleno logo nebo prvky, které jsou u firmy typické, čímž si dělají jakousi reklamu. Další snahou je, aby zákazník, který se v oboru vyzná, při pohledu na stroj ihned věděl, od jakého je výrobce.

Design by ovšem neměl omezovat funkčnost výrobku, kvalitu zpracování a parametry modelu. Z toho důvodu je důležitá spolupráce designéra s konstruktérem.

Dobry design lze posuzovat podle některých, dobře definovatelných kritérií:

- proporce a kompozice hmot
- výtvarná působivost
- péče o kvalitní zpracování detailu
- ergonomie a funkčnost. [5]

Ergonomie může v systémech AVN zahrnovat například jednoduchý přístup k výměně nástrojů ze zásobníku. Na obr. 31 vpravo je robotická buňka na frézovacím centru od firmy DMG s tradičně velmi dobře zpracovaným designem.



Obr. 31 Frézovací centrum DMG CTX beta 1250 TC. [11]



Obr. 32 Pohled dovnitř robotické buňky frézovacího centra DMG. [11]

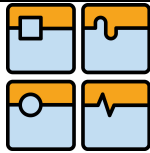
V současnosti lze sledovat některé nové výrazné znaky:

- aplikace povrchů s efektem broušené oceli
- uplatnění plastických hmot na prostorové tvarování detailů (loga, menší části krytování)
- barevná řešení s výrazným kontrastem
- uplatnění velkoplošných zasklení a tmavých lesklých ploch (polykarbonátových) [5]


Na obr. 33 můžeme vidět stacionární zásobník od firmy Mori Seiki. Zásobník má kompaktní rozměry a velkoplošné zasklení.



Obr. 33 Stacionární zásobník s velkoplošným zasklením. [13]



Obr. 34 Revolverová hlava firmy Sauter na obráběcím centru DMG CTX 310 Ecoline. [11]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 44
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ZÁVĚR

V současné době se AVN v konstrukcích frézovacích center považuje již za samozřejmost. Při výběru nejvhodnějšího systému AVN k frézovacímu centru se vychází z požadavků, které jsou na něj kladeny. Tyto požadavky jsou: minimální čas výměny nástroje, optimální počet nástrojů, spolehlivost, životnost, co nejmenší rozměry zásobníků, energetická nenáročnost, jednoduchá konstrukce, cena aj.

Nejzásadnějším požadavkem je samozřejmě čas výměny nástroje, který ovlivňuje produktivnost obráběcího centra. Při časté výměně nástrojů může minimální čas výměny nástroje v konečném součtu ušetřit i několik dnů za rok. Proto je zde i vysoká návratnost investic do rychlejšího systému.

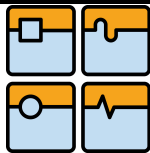
Dalším primárním požadavkem kladeným na AVN je umožnit zásobníku přístup k minimálně takovému počtu nástrojů, jaký bude obráběcí centrum potřebovat. V případě vysokých požadavků na počet nástrojů jasně vládnou systémy se skladovacími zásobníky, kde se u některých druhů zásobníků téměř nekladou meze. Zato u požadavku spolehlivosti by se dalo polemizovat. Na jednu stranu systémy s nosnými zásobníky oproti systémům se skladovacími zásobníky nepotřebují žádný manipulátor, ale naproti tomu systémy s nosnými zásobníky přenášejí řezné síly při obrábění a také zde hrozí kontakt nečinných nástrojů.

V dnešní době ovlivněné ekonomickou krizí a utahováním opasek a taktéž nárůstem cen energií se tyto skutečnosti promítly i do provozu obráběcích center a daly podnět novému trendu, kterým je ekodesign. Jedná se o snahu o energetickou nenáročnost a výrobci AVN a obráběcích strojů se snaží navrhnout stroj, který by měl minimální spotřebu energie.

Dalším trendem, který sice nesouvisí s parametry AVN, je design. V dnešní době, kdy čas výměny nástroje dosahuje i pár desetin sekund, už není prostor čas výměny nástroje nějak zvlášť zkrátit a tak se výrobci systémů AVN a obráběcích center snaží zaujmout zákazníka kromě kvalitního výrobku také působivým a neotřelým designem.

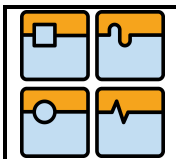
V posledních letech se na strojírenských veletrzích velký nástup novinek AVN neobjevil. Výrobci spíše propracovávají stávající systémy a snaží se je dotáhnout k dokonalosti. Nové nápady lze očekávat u kombinovaného systému se stacionárním skladovacím zásobníkem, kde vhodnou kombinací více systémů lze dosáhnout skvělých parametrů. Svě o tom může říci i firma Miksch, která přišla s policovým zásobníkem REMA.

Velmi používaným systémem AVN je systém s pohyblivým zásobníkem ať už s kruhovým nebo obecným pohybem nástrojů. Tato oblíbenost vyplývá z rychlé výměny nástrojů, z nepříliš vysoké pořizovací ceny v porovnání například se systémy se stacionárními zásobníky a vysoké variability. Automatická výměna nástrojů je v současnosti na velmi vysoké úrovni a nabídka výrobců na trhu je rozmanitá. [1]

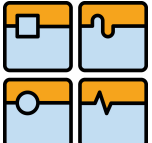


SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAREK, Jiří, a kol. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. druhé, přepracované a rozšířené vydání. Praha: MM Publishing, s.r.o., 2010. 420 s. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [2] DEMEČ, Peter. *Systémy automatickej výmeny nástrojov na číslicovo riadených strojoch* [online]. Košice [cit. 2012-04-22]. 34 s. Dostupné z: <http://www.sif.tuke.sk/kvtar/1/files/01_Automaticka_Vymena_Nastrojov.pdf>.
- [3] TYC, Ondřej. *Automatická výměna nástrojů na obráběcích strojích* [online]. 2007 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <[http://old.fst.zcu.cz/files_web_FST/SP_FST\(SVOC\)/2007/sbornik/PapersPdf/Bc/Tyc_Ondrej.pdf](http://old.fst.zcu.cz/files_web_FST/SP_FST(SVOC)/2007/sbornik/PapersPdf/Bc/Tyc_Ondrej.pdf)>
- [4] Automatická výměna nástrojů a obrobků: Snižování pracnosti a zvyšování produktivity obrábění. [online]. 2002 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <<http://technik.ihned.cz/c1-11353200-automaticka-vymena-nastroju-a-obrobku>>.
- [5] *Obráběcí stroje a technologie na EMO Hannover 2011*. únor 2012. Praha, 2012. ISBN 978-80-904077-4-9.
- [6] STACH, Eduard, Ivan DIVIŠ a Jan HUDEC. *Obráběcí stroje a technologie na EMO Milano 2009: Systémy AVN, AVO a třískové hospodářství*. In: [online]. 2010 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.czspos.cz/akce/20100225.emo2009/19_systemy_AVN-AVO_a_triskove_hospodarstvi.pdf>.
- [7] AENY INTERNATIONAL INC. [online]. 2012 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <www.aeny.com.tw>.
- [8] SAUTER FEINMECHANIK GMBH. [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://www.sauter-feinmechanik.com/en/index.html>>.
- [9] PIBOMULTI. [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://www.pibomulti.com/>>.
- [10] Diplomatic Automation S.r.l. [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://www.diplomaticautomation.com/en/>>.
- [11] DMG. [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://www.dmg.com/en>>.
- [12] Gruppo Riello Sistemi [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://www.riellosistemi.it/riellosistemi/frontend/>>.
- [13] MORI SEIKI CO., LTD. [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://www.moriseiki.com/english/index.html>>.
- [14] MIMATIC GMBH. [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.mimatic.de/index.php?main|4bd0033cf41e6_0|1>.
- [15] ZEMÁNEK, Jaroslav. *Komplexní řešení šestivřetenového automatu*. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 17.05.2006 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/komplexni-reseni-sestivretenoveho-automatu.html>>.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 46
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [16] KUCHARŤ, Dušan. Rotační nástrojové systémy. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 07.09.2011[cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/rotacni-nastrojove-systemy.html>>.
- [17] TORMACH®. [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://www.tormach.com/>>.
- [18] ELECTRON SPOL. S R.O.,. [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://www.electron.cz/index.php/gravirky-a-frezy/velkoplosne-frezy/tekcel-enduro>>.
- [19] INTERMAC. [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://stone.intermac.com/productdetails.asp?p=162,Master,30>>.
- [20] DETA INTERNATIONAL. [online]. [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <<http://www.deta.com.tw/index.html>>.
- [21] GIFU ENTERPRISE CO., LTD. [online]. [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <<http://www.atcgifu.com/index-1.html>>.
- [22] CHIRON-WERKE GMBH & CO. KG. [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <<http://www.chiron.de/en/home/>>.
- [23] DYNAMIC MACHINE TOOL LTD. [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.dynamicmachinetool.com/html/chiron_FZ_08_magazine.htm>.
- [24] PRAGATI AUTOMATION PVT. LTD. [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <<http://www.pragati-automation.com/>>.
- [25] EISKALTMACHER. [online]. [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <<http://forum.eiskaltmacher.de/index.php?topic=2479.880>>.
- [26] MIKSCH GMBH. [online]. 2012 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <<http://www.miksch.de/>>.
- [27] Produktivität von der Kette. *Industriezeitschrift* [online]. [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.industriezeitschrift.de/de/3/0/842/seite_1/Nachrichten/produktivitaet_von_der_kette.html>.
- [28] Mesin-mesin Milling yang Bekerja Hingga Batas. *MM-Industri* [online]. 2011 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <<http://www.mm-industri.com/industri-teknologi/mesin-mesin-milling-yang-bekerja-hingga-batas/>>.
- [29] Produktivität von der Kette. *Industrieanzeiger* [online]. [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.industrieanzeiger.de/home/-/article/12503/27528816/Produktivit%C3%A4t+von+der+Kette/art_co_INSTANCE_0000/>.
- [30] BEI JYU CO., LTD. [online]. 2012 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <<http://www.beijyu.com.tw/index.htm>>.
- [31] KUKA. [online]. 2012 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/>.
- [32] DEMMELER GMBH & CO. KG. [online]. 2012 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <<http://www.demmeler.com>>.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		

- [33] MAG Hüller Hille NBH 290 & NBH 350. *RidderTHO* [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <<http://www.ridder.net/frezen/fabrikant/mag-hller-hille/mag-hller-hille-nbh-290-nbh-350/3-1-1-1-563-1-0/>>.
- [34] Horizontales CNC-Bearbeitungszentrum. *REIMMANN* [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.reimann.ch/htm/393/de/nbh_290nbh_350.htm?Produkte=14977&output=print&Categorie=Fraesen&Hersteller=2626>.
- [35] Bluestar Baureihe. *Mav* [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.mav-online.de/archiv/-/article/46701/26037471/Bluestar-Baureihe-jetzt-auch-bei-Palettengr%C3%B6%C3%9Fe-630-mm-und-SK-50HSK%0A100-Werkzeugaufnahme/art_co_INSTANCE_0000/maximized/>.
- [36] MAG. [online]. 2012 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <<http://www.mag-ias.com/home.html>>.
- [37] Stationary Tool Storage Rack stores up to 500 HMC tools. *Thomas Publishing Company* [online]. 2006 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <<http://news.thomasnet.com/fullstory/Stationary-Tool-Storage-Rack-stores-up-to-500-HMC-tools-493221>>.
- [38] ©TOYODA MACHINERY. [online]. 2012 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: <http://www.toyodausa.com/product/94>
- [39] Minimize tool change time. *Fabricating and metal working* [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <<http://www.fabricatingandmetalworking.com/2009/08/minimize-tool-change-time-on-hmcs-with-four-position-tool-changer/>>.
- [40] Neu entwickeltes Regalmagazin für eine effiziente Fertigung. *Großpietsch Produkt-PR®* [online]. 2011 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://presseclicker.produkt-pr.de/2011/07/18/neu-entwickeltes-regalmagazin-fur-eine-effiziente-fertigung/>
- [41] Mehr Werkzeuge schneller einwechseln. *Verlag GmbH moderne industrie* [online]. 2010 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <<http://www.produktion.de/fertigung/mehr-werkzeuge-schneller-einwechseln/>>.