



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**RAMENA MANIPULÁTORŮ PRO AUTOMATICKOU
VÝMĚNU NÁSTROJŮ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adam Vondráček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Blecha, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Adam Vondráček**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Radim Blecha, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

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:

Ramena manipulátorů pro automatickou výměnu nástrojů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Automatická výměna nástrojů (AVN) se u obráběcích strojů podílí na zkrácení neproduktivního strojního času a tím na zvyšování produktivity stroje.

Manipulaci s držáky nástrojů provádí rameno výměny. Student se seznámí s možnými způsoby automatické výměny nástrojů u obráběcích strojů a s konstrukcí ramen výměny.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše stavu vědy a techniky systémů AVN.

Systémový rozbor výměny nástrojů u obráběcích strojů.

Analýza konstrukčních řešení ramen manipulátorů AVN.

Vlastní závěry z provedené analýzy.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří, et al. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. 1. Praha: MM publishing, s.r.o., 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

MM Průmyslové spektrum. MM Průmyslové spektrum [online]. Praha: MM publishing, s. r. o., 2016 [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com>

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá dílčími uzly, které tvoří automatickou výměnu nástrojů. První část se věnuje koncepci zásobníků nástrojů a nejrozšířenějšími výměny nástroje. Další část objasňuje pojem nástrojová jednotka a její uchycení a upínání do vřetene obráběcího stroje. Závěr této práce je věnován výměnným ramenům, mechanismům uskutečňující jeho pohyb, konstrukci a jejich pohonům.

ABSTRACT

This Bachelor paper deals with constituent junctions forming an automated tool change. The first section depicts the conception of tool magazines and the most frequently used methods of tool change. The following section clarifies the term tool unit and the attachment and clamping thereof in the machining tool spindle. The conclusion of the paper is designated to tool changers, mechanisms carrying out their movement, the construction and powering thereof.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automatická výměna nástroje, zásobník nástrojů, nástrojová jednotka, manipulátor, vřeteno obráběcího stroje, výměnné rameno

KEYWORDS

Automatic tool change, tool magazine, tool unit, manipulator, machining tool spindle, tool changer

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VONDRÁČEK, A. *Ramena manipulátorů pro automatickou výměnu nástrojů*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2019, 54 s., Vedoucí bakalářské práce
Ing. Radim Blecha, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval panu Ing. Radimu Blechovi, Ph.D. za poskytnuté cenné rady a odborné vedení této bakalářské práce. Dále poděkování věnuji mé rodině za poskytnutou podporu.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Radima Blechy, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24.5. 2019

.....

Vondráček Adam

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	AUTOMATICKÁ VÝMĚNA NÁSTROJE	16
3	ZÁSOBNÍKY NÁSTROJŮ	17
3.1	Zásobníky nosné	17
3.1.1	Revolverové hlavy	17
3.1.2	Korunové revolverové hlavy	19
3.1.3	Nožové hlavy	20
3.2	Zásobníky skladovací	20
3.2.1	Řetězový zásobník	21
3.2.2	Zásobník bubnový	22
3.2.3	Hvězdicový zásobník	24
3.2.4	Regálový zásobník	24
3.3	Zásobníky kombinované	26
4	VÝMĚNA NÁSTROJŮ	27
4.1	Pick-up výměna	27
4.2	Výměna nástroje manipulátorem	27
4.3	Výměna nástroje výměníkem	28
5	DRŽÁKY NÁSTROJŮ	29
5.1	HSK	29
5.2	Coromant Capto	29
5.3	Nikken 3Lock	30
5.4	KM	31
5.5	KM4X	32
5.6	SK/ISO	32
5.7	BIG-PLUS	33
6	UPÍNÁNÍ NÁSTROJOVÝCH JEDNOTEK DO VŘETENA	34
6.1	Upínání pomocí kleštin	34
6.1.1	Upínání HSK a Coromat Capto	35
6.2	Upínání pomocí kuličkového mechanismu	35
6.2.1	Upínání KM a KM4X	36
7	UCHYCENÍ NÁSTROJOVÝCH JEDNOTEK	37
7.1	Nástrojová jednotka volně uložená	37
7.2	Nástrojová jednotka mechanicky uchycena	37
7.3	Uchycení do přípravku se zajišťovacími kuličkami	37
7.4	Nástrojová jednotka uchycena na pevno	37
8	VÝMĚNNÁ RAMENA	38
8.1	Způsob výměny metodou zasekávající	38
8.2	Způsob výměny metodou napichující	39
9	KONSTRUKCE VÝMĚNNÝCH RAMEN	41
9.1	Mechanismus výměníku	42
9.1.1	Vačkový mechanismus	42
9.1.2	Samostatné pohony	43
9.2	Konstrukce čelistí	43

10	POHONY MANIPULÁTORŮ AVN	45
10.1	Pohony mechanické.....	45
10.2	Pohony elektrické.....	45
10.2.1	Servopohony.....	46
10.3	Pohony pneumatické.....	46
10.3.1	Lineární pneumatické motory.....	46
10.4	Hydraulické pohony.....	47
10.4.1	Pístové axiální rotační hydromotory.....	47
10.4.2	Lineární hydromotory.....	48
11	ZÁVĚR	49
12	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	51

1 ÚVOD

Strojírenský průmysl je důležitou částí pro rozvoj ekonomiky každého státu. Pro zpracování materiálu využíváme stroje různého charakteru. Jedním z těchto druhů jsou obráběcí stroje, které se vyznačují třískovým obráběním polotovaru. Tyto stroje se využívají pro přesné výrobky a z důvodu zvýšení produktivity i rozměrové přesnosti jsou neustále inovovány.

Každý stroj se skládá z několika stavebních částí, které zaručují přesnost a bezporuchovost chodu stroje. Jednou z těchto stavebních částí stroje je skupina nástrojů, které ubírají polotovar a vytvářejí z něj obrobek. K převedení polotovaru na hotový obrobek je často využíváno více nástrojů, které je třeba měnit, čímž dochází k přerušení řezu a stroj je v tu chvíli neproduktivním, to snižuje výkonnost celého stroje. Výměna nástrojů patří mezi vedlejší výrobní časy stroje. Tyto časy jsou v dnešní době zkracovány využitím prvků automatizace ve stroji a tím minimalizují i chybu lidského faktoru v obráběcím procesu výroby.

Díky této funkci, kterou mají výhradně CNC (computer numeric control) stroje lze většinu obráběcích procesů, které z technologického hlediska vyžadují výměnu nástroje zcela zautomatizovat. Volbu nástroje realizujeme v řídicím systému stroje, kterým je opatřen.

2 AUTOMATICKÁ VÝMĚNA NÁSTROJE

Automatická výměna nástroje (dále jen AVN) je nedílnou součástí moderního strojírenství, ve kterém jde o zvýšení produktivity bez ztráty kvality a odstranění nadbytečné manuální práce. Tímto způsobem výměny nástrojů se zkracují vedlejší časy na výměnu nástroje, zvyšuje bezpečnost pro obsluhu a také klesá výrobní cena z důvodu zkrácení výrobního času.

Proces automatické výměny nástroje probíhá tak že, po ukončení řezu nástroje je nástroj umístěn do referenční polohy takzvané „home pozice“, v níž je zaměněn za nástroj nový. Starý nástroj putuje do zásobníku nástrojů a nový nástroj je upevněn do vřetena a pokračuje v obráběcím procesu.

Výměnu nástrojů rozdělujeme do několika skupin systémů, ty se rozlišují z hlediska zásobníků a samotné konstrukce. Do těchto skupin patří zásobníky nosné, zásobníky skladovací, zásobníky kombinované. Základní rozdělení těchto 3 skupin které se dále dělí lze nalézt v obr. 1



Obr. 1) Základní rozdělení zásobníku dle konstrukce

3 ZÁSObNÍKY NÁSTROJŮ

3.1 Zásobníky nosné

Tento zásobník přenáší veškeré síly přes těleso, ve kterém je nástrojová jednotka ustavena do nosné konstrukce stroje. Je uložen v pracovním prostoru stroje, a tak nezvětšuje půdorysnou plochu, což je výhodou. [1]

Tyto zásobníky nedisponují velkým počtem uskladněných nástrojů, z důvodu hmotnosti a rozměrů, které musí být voleny tak, aby nebyl narušen pracovní prostor stroje a nedošlo tak ke kolizi nástroje s jednotlivými prvky stroje či obrobku.

Do těchto zásobníků spadají revolverové hlavy a nožové hlavy, kterými jsou nejvíce opatřena soustružnická centra, konvenční soustruhy, dlouho a krátkotočné automaty.

Nosné zásobníky disponují svojí rychlou výměnou nástroje, robustní konstrukcí, tuhostí, přesností polohy ustavení nástroje a odolností vůči znečištění, protože jsou aktivní členy řezného procesu.

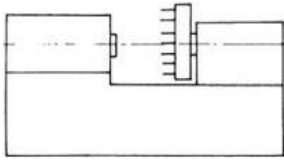
Výměna nástrojů z nosných zásobníků probíhá manuálně, a nástrojová jednotka je v nástrojové kapse zásobníku upevněna mechanicky.

3.1.1 Revolverové hlavy

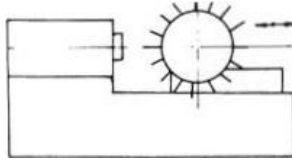
V revolverových hlavách (dále jen RH) mohou být nástroje rotační (frézy, vrtáky atp.), které vykonávají hlavní pohyb a nástroje které vykonávají pohyb vedlejší (soustružnické nože). Výhodou těchto zásobníků je, že nemusí být využito jednoho druhu nástrojového držáku.

Výměna u těchto zásobníků probíhá bez manipulátoru, a tak je čas výměny dosti krátký. RH mohou být různě situovány vůči jednotlivým prvkům stroje. [2]

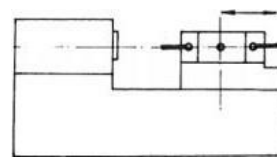
- Osa rotace RH je rovnoběžná s pohybem příčných saní suportu pohybujícím se podélně. (obr. 2.1)
- Osa rotace RH je rovnoběžná s pohybem příčných saní suportu pohybujícím se příčně. (obr. 2.2)
- Osa rotace RH je kolmá k příčným saním suportu. (obr. 2.3)
- Osa rotace RH je šikmá k těmto saním. (obr. 2.4)



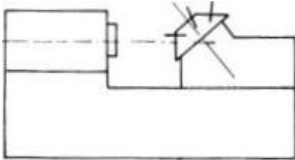
Obr. 2.1 [2]



Obr. 2.2 [2]



Obr. 2.3 [2]



Obr. 2.4 [2]

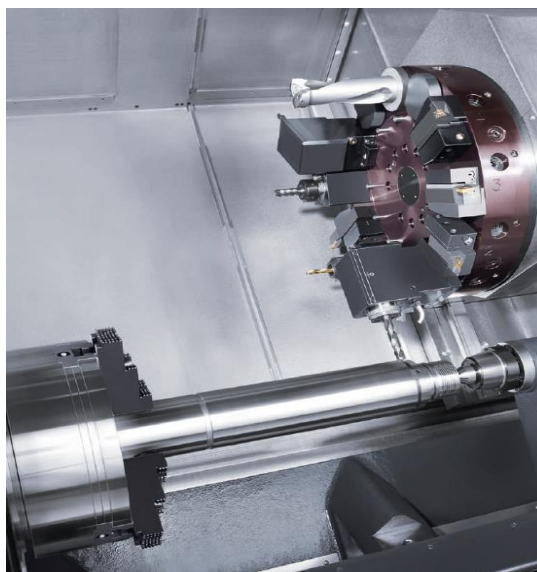
Obr. 2) RH vůči jednotlivým prvkům stoje [2]

RH jenž nese nástroje rotační vyžaduje vlastní pohon těchto nástrojů, to je složité z hlediska konstrukce. Díky tomu, že zásobník má v sobě vlastní pohon dojde ke snížení robustnosti a tím může dojít ke snížení přesnosti a tuhosti celé soustavy. Proto se toto řešení používá při procesech, kde se využívají menší rotační nástroje a není na tyto aspekty kladen takový důraz.

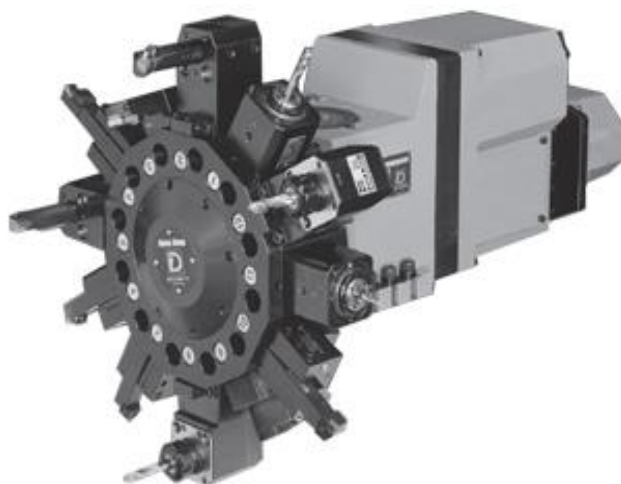
Výměna nástroje je zprostředkována pomocí pohonu, který je realizován přes hřídel, která vede z RH do pohonné skříně. Tento pohon otáčí RH o přesně stanovenou úhlovou vzdálenost mezi jednotlivými nástroji, která se stanovuje podílem 360° a počtem nástrojů.

Pro ustavení RH a zároveň tak aretaci nástroje v pracovní poloze se užívá hydrauliky a elektromechaniky. [2]

RH dělíme podle jejich stavby na diskové a korunové. Diskový má otočnou část ve tvaru disku a nástroje v něm mohou být upnuty z čela nebo po obvodu.



Obr. 3) Nástroje uloženy na čele disku. [DMG MORI] [3]

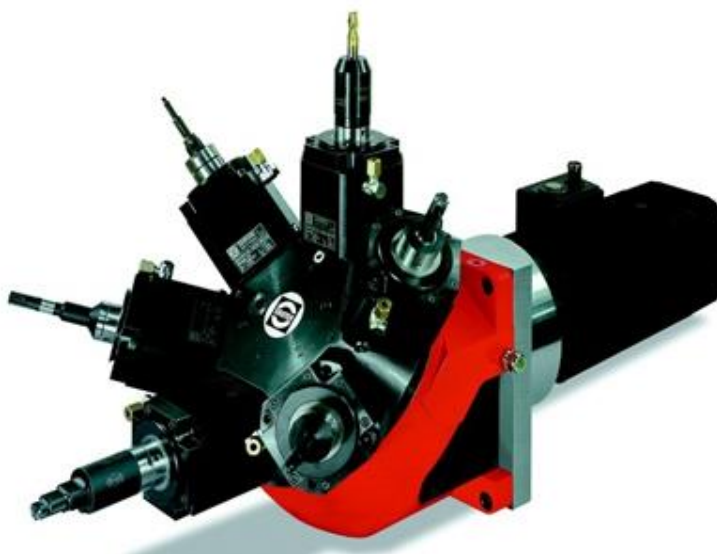


Obr. 4) Nástroje uloženy na obvodu disku [Duplomatico] [4]

3.1.2 Korunové revolverové hlavy

V tomto konstrukčním řešení jsou nástroje skloněny k ose rotace, a tak svým tvarem vytváří korunu. Tyto hlavy mívají menší počet nástrojů, a tak výměna trvá velice krátkou dobu. Mohou v nich být upnuté nástroje konající pohyb hlavní i nástroje konající pohyb vedlejší. V případě upnutí nástrojů konající pohyb hlavní (rotační nástroje) může být přenos točivého momentu na revolverovou hlavu i nástroj realizován jedním motorem.

Většinou se korunové revolverové hlavy používají ve vysoce výkonném produktivním obrábění.



Obr. 5) Revolverová hlava korunového typu [Sauter] [5]

3.1.3 Nožové hlavy

Tento zásobník nástrojů se liší oproti revolverovým hlavám v absenci nástrojů konající rotační pohyb. Pro zajištění rotace nástrojů je třeba umístit k nástrojové hlavě přípravek. Nožová hlava se používá při soustružení nebo vrtání.



Obr. 6) Nožová hlava [Duplomatico] [6]

3.2 Zásobníky skladovací

Jak už z názvu vypovídá u těchto zásobníků jde primárně o uskladnění nástroje, tj. nástroj se v těchto zásobnících na rozdíl od nosných zásobníků nezapojuje do řezného procesu. Proto jsou na tyto zásobníky kladeny menší technologické požadavky na tuhost a robustnost, než tomu bylo u zásobníků nosných.

Tyto zásobníky jsou ve větší vzdálenosti od místa obrábění, a proto je zapotřebí dalšího prvku, který nástroj přemístí ze zásobníku do vřetena, tyto prvky dělíme na manipulátory a výměníky.

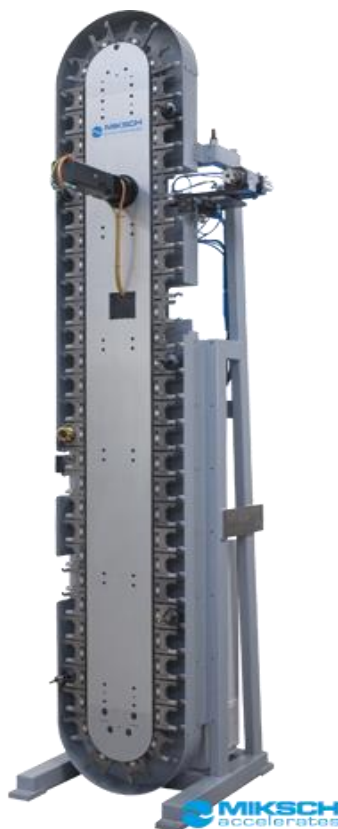
Vzhledem k uložení, které není blízko pracovnímu prostoru lze kapacitu zásobníku navyšovat. S navyšováním kapacity zásobníku jde ruku v ruce i velikost zásobníku a tím i zvětšení celkové půdorysné plochy.

3.2.1 Řetězový zásobník

Je často používaný skladovací systém nástrojů díky své variabilitě zástavby ke stroji. Zástavba zásobníku může být horizontální, vertikální nebo kombinovaná.[7] Počet nástrojů, který lze v tomto zásobníku skladovat se pohybuje od 50ks až 100ks, jsou omezeny velikostí a hmotností. Jednotlivé nástroje jsou identifikovány podle pozice nástrojové kapsy, které mohou být pevné nebo výklopné, se sklopením o úhel 90° v nichž je nástrojová jednotka uložena. [1]

Jako pohony pro posuv nástrojových kapes do pozice pro výměnu nástroje se používají převážně servomotory, elektromotory, hydraulické motory.

Obráběcí centra mohou obsahovat i dva řetězové zásobníky. Primární zásobník má za účel nést nástroje, které jsou vyžadovány obráběním a sekundární obsahuje duplicitní nástroje a zajišťuje výměnu při defektu nebo opotřebení nástroje v primárním zásobníku.[8]



Obr. 7) Řetězový vertikální zásobník [Miksch] [9]



Obr. 8) Řetězový zásobník horizontální [Chendsound] [10]

3.2.2 Zásobník bubnový

V tomto konstrukčním řešení AVN jsou nástroje uloženy z čela zásobníku do tvaru kružnice. Osa jednotlivých nástrojových kapes je rovnoběžná s osou otáčení zásobníku a zpravidla kolmá na osu rotace vřetene. Samotný zásobník bývá často opatřen sklopným mechanismem, který je pouze jeden, a to v referenční poloze pro výměnu nástroje. Většinou je poháněn pneumaticky a to tak, že tento mechanismus tlačí na pružinu, která udržuje nástrojovou kapsu ve výchozí poloze, po přetlačení dojde ke sklopení nástrojové kapsy o úhel 90° a tím dojde k rovnoběžnosti mezi osou nástrojové kapsy a osou rotace vřetene. V této poloze je nástroj připraven k výměně a usazení do vřetena za pomoci manipulátoru či výměníku.

Kapacita tohoto zásobníku se pohybuje mezi 20 až 50 nástroji, a proto tento zásobník řadíme mezi maloobjemové. Počet uložených nástrojů limituje tvar zásobníku, prostor určený pro zástavbu tohoto systému ke stroji. Rozteč mezi jednotlivými nástroji uložených v nástrojových kapsách zásobníku, musí být taková, aby byla zajištěna bezpečná výměna nástroje prostřednictvím manipulátoru nebo výměníku bez jakékoliv kolize. Při snaze navýšit kapacitu tohoto zásobníku na úkor jeho rozměrů dojde ke ztrátě kompaktnosti a je žádoucí volit jiný systém AVN. [11]

Tato zástavba se nejvíce používá u frézovacích center, kde je zastavěna v závislosti na své velikosti na horní část vřetena, čímž je minimalizována dráha výměny což vede k menšímu času výměny. Další možná zástavba je například na sloupek nebo stěnu obráběcího centra.

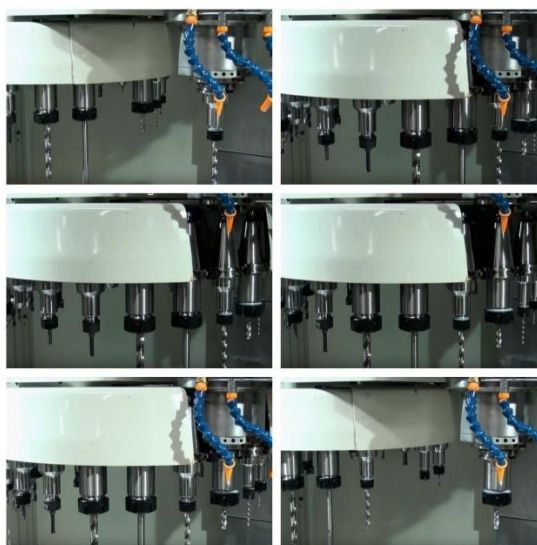
Trajektorie, po které se pohybuje nástroj z obecného místa v zásobníku do referenčního místa výměny nástroje je kruhovitý, a proto tento systém řadíme do skupiny zásobníků s kruhovým pohybem. Časy výměny nástroje z řezu do řezu se pohybují mezi 0.6s do 5s. [12]



Obr. 9) Bubnový zásobník [SANJET] [13]

Bubnový zásobník typu umbrella

Průběh této výměny je takový, že si řídicí systém vyžádá výměnu nástroje, zastaví se otáčky a zásobník se lineárně posune k vřeteníku. Přisune se bez úhlové změny otočné části, to znamená, že prázdnou nástrojovou kapsou. Po najetí zásobníku do referenční polohy dojde u vřeteníku k posuvu ve svislé ose a usazením nástroje do kapsy. Poté se vřeteník přesune do polohy výměny nástroje a v ní vyčká na indexaci zásobníku, dále vykoná pohyb ve směru osy rotace, tím dojde k uložení nástrojové jednotky do vřetena.



Obr. 10) Příklad popisované pick-up výměny nástroje [14]

3.2.3 Hvězdicový zásobník

V tomto zásobníku jsou uloženy nástroje tak, že je osa nástroje kolmá nebo mírně sklopená k ose rotace tohoto zásobníku. Tento zásobník řadíme mezi maloobjemové. Větší kapacity toho systému lze dosáhnout přípravky, které například zdvojnásobí kapacitu na jednu nástrojovou kapsu. Další variantou, jak navýšit kapacitu tohoto skladovacího systému bez nárůstu rozměrů zásobníku je umístění více zásobníkových jednotek za sebe. [15]



Obr. 11) Příklad zástavby více zásobníkových jednotek [DMG MORI] [16]

V případě, kdy nástroje směřují do osy rotace zásobníku nemohou mít velký průměr, musí být takové uspořádání, aby byl mezi jednotlivými nástrojovými jednotkami dostatečný prostor a to takový, který zajistí, aby nedošlo ke kolizi při výměně nástroje. Se zvyšujícím počtem nástrojů narůstá vnější průměr zásobníku, který je limitován prostorem, jenž je mu je vyhrazen strojem.

3.2.4 Regálový zásobník

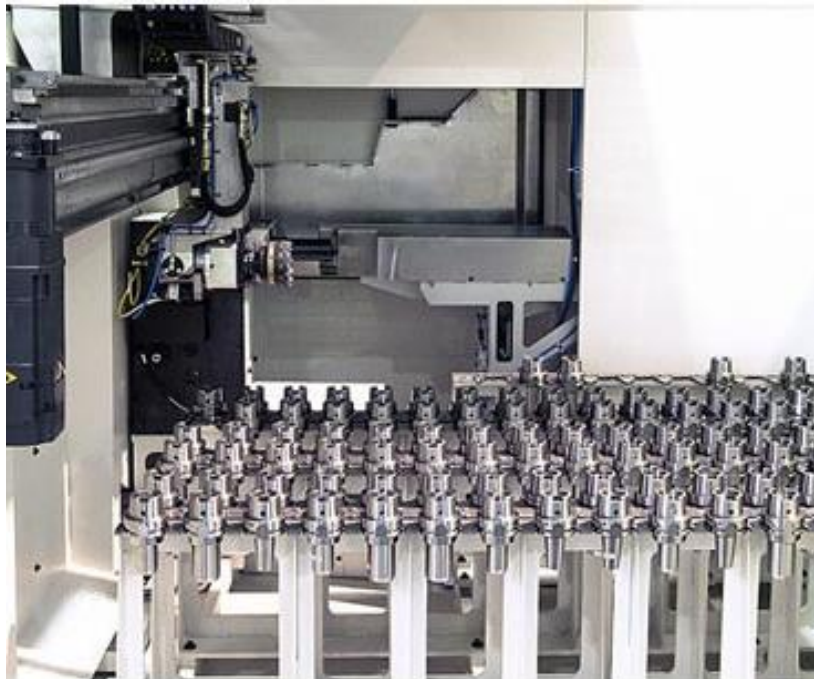
Tento systém uložení nástrojů je v dnešní době hojně užíván u velkých obráběcích center, které disponují složitými obráběcími procesy, a vyžadují širokou škálu obráběcích nástrojů. Snahou v tomto konstrukčním řešení je efektivně uložit mnoho nástrojů při zastavení malé plochy.

Regálové zásobníky lze dělit podle způsobu uložení nástrojů na horizontální a vertikální.

Horizontální regálové zásobníky mají nástroje uloženy v jedné výškové úrovni. Uložení nástrojových jednotek je koncipováno tak, že samotný nástroj je uložen směrem dolů a držáky

nástrojů směrem nahoru. Tento způsob uložení je navržen pro snadné uchopení efektem manipulátoru.

Nevýhodou tohoto způsobu ukládání nástrojových jednotek je to, že je zapotřebí velkého půdorysného prostoru, který se zvětšuje s počtem skladovaných nástrojů.



Obr. 12) Horizontální regálový zásobník s portálovým manipulátorem [1]

Vertikální regálové zásobníky mají nástroje uloženy ve více výškových úrovních. Uložení těchto nástrojových jednotek může být orientováno jak horizontálně, tak i vertikálně. Výhodou je menší půdorysná zástavbová plocha.

Ukládání do regálových zásobníků bývá pomocí manipulátorů, které jsou buď stacionární nebo s pojezdem. Výběr těchto manipulátorů závisí na celkové koncepci výměny.



Obr. 13) Vertikální zásobník [Chiron] [17]

3.3 Zásobníky kombinované

Jak už z názvu vypovídá, tak se jedná o kombinaci zásobníků skladovacích a nosných nebo dvou zásobníků toho samého druhu, které dohromady tvoří jeden celek. Tato koncepce je zřídka kdy používána, kvůli vysoké ceně a konstrukční složitosti, která může vést k nižší spolehlivosti. Kombinovaná zástavba zásobníků je vidět převážně u jednoúčelových strojů.

4 VÝMĚNA NÁSTROJŮ

4.1 Pick-up výměna

Tato výměna se využívá převážně u frézovacích center. Výměna nástroje ze zásobníku, který nepřenáší řezné síly, a tak má pouze skladovací funkci, do pracovní polohy což je zpravidla do vřetena bez použití výměníku nebo manipulátoru. Tato výměna vyžaduje zástavbu zásobníku blízko vřetena a velký rozsah pojezdu vřetena nebo zásobníku po jednotlivých osách.

Tento systém výměny nástrojů je z konstrukčního hlediska jednodušší, spolehlivější a má delší životnost. Díky jednodušší konstrukci jsou sníženy výrobní náklady a tím klesá i pořizovací cena tohoto systému. Jeho nevýhodou sledujeme hlavně v malé kapacitě zásobníku a času výměny nástroje, který je vyšší kvůli jednotlivým krokům výměny nástroje, které probíhají jednotlivě po sobě a ne současně. [11]

4.2 Výměna nástroje manipulátorem

Tato koncepce AVN je užívána většinou u regálového zásobníku, kde je třeba přesunovat nástrojové jednotky na větší vzdálenosti a po složitějších trajektoriích. Samotný výměník vzhledem ke konstrukčnímu řešení těchto zásobníků by nebyl schopen dodržet hlavní požadavky pro AVN. U této výměny za pomoci manipulátoru jsou rozlišovány dva druhy a to:

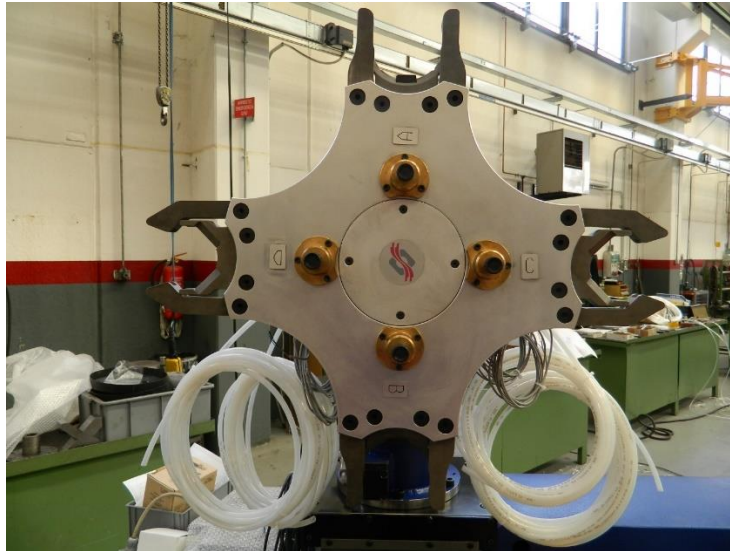
- Zásobník - manipulátor - vřeteno
- Zásobník - manipulátor - výměník - vřeteno



Obr. 14) Koncepce zásobník-manipulátor-vřeteno, manipulátor s dvěma efektory [KUKA] [18]

4.3 Výměna nástroje výměníkem

Primárním prvkem této výměny je výměník. Jedná se o jednoúčelové zařízení pro manipulaci s nástroji mezi zásobníkem a vřetenem nebo mezi efektořem manipulátoru a vřetenem obráběcího stroje. Výměník může manipulovat s více než dvěma nástroji najednou.



Obr. 15) Výměník pro manipulaci s více nástroji [CFT AUTOMATION] [19]

5 DRŽÁKY NÁSTROJŮ

Držák nástroje je nezbytným prvkem pro automatickou manipulaci s nástroji. Společně s nástrojem, který je do něj upínán tvoří nástrojovou jednotku. Tato jednotka je vkládána jak do zásobníku nástrojů, tak do vřetena. Na tento celek jsou kladeny požadavky na stabilitu upnutí, schopnost přenášet velké kroutící a ohybové momenty. [20]

5.1 HSK

Tento držák nástroje je krátký dutý kužel, který má strmost 1:10. Do dutiny kuželu jsou vkládány upínací kleštiny, které se po vložení rozepnou a vyvolají potřebnou přítlačnou sílu. Kontakt s vřetenem je uzpůsoben dvěma dosedacími plochami.

Tento držák nástrojů vykazuje vysokou tuhost a stabilitu zejména pro vysokorychlostní obrábění, kde se tenká stěna kužele roztahuje, a tak se síla kterou na sebe vzájemně působí dutina vřetena a kužel držáku nezmenšuje.

Díky svým rozměrům, které jsou poměrně malé a držák je lehký se hodí k automatické výměně nástroje, která díky těmto skutečnostem může proběhnout rychleji. [20]



Obr. 16) HSK [21]

5.2 Coromant Capto

Tento držák nástroje byl uveden na trh společností Sandvik Coromant. Tvar Capto je nerotační polygon kuželovitého tvaru. Capto využívá dosedací plochy na přírubě a také na ploše stopky s kuželovitostí 1:20. Kroutící moment přenáší pomocí silových vazeb i tvarových styků nástroje s vřetenem.

Polygonální nerotační kónický tvar stopky uděluje tomuto držáku dobré rozdělení upínací síly na stykových plochách, tuhost v ohybu a krutu, přesnost polohování ostří, perfektní stabilitu spojení.[20]

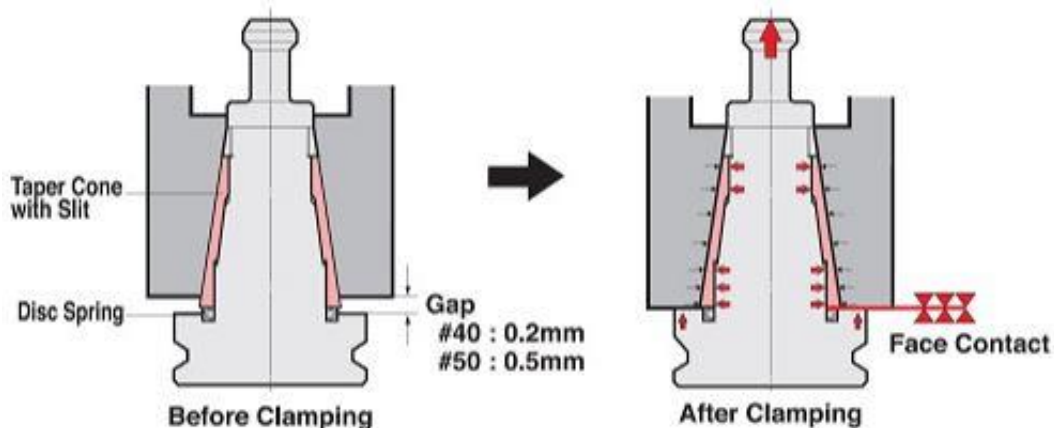


Obr. 17) Coromant Capto [22]

5.3 Nikken 3Lock

Držák nástroje z produkce japonské společnosti Nikken. Je tvořen z kuželové stopky s přírubou, která je obalena kuželovým pláštěm. Vnitřní plocha přichází do styku s kuzelem stopky a vnější plocha je v kontaktu s kuželovou dutinou vřetena. Nikken 3Lock využívá předepjaté talířové pružiny k dosažení kontaktu mezi čelem kuželového pláště a dosedací plochou příruby. Dochází ke trojitému kontaktu, a to mezi čelem vřetene a dosedací plochou příruby a dvěma kuželovými plochy.

Toto spojení vykazuje vysokou tuhost, stabilitu, tlumení vibrací, osovou symetrii. Výhodou je, že lze takovouto nástrojovou jednotku upínat do standardního vřetena s kuželovitostí 7:24.[20]



Obr. 18) Nikken 3Lock [23]

5.4 KM

Tento držák zkonstruovala společnost Kennametal v USA. KM je složen z kuželové a čelní plochy se strmostí 1:10, takže je stejně jako držák typu HSK samosvorný. Po vložení do vřetena stroje dojde ke kontaktu stykových ploch a nástrojová jednotka je ve vřeteni zaaretována, Tento držák je konstruován tak, že vyhovuje velkému množství vřeten.

Držák vykazuje vysokou ohybovou tuhost, spolehlivost, odolnost vůči vibracím. Je vhodný pro vysokorychlostní obrábění. [24]

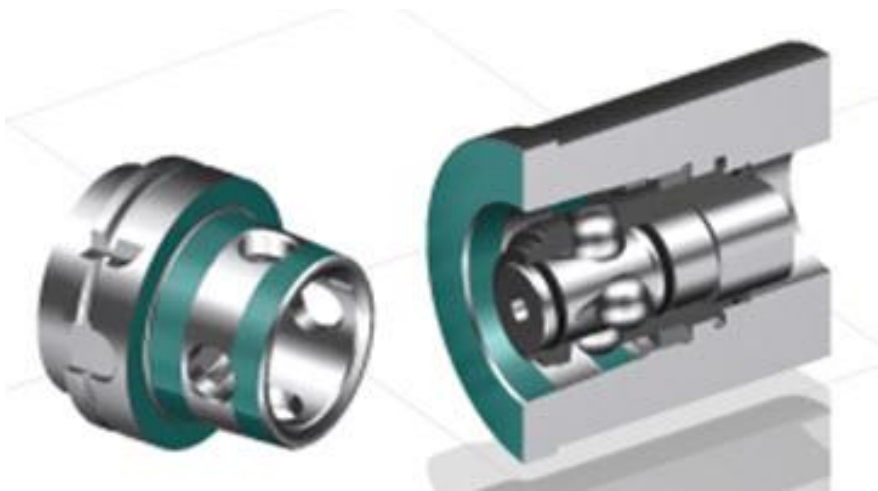


Obr. 19) KM [25]

5.5 KM4X

Tento držák vychází z typu KM. Je zkonstruován tak, že má tři dosedací plochy. Posunu svislým směrem nebo-li v ose Z zabraňuje čelní styková plocha. Další dvě stykové plochy jsou na kuželi.

Za předpokladu správně nastavených stupňů přesahů v kombinaci s vysokou upínací silou tento systém vykazuje extrémní tuhost a vysoké dovolené zatížení v ohybu. To umožňuje velké úběry materiálu, čímž klesá výrobní čas na díl. Je hojně používán při obrábění vysokopevnostních materiálu, například pro obrábění titanu nemá v dnešní době konkurenci. Systémy KM4X mohou být aplikovány na frézovacích, multifunkčních nebo soustružnických centrech a obráběcích linkách.

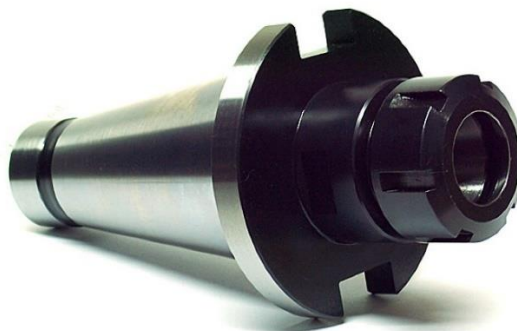


Obr. 20) KM4X [25]

5.6 SK/ISO

Tento systém patří mezi nejpoužívanější. Kuželový typ držáku se strmostí 7:24 je nesamosvorný, a tak je zapotřebí upínacího mechanismu pro aretaci ve vřetenu. Kroutící momenty jsou přenášeny pomocí tření na stykové kuželové ploše mezi vřetenem a držákem.

Není vhodný pro vysokorychlostní obrábění v důsledku zvětšování kuželové dutiny vřetene díky odstředivé síle. Nevykazuje vysokou tuhost uložení. Tyto držáky jsou poměrně velké a těžké. Kvůli těmto skutečnostem je AVN delší. [1]



Obr. 21) ISO kužel [26]

5.7 BIG-PLUS

Toto rozhraní má kuželovitost a drážky pro manipulátor stejné jako strmý kužel. Ovšem díky přesným tolerancím využívá čelního kontaktu s vřetenem, což zvyšuje ohybovou tuhost.[27]



Obr. 22) BIG-PLUS [27]

6 UPÍNÁNÍ NÁSTROJOVÝCH JEDNOTEK DO VŘETENA

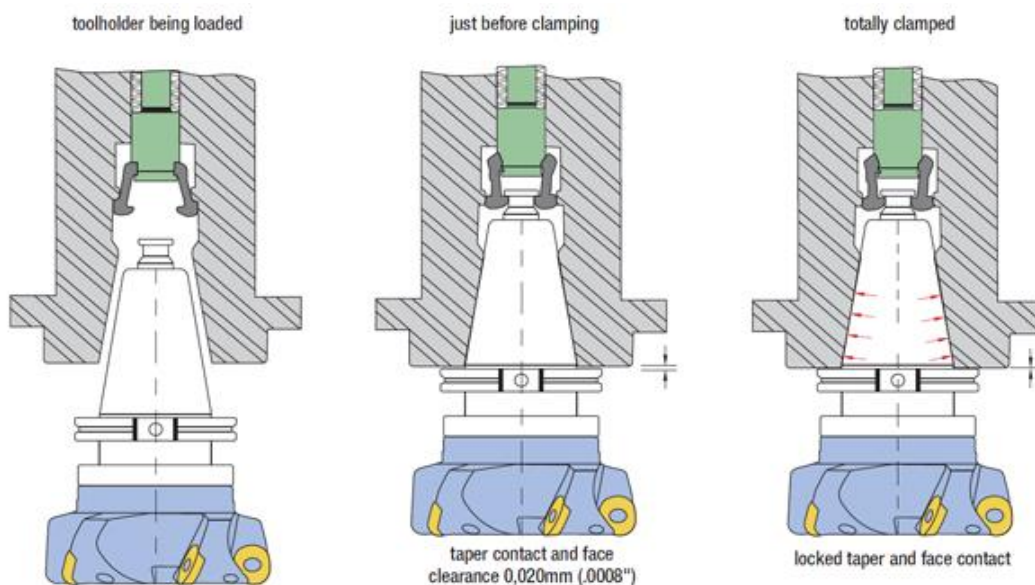
Vřeteno musí umožňovat rychlou výměnu nástrojové jednotky, vysokou tuhost tohoto spojení i při působení účinků řezných sil, které mají tendenci toto spojení přerušit.[27]

Přední část obráběcího vřetena je tvořena nástrojovou dutinou pro upínání nástrojových jednotek. Do této válcové dutiny je vkládána upínací a odepínací jednotka a samojistící mechanismus, který zaručuje upnutí nástroje i přes výpadek přítláčné síly.[1]

Při poškození, opotřebení jsou tyto mechanismy vyjmuty z dutiny vřetene a nahrazeny.

6.1 Upínání pomocí kleštín

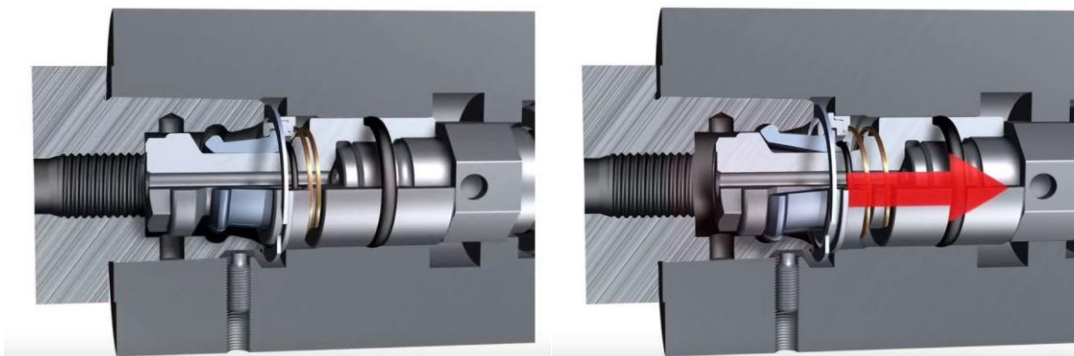
Upínání tohoto druhu je realizováno pomocí upínacích kleštín a tažného čepu, kterým je nástrojová jednotka opatřena. Kleštiny uchopí nástrojovou jednotku a vtahují ji do dutiny vřetena. Pohyb těchto kleštín je uskutečněn pomocí pružiny a silou od tažné tyče.[28]



Obr. 23) Upínání BIG-PLUS pomocí kleštín [29]

6.1.1 Upínání HSK a Coromat Capto

Tyto systémy využívají vnitřního upínání. Držák je vtahován do dutiny vřetena za pomoci kleštin, které díky tažné tyči tlačí na plochu stopky držáku.[20]



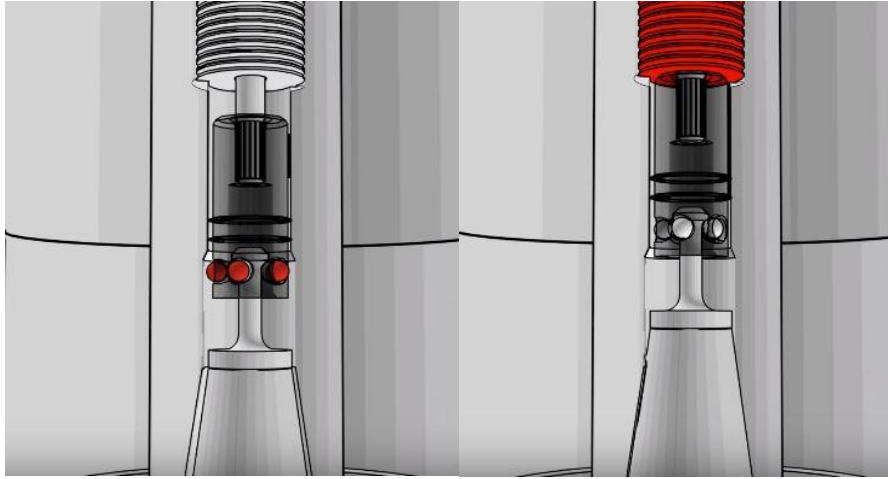
Obr. 24) Upnutí Coromant-Capto [30]

	Kuželovitost	Dosednutí příruby	Způsob upnutí	Přenos kroutícího momentu
Strmý kužel	16,26°	Ne	Závrtný tažný čep	Unášecí kameny na dosedací ploše příruby
BIG-PLUS	16,26°	Ano	Závrtný tažný čep	Unášecí kameny na dosedací ploše příruby
HSK-A	5,7°	Ano	Upínání za vnitřní segmenty	Unášec na kuželi
Coromant-Capto	2,88°	Ano	Upínání za vnitřní segmenty	Polygonální objímka

Tab 1) Typy rozhraní vřetena obráběcího stroje [27]

6.2 Upínání pomocí kuličkového mechanismu

Upínání za pomoci tvrdých kovových kuliček pracuje na podobném principu jako upínání do kleštin. Je zde také tažná tyč opatřena talířovými pružinami, pro zajištění přitlačné síly i při výpadku energie. Pohyb tohoto mechanismu kopíruje tvar nástrojového držáku a kuličky změnou svojí polohy uchopí držák za přidavný tažný čep na držáku nástrojů.[28]



Obr. 25) Upínání pomocí kuličkového mechanismu [31]

6.2.1 Upínání KM a KM4X

Upnutí těchto systémů je podobné jako u vnitřního upnutí pomocí kleštin. Jednotka je do vřetene vtahována pomocí pohybu tažné tyče a kuliček, které se vsunují do otvorů v držáku. Tím je uskutečněno přesné a tuhé spojení. Systém KM využívá dvou kuliček, KM4X využívá 4 kuliček. Tím je dosaženo větší a rovnoměrnější upínací síly.[28]



Obr. 26) Rozhraní KM4X Kennametal [32]

7 UCHYCENÍ NÁSTROJOVÝCH JEDNOTEK

Nástrojová jednotka, která není právě používána a je skladována musí být uchycena do přípravku. Tyto přípravky musí zaručit, že se nástrojová jednotka samovolně neuvolní, a to ani při pohybu zásobníku v němž je uložena. Dále také, že při častém vyjímání a vkládání nástrojových jednotek do těchto přípravků nijak neovlivní normované rozměry držáků nástrojů, a proto jsou vyrobeny převážně z plastového materiálu. Jsou koncipovány na odolnost vůči znečištění, nízkou údržbu, jednoduchou výrobu, vysokou životnost.

7.1 Nástrojová jednotka volně uložená

Nejjednodušší konstrukční řešení užíváno většinou u nepohyblivých zásobníků např. u regálových zásobníků. Tvar těchto přípravků je daný nástrojovými jednotkami, respektive držáky, které se skladují.[15]

7.2 Nástrojová jednotka mechanicky uchycena

Hlavní část přípravku je čelist, kterou rozlišujeme na dva druhy. První konstrukční řešení je navrženo tak, aby byla čelist menšího průměru než vkládaná nástrojová jednotka. To způsobí přesah, který po překonání, tlačí silou na držák nástroje a tím je pevně uložen. Druhé řešení je za pomoci mechanické pružiny, která čelisti přípravku stlačuje k sobě.[15]

7.3 Uchycení do přípravku se zajišťovacími kuličkami

Velmi často užívaný typ pouzdra pro nástrojovou jednotku kvůli schopnosti odolávat znečištění. Princip tohoto uchycení spočívá v tlačných pružinách, které působí na přítlačné kuličky a ty dále převádějí přítlačnou sílu na konec nástrojového držáku. Tím je nástrojová jednotka vtahována přípravku. [15]

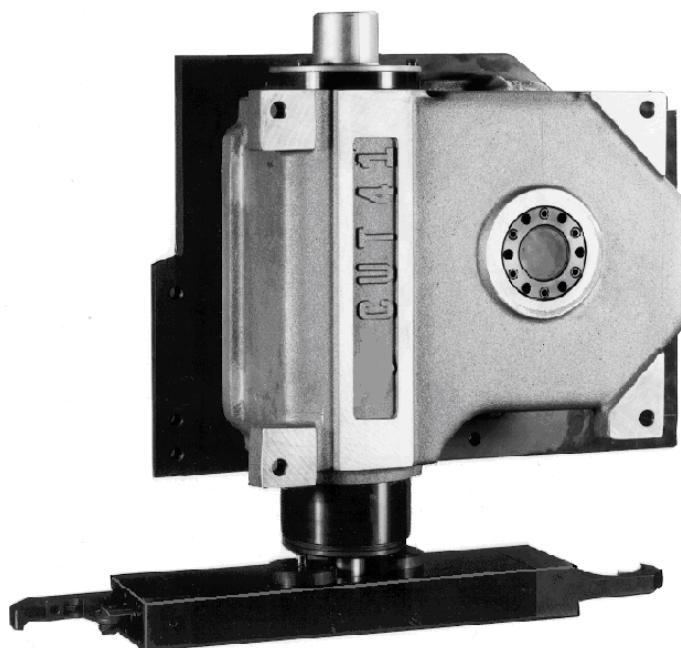
7.4 Nástrojová jednotka uchycena na pevno

Tento druh uchycení je používán především u nosných zásobníků, kde není potřeba časté výměny nástroje za nástroj v kapse zásobníku. U tohoto uchycení je třeba manuálního upnutí do kapsy za pomoci šroubů a přítlačných podložek. Lze ukládat i rotační nástroje, kterým zásobníková kapsa uděluje točivý moment prostřednictvím náhonu stroje.[15]

8 VÝMĚNNÁ RAMENA

Nástrojové jednotky uložené ve skladovacím zásobníku stroje jsou měněny takzvanými výměnnými rameny, a to buď přímo ze zásobníku do vřeteny nebo z referenční pozice, kde je nástroj odebrán z koncového efektoru manipulátoru. Tyto nástrojové jednotky jsou přemisťovány za pomoci sledů translačních a rotačních pohybů, za které je starý nástroj vyměněn za nový. Sofistikované mechanismy a spínací systémy řídí zrychlení těchto přerušovaných pohybů.

Mezi hlavní požadavky výměníků patří přesnost, hladkost pohybu, nízká vibrace, tichý provoz, rychlost a minimální celkové rozměry.

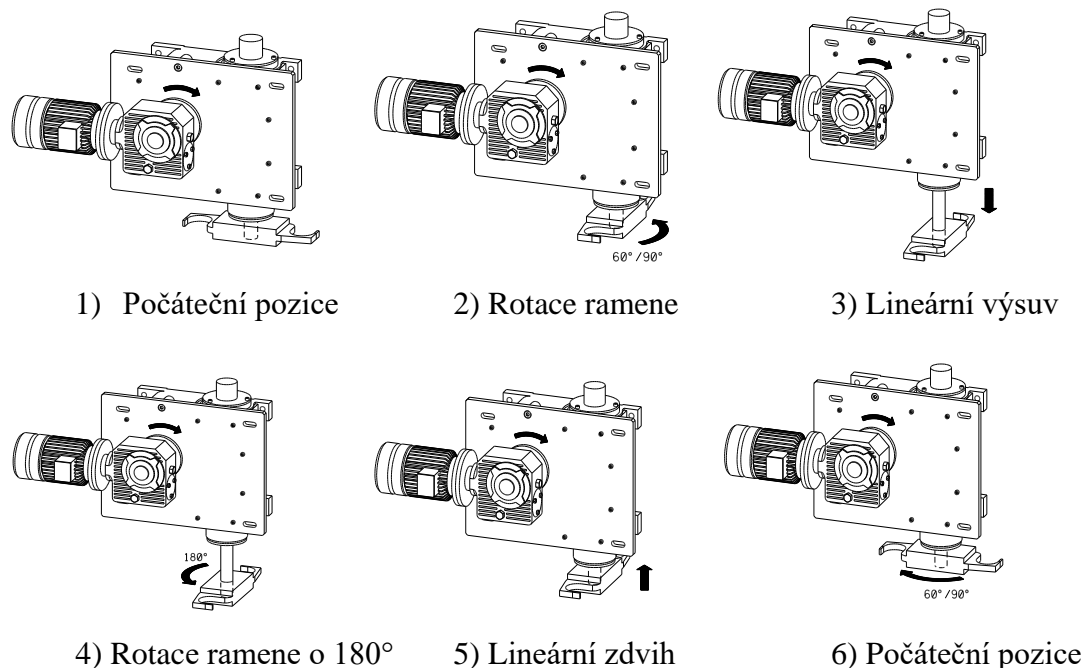


Obr. 27) Výměník firmy MIKSCH [33]

8.1 Způsob výměny metodou zasekávající

Způsob výměny převážně u skladovacích zásobníků s funkcí výklopného lůžka. Díky tomu, že je nástroj vyklopen zpravidla o 90° oproti jiným nástrojovým jednotkám ležících v zásobníku, vzniká prostor pro zaseknutí držáku nástroje do čelistí ramene. Princip samotné výměny je jednoduchý, avšak z konstrukčního hlediska to říci nelze. Rameno musí vykazovat vysokou opakovatelnou přesnost a rychlost se kterou souvisejí nežádoucí rázy při zasekávání.

Výměnné rameno se otáčí mezi zásobníkem nebo efektozem manipulátoru a vřetenem stroje. Oba konce ramena se mohou otáčet o 90° . Rameno se otočí a současně zasekne nástroj ve vřeteny a nástroj ležící v zásobníku, dále dojde k lineárnímu výsuvu, čímž jsou nástroje odebrány jak dutiny vřeteny, tak z přípravků uchycující nástroj v zásobníku. Další pohyb je rotační o 180° a následuje zdvih ramena.

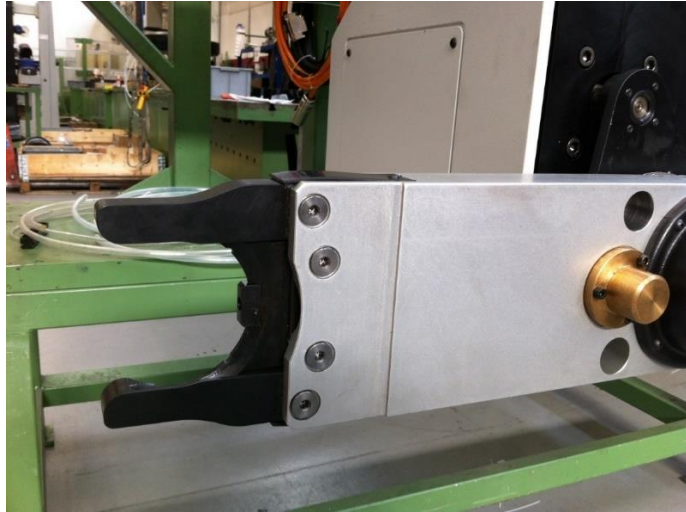


Obr. 28) Sekvence pohybů výměnného ramena [33]

8.2 Způsob výměny metodou napichující

Tato metoda je zpravidla používána u výměny větších nástrojových jednotek nebo u zásobníků, které nedisponují výklopnou nástrojovou kapsou, a tak není velký prostor pro zaseknutí nástroje. Princip spočívá v translačním pohybu výměníku a napíchnutí nástrojové jednotky mezi čelisti uložených na koncích ramene.

Průběh výměny může být takový, že se rameno otočí o takový úhel, aby střed čelistí byl totožný s osou rotace nástroje jak ve vřetenu, tak v zásobníku. Poté následuje sled translačních pohybů, jejichž výstupem je uchopení nástrojů do čelistí. Výměnné rameno udělá lineární výsuv, který je zpravidla totožný s jeho osou rotace a poté se otočí o 180° a provede zdvih, čímž jsou nástrojové jednotky zaměněny.



Obr. 29) Výměnné rameno s čelistmi pro napichování [CFT AUTOMATION][34]

9 KONSTRUKCE VÝMĚNNÝCH RAMEN

Výměnná ramena jsou nejčastěji konstruována jako dvojramenný otočný mechanismus, opatřený po obou koncích čelistmi, do kterých jsou uchopovány nástrojové jednotky.

U větších obráběcích center se používají různá konstrukční řešení.

Například obr. 30) představuje výměník, jenž je uložen na lineárním vedení se zaoblením. Pohyb je zde realizován za pomoci pastorku a stacionárně uloženého hřebene. Zdroj energie je k pohonu tažen skrz energetický řetěz, který chrání kabely proti poškození a nečistotám.



Obr. 30) Výměník s výměnným ramenem na lineárním vedení se zaoblením [CFT AUTOMATION] [35]

Na obr. 31) lze vidět uhlový výměník, který zprostředkovává výměnu mezi zástavbami, u kterých není shodná osa rotace vřetene vůči osy rotace nástroje v poloze výměny.



Obr. 31) Úhlový výměník [Alzmetall] [36]

9.1 Mechanismus výměníku

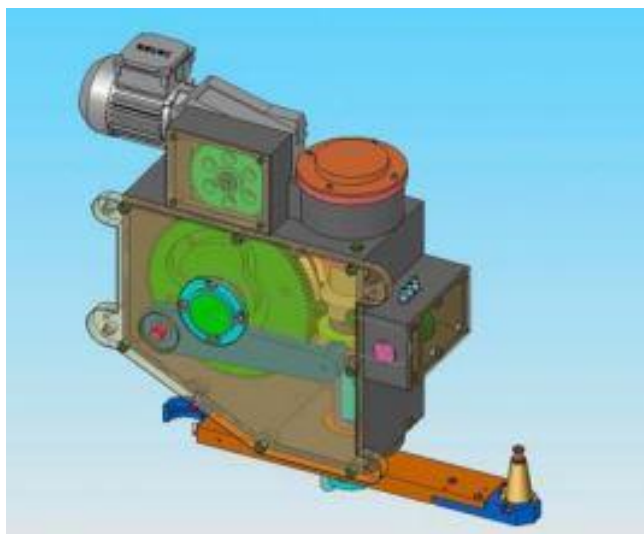
Pro pohon výměníků je využíváno pneumatických, hydraulických a elektrických zdrojů, které transformují energii v sílu, kterou jsou tato zařízení poháněna.

Tyto pohony musí splňovat nároky spočívající v efektivitě, jednoduchosti řízení, jednoduchosti mechaniky, hmotnosti, rozměry, účinnost atp.

V současnosti je využíváno převážně dvou typů mechanismu, které vytváří rotační a translační pohyb samotného ramene.

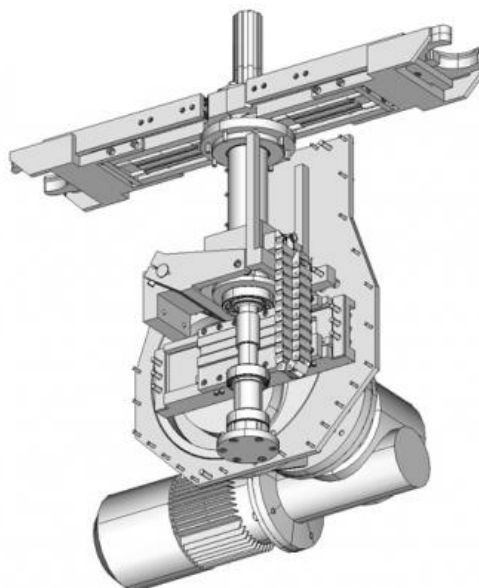
9.1.1 Vačkový mechanismus

Je využíváno vaček, které jsou poháněny jedním motorem, který je zpravidla elektromotor. Tyto vačky jsou globoidní a radiální. Radiální vačka slouží k pohybu lineárnímu ve směru rotace, vačka globoidní obstarává rotační pohyb ramene. Tato koncepce je nejrozšířenější kvůli výhodám, které sebou přináší. Mechanismus má dlouhou životnost, vysokou spolehlivost, není náročný na údržbu a zprostředkovává rychlou výměnu. [11]



Obr. 32) Vačkový mechanismus výměníku [37]

Existuje i inovovaná koncepce, kde je využíváno pouze jedné vačky. Tento systém přináší z konstrukčního hlediska zjednodušení, které jde ruku v ruce se zvýšením spolehlivosti a snížením výrobní ceny. Používají se u CNC frézovacích center.



Obr. 33) Jednovačkový mechanismus [38]

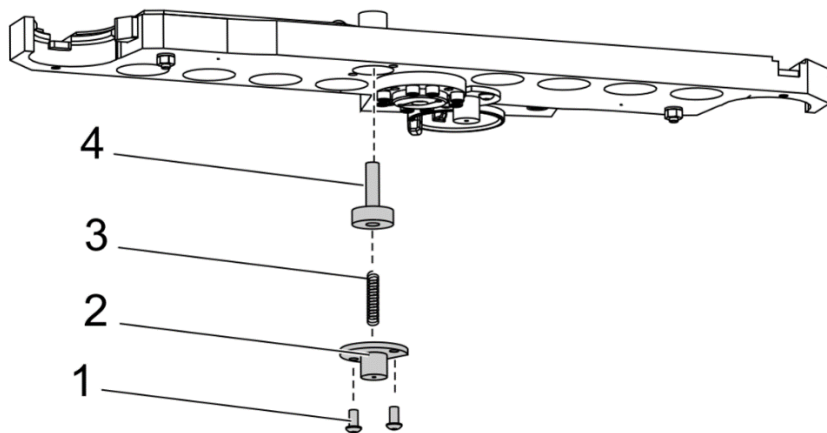
9.1.2 Samostatné pohony

Mechanismy pro rotační a translační pohyb výměnného ramene jsou samostatně hnané prvky. Tyto prvky jsou poháněny pneumatickými a elektrickými zdroji energie transformované na hnací sílu, Pneumotory většinou řídí translační pohyb ramene, elektromotory (krokové, servomotory) zase rotační pohyb ramene. Tato koncepce je složitá z hlediska sloučení těchto pohybů, což s sebou přináší potřebu zapojení snímačů polohy. Toto složitější konstrukční řešení vykazuje nedostatky ve vyšších pořizovacích cenách a vyšší požadavky na údržbu. [15]

9.2 Konstrukce čelistí

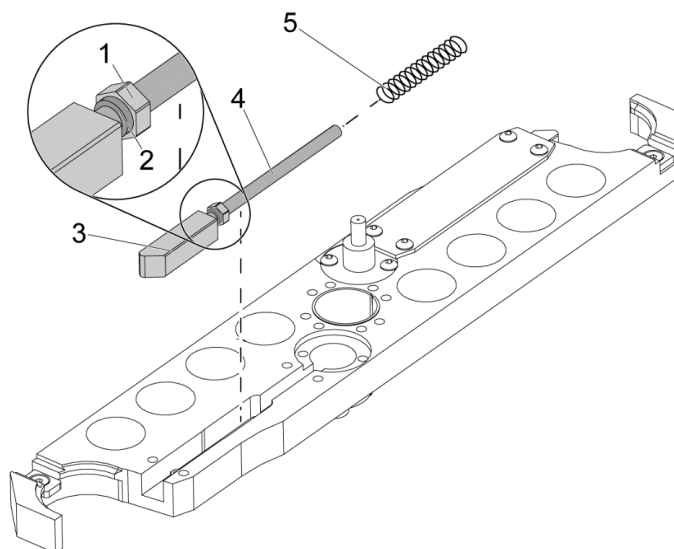
Výměnné rameno se skládá z centrální hliníkové konstrukce a čelistí z tvrzené oceli. Tělo ramene může být odlehčeno, čímž se dosahuje nižší vynaložené energie pro uskutečnění výměny a menšího momentu setrvačnosti k ose rotace.

Pomocí pružinového mechanismu je nástroj uchopován a uvolňován při výměně. Tento mechanismus je ovládán lineární změnou polohy, při které dojde ke styku blokovacího kolíku viz. obr. 34) s aretační deskou, která uvolní pojistný palec. Během pohybu se automaticky uvede do chodu nevratné mechanické zabezpečovací zařízení zabráňující náhodnému otevření pojistného palce.[39]



Obr. 34) Výměnné rameno 1) šrouby víka, 2) víko blokovacího kolíku, 3) pružina, 4) blokovací kolík [39]

Vůli mezi pojistným palcem a nástrojovou jednotkou lze vymezit umístěním podložek na seřizovací hřídel. [39]



Obr. 35) Výměnné rameno 1) matice, 2) podložka, 3) pojistný palec, 4) seřizovací hřídel, 5) pružina [39]

10 POHONY MANIPULÁTORŮ AVN

Manipulátory jsou opatřeny různými druhy pohonů, které mají za úkol transformovat vstupní energii na mechanický pohyb.

Na pohony těchto zařízení jsou kladeny tyto požadavky:

- Dostatečná polohová tuhost
- Plynulý rozběh a brzdění
- Přesnost polohování
- Minimální hmotnost
- Minimální rozměry
- Minimální moment setrvačnosti
- Vysoký měrný výkon [40]

10.1 Pohony mechanické

U těchto druhů pohonů dochází k převádění mechanické práce na požadovaný pohyb. K této přeměně je využíváno různých technických prostředků jako jsou vačky, pákové mechanismy, krokovací mechanismy, rovinné šablony atd.

Tyto pohony jsou implementovány do jednodušších zařízení nebo jednoúčelových mechanismů, jelikož nedisponují univerzálností a programovatelností jejich trajektorií pohybu. Lze se tedy s nimi setkat u jednoúčelových manipulátorů pro automatickou výměnu nástrojů, kde jsou takřka u všech typů vačkové mechanismy.[41]

10.2 Pohony elektrické

Elektrický motor transformuje vstupní elektrickou energii na mechanickou práci na výstupu. Nejčastějším pohonem pro realizování rotačního pohybu průmyslových robotů a manipulátorů jsou elektrické pohony.

U jednoduchých manipulátorů může elektrický motor pracovat za pomoci koncových spínačů, které řídí rozsah pohybu tzv. narážkové řízení. Je to chod v otevřené regulační smyčce.[41]



Obr. 36) Asynchronní motor [42]

10.2.1 Servopohony

Servomotor je složen z elektromotoru, který je opatřen snímačem otáček/polohy, měničem napájení, měničem řízení motoru a regulátorem polohy. Tento celek umožňuje přesné nastavení osy motoru a řízení otáček.

Elektrické servomotory dělíme podle druhu pohybu na lineární, točivé a podle druhu napájení na střídavé a stejnosměrné. Lineární el. Servomotory mají své uplatnění například u výrobních strojů. Točivé elektromotory jsou používány pro manipulátory a roboty.

Trojfázový asynchronní motor s kotvou na krátko je nejjednodušším typem servomotoru. Asynchronní otáčky rotoru (menší) než otáčky magnetické pole jsou základní vlastností tohoto typu motoru. Pro řízení otáček tohoto motoru je opatřen frekvenčním měničem, který mění kmitočet napájecího napětí statoru. Tento je používán u jednoduchých manipulátorů.[41]

10.3 Pohony pneumatické

Pneumatické pohony jsou mechanismy používané pro přeměnu síly stlačeného vzduchu na mechanický pohyb.

Zastoupení těchto pohonů lze nalézt spíše u méně výkonných manipulátorů s jednoduššími pracovními cykly.[41]

10.3.1 Lineární pneumatické motory

Lineární vícepokojové pneumatické motory se využívají u manipulátorů pro realizaci translačního pohybu. Tento pohon je vytvořen spojením dvou, někdy i více dvojčinných motorů (válců). Spojením dílčích zdvihů jednotlivých motorů je možné dosahovat různých velikostí zdvihů.

U těchto motorů musí být válec uložen v lineárním vedení, protože se při chodu pohybuje. Tento fakt způsobuje také potřebu ohebných přívodů tlaku. Nastavování zdvihů se obvykle provádí pomocí dorazů a tlumičů (pružinové, pryžové).[41]



Obr. 37) Lineární pneumatický motor [43]

10.4 Hydraulické pohony

V poslední době jsou tyto pohony nahrazovány elektrickými. Hydromotory jsou používány u výkonnějších zařízení, např. u výměnných ramen napichujícího typu, které pracují často s velkými a těžkými nástroji.

Tyto motory dělíme podle pohybu na:

- Rotační: šroubové a pístové, zubové, lamelové
- Lineární přímočaré
- Kyvné

Nejčastěji jsou užívány pístové axiální rotační hydromotory a lineární hydromotory.[41]

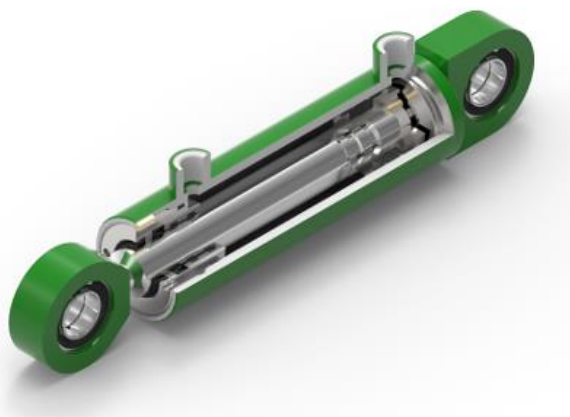
10.4.1 Pístové axiální rotační hydromotory

Pístové axiální rotační hydromotory se nejčastěji používají u mobilních i stacionárních strojů a zařízení. Jsou součástí hydrostatických soustav a mají konstantní geometrický objem. Rotační pohyb u těchto motorů je realizován tlakovou kapalinou (minerální olej), která je rozváděna k jednotlivým pístům, ty tlačí na valivě uložený šikmý kotouč, a spolu s jeho rotačním unašečem utváří daný pohyb. [44]

10.4.2 Lineární hydromotory

Lineární hydromotory nebo-li hydraulické válce jsou složeny z pístu, pístnice, válce a víka válce. Dělí se na jednočinné a dvojčinné. U jednočinných lineárních hydromotorů je proces vracení pístů do výchozí polohy řízen pružinou (vnější, vnitřní) nebo vnější silou. Využívají se u ovládání úchopných čelistí. Vratný pohyb pístu se u dvojčinných lineárních hydromotorů provádí stlačeným hydraulickým médiem.

Výhody těchto motorů jsou konstrukční jednoduchost, spolehlivost, malá hmotnost vzhledem k přenášenému výkonu, průtoková i tlaková účinnost a při malých rozměrech dokáží vyvinout velké síly.[45]



Obr. 38) Lineární dvojčinný hydromotor [46]

11 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat rešerši na problematiku automatické výměny nástrojů u obráběcích strojů se zaměřením na výměnná ramena.

Automatická výměna nástrojů je důležitým prvkem automatizace v průmyslu, konkrétně u obráběcích strojů. Na tento prvek jsou kladeny požadavky na odolnost proti znečištění, konstrukční jednoduchost, která souvisí se spolehlivostí, prostorově ekonomické řešení, nástrojová variabilita a především čas výměny nástroje, který je u některých systémů okolo jedné sekundy. Správně zvolená koncepce automatické výměny nástroje se odráží na celkové produktivitě konkrétní výroby. Optimální musí být i kapacita zásobníků, se kterou je spjat čas výměny.

V první části této práce je popsáno rozdělení automatické výměny nástrojů z hlediska zásobníků, které jak již je uvedeno výše dělíme na nosné, skladovací a kombinované.

Nosné zásobníky jsou užívány většinou u soustružnických center, dlouhotočných a krátkotočných automatů. Tyto zásobníky hlavně disponují časem výměny, který je nejkratší z výše uvedených skupin, což je jedna z hlavních priorit u automatické výměny nástroje (zkrácení vedlejších výrobních časů). Nevýhoda těchto zásobníků je shledávána v kapacitě nástrojů v samotném zásobníku.

Skladovací zásobníky lze nejčastěji nalézt u frézovacích center, tvářecích strojů a karuselů. Využívají se u strojů, které vykonávají složitější technologické operace, kde je nutné využívat větší počet nástrojů. Z tohoto vyplývá hlavní výhoda skladovacích zásobníků, kterou je kapacita. S touto výhodou jde ovšem ruku v ruce velikost zástavby a tím i navýšení času výměny nástroje. Je tedy vždy na konstruktérovi, aby zvolil optimální řešení zástavby pro konkrétní výrobu.

Kombinované zásobníky jsou méně častou zástavbovou koncepcí, lze je však nalézt u některých jednoúčelových strojů.

V další části byl proveden popis nejvíce používaných nástrojových držáků a jejich upnutí, které společně s nástrojem tvoří nástrojovou jednotku. Tato jednotka je akčním členem obráběcího i skladovacího procesu.

Výměnná ramena se používají v kombinaci se skladovacími zásobníky, nejčastěji bubnového a řetězového typu. Zde je zapotřebí dalšího prvku pro realizaci výměny. Hlavní problém výměnných ramen jsou rázy související s rychlostí. Rázy jsou v mechanismech samotného výměníku a dochází i k velkým zatížením motorů. Snahou výrobců je tedy navrhovat taková konstrukční řešení, které budou minimalizovat vliv namáhání.

Závěrem je z pohledu autora důležitá správná volba systému podle toho, jaký bude použitý stroj a jaké na něm budou použity nástroje. Hlavním úkolem je tedy sestavit takový systém, který bude pracovat spolehlivě, efektivně a aby výměna probíhala v co nejkratším možném čase.

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.
- [2] TYC, Ondřej. *Automatická výměna nástrojů na obráběcích strojích* [online]. 2007 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [https://www.old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST\(SVOC\)/_2007/_sbornik/Papers/Pdf/Bc/Tyc_Ondrej.pdf](https://www.old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST(SVOC)/_2007/_sbornik/Papers/Pdf/Bc/Tyc_Ondrej.pdf)
- [3] Firemní literatura. *DMG MORI* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://cz.dmgmori.com/blob/124290/21d1011d8ba207ad29683376753009bf/pt0uk14-nef-series-pdf-data.pdf>
- [4] DUPLOMATIC lathes. *Vdiholders* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: http://www.vdiholder.ca/brand_tool_holder_lathe/BRND00021-duplomatic.html
- [5] Crown-Type Live Tool Turrets. *CUTTING TOOL ENGINEERING* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.ctemag.com/products/crown-type-live-tool-turrets>
- [6] Nástrojové hlavy se svislou osou otáčení. *CIESSETRADE* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://nastrojove-hlavy.ciesstrade.cz/produkty/nastrojove-hlavy/nastrojove-hlavy-se-svislou-osou-otaceni/>
- [7] Horizontal type. *ATC GIFU* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: https://www.atcgifu.com/eng/pro_horizontal.php
- [8] Tool magazines and transfer systems. *NPTEL* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://nptel.ac.in/courses/112103174/20>
- [9] Chain magazine. *MIKSCH* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.miksch.de/en/tool-changing-systems/chain-magazine.html>
- [10] Chain tool magazine. *Chen sound* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.chensound.com/chain-tool-magazine/50-2.html>
- [11] PAVLÍK, Jan. *PROBLEMATIKA RYCHLÉ AUTOMATICKÉ VÝMĚNY NÁSTROJŮ U OBRÁBĚCÍCH STROJŮ*. Brno, 2011. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Prof. Ing. Zdeněk Kolíbal CSc.
- [12] Automatic Tool Changer features drum style magazine. *Thomas net* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://news.thomasnet.com/fullstory/automatic-tool-changer-features-drum-style-magazine-20022966>
- [13] Drum type magazine. *Sanjet* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://sanjet.en.taiwantrade.com/product/system-drum-type-tool-magazine-1326607.html>
- [14] CNC Tool Changers, Operation and Alignment. In: *Youtube* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=7wE6zOkPbHw>
- [15] DOČEKAL, Václav. *Možnost manipulace s nástroji a obrobky u CNC obráběcích strojů v soudobé praxi*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

- [16] High-performance milling: The new 4th generation duoBLOCK® for 30 % more precision, performance and efficiency. *Machining news* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.machiningnews.com/2014/03/high-performance-milling-the-new-4th-generation-duoblock-for-30-more-precision-performance-and-efficiency/>
- [17] High speed technology. *Chiron* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://chiron.de/en/products/technology/high-speed-technology>
- [18] Výměny nástrojů. *Skoda machine tool* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.skodamt.com/cs/produkty/prislusenstvi-stroju/vymeny-nastroju>
- [19] Special gripper arms. *CFT RIZZARDI AUTOMATION SYSTEMS* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: http://cftautomation.it/site/dettaglio.php?id_noticia=92
- [20] Upínače nástrojů (4): Rozhraní. *Technický deník* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: https://www.technickydenik.cz/rubriky/serialy/upinace-nastroju/upinace-nastroju-4-rozhrani-drzak-obrabeci-stroj_8500.html
- [21] HSK-A25 to 63 Tool Holder Blanks. *TRANSATLANTIC CONNECTION, INC* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://tacrockford.com/product/tool-holders/blanks/hsk-a25-to-63-tool-holder-blanks/>
- [22] Polygon shank coupling size 100 (Coromant Capto® C10) added to ISO/DIS 26623 standard. *News Cision* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://news.cision.com/sandvik-coromant-i/polygon-shank-coupling-size-100--coromant-cpto--c10--added-to-iso-dis-26623-standard,c1426010>
- [23] 3lock tooling system. *NIKKEN KOSAKUSHO WORKS, LTD* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.nikken-kosakusho.co.jp/en/product/index.php?seq=9>
- [24] KM Tool Holders: Kennametal Tooling. *TOOL HOLDER EXCHANGE* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://toolholderexchange.com/km-tool-holders/>
- [25] Spindle connections. *KENNAMETAL* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.kennametal.com/en/industry-solutions/machine-tool-industry/spindle-connections.html>
- [26] Upínací držák ISO50 pro kleštiny ER32 (DM076 ISO). *Markagro* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.markagro.net/produkt/upinaci-drzak-iso50-pro-klestiny-er32-dm076-iso>
- [27] Jak zvolit vřeteno obráběcího stroje. *SANDVIK Coromant* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/machine-tooling-solutions/tooling-considerations/pages/spindle-selection.aspx>
- [28] CHROMČÍK, Adam. *Automatická výměna nástrojů – držáky nástrojů*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Radim Blecha, Ph.D.
- [29] Doosan Approves Erickson CVKV™ Tooling from Kennametal for Doosan Machining Centers with BIG-PLUS®. *Doosan machine tools* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: http://www.doosanmachinetools.com/usa/en/media/news_view.do?pressSeq=20141205000000000004&parSrchTxt=
- [30] Spindle Forces with Coromant Capto Sandvik Coromant. In: *Youtube* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=cXtwd3qDvww>
- [31] Loading Tools Into the Spindle: CNC Training Series. In: *Youtube* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=kkGQuBYEGMM&t=204s>

- [32] Kennametal Haimer Sign KM4X Agreement. *KENNAMETAL* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.kennametal.com/en/about-us/news/kennametal-haimer-sign-km4x-agreement.html>
- [33] TOOL CHANGER CAM SYSTEM CUT - CTM ROTARY TOOL MAGAZINE. *MIKSCH* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.miksch.de/fileadmin/files/Englisch/3.%20Tool-changing%20systems/M288DE0605.doc>
- [34] In: *CFT RIZZARDI AUTOMATION SYSTEM* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: http://cftautomation.it/site/fotos/cft%20005_2_1.jpg
- [35] CFT Rizzardi srl. *DIRECT INDUSTRY* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/cft-rizzardi-srl/product-30549-421675.html>
- [36] Firemní materiály. *Alzmetall* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.alzmetall.de>
- [37] Bublík O., *KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ KINEMATIKY VÝMĚNÍKU NÁSTROJŮ PRO VERTIKÁLNÍ OBRÁBĚCÍ CENTRO ŘADY MCV* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [https://www.old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST\(SVOC\)/_2007/_sbornik/Papers Pdf/Ing/Bublik_Ondrej.pdf](https://www.old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST(SVOC)/_2007/_sbornik/Papers Pdf/Ing/Bublik_Ondrej.pdf)
- [38] Manipulátor pro automatickou výměnu nástrojů pochází z dílny vědců VUT. *Vutt* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://vutt.cz/cz/vysledky/fakulta-strojního-inzenyrstvi/item/116-manipulator-pro-automatickou-vymenu-nastroju-pochazi-z-dilny-vedcu-vut>
- [39] Side-Mount Tool Changer - Double Arm - Plunger and Adjuster Assembly - Inspection - Mill. *HAAS automation, Inc* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/service/troubleshooting-and-how-to/how-to/mill---side-mount-tool-changer---double-arm---plunger-and-adjust.html>
- [40] LINDA, BEZOUŠKA, RŮŽIČKA. *Roboty a manipulátory Pohony RaM 1*. [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/3078065/>. Technická fakulta, ČZU v Praze, Katedra elektrotechniky a automatizace.
- [41] KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [42] Ye2 Třífázový Elektromotor IP55 F B5 Rám 71-355 Pro Vodní Čerpadlo. *HANZEL electric motor* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://cz.hanzelmotor.org/asynchronous-motor/ie2-motor/ye2-three-phase-electrical-motor-of-ip55-f-b5.html>
- [43] Pneumatický válec s integrovaným ventilem – modelová řada CKV2. *BIBUS* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.bibus.cz/prehled-produktu/pneumatika/pneumaticke-pohony/pneumaticke-linearni-pohony/standardni-valce/ckd-modelova-rada-ckv2/>
- [44] AXIÁLNÍ PÍSTOVÉ HYDROMOTORY HM. *HP engineering s.r.o.* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <http://www.hpengineering.sk/files/Axialni%20pistove%20hydromotory%20HM.pdf>
- [45] SEDLÁČEK, Jiří. *Přímočarý hydromotor*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Roman Klas, Ph.D.

- [46] Přímočarý dvojjinný hydromotor ZH2. *Hydraulics* [online]. [cit. 2019-05-17].
Dostupné z: <https://www.hydraulics.cz/24973-zh2-linearni-primocary-hydromotor-dvojjinny>